

Archiv für Fischereiwissenschaft

Herausgegeben von der Bundesforschungsanstalt für Fischerei, Hamburg

durch Dr. K. Tiews, Leitender Direktor u. Professor

Dr. D. Sahrhage, Leitender Direktor u. Professor

29. Jahrgang 1978, Beiheft 1

Antarktis-Expedition 1975/76 der Bundesrepublik Deutschland

Antarctic Expedition 1975/76
of the Federal Republic of Germany

D. SAHRHAGE — Bundesforschungsanstalt für Fischerei, Hamburg
W. SCHREIBER — Bundesforschungsanstalt für Fischerei, Hamburg
R. STEINBERG — Bundesforschungsanstalt für Fischerei, Hamburg
G. HEMPEL — Institut für Meereskunde an der Universität Kiel

unter Mitarbeit von O. CHRISTIANS, W. FISCHER,
W. FLECHTENMACHER, G. FREYTAG, K.-H. KOCK, H. MOHR,
H. PAPAJEWSKI, T. POMMERANZ, N. ROSCHKE und M. STEIN.

Arch. FischWiss.	29	Beih. 1	1-96	Juli 1978
------------------	----	---------	------	-----------

Heenemann Verlagsgesellschaft mbH · Berlin 42

Inhalt

Summary	3
Zusammenfassung	4
1. Einleitung	6
2. Aufgaben	8
3. Organisation und Vorbereitungsarbeiten	9
4. Aspekte internationaler Zusammenarbeit	12
5. Fahrtverlauf (D. SAHRHAGE)	14
6. Forschungsarbeiten und Ergebnisse	23
6.1 Biologie und Umwelt	23
6.1.1 Ozeanographische Untersuchungen (M. STEIN)	23
6.1.2 Mikronekton und Zooplankton (T. POMMERANZ)	31
6.1.3 Fischereibiologische Untersuchungen (K.- H. KOCK)	41
6.2 Ortung und Fangtechnik	58
6.2.1 Lottechnische Untersuchungen (G. FREYTAG)	58
6.2.2 Fangtechnische Untersuchungen (R. STEINBERG)	64
6.2.3 Verhaltensbeobachtungen an Krill (W. FISCHER und H. MOHR)	71
6.3 Verarbeitung und Produktentwicklung (O. CHRISTIANS, W. FLECHTENMACHER, H. PAPAJEWSKI, N. ROSCHKE und W. SCHREIBER)	80
6.3.1 Untersuchungen an Krill	80
6.3.2 Untersuchungen an Fischen	89
7. Ausblick	92
8. Literatur	93
9. Wissenschaftliche Fahrtteilnehmer	95

Die Veröffentlichung dieses umfassenden Expeditionsberichtes wurde durch finanzielle Mittel des Bundesministeriums für Forschung und Technologie (BMFT) und des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (BML) ermöglicht.

Summary

In view of the large potential of living resources in the Antarctic, particularly krill (*Euphausia superba*), for the use as human food and for other purposes, the Federal Research Centre for Fisheries in Hamburg, in collaboration with the Institute for Marine Science at the University of Kiel, carried out a survey in the Southern Ocean during austral summer 1975/76. The expedition was financed jointly with governmental funds by the Federal Ministries of Research and Technology, and of Food, Agriculture and Forestry.

The main purpose of this scientific expedition was research on Antarctic krill and commercial fish species in the Atlantic sector of the Antarctic, and an investigation on the feasibility of developing an economically viable fishery in these waters. The survey was part of the overall activities of the research sector for the exploration of new catching possibilities for the German high seas fishery.

The expedition with FRS "Walther Herwig" (2250 GRT, 4600 h. p.) and the government-chartered trawler "Weser" (2176 GRT, 3000 h. p.) started on 20 October 1975 from Bremerhaven and ended there on 14 June 1976. The actual field work in the Antarctic took place between mid November 1975 and mid May 1976 and was organized in three parts with exchanges of the scientific staff and part of the crews in Montevideo (Uruguay). Interim refuelling was made at Port Stanley. The scientific staff during each part of the expedition numbered 12 on FRS "Walther Herwig" and 8 on FMS "Weser".

Cooperation was established with a number of other countries having activities in this field. This resulted in an exchange of programmes and other information, and in particular in the participation of scientists from Argentina, France, Great Britain and South Africa in the German expedition.

The survey comprised a fully integrated programme in the following sectors:

- a) biology and environment;
- b) location and catching;
- c) processing and products development.

The biological investigations resulted in a huge amount of samples and observations, part of which are still in evaluation. They provided information on the distribution, density and biological parameters of krill and fish, and of their brood, in a rather wide area of investigation. Hydrographic observations formed the necessary supplement for the investigation of the relation between the distribution of the living resources and environmental factors.

In the sector "location and catching" high power acoustic instruments proved to be suitable for the detection of krill shoals in the upper 100 m of water. Large catches of krill were made with the commercial pelagic trawl which was especially adapted for krill fishing. Studies were made on the behaviour of krill within their environment and versus the fishing gear.

A promising start was achieved in the field of processing and products development both for krill and Antarctic fishes. The production of minced meat from cooked krill by separation of the shells in a bone separator turned out to be the best method. Coagulated protein and raw minced meat were other products meant for further experiments ashore. Fillets from *Notothenia rossi marmorata* were distributed on a semi-commercial basis with good success. Processing of the surplus krill into meal for feed was a convenient method.

Details of the work carried out in the various sectors, and of the results obtained so far, are described in Chapter 6.

A second German expedition for the research and exploration of living aquatic resources in the Atlantic sector of the Antarctic is being undertaken with FRS "Walther Herwig" and the government-chartered trawler "Julius Fock" from October 1977 until April 1978 as a direct continuation and intensification of the work commenced in 1975/76.

Zusammenfassung

Im Hinblick auf die beachtlichen lebenden Nahrungsreserven in der Antarktis, vor allem des Krills (*Euphausia superba*), und deren Nutzung für die menschliche Ernährung und für andere Zwecke hat die Bundesforschungsanstalt für Fischerei in Hamburg, in Zusammenarbeit mit dem Institut für Meereskunde an der Universität Kiel, während des Südsommers 1975/76 eine Expedition in den Südlichen Ozean durchgeführt. Die Expedition wurde gemeinsam aus Mitteln der Bundesministerien für Forschung und Technologie und für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten finanziert.

Hauptzweck dieser wissenschaftlichen Expedition war die Erforschung der Vorkommen des antarktischen Krills und der Nutzfische im atlantischen Sektor der Antarktis sowie die Prüfung der Möglichkeiten für eine kommerzielle Fischerei in diesem Seegebiet. Die Forschungen bildeten einen Teil des wissenschaftlichen Gesamtprogramms zur Erschließung neuer Fangmöglichkeiten für die deutsche Hochseefischerei.

Die Expedition mit FFS "Walther Herwig" (2250 BRT, 4600 PS) und dem vom Bund geharteten Fangschiff FMS „Weser“ (2176 BRT, 3000 PS) begann am 20. Oktober 1975 in Bremerhaven und endete dort am 14. Juni 1976. Die Arbeit in der Antarktis dauerte von Mitte November 1975 bis etwa Mitte Mai 1976 und war in drei Fahrtabschnitte unterteilt. Der Austausch der wissenschaftlichen Fahrtteilnehmer und eines Teiles der Besatzungen erfolgte jeweils in Montevideo (Uruguay), Zwischenbunkerungen erfolgten in Port Stanley. Während jedes Fahrtabschnittes waren außer den seemännischen Besatzungen auf FFS „Walther Herwig“ 12, auf FMS „Weser“ 8 Wissenschaftler und Techniker eingesetzt.

Mit einer Reihe anderer Länder, die an der Krillforschung arbeiten, wurde Zusammenarbeit gepflegt. Dies führte zum Austausch von Forschungsprogrammen und anderen Informationen sowie insbesondere zur aktiven Teilnahme von Wissenschaftlern aus Argentinien, Frankreich, Großbritannien und Südafrika an der deutschen Expedition.

Das Forschungsunternehmen bestand aus voll integrierten Arbeiten auf drei Sektoren:

- (a) Biologie und Umwelt;
- (b) Ortung und Fang;
- (c) Verarbeitung und Produktentwicklung.

Aus den biologischen Untersuchungen ergab sich ein außerordentlich umfangreiches Proben- und Datenmaterial, das z. T. noch jetzt ausgewertet wird. Die Arbeiten lieferten einen großräumigen Überblick über die Verbreitung, Dichte und biologischen Parameter des Krills und der Nutzfische sowie ihrer Jugendstadien. Hydrographische Beobachtungen bildeten die notwendige Ergänzung für die Erforschung der Abhängigkeit der Verteilung von lebenden Nahrungsreserven von den Umweltbedingungen.

Auf dem Sektor „Ortung und Fang“ erwiesen sich hochfrequente Echolote als geeignete Instrumente zum Aufspüren von Krillswärmen bis etwa 100 m Wassertiefe. Große Fänge von Krill konnten mit dem speziell für den Massenfang von Krill modifizierten Schwimmschleppnetz erzielt werden. Auch über das Verhalten des Krills im freien Wasser und gegenüber dem Fanggerät wurden Untersuchungen angestellt.

Erfolgversprechende Ansätze ergaben sich auf dem Gebiet der Verarbeitung und Produktentwicklung sowohl für den Krill als auch für antarktische Fische. Als aussichtsreichstes Zwischenprodukt für die Herstellung von eßfertigen Gerichten wurde Kochkrillfarce durch Abtrennen der Schalen in einem Grätenseparator hergestellt. Eiweißkoagulat und Rohkrillfarce waren weitere, für Versuche an Land bestimmte Produkte. Von den antarktischen Fischen wurde *Notothenia rossi marmorata* semikommerziell mit gutem Erfolg vermarktet. Überschüssige Krillmengen konnten zu Futtermehl verarbeitet werden.

Einzelheiten über die in den einzelnen Sektoren durchgeführten Arbeiten und die bisherigen Ergebnisse werden in Kapitel 6 beschrieben.

Eine 2. Expedition der Bundesrepublik zur Erforschung und Erschließung der lebenden Nahrungsreserven im atlantischen Sektor der Antarktis mit FFS „Walther Herwig“ und dem vom Bund gecharterten FMS „Julius Fock“ findet von Oktober 1977 bis April 1978 als eine direkte Fortsetzung der 1975/76 begonnenen Arbeiten statt.

Die Ergebnisse der ersten Expedition sind in den Kapiteln 2 bis 5 dargestellt. In Kapitel 2 wird die Organisation der Expedition beschrieben, in Kapitel 3 die Ergebnisse der biologischen Untersuchungen, in Kapitel 4 die Ergebnisse der geologischen und geographischen Untersuchungen und in Kapitel 5 die Ergebnisse der meteorologischen Untersuchungen.

In Kapitel 6 werden die Ergebnisse der zweiten Expedition dargestellt. In Kapitel 7 werden die Ergebnisse der geologischen und geographischen Untersuchungen dargestellt, in Kapitel 8 die Ergebnisse der meteorologischen Untersuchungen und in Kapitel 9 die Ergebnisse der biologischen Untersuchungen.

Die Ergebnisse der geologischen und geographischen Untersuchungen sind in Kapitel 7 dargestellt. In Kapitel 8 sind die Ergebnisse der meteorologischen Untersuchungen dargestellt, in Kapitel 9 die Ergebnisse der biologischen Untersuchungen und in Kapitel 10 die Ergebnisse der chemischen Untersuchungen.

Die Ergebnisse der chemischen Untersuchungen sind in Kapitel 10 dargestellt. In Kapitel 11 werden die Ergebnisse der geologischen und geographischen Untersuchungen dargestellt, in Kapitel 12 die Ergebnisse der meteorologischen Untersuchungen und in Kapitel 13 die Ergebnisse der biologischen Untersuchungen.

1. Einleitung

Es sind im wesentlichen zwei Gründe, die die Bundesrepublik Deutschland bewegen haben, ab 1975 ein intensives Programm zur Erforschung und wirtschaftlichen Erschließung der Vorkommen des Krills oder Walkrebschens (*Euphausia superba*) und der dort heimischen Fische in der Antarktis zu beginnen:

- (a) Der Krill ist in ungeheuren Mengen im südlichen Weltmeer zu finden. Er bildet ohne Zweifel die größte, bisher kaum genutzte Quelle tierischen Eiweißes, die für die Ernährung der rasch anwachsenden Weltbevölkerung noch verfügbar ist. Die bisherigen Schätzungen der Biologen über die Größe der Krillvorkommen und ihre jährliche Produktion gehen noch ziemlich weit auseinander. Mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit kann davon ausgegangen werden, daß die Gesamtproduktion von Krill bei wenigstens 200 Mill. t im Jahr liegt. Danach könnten jährlich sicher 50—60 Mill. t oder sogar mehr gefischt werden, d. h. etwa ebensoviel wie der augenblickliche Weltfischereiertrag (65—70 Mill. t). Weniger konservative Berechnungen kommen auf einen möglichen Jahresertrag von 100 Mill. t. oder mehr, bei einer gesamten Krillbiomasse von 800—5000 Mill. t.
- (b) Es ist notwendig geworden, nach zusätzlichen Möglichkeiten für den Einsatz der deutschen Fang- und Verarbeitungsschiffe zu suchen. Durch raschen und zu intensiven Ausbau der Fischereifloten in manchen Ländern wurden immer mehr Fischbestände über das vertretbare Maß hinaus ausgenutzt, und die Fangerträge der traditionellen Fischarten in vielen Meeresgebieten, vor allem im Nordatlantik, gingen zurück. Unter dem Zwang der Verhältnisse mußten in den letzten Jahren durch internationale Fischereiabkommen in zunehmendem Maße rigorose Fangbeschränkungen eingeführt werden, um die Fischbestände zu erhalten oder wieder gesunden zu lassen. Hinzu kommt, daß die Einführung von 200 Sm-Wirtschaftszonen durch die Küstenländer nach dem zukünftigen internationale Seerecht zum Verlust vieler, seit langem von deutschen Fischdampfern genutzten Fanggebiete führen wird.

Diese Gründe haben auch in anderen Ländern das Interesse an den Krill- und Fischvorkommen in der Antarktis belebt. Forschungsschiffe der Sowjetunion waren die ersten, die sich seit 1961 mit der systematischen Untersuchung der Krillvorkommen in der Antarktis beschäftigten. Inzwischen haben eine ganze Anzahl weiterer Expeditionen stattgefunden, und es hat sich daraus eine regelmäßige russische Fischerei auf Krill und antarktische Fische mit Fabrikschiffen entwickelt, die allerdings hinsichtlich des Krills noch keine größeren Ausmaße angenommen hat. Die Japaner begannen ihre Untersuchungen in der Krillfischerei 1972/73 und haben ihr Forschungsprogramm seither in jedem Südsommer (etwa November bis April) durchgeführt. Beide Staaten setzen ihre Bemühungen intensiv fort, wobei die Russen hauptsächlich im atlantischen Sektor der Antarktis operieren, die Japaner dagegen weiter östlich im Bereich des Indischen und Pazifischen Ozeans. Etwa gleichzeitig mit der deutschen Krillexpedition fand 1975/76 auch ein ähnlich angelegtes polnisches Forschungsunternehmen statt. In Argentinien, Chile und Südafrika werden ebenfalls bereits Untersuchungen über die fischereiliche Nutzbarkeit des Krill durchgeführt. 1976/77 ist auch Norwegen innerhalb einer umfassenderen Expedition auf diesem Gebiet tätig geworden, und eine Reihe anderer Länder, unter ihnen Großbritannien und Frankreich, zeigen ebenfalls Interesse.

Mit der ersten Krill-Expedition schließt die Bundesrepublik Deutschland an eine lange Reihe bedeutsamer und erfolgreicher deutscher Unternehmungen auf dem Gebiet der Meeresforschung in der Antarktis an. Die Reihe begann 1874—76 mit ozeanographischen

und Tiefseeuntersuchungen von S. M. S. „Gazelle“ und setzte sich mit den Expeditionen der „Valdivia“ (1898—99), „Gauß“ (1901—03), „Deutschland“ (1911—12), „Meteor“ (1925—27) und „Schwabenland“ (1938—39) fort. Auch die deutschen Walfangunternehmungen, insbesondere die mit dem Mutterschiff „Jan Wellem“, in den Jahren 1936—39 sind hier zuzurechnen, bei denen Biologen nicht nur über die Wale, sondern auch über den Krill Untersuchungen anstellten.



2. Aufgaben

Hauptziel der Expedition war die Erforschung der Möglichkeiten für den Aufbau einer kommerziellen Fischerei auf Krill und Nutzfische in den antarktischen Gewässern. Zur Lösung dieser Aufgabe wurde ein eng koordiniertes und integriertes Forschungsprogramm mit folgenden Arbeitsrichtungen durchgeführt:

- (a) Biologische Untersuchungen über die Verbreitung und Dichte des Krills und seiner Brut sowie der Nutzfische und ihrer Jugendstadien, Abschätzung der Bestände und ihres Potentials für fishereiliche Nutzung. Erfassung der für die Verteilung dieser Lebewesen bedeutsamen physikalischen und chemischen Umweltfaktoren.
- (b) Fangtechnische Untersuchungen zur Entwicklung und Erprobung leistungsfähiger Ortungs- und Fanggeräte für die speziellen Gegebenheiten der Krillfischerei. Ermittlungen realistischer Fangraten für Krill und antarktische Fischarten unter quasi-kommerziellen Einsatzbedingungen, Untersuchungen über tageszeitabhängige, fangbeeinflussende Vertikalwanderungen des Krills.
- (c) Verarbeitungstechnologische Untersuchungen zur Entwicklung marktfähiger Krillprodukte, wie Fleisch in stückiger oder Breiform, Proteinkonzentrate und Futtermehl. Versuche zur Verarbeitung neuer Nutzfische aus der Antarktis.

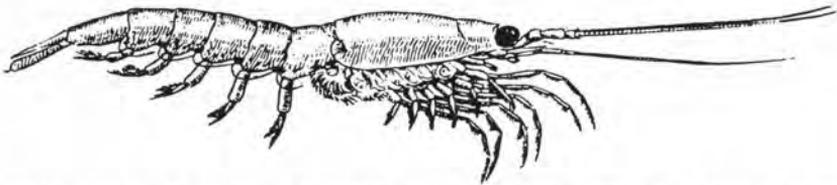


Abb. 1: Zeichnung eines erwachsenen Krill (*Euphausia superba* Dana). Die natürliche Größe beträgt 3,5 bis 6 cm (Zeichnung F. Diehl).

3. Organisation und Vorbereitungsarbeiten

Im Rahmen der vielfältigen Bemühungen der deutschen Fischereiforschung, der Großen Hochseefischerei durch Erschließen neuer Fanggebiete und Nutztierarten zu helfen, waren schon seit einigen Jahren Überlegungen über die potentielle Nutzbarkeit der großen Krillreserven in der Antarktis angestellt worden. Erst 1974 rückte jedoch die Möglichkeit zur Durchführung eines Forschungsunternehmens in greifbare Nähe, als von den zuständigen Bundesministerien die für eine Operation in einem so weit entfernten und klimatisch besonders unwirtschaftlichen Gebiet benötigten erheblichen Geldmittel in Aussicht gestellt werden konnten. Von der Bundesforschungsanstalt für Fischerei in Hamburg wurden in enger Zusammenarbeit mit der fischereibiologischen Abteilung des Instituts für Meereskunde an der Universität Kiel ab Herbst 1974 detaillierte Pläne für eine Krillexpedition in den atlantischen Sektor der Antarktis entwickelt. Aufgrund eines Antrages auf Bewilligung besonderer Förderungsmittel für ein Projekt zur „Erforschung und wirtschaftlichen Erschließung der Krillbestände und Nutzfische in der Antarktis“ stellte das Bundesministerium für Forschung und Technologie (BMFT) 1975 rund 10 Mill. DM für die Charterung eines kommerziellen Fischereifahrzeuges, die Beschaffung wissenschaftlicher Geräte und Materialien sowie für zusätzliches wissenschaftliches und technisches Personal in den beteiligten Instituten der Bundesforschungsanstalt für Fischerei (BFA) und im Institut für Meereskunde Kiel (IfM) zur Verfügung. Das Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (BML) beteiligte sich an dem Unternehmen mit dem Fischereiforschungsschiff „Walther Herwig“ (2250 BRT, 4600 PS, siehe Abb. 2) sowie einem Teil des Personals und den Einrichtungen der Bundesforschungsanstalt.

Die ersten 9 Monate des Jahres 1975 waren mit intensiven Vorbereitungsarbeiten ausgefüllt. In Abstimmung mit dem BMFT und enger Zusammenarbeit mit dem Verband der Deutschen Hochseefischereien e. V. wurde aufgrund einer Ausschreibung das Fischereimotorschiff „Weser“ (2176 BRT, 3000 PS, siehe Abb. 3), bereedert von der Hanseati-



Abb. 2: FFS „Walther Herwig“.

schen Hochseefischerei AG. in Bremerhaven, ausgewählt und von der BFA für den Einsatz in der Antarktis gechartert.

Umfangreiche fangtechnische, verarbeitungstechnologische, biologische und hydrographische Ausrüstungen wurde beschafft bzw. instandgesetzt, die beiden Expeditionsschiffe gründlich überholt und unter anderem mit Satellitennavigationsanlagen und Spezial-Echoloten versehen, die sich später als sehr nützlich erwiesen. Wissenschaftler und Techniker bereiteten sich durch Literaturstudien (FISCHER 1975, KOCK 1975, SAHRHAGE und STEINBERG 1975, STEIN 1975), gemeinsame Arbeitstagungen und Diskussionen mit ausländischen, in der Krillforschung schon erfahrenen Kollegen auf die Expedition vor. Die Informations- und Dokumentationsstelle der BFA erstellte eine umfangreiche Bibliographie über den Sektor Nahrungsreserven in antarktischen Meeresgebieten. Ein vorläufiges Forschungsprogramm wurde gedruckt und verteilt, Kontakte mit ausländischen Fischereiiustituten führten zu Vereinbarungen über Zusammenarbeit.

Als sehr nützlich erwies sich eine Vorerprobung der für die Krillfischerei entwickelten Schwimmschleppnetze und Lotanlagen während einer Reise des FFS „Walther Herwig“ in das Seegebiet östlich der Azoren im Juni/Juli 1975. Auf der Grundlage der Untersuchungsergebnisse konnten die Geräte dem Einsatz in der Antarktis schon weitgehend angepaßt werden.

Auf dem verarbeitungstechnologischen Sektor wurden intensive Planungsarbeiten gemeinsam mit Unternehmen der deutschen Nahrungsmittel- und Maschinenindustrie durchgeführt sowie Modellversuche unter Verwendung von Nordseekrabben (*Crangon crangon*) vorgenommen. Gleichzeitig arbeiteten das zuständige Referat des BML zusammen mit der Reederei Hanseatische Hochseefischerei AG. an der Lösung der logistischen Probleme des Unternehmens (z. B. Frage der Anlaufhäfen und Versorgung mit Treibstoff und Nahrungsmitteln). Montevideo (Uruguay) wurde als Basishafen für die



Abb. 3: FMS „Weser“.

Operationen ausgewählt und über britische Behörden Möglichkeiten zum Zwischenbunkern in Port Stanley (Falklandinseln) vereinbart. Es wurde beschlossen, das insgesamt 8 Monate dauernde Unternehmen (mit 6 Monaten Einsatz im Untersuchungsgebiet) in 3 Fahrabschnitte von je zwei Monaten Dauer zu unterteilen. Dank der vom BMFT zur Verfügung gestellten Geldmittel konnte eine Ablösung der jeweils beteiligten Wissenschaftler und Techniker sowie eines Teiles der Besatzungen in Südamerika vorgesehen werden.

Auf Veranlassung des BMFT bildete die BFA eine „Projektgruppe Krill“ mit Vertretern des Verbandes der Deutschen Hochseefischereien e. V., der Firma Hanseatische Hochseefischerei AG., des Bundesverbandes der deutschen Fischindustrie und des Fischgroßhandels e. V., der beiden Bundesministerien BMFT und BML sowie Leitern und Mitarbeitern der vier beteiligten Forschungsinstitute (Institute für Seefischerei, für Fangtechnik, für Biochemie und Technologie der BFA; Institut für Meereskunde Kiel). Diese Gruppe hielt vor, während und nach der Expedition eine Reihe von Sitzungen ab und beriet bei der Planung, Durchführung und Auswertung des Forschungsprojektes.

Mit Mitteln des BMFT konnte die BFA einen Dokumentarfilm über die Expedition in Auftrag geben, der während des II. Fahrabschnittes von der Firma Teleterra K.G. gedreht wurde und inzwischen dazu beigetragen hat, die Öffentlichkeit angemessen über die Bemühungen um den Krill zu unterrichten.

4. Aspekte internationaler Zusammenarbeit

Im Laufe der Vorbereitung, Durchführung und Auswertung der Expedition entwickelte sich eine Zusammenarbeit mit ausländischen Institutionen und Fachleuten, die sich als sehr fruchtbar erwies.

Während der Vorbereitungsphase wurden Fachgespräche mit Wissenschaftlern vor allem aus Großbritannien, Frankreich, Japan, Norwegen und den USA geführt. Fachleute des „Institute of Oceanographic Sciences (IOS)“ in Wormley, England, berieten bei der Wahl von Planktonfängergeräten für Krill- und Fischbrutuntersuchungen und halfen bei der Ausbildung deutscher Kräfte in methodischen Aspekten der Krillforschung.

Die Teilnahme an der „Informal Consultation on Antarctic Krill“ der FAO in Rom im Oktober 1974 gab gute Gelegenheit, den internationalen Stand der Kenntnisse über den Krill und die damit zusammenhängenden wissenschaftlichen und technischen Probleme kennenzulernen und darüber hinaus nützliche internationale Verbindungen anzuknüpfen.

An der Expedition selbst nahmen 8 Wissenschaftler aus Argentinien (1), Frankreich (2), Großbritannien (4) und Südafrika (1) teil (siehe Liste der Fahrtteilnehmer). Sie waren voll in das Forschungsprogramm auf den Gebieten der Fischereibiologie, Hydrographie und Verarbeitungstechnologie integriert und leisteten durch tatkräftigen unermüdlichen Einsatz einen wesentlichen Beitrag zum Unternehmen.

In der Antarktis bestand lebhafter Funkkontakt mit Schiffen anderer Nationen, unter ihnen waren die Versorgungsschiffe „Bransfield“ und „John Biscoe“ des British Antarctic Survey, die Schiffe der polnischen Antarktisexpedition FFS „Prof. Siedlecki“ und FMS „Tazar“, das russische Forschungsschiff „Academik Knipovich“, und das US-Forschungsschiff „Thompson“, das aufgrund von Satellitenbildern sehr nützliche Informationen über die Lage des Packeises vor dem antarktischen Kontinent übermittelte. Ebenso bestand einige Male Radiokontakt mit dem im südlichsten Indischen Ozean operierenden französischen Forschungsschiff „Marion Dufresne“.

Als sehr entgegenkommend erwiesen sich die britischen Dienststellen auf den Falklandinseln und Südgeorgien, welche die Genehmigung zur Fischereitätigkeit in den Hoheitsgewässern erteilten und auch sonst jede Unterstützung gaben. Während mehrere Besuche der deutschen Expeditionsschiffe in Grytviken (Südgeorgien) bestand für die Fahrtteilnehmer Gelegenheit, Erfahrungen mit den dort stationierten britischen Kollegen auszutauschen, und britische Biologen nahmen an Bord des FFS „Walther Herwig“ auch für einen Tag an der Fischereitätigkeit vor Südgeorgien teil. Einen wertvollen Informationsaustausch brachte auch der Besuch der britischen Forschungsstation auf Signy-Inland (Süd-Orkney-Inseln) während des II. Fahrtabschnittes. Radiokontakte wurden auch mit amerikanischen (Palmer) und argentinischen Landstationen unterhalten, hauptsächlich um Nachrichten über die Eisverhältnisse zu erhalten. Gegen Ende der Expedition war bei zweimaligem Anlaufen von Kapstadt auch Gelegenheit zum wissenschaftlichen Erfahrungsaustausch mit südafrikanischen Fachleuten gegeben.

Im Verlaufe der Auswertungsarbeiten wurde mit amerikanischen und polnischen Wissenschaftlern ein Austausch ozeanographischer Daten und anderer Informationen vorgenommen.

Naturgemäß ist das internationale Interesse an den deutschen Forschungsarbeiten sehr groß. Die verantwortlichen deutschen Wissenschaftler wurden zu einer Reihe von Gesprächen und Vorträgen eingeladen, bei denen der Farbfilm über die Expedition als vorzügliches Informationsmittel eingesetzt werden konnte.

Genannt seien hier nur die Vorträge und Diskussionsbeiträge während der SCAR/SCOR Conference on Living Resources of the Southern Ocean in Woods Hole (USA) im August 1976, bei der Vorschläge für ein internationales Forschungsprogramm „Biological Investigations of Marine Antarctic Systems and Stocks (Biomass)“ entwickelt wurden.

Im März 1977 wurden die vorläufigen Ergebnisse der Expedition und Pläne für die weitere Bearbeitung des Materials gemeinsam zwischen deutschen und ausländischen Wissenschaftlern während eines „Status-Seminars“ in Hamburg vorgetragen und diskutiert.

Die internationale Zusammenarbeit wird, vor allem im Rahmen der zweiten Antarktis-Expedition 1977/78, an der Wissenschaftler aus Argentinien, Australien, Großbritannien und Kanada teilnehmen, intensiv fortgesetzt.

5. Fahrtverlauf

VON D. SAHRHAGE, Institut für Seefischerei, Hamburg

I. Fahrtabschnitt

FFS „Walther Herwig“ und „FMS „Weser“ verließen am 20. Oktober 1975 Bremerhaven und trafen am 11. 11. bzw. 14. 11. 1975 in Montevideo ein. Hier gingen die wissenschaftlichen Fahrtteilnehmer an Bord, und nach Neuausrüstung beider Schiffe begann der I. Fahrtabschnitt am 16. November 1975. Mit FFS „Walther Herwig“ wurde zunächst während der Reise nach Süden ein biologisch-hydrographischer Schnitt längs 50° W zwischen 35° S und der antarktischen Konvergenz (53° S) bearbeitet, um die Verbreitungsgrenzen subtropischer, subantarktischer und antarktischer Krill-Verwandter und ozeanischer Fische in Abhängigkeit von den ozeanographischen Gegebenheiten zu erfassen (siehe Wegekarte in Abb. 4). Hierbei wurden auf Stationen in regelmäßigen Abständen hydrographische Serien gefahren, „Rectangular Midwater Trawl“ (RMT) und Neustonnetze eingesetzt sowie mit pelagischen Schleppnetzen gefischt. FMS „Weser“ lief inzwischen in die Gegend der Falkland-Inseln, wo bei 4 Hols mit dem 200'-Grundschleppnetz in Tiefen von 250—350 m insgesamt 7 t Blauer Wittling (*Micromesistius australis*) gefangen wurden. Anschließend trafen sich beide Schiffe auf dem östlichen Teil der Burdwood-Bank. Hier erzielte die „Weser“ an der NO-Kante bei 6 Hols in 180—330 m Tiefe jeweils Fänge von 1—3 t Blauem Wittling. Weitere 6 Hols an der SO-Kante der Bank erbrachten insgesamt 760 Korb Blauen Wittling, der sehr stark von Parasiten (Nematoden und Sporozoen) befallen war, so daß er zu Fischmehl verarbeitet werden mußte. Wie die Fänge der „Weser“, so enthielten auch die der „Walther Herwig“ (4 Hols) daneben einige Mengen von „Schwarzen Seehechten“ (*Dissostichus eleginoides*) und einigen anderen Arten. Schlechte Wetterbedingungen (SW 7—8) behinderten den auf der Burdwood-Bank vorgesehenen Einsatz des „Meßhais“ zum Fang der Fischbrut erheblich.

Nach Verlassen der Burdwood-Bank setzte die „Walther Herwig“ zunächst den pelagischen N/S-Schnitt, jetzt westwärts auf 55° W versetzt, bis fast 60° S fort. Am Süden dieses Schnittes wurden am 29. 11. zum erstenmal Krill mit dem Schwimmschleppnetz (300 kg/30 min) und dem RMT gefangen. Anschließend wurden die weiträumige Verbreitung des Krills und seiner Brut sowie die hydrographischen Gegebenheiten im Gebiet der Scotia-See auf weiteren drei N/S-Schnitten (längs 52° W, $46^{\circ} 30'$ W und 40° W) zwischen etwa 60° S und 53° S aufgenommen. Im Verlaufe dieser Schnitte wurde alle 50 Sm eine hydrographische Serie bis 350 m Tiefe gefahren und je ein Hol mit dem RMT und dem Neustonnetz durchgeführt. Bei Auftreten von Krill im RMT sowie nach Echolotanzeigen wurde das Krill-Schwimmschleppnetz eingesetzt, und Halbstundenfänge mit diesem Gerät erbrachten bis zu 7 t meist großen Krills. FMS „Weser“ bearbeitete im gleichen Zeitraum 3 parallele N/S-Schnitte in jeweils 150 Sm Abstand von denen der „Walther Herwig“ (ca. 58° W, 49° W und $42^{\circ} 30'$ W), auf denen in regelmäßigen Abständen hydrographische Stationen durchgeführt wurden. Das Schwergewicht lag hier auf fangtechnischen Versuchen zur richtigen Einstellung des Krill-Schwimmschleppnetzes und Anpassung der Echoloteinrichtungen. Der Erfolg stellte sich bald ein, und in der Gegend nordöstlich der Süd-Orkney-Inseln (ca. 58° S, $42^{\circ} 30'$ W) lieferte die Befischung von Echolotanzeigen, die auf stärkere Krillkonzentrationen schließen ließen, gute Fänge von adultem Krill bis 35 t (2.12.). Gleich nach Beginn der Krillfischerei wurde an Bord beider Fahrzeuge mit den diesbezüglichen arbeitstechnologischen Arbeiten begonnen.

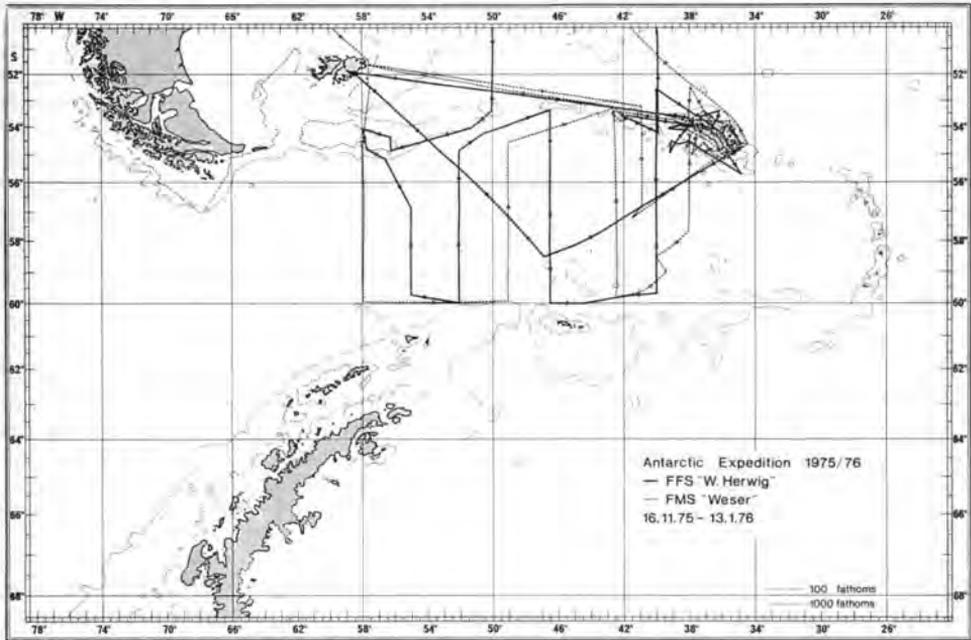


Abb. 4: Wegekarte I. Fahrtabschnitt.

Am Südennde des 3. Schnittes erreichte FMS „Weser“ am 3. 12. 1975 auf Position $59^{\circ} 59' S$, $42^{\circ} 30' W$ die Packeisgrenze und mußte daher nach NO, später nach N abdrehen. Der 4. Schnitt auf $38^{\circ} W$ konnte daher erst auf etwa $58^{\circ} S$ begonnen werden und verlief nordwärts bis $52^{\circ} 30' S$.

An die weiträumige Aufnahme der Scotia-See schloß sich vom 9. bis 15. 12. 1975 eine Untersuchung der Gewässer um Südgeorgien an, nachdem von den britischen Behörden freundliche Erlaubnis zum Fischen auch innerhalb der Hoheitsgewässer erteilt worden war. Die „Walther Herwig“ bearbeitete dabei 5 senkrecht zur Nordostküste der Insel verlaufende Schnitte mit je 4 Halbstundenhols mit dem Grundschieppnetz auf etwa 100, 200, 400 und 800 m Tiefe. Die Fangmengen waren hier nur mäßig, doch konnten 22 der 25 Fischarten, die die Grundfischfauna um Südgeorgien bilden, gesammelt werden. Unterhalb von 500 m erweckte die Fauna nur noch wenig fischereiliches Interesse, und größere Netzverluste zeigten, daß diese Zone schwer zu befischen ist. In der gleichen Zeit fischte FMS „Weser“ vor der Südwestküste Südgeorgiens, wo die Grundschieppnetz fänge meist unergiebig blieben (18 Hols mit 5—40 Korb Chaenichthyiden und Nototheniiden) und um die Shag Rocks, wo bei insgesamt 15 Hols gelegentlich bessere Fänge, vor allem von *Dissostichus eleginoides* und *Champscephalus gunnari*, erzielt wurden.

Zum Ergänzen der Treibstoffvorräte liefen beide Schiffe vom 18. bis 20. 12. 1975 den Hafen von Port Stanley auf den Falklandinseln an.

FFS „Walther Herwig“ fuhr dann auf SE-Kurs bis zur Position $58^{\circ} S$, $45^{\circ} W$ und absolvierte von dort einen Schnitt bis zur Südost-Spitze Südgeorgiens. Auch während dieses Abschnitts wurde die Krillsuche kombiniert mit regelmäßigen Stationen in 50 Sm Abstand, auf denen RMT, Neustonschlitten und hydrographische Geräte, hier vor allem

Strommesser (Profilier), eingesetzt wurden. Nach Echolotanzeigen durchgeführte Halb-stundenholts mit dem Krill-Schwimmschleppnetz ergaben recht variable Fänge von 6—150 Korb. Am 26. 12. begann weitere systematische Krillsuche auf 3 je 60 Sm langen Schnitten senkrecht zur Süd- und Südwestküste Südgeorgiens, die allerdings nur wenig und vorwiegend jugendlichen Krill, gemischt mit Mysidaceen und Fischbrut, erbrachte. Nach einem Besuch der britischen Forschungsstation auf Südgeorgien und der verlassenen Walfangstation Grytviken am 29. 12. setzte die „Walther Herwig“ die Krilluntersuchungen nördlich und nordwestlich von Südgeorgien fort, wobei einige Stundenfänge von 10—12 t Krill an Bord genommen werden konnten. Am 2. 1. 1976 verließ das Schiff die Gewässer um Südgeorgien, und während der Rückreise nach Montevideo wurde vom 3.—10. 1. auf 40° W ein biologisch-hydrographischer Schnitt von 54° S bis 35° S, parallel zu dem während der Anreise im November bearbeiteten, durchgeführt.

FMS „Weser“ war nach Verlassen von Port Stanley in der freien Jagd auf den Krill eingesetzt. Dabei wurde zunächst eine von der „Walther Herwig“ gemeldete Krillkonzentration auf 56° 50' S, 41° 05' W befischt (Stundenfang 3 t) und dann ein Gebiet auf etwa 57° S und 41° W mit konzentrierten Anzeigen gefunden, die im Verlauf von zwei Tagen rund 65 t Krill lieferten. Die „Weser“ setzte anschließend die Krillsuche und -fischerei im Osten Südgeorgiens auf 5 Schnitten fort, wobei am 30. 12. 1975 Fänge von 30—75 t Krill je Hol erzielt werden konnten.

Nach einem Besuch Grytvikens wechselte die „Weser“ wieder zur Fischerei mit dem 200'-Grundsleppnetz auf dem Schelf nördlich, östlich und südlich von Südgeorgien über. Bis zur Abreise nach Montevideo am 8. 1. 1976 wurde hier mit stark wechselndem Erfolg gefischt. In den Fängen zwischen meist 10—25 Korb je Stunde (gelegentlich auch erheblich mehr) erschien das typische Artenspektrum der Chaenichthyiden und Nototheniiden (insgesamt 8 Arten), wobei Fische der Arten *Champscephalus gunnari*, *Notothenia gibberifrons* und *Notothenia rossi marmorata* am zahlreichsten vertreten waren. Am 13. 1. liefen beide Schiffe wieder in den Hafen von Montevideo ein.

II. Fahrtabschnitt

Nach ausführlichen Besprechungen zwischen den Fahrtteilnehmern des I. und II. Reiseabschnittes, Bunkern und Ausrüsten sowie Reparatur einiger Geräte verließen die beiden Expeditionsschiffe Montevideo am 20. 1. 1976 zum II. Abschnitt. Das Forschungsprogramm begann am 24. 1. mit einer nochmaligen fischereilichen Aufnahme der östlichen Burdwood-Bank (siehe Wegekarte in Abb. 5). FMS „Weser“ erzielte hier bei einer Reihe von Hols mit dem 200'-Grundsleppnetz einen Gesamtfang von 600 Korb Blauem Wittling (mittlerer Stundenfang 8,5 t), der wieder erheblich von Parasiten befallen war. Auf FFS „Walther Herwig“ stand neben hydrographischen Untersuchungen die Aufnahme der Fischbrut durch Schrähgols mit dem RMT im Vordergrund der Arbeiten.

Am 25. 1. bearbeitete die „Walther Herwig“ einen biologisch-hydrographischen Schnitt auf 55° W über die Drake-Passage, auf dem die nördliche Verbreitungsgrenze des Krills durch RMT-Fänge überprüft wurde. Vom Auftreten der ersten lohnenderen Krillkonzentrationen an wurde das Krill-Schwimmschleppnetz eingesetzt und auch mit verarbeitungstechnologischen Arbeiten begonnen. Nach einem Treffen beider Schiffe vor Elephant-Insel (27. 1.) nahm die „Walther Herwig“ mit einem engmaschigen Stationsnetz die Verbreitung des Krills und seiner Jugendstadien in der Bransfield Strait und dem Grenzgebiet zum Weddell-See sowie nördlich der Süd-Sherland-Inseln auf. Dabei wurde auf der Position 61° 30' S, 55° W ab 6. 2. eine viertägige Dauerstation mit regelmäßigen RMT Schließhols und detaillierten hydrographischen

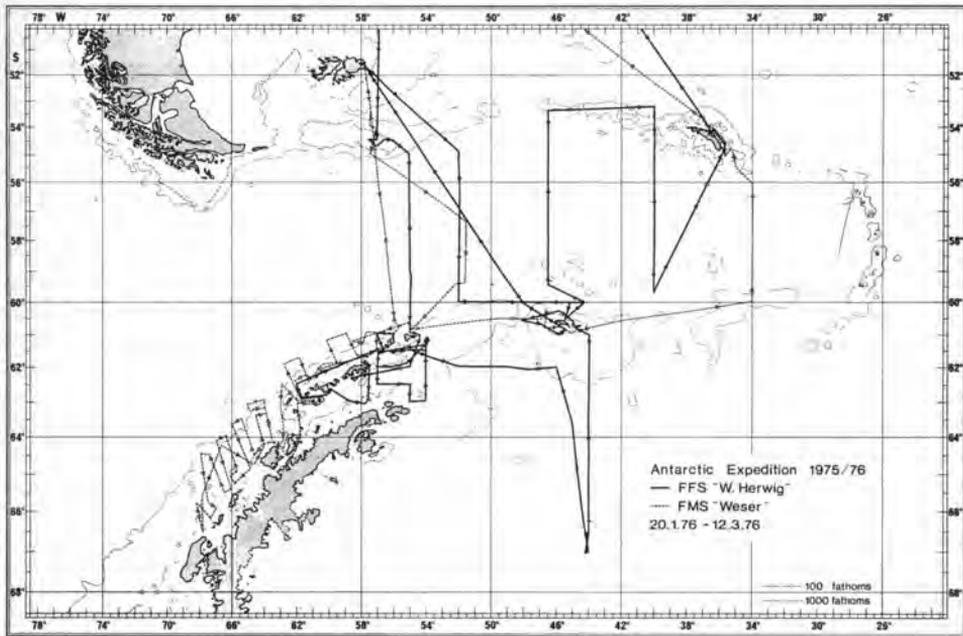


Abb. 5: Wegekarte II. Fahrtabschnitt.

Untersuchungen, insbesondere Strömungsmessungen, durchgeführt, um die Vertikalverteilung des Krills und seiner Brut in Beziehung zu den Wasserkörpern zu verschiedenen Tageszeiten zu erfassen. In der Bransfield Strait wurden Krillier sowie Massenvorkommen von Krill-Larven (Calyptopis-Stadium) gefunden. Gute Fänge mit dem Krill-Schwimmschleppnetz konnten vor allem südwestlich der Süd-Shetland-Inseln und zwischen dieser Inselgruppe und Elephant-Island erzielt werden (12—60 t je Stunde). Unergiebig waren dagegen Fangversuche mit dem 200'-Grundsleppnetz auf dem schwer zu befischenden Schelf in der Bransfield Strait.

Als argentinische Meldungen ergaben, daß das Weddell-Meer teilweise eisfrei war, wurde die Gelegenheit ergriffen, auch dort nach Krillvorkommen zu suchen. Vom 10. 2. an dampfte die „Walther Herwig“ erst östlich und dann südlich, bis am 12. 2. im Weddell-Meer die Position 67° S, 44° W bei dichter werdendem Treibeis erreicht wurde. Hier wurden ausführliche Untersuchungen des antarktischen Tiefenwassers vorgenommen und dann mit einem Schnitt nach Norden bis zu den Süd-Orkney-Inseln zur Aufnahme der Krillvorkommen begonnen. Die laufenden Echolotbeobachtungen und Fänge mit dem RMT und Krill-Schwimmschleppnetz ergaben nur im nördlichen Weddell-Meer geringe Mengen vorwiegend jugendlichen Krills.

FMS „Weser“ fand nach Ablafen von der Burdwood-Bank die ersten als Krill deutbaren Echolotanzeigen in der mittleren Scotia-See, die sich jedoch aufgrund der Ergebnisse von Probehols mit dem Krill-Schwimmschleppnetz zumeist als Salpen herausstellten. In der Folgezeit erwies sich auf beiden Schiffen die Unterscheidung von Krill- und Salpenanzeigen als schwierig, und nicht selten wurden gemischte Krill-Salpen-Fänge an Bord gehievt, die Probleme der Krillverarbeitung mit sich brachten oder diese ganz

unmöglich machten. Gelegentlich verursachten größere Salpenfänge auch schwere Netzschäden. Wie sich jedoch später zeigte, dürften diese konzentrierten Salpenvorkommen räumlich und/oder jahreszeitlich begrenzt sein, so daß die geschilderten Schwierigkeiten im weiteren Verlauf der Expedition kaum noch auftraten.

Während die „Walther Herwig“ in der Bransfield Strait operierte, wurde mit der „Weser“ zunächst ein Überblick über die Fisch- und Krillvorkommen auf der Nordseite der Süd-Shetland-Inseln gewonnen. Krill fand sich in Tiefen von der Oberfläche bis etwa 85 m sowohl im westlichen als auch im nördlichen und nordöstlichen Teil der Inselgruppe in wechselnden Konzentrationen. Nach einem weiteren Treffen beider Schiffe unter Deception-Insel (30. 1.) begann die „Weser“ in einem engmaschigen Schnittsystem von nur etwa 20 Sm Abstand mit der fischereilichen Aufnahme vor der Westseite der Antarktischen Halbinsel. Hier wurde Krill im gesamten Untersuchungsgebiet, besonders im Bereich des Schelfabhanges, in unterschiedlichen Konzentrationen angetroffen, und Maximalfänge erbrachten 40—50 t je Fangstunde. Möglichkeiten für eine Grundschieppnetzfisherei stellten sich sowohl wegen des rauen Meeresbodens als auch wegen kleiner Fangmengen als gering heraus. Am 6. 2. wurde auf 66° 31' S, 68° W die vorgesehene Westgrenze und zugleich der südlichste Punkt des Untersuchungsgebietes erreicht. Bereits von Renaud-Insel an hatte sich die Eissituation durch das vermehrte Auftreten großer Eisberge und Growler verschlechtert, so daß eine Ausdehnung der Untersuchungen weiter nach Westen nur bedingt sinnvoll gewesen wäre. Auf dem Rückweg wurden die bis dahin durchgeführten Schnitte noch ergänzt und dann von Norden kommend noch zusätzlich ein Teil der Gerlache Strait abgefahren, um die Fischereimöglichkeiten in Lee der vor der Antarktischen Halbinsel liegenden Inseln zu erkunden. Der Boden erwies sich hier als unbefischbar, Krill wurde vereinzelt gefunden. Dichter waren die Krillvorkommen dagegen im Südteil der Süd-Shetland-Inseln und im nordwestlichen sowie nordöstlichen Bereich dieser Inselgruppe (bis 50 t je Fangstunde). Die Grundschieppnetzfisherei erwies sich im allgemeinen als recht unergiebig, ausgenommen einige Schelfgebiete im Nordosten.

Während der genannten Fahrt wurden an Bord der „Weser“ intensive fangtechnische Versuche im Einsatz und zur Verbesserung des Krill-Schwimmschieppnetzes sowie der Echolotaufzeichnungen vorgenommen. Parallel dazu liefen Versuche auf dem Gebiet der Krill- und Fischverarbeitung.

Vom Seegebiet um Elephant Island versegelte FMS „Weser“ ab 17. 2. nach Port Stanley, wo das Schiff am 20. 2. eintraf, um Treibstoff zu bunkern. Auch FFS „Walther Herwig“ erreichte nach Abschluß von Fischereiuntersuchungen um die Süd-Orkney-Inseln diesen Hafen am gleichen Tage zum Bunkern.

Beide Schiffe verließen Port Stanley am 22. 2. zur Fortsetzung der Forschungen. FFS „Walther Herwig“ bearbeitete zunächst einen N/S-Schnitt in der westlichen Scotia-See (52° W) mit Stationen in regelmäßigen Abständen, auf denen RMT-Fänge und hydrographische Beobachtungen gemacht wurden. Bei Auftreten von Echolotanzeigen wurde außerdem das Krill-Schwimmschieppnetz eingesetzt. Die erzielten Fänge blieben durchweg relativ klein, doch lieferten sie ausreichende Mengen guter Qualität für die Verarbeitungsversuche. Nach einem weiteren W/O-Schnitt auf 60° S setzte die „Walther Herwig“ ihre Bodenfischuntersuchungen mit 4 Hols₁ nördlich der Süd-Orkney-Inseln fort. Die Fänge blieben jedoch mäßig, und wegen der rauen Bodenverhältnisse traten erhebliche Schäden am Grundschieppnetz auf. Im gleichen Gebiet konnten aber dichte Konzentrationen von Krill festgestellt werden. Hols mit dem Schwimmschieppnetz erbrachten hier bis zu 21 t vornehmlich Jungkrill von 30—45 mm Länge.

Am 27. 3. trafen sich beide Schiffe vor Signy Island (S-Orkneys) zum Austausch von Personal und für einen Besuch der dortigen Forschungsstation des British Antarctic Survey.

Anschließend bearbeitete FFS „Walther Herwig“ zur weiträumigen Aufnahme der Verbreitung des Krills und Erfassung der ozeanographischen Verhältnisse zwei weitere lange Schnitte über die Scotia-See auf 47° W nach Norden und auf 40° W nach Süden mit einem Zwischenschnitt auf 53° S. Der Einsatz des RMT und des Neustonnetzes sowie des Krill-Schwimmschleppnetzes wurde dabei vielfach durch anhaltendes schlechtes Wetter erschwert bzw. zeitweilig unmöglich gemacht, während hydrographische Messungen unter schwierigen Bedingungen noch ausgeführt werden konnten. Auch die Verarbeitungsexperimente mußten zeitweise eingestellt werden.

Schließlich dampfte die „Walther Herwig“ nach Südgeorgien, wo auf der Nordseite der Insel dichte Konzentrationen von meist juvenilem Krill (20—40 mm) gefunden und befishet werden konnten (6.—7. 3.). Nach einem Besuch der britischen Forschungsstation King Edward Point (Grytviken) auf Südgeorgien und Testen des „Meßhais“ in der Cumberland West Bay trat die „Walther Herwig“ dann am 8. 3. eine zunächst sturmreiche Rückreise nach Montevideo an, wo das Schiff am 12. 3. eintraf.

FMS „Weser“ lief von Port Stanley zunächst zu den Gewässern bei Elephant Island, um die dort vorher unterbrochenen Fischereiuntersuchungen zum Abschluß zu bringen. Anschließend wurden die Grundfischbestände um die Süd-Orkney-Inseln untersucht. Die Fänge bestanden hier hauptsächlich aus Weißblutfischen (*Champsocephalus gunnari*). Neben typischen Fischanzeigen am Boden wurden in etwa 260—300 m Tiefe mit dem Echolot auch 20 m hohe wolkenartige Anzeigen beobachtet. Als das Krillnetz zur Identifizierung dieser Anzeigen ausgebracht wurde, lieferte der Hol in dieser Tiefe außer 10 t *Ch. gunnari* auch über 1 t Krill. Ein anderer Hol in den oberen Wasserschichten erbrachte in 30 Minuten Schleppzeit mindestens 60 t mittelgroßen Krill. Das Schelfgebiet östlich der Süd-Orkney-Inseln erwies sich trotz intensiver Suche sowohl im Hinblick auf Krill als auch Fisch als wenig ertragreich. Ebenso blieben die Krillfänge während des weiteren Dampfens durch die östliche Scotia-See, zunächst ONO, dann auf 34° W nach Norden, ziemlich gering. Auf dieser Strecke wurden in regelmäßigen Abständen hydrographische Messungen durchgeführt.

Vom 3.—7. 3. fischte FMS „Weser“ dann vor Südgeorgien. Stürmisches Wetter behinderte die Grundschleppnetzfisherei im Südosten der Insel. Auch die „Weser“ stattete der britischen Forschungsstation in King Edward Point einen kurzen Besuch ab. Sehr erfolgreich verlief die anschließend durchgeführte Krillfisherei nördlich von Südgeorgien. Besonders bemerkenswert war ein Hol in Bodennähe auf 200 m Tiefe, der in 53 Minuten Schleppzeit etwa 25 t Krill erbrachte. Am 7. 3. verließ die „Weser“ die südgeorgischen Gewässer und erreichte Montevideo nach teilweise stürmischer Reise am 12. 3.

III. Fahrtabschnitt

Wiederum wurden die wissenschaftlichen Fahrtteilnehmer und ein Teil der Besatzung in Montevideo ausgetauscht. Zwischen den Teilnehmern des II. und III. Fahrtabschnittes fanden ausführliche Besprechungen statt. Nach Neuausrüsten, Bunkern und einigen Reparaturen verließen beide Schiffe Montevideo dann am 18. 3. zum III. Fahrtabschnitt.

Das Forschungsprogramm auf FFS „Walther Herwig“ begann mit dem Überfahren der antarktischen Konvergenz eben nördlich von 50° S (siehe Wegekarte in Abb. 6). Zunächst wurden zur weiteren Überprüfung der weiträumigen Verbreitung des Krills und

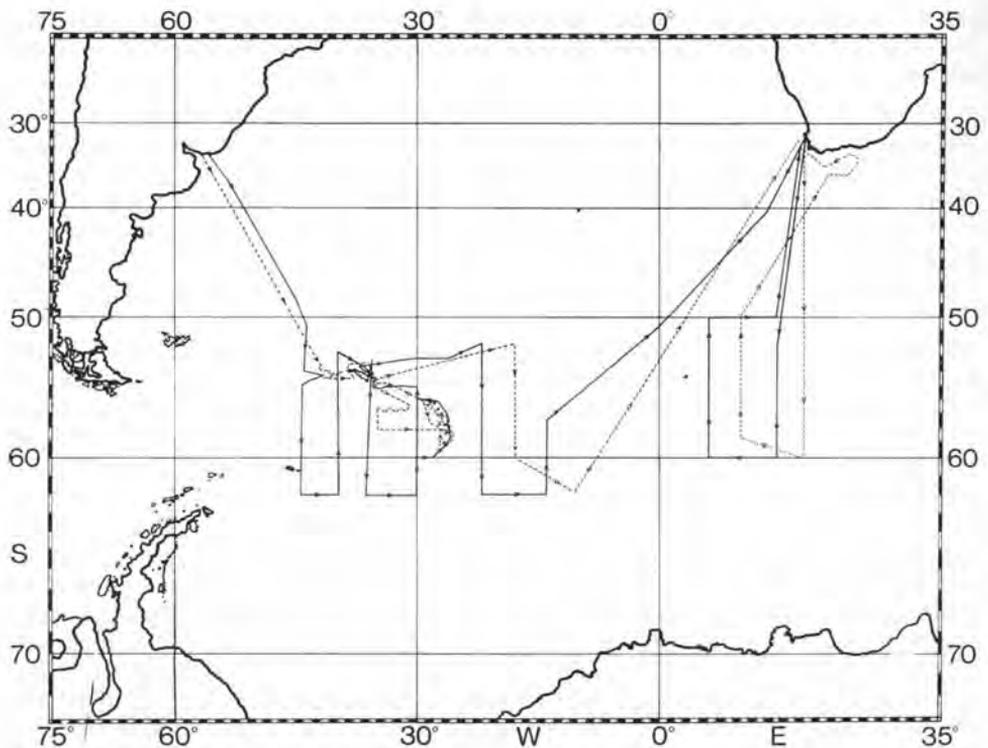


Abb. 6: Wegekarte III. Fahrtabschnitt (18. 3. 76—20. 5. 76).
— FFS „Walther Herwig“; FMS „Weser“

seiner Jugendstadien zwei lange Schnitte in der mittleren Scotia-See bearbeitet, einer auf 44° W nach Süden bis 62° S, der zweite auf 40° W nach Norden bis 53° S. Dabei wurden in regelmäßigen Abständen (60 Sm) Stationen mit dem RMT bzw. Bongo und Neustonschlitten sowie hydrographischen Serien bis 750 m Tiefe absolviert. Bei lohnenden Echolotanzeigen wurde auf der Dampfstrecke das Krill-Schwimmschleppnetz ausgesetzt. Die Fänge waren hier mit Mengen bis zu 10 t je Stunde bei Fangtiefen von 15—75 m nur von mäßiger bis mittlerer Größe.

Wegen Einbruch schlechten Wetters wurde vorübergehend Landschutz unter Südgeorgien gesucht, doch konnten die Arbeiten schon bald mit einem dritten Schnitt von Stationen auf 36° W von Norden bis 62° S im Süden fortgesetzt werden. Krillfischerei mit dem Schwimmschleppnetz erbrachte nördlich von Südgeorgien wieder gute Fänge mit Mengen bis zu 21 t je Fangstunde. In der mittleren Scotia-See wurden dagegen kaum befischenswerte Krillkonzentrationen angetroffen.

Nach Erledigung eines weiteren Zwischenschnittes in östlicher Richtung auf 62° S und anschließender Stationen nach Norden auf 30° W wurden vom 6. bis 9. 4. dann die Gewässer um die Süd-Sandwich-Inseln von Süden nach Norden systematisch erkundet. Dabei wurden fast alle Inseln umdampft und der Schelf nach befischaarem Grund abgesehen. Das Ergebnis war wenig ermutigend, denn fast überall erwies sich der Schelf als räumlich sehr begrenzt und die Bodenprofile gestatteten nur an wenigen Stellen eine Fischerei mit dem Grundschleppnetz. Die Fänge blieben unbefriedigend.

Mit Bearbeitung weiterer Stationen (RMT, Bongo und Hydrographie) auf dem Wege dampfte FFS „Walther Herwig“ dann nach Südgeorgien. Hier wurden zunächst zur weiteren Erforschung der Bodenfischvorkommen auf dem Schelf im Südwesten, Westen und Norden der Insel Hols mit dem Grundsleppnetz durchgeführt, wobei vielfach Positionen, die während des I. Fahrtabschnittes befischt worden waren, nochmals überprüft wurden. Die Fänge (maximal 4 t/h) bestanden überwiegend aus Fischen der Arten *Notothenia rossi marmorata*, *N. gibberifrons*, *Champscephalus gunnari* und *Chaenoccephalus aceratus*. Besonders interessant war das Ergebnis eines Hols mit dem Krillnetz nahe dem Boden in der Cumberland West Bay mit mehr als 4 t *Champscephalus gunnari* in 30 Minuten.

Die Untersuchungen vor Südgeorgien wurden am 13./14. 4. unterbrochen, als beide Schiffe zu einem weiteren Besuch der britischen Forschungsstation King Edward Point einliefen. Schon vorher waren vier Wissenschaftler des British Antarctic Survey für einen Tag an Bord genommen worden, die sich an Fischereistationen beteiligten und Material für eigene biologische Untersuchungen sammeln konnten.

Nach Beendigung der Grundsleppnetzfischerei vor der Nordküste von Südgeorgien nahm die „Walther Herwig“ am 16. 4. Kurs nach Nordosten zum Beginn von Untersuchungen über die großräumige Verbreitung des Krills und seiner Brut in dem weiten Seegebiet östlich der Scotia-See. Hier wurden wieder zwei ausgedehnte N/S-Schnitte auf 22° W (nach Süden) und 14° W (nach Norden) bearbeitet, mit einem Zwischenschnitt Richtung Osten entlang 62° S. Auf letzterem lag eine Dauerstation zur Erfassung der Variabilität der RMT-Fänge, wofür eine Serie von RMT-Schließhols in verschiedenen Tiefenstufen durchgeführt wurde. Die Kombination von Hols mit dem Krill-Schwimmleppnetz aufgrund der Echolotanzeigen und RMT-Fängen auf regelmäßig verteilten Stationen ergab, daß im Nordosten des Untersuchungsgebietes nur wenig Krill zu finden war, während in den Gewässern südlich von 60° S bessere Ergebnisse erzielt wurden.

Während der gesamten Reise wurden an Bord der „Walther Herwig“ auf dem Gebiet der Verarbeitungstechnologie die Arbeiten der voraufgegangenen Fahrtabschnitte fortgesetzt und durch neue Untersuchungen ergänzt. Sie richteten sich vor allem auf die Qualitätsverbesserung von wärmebehandelten Krillprodukten (Kochkrill, Kochkrillfarce und Koagulate).

Am 23. 4. mußte das Forschungsprogramm wegen akuter Erkrankung eines Besatzungsmitgliedes der „Walther Herwig“ abgebrochen werden. Beide Schiffe fuhren nach Kapstadt zurück, wo sie am 29. 4. bzw. 30. eintrafen.

FMS „Weser“ steuerte nach Auslaufen von Montevideo zunächst das Gebiet der Shag Rocks und Black Rocks nordwestlich Südgeorgiens an, um hier Untersuchungen über die Bodenfischvorkommen zum Abschluß zu bringen. Leider blieben die Fangergebnisse mit dem Grundsleppnetz relativ klein. Als erfolgreicher erwies sich die anschließend im Nordwesten, Norden und Osten von Südgeorgien durchgeführte Krillfischerei mit dem Schwimmsleppnetz. Östlich von Südgeorgien konnte in einem Hol auf 320 m Wassertiefe wieder gemeinsames Vorkommen von Krill und Fisch (*Pseudochaenichthys georgianus*) in Bodennähe festgestellt werden. Die Arbeiten wurden zeitweise durch Sturm erheblich behindert.

Zur weiteren Krillsuche, verbunden mit einer Reihe hydrographischer Stationen fuhr die „Weser“ dann ein Zickzack-Profil nach Westen auf etwa 57° S sowie einen langen Schnitt nach Osten auf 58° S bis zur Mitte der Gruppe der Sandwich-Inseln. Im Westen und Nordwesten dieser Inseln wurden lohnende Krillvorkommen angetroffen und be-

fischt, während die Suche im südlichen Bereich der Inselgruppe ergebnislos blieb. Auch hier mußte die Arbeit mehrfach wegen schlechten Wetters unterbrochen werden.

Anschließend dampfte die „Weser“ zwischen zahlreichen Eisbergen und Growlern hindurch nach Südgeorgien und konnte im Südosten dieser Insel bei semikommerzieller Fischerei gute Krillfänge erzielen. Diese Fischerei wurde vorübergehend durch einen Besuch der britischen Station auf Südgeorgien unterbrochen (13./14. 4.). Die Untersuchungen vor Südgeorgien wurden schließlich mit einigen Hols der Grundschieppnetz-fischerei beendet. Auch auf der „Weser“ wurden fortlaufend technische Versuche zur Verarbeitung des Krills sowie von Nutzfischen vorgenommen.

FMS „Weser“ bearbeitete dann auf Parallelkurs zur „Walther Herwig“ östlich der Süd-Sandwich-Inseln einen Schnitt auf 18° W von 52° S bis 60° S mit Suche nach Krill und Stationen für hydrographische Messungen sowie Hensen-Netz-Fänge. Bevor ein weiterer Schnitt auf 10° W nach Norden begonnen werden konnte, mußte auch die „Weser“ Kurs auf Kapstadt nehmen.

Nach Ausschiffung von Kranken, Bunkern und Neuausrüsten verließen beide Schiffe Kapstadt am 3. 5. zum letzten Teil der Expedition. Während dieses Teiles wurde die großräumige Verteilung des Krills und seiner Brut im ozeanischen Bereich südwestlich von Afrika aufgenommen. FFS „Walther Herwig“ bearbeitete dabei zwei N/S-Schnitte auf 14° E und 6° E zwischen 50° S und 60° S, FMS „Weser“ zwei parallel dazu verlaufende Schnitte auf 18° E und 10° E. Sowohl in den RMT- und Bongo-Fängen als auch bei der Fischerei mit dem Schwimmschieppnetz blieben die Mengen von Krill gering, und es fanden sich keine für eine kommerzielle Fischerei interessanten Krillkonzentrationen. Entsprechend der fortgeschrittenen Jahreszeit waren die Wetterverhältnisse größtenteils schlecht, so daß die Arbeiten häufiger unterbrochen werden mußten. Trotzdem konnte jedoch noch ein umfangreiches Daten- und Probenmaterial gesammelt werden. Als sehr nützlich erwies sich während der gesamten Expedition die Beratung seitens der Bordwetterkarte. Auch hatte das Seewetteramt in Hamburg vor Beginn des Unternehmens einen detaillierten Bericht über die zu erwartenden Wetterverhältnisse in der Antarktis zur Verfügung gestellt.

Nach Abschluß der Untersuchungen am 16. 5. fuhren beide Schiffe nach Kapstadt zurück, wo sie am 20. 5. einliefen. Während die wissenschaftlichen Fahrtteilnehmer per Flugzeug nach Hause zurückkehrten, dampften die Schiffe heimwärts nach Bremerhaven und wurden dort am 14. Juni 1976 feierlich empfangen. Jedes Schiff hatte seit der Ausreise von Bremerhaven im Oktober 1975 insgesamt rund 47 000 Seemeilen zurückgelegt. Unter anderem waren 209 Hols mit dem Schwimmschieppnetz, 201 Hols mit dem Grundschieppnetz und 282 Fänge mit dem RMT durchgeführt worden.

6. Forschungsarbeiten und Ergebnisse

Während der Expedition wurde ein außerordentlich umfangreiches Material an wissenschaftlichen Proben, Daten und Beobachtungen gesammelt, die inzwischen zu einem großen Teil ausgewertet sind. Die vollständige Bearbeitung aller Unterlagen und Veröffentlichung von Ergebnissen wird voraussichtlich noch einige Jahre beanspruchen. Hier werden die ausgeführten Forschungsarbeiten beschrieben und erste Ergebnisse zusammengestellt, soweit sie Anfang 1978 vorliegen.

6.1 Biologie und Umwelt

Die fischereibiologischen Arbeiten hatten zwei Schwerpunkte: Untersuchungen am Krill und an Fischen. Dabei bestand zwischen dem Institut für Seefischerei, Hamburg, und dem Institut für Meereskunde, Kiel, eine Arbeitsteilung, indem die Mitarbeiter des Hamburger Instituts sich auf die Bearbeitung von adultem Krill und von Fischen aus den kommerziellen Schleppnetzen konzentrierten, während die Kieler Wissenschaftler vorwiegend mit dem Einsatz der Plankton- und Mikronektonnetze und dem damit gewonnenen Material beschäftigt waren, das insbesondere aus Jugendstadien von Krill und Fischen bestand.

Untersucht wurden Häufigkeit, Horizontal- und Vertikalverbreitung und die biologischen Parameter des Krills wie Wachstum, Geschlechterverhältnis, Reifungslänge und Fruchtbarkeit sowie Larvalentwicklung, die Aufschluß für die Abschätzung der Bestandsgröße und ihres fischereilich nutzbaren Potentials geben sollen.

Zur Ermittlung der Umweltbedingungen, unter denen die Krillschwärme und Fischkonzentrationen auftraten, wurden intensive fischereihydrographische Arbeiten auf beiden Schiffen betrieben.

6.1.1 Ozeanographische Untersuchungen

von M. STEIN, Institut für Seefischerei, Hamburg

Oceanographic investigations

Observations on stratification and currents in the Scotia Sea and off the Antarctic Peninsula have been carried out by the German research vessel "Walther Herwig" and the stern-trawler "Weser" between November 1975 and May 1976. The influence of the seasonal heating on the uppermost water layer, i. e. the Antarctic Surface Water, is shown. The horizontal as well as the vertical distribution of temperature and salinity during the first cruise leg very clearly delineates the existence of an eddy which seems to originate from the waters north of the Antarctic Convergence. Measurements south of Elephant Island reveal the influence of tides and occasional bursts of silicious subzero water masses on the stratification.

A. Einleitung

Im Zeitraum von November 1975 bis Mai 1976 wurden von Bord FFS „Walther Herwig“ und FMS „Weser“ umfangreiche ozeanographische Messungen in der Antarktis durchgeführt. Neben den fischereiozeanographischen Messungen, die der Ermittlung von Temperatur und Salzgehalt in Fangtiefe dienen, wurde auf fest vorgegebenen Positionen während aller Fahrtabschnitte die hydrographische Situation und deren saisonale Veränderlichkeit im Untersuchungsgebiet festgestellt. Darüber hinaus wurden auf einer Dauerstation Messungen durchgeführt, die der Ermittlung tagesperiodischer Schwankungen im vertikalen Massenaufbau dienen. Zur Durchführung dieser Messungen wurden auf FMS „Weser“ Wasserschöpfer, XBT (Expendable Bathythermograph) und BT

(mechanischer Bathythermograph) eingesetzt. Auf FFS „Walther Herwig“ wurden die ozeanographischen Messungen mit Wasserschöpfern, BT, XSTD (Expendable STD) und Profilstrommessern durchgeführt.

Statistik der durchgeführten Messungen:

	I	II	III	Gesamt
1. Serien:	156	90	138	384
2. BT:	160	91	144	395
3. Profilstrommessungen:	10	8	3	21
4. Silikatmessungen:	—	374	750	1124
5. Salzgehaltmessungen:	1145	551	1205	2901
6. XSTD:	45			
7. XBT:	85			

Ozeanographische Schnitte:

I	12	mit	115	Stationen
II	10	mit	117	Stationen
III	16	mit	111	Stationen
Gesamt:	38	mit	343	Stationen

B. Die Daten

Das während der Reise gesammelte ozeanographische Datenmaterial wurde nach Sichtung und Korrektur auf Magnetplatten gespeichert und in Standardprüfprozeduren auf Glaubwürdigkeit getestet. Um die jahreszeitliche Veränderlichkeit im Untersuchungsgebiet festzustellen, wurden für die Scotia-See quasi-synoptische Oberflächenverteilungen von Temperatur (T), Salzgehalt (S) und Silikat (Si) gezeichnet. Die vertikale Verteilung der genannten Umweltparameter T, S, Si wurde auf den in Abb. 7 bezeichneten ozeanographischen Schnitten dargestellt. Die Messungen von FMS „Weser“ westlich der Antarktischen Halbinsel sowie die von FFS „Walther Herwig“ auf einer Dauerstation bei Elephant Island durchgeführten Untersuchungen wurden gesondert betrachtet und gebietsweise dargestellt. Im Falle der Dauerstation wurde für die Darstellung der Parameter T, S, Si das Isoplethendiagramm gewählt; die mit einem Profilstrommesser (Abb. 8) ermittelten Werte für Stromgeschwindigkeit, Richtung und Temperatur wurden in Form von Vertikalprofilen dargestellt. Darüber hinaus wurden funktionelle Zusammenhänge der gemessenen Größen (T, S; T, Si; S, Si) untersucht.

C. Erste Ergebnisse

Die jahreszeitlich bedingte Erwärmung der obersten Wasserschicht, d. h. des Antarktischen Oberflächenwassers, wird an Hand von wiederholten BT-Messungen entlang eines meridionalen Schnittes (40° W) sichtbar. Dieser Schnitt wurde zwischen 59° S und 54° S während aller Fahrtabschnitte durchgeführt (Abb. 9). Während im ersten Fahrtabschnitt eine ziemlich dünne durchmischte Oberflächenschicht in der Scotia-See gefunden wurde, zeigen die Ergebnisse vom zweiten und dritten Abschnitt eine durchmischte Schicht, die fast dreimal so dick wie die erstere ist. Was die Temperatur der Oberflächenschicht betrifft, so wurde eine Erwärmung bis zu 3 °C beobachtet. Das Oberflächenwasser wird von einem in etwa 100 m Tiefe angesiedelten Wasserkörper unterschichtet. Da diese Wassermasse möglicherweise ein Überbleibsel der winterlichen Vertikalkonvektion ist, erhielt sie die Bezeichnung Winter-Wasser (STEIN, M., 1978 a). Im Gegensatz zum ersten

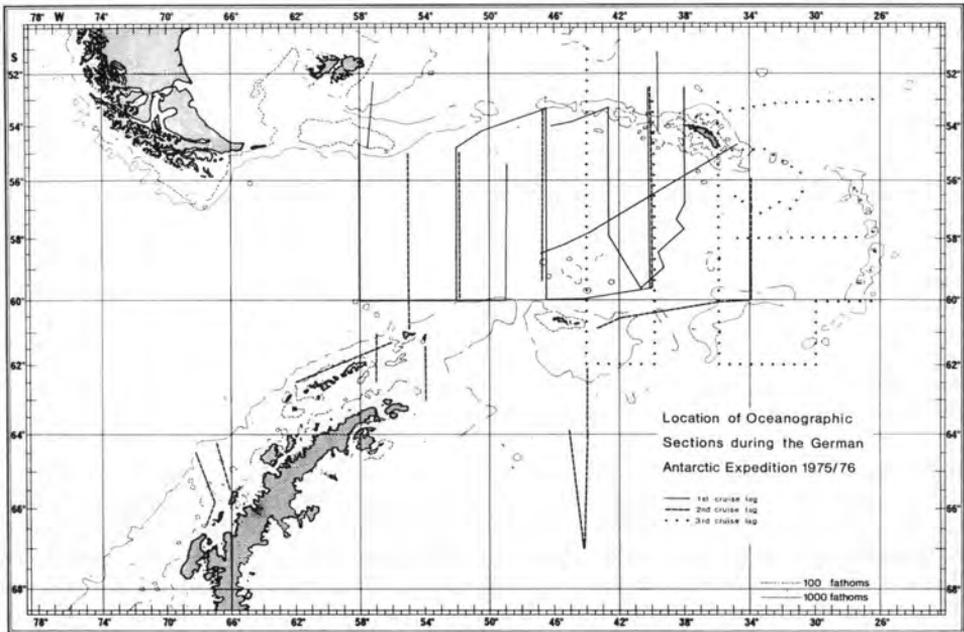


Abb. 7: Lage der ozeanographischen Schnitte.

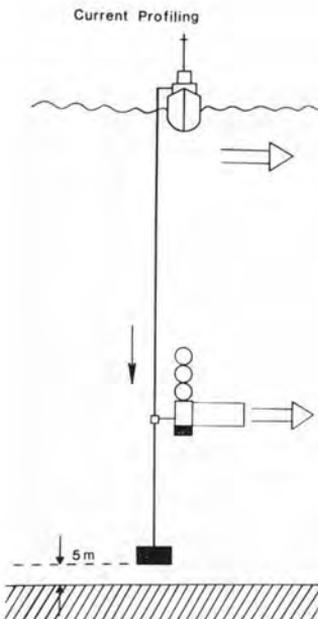


Abb. 8: Prinzip einer Profilströmungsmessung.

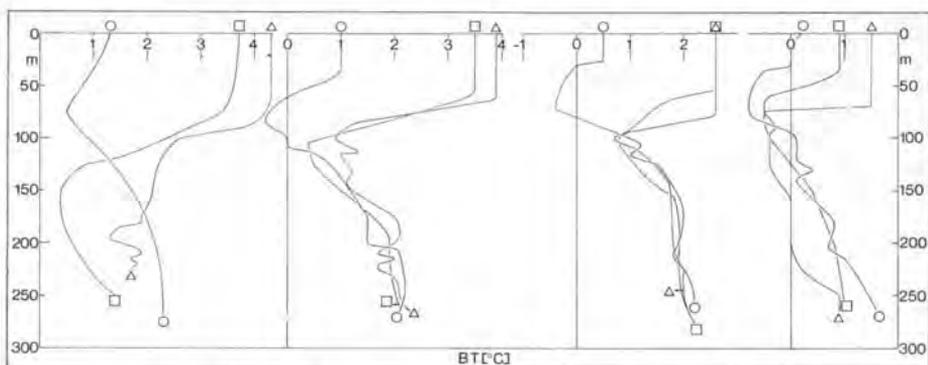


Abb. 9: Vertikalverteilung der Temperatur entlang 40° W zwischen 59° S (rechts) und 54° S (links); ○: I. Abschn.; □: II. Abschn.; △: III. Abschn.

Fahrtabschnitt zeigen die Temperaturprofile vom zweiten und dritten Fahrtabschnitt keine negativen Werte in dieser Schicht, ausgenommen die südlichste Station des Schnittes. Unterhalb des Winter-Wassers wird ein Gradient in Temperatur und Salzgehalt festgestellt. Dieser wärmere und salzhaltigere Wasserkörper — er liegt in etwa 500 m Tiefe — wird gewöhnlich als Warmes Tiefenwasser bezeichnet. Unterhalb des Warmen Tiefenwassers findet ein allmählicher Übergang zu einem kalten, salzärmeren Wasserkörper statt, dem Antarktischen Bodenwasser. Auf der südlichsten Station in der Weddell See wurde diese Wassermasse im zweiten Fahrtabschnitt beobachtet. Aufgrund der Löslichkeit der silikatreichen Schalen der Diatomeen ist der Silikatgehalt dieses Wasserkörpers besonders hoch.

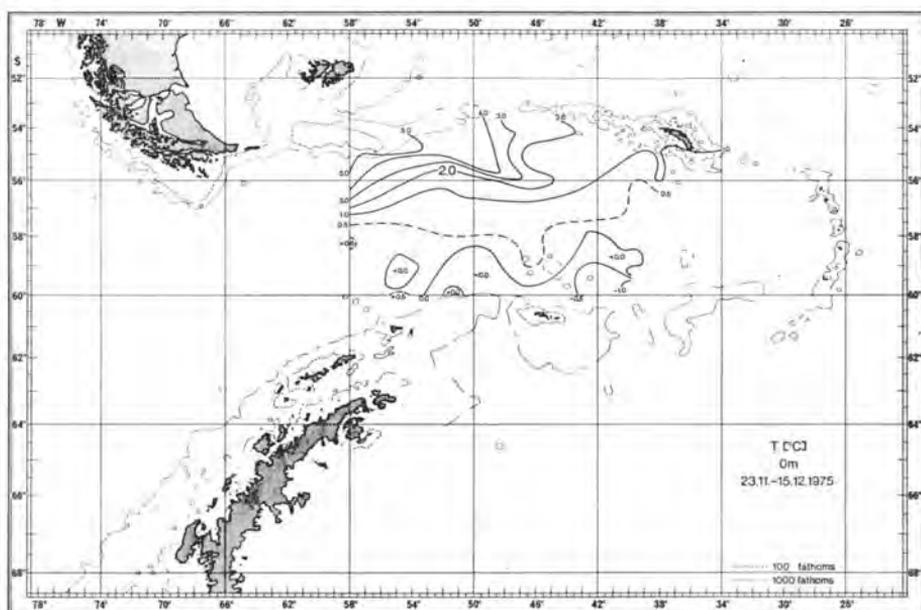


Abb. 10: Oberflächentemperaturverteilung während des I. Abschnittes.

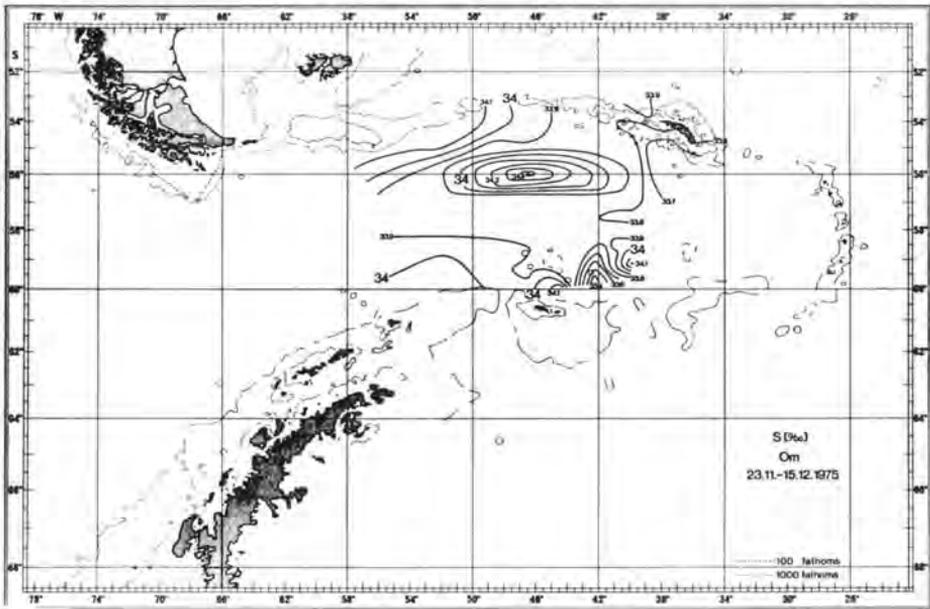


Abb. 11: Oberflächensalzgehaltsverteilung während des I. Abschnittes.

Die horizontale und vertikale Verteilung von Temperatur und Salzgehalt während des ersten Fahrtabschnittes zeigt sehr deutlich die Existenz eines Wirbels westlich von Süd-georgien (Abb. 10, 11). Dieser Wirbel scheint aus den wärmeren und salzgehaltigeren Gewässern nördlich der Antarktischen Konvergenz zu stammen. Mit dem Zentrum bei 56° S, $46^{\circ} 30'$ W wurde hier eine isolierte Wassermasse gefunden, deren Werte für Temperatur und Salzgehalt 1 bis 2° C bzw. 0.6 ‰ über den Werten der umgebenden Wassermassen liegen. Betrachtet man die vertikale Verteilung beider Parameter (Abb. 12), so zeigen die Isothermen und Isohalinen die vertikale Erstreckung dieses Einschubes (ca. 250 m).

Die Oberflächentemperaturverteilung vom zweiten Fahrtabschnitt verdeutlicht die Erwärmung des Oberflächenwassers zwischen Südfrühling und Südsommer (Abb. 13). Während im ersten Fahrtabschnitt die 2° C-Isotherme bei etwa 56° S lag (Abb. 10), war sie im Südsommer weit nach Süden verschoben. Aufgrund der Vertikalschnitte kann man sagen, daß die 2° C-Oberflächenisotherme im ersten Fahrtabschnitt die Lage der Antarktischen Konvergenz nur im Westteil der Scotia-See widerspiegelt. In den östlichen Teilen der Scotia-See wurde im zweiten und dritten Fahrtabschnitt eine „maskierte Front“ beobachtet, d. h. eine dünne Schicht Oberflächenwasser erstreckte sich weit nach Süden und bedeckte kaltes Winter-Wasser. In der Oberflächenverteilung des Silikats wird die „maskierte Polarfront“ sichtbar durch große Horizontalgradienten dieses Parameters (Abb. 14). Während Werte $< 20 \mu\text{g}$ at Si/l typisch für die Gewässer nördlich dieser Grenze sind, steigt der Silikatgehalt südlich der Front schnell auf Werte bis zu $90 \mu\text{g}$ at Si/l. Die Vertikalverteilung des Silikatgehaltes macht die Eigenschaft der „maskierten Front“ wiederum deutlich: Warmes, silikatarms Wasser erstreckt sich weit nach Süden im Ostteil der Scotia-See und bedeckt kaltes, silikatreiches Wasser aus der Weddell-See.

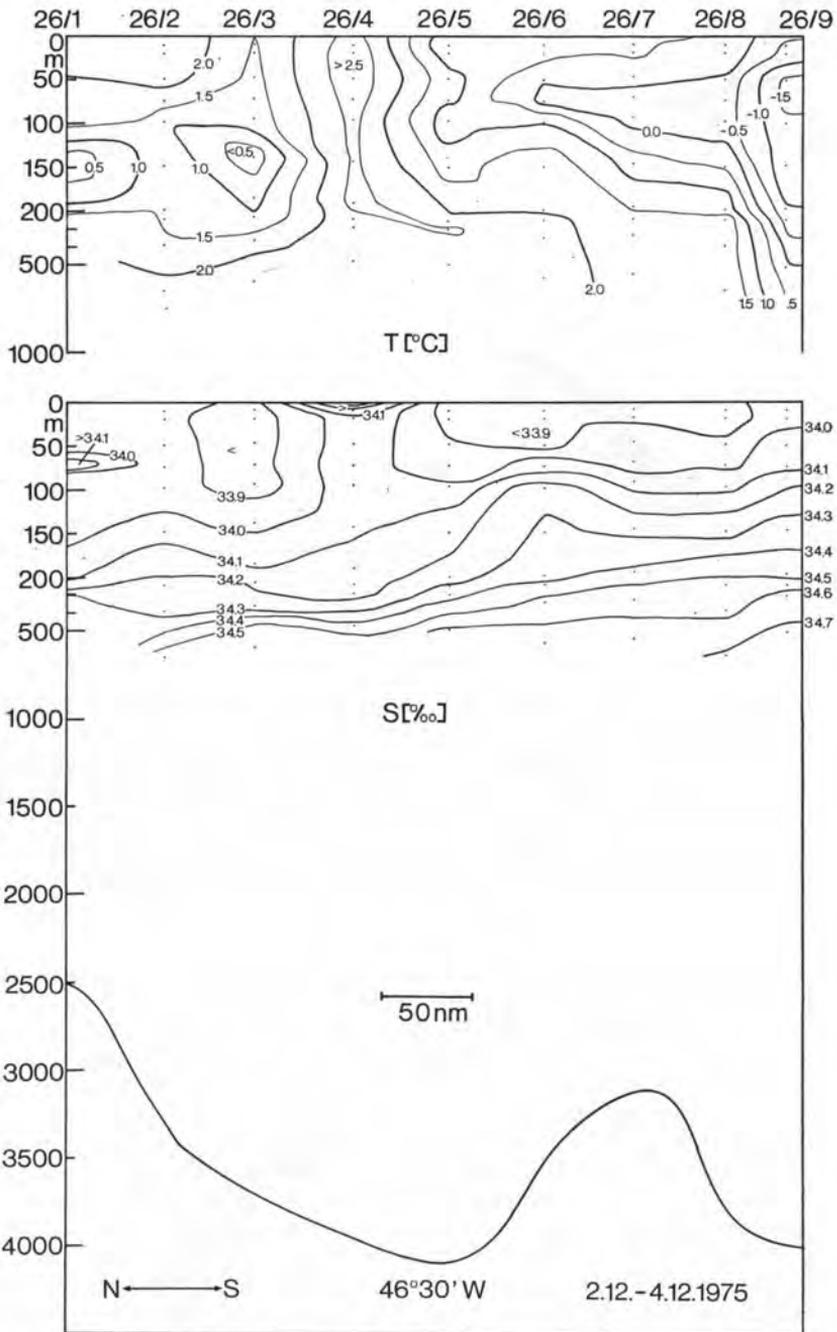


Abb. 12: Vertikalverteilung von Temperatur und Salzgehalt entlang 46° 30' W.

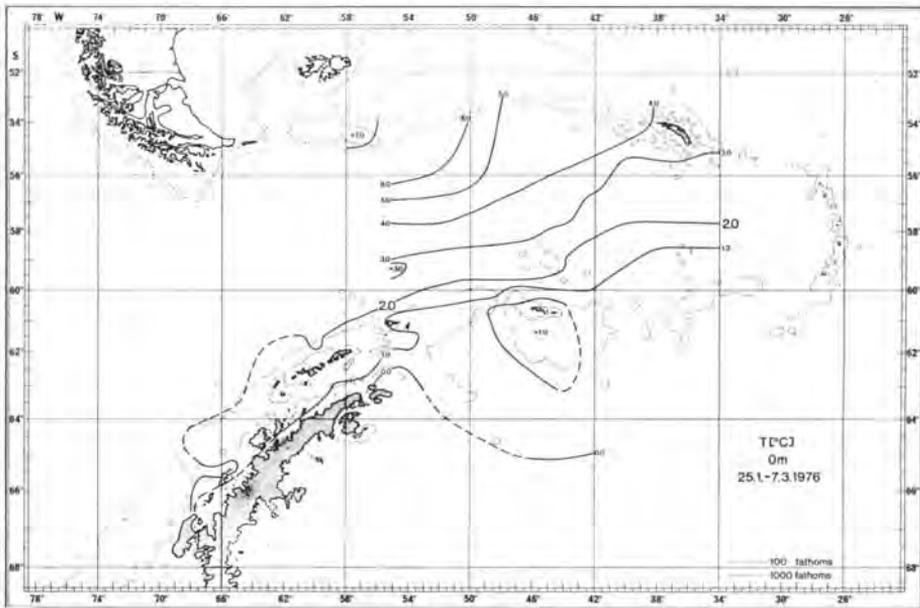


Abb. 13: Oberflächentemperaturverteilung während des II. Abschnittes.

Die ozeanographischen Messungen von FMS „Weser“ vor der Westküste der Antarktischen Halbinsel offenbaren die komplexe hydrographische Struktur dieses Gebietes (KOCK, K. H. u. STEIN, M., 1977/78). Die örtliche Ansammlung von Eisbergen führt zur Abkühlung und Aussüßung des Oberflächenwassers. Dies führt zu Salzgehaltswerten niedriger als 33 ‰ bei Oberflächentemperaturen um 1 °C. In der Nachbarschaft dieser kalten Gebiete findet man ziemlich warme „Wasserflecken“ ($T > 2.5$ °C). Die vertikale Temperaturverteilung offenbart wiederum den äußerst komplexen Aufbau der Wassersäule. In etwa 100 m Tiefe wird der Kern eines sehr kalten Wasserkörpers ($< -1,7$ °C) sichtbar; hierbei handelt es sich um das Bellingshausen See Wasser. Die charakteristische Wassermasse kann im gesamten, westantarktischen Untersuchungsgebiet verfolgt werden.

Die Strommessungen auf der Dauerstation bei Elephant Island scheinen zu einem hohen Grade von Gezeiten beeinflusst zu sein. Die gemessenen Stromgeschwindigkeiten bewegen sich zwischen 25–30 cm/sec an der Oberfläche. In der bodennahen Wasserschicht werden Strömungen bis zu 50 cm/sec beobachtet (STEIN, M., 1976).

Die Temperatur- und Silikatmessungen während der Dauerstation zeigen, daß die Schichtung zeitweilig durch Einbrüche kalter, silikatreicher Wassermassen beeinflusst wird (STEIN, M., 1978b). Die ozeanographischen Untersuchungen machen deutlich, daß die Dauerstation in einem Gebiet lag, welches aufgrund der wechselseitigen Beeinflussung von Wassermassen unterschiedlicher Herkunft eine äußerst komplexe hydrographische Struktur aufweist. Ferner macht sich eine starke Beeinflussung durch Gezeiten bemerkbar. Die angestrebte Korrelation von tagesperiodischen Schwankungen der Umweltparameter mit biologischen Untersuchungen an Krill dürfte sich daher schwieriger als erwartet gestalten.

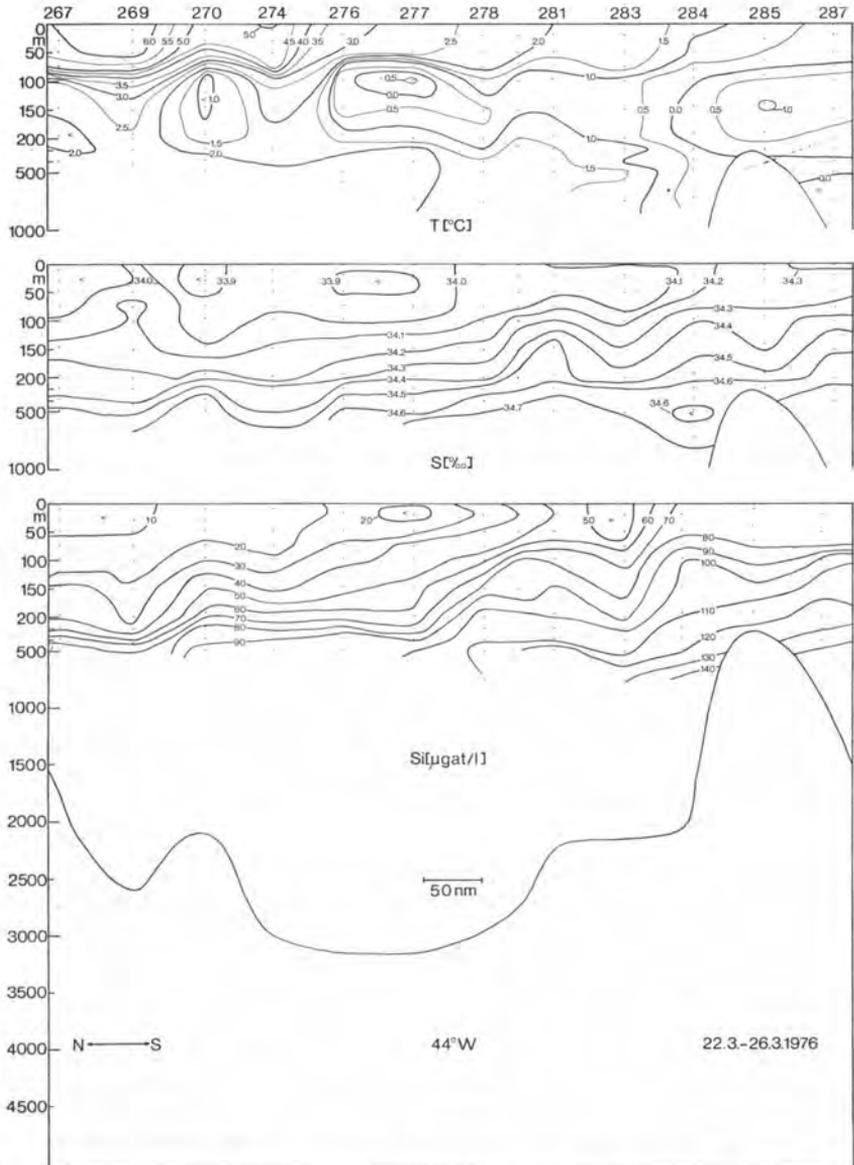


Abb. 14: Vertikalverteilung von Temperatur, Salzgehalt und Silikat entlang 44° W während des III. Abschnittes.

D. Literatur

- KOCK, K. H. und STEIN, M.: Krill and hydrographic conditions off the Antarctic Peninsula. Meeresforsch. 26: 79—95, 1977/78.
- STEIN, M.: Preliminary results of current measurements during the German Antarctic Expedition 1975/76. Count. Mat. ICES, Hydrography Comm., 21, 1976.
- STEIN, M.: Temperature and profiling current meter measurements in the central Scotia Sea. Meeresforsch. 26 (im Druck).
- STEIN, M.: Stratification and currents off Elephant Island. Meeresforsch. 26 (im Druck).

6.1.2 Mikronekton und Zooplankton

VON T. POMMERANZ, Institut für Meereskunde, Kiel

Micronekton and zooplankton

Main objectives of the micronekton and zooplankton catches were investigations of the horizontal and vertical distribution of krill, its early stages, and of fish larvae as well as studies on their ecology. 277 hauls were made with the "N. I. O. Combination Net (RMT 1 + 8)" and 246 mostly simultaneous hauls with a neuston net. 15 hauls were made with a bongo net and 17 test hauls with the multiple closing plankton sampler "Meßhai". For the evaluation of the catches a sorting centre was established.

High krill abundances were found mainly north of South Georgia and near the S. Shetland Islands, in the eastern part of the Scotia Sea and its boundary area to the Weddell Sea, and far southeast of the S. Sandwich Islands. Krill larvae were found especially in the Elephant Island area and in the central Scotia Sea in February and in the eastern Scotia Sea, north of South Georgia and in the eastern part of the Weddell drift in March and April. During a time station of 4 days vertical migrations of adult and larval krill were observed. During the night the adults concentrated near the surface. The majority of the larvae tended to stay below the adults. Examinations of stomach contents showed that krill is the most important component in the diet of the myctophid *Electrona antarctica*. Fish larvae of *Notothenia gibberifrons*, *Pseudochaenichthys georgianus*, *Psilodraco breviceps* and *Artedidraco mirus* from the South Georgia area could be identified. High abundances of the larvae of *N. gibberifrons* were found on the northeastern shelf of South Georgia.

A. Einleitung

Für die vom Institut für Meereskunde, Kiel, durchgeführten Arbeiten war ab 1974 ein Programm erarbeitet worden, welches an den vom „Scientific Committee on Antarctic Research“ (SCAR) zusammengestellten Forschungsergebnissen und -richtlinien orientiert war (HOLDGATE, 1970; SCAR, 1972). Vor allem sollten quantitative Angaben über die regionale und vertikale Verteilung der verschiedenen Entwicklungsstadien des Krills und der Fischbrut gewonnen werden. Außerdem wurde angestrebt, Informationen zur Krill-Biologie zu erhalten.

B. Methoden und Material

(a) Fanggeräte

Vor allem wurden das „N. I. O. Combination Net“, welches meist als „Rectangular Midwater Trawl 1+8“ (RMT) bezeichnet wird, und das „Neuston-Netz“ aber auch das „Bongo-Netz“ und der „Meßhai“ eingesetzt. Das RMT war am Institute of Oceanographic Sciences (IOS) in England entwickelt worden (CLARKE, 1969; BAKER, CLARKE und HARRIS, 1973). Es besteht aus zwei übereinander angebrachten Schließnetzen. Mit einer Maschenweite von 320 μ im oberen und 4,5 mm im unteren Netz und dazugehöri-

gen Netzöffnungen von 1 m² bzw. 8 m² erfaßt das Fanggerät das gesamte Größenspektrum vom Krill und seiner Brut, sowie der Fischbrut und kleinerer Fische. Ein Netzmonitor überträgt die Fangtiefe, die Netzgeschwindigkeit und die Wassertemperatur akustisch über ein Schlepphydrophon an ein Bordgerät. Mit Hilfe des dazugehörigen akustisch gesteuerten Auslösersystems für einmaliges Öffnen und Schließen der Netze ist eine gezielte Probennahme möglich.

Das RMT und die anderen genannten Plankton-Fanggeräte wurden nur auf FFS „Walther Herwig“ eingesetzt. Für die RMT-Hols wurde der 6/3-Ladebaum in Verbindung mit der Backbord-Mehrleiterwinde und 1000 m Schleppdraht (12 mm ϕ) benutzt. Für die Handhabung dieses schweren Gerätes waren bis zu 6 Mann Schiffsbesatzung und 3 Wissenschaftler nötig. Besonders während des II. Abschnittes waren auf den Registrierungen der Lote synchron zu denjenigen des RMT-Schreibers Zeitmarken gesetzt worden, um später den Holverlauf auf die Lotanzeigen übertragen zu können.

Während des III. Fahrabschnittes wurde das RMT in besonderen Fällen durch ein Bongo-Netz (POSGAY et al., 1968) neuer Bauart mit einem Öffnungsdurchmesser von 61 cm ersetzt. Das Bongo-Netz wurde an der Trosse vom RMT geschleppt. Für seine Handhabung waren insgesamt nur 4 Mann nötig.

Auf den meisten Stationen wurde außerdem ein Neuston-Netz (DAVID, 1965) mit 300 μ Maschenweite eingesetzt. Auch dabei handelte es sich um eine neue Version. Die Öffnung beider Netze hat eine Breite von 30 cm und eine Höhe von 14 cm. Das Obernetz befischte die oberste Wasserschicht bis zu ungefähr 10 cm Tiefe, das Unternetz ungefähr die Schicht von 19—33 cm Tiefe. Das Unternetz war mit einem Strömungsmesser ausgerüstet. Nur während des II. Fahrabschnittes wurde auf den Stationen 154—168 ein Ersatz-Unternetz mit einer Maschenweite von 500 μ verwendet. Das Neuston-Netz wurde meist gleichzeitig mit dem RMT oder dem Bongo-Netz 20 min. lang geschleppt.

Außerdem wurde die Expedition als gute Gelegenheit betrachtet, die Entwicklung des Systems „Meßhai“ durch Tests unter den Bedingungen der subantarktischen Gewässer

Tabelle 1 Anzahl der auf FFS „Walther Herwig“ durchgeführten Mikronekton- und Zooplanktonfänge

Fahrabschnitt	I 16. 11. 75 bis 13. 1. 76	II 20. 1. 76 bis 12. 3. 76	III 18. 3. 76 bis 20. 5. 76	Teil- summen	Gesamt- summen
Fanggerät					
RMT:					
Schräghols	80	60	57	197	
Schließhols	16	40	15	71	277
Sondierhols		8	1	9	
Summe	96	108	73		
Bongo-Netz:					
Schräghols			14		
Sondierhols			1		15
Neuston-Netz:	100	99	47		246
Meßhai:					
Schräghols	9				
Stufenhols	6	2			17
Gesamtanzahl:					555

voranzutreiben. Die Bordgeräte für RMT und Meßhai waren im Datenraum in Form eines provisorischen Fahrstandes zusammengefaßt. Um eine spätere genaue Zuordnung der Daten zu ermöglichen wurden die verschiedenen Tiefenmesser der biologischen und hydrographischen Geräte auf Probestationen simultan geeicht. Die Tageslichtstrahlung wurde ständig mit einem Aktinographen registriert.

(b) Auf See durchgeführte Arbeiten

In Tabelle 1 ist dargestellt, wie sich die insgesamt durchgeführten 555 Fänge auf die Fahrabschnitte verteilen. Je nach Fragestellung wurden sie auf verschiedenen Stationstypen durchgeführt. Die Abb. 15—19 zeigen die geographische Lage der Fänge. Die Positionen der Stationen wurden zusammen mit Angaben zum Holverlauf und Umweltdaten, die für die Auswertung der Fänge nötig sind, in einer Stationsliste veröffentlicht (WÖRNER und KÜHN, 1978).

Zur quantitativen Aufnahme der regionalen Verbreitung von Krill und seiner Brut sowie von Fischbrut wurden sog. Standardstationen durchgeführt. Auf ihnen wurden Schrähgols mit dem RMT und gleichzeitig Neuston-Hols gemacht. Bei allen Hols betrug die Schiffsgeschwindigkeit 2—3 kn. Bei den Schrähgols wurde das RMT offen bis in ungefähr 200 m Tiefe oder in flacheren Gewässern möglichst nahe an den Grund gefiert und anschließend, auch offen, wieder gehievt. Die Fier- bzw. Hievgeschwindigkeit der Schlepptrasse variierte von 0,2—0,5 m/sec und betrug meist 0,3 m/sec. Nur selten wurde der Holverlauf durch Windstörungen verfälscht.

Ab Windstärke 8 konnte das RMT nicht mehr zu Wasser gebracht werden. In solchen Fällen und bei Defekt wurde es durch ein Bongo-Netz ersetzt, und mit diesem dieselbe

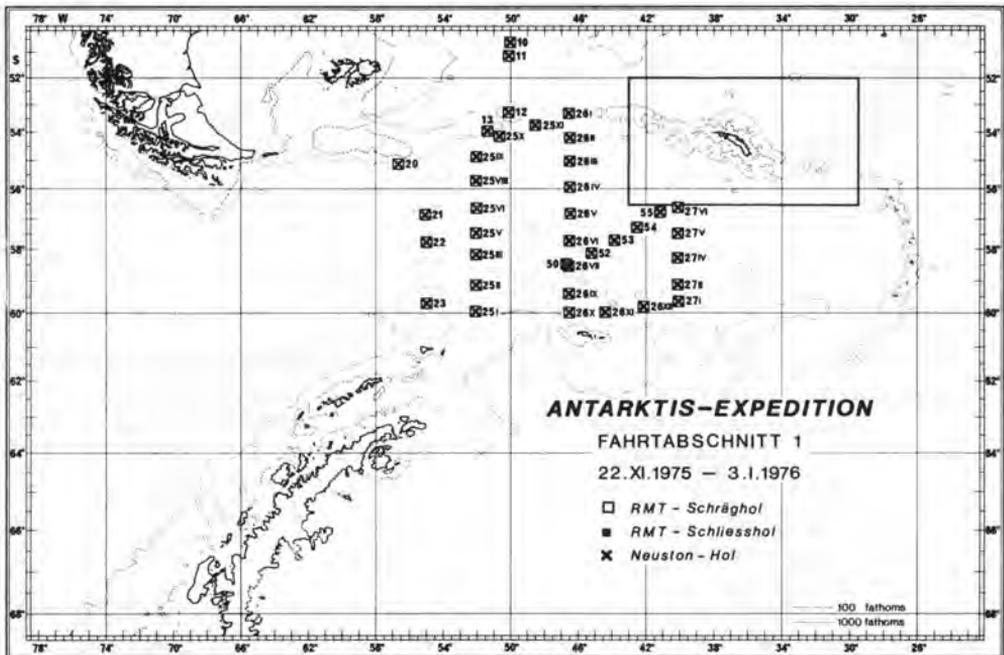


Abb. 15: Stationen des I. Fahrtabschnitts. Die Stationen im umrandeten Seegebiet um Süd-Georgien sind in Abb. 16 dargestellt.

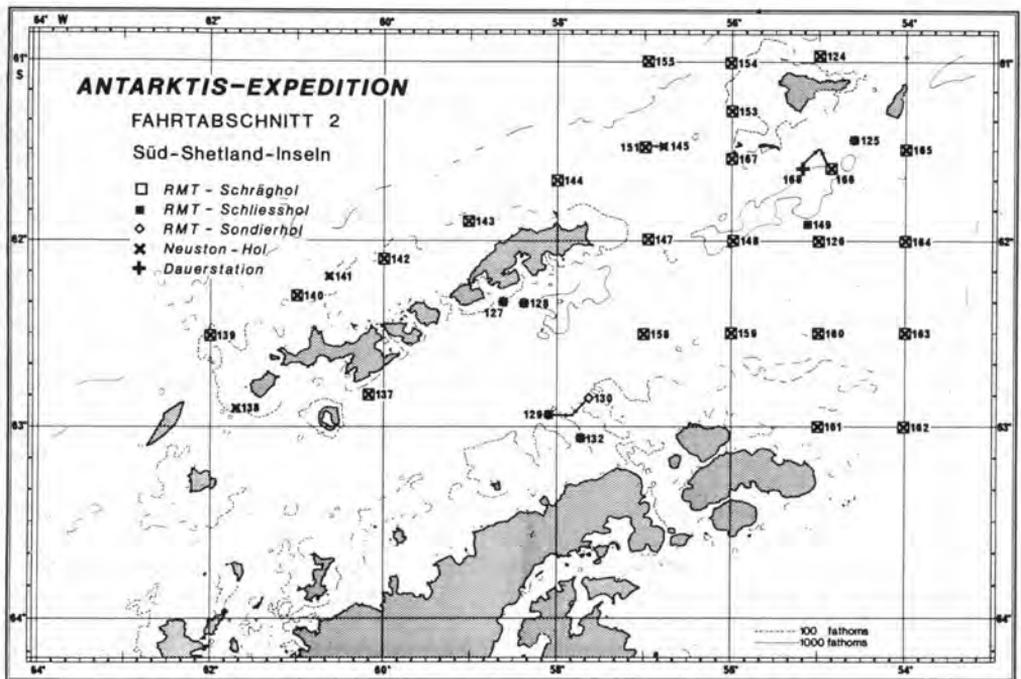


Abb. 18: Die Stationen bei den Süd-Shetland-Inseln während des II. Fahrtabschnitts. Die Pfeile weisen bei versetzt dargestellten Signaturen auf die genauen Positionen der Stationen hin.

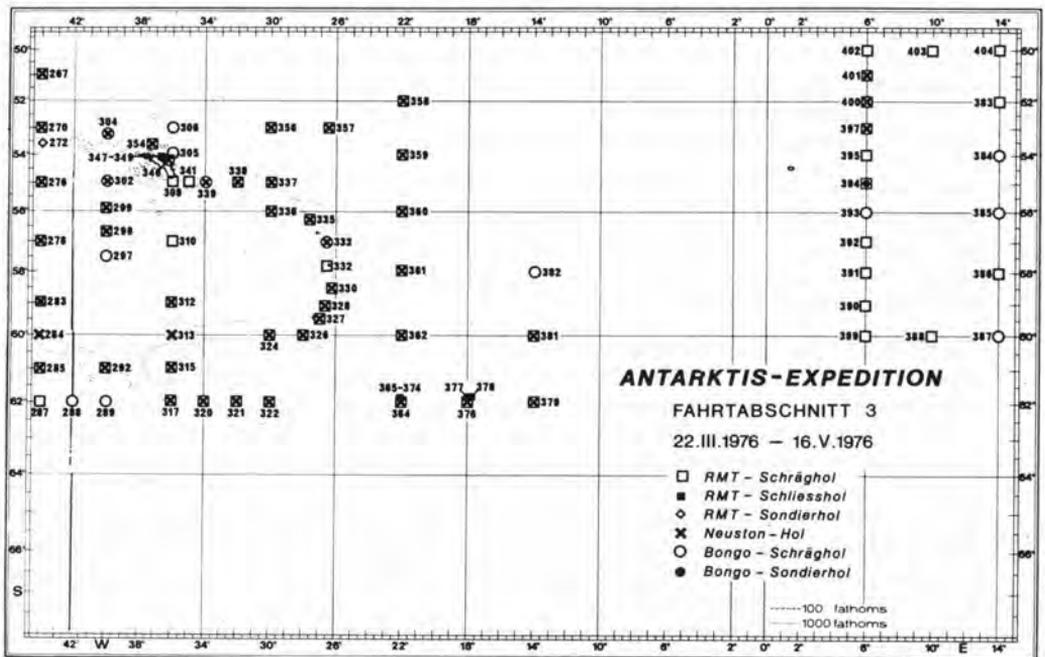


Abb. 19: Die Stationen des III. Fahrtabschnitts.

Fangprozedur wie mit dem RMT durchgeführt. Nur konnte die Fangtiefe des Bongo-Netzes nicht direkt gesteuert werden. Stattdessen wurden meist 600—650 m Trosse gefiert, was eine gute Annäherung an die gewünschte maximale Fangtiefe von 200 m ergab. Dies konnte nach dem Hol mit Hilfe des stets eingesetzten „Time Depth Recorders“ überprüft werden. Zunächst wurden gleichzeitig Netzbeutel mit einer Maschenweite von 300 μ und 500 μ verwendet und gegen Ende der Reise Netzbeutelpaare von 500 μ . In einer Netzöffnung war ein Strömungsmesser befestigt. Neuston-Hols wurden auch parallel zu anderen Holarten und zusätzlich als Zwischenstation gemacht (s. Abb. 19).

Die Standardstationen liegen auf weiträumigen Schnitten in der Scotia-See, dem nördlichen Weddell-Meer und in den Seegebieten östlich der S.-Sandwich-Inseln (bis 14° E) oder engräumig in den Gebieten starker Krillvorkommen nahe Südgeorgien, den S.-Shetland- und den S.-Sandwich-Inseln (s. Abb. 15—19). Die Positionen von Hols auf Bundwood-Bank und in subtropischen Gewässern sind der Stationsliste (WÖRNER und KÜHN, 1978) zu entnehmen.

Um die Dichte und Zusammensetzung von Krillschwärmen festzustellen, wurden gelegentlich durch horizontale Schließhols gezielt Proben genommen. Außerdem wurden zur Untersuchung von Vertikalwanderungen während einer Dauerstation (6.—10. 2. 76) südlich von Elephant Island (s. Abb. 17 u. 18) 36 Schließhols, eng verbunden mit hydrographischen Untersuchungen, gemacht. Die Schließhols der Dauerstation lagen stufenförmig in den Wasserschichten von 0-20, 20—50, 50—200, 200—400 und 400—600 m. Ihr genauer Verlauf wurde von NAST (1977) beschrieben.

Während des III. Abschnittes wurden schräge Schließhols eingeführt. Dabei wurde das Netz geschlossen bis zur maximalen Fangtiefe gefiert, dann geöffnet und wie beim Schräghol gehievt. In der Cumberland West Bay (s. Abb. 16) wurden 3 dieser Hols zur Suche nach Krill durchgeführt. 2 davon besichtigten die Wasserschicht von 100—50 m und einer von 190—100 m. Schließlich wurden 10 derartige Hols unmittelbar hintereinander auf fester Position (Station 365—374) gemacht, um die Variabilität der Fänge in der 50—0 m-Oberflächenschicht zu bestimmen.

Salpen können ähnliche Echolot-Anzeigen geben wie Krill. Um ein Aussetzen des kommerziellen Netzes auf Salpen zu vermeiden, wurden in Zweifelsfällen Sondierhols mit dem RMT und dem Bongo-Netz durchgeführt (s. Tabelle 1). Dabei wurde das Gerät offen bis zur gewählten Fangtiefe gefiert, dort horizontal geschleppt und anschließend, auch offen, wieder gehievt.

In Tabelle 2 sind Variationsbreite und Mittelwert der filtrierte Wasservolumina von Hols mit dem RMT 8 und dem Neuston-Unternetz angegeben. Aufgrund der Geometrie der Netzöffnungen sollen die entsprechenden Werte vom RMT 1 ^{1/8} derjenigen vom RMT 8 betragen und die Werte vom Neuston-Obernetz 70 % derjenigen vom Unternetz. Die manchmal sehr hohe filtrierte Wassermenge und das Schwarmvorkommen von Krill ergaben für das RMT häufig entsprechend große Fänge. Das maximale Volumen von Fängen mit dem RMT 8 betrug bei Schräghols 517 l und bei Schließhols 70 l. Für das RMT 1 ergaben sich Maximalfänge von 19 l bei Schräghols und 5 l bei Schließhols. Weil es nicht möglich war, alle großen RMT-Fänge vollständig zu konservieren, wurde in 18 Fällen das Probenvolumen durch Verwerfen protokollierter Mengen an Salpen, Ctenophoren und Scyphomedusen verringert, und in 93 Fällen wurden Unterproben von 0,5—5 l genommen. Alle Fänge wurden mit 4 % Formaldehyd konserviert, das mit Borax gepuffert war.

Tabelle 2 Filtrierte Wassermengen (m³) der RMT- und Neuston-Fänge

Gerät	Holart	Minimum	Maximum	Mittelwert
RMT 8	Schräghol	4 240	59 960	21 271
RMT 8	Schließhol	720	45 552	14 850
Neuston	unten	24,9	150,6	83,9

Das Material kam in sehr unterschiedlichem Zustand in Kiel an. Im allgemeinen war es gut erhalten, aber die Schalen von Pteropoden waren häufig aufgelöst, und die empfindlichen Larven von Euphausiaceen einschließlich derjenigen vom Krill, vor allem aus Fängen des RMT 1, waren teilweise beschädigt, wodurch die Arten- und Stadienbestimmung erschwert war. Diese Mängel werden vor allem darauf zurückgeführt, daß die Fänge zu groß oder in den Probenbehältern zu eng gepackt waren.

Struktur und Pigmentierung lebender Fischbrut wurde mit Hilfe von Mikrofotografie bereits an Bord festgehalten. So konnte nachgewiesen werden, daß durch die Konservierung bei den Fischlarven Teile der Schädelkapsel, Otolithen und Flossenstrahlen aufgelöst und Pigmente verblaßt waren (SEIBERT, 1977).

(c) Auswertung an Land

Die Bearbeitung des Probenmaterials begann am 1. 7. 76 in Kiel mit einem einwöchigen Seminar zur Einführung der Sortierer in das antarktische Plankton durch A. de CH. BAKER^{*)}. Anschließend wurde ein Sortierzentrum von F. WÖRNER aufgebaut. Wegen ihrer sehr unterschiedlichen Größe und Zusammensetzung ergab sich für die Proben der verschiedenen Fanggeräte eine differenzierte Bearbeitungsprozedur. Folgendes Programm wurde entwickelt: Bei den Fängen vom RMT 1 und Bongo-Netz wurde das Verdrängungsvolumen bestimmt, sofern sie nicht zu viel Phytoplankton enthielten.

Dann waren aus den Proben die Nichtplankter und die Organismen mit einem Durchmesser von ungefähr ≥ 3 mm und einer Länge von rund ≥ 20 mm, wie z. B. Salpen, große Euphausiaceen, Chaetognathen und Polychaeten, sowie alle Fischlarven auszusortieren. Anschließend wurden die Restproben vom RMT 1 und Bongo-Netz mit einem modifizierten „FOLSOM-Splitter“ geteilt. Dieser spaltet die Probe bei jedem Teilungsvorgang in zwei Hälften, so daß die erste Fraktion $1/2$, die zweite $1/4$, die dritte $1/8$ usw. enthält. Dies wurde durchgeführt, bis die Probe auf $1/32$, bzw. $1/64$, seltener $1/128$ geteilt war, um Unterproben zu erhalten, welche repräsentativ aber auch mit einem vertretbaren Aufwand zu bearbeiten waren. Nur gelegentlich waren dazu weniger Teilungsschritte nötig. Anschließend wurden die gewonnenen Unterproben und die Neustonfänge mit Hilfe von Stereomikroskopen sortiert. Die Meßhai-Fänge durchliefen dieselbe Prozedur wie die Bongo-Fänge.

Die Proben wurden in die folgenden 22 Gruppen sortiert: Fische, Fischlarven, Fischeier, Scyphomedusen, Ctenophoren, *Euphausia superba* (Postlarven und Adulte), andere Euphausiaceen (Postlarven und Adulte), Euphausiaceenlarven, Amphipoden mit Cumaceen, Decapoden (Postlarven und Adulte), Decapoden-Larven, Mysidaceen, Chaetognathen, Appendicularien, Salpen, andere Tunicaten, Siphonophoren, Polychaeten, Cephalopoden, andere Mollusken, Unidentifizierte, Rest: Ostracoden und Copepoden. Hyperide Amphipoden und Euphausiaceen außer Krill sowie Pteropoden wurden an

^{*)} A. de CH. BAKER (IOS) ist für seine Mitarbeit auf technischem und biologischem Gebiet während aller Phasen des Projektes zu danken.

das Natur-Museum und Forschungsinstitut Senckenberg, Frankfurt, und Gammariden an das Zoologische Institut und Museum der Universität Hamburg abgegeben. Auch andere Teile des Materials sollen durch auswärtige Taxonomen bearbeitet werden.

C. Ergebnisse

Der Schwerpunkt der Auswertungsarbeiten lag zunächst auf der Untersuchung der regionalen und vertikalen Verteilung des Krills und seiner Brut sowie der Fischbrut und auch auf Untersuchungen zur Stellung des Krills im Ökosystem.

Die regionale Verbreitung des adulten und juvenilen Krills wurde von T. POMMERANZ mit Hilfe der Anzahl von Individuen bestimmt, welche bei den Schräghols der Standardstationen im RMT 8 gefangen worden waren. Anhand der vom Netz filtrierten Wassermenge wurde die Anzahl der Individuen unter 1 m^2 Wasseroberfläche für die oberen 200 m, oder bei flacheren Seegebieten, für die gesamte Wassersäule berechnet. Die Hauptmenge des Krills ist auf diese Schichten beschränkt. Für die Darstellung wurden verfügbare hydrographische Karten (s. STEIN, 10 u. 13) benutzt.

Während des I. Fahrtabschnittes wurden hohe Krill-Vorkommen von $> 100/\text{m}^2$ im Süden und Osten des Untersuchungsgebietes gefunden, insbesondere vor Südgeorgien mit einem Maximum von rund $10.000/\text{m}^2$ (Abb. 20). In der zentralen Scotia-See wurde die Krill-Verbreitung ungefähr von der $0,5^\circ\text{C}$ -Oberflächen-Isotherme begrenzt, aber im Norden schnitt die Verbreitungsgrenze die Isothermen. Wesentlich deutlicher war die Verbreitungsgrenze mit den Oberflächen-Isosalinen (s. STEIN, Abb. 11) korreliert. In dem salzreicheren Wasserkörper, der die nördliche Scotia-See einnahm, kam kein Krill vor. Während des II. Abschnitts wurden hohe Krillvorkommen bei den S.-Shetland-Inseln und im Grenzgebiet zwischen der Scotia-See und der Weddell-See bei Oberflächentemperaturen von < 0 bis $+2^\circ\text{C}$ gefunden (Abb. 21). In der nördlichen Weddell-See kam nur wenig Krill vor. Während des III. Abschnitts wurden hohe Individuenzahlen vor allem nordwestlich und weiter entfernt südöstlich der S.-Sandwich-Inseln festgestellt (Abb. 22). Die gefundene Verbreitung des Krills entspricht derjenigen, die von MARR (1962) beschrieben wurde. Sie spiegelt sich auch in den Fängen des kommerziellen Krill-Netzes (s. KOCK, Abb. 23—28) wider.

Die regionale Verbreitung der Brut von Krill und der restlichen Euphausiaceen-Arten wurde von I. HEMPEL anhand der Fänge vom RMT 1 und Bongo-Netz untersucht. Auf fast allen Stationen kamen Larven von *Thysanoessa* spp. häufig vor. Während des I. Abschnitts wurden keine Larven von Krill gefunden, wohl aber diejenigen von *E. frigida* und in geringerem Umfang auch von *E. triacantha*. Der II. Abschnitt erbrachte reichliche Vorkommen von Krillbrut im Seegebiet um Elephant Island und in der mittleren Scotia-See. Für die nördliche Bransfield Strait ergaben sich z. B. Werte bis zu $19/\text{m}^3$. Larven von *E. frigida* kamen hier nur wenig vor und Larven von *E. triacantha* wurden nur auf zwei Stationen nachgewiesen. In der nördlichen Weddell-See wurde keine Krillbrut gefunden.

Auch der III. Abschnitt ergab Fundorte von Krill-Larven, allerdings nur mit Werten in der Größenordnung von $\leq 0,1/\text{m}^3$. Die Verbreitung der Krillbrut erstreckte sich von den küstenfernen Gewässern um Südgeorgien in die Scotia-See. Außerdem wurden im Ostteil der Weddelldrift Vorkommen mit dem Höchstwert von rund $10/\text{m}^3$ auf der Position $56^\circ 00' \text{ S}/14^\circ 00' \text{ E}$ festgestellt. Die Krill-Larven des III. Abschnitts waren im Durchschnitt weiter entwickelt als diejenigen des II. Abschnitts. *E. frigida*-Larven waren auf rund der Hälfte und *E. triacantha*-Larven nur auf wenigen der Stationen des III. Abschnitts vertreten.

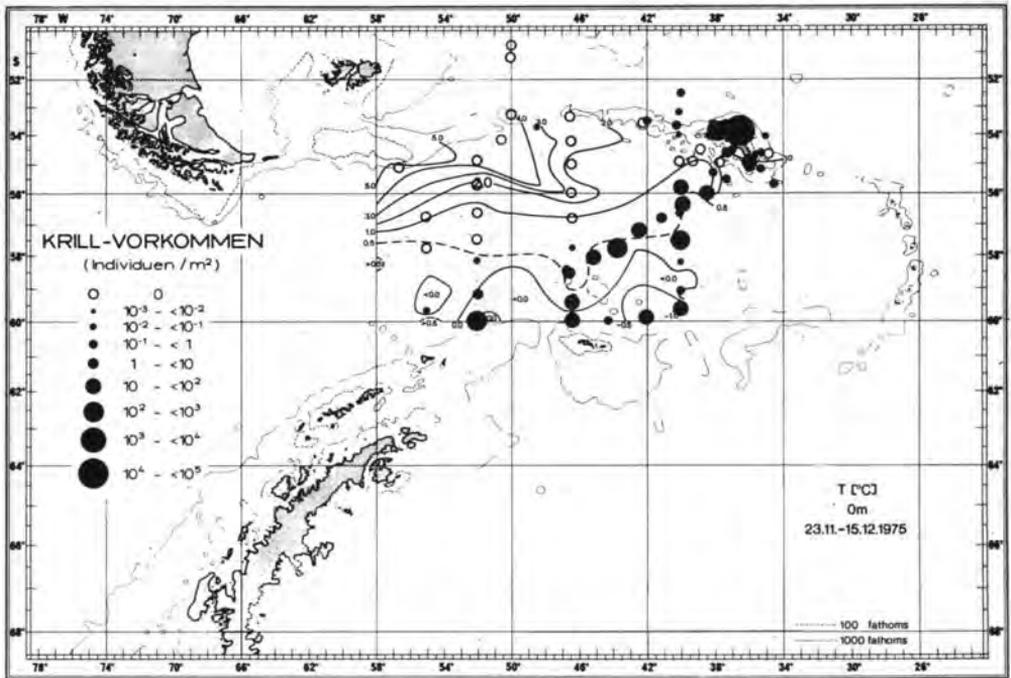


Abb. 20: Krillvorkommen und Oberflächentemperaturen während des I. Fahrtabschnitts.

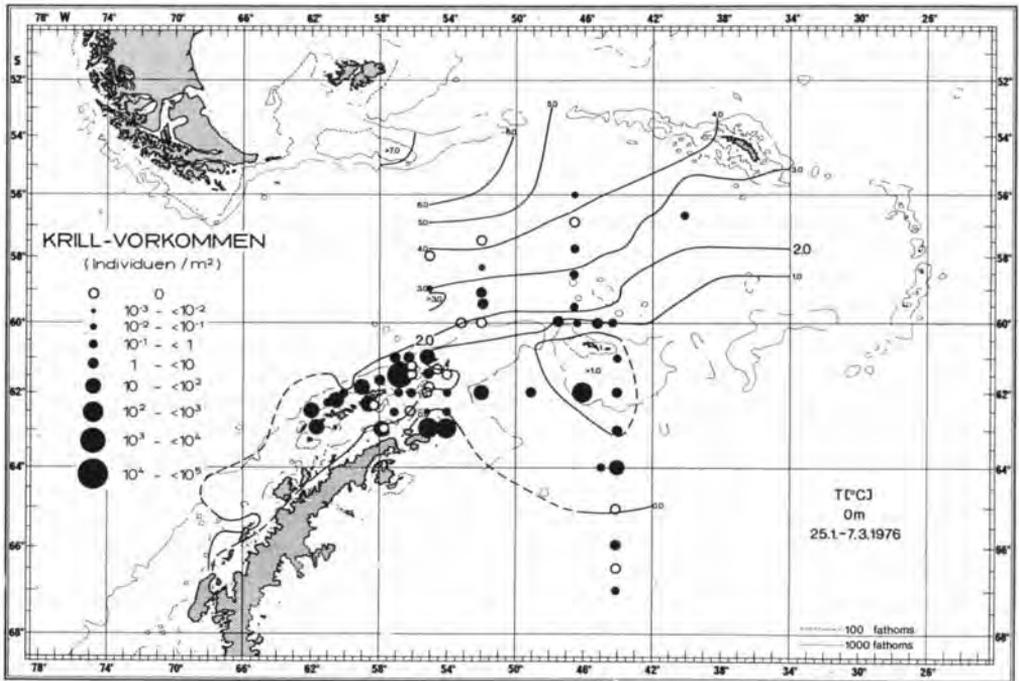


Abb. 21: Krillvorkommen und Oberflächentemperaturen während des II. Fahrtabschnitts.

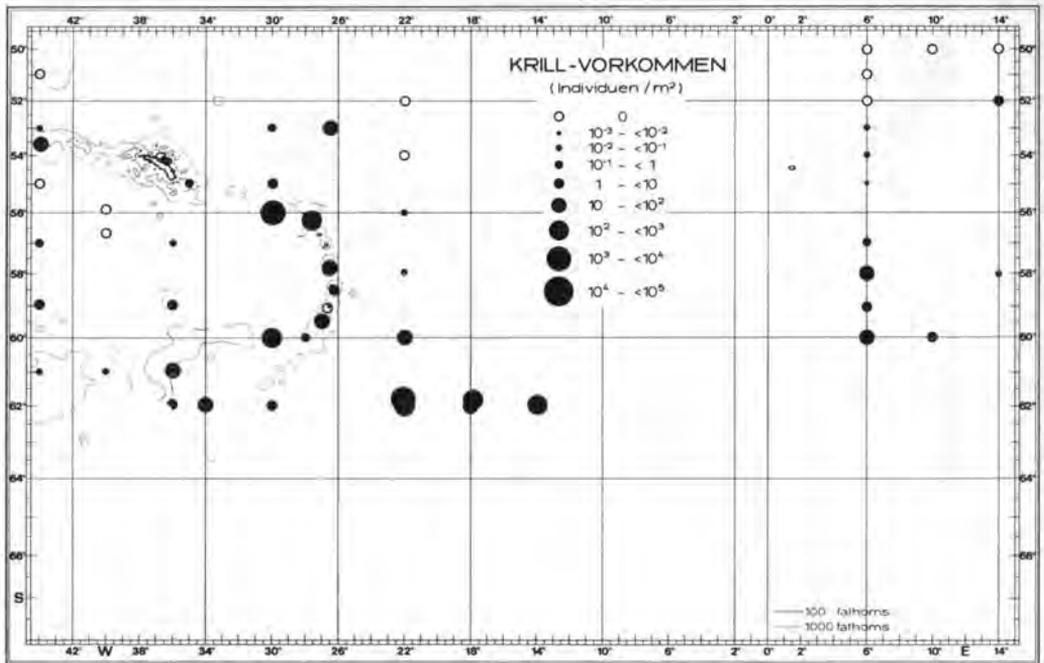


Abb. 22: Krillvorkommen während des III. Fahrtabschnitts.

Die Vertikalverteilung von Krill und seiner Brut wurde anhand der Proben von der Dauerstation (Abb. 17 u. 18) untersucht (NAST, 1977). Die Hauptmengen des adulten Krills kamen vor allem in den Tiefenstufen von 0—200 m vor, diejenigen des larvalen Krills in 20—400 m. Sowohl der adulte Krill als auch die Larven zeigten tägliche Vertikalwanderungen, wobei der Temperatursprung an der Unterseite der rund 50 m tiefen wärmeren Deckschicht kein Hindernis gewesen zu sein scheint. Der im Mittel überwundene Tiefenunterschied betrug bei den Larven 86 m und bei den Adulten 105 m. Dabei hielt sich die Hauptmasse der Larven meist tiefer als die Adulten auf. Nachts konzentrierten sich die Adulten stark um 15 m Tiefe. Dann waren sie völlig von den tiefer stehenden Salpen getrennt.

Der Wegfraß von Krill wurde an der Myctophidenart *Electrona antarctica* (Günther, 1878) untersucht (ROWEDDER, 1977). Diese kommt häufig im Mesopelagial der antarktischen Gewässer vor. Die bearbeiteten Exemplare stammten aus den Fängen des RMT 1+8 und der pelagischen Schleppnetze. Neben Krill bestand die Nahrung aus anderen Euphausiaceenarten, Euphausiaceenlarven, Copepoden, Amphipoden und Pteropoden. In der Nahrungszusammensetzung gab es zwischen den einzelnen Längsklassen erhebliche Unterschiede. Je größer die Fische waren, desto weniger Copepoden und desto mehr Krill wurde gefressen. Es wurden Unterschiede der Nahrungszusammensetzung in drei verschiedenen Gebieten (Südgeorgien, Elephant Island, S.-Sandwich-Inseln) nachgewiesen. Gewichtsmäßig machte Krill jedoch stets über 50 % aus. Die größten in den Mägen gefundenen Krill Exemplare hatten eine Länge von 46 mm. Jahreszeitliche Unterschiede in der Gesamtnahrungsmenge gab es für die Zeit der Expedition nicht.

Eine umfassende Untersuchung der Verteilung der Fischbrut wird von F. WÖRNER durchgeführt. Sie ist schwierig, da geeignete Bestimmungsliteratur fehlt, und die Larven

teilweise schlecht erhalten sind. Mit Hilfe der Fänge vom RMT 1+8 des I. Abschnitts wurde eine spezielle Analyse der Fischbrut für das engere Seegebiet um Südgeorgien gemacht (SEIBERT, 1977). Dabei konnten die Larven der Arten *Notothenia gibberifrons* (Notothenidae), *Pseudochaenichthys georgianus* (Chaenichthyidae), *Psilodraco breviceps* (Bathyracoonidae) und *Artedidraco mirus* (Harpagiferidae) identifiziert werden. Die Larven von *N. gibberifrons* kamen vor allem über dem Inselfelch der Nord-Ost-Seite und bei rund 50 m Tiefe im Einflußbereich der ausgesüßten und relativ warmen Deckschicht vor.

Die vorliegenden Ergebnisse müssen nun durch eine vollständige Aufarbeitung des vorliegenden Materials noch weitgehend ergänzt werden. Dies soll auch mit Hilfe elektronischer Datenverarbeitung geschehen. Die gewonnenen Erkenntnisse sowie die im Zusammenhang mit der Krill-Expedition 1975/76 gemachten Erfahrungen und Entwicklungsarbeiten waren die Grundlage für die Planung weiterer Mikronekton- und Zooplankton-Untersuchungen in der Antarktis 1977/78. Sie werden auch in die Detailplanung des internationalen Programms BIOMASS (SCAR, 1977) eingehen.

D. Literatur

- BAKER, A. de CH.; CLARKE, M. R. and HARRIS, M. J.: The N. I. O. Combination Net (RMT 1+8) and further developments of Rectangular Midwater Trawls. J. mar. biol. Ass. U. K. 53: 167—184, 1973.
- CLARKE, M. R.: A new Midwater Trawl for sampling discrete depth horizons. J. mar. biol. Ass. U. K. 49: 945—960, 1969.
- DAVID, P. M.: The Neuston Net, a device for sampling the surface fauna of the ocean. J. mar. biol. Ass. U. K. 45: 313—320, 1965.
- HOLDGATE, M. W. (Hrsg.): Antarctic Ecology. Vol. I. 604 pp., Acad. Press, New York und London, 1970.
- MARR, J. W. S.: The natural history and geography of the Antarctic krill (*Euphausia superba* Dana). Discovery Rep. 32: 33—464, 1962.
- NAST, F.: Die Vertikalverteilung und -wanderung von larvalem und adultem Krill (*Euphausia superba* Dana) auf einer Dauerstation südlich Elephant I^a, S. Shetlands. Dipl.-Arb., Fachber. Math.-Naturwiss., Univ. Kiel. 127 pp., 1977.
- POSGAY, J. A.; MARAK, R. R., and HENNEMUTH, R. C.: Development and test of new zooplankton samplers. A. Meet., Int. Comm. Northwest. Atl. Fish. 1968, Res. Doc. 85 (mimeo), 1968.
- ROWEDDER, U.: Nahrungsbiologie der antarktischen Myctophidenart *Electrona antarctica* (Günther, 1878). Dipl.-Arb., Fachber. Math.-Naturwiss., Univ. Kiel, 88 pp., 1977.
- SCAR: Scientific Committee on Antarctic Research, Manual, Second Ed., 128 pp., Cambridge 1972.
- SCAR: Biological Investigations of Marine Antarctic Systems and Stocks (BIOMASS), Vol. 1: Research Proposals. 79 pp., 1977.
- SEIBERT, W.: Die Fischlarven um South Georgia des I. Abschnitts der Deutschen Antarktis-Expedition 1975/76. Dipl.-Arb., Fachber. Math.-Naturwiss., Univ. Kiel, 60 pp., 1977.
- WÖRNER, F. G. und KÜHN, A.: Liste der Mikronekton- und Zooplanktonfänge der deutschen Antarktis-Expedition 1975/76. Ber. Inst. Meereskd. Kiel (48): 55 pp., 1978.

6.1.3 Fischereibiologische Untersuchungen

von K.-H. KOCK, Institut für Seefischerei, Hamburg

Fisheries biological investigations

The main objectives of the Institut für Seefischerei were the analysis of data from commercial trawl catches on the biology, distribution and abundance of krill and fish.

In the area northwest of the South Orkney Islands (confluence of West Wind and Weddell Drift water), adult krill of 45–60 mm length was predominant in the catches. In November/December they were in maturity stages II – IV. Krill concentrations west off the Antarctic Peninsula were fished in February 1976. The occurrence of two distinct peaks in the length frequency distribution of adult females leads to the assumption that two age groups (2+, 3+) were present in the stock. The best catches were obtained off the east coast of South Georgia. Juvenile and adolescent krill (maturity stages I and II) were dominant here. In general, successful hauls were taken between the surface and 90 m depth. In some cases (South Orkney Islands, South Georgia) considerable quantities of krill were caught near the bottom. Fishing trials over oceanic waters deeper than 90 m yielded salps and myctophids.

The fish catches were lower than expected. Pelagic living juveniles of *Dissostichus eleginoides* were caught for the first time. On Burdwood Bank *D. eleginoides* mainly fed on small nototheniids. Their buccal cavity was often infested by the parasitic copepod *Eubrachiella antarctica*. The ice fishes (Channichthyidae) *Champocephalus gunnari*, *Chaenocephalus aceratus* and *Pseudochaenichthys georgianus* were common in the investigated area. Catches of commercial size of *C. gunnari* were taken near South Georgia and northeast of the South Orkney Islands. The absolute fecundity of ice fish is low (ca. 2000 – 31 000 eggs). The relative fecundity of *C. gunnari* is 3 – 4 times higher than in the other two species. *C. gunnari* mainly fed on krill while the stomach contents of the other two species consisted of krill and fish. All species were infested by the parasitic copepod *Eubrachiella antarctica* on the fins and the leech *Trulliobdella capitata* on the head. *Notothenia rossi marmorata* was mainly caught near South Georgia and the South Shetland Islands. Mature specimens were observed from 7 years of age onwards. In February their stomachs contained krill in the South Shetlands area, while they fed on fish, other crustaceans than krill and salps near South Georgia in April.

A. Krill (*Euphausia superba* Dana)

Ziel der Untersuchungen war es, in Zusammenarbeit mit dem Institut für Meereskunde an der Universität Kiel möglichst umfassende Daten über die horizontale und vertikale Verbreitung des Krills und seiner biologischen Parameter wie Wachstum, Geschlechtsverhältnis, Reife und Fruchtbarkeit zu sammeln, um so Aufschlüsse für die Abschätzung der Bestände und ihres fischereilich nutzbaren Potentials zu gewinnen.

(a) Durchgeführte Arbeiten

Beide Schiffe tätigten 209 Hols, die von 8 bis mehr als 120 Minuten dauerten. Als Fanggerät diente das vom Institut für Fangtechnik für den Krillfang modifizierte Schwimmschleppnetz von 1216 Maschen Umfang. Die Hols waren nicht zufällig über das Untersuchungsgebiet verteilt, sondern das Aussetzen des Netzes erfolgte nach der Ortung eines oder mehrerer Schwärme mit dem Vertikallot. Auf FFS „Walther Herwig“ beschränkten sich die Arbeiten in der Regel auf wissenschaftliche Fänge, während FMS „Weser“ unter semikommerziellen Bedingungen fischte. Von jedem Fang wurde eine Referenzprobe in 4% Formalin konserviert. Auf 63 Stationen wurden von 11 721 Exemplaren Krill Länge, Geschlecht und Reife bestimmt. Auf weiteren 93 Stationen wurden Länge und Geschlecht von 16 151 Exemplaren ermittelt. Die Längenmessung erfolgte vom Augenvorderrand bis zum Telsonende, wie es MARR (1962) vorgeschlagen hatte. Reifegrade wurden nach einer von BAKER (pers. Mitt.) vereinfachten, auf der Skala von IVANOV (1970) basierenden Reifetabelle (s. NAST 1977) nach äußeren Merkmalen bestimmt, da sich die von BARGMANN (1945) entworfene Reifetabelle als zu kompliziert für den Bordgebrauch erwies. Zusätzlich wurden auf 5 Stationen 1114 Tiere für die Berechnung einer Längen-Gewichtsbeziehung gewogen (SAHRHAGE 1977/78).

(b) Erste Ergebnisse

Die mittleren Fangzahlen in t/h stellt Tabelle 3 dar. Im Verlauf des I. Fahrtabschnittes (16. 11. 75 — 13. 1. 76) wurden Krillkonzentrationen von kommerziellem Interesse nordöstlich der Süd-Orkney-Inseln im Gebiete der Frontalzone geortet und befischt (s. Abb. 24), in der die Wassermassen des circum-antarktischen Stromes (West Wind Drift) und der Weddell-See aufeinandertreffen (BURUKOVSKII & YARAGOV 1965, MASLENNIKOV 1969). In den Fängen war in erster Linie adulter Krill mit einer Länge von 45—60 mm vorherrschend. Der Anteil der Geschlechter in den einzelnen Fängen schwankte zwischen 1 und 99 %. Fast alle Tiere befanden sich im Reifestadium II—IV. Den besten Hol erzielte FMS „Weser“ mit 17,5 t in 18 Minuten. Zieht man die sich von Jahr zu Jahr ändernden hydrographischen und meteorologischen Bedingungen in diesem Gebiet in Betracht, decken sich diese Beobachtungen mit denen sowjetischer Wissenschaftler (z. B. ELIZAROV 1971, CHVATSKIJ 1972).

Tabelle 3 Krillfänge im atlantischen Sektor der Antarktis
Mittlere Fangmengen in t/h

	I. Fahrtabschnitt	II. Fahrtabschnitt	III. Fahrtabschnitt
FFS „Walther Herwig“	2.5	5.4	1.9
FMS „Weser“	10.3	12.8	8.7

Als besonders ertragreich erwiesen sich die Gewässer vor der Nordostküste (Lee-Seite) der Insel Südgeorgien (Abb. 23, 24), die zwischen dem 26. 12. 75 und dem 2. 1. 76 befischt wurden. Die besondere hydrographische Situation dieses Gebietes (BOGDANOV & SOLYANKIN 1970, MASLENNIKOV 1972) begünstigt offenbar die Bildung dichter Krillkonzentrationen, die große Fänge in kurzen Schleppzeiten erlaubten. Juveniler und adoleszenter Krill mit einer Länge von 25—47 mm Länge war in den Fängen vorherrschend. Exemplare, die mehr als 35 mm maßen, ließen erste Merkmale einer Geschlechtsdifferenzierung erkennen (Reifegrad Ib). Die Längenhäufigkeitsverteilung des Krills wies zwei Maxima bei 32,5 und 41,2 mm auf (KOCK & SEIN 1977/78). Der mittlere von FMS „Weser“ erzielte Stundenfang lag bei 14,3 t, doch erbrachten einige Hols mehr als 30 t/h.

Alle erfolgreichen Hols während des I. Fahrtabschnittes wurden in Tiefen von 10—80 m gemacht. In Einzelfällen konnten Krillschwärme auch an der Wasseroberfläche beobachtet werden. Die Befischung von Echolotanzeigen unterhalb von 100 m erbrachte nur Salpen und Myctophiden (u. a. *Electrona carlsbergi*, *Protomyctophum tenisoni* u. *P. andersoni*).

Zu Beginn des II. Fahrtabschnittes (30. 1.—12. 3. 76) befischte FFS „Walther Herwig“ die Gewässer um die Süd-Shetland-Inseln, während FMS „Weser“ das Gebiet westlich der Antarktischen Halbinsel nach Krill absuchte.

Außer im Gebiet westlich der Antarktischen Halbinsel wurden wieder gute Fänge nordöstlich der Küste Südgeorgiens gemacht (5.—7. 3. 1976, Abb. 25, 26). Juveniler und adoleszenter Krill von 20—49 mm Länge war in den Fängen vorherrschend. Seine Längenhäufigkeitsverteilung wies zwei Maxima bei 24,5 und 41,3 mm auf (KOCK &

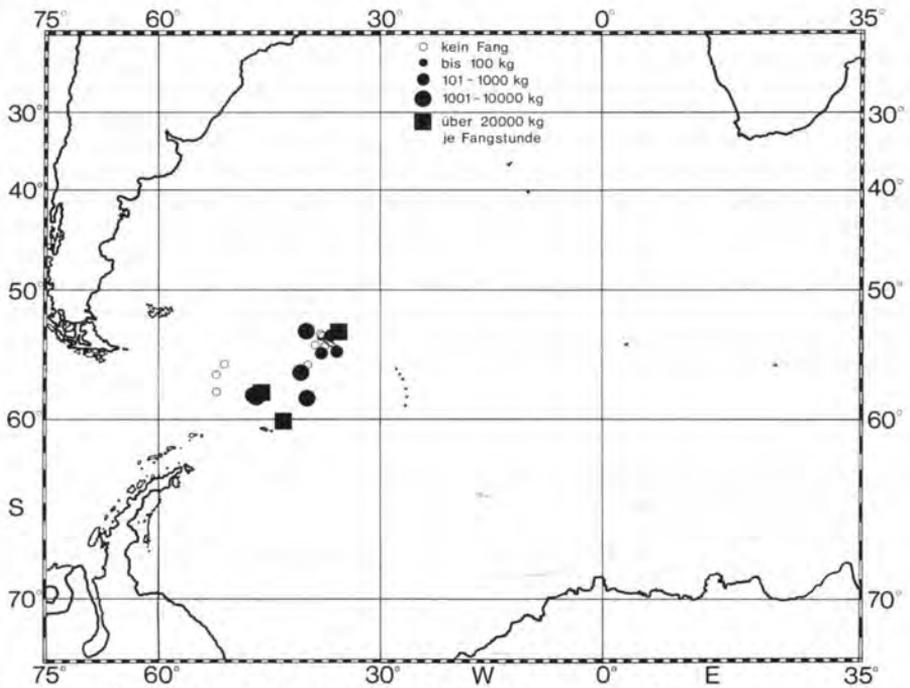


Abb. 23: Krillfänge während des I. Fahrtabschnittes: FFS „Walther Herwig“.

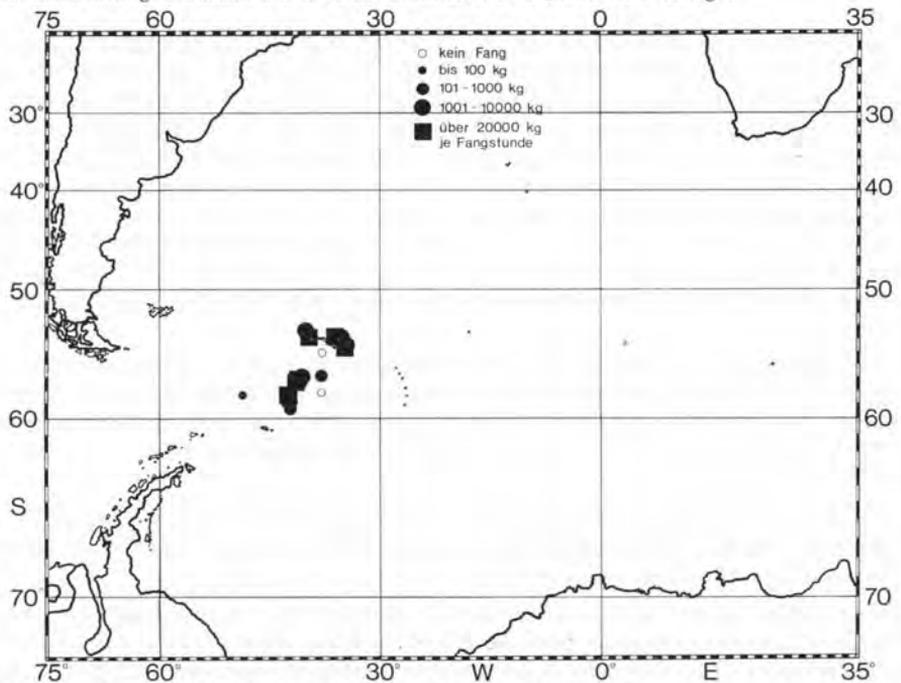


Abb. 24: Krillfänge während des I. Fahrtabschnittes: FMS „Weser“.

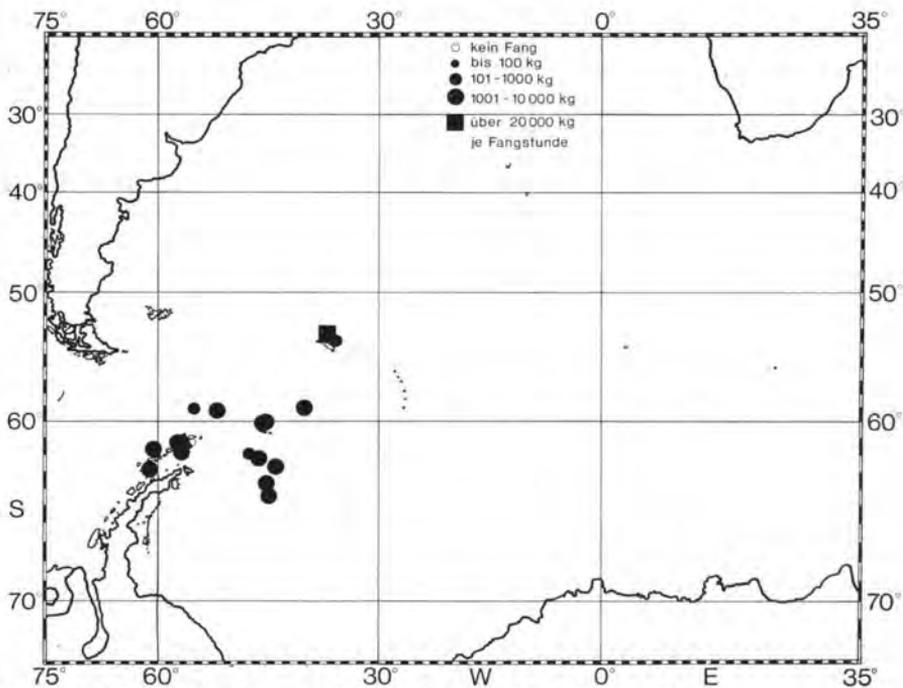


Abb. 25: Krillfänge während des II. Fahrtabschnittes: FFS „Walther Herwig“.

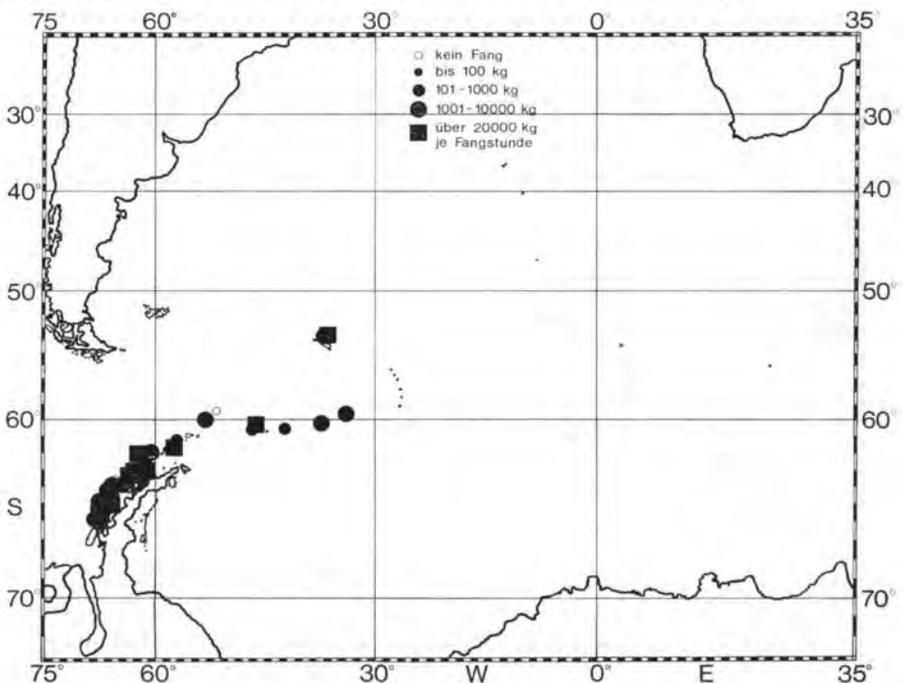


Abb. 26: Krillfänge während des II. Fahrtabschnittes: FMS „Weser“.

STEIN 1977/78). Offenbar war es in der Zwischenzeit zu einer Einwanderung juvenilen Krills gekommen. In den RMT-1-Fängen des I. Fahrabschnittes wurden keine Krill-Larven gefunden (I. HEMPEL, pers. Mitt.), die — inzwischen herangewachsen — das Auftreten des juvenilen Krills mit einem Maximum bei 24,5 mm hätten erklären können.

Alle erfolgreichen Hols des II. Fahrabschnittes verteilten sich auf Wassertiefen von 8—90 m, in einem Falle 110 m. Im ozeanischen Bereich blieben Fangversuche unterhalb von 110 m ohne Erfolg. Über den Schelfs der Süd-Orkney-Inseln und Südgeorgiens konnte Krill dagegen auch in Bodennähe nachgewiesen werden (188—203 m bzw. 270—325 m), eine Tatsache, die auch SHEVTSOV & MAKAROV (1969) beschrieben. Ein Hol erbrachte dabei 28,8 t/h. Lokal traten Krill und Salpen in gleichen Wasserschichten auf. Eine Trennung anhand der Echolotbilder erwies sich als nicht möglich (FREYTAG 1977).

Im 1. Teil des III. Fahrabschnittes untersuchte FMS „Weser“ wieder die Gewässer vor der Ostküste Südgeorgiens und erzielte gleichbleibend hohe Fänge wie auf dem II. Fahrabschnitt (Abb. 27, 28). Der erfolgreichste Hol erbrachte 35 t in 8 Minuten. Vorherrschend waren in allen Fängen juvenile Tiere, deren Längenhäufigkeitsverteilung Ende März (26. 3.—1. 4.) ein Maximum bei 25,5 mm, Mitte April (12.—16. 4.) bei 26,5 mm aufwies. In zwei Proben trat auch ein größerer Anteil (bis 40 %) adoleszenten Krills (Reifestadium II) auf, dessen Maxima in der Längenhäufigkeitsverteilung bei 37,5 mm bzw. 45,5 mm lagen. Fangversuche waren in der Regel nur in Tiefen von 6—70 m erfolgreich. In einem Fall konnte jedoch wieder Krill nahe dem Boden in 320 m Tiefe erbeutet werden.

Anfang April wurden die Gewässer der Süd-Sandwich-Inseln abgesucht. Besonders im Gebiet der Leskov-Insel wurden in 6—100 m Tiefe dichte Konzentrationen juvenilen

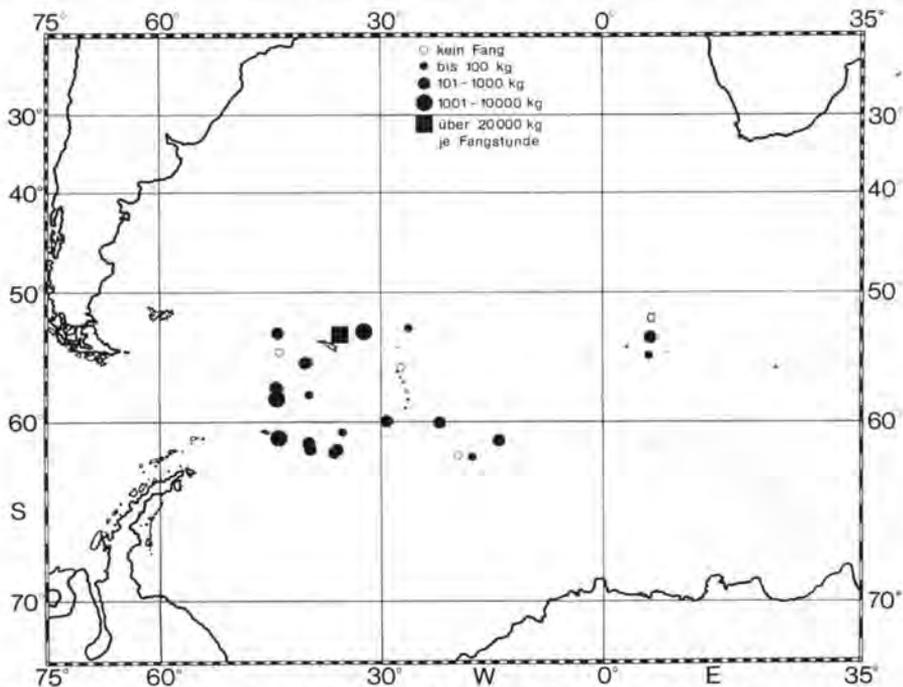


Abb. 27: Krillfänge während des III. Fahrabschnittes: FFS „Walther Herwig“.

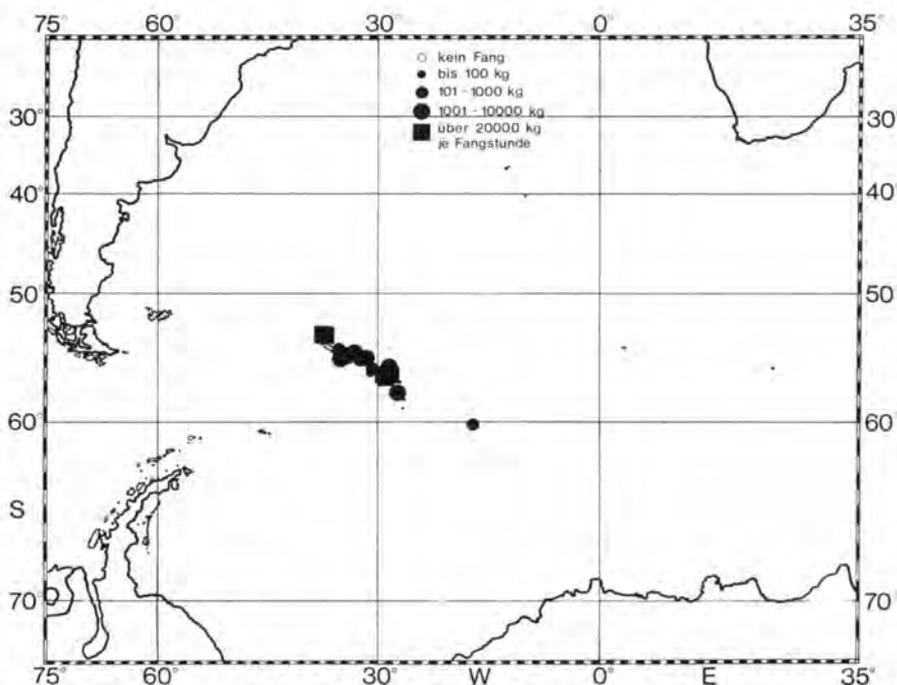


Abb. 28: Krillfänge während des III. Fahrtabschnittes: FMS „Weser“.

Krills beobachtet und erfolgreich befishet. FMS „Weser“ erzielte dabei einen mittleren Stundenfang von 8,2 t. Die Längenhäufigkeitsverteilung des Krills wies zwei Maxima bei 27,5 mm und 30,5 mm auf. Auf drei Stationen westlich dieses Gebietes trat ein erheblicher Anteil (bis 50 %) adulter Individuen in den Fängen auf. Es handelte sich meist um Männchen im Reifestadium III und Weibchen in Stadien IV und V. Ihre Maxima in der Längenhäufigkeitsverteilung lagen bei 46,5 mm (Männchen) bzw. 48,5 mm (Weibchen) (KOCK & STEIN 1977/78).

Die Ausdehnung der Untersuchungen nach Osten bis in das Gebiet südlich des afrikanischen Kontinents im 2. Teil des III. Fahrtabschnittes zeigte, daß der Krill hier kaum noch fangwürdige Konzentrationen bildete (Abb. 27) und weit verstreut stand. Dichtere Schwärme wurden nur noch in einem schmalen Bereich zwischen 52° und 56° S geortet.

Im Verlaufe der Expedition fingen beide Schiffe zusammen 1317,2 t Krill. Es läßt sich feststellen, daß es keine Schwierigkeiten bereitete, Krill in großen Mengen zu fangen, so daß die Basis für eine kommerzielle Verwertung geschaffen wäre. Die besten Fänge über den gesamten Untersuchungsraum lieferten die Gewässer vor der Ostküste Südgeorgiens.

(c) Krill westlich der Antarktischen Halbinsel

Über die Krillvorkommen westlich der Antarktischen Halbinsel ist nur wenig bekannt, obwohl der Krill dort nach MACKINTOSH (1973) von Januar bis März dichte Konzentrationen bilden soll. Neben der Weddell-See gilt die Bellingshausen See als eines der möglichen Ursprungsgebiete für die dichten Krillkonzentrationen bei Südgeorgien. Mit der

West-Wind-Drift könnte Krill bis nach Südgeorgien getrieben werden (EVERSON 1976). Vom 1. bis 11. Februar suchte FMS „Weser“ die Gewässer der östlichen Bellingshausen See zwischen der Smith-Insel im Norden und der Adelaide-Insel im Süden nach Krill ab. Mit 26 Hols, von denen 6 erfolglos blieben, weil der geortete Schwarm verfehlt worden war oder unterhalb von ca. 60 m (Tiefen der Temperatursprungschicht) gefischt worden war, wurde ein mittlerer Stundenfang von 9,2 t erzielt. Stellenweise lag der mittlere Stundenfang bei 27,5 t.

Den oberen Teil der Wassersäule westlich der Antarktischen Halbinsel bildeten das wärmere Antarktische Oberflächenwasser (0 m bis ca. 60 m) und das kältere Bellingshausen See-Wasser (unterhalb von 60 m). Alle erfolgreichen Fangversuche wurden in Tiefen zwischen 7 m und 60 m gemacht, so daß vermutet werden kann, daß die Krillschwärme die Temperatursprungschicht nicht durchwandern. Zu ähnlichen Ergebnissen kommt FISCHER (1977), der die vertikale Verbreitung der Krillschwärme anhand von Echolotaufnahmen analysierte. Nur in einem Fall wurde Krill nahe dem Boden im Eingang zur Gerlache Strait in 110–120 m Tiefe gefangen. Der Einfluß des zerklüfteten Bodenprofils könnte hier zu einer Durchmischung der Wassersäule geführt haben, so daß der Krill bis zum Boden wanderte. Zum Schelfrand hin nahmen die Echolotanzeigen von Krillschwärmen ab und verschwanden im ozeanischen Bereich (FISCHER 1977). Die Krillkonzentrationen waren also auf das Antarktische Oberflächenwasser über dem Schelf beschränkt, das von dem in südwestlicher Richtung fließendem Polarstrom beeinflusst wird (DEACON 1937, MACKINTOSH 1973). Das führt zu der Annahme, daß die östliche Bellingshausen See nicht als Herkunftsgebiet für den Krill bei Südgeorgien gelten kann (KOCK & STEIN 1977/78).

Nach wie vor ist die Frage ungeklärt, ob Krill 3 oder 4 Jahre alt wird. Da keine anderen Methoden der Altersbestimmung möglich sind, muß die Analyse der Längenhäufigkeitsverteilung mit Hilfe der PETERSEN-Methode gemacht werden, bei der die

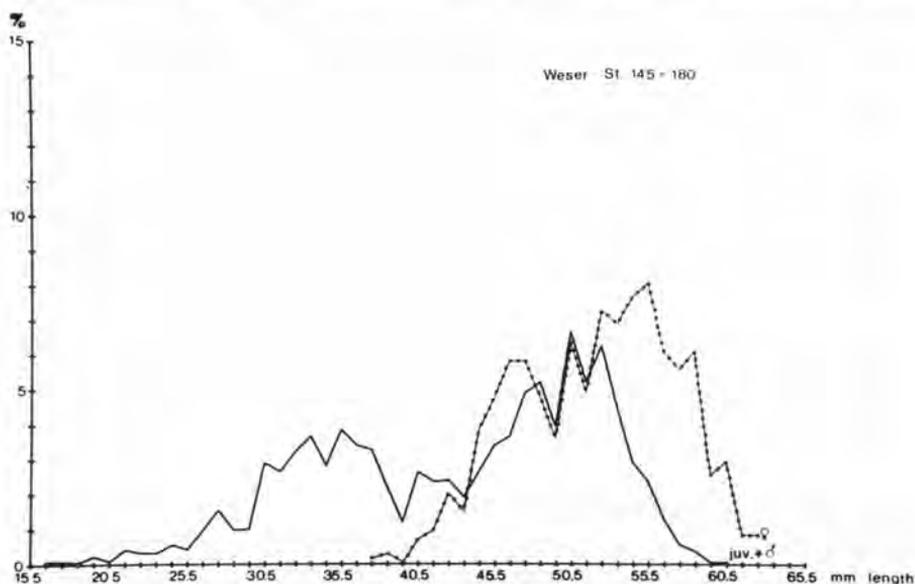


Abb. 29: Krill westlich der Antarktischen Halbinsel, Längenhäufigkeitsverteilung des Gesamtmaterials.

Maxima in der Längenhäufigkeitsverteilung einzelnen Altersgruppen zugeordnet werden. Die Längenhäufigkeitskurve des Gesamtmaterials zeigt Abb. 29. Das Maximum im linken Teil der Kurve wird von juvenilem Krill gebildet, der der Altersgruppe 1+ zugeordnet werden kann. Larvaler Krill (Altersgruppe 0) war zu klein, als daß er mit dem Schwimmschleppnetz erbeutet werden konnte. Die Verteilung der geschlechtsreifen Männchen weist ein deutliches Maximum auf, das der Altersgruppe 2+ zugeordnet werden kann. Komplizierter erscheinen die Verhältnisse bei den Weibchen, bei denen zwei Maxima unterschieden werden können.

Mit Hilfe der Varianzanalyse konnte das Material in vier Gruppen eingeteilt werden, die sich in ihren Längenhäufigkeitsverteilungen und dem Geschlechterverhältnis signifikant voneinander unterschieden. Die Gruppen 2—4 bestanden fast ausschließlich aus adultem Krill der Reifestadien II und III (Männchen) und III—V (Weibchen). Die Gruppe 1 bildeten fast ausschließlich juvenile Tiere und Männchen im Stadium I und II. Das Material dieser Gruppe wurde auf zwei Stationen im Eingang der Gerlache Strait gesammelt.

Die Längenhäufigkeitsverteilung der Weibchen der Gruppe IV zeigt zwei Maxima, die 9 mm auseinanderliegen. Die Diskussion der Ursachen für dieses Phänomen (KOCK & STEIN 1977/78) führt zu der Annahme, daß im Bestand zwei Altersgruppen adulter Weibchen (2+, 3+) vorhanden sind.

B. Fische

Das Ziel der Untersuchungen war die Sammlung biologischer Daten über Alterszusammensetzung, Wachstum, Produktivität und Nahrung der pelagischen und demersalen Fischbestände, deren Analyse die Berechnungsgrundlage für Bestandsgrößen und nutzbares fischereiliches Potential liefern soll.

(a) Durchgeführte Arbeiten

Auf dem I. Fahrtabschnitt wurden zusätzlich zu dem oben erwähnten Programm ichthyologische Untersuchungen zur Verbreitung der meso- und bathypelagischen Fischfauna des SW-Atlantiks durchgeführt, für die 34 Hols mit einem 1600-Maschen-Schwimmschleppnetz gemacht wurden. Die Arbeiten schlossen sich an Untersuchungen der „Walther Herwig“-Reisen nach Südamerika der Jahre 1966, 1968, 1971 an.

Für die Aufnahme der Bodenfischbestände fand ein kommerzielles 200'-Grundsleppnetz Verwendung. Im Verlaufe der Expedition wurden 201 Hols auf dem Ostteil der Burdwood Bank und den Schelfgebieten der Inseln des Scotia Bogens und der Antarktischen Halbinsel gemacht. Besonderes Augenmerk wurde den bei KOCK (1975) dargestellten, potentiell nutzbaren Arten gewidmet: *Dissostichus eleginoides*, *D. mawsoni*, *Pleuragramma antarcticum*, *Notobenia rossi marmorata*, *N. neglecta*, *N. gibberifrons*, *Champocephalus gunnari*, *Chaenocephalus aceratus*, *Pseudochaenichthys georgianus* und *Micromesistius australis*. Von allen genannten Arten wurden Längenmeßreihen angefertigt, Geschlecht, Reifegrad (nach der Tabelle von HILGE 1972), Schlacht- und Totalgewichte bestimmt, sowie Otolithen, Schuppen, Gonaden und Mägen gesammelt. Von ausgewählten Stationen wurden Referenzproben für eine spätere Bearbeitung an Land eingefroren. Von den übrigen Fischarten und im Netz auftretenden Makrobenthosorganismen, wie Crustaceen und Echinodermen, wurden Referenzexemplare konserviert, die an das Zoologische Institut und Zoologische Museum der Universität Hamburg zur weiteren Bearbeitung durch in- und ausländische Spezialisten abgegeben wurden.

(b) Erste Ergebnisse

Die Bearbeitung des umfangreichen Myctophidenmaterials erfolgt durch Dr. P. A. HULLEY (South African Museum). Die Veröffentlichung der Ergebnisse befindet sich in Vorbereitung.

Mit der Taxonomie und Verbreitung zweier Arten der Gattung *Notolepsis* (Paralepididae) beschäftigt sich die Arbeit von POST (1978, im Druck).

Dissostichus eleginoides Smitt 1898

D. eleginoides, dessen fettreiches Fleisch als sehr schmackhaft gelten kann, erreicht eine Länge bis zu 180 cm und konnte fast überall auf der Burdwood Bank und dem Schelf um Südgeorgien angetroffen werden. Zum ersten Male gelang es, mit Krillschwärmen einzelne pelagisch lebende Jungfische zu fangen, deren gelbe Grundfarbe mit sechs dunklen Querbinden sich deutlich von der eisengrauen Farbe größerer Exemplare unterschied. Offensichtlich verbringen die Jungfische von *D. eleginoides* die ersten 1—2 (?) Lebensjahre im Pelagial, ehe sie zum Bodenleben übergehen. Die kleinsten, nahe dem Boden erbeuteten Exemplare maßen 18 cm. Auf der Burdwood Bank gefangene Tiere hatten fast ausschließlich kleine Notothenien gefressen. Soweit diese zu identifizieren waren, handelte es sich um *N. guentheri* und *N. ramsayi*. Die Mundhöhle war häufig mit dem Copepoden *Eubrachiella antarctica* (Lernaeopodidea) befallen (KOCK & MÖLLER 1977). Die Fangmengen blieben allerdings hinter den von KOCK (1975) geäußerten Erwartungen zurück. Meist lagen sie unter 100 kg/h. Lediglich im Gebiet nordwestlich der Insel Südgeorgien entdeckte FMS „Weser“ kommerziell interessante Mengen und befishete sie. In einem Fall konnten 15,5 t/h gefangen werden. Die mittleren Längen der gefangenen Tiere schwankten in den einzelnen Hols zwischen 36,9 und 73,4 cm. Fische von mehr als 100 cm Länge wurden selten und nur bei Südgeorgien erbeutet. Das größte von FMS „Weser“ gefangene Exemplar maß 170 cm und wog 45 kg. Das völlige Fehlen großer Tiere deutet auf einen Einfluß der sowjetischen Fernfischerei hin, die seit dem Ende der sechziger Jahre um Südgeorgien betrieben wird.

Dissostichus mawsoni Norman 1937

Das häufige Auftreten von *D. mawsoni* in Pottwalmägen ließ größere Vorkommen dieser Art vermuten. Im Verlaufe der Expedition konnten jedoch nur 32 juvenile Exemplare im Gebiet der Süd-Shetland-Inseln und westlich der Antarktischen Halbinsel gefangen werden. Es ist anzunehmen, daß sich das Hauptverbreitungsgebiet dieser Art über den pazifischen Sektor der Antarktis erstreckt, in dem auch die meisten Pottwalfänge gemacht wurden (YUKHOV 1971).

Chamsocephalus gunnari Lönnberg 1905

C. gunnari trat im ganzen Untersuchungsgebiet südlich der Antarktischen Konvergenz regelmäßig auf (Abb. 30, 31). Meist lagen die Fänge unter 100 kg/h, doch konnten nordwestlich und östlich von Südgeorgien (Abb. 30) und nördlich der Süd-Orkney-Inseln (Abb. 31) kommerziell interessante Mengen zwischen 2 und 33 t/h erbeutet werden. Die mittleren Längen der gefangenen Tiere in den einzelnen Hols schwankten bei Südgeorgien zwischen 22,6 und 39,2 cm, bei den Süd-Orkney-Inseln zwischen 42,2 und 45,9 cm.

Geschlechtsreife Exemplare wurden ab 20 cm Länge beobachtet. Nach OLSEN (1955) beginnt die Laichzeit bei Südgeorgien in der 2. Märzhälfte. Als Laichgebiete werden in erster Linie die Fjorde genannt, doch pflanzt sich auch ein Teil der Tiere auf dem

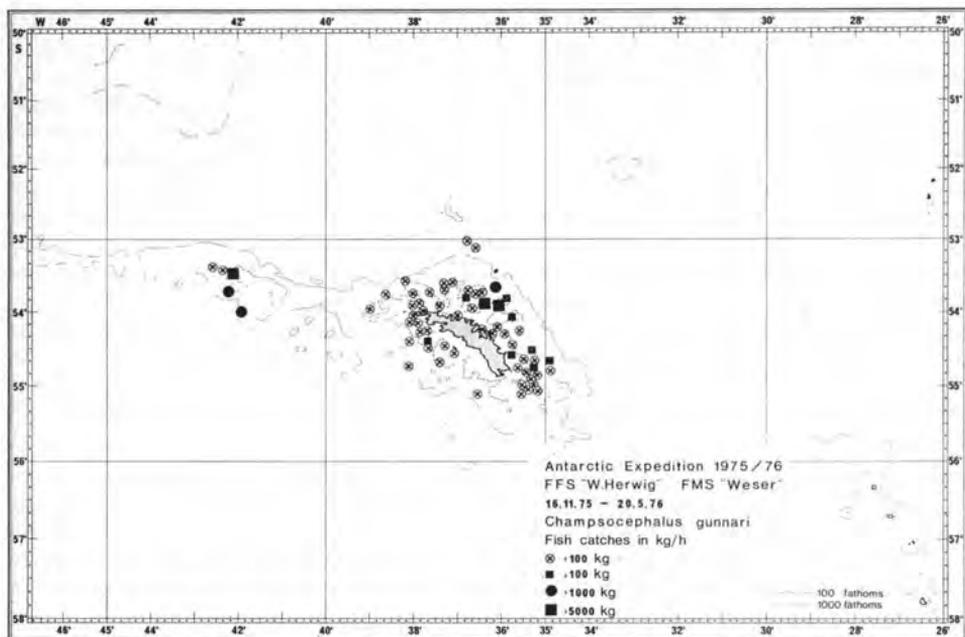


Abb. 30: Fänge von *Champsocephalus gunnari* bei Südgeorgien.

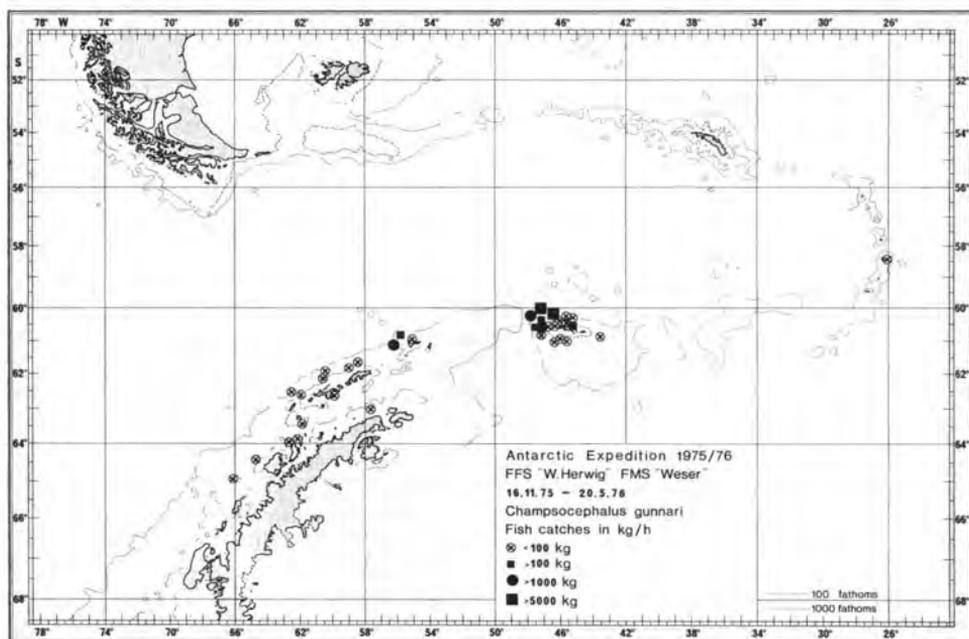


Abb. 31: Fänge von *Champsocephalus gunnari* im Untersuchungsgebiet (außer Südgeorgien).

Schelf fort. Mitte April war ein wechselnder Anteil (< 5 % bis > 70 %) fließendreifer Tiere in unseren Fängen zu beobachten. In der Cumberland West Bay wurden dichte Laichkonzentrationen nahe dem Boden geortet und erfolgreich befischt (4,3 t/30 Minuten), die zu mehr als 99 % aus fast fließendreifen Individuen bestanden. Eizählungen ergaben eine mittlere absolute Fruchtbarkeit von 2 102 Eiern bei Weibchen von 24 cm Länge bis 7 651 Eiern bei Tieren von 38 cm Länge. Größere Weibchen traten nur in geringen Zahlen auf. Die Ovarien der beiden größten gefangenen Weibchen von 57 cm Länge bargen 25 039 bzw. 31 045 Eier. Die relative Fruchtbarkeit (Anzahl der Eier pro Gramm Schlachtgewicht) schwankte zwischen 20,6 und 26,4. PERMITIN (1973) gibt eine relative Fruchtbarkeit von 12—18 an. Möglicherweise hat PERMITIN die von ihm ermittelten Eizahlen auf das Totalgewicht der Tiere bezogen. Bei den Süd-Orkney-Inseln beginnt die Laichzeit offensichtlich früher als bei Südgeorgien. Fast fließendreife Tiere wurden dort schon in größerer Anzahl in der 2. Februarhälfte beobachtet. Im Gegensatz dazu stehen die Angaben von PERMITIN, der im Februar noch keine fließendreife Tiere fand und daraus schloß, daß die Laichzeit später als bei Südgeorgien sein müsse.

In den von uns untersuchten Mägen von *C. gunnari* wurde fast ausschließlich Krill gefunden. Zu dem gleichen Ergebnis kommen PERMITIN & TARVERDIYEVA (1972), die zeigen, daß 91,1 % der Nahrung von *C. gunnari* aus Krill und Mysidaceen besteht. Die Flossen von *C. gunnari* waren bei den Süd-Orkney-Inseln häufig, bei Südgeorgien gelegentlich mit dem parasitischen Copepoden *Eubrachiella antarctica* befallen (KOCK & MÖLLER 1977).

Chaenocephalus aceratus (Lönnerberg 1906)

Wie *C. gunnari* war auch *Ch. aceratus* südlich der Antarktischen Konvergenz regelmäßig anzutreffen. Die Fänge waren gering und überschritten selten 100 kg/h (Abb. 32, 33).

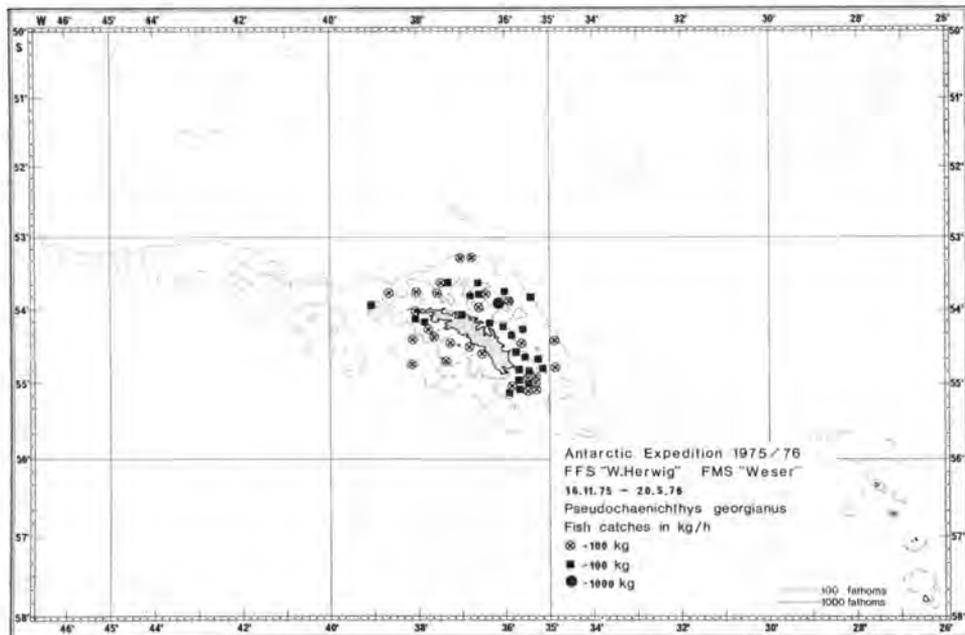


Abb. 32: Fänge von *Chaenocephalus aceratus* bei Südgeorgien.

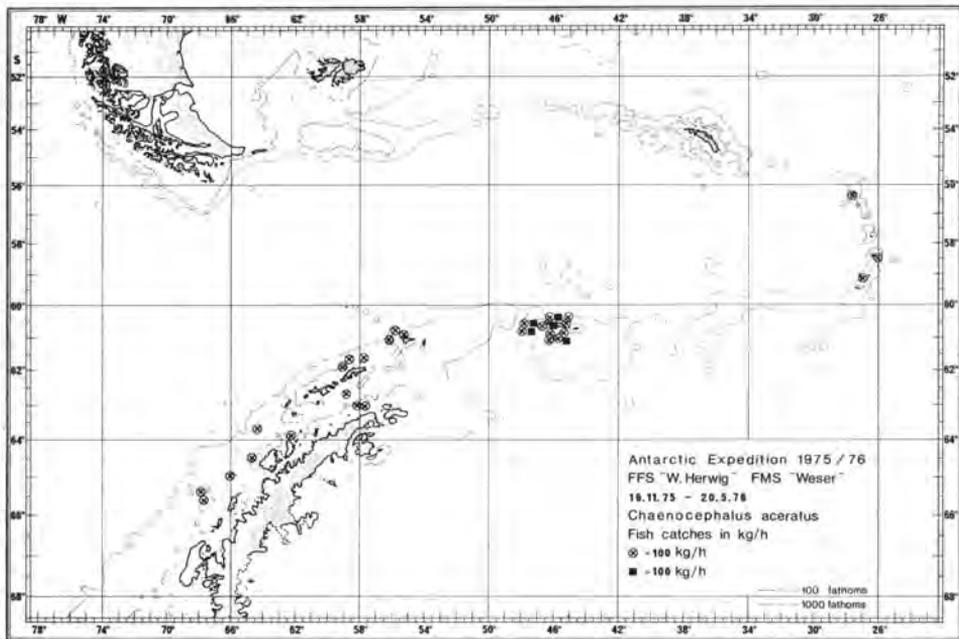


Abb. 33: Fänge von *Chaenocephalus aceratus* im Untersuchungsgebiet (außer Südgeorgien).

In drei Fällen konnten bei Südgeorgien Fänge von mehr als 500 kg/h erzielt werden. Die mittleren Längen in den einzelnen Hols schwankten zwischen 31,9 und 52,9 cm bei Südgeorgien und 41,8 und 51,6 cm bei den Süd-Orkney-Inseln. Bei Südgeorgien maßen die größten Tiere 70 cm, während ihre Länge bei den Süd-Orkney-Inseln 61 cm nicht überschritt. Alle Tiere über 60 cm waren Weibchen, was auf einen ausgeprägten Sexualdimorphismus hinweist, den auch OLSEN vermutete.

Geschlechtsreife Exemplare wurden bei Südgeorgien ab 45 cm, bei den Süd-Orkney-Inseln ab 39 cm Länge beobachtet. Möglicherweise erreichen die Tiere hier die Geschlechtsreife schon bei einer geringeren Länge. Nach OLSEN und PERMITIN (1973) beginnt die Laichzeit von *Ch. aceratus* bei Südgeorgien in der 2. Märzhälfte. Mitte April betrug der Anteil fließendreifer Tiere in unseren Fängen 15—20 %, doch ist das Untersuchungsmaterial zu gering, um gesicherte Aussagen zu machen. Wie bei *C. gunnari* ist die absolute Fruchtbarkeit gering. Eizählungen erbrachten 8633 Eier bei Exemplaren von 56 cm Länge bis zu 18 039 Eiern bei einem Weibchen von 69 cm Länge. Die relative Fruchtbarkeit schwankte zwischen 5,1 und 8,0 und ist damit 3—4mal niedriger als bei *C. gunnari*. Zu ähnlichen Ergebnissen kommt PERMITIN.

Nach Vermutungen von EVERSON (1968) und PERMITIN liegt die Laichzeit bei den Süd-Orkney-Inseln später als bei Südgeorgien. Da in dem von uns untersuchten Material schon ein Teil der Weibchen im Februar fast fließende Gonaden hatte, müssen EVERSONS und PERMITINS Angaben in Frage gestellt werden. Gesicherte Aussagen können jedoch erst nach einer vollständigen Auswertung des untersuchten Materials gemacht werden.

Die bisher untersuchten Mägen enthielten fast ausschließlich Krill und Fisch. Viele Mägen waren leer, da die Tiere beim Fang häufig ihren Mageninhalt ausstoßen (s. a. TWELVES 1972).

Die Köpfe der bei Südgeorgien und den Süd-Sandwich-Inseln gefangenen *Ch. aceratus* waren wiederholt mit dem Egel *Trulliobdella capitis* Brinkmann besetzt, doch ist das vorliegende Material zu gering, um Aussagen über die Befallstärke machen zu können. Wie bei *C. gunnari* waren auch die Flossen von *Ch. aceratus* mit dem parasitischen Copepoden *Eubrachiella antarctica* befallen.

Pseudochaenichthys georgianus Norman 1937

Das Vorkommen von *Ps. georgianus* war bisher nur von Südgeorgien (NORMAN 1938, OLSEN 1955) und der Antarktischen Halbinsel (HEMMINGSEN et al. 1972) bekannt. In unseren Fängen trat *Ps. georgianus* auch regelmäßig bei den Süd-Orkney und den Süd-Sandwich-Inseln auf (Abb. 35). Das Hauptverbreitungsgebiet scheint sich aber auf Südgeorgien zu beschränken (Abb. 34). Während die Hols bei Südgeorgien häufig mehr als 100 kg/h (Abb. 34, meist 200—500 kg), in einem Fall sogar 2,4 t/h, erbrachten, überschritten sie im übrigen Untersuchungsgebiet nie 100 kg/h (Abb. 35), sondern lagen meist bei 10 kg/h und darunter. Die folgenden Aussagen beziehen sich deshalb auf die Untersuchungen bei Südgeorgien. Die mittleren Längen in den einzelnen Hols schwankten zwischen 32,2 und 50,5 cm. Die größten Tiere maßen 56 cm. Fast ausnahmslos wurden Tiere über 25 cm erbeutet. Nur in einem Fall konnten kleinere *Ps. georgianus* (15 bis 20 cm) in der Fortuna Bay gefangen werden. Das stützt die Annahme OHLENS (1955), der den Lebensraum der Jungfische in den Fjorden vermutet.

Geschlechtsreife Tiere wurden ab 42 cm Länge beobachtet. Wie *C. gunnari* und *Ch. aceratus* scheint auch *Ps. georgianus* im antarktischen Herbst zu laichen. Mitte April betrug der Anteil laichreifer (fließender) Tiere in unseren Fängen 15—30 %. Die absolute Fruchtbarkeit war noch geringer als bei *Ch. aceratus*. Eizählungen ergaben eine mittlere absolute Fruchtbarkeit von 7024 Eiern bei Exemplaren von 47 cm Länge bis zu 9320 Eiern bei Weibchen von 53 cm Länge. Die mittlere relative Fruchtbarkeit schwankte zwischen 6,5 und 8,0. Zu ähnlichen Ergebnissen kommt PERMITIN (1973).

Die bisher untersuchten Mägen adulter *Ps. georgianus* enthielten Krill, der auch von PERMITIN & TARVERDIYEVA (1972) als Hauptnahrung (87,9 %) angegeben wird. In einzelnen Mägen von Exemplaren über 50 cm Länge wurden zudem Fische (meist *C. gunnari*) bis zu einer Länge von 35 cm gefunden. Die in der Fortuna Bay gefangenen Jungfische hatten Krill und Postlarven und Jungfische meist von *Parachaenichthys georgianus* und *Psilodraco breviceps* (Bathypodaconidae) gefressen.

Notothenia rossi marmorata (Fischer 1885)

N. r. marmorata trat in den Fängen bei Südgeorgien, den Süd-Orkney-, Süd-Shetland und Süd-Sandwich-Inseln auf. Die höchsten Erträge lieferten die Gewässer Südgeorgiens und der Süd-Shetland-Inseln (max. 25 t/h). Erste Wachstumsuntersuchungen zeigten, daß die bei den Süd-Shetland-Inseln gefangenen Tiere eine geringere Endlänge (L_{∞}) als bei Südgeorgien aufwiesen. Geschlechtsreife Exemplare konnten ab einem Alter von 7 Jahren beobachtet werden. Aus dem Gebiet Elephant-Inland stammende Individuen hatten im Februar ausschließlich Krill gefressen. Die Mägen von Tieren, die im April bei Südgeorgien und den Süd-Sandwich-Inseln erbeutet wurden, enthielten Fische, Crustaceen (wenig Krill), Polychaeten und Salpen (FREYTAG 1977).

Notothenia gibberifrons Lönnberg 1905

Die neben den Weißblutfischen häufigste Bodenfischart im Untersuchungsgebiet war *N. gibberifrons*. Ihre Fänge überschritten aber nur selten 500 kg/h. Die größten gefan-

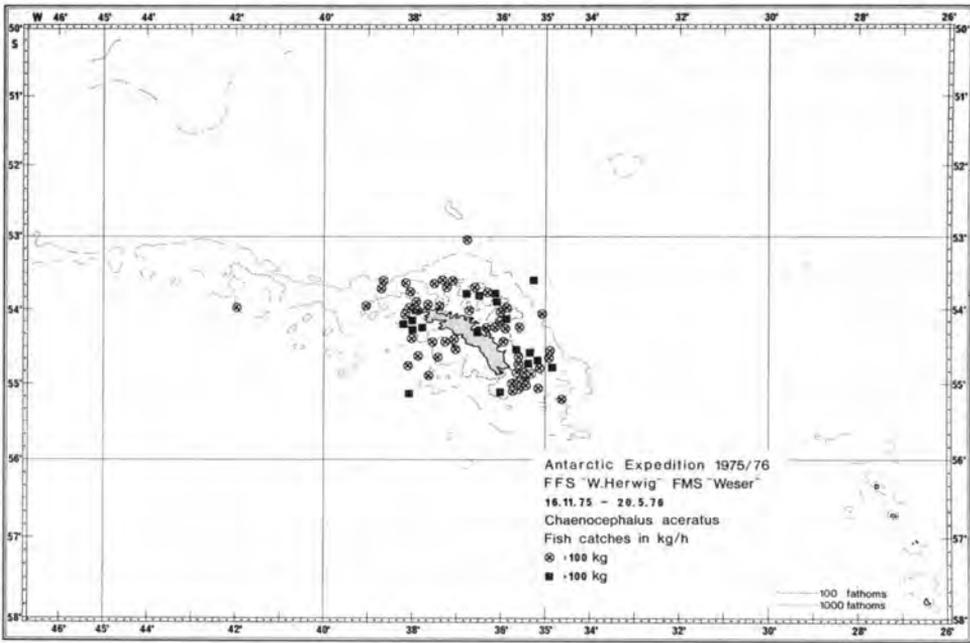


Abb. 34: Fänge von *Pseudochaenichthys georgianus* bei Südgeorgien.

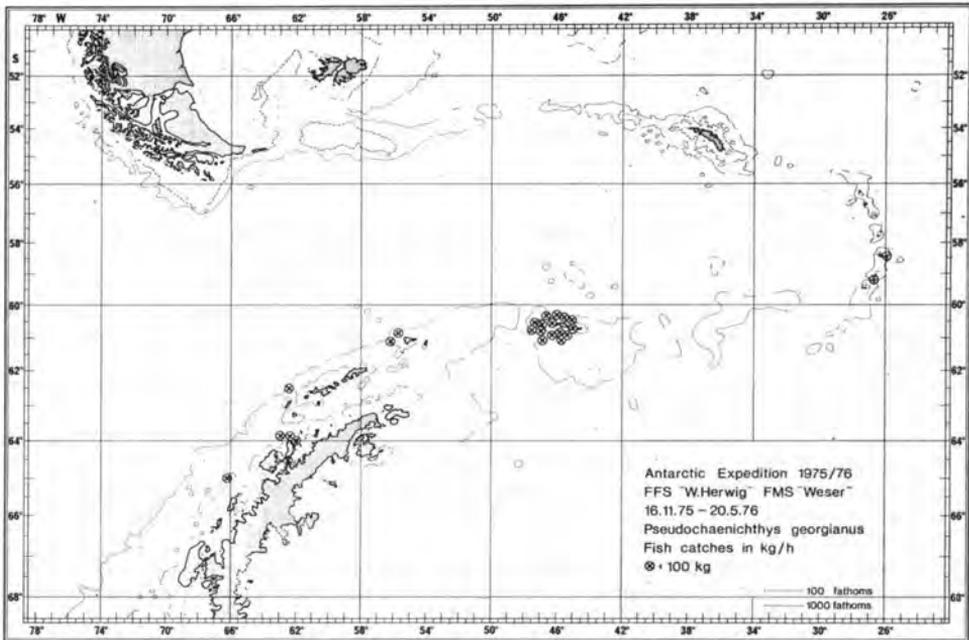


Abb. 35: Fänge von *Pseudochaenichthys georgianus* im Untersuchungsgebiet (außer Südgeorgien).

genen Exemplare maßen 50—51 cm und hatten ein Schlachtgewicht von ca. 1200 g. Das häufige Auftreten abgelaichter Tiere in den Fängen im November deutet auf eine Laichzeit im antarktischen Winter hin. Diese Beobachtung steht im Gegensatz zu den Laichzeiten der vorher beschriebenen Arten, die sich über den antarktischen Herbst erstrecken (März—Mai). Eine ausführliche Darstellung über die Biologie und Bestandskunde von *N. gibberifrons* befindet sich in Vorbereitung (KELLE in Vorb.).

C. Literatur

- BARGMANN, H. E.: The development and life history of adolescent and adult Krill, *Euphausia superba*. Discovery Rep. 23: 103—178, 1945.
- BOGDANOV, M. A. & SOLYANIK, E. V.: Variations in the amount of *Euphausia superba* around South Georgia Island in relation to hydrological regime. (russ.) Okeanologiya 10 (4): 695—701, 1970.
- BURUKOVSKII, R. N. & YARAGOV, B. A.: Studying the Antarctic krill for the purpose of organizing krill fisheries. (russ.) In: Antarctic krill (ed. R. N. BURUKOVSKII): 5—17, Atlant Niro Kalinin-grad, 1965.
- CHVATSKIJ, N. V.: Dynamics of the waters and concentrations of Antarctic krill (*Euphausia superba* Dana) in the southern part of the Scotia Sea. (russ.) Trudy VNIRO 75: 118—125, 1972.
- DEACON, G. E. R.: The hydrology of the Southern Ocean. Discovery Rep. 15: 1—124, 1937.
- ELIZAROV, A. A.: Osobennosti dinamik vod v mestach massovykh skoplenij kril'ja. (Besonderheiten der Wasserdynamik an Orten mit Massenkonzentrationen des Krill). Trudy VNIRO 79: 31—40, 1971.
- FISCHER, W.: Lottechnische Bestandsaufnahme von Krill im atlantischen Sektor der Antarktis. Inf. Fischw. 24 (5): 178—180, 1977.
- FREYTAG, G.: Lottechnische Beobachtungen beim Fang von Krill und potentiellen Nutzfischen der Antarktis. Protok. Fischtech. 14 (64): 54—68, 1977.
- IVANOV, B. G.: On the biology of the Antarctic krill *Euphausia superba*. Mar. Biol. 7 (4): 340—351, 1970.
- KOCK, K.-H. & STEIN, M.: Krill and hydrographic conditions off the Antarctic Peninsula. Meeresforsch. 26: 79—95, 1977/78.
- MACKINTOSH, N. A.: Distribution of postlarval krill in the Antarctic. Discovery Rep. 36: 95—156, 1973.
- MARR, J.: The natural history and geography of the Antarctic krill (*Euphausia superba* Dana) Discovery Rep. 32: 37—464, Plate III, 1962.
- MASLENNIKOV, V. V.: O vodnykh massach morja Skotija. (Über die Wassermassen der Scotia-See). Trudy VNIRO 66: 73—84, 1969.
- MASLENNIKOV, V. V.: O vlijunii dinamiki vod nu raspredelenie *Euphausia superba* v rajone ostrova Inznaja Georgia. (Über den Einfluß der Wasserdynamik auf die Verteilung von *Euphausia superba* aus dem Gebiet von Südgeorgien). Trudy VNIRO 75: 107—117, 1972.
- NAST, F.: Die Vertikalverteilung und -wanderung von larvalem und adultem Krill (*Euphausia superba* Dana) auf einer Dauerstation südlich Elephant Island, S. Shetlands. Dipl.-Arb., Univ. Kiel 1977.
- SAHRHAGE, D.: Zur Längen — Gewichtsbeziehung beim antarktischen Krill (*Euphausia superba*) Meeresforsch. 26: 47—49, 1977/78.
- SHEVTSOV, V. V. und MAKAROV, R. R.: K biologii Antarktičeskogo kril'ja. (Zur Biologie des antarktischen Krills). Trudy VNIRO 66: 177—206, 1969.
- EVERSON, J.: Larval stages of certain Antarctic fishes. Brit. Antarct. Surv. Bull. 16: 65—70, 1968.
- FREYTAG, G.: Beiträge zur Biologie von *Notothenia rossii marmorata* (Fischer). Dipl.-Arb., Univ. Kiel 1977.
- HEMMINGSEN, E. A., DOUGLAS, E. L. & SMITH, J. A.: Respiratory and circulatory responses in a hemoglobin free fish *Chaenocephalus aceratus* to changes in temperature and oxygentension. Comp. Biochem. Physiol. 43A (4): 1031—1043, 1972.
- HILGE, V.: Die Entwicklung des Teleosterovars als Grundlage für die Reifebestimmung. Diss., Univ. Kiel 1972.

- KOCK, K.-H.: Verbreitung und Biologie der wichtigsten Nutzfischarten der Antarktis. Mitt. Inst. Seefisch. Hamburg 16: 1—74a, 1975.
- KOCK, K.-H. & MÖLLER, H.: On the occurrence of the parasitic copepod *Eubrachiella antarctica* on some Antarctic fish. Arch. FischWiss. 28 (2/3): 149—156, 1977.
- NORMAN, J. R.: Coast Fishes Part III: The Antarctic zone. Discovery Rep. 18: 1—105, 1938.
- OLSEN, S.: A contribution to the systematics and biology of Chaenichthyid fishes from South Georgia. Nytt. Magat Zool. Oslo 3: 79—93, 1955.
- PERMITIN, Y. Y.: Fecundity and reproductive biology of ice fish (Chaenichthyidae, fish of the family Muraenolepidae and Dragonfish (Bathypagrus) of the Scotia Sea (Antarctica). J. Ichthyol. 13: 204—215, 1973.
- PERMITIN, Y. Y. & TARVERDIYEVA, M. J.: The food of some Antarctic fishes in the South Georgia area. J. Ichthyol. 12: 104—114, 1972.
- TWELVES, E. L.: Blood volume of 2 Antarctic fishes. Brit. Antarct. Surv. Bull. 31: 85—92, 1972.
- YUKHOV, V. L.: Some data on the feeding of spermwhales in the high latitudes of Antarctica. (russ.) Rybn. Khoz. 39: 54—59, 1971.

6.2 Ortung und Fangtechnik

Eine unabdingbare Voraussetzung für die Einführung einer auch aus kommerzieller Sicht rentablen Krillfischerei ist die Entwicklung geeigneter Ortungsverfahren. Der Krillortung mußte deshalb vor und während der Reise ganz besondere Aufmerksamkeit gewidmet werden.

Im einzelnen galt es, verlässliche Geräte und Methoden zu finden bzw. zu entwickeln, die es gestatten, Krill auch in kleineren Mengen von der Wasseroberfläche bis in möglichst große Tiefen eindeutig zu lokalisieren und anhand der Anzeigen zumindest eine grobe Mengenabschätzung vorzunehmen. Nur unter dieser Voraussetzung ist eine gezielte Fischerei möglich, die wegen der Größe des Seegebietes allein erfolgversprechend ist.

Auf dem Gebiet der Fangtechnik bestand die Hauptaufgabe darin, ein Gerät zum tiefenunabhängigen Massenfang von Krill zu entwickeln. Dabei war zu beobachten, daß dieses Fanggerät auf den in der deutschen Hochseefischerei vorhandenen Fahrzeugtypen ohne bauliche Veränderungen problemlos eingesetzt werden kann.

6.2.1 Lottechnische Untersuchungen

VON G. FREYTAG, Institut für Fangtechnik, Hamburg

Investigations by echosounding

The Antarctic krill (*Euphausia superba* D.) exhibits a variety of swarmforms which show great differences in target strength due to their different concentration of biomass. Since the back-scattering cross section depends on the square of frequency, echosounders with frequencies in the range from 50—200 kHz produced more realistic envelopes of the vertical swarm extension than sounders with frequencies in the commercial range (24—38 kHz). In the netsonde krill-targets only appear when great amounts of krill enter the net. Fishery sonars (20—24 kHz) were used without success in the near- and farfield detection for krill. Echograms of some Antarctic fish species are briefly characterised.

A. Einleitung

Mit dem antarktischen Krill (*Euphausia superba* D.) ist ein Planktonorganismus zum besonderen Zielobjekt für Fischereiortungsgeräte geworden. Im Gegensatz zu den in der kommerziellen Fischerei bekannten Lotanzeigen von Einzelfischen oder Fischschwärmen stellt der Krill stets ein Volumenziel mit sehr unterschiedlichen Hüllkurven der Schwärme und deren Konzentrationen an Individuen dar. Damit erhebt sich die Frage, ob die herkömmlichen Fischereilotgeräte in der Lage sind, die für einen Fangerfolg wichtigen Voraussetzungen der Ortung und Identifikation und damit eine Abgrenzung gegen andere Zielobjekte (Salpen, Quallen, Leuchtsardinen) sowie eine Abschätzung der Fangmengen zu erfüllen. Für die frequenzmäßige Auslegung eines zusätzlichen Krillotgerätes wurden die Ergebnisse der vorliegenden Literatur herangezogen, die eindeutig die Abhängigkeit des Rückquerschnittes vom Quadrat der Frequenz bei Untersuchungen der Echostreuschichten aufzeigte. So kam BARY (1966) zu dem Ergebnis, daß ein ozeanographisches Tiefseelot mit einer Frequenz von 12 kHz zur Darstellung von Streuschichten absolut ungeeignet ist, da bei einem Rückstreuquerschnitt von $0,8 \times 10^{-4} \text{ cm}^2$ eines einzelnen Krilltieres weder die Konzentration noch der Störspannungsabstand des Echosignals ausreichen, um Euphausiden zu orten. Weitere Untersuchungen von BEAMISH (1971), SAMEOTO (1976), BARY und PIEPER (1970) sowie BRETT D. CASTILE (1975) an Euphausiden ergaben, daß mit höheren Lotfrequenzen eine Beziehung zwischen der Konzen-

tration der Tiere und der akustischen Rückstreuung darzustellen ist. Um ein Mehrfaches der Wellenlänge auf die Körperlänge des Krills von 20—50 mm bezogen zu erreichen, wurde eine Lotfrequenz von $0,7 \text{ cm} = 200 \text{ kHz}$ für das Krilllot gewählt, obgleich die mit dieser hohen Frequenz erfolgende Dämpfung im Wasser den Tiefenbereich der Krillortung auf 100—120 m begrenzte.

B. Vertikalortung

Für die Vertikalortung wurden eine Reihe von Fischereilotgeräten sowie ein hochfrequentes Krilllotgerät eingesetzt:

1. Vertikallote 30—33 kHz, 4 kW
2. Vertikallot 200 kHz, 120 Watt.

Auf den Echogrammen dieser Geräte stellt sich der antarktische Krill als Volumenziel dar, dessen Echostärke sich aus der jeweiligen Konzentration an Biomasse ergibt. Die sehr unterschiedlichen Schwarmformen des Krills lassen sich nur unter grober Vereinfachung ihrer Hüllkurven darstellen: Nadelförmige Anzeigen, schmale Pfähle, Konzentrationen mit keilförmigen Umrissen sowie ausgedehnte Schwarmwolken. Eine Beschreibung dieser Lotbilder ist allerdings nur sinnvoll, wenn auch die beeinflussenden Faktoren wie Frequenz, Impulsfolge, Impulsdauer, Öffnungswinkel des Schwingers sowie die Schiffsgeschwindigkeit Erwähnung finden.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, daß das 200 kHz Krilllot den konventionellen Lotgeräten (30—33 kHz) im Auflösungsvermögen absolut überlegen war (Abb. 36). So konnten mit dem 33 kHz Lotgerät selektiv nur konzentrierte Krillschwärme geortet werden, deren Hüllkurven in vielen Fällen sehr unscharf waren. Das 200 kHz Lotgerät dagegen erbrachte konturenscharfe Anzeigen auch von Schwärmen geringer Konzentration im Tiefenbereich von 0—120 m, die insbesondere für Verhaltensbeobachtungen an Krillschwärmen herangezogen werden konnten (Abb. 37). Eine Unterscheidung von Krill- und Salpenanzeigen war infolge des geringen Dynamikbereiches (Graustufen) des Lotschreibers nicht möglich, so daß gelegentlich Fehlhols nicht zu vermeiden waren. Eine Differenzierung des Krills von übrigen Planktonorganismen ist lottechnisch nur mit einer geeichten Anlage, die die Messungen der Echostärke ermöglicht, zu erreichen (Abb. 38).

C. Netzsonde

Die Fischerei auf Krill ist eine pelagische Fischerei, bei der der Einsatz der Netzsonde zur Feststellung der Tiefenlage des Netzes angesichts der unterschiedlichen Aufenthaltstiefen der einzelnen Krillschwärme eine wesentliche Voraussetzung für den Fangerfolg ist. Von den 3 Abschnitten der 1. Antarktisexpedition liegen allerdings nur wenige graphische Anzeigen der Netzsonden vor, auf denen einlaufende Krillschwärme in der Netzöffnung zu erkennen sind (Abb. 39).

Für das Versagen der Netzsonde lassen sich mehrere Gründe aufzeigen:

1. Die starke Dämpfung des Lotimpulses im Schwingerkabel sowie Verluste im Schallwandler (Kopftauschwinger);
2. Die geringe Bündelung der abgestrahlten Energie;

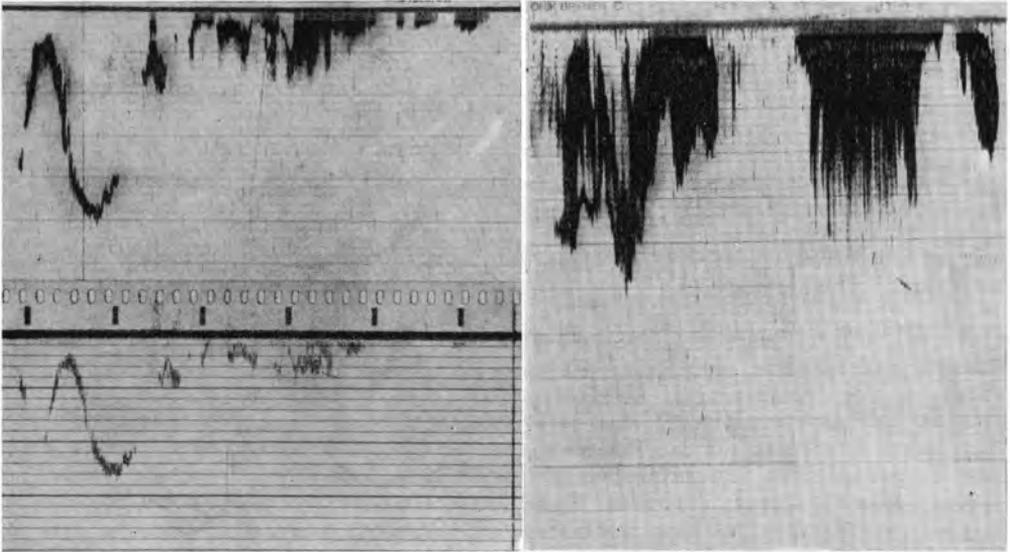


Abb. 36: Abhängigkeit der Darstellungsqualität der Krillanzeigen von der Lotfrequenz. Oben: 200 kHz Krillot, unten 33 kHz Bordlot. 3,5 Knoten Fahrtgeschwindigkeit, Meßbereichsausschnitte 0—64 m bzw. 0—42 m.

Abb. 37: Oberflächennahe Krillschwärme im Tiefenbereich von 0—60 m. 200 kHz Krillot, 4,0 Knoten Schleppgeschwindigkeit. Meßbereich 0—120 m.

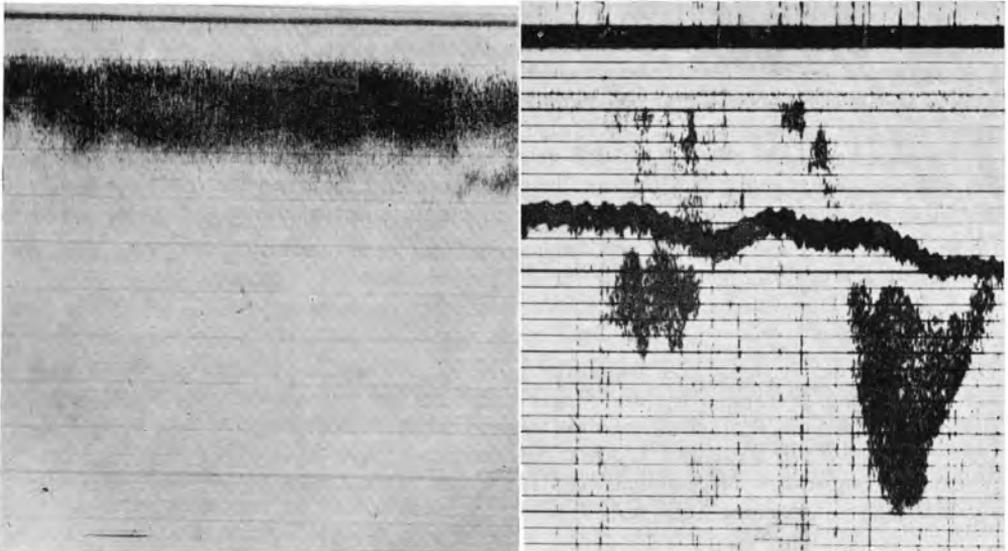


Abb. 38: Echogramm einer Salpen-Streuschicht. 200 kHz Krillot, 4,5 Knoten Schleppgeschwindigkeit, Meßbereich 0—120 m.

Abb. 39: Netzsonden-Echogramm. Die schwachen Nutzechos repräsentieren einen Fang von mehr als 15 Tonnen Krill. 33 kHz Netzsonde, 2,5 Knoten Schleppgeschwindigkeit, Meßbereichsausschnitt 0—33 m.

3. Infolge der Ortseinheit von Netz und Kopftauschwinger liegt ein Teil der Netzöffnung im Nahbereich des Schwingers. Für diesen Bereich von 0—5 m unter dem Schwinger ist zur Vermeidung von Nebenzipfelanzeigen geräteseitig eine Nahbereichsdämpfung vorgegeben;
4. Die geringere Echostärke des Krills unter dem Einfluß des Fanggeschirres (Verwirbelung).

Die bisher erhaltenen Echogramme, in denen Krill in der Netzsonde zu erkennen war, ergaben sich durch eine erhöhte Echostärke beim Einlauf sehr konzentrierter Schwärme (Abb. 39). Eine zusätzliche Störbeeinflussung der Anzeigen wurde beim Einschwimmen des Netzes in oberflächennahe Schichten festgestellt. Die hydrodynamische Verwirbelung im Bereich des Schraubenwassers des schleppenden Fahrzeuges reichte bis in Wassertiefen von 25—30 m, so daß in diesem Tiefenbereich die Nutzanzeigen aufgrund ihrer geringeren Amplituden von Schraubenwasseranzeigen verdeckt wurden.

Als lottechnische Konsequenz dieses Anzeigenverlustes sind folgende Maßnahmen anzustreben:

1. Verkürzung des Lotkabels bei oberflächennaher Fischerei;
2. Erhöhung der Sendeleistung des Generators;
3. Umstellung der Anlage auf hydrostatische Druckmessung zur Vermeidung der Schraubenwasserstöranzeigen bei oberflächennaher Fischerei.

D. Horizontalortung

Die mit Lotfrequenzen von 20—24 kHz arbeitenden Fischerei-Sonargeräte haben trotz hoher Sendeleistung (4 kW) bei der Vorausortung von Krillschwärmen keine befriedigenden Ergebnisse erbracht. Nachdem die Versuche zur Fernortung von Krillschwärmen erfolglos blieben, wurden die Bemühungen in der Nahbereichsortung zur Feststellung bereits überlaufener Krillschwärme intensiviert. In diesem Falle erwies sich die Anfangsverstärkung der Geräte als zu gering. Dennoch lassen Änderungen in der Signalverarbeitung (Autokorrelation) sowie die Erhöhung der Anfangsverstärkung den Einsatz von konventionellen Fischerei-Sonargeräten bei der Ortung von Krillschwärmen aussichtsreich erscheinen.

E. Theorie der Krillortung

Allgemein gilt, daß das von einem Unterwasserobjekt rückgestreute Signal sowohl von der physikalischen Beschaffenheit (Dichte, Kompressibilität) wie auch von der Formgestalt des Objektes abhängt. Im Hinblick auf die Formgeometrie entziehen sich zoologische Objekte in vielen Fällen einer auch nur näherungsweise mathematischen Beschreibung. Dort, wo einfache Formgebungen vorliegen, z. B. bei Salpen (Manteltiere), sind theoretische Ansätze durch Vergleich mit der Kugelform, dem gestreckten Ellipsoid usw. unter der Voraussetzung möglich, daß die Gebilde als starr und schallundurchlässig betrachtet werden. Unter diesen Gesichtspunkten bewirkt z. B. der Übergang von der Kugelform zum abgeflachten Ellipsoid eine Erhöhung der Richtcharakteristik sowie die Ausbildung weiterer Nebenzipfel. Das erklärt möglicherweise das überaus starke Rückstreuvermögen der Salpen, allerdings ohne die elastischen Eigenschaften des Objektes und dessen Schalldurchlässigkeit in Ansatz bringen. Diese Betrachtung zeigt jedoch, daß das Rückstrahldiagramm in einem hohen Maße von der Richtung der einfallenden Schallimpulse abhängig ist und dadurch bei der Ortung mit Vertikal- und Horizontallotgeräten Bedeutung gewinnt, insbesondere durch die durch Beobachtungen erhärtete Tatsache,

daß Planktonorganismen keineswegs regellos, sondern häufig richtungsorientiert sind (RAGULIN, 1969).

Für den Krill reichen Näherungsbetrachtungen durch Vergleiche mit der Kugel- oder Ellipsoidgestalt nicht aus. Die langgestreckte Form der Tiere mit einem durchschnittlichen Verhältnis der Körperachsen von 1:7,5 läßt erwarten, daß der Dorsal/Seitenaspekt wesentlich vom Frontalaspekt abweicht. Dieser Unterschied im Betrag der Rückstreuaspekte nimmt mit ansteigenden Frequenzen ab, allerdings erst ab Frequenzen von mehr als 220 kHz. Quantitative Messungen an Einzeltieren (*Euphausia pacifica*) ergaben für den Dorsal/Seitenaspekt ein Zielmaß (target strength) von -80 bis -70 dB. Der Frontal-aspekt erreicht erst oberhalb 200 kHz einen Rückstreuquerschnitt, der im Bereich von -100 dB liegt; bei tieferen Frequenzen wird dieses Zielmaß unterschritten, so daß das zu erwartende Signal im Rauschpegel der Apparatur untergeht (GREENLAW, 1977). Für die Praxis der Lottechnik bedeutet diese Richtungsabhängigkeit, daß die höhere target strength des Dorsal-aspektes bei der Vertikallotung ein stärkeres Echosignal erwarten läßt als der vom schräg einfallenden Lotstrahl eines Sonargerätes beaufschlagte Frontal/Ventralaspekt.

Die Schallreflexion der Planktonschichten beruht akustisch auf dem Unterschied im Wellenwiderstand zum umgebenden Medium (SCHOCH, 1950). Dieser Unterschied ergibt sich aus Abweichungen in der Kompressibilität und der Dichte. Aufgrund von Messungen mit einem Mikropiezometer an konservierten Einzeltieren von *Euphausia pacifica* ergaben sich für die Kompressibilität Werte, die 15 % unter der Kompressibilität des Seewassers lagen (ENRIGHT, 1963). Die Dichte beträgt nach GREENLAW (1977) 1,063 g/ml, gemessen am frisch toten Tier (*Euphausia pacifica*). Diese Werte sind jedoch mit Einschränkungen zu betrachten, da der Wassergehalt des juvenilen Krill wesentlich höher liegt als beim adulten Tier, und der Fettgehalt während der sommerlichen Fressperiode von 13 % auf 27 % des Trockengewichtes ansteigt. Für das Einzeltier (*Euphausia pacifica*) läßt sich daher nur ein durchschnittliches Zielpegelmaß (target strength) von -85 dB (100 kHz) angeben.

Unter der Annahme, daß der Krill unter dem Einfluß eines Reizfeldes unter einem Winkel von 60° mit gestrecktem Körper im Wasser ausgerichtet ist, läßt sich der Gesamtpegel eines „Krillswarmes“ nicht in jedem Fall aus der Addition der Rückstreuquerschnitte der Einzeltiere errechnen. Die Rückstreuung ist darüber hinaus abhängig vom Abstand der Individuen im Schwarm. Ist das Medium von Tieren durchsetzt, die sich im Vergleich zur Lotfrequenz in großen Abständen voneinander befinden, so addieren sich die Druckamplituden der einzelnen Tiere. Beträgt der Abstand der Tiere voneinander weniger als dreiviertel Wellenlänge, so wirken die schallstreuenden Tiere durch Nahfeld-effekte aufeinander ein, da ein „Strahler“, der von benachbarten Schallquellen umgeben ist, bei seiner Bewegung nicht nur seinen eigenen Schalldruck, sondern auch den seiner „Nachbarstrahler“ überwinden muß. Da in dem vom Lotschall beaufschlagten Krillswarm auch Tiere gegenphasig schwingen können, so daß sich die Schalldruckwerte gegenseitig kompensieren, kann die Schalleistung einer Gruppe von Tieren durchaus auch kleinere Werte annehmen als die eines Einzeltieres. Diese Betrachtung soll aufzeigen, daß die Frage nach einer optimalen Lotfrequenz für den Krill nicht schlüssig ist, sondern erst durch Angabe der Größe der Zielobjekte und des Abstandes der „Sekundärstrahler“ definiert werden muß (SKUDRZYK, 1954, S. 270).

Diese theoretischen Erkenntnisse gehen einher mit der praktischen Erfahrung, daß Lotanzeigen, die mit unterschiedlichen Frequenzen aufgezeichnet werden, durchaus beträchtliche Differenzen aufweisen können, wenn sich die Arbeitsfrequenzen z. B. um den Fak-

tor 2 unterscheiden. So ergab sich bei der Registrierung eines Streuschichthorizontes mit zwei Vertikalloten von 12 kHz und 24 kHz in einem Falle ein klares Aufsteigen des Horizontes, im anderen Fall eine signifikant absteigende Tendenz, wobei unklar blieb, ob es sich dabei um die Erfassung verschiedener Tierarten oder aber um Schwankungen der Körpergröße und der Individualabstände derselben Art handelte (DRENKELFORT, mdl. Mitt.). Zu diesen beim Betrieb mit Vertikalloten auftretenden Erscheinungen ergeben sich beim schräg einfallenden Sonarstrahl weitere Effekte, z. B. daß der Krill ein unterschiedliches Rückstreuvermögen in den verschiedenen Raumrichtungen zeigt.

In der Literatur liegen eine Reihe von Beobachtungen zur Konzentration der Krillschwärme vor. So stellte RAGULIN (1969) durch Tauchbeobachtungen fest, daß pro dm³ Wasser 50—60 Tiere in mehreren oberflächennahen Schwärmen vorhanden waren. MARR (1962) gibt den Abstand der Tiere voneinander mit 1 inch an. Diese Werte stimmen auffällig gut miteinander überein. Geht man davon aus, daß die akustisch relevante Körpergröße der Tiere ein Mehrfaches der benutzten Wellenlänge beträgt, so kann, unter Zugrundelegung der obigen Betrachtung der Nahfeldeffekte im Bereich von $\frac{3}{4}$ Wellenlängen, damit gerechnet werden, daß beginnend mit einer Frequenz von 50 kHz = 3 cm Wellenlänge bei einem durchschnittlichen Individuenabstand von 2,5 cm ein realistisches Lotbild der Krillschwärme zu gewinnen ist.

Diese Betrachtung läßt den Einfluß der vom Lotschwinger abgestrahlten Energie offen. Der Schallvorgang im Wasser ist ohnehin durch die Bedienungselemente des Lotgerätes nicht zu beeinflussen. Beim Erscheinen eines schwachen Krillechos sollte ganz gezielt mit der Verstärkung so hoch an dieses Ziel herangegangen werden, bis die Störpegel durch das Eigenrauschen des Gerätes oder schiffsbedingte Störpegel in schwacher Form im Umfeld des Zieles erscheinen, unabhängig davon, daß in anderen Bereichen des Lotbildes bereits eine totale Schwärzung in der Graphik auftritt.

F. Ortung von antarktischen Fischen

Von den potentiellen Nutzfischen der Antarktis konnte insbesondere der Marmorbarsch (*Notothenia rossi marmorata*) aufgrund der lottechnisch gewonnenen kräftigen Einzelanzeigen gezielt und erfolgreich befischt werden. Da sich die Tiere während der Tageszeit am Rande unterseeischer Canons in 240—320 m Wassertiefe aufhalten, ist der Fangterfolg von der Stetigkeit der Bodenhaftung des Fanggeschirres an den zum Teil sehr steilen Kanten abhängig. Die Schwarmanzeigen einer weiteren endemischen Fischart (*Champocephalus gunnari*) erschienen infolge des geringen Individualabstandes der Tiere im Echolot in der Form randunscharfer Wolken über einem häufig sehr rauhen Grund im Tiefenbereich von 250—350 m.

Die Anzeigen von *Dissostichus eleginoides* waren ausgesprochen schwach und damit uncharakteristisch. Diese Tiere standen sehr dicht am Boden. Ein Zusammenhang zwischen den Anzeigen und der Fangmenge war nicht erkennbar.

G. Literatur

- BARY, B. M.: Back scattering at 12 kc/s in relation to biomass and numbers of zooplanktonic organism in Saanich Inlet British Columbia. *Deep-Sea Res.*, 13: 655—666, 1966.
- BARY, B. M. and R. E. PIEPER: Sonic scattering studies in Saanich Inlet, British Columbia: a preliminary report p. 601—611. In G. B. Farguhar [ed.]: *Proc. Int. Symp. Biol. Sound Scattering in the Ocean*, 1970.
- BEAMISH, P.: Quantitative measurements of acoustic scattering from zooplanktonic organisms. *Deep Sea Res.*, 18: 811—822, 1971.

- CASTILE, B. D.: Reverberation from plancton at 330 kHz in the Western Pacific. *J. Acoust. Soc. Am.* 58: 972—976, 1975.
- ENRIGHT, I. T.: Estimates of the compressibility of some marine crustaceans, *Limnol. Oceanogr.* 8 (4): 382—387, 1963.
- GREENLAW, CH. F.: Backscattering spectra of preserved zooplankton. *J. Acoust. Soc. Am.* 62: 44—52, 1977.
- MARR, J. W. S.: The natural history and geography of the Antarctic krill (*Euphausia superba* Dana). *Discovery Rep.* 32: 331—464, Plate III, 1962.
- RAGULIN, A. G.: Podvodnye nabladenja za kriljem (Unterwasserbeobachtungen am Krill). *Trudy VNIRO* 66: 231—234, 1969.
- SAMEOTO, D. D.: Distribution of sound scattering layers caused by Euphausiids and their relationship to chlorophyll a concentrations in the Gulf of St. Lawrence estuary. *J. Fish. Res. Bd. Can.* 33, 1976.
- SCHOCK, A.: Schallreflexion, Schallbrechung und Schallbeugung. *Ergebn. exakt. Naturw.* 23: 127—234, 1950.
- SKUDRZYK, E.: *Die Grundlagen der Akustik.* Springer Verlag, Wien 1954.

6.2.2 Fangtechnische Untersuchungen

VON R. STEINBERG, Institut für Fangtechnik, Hamburg

Fishing gear techniques

Due to the necessity to catch krill in different depths, even under difficult weather conditions, the midwater trawl was chosen as the most suitable gear. The trawl was specially modified, i. e. by using small mesh inlets. On an average for all fishing stations, with this special krill trawl, the stern trawler "Weser" caught 11 tons per hour and the research vessel "Walther Herwig" 3.4 tons per hour though both vessels did not fish under commercial conditions. Several times, more than 60 tons krill per hour were caught. Occasionally large quantities of adult krill were caught in 200 to 300 m depth. Under the conditions found during the time of this expedition there is reason to assume that presumably a commercial fishing vessel of 3.000 h. p. may be able to produce a total catch of 200 tons per day. Good results were obtained with a 200-foot bottom trawl when fishing for Antarctic fishes.

A. Fangtechnik für Krill

Der Fangtechnik stellte sich als Hauptaufgabe die Entwicklung eines Fanggerätes, das den Bedingungen einer kommerziellen Krillfischerei möglichst optimal angepaßt ist. Speziell wegen des kommerziellen Aspektes mußte das Gerät von vornherein diverse Forderungen erfüllen, die über die Notwendigkeiten für ausschließlich wissenschaftlich genutzte Geräte z. T. erheblich hinausgehen.

Wesentliche Forderungen waren:

- a) Eignung zum Fang großer Krillmengen;
- b) Tiefenunabhängige Einsetzbarkeit, um den Vertikalwanderungen des Krills Tag und Nacht folgen zu können (Sicherstellung einer gleichmäßigen Versorgung mit lebendfrischem Krill für die Verarbeitung);
- c) Einsatzfähigkeit auch unter ungünstigen Wetterbedingungen, um zu große Ausfallzeiten im Fangbetrieb unter den schwierigen Verhältnissen im antarktischen Seegebiet zu vermeiden;
- d) Problemloser Einsatz von in der deutschen Fischerei üblichen Fang- und Verarbeitungsschiffen, ohne daß technisch und finanziell aufwendige Umbauten notwendig sind.

Durch diese unverzichtbaren Forderungen war von vornherein das Einschiff-Schwimmschleppnetz als allein mögliches Fanggeräteprinzip für die kommerzielle Krillfischerei vorgegeben, denn es ist von sämtlichen für den Krillfang überhaupt denkbaren Geräten das einzige, mit dem allen Erfordernissen entsprochen werden kann. Für die Wahl dieses Netztypes sprach zusätzlich noch die nach wie vor führende Stellung der deutschen Hochseefischerei bei der Anwendung dieses seinerzeit in der Bundesrepublik Deutschland entwickelten Gerätes.

Die beiden anderen anfänglich in die Diskussion mit einbezogenen Fanggerätetypen — Ringwade und Baumkurre — wurden im weiteren Verlauf der Vorbereitungsarbeiten außer Betracht gelassen. Beide sind ausschließlich für die Fischerei in relativ geringen Wassertiefen geeignet und nur unter günstigen Wetterbedingungen verwendbar. Mit gutem Wetter kann aber gerade im antarktischen Seegebiet nur relativ selten gerechnet werden. Speziell bei Ringwadern kommt als weiterer Nachteil der erforderliche hohe technische bzw. finanzielle Aufwand für Schiff und Fanggerät hinzu, ganz davon abgesehen, daß in der Bundesrepublik Deutschland kaum Erfahrungen in der Ringwadefischerei vorliegen.

Bei der notwendigen Anpassung der üblichen Schwimmschleppnetze an die speziellen Bedingungen der Krillfischerei standen zwei Hauptprobleme im Vordergrund. Einerseits mußte die geringe Größe der Fangobjekte und andererseits, nach dem derzeitigen Stand der Informationen, die Notwendigkeit berücksichtigt werden, bei bestimmten Fangsituationen mit verhältnismäßig geringer Schleppgeschwindigkeit und relativ langen Kurren dicht unter der Wasseroberfläche fischen zu müssen.

Da wegen der geringen Eigenbeweglichkeit des Krills nicht, wie bei vielen Fischarten, davon ausgegangen werden konnte, daß die Tiere im Vornetz zur Netzmitte hin gescheucht werden, war die Benutzung kleiner Maschen auch im vorderen Netzbereich nicht zu umgehen. Dadurch mußte zwangsläufig eine beträchtliche Zunahme des Schleppwiderstandes einkalkuliert werden. Um nun diesen Widerstand nicht in untragbare Bereiche zu steigern, war es unumgänglich, das kleinmaschige Netztuch aus relativ dünnem Netzgarn herstellen zu lassen. Dadurch wiederum verringerte sich die Belastbarkeit des Netztuches so weit, daß mit einem ausschließlich aus solchem Tuch gefertigten Netz keine großen Krillmengen an Bord zu bringen wären. Aus diesem Grunde mußte davon abgesehen werden, die Krill-Schleppnetze nur aus kleinmaschigem Netztuch zu bauen.

Als Konstruktionsprinzip wurde vielmehr die kleinmaschige Auskleidung solcher Netze gewählt, deren Maschen die für die normale Fischerei übliche Größe und Stärke haben. Das äußere Netz nimmt also die beim Schleppen und Hieven auftretenden Belastungen auf, während die kleinen Maschen des Innennetzes verhindern, daß der Krill aus dem Netz entweichen kann. Aus Gründen einer anzustrebenden Rationalisierung war zunächst daran gedacht, gängige Schwimmschleppnetztypen mit einer Teilauskleidung vom Bereich der 200-mm-Maschen an zu verwenden. Dadurch wäre es möglich gewesen, durch Ein- oder Ausbau der Auskleidung dasselbe Netz sowohl zum Fang von Krill als auch pelagischen Fischen zu benutzen. Diese Konstruktionsidee stellte sich aber während einer Erprobungsreise, die im Sommer 1975 mit dem FFS „Walther Herwig“ in das Gebiet der Azoren durchgeführt worden war, als nicht praktikabel heraus. Der Schleppwiderstand der großen, nur im achteren Teil ausgekleideten Schwimmschleppnetze erwies sich als unverhältnismäßig hoch. Mit Hilfe der relativ starken Antriebsanlage der „Walther Herwig“ konnten diese Netze zwar noch schnell genug geschleppt werden, es war aber selbst bei Einsatz der größtmöglichen Scherbretter (12-m²-Süberkrüb) nicht möglich, eine auch nur annähernd angemessene horizontale Netzöffnung zu er-

zielen. Es blieb deshalb keine andere Möglichkeit, als ein spezielles, der verfügbaren Maschinenstärke und maximal einsetzbaren Scherbrettgröße angepaßtes pelagisches Einsciff-Krillschleppnetz zu bauen. Dazu wurde als Ausgangspunkt der Achterbelly der in der deutschen Fischerei üblichen, nach dem Baukastensystem gefertigten Schwimmschleppnetze gewählt (Achterbelly ab 200 mm Maschengröße). Das hatte den Vorteil, daß auch die speziellen Krillnetze rationell aus vorgefertigten Netzteilen hergestellt werden konnten, und daß so die Möglichkeit bestand, diese Netze nach dem Krilleinsatz gegebenenfalls als Teile üblicher Schwimmschleppnetze weiterzuverwenden.

Aus dieser Entscheidung resultierte ein Schwimmschleppnetz mit rechteckiger Öffnung und 1216 Maschen Umfang bei 200 mm Maschenöffnung im Vornetz (Abb. 40). Die Flügel wurden in der üblichen Schnittform aus 100-mm-Maschen gefertigt. Der Belly

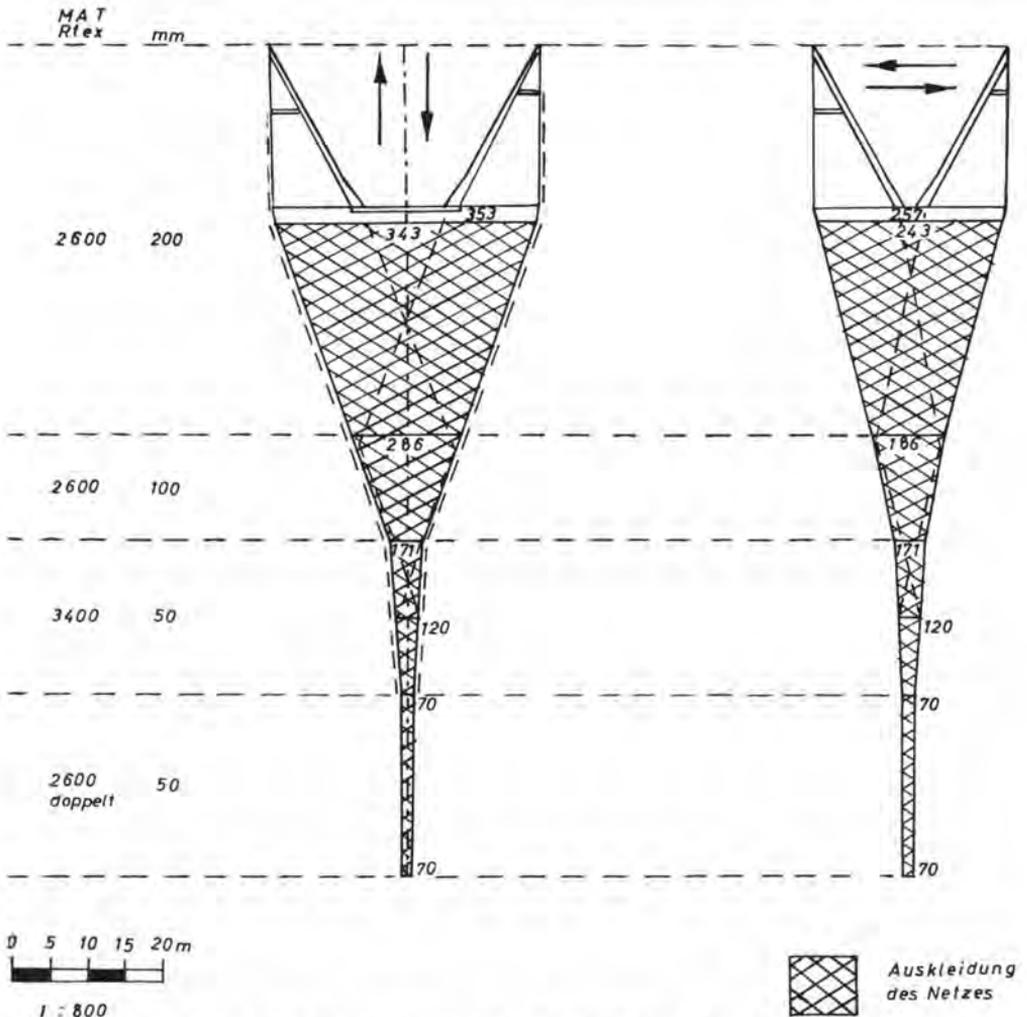


Abb. 40: 1.216 Maschen-Schwimmschleppnetz mit 200 mm langen Maschen im Vornetz.

wurde hinter einem 10 Maschen tiefen Kranz aus verstärktem Material mit kleinmaschigem Netztuch ausgekleidet, und zwar im 200-mm-Teil mit 30-mm-, im 100-mm-Teil mit 20-mm- und im 50-mm-Teil mit 12-mm-Maschen (Abb. 40).

Diese nach den Ergebnissen der Azoren-Vorversuche bereits von ursprünglich 20-, 16-, 12-mm- auf 30-, 20-, 12-mm-Maschenweite veränderte Auskleidung verursachte immer noch einen hohen Schleppwiderstand. Seine negativen Auswirkungen besonders auf die horizontale Netzöffnung konnten nur durch den Einsatz von 12-m²- statt den bei normaler Ausführung von Netzen dieser Größe üblichen 6-m²-Süberkrüb-Scherbrettern ausgeglichen werden. Bei Einsatz der 12-m²-Bretter wurde bei dem Krillnetz eine horizontale Netzöffnung von ca. 20—23 m, eine vertikale von 11—13 m und damit eine Netzöffnungsfläche von etwa 260 m² erzielt. Das ist, verglichen mit üblichen Schwimmschleppnetzen (ungefähr 1300—2000 m²), sehr wenig. Wie nachfolgend noch näher ausgeführt wird, genügen aber die erreichten Maße durchaus für die Zwecke der Krillfischerei.

Das zweite Hauptproblem bei der Entwicklung einer Schwimmschleppnetz-Fischerei auf Krill — oberflächennahe Fischerei mit geringer Schleppgeschwindigkeit unter Einsatz relativ langer Kurrleinen — ergab sich aus sowjetischen Veröffentlichungen. Darin wurde berichtet, daß Krill nur mit maximal 2,0 kn in annehmbaren Mengen zu fangen ist, und daß das Fanggeschirr aus dem Schraubenwasser herausgehalten werden sollte, um Fangbeeinträchtigungen zu vermeiden. Gerade der letzte Punkt war überzeugend, da allein schon von der Überlegung her nicht auszuschließen war, daß der direkt unter der Oberfläche stehende Krill vom Schiff und dessen Schraubenwasser aus dem Weg des Netzes gedrängt wird. Dem hätte nur durch lange Schleppleinen begegnet werden können. Lange Leinen und geringe Schleppgeschwindigkeit bewirken aber normalerweise ein starkes Absinken des Fanggeschirrs. Um das in diesem speziellen Fall zu verhindern, wurde für die oberflächennahe Fischerei vorgesehen, besonders leicht gebaute Scherbretter einzusetzen und diese mit Hilfe von Auftriebskörpern und in ihrer Länge der jeweiligen Fangsituation anzupassenden Verbindungsständern an der Wasseroberfläche „aufzuhängen“. Darüberhinaus wurden verhältnismäßig kurze Ständer zwischen Scherbrettern und Netz sowie stark reduzierte Vorgewichte gewählt. Wie sich während der Azoren-Vorversuche erwies, kann das Geschirr bei dieser Anordnung tatsächlich bei langsamer Fahrt und bei Verwendung von bis zu 500 m langen Leinen direkt unter der Wasseroberfläche gehalten werden.

Überraschenderweise zeigte sich aber bei dem Einsatz des beschriebenen Krill-Fanggeschirres in antarktischen Gewässern schon nach wenigen Versuchen, daß das „Aufhängen“ der Scherbretter an der Wasseroberfläche auch bei extrem oberflächennaher Fischerei aus zwei Gründen nicht notwendig ist: Das Schraubenwasser wirkt sich entgegen den Erwartungen auch bei Verwendung von kurzen Schleppleinen nicht erkennbar negativ auf den Fang von Krill aus. Außerdem zeigte sich sehr bald, daß die Einhaltung einer Schleppgeschwindigkeit von 2 kn oder weniger nicht erforderlich ist. Sofern die verfügbare Maschinenstärke ausreicht, kann die Geschwindigkeit beim Schleppen durchaus auf 3—4 kn gesteigert werden. Eine solche höhere Schleppgeschwindigkeit wirkt sich besonders bei verstreut stehenden, kleinen Krillschwärmen sogar günstig aus, da dadurch in der Zeiteinheit ein wesentlich größeres Areal abgefischt werden kann. Mit kurzen Schleppleinen und angemessener Schleppgeschwindigkeit bereitete es verständlicherweise keine Schwierigkeiten mehr, das Fanggeschirr auch ohne zusätzliche Auftriebskörper wenige Meter unterhalb der Wasseroberfläche einzusteuern. Es ist in diesem Fall jedoch vorteilhaft, die Vorgewichte gegenüber der Fischerei in tieferen Wasserschichten erheblich zu reduzieren.

Das in Abb. 40 dargestellte Krill-Schwimmschleppnetz wurde mit dem vorab beschriebenen Rigg (12 m²-Süberkrüb-Scherbretter, 100 m-Stander, 100 kg Vorgewichte/Seite — in tieferem Wasser mehr — 200 Stück Headleinschwimmer à 3,2 l Auftrieb) während der gesamten Expeditionsdauer auf beiden Schiffen benutzt. Es erwies sich von Anfang an als gut geeignet. Die damit erzielten Fänge lagen sowohl im Maximum als auch im Durchschnitt erheblich über den Erträgen, die andere Nationen bis dahin in der Krillfischerei erzielt hatten. Auf die gesamte Untersuchungsdauer und alle — auch die erfolglosen — Fischereistationen bezogen, betrug der Durchschnittsfang des FMS „Weser“ rund 11 t Krill je Fangstunde. Das stärker in der biologischen Forschung engagierte FFS „Walther Herwig“ fing durchschnittlich immerhin auch noch 3,4 t je Fangstunde. Dabei muß bei beiden Schiffen berücksichtigt werden, daß sie wegen der Aufgabe, eine großräumige Krillsuche in der Scotia See und angrenzenden Gebieten durchzuführen, nur in wenigen Fällen unter zumindest semikommerziellen Bedingungen fischen konnten. Diejenigen Areale, in denen große Krillmengen gefunden werden konnten, wurden gemeinhin nach einem oder wenigen Hols wieder verlassen, um nach weiteren Vorkommen zu suchen. Im Rahmen dieser Suche mußten im Interesse der Identifizierung und Mengenabschätzung häufig auch kleine Krillswärme befischt werden, die verständlicherweise keine großen Fänge zuließen.

Unter Berücksichtigung der in krillreichen Gebieten unter den zur Versuchszeit getroffenen Fangbedingungen erzielten Fänge, die mehrfach bei mehr als 60 t/Hol und vielfach bei 25—30 t bei Hols von weit weniger als einer Stunde Dauer lagen, erscheint die Aussage zulässig, daß leistungsfähige Trawler (mindestens 3000 PS für den Vortrieb) unter ausschließlich kommerziellen Bedingungen voraussichtlich pro Tag 200 t Krill, möglicherweise auch noch mehr, fangen können.

Als bemerkenswert muß in diesem Zusammenhang gelten, daß adulter Krill nicht ausschließlich in den oberen Wasserschichten bis etwa 100 m Tiefe, sondern zumindest zeitweise auch bis 300 m, wahrscheinlich sogar noch tiefer, vorkommt. Den ersten Hinweis haben Magenuntersuchungen an Fischen erbracht, die in diesen Tiefen gefangen wurden und bei denen anhand von Lotbeobachtungen keine Vertikalwanderungen festzustellen waren. Da die speziellen Krill-Echolote keine Möglichkeit boten, den Krill in diesen Tiefen direkt zu orten, wurde das Krillnetz in die entsprechenden Fischanzeigen eingesteuert. Dabei wurden in einem Fall neben 10 t Eisfisch 1—2 t adulter Krill in ca. 300 m Tiefe und in einem anderen 25 t in ca. 200 m, jeweils innerhalb einer Stunde, gefangen. Da die Zeit für weitere Untersuchungen dieser Art während der ersten Reise fehlte, soll der Verbreitung von Krill in tieferen Wasserschichten während der 2. Expedition 1977/78 verstärkt nachgegangen werden.

Die angeführten Beispiele der Krillfischerei von Oberflächennähe bis in größere Tiefen demonstrieren, daß das weiter vorn beschriebene Fanggeschirr für den Einsatz in allen in Frage kommenden Wassertiefen geeignet ist. Es ließ sich ferner nachweisen, daß mit dem Gerät auch noch bei relativ schlechtem Wetter erfolgreich gearbeitet werden kann. Als obere Grenze der Einsatzfähigkeit ist etwa die Windstärke 8 Bft und entsprechender Seegang anzusehen. Bei noch ungünstigerem Wetter nimmt die Gefahr sehr schnell zu, daß das Geschirr beschädigt wird bzw. daß der Fang beim Hieven verlorengeht. Die Krillfischerei in unmittelbarer Nähe der Oberfläche beginnt allerdings schon bei 7—8 Bft problematisch zu werden, da die Bewegungen des Schiffes wegen der erforderlichen kurzen Leinen zu stark auf das Geschirr übertragen werden. Diese stoßweisen Belastungen kann selbst sehr elastisches Netzmaterial bei starkem Seegang auf die Dauer nicht aufnehmen. Es reißt dann an den Randleinen ab.

Wie aus den Fangdaten zu entnehmen ist, konnte mit der speziellen Konstruktion des Schwimmschleppnetzes für Krill auch der Forderung, große Krillmengen fangen zu können, recht gut nachgekommen werden. Fänge von mehr als 60 t/Hol stellten Rekordergebnisse dar, wie sie bis dahin noch von keiner Seite erreicht worden waren. Schwierigkeiten traten lediglich dann auf, wenn große Krillmengen innerhalb eines sehr kurzen Zeitraumes vom Netz erfaßt wurden. Solche Situationen entstanden häufig bei der Befischung überaus kompakter Krillschwärme. Der Krill gelangte dann nicht schnell bzw. kontinuierlich genug in den Tunnel und Steert des Netzes, sondern staute sich in großen Mengen im hinteren Bereich des Netzes. Das führte zu derart starken Belastungen im Achternetz, daß zumindest die kleinmaschige Auskleidung, mehrfach aber auch das äußere Netz explosionsartig zerstört wurde. Diese Art von Schäden konnte zwar noch während der Reise durch Anbringen zusätzlicher Verstärkungsleinen gemindert, aber nicht völlig vermieden werden.

Die Handhabung der Krillnetze an Bord bereitete keine grundsätzlichen Probleme. Das war auch kaum zu erwarten, da beide Schiffe als Trawler ausgelegt und somit praktisch für jede Art der Schleppnetzfisherei geeignet sind. Allerdings war FMS „Weser“ in dieser Hinsicht durch eine vor der Reise installierte Netztrommel gegenüber FFS „Walther Herwig“ beträchtlich im Vorteil, weil das Forschungsschiff bedauerlicherweise noch nicht mit diesem zeit- und arbeitsparenden Gerät ausgerüstet werden konnte.

Zweifelsohne konnte mit dem beschriebenen Krill-Schleppnetz bereits bei den ersten Versuchen ein hoher technischer Stand in der Krillfisherei erreicht werden. Es hat sich aber auch gezeigt, daß eine noch bessere Anpassung des Gerätes und der Methode an die Bedingungen einer kommerziellen Fisherei möglich ist. Dazu sind aber weitere umfangreiche Untersuchungen unumgänglich. In diesem Zusammenhang ist besonders an



Abb. 41: Ein Hol von ca. 15 t Krill am Heck des Forschungstrawlers.

die Beseitigung der Schwierigkeiten beim plötzlichen Eintritt großer Krillmengen in das Netz zu denken, die eine Umkonstruktion des gesamten Achternetzes erforderlich macht.

Als vordringlich sind desweiteren Änderungen an der kleinmaschigen Netzauskleidung anzusehen. Bei den während der hier behandelten Reise benutzten Netzen war die Auskleidung aus jeweils relativ großen Netzblättern gefertigt worden. Bei Beschädigungen einzelner Teile der Auskleidung waren aufwendige Arbeiten für die Reparatur bzw. den Austausch der zerstörten Netzteile erforderlich. Durch die Unterteilung der Auskleidung in kleinere Netzabschnitte ließe sich das Krillnetz in seiner Gesamtheit wesentlich reparaturfreundlicher gestalten.

Im Interesse einer Verringerung des Schleppwiderstandes sollte außerdem untersucht werden, ob für die Vornetzauskleidung größere Maschen verwendet werden können. Die Möglichkeit dazu ist aus der Beobachtung abzuleiten, daß in diesem Bereich bei 30 mm Maschenöffnung so gut wie keine Stecker auftraten. Dort kann also kaum Krill entkommen sein. Eine Vergrößerung der vorderen Auskleidungs-Maschen auf wenigstens 40 mm erscheint deshalb gerechtfertigt, ohne daß unbedingt mit Fangminderungen gerechnet werden muß.

Obleich es selbst bei sehr großen Fängen keine nennenswerten Schwierigkeiten bereite, den Fang an Bord und unter Deck in den Verarbeitungsbereich zu bringen, ergibt sich bei dieser Art der Fangbewältigung das Problem, daß der in solch großen Mengen anfallende Krill mit den gegenwärtig verfügbaren Kapazitäten nicht schnell genug verarbeitet werden kann. Ein nicht unerheblicher Teil des Fanges ließ sich also wegen der leichten Verderblichkeit des Krills nicht sinnvoll nutzen. Diese unbefriedigende Situation kann sehr wahrscheinlich durch Einsatz von Pumpen beseitigt werden. Um den technischen und damit auch finanziellen Aufwand nicht in unverträgliche Bereiche zu treiben, wird zunächst daran gedacht, den Krill weiterhin mit Schwimmschleppnetzen zu fangen, das Netz aber nur soweit vorzuhieven, daß der Steert mit dem Fang noch im Wasser bleibt. Der Fang könnte dann mittels Druckpumpen lebendfrisch in jeweils benötigten Mengen der Verarbeitung zugeführt werden. Eine kontinuierliche Förderung von Krill aus dem geschleppten Netz über entsprechend ausgelegte Schläuche ist zwar grundsätzlich auch heute schon möglich, sie dürfte aber bei ungünstigeren Wetterverhältnissen und bei Befischung tiefstehender Krillschwärme doch so große Schwierigkeiten mit sich bringen, daß die Rentabilität dieser Methode gegenwärtig noch in Frage gestellt werden muß.

Einer sehr eingehenden Untersuchung bedarf schließlich auch noch die Frage, welche Schiffstypen für eine leistungsfähige kommerzielle Krillfischerei besonders geeignet sind. Theoretisch wäre an Schiffe zu denken, die etwa den ehemaligen Walfangmutter Schiffen entsprechen. Sie könnten über die Rampe selbst fischen und hätten an Bord ausreichend Platz für unterschiedliche Verarbeitungsanlagen mit großer Kapazität. Außerdem wären umfangreiche Lagerräume an Bord vorhanden. Solche Schiffe wären aber außerhalb der fünf- bis maximal sechsmonatigen Antarktissaison kaum für andere Zwecke zu verwenden. Dadurch wäre die Rentabilität ihres Einsatzes sehr in Frage gestellt.

Eine bessere Lösung verspricht wahrscheinlich der Einsatz von Schleppnetzfahrzeugen, die leistungs- und größenmäßig dem Typ des in der Bundesrepublik Deutschland üblichen Trawlers der II. oder III. Generation entsprechen. Sie wären in ihrer Verarbeitungskapazität und -auslegung lediglich den speziellen Bedingungen der Krillfischerei anzupassen. Außerhalb der Krillsaison könnten sie in der herkömmlichen Fischerei eingesetzt werden. Sie wären also ganzjährig zu beschäftigen. Ein besonderes Problem

könnte allerdings in der Ladekapazität dieser Schiffstypen gesehen werden, die im Hinblick auf die zu erwartenden Krillfänge vergleichsweise gering ist. Prinzipiell ließe sich diese Frage jedoch durch Einsatz von Transportschiffen lösen, auf die die Fänge der Trawler in relativ kurzen Zeitabschnitten übergeladen werden müßten. Da ein solcher Seeumschlag in vielen Großfischereien schon seit Jahren üblich ist, würden in dieser Hinsicht keine technischen Schwierigkeiten zu erwarten sein. Es bleibt also allein das Problem der Rentabilität, das sicher nur dann zufriedenstellend gelöst werden kann, wenn für die Produkte aus Krill angemessene Preise zu erzielen sind.

B. Fangtechnik für antarktische Fische

Zum Fang antarktischer Fische war auf zwei im Nordatlantik bewährte Fanggerätetypen zurückgegriffen worden. Für bodennah stehende Fische wurde ein 200' hochstauendes Grundschleppnetz mit fünffachem Rollengeschirr eingesetzt. Dieses Fanggeschirr bewährte sich auf schwierigen Fangplätzen hervorragend. Auf FMS "Weser" wurden damit im Gebiet der South Shetlands bis zu 45 t *Notothenia rossi marmorata* je Hol und bei den South Orkneys große Mengen von Eisfischen gefangen. Auch bei einer Art Vergleichsfischerei mit sowjetischen Trawlern bei Südgeorgien erwies sich das 200'-Netz als eindeutig überlegen.

Für die pelagische Fischerei kam das sogenannte 630er-Schwimmschleppnetz zum Einsatz. Dieses Netz gehört zu den Standardgeräten der deutschen Großtrawler. Seine Einsatzfähigkeit in antarktischen Gewässern konnte jedoch nicht hinreichend nachgewiesen werden, da dort wider Erwarten nicht genügend pelagisch lebende Fische und Tintenfische angetroffen wurden.

Für weitere Untersuchungen im Bereich der Antarktis werden beide aufgeführten Netztypen weiter verwendet. Wahrscheinlich lassen sich ergänzend auch die noch in der Entwicklung befindlichen Tauwerknetze, die eine besonders große Fangöffnung bei relativ niedrigem Schleppwiderstand besitzen, zusätzlich einsetzen.

6.2.3 Verhaltensbeobachtungen an Krill (*Euphausia superba* Dana)

VON W. FISCHER UND H. MOHR, Institut für Fangtechnik, Hamburg

Behaviour of Krill (*Euphausia superba* Dana)

In the Atlantic sector of the Antarctic behaviour of krill was investigated by echosounding. Mostly krill schools had a horizontal dimension of 10 to 100 m and a vertical one of 10 to 40 m. Different densities of krill aggregations were observed. There were compact layers as well as isolated individuals. In general, oceanic schools disaggregated at night, but they never dispersed completely. Near the shores the aggregations were often found to be extended horizontally over several miles and various concentrations of krill were detected in different depths. The same individuals formed a school for a longer period and it appeared that no exchange with other schools took place. Krill preferred the area between the water surface and a depth of 100 m, but sometimes large quantities of krill were also caught in 200 to 300 m. Diurnal vertical migrations could be observed only locally and then only once a day. The maximum sinking speed of krill was about 100 m per 90 minutes. Reactions of krill towards ship and gear were so unimportant that they can be neglected as far as fishing operations are concerned.

A. Einleitung

Die Berücksichtigung bestimmter Verhaltensweisen der Fangobjekte ist in vielen Fischereizweigen eine wichtige Voraussetzung für den Erfolg. Bei den traditionellen Nutzfischarten hat man aufgrund jahrzehntelanger Erfahrungen und Untersuchungen gelernt, die Fangmethoden den so gewonnenen Erkenntnissen anzupassen. Da der Krill erst in aller-

jüngster Zeit in den Blickpunkt der kommerziellen Fischerei gerückt ist, weiß man bei ihm noch recht wenig über Verhaltensweisen, die den Fang beeinflussen könnten. Die spärlichen Beobachtungen stammen teils von Walfängern und Grundlagenforschern der Antarktis-Stationen, teils von sowjetischen Fischereibiologen, die vor etwa 10 Jahren mit Fangversuchen begonnen haben.

Da nach der bisherigen Ansicht Krill in beinahe unerschöpflichen Mengen vorhanden ist, könnte man meinen, daß eine ausgeklügelte Rationalisierung der Fangtechnik überflüssig sei. Aber der Fang des antarktischen Krills ist keineswegs unproblematisch. Aus klimatischen und meteorologischen Gründen ist eine Fischerei nur im Südsommer, etwa von November bis April, möglich, und auch dann erzwingen Stürme und Eisverhältnisse oftmals lange Pausen. Krill kommt nur in begrenzten Arealen in fangwürdigen Mengen vor. Die Größe der Individuen wechselt erheblich mit Ort und Jahreszeit. Aufenthaltstiefe, Ausdehnung und Dichte der Schwärme können selbst im Tagesgang großen Schwankungen unterworfen sein. Alle diese Faktoren beeinflussen das Fangergebnis entscheidend.

Kommerzielle Verarbeitungsschiffe sind zudem auf eine quantitativ und qualitativ möglichst gleichmäßige Versorgung mit Rohware angewiesen, und da der gefangene Krill in kurzer Zeit verdirbt, sind zu geringe wie zu große Fänge gleichermaßen von Übel. Eine bessere Kenntnis der Verhaltensweisen der Krillschwärme könnte helfen, die Fangmöglichkeiten richtiger einzuschätzen und auch unter ökologischen Gesichtspunkten optimal zu nutzen.

Für die Fischerei sind die folgenden Verhaltenskomplexe von vordringlichem Interesse: Schwarmverhalten, Tagesperiodizität der Vertikalwanderung und Reaktionen auf Schiff und Netz.

Die geographische Verbreitung der Krillschwärme beruht im wesentlichen auf einer Verdriftung durch Strömungen und ist somit kein Thema der Verhaltensbiologie.

B. Durchgeführte Arbeiten

Vom Institut für Fangtechnik wurden während aller drei Reiseabschnitte auf FMS „Weser“ die Echogramme der ständig laufenden Lotgeräte — vornehmlich die des 200 kHz-Lotes — hinsichtlich Vorkommen, Form, Größe und Tiefenverteilung der Krillschwärme ausgewertet. Dabei wurden alle verfügbaren Umweltparameter, wie Wassertemperatur und Beleuchtungsstärke, mit einbezogen. Aus allen Krillfängen wurden Proben entnommen, an denen Untersuchungen über Längen- und Geschlechtsverteilung vorgenommen wurden. Da auf diesem Schiff die Probleme der Ortungs-, Fang- und Verarbeitungstechnik Vorrang hatten, konnten gezielte verhaltenskundliche Untersuchungen, wie z. B. Dauerstationen über ausgewählten Schwärmen, nur in ganz wenigen Fällen durchgeführt werden. Weil im Zusammenhang mit einer möglichst weiträumigen Bestandsaufnahme die Fangplätze laufend wechselten, konnten bisher nur Abschnitte aus dem Verhaltensinventar des Krills beobachtet werden.

C. Ergebnisse

(a) Schwarmverhalten

Aus der Literatur ist bekannt, daß das Vorkommen in dichten Konzentrationen typisch für den antarktischen Krill ist. Die Schwärme, die gelegentlich als rote Flecken unmittelbar an der Oberfläche sichtbar werden, sollen eine horizontale Ausdehnung von wenigen Metern bis zu maximal 200 m haben (MARR 1962, MACKINTOSH 1968). Nach sowje-

tischen Unterwasserbeobachtungen haben sie in der Vertikalen oftmals die Form eines auf der Spitze stehenden Kegels, und alle Individuen sind darin einheitlich ausgerichtet (ŠEVCOV U. MAKAROV 1969, RAGULIN 1969). Nach PAVLOV (1974) lösen sich die polarisierten Schwärme in den Zeiten der Nahrungsaufnahme auf, um sich danach wieder neu zu formieren.

Während der deutschen Expedition 1975/76 wurden Krillkonzentrationen in Form von scharf begrenzten dichten Schwärmen ebenso wie von ausgedehnten diffusen Schichten — mit allen Übergangsstadien dazwischen — festgestellt. Im küstenfernen Bereich wurden stets typische Schwärme registriert, die im Lotbild scharf umrandete schwarze Flecke darstellten. Abgesehen von gelegentlich auftretenden Splitterschwärmen hatten sie meist eine horizontale Ausdehnung von 10—100 m und eine vertikale von 10—40 m. Schwärme von mehr als 300 m Länge und 50 m Tiefe wurden nicht beobachtet. Die im Vergleich zu pelagischen Fischschwärmen unregelmäßige und zergliederte Form der größeren Krillschwärme kam im Lotbild zum Ausdruck (Backenzähne“, Abb. 42). Auch nachts blieben die ozeanischen Schwärme erhalten und zeigten dann zwar gewisse Auflockerungs-, nicht aber vollständige Auflösungserscheinungen.

Ein weiteres Indiz für permanentes Zusammenhalten bzw. eine Isolation der Einzelschwärme gegeneinander war der mehrfach beobachtete Färbungsunterschied von Schwarm zu Schwarm. So konnte ein Fang einheitlich aus intensiv rot gefärbten Individuen bestehen, der nächste — nur wenige Seemeilen weiter eingeholt — ausschließlich aus normal oder ganz blaß gefärbten Tieren. Zwischen ausgedehnten krillfreien Strecken traten die Schwärme fast stets in kleineren oder größeren Gruppen auf, was aber nicht einem aktiven Zusammenhalten, sondern den Wasserströmungen zuzuschreiben ist.

Über dem Schelf von Südgeorgien und dem Kontinentalabfall westlich der Antarktischen Halbinsel kam der Krill auch in ausgedehnten Schichten vor, die sich über mehrere Seemeilen erstrecken und 10—20 m mächtig sein konnten. Manche dieser Schichten setzten sich tagsüber aus zahllosen Einzelschwärmen zusammen, die sich nachts auflösten (Abb. 43 u. 44).

Ein gewisser Teil des Krillbestandes kommt offenbar auch in der Form von isoliert lebenden Individuen vor. Im Scheinwerferkegel oder aufgrund ihres Eigenleuchtens kann man nachts oftmals einzelne Euphausien entdecken, und auch mit dem Hensen-Planktonnetz wurden auf FMS „Weser“ zu den verschiedensten Tageszeiten einzelne Exemplare gefangen, wenn von den Loten keinerlei Konzentrationen angezeigt wurden.

Der Tiefenbereich der Krillvorkommen lag im allgemeinen zwischen 0 und 50 m (kurzfristige Ausnahmen werden in dem Abschnitt über tagesperiodische Vertikalwanderungen erklärt). Doch wurde während der Fangversuche auf antarktische Bodenfische gelegentlich festgestellt, daß deren Mägen mit adultem Krill gefüllt waren. Gezielte Hols mit dem Krillnetz in Tiefen von 200—300 m erbrachten Fänge von 1—25 t (Abb. 45). Ob das Vorkommen von Krill in diesen Wassertiefen, wo er von hochfrequenten Loten nicht mehr angezeigt wird, ein seltenes oder verbreitetes Phänomen ist, muß bei zukünftigen Untersuchungen festgestellt werden. Die von Walfängern häufig erwähnten roten Krillflecken unmittelbar an der Oberfläche wurden während der Expedition nur sehr gelegentlich gesichtet.

Für alle aufgezählten Formen der Krillkonzentrationen erwies sich das pelagische Trawl im Prinzip als geeignetes Fanggerät, doch war der Zeitaufwand für ein gleiches Fangergebnis je nach Schwarmtyp sehr unterschiedlich. Um einen Hol von der beim gegenwärtigen Stand von Fang- und Verarbeitungsmethoden idealen Größe von 15 t

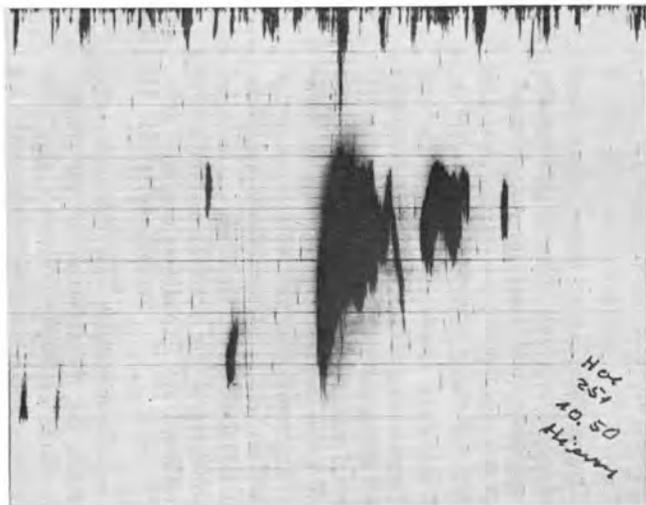


Abb. 42: Mehrere kleinere Krillschwärme neben einem extrem großen Einzelschwarm von fast 300 m Länge und 40 m Mächtigkeit (200 kHz, 3,0 kn).

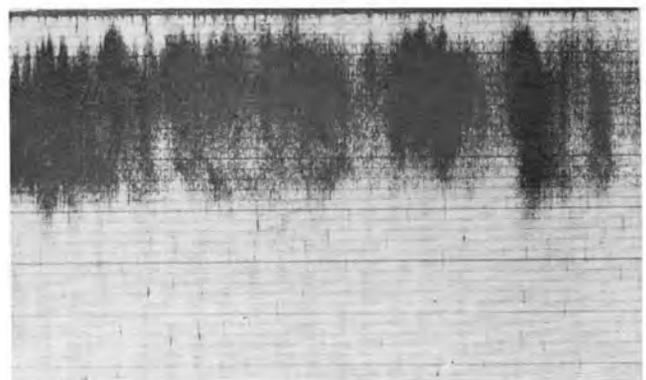


Abb. 44: Nächtliche Krillschicht im Schelfgebiet von S. Georgien (200 kHz, 3,5 kn).

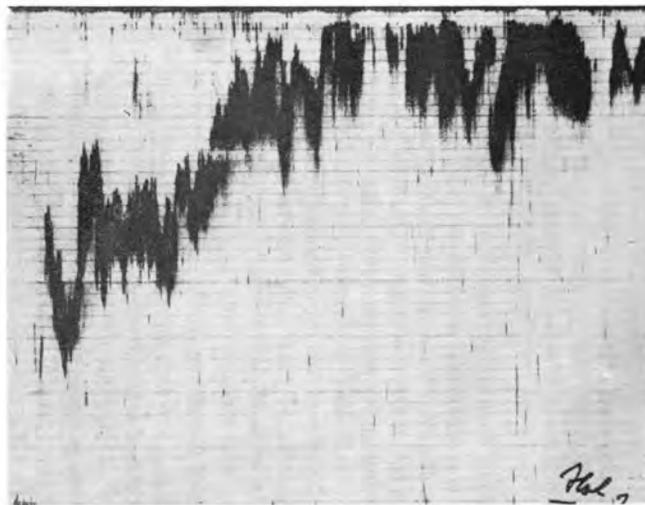
m
0

Abb. 43: Nachmittags zur Oberfläche strebende Krillschwärme im Übergangsstadium zur diffusen Schicht (200 kHz, 4,0 kn).

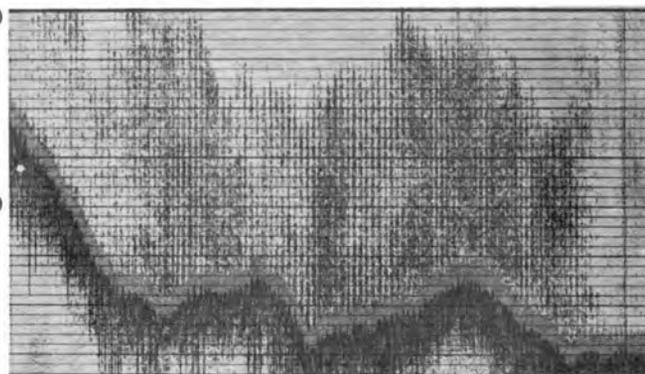
0
200
50
250

Abb. 45: Indirekte Ortung von Krill in 200—260 m Tiefe durch die Anzeige von Weißblutfischen, *Champscephalus gunnari* (33 kHz, 3,5 kn).

zu erzielen, betrug die Schleppzeit der „Weser“ z. B. bei einer diffusen Krillschicht 120 Minuten, bei kleinen Einzelschwärmen 90 Minuten, bei einer Schicht aus kleinen Schwärmen 30 Minuten und bei einigen größeren „Backenzähnen“ 25 Minuten. In manchen Fällen genügte schon das Schleppen oder auch nur Hieven durch einen einzigen dichten Schwarm, um das Netz bis zum Platzen zu füllen. Während aber das Ansteuern der oft in sehr verschiedenen Tiefen aufeinanderfolgenden Einzelschwärme ein häufiges Manövrieren des Geschirres erforderlich machte, war das Befischen der Schichten sehr einfach und problemlos.

(b) Tagesperiodische Vertikalwanderung

Auf die Existenz einer tagesperiodischen Vertikalwanderung schließt bereits MARR (1962) aufgrund unterschiedlicher Fänge seiner Versuchsnetze. Mehrere sowjetische Wissenschaftler konnten in jüngster Zeit die Wanderbewegungen der Krillschwärme mit Hilfe des Echolots verfolgen, kamen aber hinsichtlich Ausmaß und Zeitpunkt zu unterschiedlichen Ergebnissen (SUST 1969, ŠEVCOV u. MAKAROV 1969). PAVLOV (1974) konnte diese Diskrepanzen teilweise erklären und fand einen direkten Zusammenhang zwischen Vertikalwanderung und Nahrungsaufnahme: Adulter Krill steigt zweimal innerhalb von 24 Stunden — nachts zwischen 22 und 02 Uhr, tagsüber zwischen 10 und 14 Uhr — in die Nähe der Oberfläche (0—15 m), um in dem nur hier ausreichend vorhandenen Phytoplankton zu weiden. Juveniler Krill hat einen geringeren Energiebedarf und deshalb nur nachts ein Maximum der Nahrungsaufnahme. In sehr planktonarmen Gebieten unterbleibt die Vertikalwanderung ganz, da dort der Krill dauernd an der Oberfläche mit dem Abfiltrieren des Phytoplanktons beschäftigt ist.

Während der deutschen Expedition konnte nur in seltenen Fällen eine klare Beziehung zwischen Tageszeit und Aufenthaltstiefe erkannt werden. Das hängt aber sicher mit dem stetigen Wechsel der Fangplätze — und damit auch der Krill-Populationen sowie der Umweltbedingungen — zusammen. Eine zusammenfassende Darstellung aller während der drei Reiseabschnitte angetroffenen Krillkonzentrationen zeigt eine beinahe gleichmäßige Tiefenverteilung über den ganzen Tagesgang (Abb. 47).

Als aber in der ersten Aprilhälfte 1976 FMS „Weser“ fünf Tage lang in einem engbegrenzten Areal westlich des Leskov-Inseln (Süd Sandwich Gruppe) Schwärme von durchweg halbwüchsigen Krill befishete, zeigte sich, daß unter den hier angetroffenen Bedingungen ein sehr deutlicher und einheitlicher Rhythmus der Vertikalwanderung festgestellt werden konnte. Nachts hielten sich alle Schwärme innerhalb der ersten 20 m unterhalb der Oberfläche auf. Bei einem für das menschliche Auge kaum wahrnehmbaren Beginn der Morgendämmerung gingen sie in die Tiefe, wobei in eineinhalb Stunden bis zu 100 m Tiefenunterschied bewältigt wurden (Abb. 46). Aber schon lange bevor es richtig hell wurde, strebten sie langsam wieder nach oben. Während des Tages blieben die Tiere in der Schicht zwischen 20 und 80 m unter der Oberfläche unregelmäßig verteilt. Bis zum Einbruch der Dunkelheit hatten sich aber alle wieder in den oberen 20 m versammelt. Diese Verhältnisse sind, zusammen mit den gemessenen Umweltparametern, in Abb. 48 dargestellt.

Für die Fangplanung und Arbeitseinteilung auf FMS „Weser“ hatte dieses Verhalten der Krillschwärme bereits erhebliche Konsequenzen. Es zeigte sich, daß hier die besten und sichersten Fangmöglichkeiten nachts bestanden. Bei Anwesenheit größerer Schwärme waren auch tagsüber gute Fänge möglich, doch war die Steuerung des Netzes bei den in sehr verschiedenen Tiefen aufeinanderfolgenden Schwärmen recht mühsam. Das ganz ineffektive Fischen am Morgen während der steilen Abwärtswanderung wurde nach kurzer Zeit aufgegeben.

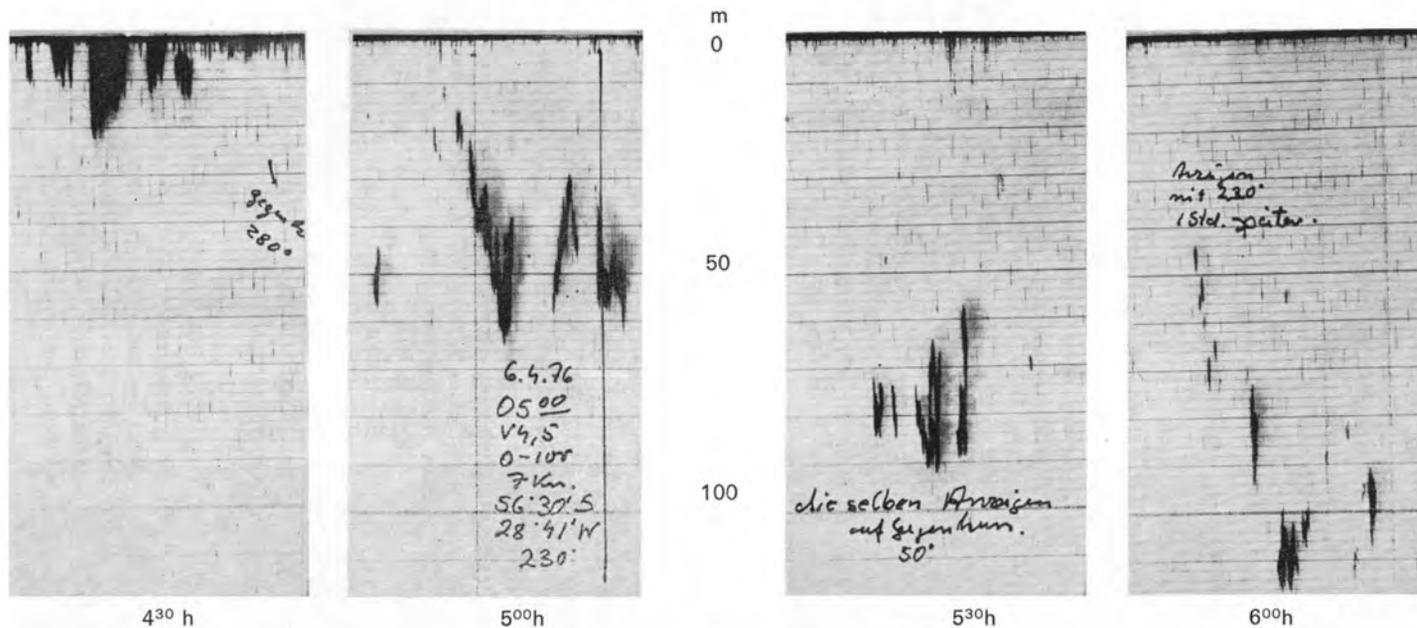


Abb. 46: Dieselbe, wiederholt angelotete Gruppe von Krillschwärmen ist mit beginnender Morgendämmerung in 90 min. um ca. 100 m abgetaucht (200 kHz, 7,0 kn).

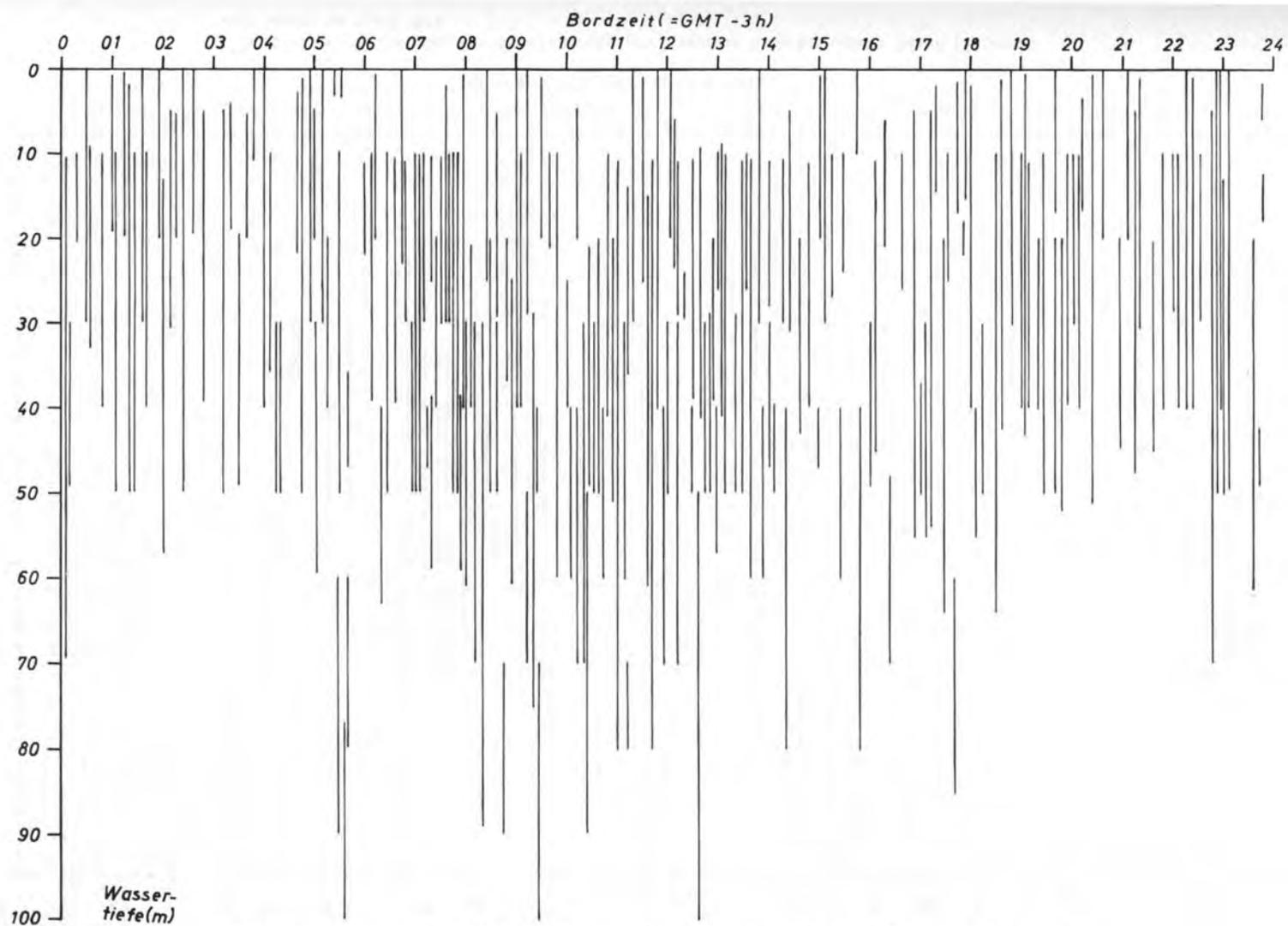


Abb. 47: Aufenthalts-Tiefe der Krill-Konzentrationen zu den verschiedenen Tageszeiten während der gesamten Fangsaison von November 1975 bis Mai 1976.

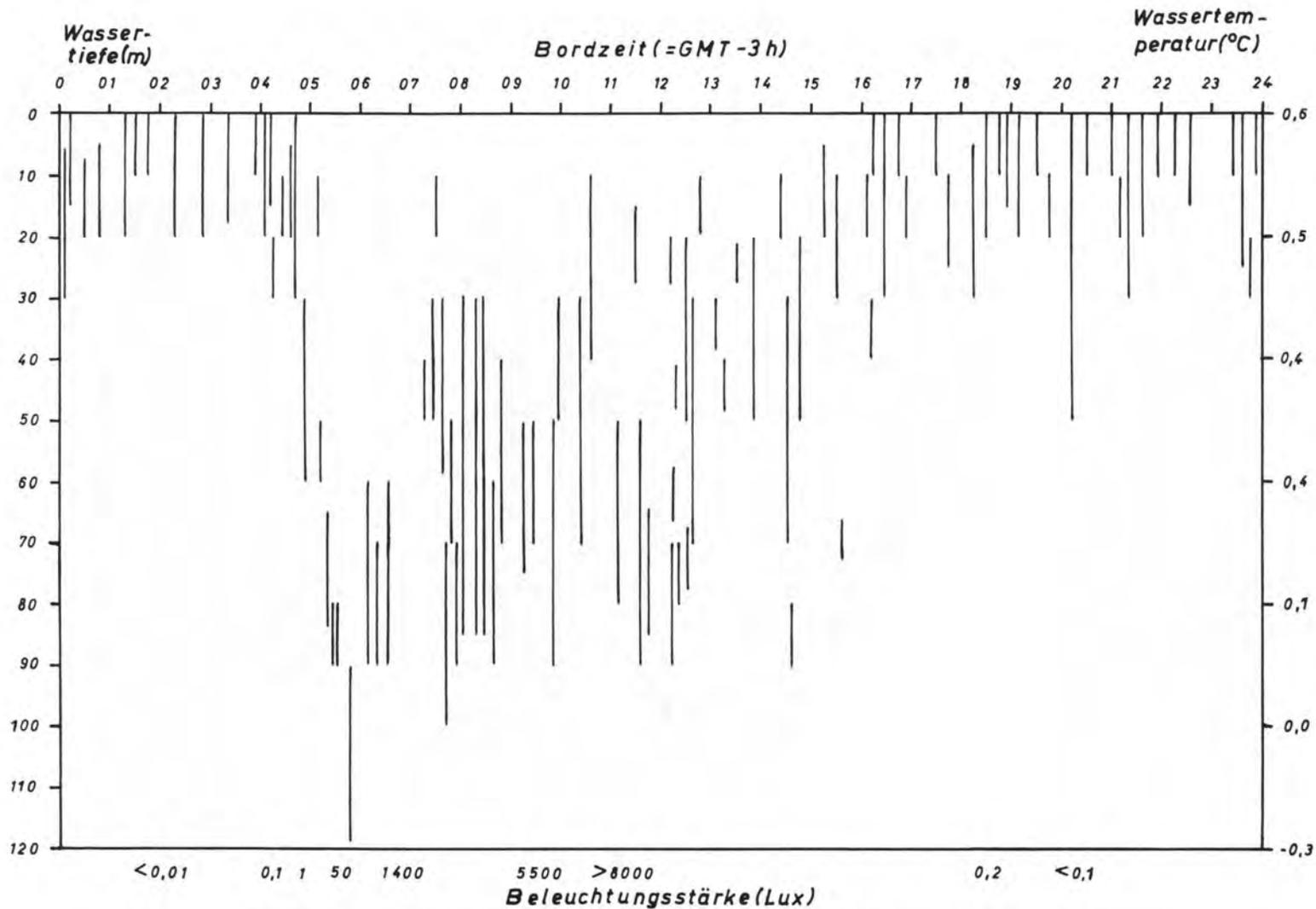


Abb. 48: Tages-rhythmische Vertikalwanderung von juvenilem Krill bei Leskov Island (S. Sandwich Inseln) im April 1976.

(c) Reaktionen auf Schiff und Netz

In seiner Krill-Monographie berichtet MARR (1962), daß *E. superba* gegenüber einem Boot einen Abstand von etwa einem Meter hält und auch den Netzen mit Erfolg auszuweichen versteht. Allerdings bezieht er sich nur auf kleinere Planktonnetze. Sowjetische Beobachter machten demgegenüber unter kommerziellen Fangbedingungen die Erfahrung, daß Krill auf ein treibendes Schiff überhaupt nicht (STASENKO 1967), auf ein schleppendes nur geringfügig reagiert (PAVLOV 1969). Nach BURUKOVSKI (1967) versucht Krill niemals, gezielt dem Schleppnetz auszuweichen. Nach PAVLOV (1969) macht sich nur gegenüber kleineren Schleppnetzen eine gewisse Ausweichreaktion bemerkbar.

Während der deutschen Fangversuche konnte auch bei wiederholtem Überfahren der Schwärme keine eindeutige Reaktion festgestellt werden. Über Reaktionen auf das Netz sind aus zwei Gründen keine sicheren Aussagen möglich: Einerseits waren die eingesetzten Netzsonden für die Anzeige von Krill wegen der zu niedrigen Frequenz (30 kHz) wenig geeignet, und andererseits spielte sich die Fischerei meist so dicht unter der Oberfläche ab, daß die Luftblasen des Schraubenwassers alle sonstigen Anzeigen maskierten.

Nur bei sehr dichten Schwärmen konnte der Krill gelegentlich in der Lupenanzeige (Kathodenstrahlröhre) der Netzsonde erkannt werden, und unter diesen Umständen war kein Abstandhalten vor dem Netz bzw. den Randleinen erkennbar. Auch die Fangerfolge sprachen dafür, daß der Krill nicht über die Fähigkeiten verfügt, einem größeren pelagischen Trawl in nennenswerter Weise auszuweichen.

D. Literatur

- BURUKOVSKIJ, R. N.: Nekotorye voprosy biologii antarktičeskogo kril'ja (*E. superba*) iz jugo-zapadnogo rajona morja Skotija (Einige biologische Probleme beim Antarktischen Krill (*E. superba*) in der süd-westlichen Scotia-See). In: Sammelband „Antarktičeskij kril“ Kaliningrad 1967, 92 S.
- MACKINTOSH, N. A.: The swarming of krill and problems of estimating the standing stock. SCAR/SCOR/IAPO/INBS-Symposium on Antarctic Oceanography. Santiago, Chile, 13—16 September 1966, published by the Scott Polar Research Institute, 259—260, 1968.
- MARR, J. W. S.: The natural history and geography of the Antarctic krill (*Euphausia superba* Dana). Discovery Rep. 32: 33—464, 1962.
- PAVLOV, V. Ja.: Pitanie krilja i nekotorye osobennosti ego povedenija (Die Nahrungsaufnahme des Krills und einige Besonderheiten seines Verhaltens). Trudy VNIRO 66: 207—222, 1969.
- PAVLOV, V. Ja.: O karaktere svjazi meždju pitaniem i nekotorymi osobennostjami povedenija *Euphausia superba* Dana (Über die Beziehungen zwischen der Nahrungsaufnahme und einigen Besonderheiten im Verhalten von *Euphausia superba* Dana) Trudy VNIRO 99 (6): 104—116, 1974.
- RAGULIN, A. G.: Podvodnye nabljudenija za kriljem (Unterwasserbeobachtungen an Krill). Trudy VNIRO 66: 231—234, 1969.
- ŠEVCOV, V. V.; MAKAROV, R. R.: K biologii Antarktičeskogo krilja (Zur Biologie des antarktischen Krills). Trudy VNIRO 66: 177—206, 1969.
- STASENKO, V. D.: Opređenje racional'nych sposobov lova krilja i promyslovoj effektivnosti vybrannyh orudij lova (Entwicklung rationaler Fangmethoden für Krill und Kalkulation der Effektivität von Fanggeräten. In: Sammelband „Antarktičeskij Kril“, Kaliningrad 1967, 92 S.
- SUST, K. V.: Vizual'nye nabljudenija za krilem s borta naučno-promyslovogo sudna „Akademik Knipovič“. (Visuelle Beobachtungen an Krill von Bord des Forschungs- und Fangschiffes „Akademik Knipovič“ aus). Trudy VNIRO 66: 223—230, 1969.

6.3 Verarbeitung und Produktentwicklung

von O. CHRISTIANS, W. FLECHTENMACHER, H. PAPAJEWSKI, N. ROSCHKE
und W. SCHREIBER

Institut für Biochemie und Technologie, Hamburg

Processing and Products Development

The storage of krill before processing has main importance for the quality of the products. Keeping the krill in cold sea water or sprinkling it with sea water proved to be much better than dry storage.

For the production of cooked minced meat the krill was heated to 95 °C in fresh or in sea water or it was either steamed. The meat was then separated from the shells in a bone separator with a yield ranging from 85 to 88 %.

For producing a coagulate raw minced meat was obtained in an analogous manner and heated to the desired temperature by admixing live steam in a plasma coagulator. Obtaining the body content of the krill in a hydraulic press proved to be not useful; the yields didn't exceed 35 % with a lot of the protein remaining with the shells.

An expansion peeling of cooked krill by applying vacuum was not successful, peeling by hand wasn't manageable either.

Cooked minced krill seems to be the best starting product for various kinds of dishes and convenience foods.

Surplus amounts of krill could be processed into meal for feed. The average content of this meal in protein was 52%, in fat 17% and in water 6%.

From the various species caught *Notothenia rossi marmorata*, *Dissostichus eleginoides* and *Micromesistius australis* could be filleted by machine in contrary to fishes with white blood and other species, whose shape and anatomy differed too much. The meat of *Micromesistius australis* was heavily infested with parasites.

Notothenia rossi marmorata has been marketed on a semicommercial basis and has been well accepted by the consumers.

Der Zielsetzung des Gesamtunternehmens entsprechend waren die Eignung sowohl von antarktischen Fischen für eine möglichst konventionelle Verarbeitung zu marktüblichen Produkten zu untersuchen, als auch die Möglichkeiten, aus dem antarktischen Krill Nahrungsmittel für den Verzehr durch den Menschen herzustellen.

6.3.1 Untersuchungen an Krill

Die Verarbeitung von Krill zu einem Nahrungsmittel erfordert — anders als bei den antarktischen Fischen — das Begehen von in der Fischverarbeitung bisher nicht üblichen Wegen, sowohl hinsichtlich der anzuvisierenden Produkte als auch der anzuwendenden Verfahren.

Noch vor Kenntnis des Materials war aufgrund einer hypothetischen Abschätzung von Marktchancen eine Hierarchie von Produktarten aufgestellt worden, an Hand derer aus der Vielzahl denkbarer Verfahren die erfolgversprechenden Möglichkeiten ausgewählt wurden. An erster Stelle stand hierbei strukturmäßig naturbelassenes, rohes oder gegartes Krillfleisch, an zweiter Stelle kamen Fleischpasten und Suppenkonzentrate und an dritter Proteinkonzentrate in trockener Form, die mit entsprechenden Konzentraten aus Fischfleisch vergleichbar wären. Die Gewinnung von Futtermehl stand in dieser konkurrierenden Betrachtungsweise für uns an letzter Stelle der Hierarchie, es war aber klar, daß sie neben den anderen Möglich-

keiten immer ihren Platz zur Verarbeitung von Überschussmengen oder von Fängen haben würde, die sich für die Verarbeitung zu Nahrungsmitteln nicht eignen würden.

Eine Übersicht über die letztlich erprobten Verarbeitungsverfahren gibt die Abb. 49.

Vorlagerung

Die Art der Vorlagerung war für jede Art der Verarbeitung zu untersuchen: Verglichen wurde Lagerung in Trockenschüttung gegen Lagerung in berieselter Schicht und gegen schwimmende Lagerung in Seewasser. Unsere Beobachtungen bei der Trockenlagerung

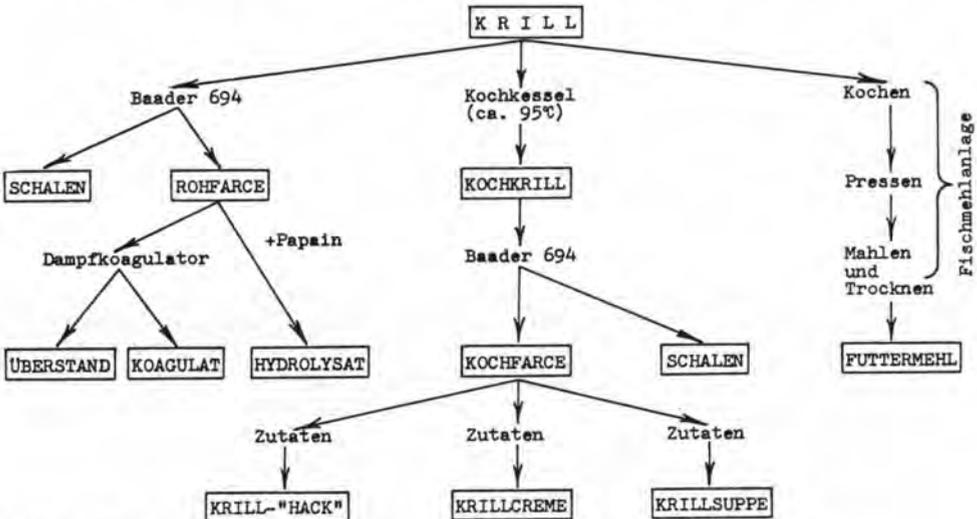


Abb. 49: Verarbeitungslinien für Krill.

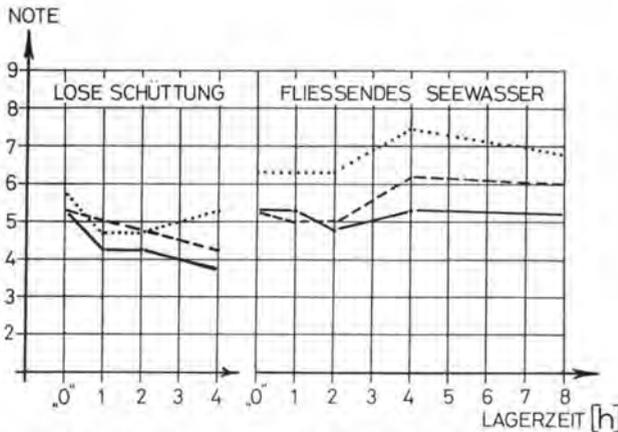


Abb. 50: Bewertung von gegartem Krill nach Vorlagerung in trockener Schüttung (30 cm) und schwimmend in Seewasser (1 bis 2 °C). (Betonung des gegartem Materials nach dem Karlsruher Schema, vgl. Tab. 5.)

... = Aussehen, - - - = Geruch, ————— = Geschmack.

stimmen im wesentlichen mit den Angaben russischer Autoren überein (KRYUCHKOVA u. MAKAROV, 1969), gelegentlich zeigten die Hinterleiber der Tiere einiger Fänge jedoch gleich nach dem Hieven bereits ein milchiges Aussehen bzw. waren nach 2 Stunden Lagerung bei 2—3 °C undurchsichtig geworden. Auch die Absonderung grünen Mageninhaltes begann manchmal bereits kurz nachdem die Tiere an Bord waren. Die Seewasserlagerung erbrachte deutlich bessere Lagerergebnisse, wie die in Abb. 50 aufgetragenen Ergebnisse einer Beobachtungsreihe zeigen (über die absolute Höhe der angegebenen Bewertung soll damit noch nicht entschieden werden).

Die Gehalte an flüchtigen Basen (TVB-Werte) fanden wir mit 11,9—17,4 mg N/100 g im fangfrischen Krill höher als in der Literatur angegeben (KRYUCHKOVA u. MAKAROV, 1969), sie stiegen nach 8 Stunden trockener Lagerung bei 1—4 °C um ca. 10, nach 18 Stunden um ca. 20 mg N/100 g an. Bei Seewasserlagerung werden diese Basen ausgewaschen, wie ein Wert von 7 mg N/100 g nach 25 Stunden zeigte.

Die Lagerung unter Seewasserberieselung gleicht im Einfluß auf die Qualität des Krills weitgehend der schwimmenden Lagerung in Seewasser. Diese beiden Lagerarten sind damit unseres Erachtens der trockenen Lagerung vorzuziehen: Sie ermöglichen eine Ausdehnung des Verarbeitungszeitraumes auf ca. 8 Stunden.

Schälversuche

Das Ziel, Krill in ähnlicher Form wie geschälte Garnelen (*Crangon crangon*) oder auch sein Fleisch wenigstens in stückiger Form zu erhalten, konnten wir nicht erreichen: Die dünne und sehr flexible Schale des Krills ist mit der darunter liegenden Fleischschicht so fest verwachsen, daß selbst ein manuelles Schälen äußerst mühsam ist und zum großen Teil nur zerrissene Körper liefert. Der Versuch, die Schale durch Einbringen der frisch gegarten, noch heißen Tiere in ein Vakuum von ca. 1 Torr durch den sich entwickelten Wasserdampf abzusprennen, blieb ebenfalls erfolglos. Ein Abreiben der Schale gekochter Tiere in sich drehenden Trommeln aus Maschendraht (in dessen Löcher die Borsten außenliegender Bürstenwalzen eingreifen (PEUSS, 1958), gelang zwar, jedoch wurde auch hier die unter der Schale liegende Fleischschicht mit entfernt, und nur ein dünner, stiftartiger Mittelteil des Hinterkörpers blieb übrig.

Garen

Zum Garen von ganzem Krill in Wasser wurde ein Kessel mit nicht bewegten, gelochten Einsatzkörben verwendet, die zu dritt aufeinandergelegt wurden und mit einem ebenfalls gelochten Deckel verschlossen waren. Die Schichthöhe lag bei 7 cm. Zur Ermittlung der nötigen Erhitzungszeit wurden zunächst einzelne Tiere im Becherglas in Seewasser gekocht, wobei die in Tabelle 4 angeführten Beobachtungen eine Mindesterhitzungszeit von 2 Minuten als nötig erscheinen ließen. Beim Garen in größeren Mengen im Kochkessel wurde Wasser von 92—98 °C verwendet, um die Schaum- und Wrasenbildung

Tabelle 4 Garen von ganzem Krill in siedendem Seewasser

Zeit	Beobachtungen
30 Sekunden	unter dem Panzer liegende Schicht opak und fest, Inneres noch gallertig-flüssig und durchscheinend
1 Minute	der ganze Körperinhalt ist undurchsichtig-weiß, aber noch sehr weich, teilweise pastös
2 Minuten	auch der innere Kern ist gar, teilweise griesig in der Struktur

geringer zu halten. Dadurch und durch die Schichtdicke des Materials entsprach eine 3minütige Erhitzung im Effekt dem 2minütigen Kochen im Becherglas. Eine längere Erhitzungszeit von 5 Minuten war noch nicht abträglich, während bei 8minütigem Erhitzen sich ein brandig-penetranter Nebengeschmack bemerkbar machte.

Tabelle 5 Qualitative Bewertung von gegartem, ganzem Krill bei mehrfacher Wiederverwendung des benutzten Seewassers (je Charge ca. 15 kg Krill in ca. 200 l Seewasser, Garzeit 3 Minuten, Gartemperatur ca. 95 °C, Beurteilung nach 10 monatiger Lagerung bei - 30 °C, Benotung nach Karlsruher Schema: 9 = vorzüglich, 1 = sehr schlecht, 4 Bewerter, „Gesamteindruck“: subjektive Bewertung durch den einzelnen Prüfer).

Anzahl der Kochungen	Benotung				
	Farbe und Äußeres	Geruch	Geschmack	Gesamteindruck	
1	8,0	5,0	5,5	5,8	
6	7,5	5,0	5,0	5,3	
9	7,5	4,5	4,8	5,0	
12	7,0	4,5	4,8	5,0	
15	6,8	4,0	4,5	4,5	

Bei mehrfacher Verwendung des Kochwassers wurde ein allgemeiner Qualitätsabfall des erhaltenen „Kochkrills“ (Tabelle 5) beobachtet: Die sonst — auf weißem Untergrund — hell bis leuchtend rot gefärbten Tiere werden von teils grünlich gefärbten Eiweißabscheidungen überzogen, der zunächst aromatische Geruch bekommt eine muffige, etwa brandige Note; der Geschmack verändert sich von süß-aromatisch ebenfalls in muffiger, brenzlicher Richtung, und das Kochwasser nimmt dabei einen eklig-süßlichen Geruch an. Ein Wechsel des Kochwassers nach spätestens 6 Garungen muß dementsprechend empfohlen werden. Die alternative Verwendung von Süßwasser ggf. unter Zusatz von Kochsalz wurde ebenfalls erprobt, wobei hier nicht der gegarte Krill als solcher, sondern aus ihm hergestellte Farce bewertet wurde. Wie Tabelle 6 zeigt, ist ein wesentlicher Unterschied in der Benotung nicht mit Sicherheit festzustellen, auch wenn der in Süßwasser gekochte Krill teils wertmäßig als „fade“ und „ausdruckslos“ beschrieben wurde. Die Ursache hierfür liegt primär im niedrigeren Salzgehalt (Tabelle 7).

Schließlich wurde das Garen von ganzem Krill auch in Satttdampf, d. h. in geschlossenem Dampfraum über siedendem Seewasser bei Atmosphärendruck, untersucht. Als günstigste Garungszeit wurden 5 Minuten gefunden, wobei die Schichtdicke nicht mehr als

Tabelle 6 Qualitative Bewertung von Kochkrillfarce in Abhängigkeit von der Garmethode (Dämpfzeit: 5 Minuten, ca. 1 cm Schichthöhe, sonstige Bedingungen vgl. Tab. 5; erste Zahl: Benotung an Bord am 26. bzw. 27. 3. 1976, zweite Zahl: Benotung am 28. 1. 1977 nach Lagerung bei - 30 °C, 5 Bewerter)

	Benotung				
	Farbe und Äußeres	Geruch	Geschmack	Konsistenz	Gesamteindruck
Süßwasser	5,8/7,4	6,3/6,2	4,3/5,8	5,0/4,4	-/5,0
Süßwasser mit 1% NaCl	5,8/6,8	6,7/6,0	5,8/5,8	5,0/4,6	-/5,4
Seewasser	5,8/6,8	6,7/6,0	4,3/4,6	5,0/4,8	-/5,2
Dämpfung	6,7/6,7	6,1/5,7	6,2/5,7	6,0/5,3	-/5,4

etwa 2 cm betragen sollte, um ausreichendes Durchgaren zu erlangen. Farce aus Dämpfkrill ist nach Tabelle 6, wiederum hauptsächlich aufgrund des Salzgehaltes, günstiger bewertet worden als aus Krill, der im Wasser gegart wurde (Tabelle 7).

Tabelle 7 Kochsalz-Gehalt von ganzem Krill und Kochkrillfarce in Abhängigkeit von der Garmethode (sonstige Bedingungen vgl. Tab. 5; NaCl berechnet aus einer Titration von Cl⁻)

	NaCl-Gehalt	
	Kochkrill	Kochkrillfarce
Süßwasser	0,75	0,66
Süßwasser mit 1% NaCl	1,10	1,21
Seewasser	2,23	2,38
Dämpfkrill	1,28	1,33

Abkühlen und Tiefgefrieren

Zum Abkühlen wurde der auf Lochsieben ausgebreitete Krill in einen Strom von angesaugter Außenluft (ca. 5 °C) in einen Lüfterschrank gebracht, in dem die Luft senkrecht auf die Lochsiebe geblasen wurde. Die Abkühlung z. B. einer etwa 2 cm dicken Dämpfkrillschicht von Garungstemperatur auf ca. 8 °C (7,5; 7,0; 6,5 6,5 °C) dauerte etwa 5 min (10; 15; 20; 25 min). Der Gewichtsverlust machte dabei, bezogen auf ungegarten Rohkrill, ca. 4 % (5; 6; 8; 9 %) aus; die vorübergehende Gewichtszunahme beim Dämpfprozeß durch Wasserdampfkondensation betrug ca. 4 %.

Dieses chargenweise Abkühlen hat sich aus Gründen des notwendigen Manipulationsaufwandes und der eingeschränkten Durchsatzleistung als nicht zweckmäßig erwiesen, so daß für weitere Arbeiten eine andere Lösung gesucht werden sollte.

Zum Tiefgefrieren des Krills kamen Horizontalplatten- und Vertikalplattengefrierapparate konventioneller Bauweise und handelsübliche Verpackungen aus wachskaschierem Karton zum Einsatz. Ein mit Luft arbeitender Gefrietunnel wurde ferner auf FFS „Walther Herwig“ zum Einfrieren von Versuchs- und Analysenmustern benutzt. Bei der Aufarbeitung des tiefgefrorenen Versuchsgutes war ein häufiges Sortieren und Umlagern erforderlich, wofür sich die nicht geklebten, sondern nur gesteckten Verschlüsse der Wachskarton-Verpackungen als nicht widerstandsfähig genug erwiesen: eingerissene Verpackungen führten dann im Laufe der Gefrierlagerung an exponierten Produktoberflächen zu Gefrierbrand und Autoxydation. Der konventionelle Einsatz der Plattengefrierapparate führte durch das Anpressen der Gefrierplatten bzw. der oberen Preßleisten beim Vertikalplattengefrierapparat an ganzen Krill (insbesondere rohen Krill) zur Beschädigung der druckempfindlichen Tiere. Als spätere Folge dieser Beschädigungen setzt beim Auftauen von tiefgefrorenem, rohem Krill ein verstärkter enzymatischer Abbau ein, der den Qualitätsabfall beschleunigt. Für die übrigen Produkte ist jedoch Kontaktgefrieren ohne weitere Probleme gut einsetzbar.

Auftauen von tiefgefrorenem, rohem Ganzkrill

Das Auftauen erwies sich bei Auftauversuchen im Wasserbad von 2÷10 °C bei langsamen Strömungsbewegungen sowie im Dampfraum bei 40÷45 °C (über höher temperiertem Wasser von 60÷80 °C) als problematisch: Die vor dem Gefrieren bereits einsetzenden Abbauvorgänge setzen sich bei Abtauen fort, beschleunigt durch die vorstehend genannten Vorgänge.

Die Erwärmungsgeschwindigkeit war bei jedem dieser Auftauverfahren zu Beginn am größten und nahm mit der Auftaudauer, d. h. mit zunehmendem Auftauen der Guts-oberfläche, aufgrund der vergleichsweise niedrigen Wärmeleitfähigkeit von Wasser gegenüber der von Eis ab. Im Wasserbad ist die Erwärmungsgeschwindigkeit zu Beginn größer als im Wrasendampf, weil hier anfängliche Reifbildung auf der Guts-oberfläche den Kondensationseffekt herabsetzt. Nach Verschwinden des Reifbelages ist die Erwärmungsgeschwindigkeit im Wrasendampf größer als im Wasserbad. Wrasendampf von 40 °C erwies sich vergleichsweise als am günstigsten.

Bei Auftauzeiten von 60—120 Minuten wurden im Kern von 60 mm dicken tiefgefrorenen Rohkrillblöcken, die bei $-18/-20$ °C bzw. $-28/-30$ °C entnommen worden waren, Temperaturen von -4 bis -5 °C erreicht. In diesem Zustand lassen sich die relativ locker gewordenen Blöcke mit gewissem mechanischen Aufwand zerteilen, wodurch allerdings mit weiteren Beschädigungen von Tieren zu rechnen ist. Das Auftauen von in loser Schüttung tiefgefrorenen Rohkrillblöcken, bei denen die Hohlräume mit Seewasser aufgefüllt sind, besitzt gegenüber einem ohne Seewasseranteil gefrorenen Produkt den Vorteil, daß bereits vor Erreichen des Produktschmelzpunktes das Seewassereis bröckelig wird und ein vorzeitiges Auseinanderfallen des Blockes bewirkt.

Gewinnen des Körperinhaltes als Farce

Nach dem Scheitern der Schälversuche wurde das Auspressen von Rohkrill in einer hydraulischen Presse versucht: selbst bei Drücken von 200 bar wurde jedoch nur eine Ausbeute von ca. 35 Gew.-% Preßsaft erhalten. Aufgrund dieser geringen, mit Literaturangaben übereinstimmenden Ausbeute (Крышкова, 1970) an einem Preßsaft, der mit dem flüssigen Inhalt des Verdauungstraktes angereichert ist, wogegen Muskeleiweiß offensichtlich mehr im Rückstand verbleibt, wurde dieses Verfahren nicht weiter bearbeitet.

In Ausbeuten von 85—88 % wurde dagegen sowohl aus rohem als auch gegartem Krill durch Verwendung des Grätenseparators Baades 694 mit einer Siebtrommel von 1,3 mm Lochdurchmesser eine Farce, neben ca. 7—10 % einer Schalenfraktion erhalten (alle Zahlen als Gew.-% feuchte Masse bezogen auf ganzen Krill). Diese Farcen enthalten zwar nach den chemischen Analysen noch einen ansehnlichen Teil ursprünglich insgesamt vorhandenen Chitins, jedoch in einer Form, die sensorisch nicht wahrnehmbar ist: Vermutlich werden die den Leib umschließenden Ringsegmente vom Separator abgetrennt, während Beine und Antennen zerbrochen werden und in die Farce gelangen.

Der Einsatz einer Dekantierzentrifuge zur weiteren Schalenabtrennung aus der Rohfarce erbrachte keine wesentliche Verringerung des Schalengehaltes. Auch das Verstopfen der Steigekänäle und Ventile einer Tellerzentrifuge (Separator) ist wohl auf diese restlichen, in der Farce vorhandenen Teile des Exoskeletts zurückzuführen.

Eine Aussiebung und damit Anreicherung von Fleishteilchen aus der Rohkrillfarce wurde mit einem Vibrationssieb versucht. Aus einer Mischung von 1 Teil Rohkrillfarce und 1 Teil 1 % Meeressalze enthaltendem Wasser (erhalten aus 1 Teil Seewasser und 2,5 Teilen Süßwasser) ließ sich mit einem Vibrationssieb (Siebbelag 0,5 mm Quadratmasche, Antriebsdrehzahl des Schwingungserregers 1450 min^{-1}) eine gegenüber der dunkelrot-lilafarbenen Rohkrillfarce stark aufgehellte Fraktion in einer Ausbeute von 39 % gewinnen, bezogen auf den Rohfarceanteil in der Mischung. Die vergleichende Prüfung dieser Fraktion gegenüber Rohkrill- oder Kochkrillfarce nach Zubereitung zu Fleischfüllungen oder Suppen ergab jedoch keine Argumente für eine Verwendung dieses Verfahrens (Tabelle 8).

Tabelle 8 Vergleichende Bewertung einer aus Rohkrillfarce ausgesiebten Fleischfraktion gegenüber Rohkrill- und Kochkrillfarce (Herstellungsbedingungen siehe Abb. 49, S. 81, Rezepte für die Gerichte siehe l. c. CHRISTIANS, LEINEMANN 1976, Benotung siehe Tab. 5; 5 Prüfer)

	Benotung – Suppe				Benotung – Omelett				
	Farbe und Äußeres	Geruch	Geschmack	Gesamturteil	Farbe und Äußeres	Geruch	Geschmack	Konsistenz	Gesamturteil
Teilchenfraktion	7,4	7,4	6,0	5,8	8,2	5,4	4,4	3,6	3,8
Rohkrillfarce	7,0	6,8	5,4	6,2	6,4	5,4	3,6	4,6	3,8
Kochkrillfarce	—	—	—	—	6,2	5,4	5,4	4,4	5,0

Tabelle 9 Vergleichende Bewertung einer Aufstrichpaste sowie einer Suppe aus Koagulat bzw. Kochkrillfarce (Koagulationstemperatur 75 °C/Aufstrich, bzw. 81 ÷ 83 °C/Suppe, (Rezepte siehe l. c. CHRISTIANS, LEINEMANN 1976, Benotung siehe Tab. 5, 4 Prüfer)

	Benotung							
	Suppe				Aufstrich			
	Farbe	Geruch	Geschmack	Gesamteindruck	Farbe und Äußeres	Geruch	Geschmack	Gesamteindruck
Koagulat	6,0	4,3	3,0	4,8	6,3	5,0	4,8	4,8
Kochkrillfarce	6,8	6,3	6,0	6,0	7,0	5,8	6,5	6,5

Koagulation

Das von russischen Autoren für Preßsaft beschriebene Verfahren der Koagulation des Eiweißes durch Einleiten von Dampf (TERENTEV, LAREVA, 1972), wurde unter Verwendung der mit dem Grätenseparator gewonnenen Rohkrillfarce und eines Plasma-Koagulators erprobt. Dieser Koagulator besteht aus einem Teflon-Rohr mit einer größeren Zahl radialer Bohrungen, die mit Dampf beschickt werden. Durch das Teflon-Rohr gepumpte Rohfarce wird durch die hohe Kondensationsenthalpie des eindringenden Wasserdampfes sehr rasch auf eine bis 100 °C einstellbare Temperatur erhitzt, wobei das enthaltene Eiweiß koaguliert und dabei andere Inhaltsstoffe einschließt. Das Koagulat fiel je nach Temperatur in Konsistenz und Farbe verschieden an: bei 75 °C als beige, bräunlich-rot gefärbte Masse, bei 82—84 °C als weiche, zerfallende Klöße neben einer gelblichen Flüssigkeit, bei 92—96 °C als härtere, rötlich-braune Brocken (Konsistenz und Farbe der letzten ähnelt dem Inneren von Frikadellen). Die Ausbeute lag bei 80 °C bei 68 % des Gewichtes der Rohfarce bzw. bei 58 % des Gewichtes des rohen Krill — sehr viel höher also als bei dem von den russischen Autoren eingeschlagenen Weg über Preßsaft.

Im Geschmack macht sich eine süßliche, häufig auch etwas an angesetzte Sauce erinnernde Komponente bemerkbar. Die vergleichende Bewertung von Produkten aus Koagulat gegenüber Produkten aus Kochkrillfarce ließ daher auch eine Verfolgung dieser Arbeitsrichtung als nicht sehr aussichtsreich erscheinen (Tabelle 9). Auf einige weitere Versuche zur Verarbeitung von Krill durch z. B. Proteolyse, zur Entfernung des Inhaltes des Verdauungstraktes, zur Verarbeitung von gefrorenem Krill u. a. m. sei hier hingewiesen (vgl. l. c. Jber. BML, 1976).

Weiterverarbeitung zu esfertigen Gerichten

Rohkrillfarce ist eine in Farbe und Konsistenz lebhaft an Tomaten-Ketchup erinnernde, gallertartige Flüssigkeit, während Kochkrillfarce im Erscheinungsbild einer größeren Leberwurst gleicht (helle und dunklere, millimetergroße Teilchen), in der Konsistenz breiig bis quarkähnlich ist und krebsartig-süß, im Anklang etwas nach Leber, schmeckt.

Beim Versuch der Zubereitung von Gerichten konnten zwar aus Rohkrillfarce z. B. Frikadellen guter Konsistenz hergestellt werden, stets jedoch war ein unangenehm brenzlig-süßlicher Geschmack und Geruch nicht zu vermeiden. Kochkrillfarce konnte dagegen zu einer Reihe von Gerichten verarbeitet werden, die von Suppen über Saucen und Cremes bis zu Fleischfüllungen für Pasteten oder Frühlingröllchen reichten (CHRISTIANS, LEINEMANN, 1976).

Während die Ausarbeitung von Gerichten, die keines Kochprozesses bedurften, dabei verhältnismäßig problemlos war, verursachte die Ausarbeitung warmer Gerichte einige Schwierigkeiten, da bei Koch-, Brat-, Dünst- oder Backprozessen der ursprünglich reine, aromatische Geschmack des Krills überlagert wurde von bitteren bis laugigen Noten, die im Grenzfall bis zur Genußuntauglichkeit führen konnten. Durch Teig- oder Fischumhüllungen der aufbereiteten Krillfarce wurden Möglichkeiten gefunden, diese durch eine zu starke Erhitzung bedingten Geschmacksveränderungen zu vermeiden. Durch Beimischen von Fisch, Speck und Molkereiprodukten sowie Kräutern und Gewürzen konnten die verschiedensten Geschmacksrichtungen erzielt werden. Es war somit möglich, den Gerichten neue und krillfremde Geschmackskomponenten zu verleihen. Bei in größerem Rahmen durchgeführten Testessen sowie auf Ausstellungen erfuhren die vorgestellten Gerichte eine gute bis ausgezeichnete Beurteilung. Bei der Entwicklung aller dieser Rezepte wurde darauf geachtet, daß diese einen hohen Krillanteil (bis zu 70 %) aufwiesen.

Diesen Erfahrungen entsprechend, ist Krill als Kochfarce beim heutigen Wissensstand vor allem geeignet zur Herstellung von tiefgefrorenen Fertigerzeugnissen, die zur Zubereitung nur angewärmt zu werden brauchen. Hier kann er als hochwertiges Eiweißnahrungsmittel (Christians et al., 1977) einen wertvollen Rohstoff darstellen.

Haltbarkeit von Krillfarcen

Die Haltbarkeit von Rohfarce als auch von Kochfarce wurde durch sensorische Prüfungen in regelmäßigem Abstand nachgeprüft. Verwendet wurden hierfür Originalbinde, die bei -30°C lagerten. Die Rohfarce wurde hierfür als in Öl gebratenes Portionsstück getestet, die Kochkrillfarce im Naturzustand. Wie die Abb. 51 erkennen läßt, unterschreitet die Rohkrillfarce bereits nach ca. 5monatiger Lagerzeit die Genußtauglichkeitsgrenze, während überraschenderweise die Kochfarce diese erst nach einem dreiviertel Jahr erreicht, nach einem halben Jahr weist sie aber bereits zunehmend eine strohig-trockene Konsistenz und einen fischigen Beigeschmack auf.

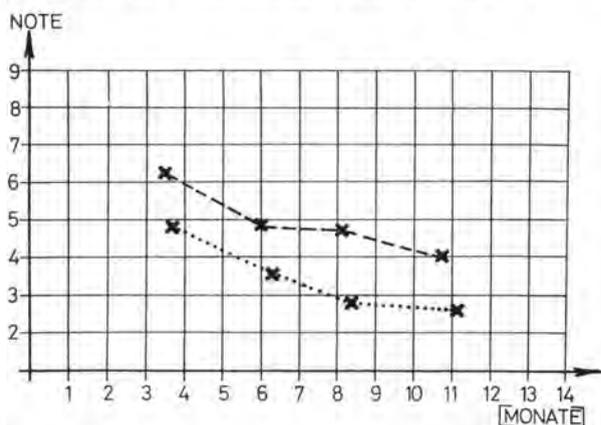


Abb. 51: Haltbarkeit von Krillfarcen

(Ordinate: Noten nach Karlsruher Schema, vgl. Tab. 5; Abszisse: Monate Lagerdauer bei -30°C nach dem Fang.

x — — — x = Kochfarce vom 17. 4. 1976, x . . . x = Rohfarce vom 13. 4. 1976).

Herstellung von Futtermehl

Eine ausschließliche Verarbeitung des Krills zu Krillmehl und dessen anschließende Verfütterung erscheint in Anbetracht eines Nutzungsgrades von nur 10 bis 20 % für die menschliche Ernährung auf den ersten Blick nicht lohnend zu sein. Ob in der Aquakultur eine bessere Möglichkeit zur Verwertung von Krill für Fütterungszwecke zu finden ist, muß noch geprüft werden. Die Verarbeitung von nicht verwertbaren Fängen zu Krillmehl mußte jedoch als Nebenaufgabe untersucht werden.

An Bord wurde das Krillmehl in einer vorhandenen konventionellen Fischmehlanlage im wesentlichen durch Kochung bei einer Temperatur von $90 \div 95^{\circ}\text{C}$ mit nachfolgendem Abpressen, Trocknen und Vermahlen gewonnen. Die Ausbeute betrug ohne Aufarbeitung des Presswassers ca. 13 %, sie sank bei längerer Vorlagerung auf 11—12 % ab. Bei späteren Analysen verschiedener Krillmehlchargen wurden folgende Werte gefunden:

Eiweiß	51,7 % (Mittel); 47,3—62,6 % (Extreme)
Fett	17,1 % (Mittel); 8,6—25,2 % (Extreme)
Wasser	6,1 % (Mittel); 1,0—10,9 % (Extreme)

Die Abscheidung des Öls in das Preßwasser gelang kaum, woraus sich der hohe Fettgehalt des Mehles erklärt. Dieser und die Feinheit des anfallenden Mehles haben sicher dazu beigetragen, daß eine Reihe von Selbsterhitzungen abgefüllter Säcke beobachtet wurden.

Eine gewonnene Probe Krillöl wurde von einschlägigen Firmen der Fettverarbeitung als gut geeignet für Nahrungszwecke beurteilt.

Verwertung der Schalen

Die Umwandlung von Chitin in Chitosan durch partielle Entacetylierung mit NaOH ist bekannt, das anfallende Chitosan kann als Quellungsmittel, Flockungshilfsmittel u. a. m. benutzt werden (BOUGH, 1976). Ob diese Verwendungsarten kommerziell interessant werden, ist eine Frage der Preis- als auch der legislativen Entwicklung bei synthetischen Polymeren, die heute noch nicht abzusehen ist.

Marktchancen von Krillprodukten

Eine unmittelbare Einführung von krillhaltigen Erzeugnissen in bestehende Vertriebswege scheint — mit Ausnahme von Suppen und vielleicht der tiefgefrorenen Fertiggerichte — beim heutigen Entwicklungsstande nicht möglich zu sein. Die bisher untersuchten Verarbeitungsarten schöpfen aber mit Sicherheit nicht die Zahl aller Möglichkeiten vollständig aus: Wege wie semi-moist-Produkte oder die Aufbereitung von Krill zu einem Eiweißkonzentrat sind hier z. B. zu nennende weitere Verarbeitungswege, deren Marktchancen ebenfalls von der allgemeinen Versorgungslage und deren Indikator, dem Preis für ähnliche Produkte, bestimmt werden. Wieweit hier ein weltweiter Mangel an Nahrungsmitteln auch auf unseren Markt durchschlagen wird, ist schwer abzuschätzen — eine technologische Entwicklung, wie die hier geschilderte, muß aufgrund der für ihren Abschluß erforderlichen Zeitspannen in jedem Fall zeitlich weit vor dem Eintreten einer Verknappungssituation einsetzen.

6.3.2 Untersuchungen an Fischen

Maschinelle Verarbeitung

Von 10 hauptsächlich gefangenen Arten eignen sich nicht alle für eine maschinelle Verarbeitung zu Filets, größtenteils wegen ihrer abweichenden anatomischen Formen (verhältnismäßig großer Kopf, dünner, langer Körper). Bedingt durch den Einsatz der Schiffe und die resultierenden Fänge wurden maschinelle Verarbeitungsversuche nur auf dem FMS „Weser“ unternommen, wofür die Keilschnittköpfmaschine Baader 419, die Weißfisch-Filetiermaschinen Baader 38, 99 und 338, die Rotbarsch-Filetiermaschine Baader 150, die Heringsfiletiermaschine Baader 33 und die Enthäutungsmaschine Baader 47 zur Verfügung standen.

In größeren Mengen wurde *Notothenia rossi marmorata* (Antarktischer Marmorbarsch) (50—61 cm, 1600—3000 g, Extremwerte 79 cm und 6800 g) filetiert, wofür die Baader 338 mit veränderter Messer- und Schwanzklammer-Einstellung verwendet wurde. Die Baader 150 führte dagegen die beiden Schnitte beim Köpfen unsymmetrisch aus, die Fische konnten entsprechend in dieser Maschine nicht richtig geführt werden. Das erhaltene Filet besaß größtenteils einen Fettstreifen, der vor dem Einfrieren manuell abgetrennt wurde. Die Zusammensetzung des Filets dieses Fisches ist in Tabelle 10 wiedergegeben, auffällig ist dabei der nicht allzu hohe Eiweißgehalt.

Tabelle 10 Zusammensetzung der Filets von *N. rossi marmorata* (Methoden: l. c. Roschke, 1976)

	Mittel	Extreme	Anzahl der Werte
Trockensubstanz	25,8%	22,7–30,6	18
Rohprotein (N \times 6,25)	14,9%	13,0–16,4	24
Fett	9,5%	4,5–14,0	24
Asche	1,3%	1,1– 1,5	18
Summe der Stoffwerte inkl. Wassergehalt	99,9%		

Ein kommerziell ebenfalls interessanter Fisch dürfte *Dissostichus eleginoides* sein (40 bis 60 cm, 600–2400 g, Extremwerte 130 cm und 30 kg). Seine Verarbeitung wurde zunächst auf der Baader 99 versucht, er rutschte jedoch wegen seiner abgeflachten Bauchpartie aus der Führung und kam so schräg zu den Schneidevorrichtungen. Auf der Baader 338 war dagegen eine Filetierung mit ca. 30 % Ausbeute möglich (enthäutetes Filet).

Eine Verarbeitung der Weißblutfische (*Champscephalus gunnari*, *Chaenocephalus aceratus* und *Pseudochaenichthys georgianus*) wurde auf der Baader 38 versucht, wobei sich jedoch einige Schwierigkeiten ergaben. *Ch. gunnari* und *Ch. aceratus* wurden ebenfalls nicht sicher geführt (Abrutschen vermutlich wegen starker Schleimschicht auf der Haut), die Schwanzklammer mußte schwächer eingestellt werden, ferner war die restlose Beseitigung silbriger Hautreste nicht möglich. *Ps. georgianus* weist mit ca. 32 % den größten Kopfanteil an der Gesamtlänge auf und besitzt ebenfalls eine starke Schleimschicht. Maschinell erzielbare Filetausbeuten konnten bei allen drei Fischen aufgrund der Verarbeitungsschwierigkeiten nicht festgestellt werden.

Notothenia gibberifrons und *Macruronus magellanicus* konnten nicht maschinell verarbeitet werden, der erstgenannte aufgrund seines Weggleitens aus den Einlegeschalen der Baader 38, wodurch als Folge die Schwanzklammer seitlich griff und der Fisch schräg in die Schneidwerkzeuge gezogen wurde. Der letztgenannte Fisch war aufgrund seiner schlanken Körperform (8–10 cm hoch, 5 cm breit, bei 45–72 cm lang) nicht verarbeitbar.

Micromesistius australis (südlicher Blauer Wittling) konnte auf der Baader 38 filetiert werden, er wies aber einen starken Parasitenbefall auf: Die Mehrzahl der Filets war vor allem mit Myxosporidien durchsetzt, deren Proteasen das umgebende Fleisch aufgeweicht hatten.

Vermarktung

Ca. 20 t angelandete Filets von *N. r. marmorata* wurden in Zusammenarbeit mit einer Fischrestaurant-Kette zum einheitlichen Portionspreis von DM 5,20 in ca. 20 deutschen Städten als gebratenes Filet angeboten. Die Resonanz der Verbraucher war positiv, interne Bewertungen ergaben für ohne Würzung gedämpftes Filet die Note 8 (Karlsruher Schema: 9 = vorzüglich, 1 = sehr schlecht). Aufgrund des Fettgehaltes von ca. 10 % sollte die Vermarktung dieses Filets allerdings im Laufe von ca. 6–7 Monaten abgeschlossen sein. Die Verhältnisse liegen hier wie beim Rotbarsch, dem auch das Filet im gegarten Zustand am ehesten ähnelt.

Literatur

- BOUGH, W. A.: Chitosan — a polymer from sea food waste for use in treatment of food processing wastes and activated sludge. *Proc. Biochem.* (1/2): 13—16, 1976.
- CHRISTIANS, O. und LEINEMANN, M.: Krill, eine neue Delikatesse für die Küche? *Inf. Fischw.* 23 (4/5): 139—143, 1976.
- CHRISTIANS, O.; FLECHTENMACHER, W. und SCHREIBER, W.: Neue Nahrungsmittel aus der Antarktis. *Ernährungsumschau* 24 (5): 141—143, 1977.
- KRJUČKOVA, M. J. und MAKAROV, O. E.: Technohimičeskaja karakteristika krilja. (Technochemische Charakteristik des Krills). *Trudy VNIRO* 66: 295—298, 1969.
- KRJUČKOVA, M. J.: Polučenie piščevogo belka iz krilja. (Herstellung von Speiseeiweiß aus Krill). *Ryb. Khoz.* 46 (11): 53—56, 1970.
- PEUSS, W.: Vorrichtung zum Schälen von Krustentieren, insbesondere Krabben. *DBP* 1.022.370, 8.12.54/9.1.58/19.6.58.
- ROSCHKE, N. und SCHREIBER, W.: Analytik von Krill, Krillprodukten und antarktischen Fischen. *Arch. FischWiss.* 28 (2/3): 135—141, 1977.
- SCHREIBER, W.; FLECHTENMACHER, W.; CHRISTIANS, O. und ROSCHKE, N.: Verarbeitung von Krill an Bord. In: *Forschung im Geschäftsbereich des Bundesministers für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten*. *Iber.* 1976, Teil F; 49—55, 1977.
- TERENTEV, A. V. und LAREVA, L. D.: Agregat AKP-VNIRO dlja proizvodstva belkovej pasty iz krilja. (Anlage AKP-VNIRO für die Produktion einer Eiweißpaste aus Krill). *Ryb. Khoz* 48 (9): 67—68, 1972.

7. Ausblick

Auch ein wissenschaftliches Großunternehmen wie die geschilderte Expedition kann zu der Frage nach den lebenden Ressourcen der antarktischen Meere und ihrer ökologisch tragbaren Nutzung nur Teilantworten liefern. Die Expedition hat jedoch einen wesentlichen Beitrag zu den internationalen Bemühungen um die Erforschung der antarktischen Gewässer und ihrer lebenden Schätze geleistet. Die ersten Ergebnisse wurden bereits im Rahmen des Scientific Committee on Antarctic Research (SCAR) diskutiert.

Während dieser Bericht in Druck geht und die Auswertung der 1. Expedition noch im Gange ist, findet bereits die 2. Antarktis-Expedition der Bundesrepublik Deutschland 1977/78 mit FFS „Walther Herwig“ und dem gecharterten FMS „Julius Fock“ statt. Auch sie ist auf die Erforschung und wirtschaftliche Erschließung der lebenden Ressourcen, insbesondere des Krills und der Nutzfische, im atlantischen Sektor der Antarktis und in der Bellingshausen See gerichtet. Natürlich bauen die Arbeiten der 2. Expedition großenteils auf den Erfahrungen und Ergebnissen der 1. Expedition auf und sind eine unmittelbare Fortsetzung und Vertiefung dieser Forschungen. Diesmal nehmen Wissenschaftler aus Argentinien, Australien, Großbritannien und Kanada an der deutschen Unternehmung teil.

Auch die 2. Expedition vereinigt wieder in engster Zusammenarbeit die drei Arbeitsrichtungen Biologie und Umwelt, Ortung und Fangtechnik sowie Verarbeitung und Produktentwicklung. Während die Expedition 1975/76 vor allem der Gewinnung von allgemeinen wissenschaftlichen und technischen Erfahrungen diente, konzentrieren sich die Arbeiten der Expedition 1977/78 stärker auf eine kleinere Anzahl besonders wichtiger und erfolgversprechender Vorhaben. Das Untersuchungsgebiet ist 1977/78 gegenüber 1975/76 räumlich mehr begrenzt worden auf die Gewässer westlich und nordöstlich der Antarktischen Halbinsel, die Scotia See und Südgeorgien bis zu den Süd Sandwich Inseln.

Auf dem Sektor „Biologie und Umwelt“ stehen an Bord des FFS „Walther Herwig“ Detailuntersuchungen über die quantitative Verbreitung des Krills und seiner Brut sowie Abhängigkeit der Verteilung der Krillschwärme von den Umweltfaktoren in einigen eng umgrenzten Seegebieten („Boxen“) im Vordergrund. Die Untersuchungen über die Stellung des Krills im antarktischen Ökosystem (Nahrung und Feinde) werden fortgeführt.

Die Arbeiten auf dem Sektor „Ortung und Fangtechnik“ sind wieder hauptsächlich auf dem Chartertrawler konzentriert, der vornehmlich für die großräumigere Suche nach Krill und Fisch zur Fischerei auf semi-kommerzieller Basis eingesetzt wird. Hier stehen Bemühungen um eine weitere Verbesserung der Krillortung mit Loten und Netzsonden sowie Einsatz verbesserter Schwimmschleppnetze im Vordergrund.

Auf dem Sektor „Verarbeitung und Produktentwicklung“ gehen die weiteren Versuche hauptsächlich in vier Richtungen: Gewinnung und Verarbeitung von Kochfarce, Gewinnung von Krillfleisch durch maschinelle Schälung, Herstellung von sprühgetrocknetem Eiweißpulver und von Krillmehl für Futterzwecke.

Auch die 2. Expedition hat, wie die erste, über die hier berichtet wurde, vier allgemeine Ziele:

- Erschließung neuer Fanggebiete für die deutsche Hochseefischerei,
- Hilfe bei der Schließung der globalen Eiweißlücke,
- Entwicklung von Ortungs-, Fang- und Verarbeitungs-Technologien,
- Mitarbeit bei den internationalen Bemühungen um die wissenschaftliche Basis für eine ökologisch tragbare Nutzung der Nahrungsreserven antarktischer Meere.

8. Literatur

Außer den in vorstehenden Kapiteln aufgeführten Arbeiten erschienen bis Anfang 1978 in direktem Zusammenhang mit der Antarktis-Expedition 1975/76 folgende Veröffentlichungen:

Antarktis-Expedition 1975/76. FFS „Walther Herwig“, FMS „Weser“. Bundesforschungsanstalt für Fischerei Hamburg — Institut für Meereskunde an der Universität Kiel. Hamburg 1975. 14 Bl.

BECK, H.; KOOPS, H.; TIEWS, K.; GROPP, J.: Weitere Möglichkeiten des Fischmehl-Ersatzes im Futter für Regenbogenforellen: Ersatz von Fischmehl durch Alkanhefe und Krillmehl. Arch. FischWiss. 28 (1): 1—17, 1977.

CHRISTIANS, O.; LEINEMANN, M.: Vorläufige Untersuchungen über den Einfluß des grünen Mageninhalts beim Krill auf verschiedene Eigenschaften der Kochkrillfarce. Inf. Fischw. 24 (5): 182—185, 1977.

Die Krill-Aufbereitung mittels des Grätenseparators. Allg. FischwZtg 28 (15/16): 6, 1976.

Eiweiß aus der Antarktis. BASF intern S. 8—9, 1977.

Erste deutsche Krill-Expedition in die Antarktis beendet. Inf. Fischw. 23 (3): 67—68, 1976.

Erste Information über den 2. Abschnitt der Antarktisreise. Inf. Fischw. 23 (2): 35—36, 1976.

Erster Abschnitt der Antarktis-Expedition beendet. Inf. Fischw. 23 (1): 3, 1976.

FISCHER, W.: Methodik der sowjetischen Krill-Fischerei. Inf. Fischw. 21 (2): 60—61, 1974.

FISCHER, W.: Neues zum „Krill“. Inf. Fischw. 21 (4/5): 124, 1974.

FISCHER, W.: Der Krill (*Euphausia superba*) und andere Nahrungsreserven im Gebiet der Antarktis. Protok. FischTech. 13 (62): 226—288, 1974.

FISCHER, W.: Neues zum Krill (II). Inf. Fischw. 22 (1): 24—26, 1975.

FISCHER, W.: Tagesperiodische Wanderungen des antarktischen Krill. Inf. Fischw. 23 (3): 90—92, 1976.

FLECHTENMACHER, W.; SCHREIBER, W.; CHRISTIANS, O.; ROSCHKE, N.: Die Verarbeitung von Krill. Inf. Fischw. 23 (6): 188—196, 1976.

FREYTAG, G.: Lottednische Beobachtungen beim Fang von Krill und potentiellen Nutzfischen der Antarktis. Protok. FischTech. 14 (64): 54—68, 29 Abb., 1977.

HEMPEL, G.: Biologische Probleme der Befischung mariner Ökosysteme. Naturwissenschaften 64: 200—206, 1977.

KOCK, K.-H.: Untersuchungen über mögliche Nutzfischbestände im atlantischen Sektor der Antarktis: *Dissostichus eleginoides* und *D. mawsoni*. Inf. Fischw. 23 (6): 160—165, 1976.

KOCK, K.-H.; NEUDECKER, A.: Krillfänge im atlantischen Sektor der Antarktis. Inf. Fischw. 24 (1): 8—12, 1977.

KOCK, K.-H.: Fische ohne Blut? Umschau 77 (22): 737—739, 1977.

KOOPS, H.; TIEWS, K.; BECK, H.; GROPP, J.: Ersatz von Fischmehl durch Alkanhefe und Krillmehl im Forellenfutter. Inf. Fischw. 24 (1): 21—22, 1977.

KOOPS, H. u. a.: Replacement of fishmeal by krillmeal in experimental diets for rainbow trout. Coun. Meet. ICES, Fish. Improvement Comm. (E 22): 12 p. 1977

LEINEMANN, M. und CHRISTIANS, O.: Methode zur Prüfung der Gewebesaftlässigkeit in Kochkrillfarce. Inf. Fischw. 24 (3/4): 124—126, 1977.

LÖRZ, R.; VON LUKOWICZ, M.; JAHN, F.: Die Zusammensetzung von Krillmehl. Fischwirt 27: 50—51, 1977.

Maschinen und Apparate für die Krill-Expedition. Allg. FischwZtg 28 (1): 53, 1976.

MOHR, H.: Tageszeitlich bedingte Rhythmik im Verhalten von halbwüchsigen Krill (*Euphausia superba*). Inf. Fischw. 23 (4/5): 132—134, 1976.

MOHR, H.; FISCHER, W.: Verhaltensbeobachtungen an Krillschwärmen. Protok. FischTech. 14 (64): 39—53, 9 Abb., 1977.

PAPAJEWSKI, H.; SCHREIBER, W.: Maschinelle Verarbeitung antarktischer Fische. Inf. Fischw. 24 (3/4): 114—117, 1977.

PETER, M.: Ein Beitrag zum Einsatz von Krillmehl in der Forellenfütterung. Dipl.-Arb., Inst. Tierphysiologie und Tierernährung, Univ. Göttingen, 52 pp., 1977.

PFEFFER, E. und BECKER, K.: Untersuchungen an Regenbogenforellen über den Futterwert verschiedener Handelsfuttermittel und über den weitgehenden Ersatz von Fischmehl durch Krillmehl im Futter. Arch. FischWiss. 28 (1): 19—29, 1977.

- ROSCHKE, N.: Haltbarkeit von antarktischen Fischen und Krillprodukten. *Infn Fischw.* 24 (3/4): 121—123, 1977.
- ROSCHKE, N.: Feuchtigkeitsmessungen in Krillmehl. *Infn Fischw.* 24 (5): 180—192, 1977.
- ROSCHKE, N.; SCHREIBER, W.: Analytik von Krill, Krillprodukten und antarktischen Fischen. *Arch. FischWiss.* 28 (2/3): 135—141, 1977.
- SAHRHAGE, D.: Antarctic krill — its exploration and exploitation. *Coun. Meet. ICES*, 26 Sep 1977, Reykjavik, Island. (Ms.)
- SAHRHAGE, D.; STEINBERG, R.: Der antarktische Krill — Nahrung für die Zukunft? *Bild Wissenschaft* (11): 90—94, 1975.
- SAHRHAGE, D.; STEINBERG, R.: Dem Krill auf der Spur. *Expedition in antarktische Gewässer. Umschau* 75 (20): 627—631, 1975.
- SAHRHAGE, D.; SCHREIBER, W.; STEINBERG, R.; HEMPEL, G.: Programm und Planung der 1. Deutschen Krill-Expedition in die Antarktis 1975/76. In: *Interocean '76. Kongreßberichtswerk. Bd 2. Hamburg; Seehafen-Verl.* 1976. S. 1152—1159.
- SAHRHAGE, D. u. a.: Programa y planificacion de la primera expedicion alemana de krill a la Antartida, 1975/76. (Traducc. de la publ.: *Interocean '76. Tom. 2. Hamburg 1976. p. 1152—1159*). Santiago de Chile: *Inst. Fomento Pesq.* 1976. 12 p.
- SCHMIDT, G. W.: Krill als Forellenfutter. *Fischwirt, AFZ-Beilagen* 27 (10), 58 und (11), 62—64, 1977.
- SCHOLZ, K.: Ein Beitrag zur Bewertung des Proteins in Krillmehl und Luzernemehlextrakt. *Dipl.-Arb. Inst. Tierphysiologie und Tierernährung, Univ. Göttingen* 33 pp., 1977.
- SCHREIBER, W.: Nahrungsmittel aus Krill — Möglichkeiten und Aussichten. *Allg. FischwZtg* 28 (12): 4—5, 1976.
- SCHREIBER, W.; PAPAJEWSKI, H.; CHRISTIANS, O.: Fleischqualität und Genußwert antarktischer Fische. *Infn Fischw.* 24 (3/4): 117—120, 1977.
- SCHULZ, E.: Ein Beitrag zur Bewertung von Krillmehlen als Eiweißfuttermittel für Landwirtschaftliche Nutztiere. 5. Intern. Symposium on amino acids. Budapest, Febr. 77.
- STEIN, M.: Mittlere ozeanographische Verhältnisse im atlantischen Sektor der Antarktis. *Mitt. Inst. Seefisch. Hamburg* (16): 75—101, 1975.
- STEINBERG, R.: Zur Frage zukünftiger Untersuchungen in antarktischen Gewässern. *Allg. FischwZtg* 28 (15/16): 4—5, 1976.
- VAN THIELEN, R.; GRAVE, H.: Krill, *Euphausia superba* and blue mussel, *Mytilus edulis*, as supplementary food in aquaculture experiments. *International Council for the Exploration of the Sea, C. M.* 1977 E: 18, 12 pp., 1977.

9. Wissenschaftliche Fahrteilnehmer

I. Fahrtabschnitt (16. November 1975 bis 13. Januar 1976)

Auf FFS „Walther Herwig“ (Kapt. T. FRERICHS):

Dr. G. KREFFT (ISH, Fahrtabschnittsleiter)
Dr. A. BAKER (IOS, Großbritannien)
Dr. P. A. HULLEY (SAM, Südafrika)
Dipl. Biol. K.-H. KOCK (ISH)
Ing. A. KÜHN (IfM)
Dr. T. POMMERANZ (IfM)
Ing. K. RITTER (IBT)
Dipl. Chem. N. ROSCHKE (IBT)
T. A. B. SCHILLAT (ISH)
Cand. rer. nat. W. SEIBERT (IfM)
Dr. M. STEHMANN (ISH)
T. A. R. WIECZORREK (IBT)

Auf FMS „Weser“ (Kapt. F. BALTRUSCH):

Dr. G. FREYTAG (IFH, Fahrtleiter)
Mr. J. BEDWELL (MAFF, Großbritannien)
Dr. E. DAHM (IFH)
Obermonteur P. MARKMANN (Fa. Baader)
T. A. PAETOW (IFH)
Ing. H. PAPAJEWSKI (IBT)
Dr. H. SCHULZ (ISH)

II. Fahrtabschnitt (20. Januar bis 12. März 1976)

Auf FMS „Weser“ (Kapt. F. BALTRUSCH):

Dr. R. STEINBERG (IFH, Fahrtabschnittsleiter)
Cand. rer. nat. P. DARDENNE (IfM)
Dr. W. FISCHER (IFH)
Stud. rer. nat. B. GRÜSSNER (IfM)
Dipl. Biol. W. KELLE (IFH)
Dr. T. MENTJES (IFH)
F. POHL (Fa. „Nordsee“)
Dr. H. H. REINSCH (ISH)

Auf FFS „Walther Herwig“ (Kapt. E. LITTKEMANN):

Dr. T. POMMERANZ (IfM, Fahrtleiter)
Dr. O. CHRISTIANS (IBT)
Stud. rer. nat. H. CZERWIONKA (IBT)
Dr. I. EVERSON (BAS, Großbritannien)
Cand. rer. nat. F. NAST (IfM)
Ing. B. OECKLER (IfM)
Ing. J. PISKE (Fa. Schlotterhose)
Dr. C. ROGER (ORSTOM, Frankreich)
Dipl. Biol. R. SCHÖNE (ISH)
Dr. W. SCHREIBER (IBT)
Dr. T. STADLER (IAA, Argentinien)
Dipl. Oz. M. STEIN (ISH)

III. Fahrtabschnitt (18. März bis 20. Mai 1976)

Auf FFS „Walther Herwig“ (Kapt. T. FRERICHS):

Dr. D. SAHRHAGE (ISH, Fahrtabschnittsleiter)
T. A. D. BRIDGEMAN (IBT)
Dipl.-Ing. W. FLECHTENMACHER (IBT)
Dr. J.-Y. LE GALL (COB, Frankreich)
Dr. P. A. HULLEY (SAM, Südafrika, ab 4. Mai)
Dipl. Biol. K.-H. KOCK (ISH)
Ing. A. KÜHN (IfM)
Dr. H. NEUMANN (ISH)
Dipl. Chem. N. ROSCHKE (IBT)
Cand. rer. nat. U. ROWEDDER (IfM)
Mr. J. SMITH (Torrey Res., Großbritannien)
T. A. R. WIECZORREK (IBT)
Dr. F. G. WÖRNER (IfM)

Auf FMS „Weser“ (Kapt. F. BALTRUSCH):

Dr. H. BOHL (IFH, Fahrtleiter)
H. BAASCH (IBT)
Ing. H. ENGEL (IFH)
Dr. H. MOHR (IFH)
Dr. F. MOMBECK (ISH)
Dipl. Biol. H. v. SEYDLITZ (IFH)
Stud. rer. nat. R. WITTSTOCK (IfM)

ISH = Institut für Seefischerei der BFA für Fischerei
Palmaille 9
2000 Hamburg 50
und Außenstelle Bremerhaven

IFH = Institut für Fangtechnik der BFA für Fischerei
Palmaille 9
2000 Hamburg 50

IBT = Institut für Biochemie und Technologie der BFA für Fischerei
Palmaille 9
2000 Hamburg 50

IfM = Institut für Meereskunde an der Universität Kiel
Düsternbrooker Weg 20
2300 Kiel