

Zur Bedeutung der Lipide im antarktischen Zooplankton

On the Significance of Lipids in Antarctic Zooplankton

Wilhelm Hagen

INHALT

ZUSAMMENFASSUNG	1
SUMMARY	3
1 EINLEITUNG	
1.1 Wichtige Funktionen der Lipide	5
1.2 Lipidforschung in Polarmeeren	6
1.3 Fragestellung	9
2 MATERIAL UND METHODEN	
2.1 Probennahme	10
2.2 Behandlung der Proben an Bord	14
2.3 Laboruntersuchungen	16
2.3.1 Feuchtgewichts- und Trockengewichtsbestimmung	16
2.3.2 Bestimmung des Gesamtlipidgehalts	16
2.3.3 Bestimmung der Lipidzusammensetzung	18
3 ANALYSENERGEBNISSE	
3.1 Copepoden	23
3.2 Euphausiaceen	42
3.3 Amphipoden	64
3.3.1 Gammariden	64
3.3.2 Hyperiidn	68
3.4 Mysidaceen	73
3.5 Decapoden	75
3.6 Coelenteraten	75
3.7 Gastropoden	79
3.8 Cephalopoden	84
3.9 Polychaeten	84
3.10 Chaetognathen	86
3.11 Salpen	86
3.12 Fischlarven und Jungfische	89
4 DISKUSSION	
4.1 Copepoden	92
4.1.1 Ontogenetische Aspekte	92
4.1.2 Speicherlipide	93
4.1.3 Saisonalität	95
4.2 Euphausiaceen	99
4.2.1 Ontogenetische Aspekte	99
4.2.2 Speicherlipide	102
4.2.3 Saisonalität	103
4.3 Amphipoden	109
4.4 Mysidaceen, Decapoden	110
4.5 Coelenteraten	112
4.6 Gastropoden, Cephalopoden	113
4.7 Polychaeten	114
4.8 Chaetognathen	114
4.9 Salpen	115
4.10 Fischlarven und Jungfische	116
4.11 Fazit und Ausblick	117
5 LITERATUR	118

Danksagung

Mein erster Dank gilt Prof. Dr. G. Hempel für das Vertrauen bei der Vergabe des Themas und für die wissenschaftliche Betreuung und Förderung. Prof. Hempel ermöglichte mir die Teilnahme an mehreren Antarktis-Expeditionen und einen Forschungsaufenthalt in Schottland. Während der Entstehung dieser Arbeit gab er wertvolle Hinweise und Anregungen.

Prof. Dr. J.R. Sargent und seinen Mitarbeitern Drs. M.V. Bell, R.J. Henderson, A.J. Fraser, Y. Russell, C.M.F. Simpson und D.R. Tocher danke ich für die gastfreundliche Aufnahme am Institute of Marine Biochemistry in Aberdeen, Schottland und für die Einarbeitung in die Lipidanalytik. Dr. A. Clarke vom British Antarctic Survey in Cambridge gab wichtige Ratschläge zur Diskussion der Lipiddaten. Dr. C.M. MacDonald vom Ministry for Conservation in East Melbourne korrigierte die englische Zusammenfassung.

Allen Besatzungsmitgliedern und Wissenschaftlern der *Polarstern*-Expeditionen danke ich für Hilfestellungen bei logistischen und wissenschaftlichen Problemen. Besonderen Dank schulde ich Frau E. Mizdalski für ihre aufopferungsvolle Unterstützung bei den Sortierarbeiten im Kühlcontainer, vor allem für die nervenaufreibende Trennung der Copepoden-Stadien und Euphausiaceen-Larven. Frau Dr. S. Schiel danke ich für die freundschaftliche Zusammenarbeit während der letzten drei *Polarstern*-Expeditionen (im gemeinsamen Kühlcontainer) und für viele wichtige wissenschaftliche Anregungen.

Alle anderen Kollegen am Institut für Polar- und Meeresforschung in Bremerhaven, am Institut für Meereskunde in Kiel und am Institut für Seefischerei in Hamburg seien herzlich bedankt für ihre Kooperation und Hilfsbereitschaft.

Bei taxonomischen Problemen halfen mir Frau Dr. E. Boysen-Ennen, Frau E. Mizdalski, Herr Dr. H.-G. Andres, Herr M. Klages, Herr Dr. U. Piatkowski und Herr P. Ward.

Allen Mitarbeitern des Instituts für Polarökologie in Kiel ein herzliches Dankeschön für die liebevolle Unterstützung und immer freundliche Diskussionsbereitschaft. Ich habe mich in dieser angenehmen Arbeitsatmosphäre sehr wohl gefühlt. Herr Dr. W. Ekau stellte mir sein Graphikprogramm zur Verfügung und Herr Dr. M. Meyer schrieb mir ein Auswertungsprogramm für die Iatroscan-Chromatogramme.

Anmerkung zur Arbeit

Die vorliegende Arbeit ist die verkürzte Fassung einer Dissertation, die 1988 am Institut für Polarökologie der Universität Kiel und am Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung in Bremerhaven angefertigt wurde. Die Kürzungen betreffen insbesondere eine Reihe von Abbildungen.

ZUSAMMENFASSUNG

Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich mit Lipidgehalt und -zusammensetzung des antarktischen Zooplanktons im Hinblick auf ökologische Fragestellungen und biochemische Anpassungsmechanismen. Die vorwiegend aus dem Epipelagial stammenden Planktonproben wurden im Verlauf von zwei Antarktis-Expeditionen mit PFS *Polarstern* gesammelt. Die erste Expedition fand im Südfrühling (23.10.-10.11.83) im Bereich der Antarktischen Halbinsel (Subantarktis) statt, die zweite Expedition führte im Südsommer (6.1.-28.3.85) nach kurzem Aufenthalt an der Antarktischen Halbinsel in das südliche Weddellmeer (Hochantarktis). Die Planktonproben wurden nach Arten und zum Teil nach Stadien getrennt, vermessen und bei -80°C schockgefroren. Insgesamt wurden 39 Zooplankton- und 3 Fischarten mit 72 Stadien analysiert, viele davon zum ersten Mal. Nach Bestimmung des Feucht- und des Trockengewichts wurden ca. 500 Proben auf ihren Lipidgehalt und von diesen ca. 400 Proben auf die Lipidzusammensetzung (Lipidklassen) untersucht. Der Schwerpunkt der Untersuchungen lag dabei auf den Copepoden und Euphausiaceen.

Copepoden: Es wurden sechs Arten verschiedener trophischer Stufen untersucht. Bei der herbivoren Art *Calanus propinquus* und der carnivoren Art *Euchaeta antarctica* konnte im Verlauf der Copepodit-Entwicklung bei verschiedenen Stadien eine deutliche Erhöhung des Lipidgehalts festgestellt werden, Tendenzen einer ontogenetischen Lipidanreicherung zeigen auch die untersuchten Stadien von *Rhincalanus gigas*. Nach sehr hohen Werten im C5-Stadium verringert sich der Lipidgehalt der Weibchen von *C. propinquus*, *R. gigas* und *E. antarctica* - vermutlich aufgrund der Gonadenentwicklung, steigt dann jedoch z. T. wieder deutlich an. Die Copepodite und Adulten nutzen die intensive Primärproduktion im Frühling und Sommer zur Anreicherung großer Lipidvorräte. Dies erfolgt zumindest bei *Calanoides acutus* (Frühling) und *Calanus propinquus* (Jan.-Feb.) zeitlich gestaffelt. Die Lipidspeicher verleihen den Tieren Auftrieb und dienen als Energiereserve, vermutlich für die Überwinterung und die Produktion der Nachkommenschaft im nächsten Frühjahr. Während vier Arten diese Lipide in Form von Wachsestern anreichern, speichern *Calanus propinquus* und *Euchirella rostromagna* vorwiegend Triglyceride. Die ökologische Relevanz dieser erstmals bei Copepoden aus Polargebieten festgestellten Triglycerid-Anreicherung ist unbekannt.

Euphausiaceen: Die Veränderungen im Lipidgehalt während der Larvalentwicklung verlaufen bei *Euphausia superba* und *Euphausia crystallophias* (und vermutlich auch *Thysanoessa macrura*) ähnlich. Bis zum ersten Calyptopis-Stadium zehren die Larven ihre Dottervorräte weitgehend auf. Wenn sie in diesem ersten Freßstadium jedoch ausreichend Nahrung finden, erhöht sich ihr Lipidgehalt im Verlauf der weiteren Entwicklung schnell. Neben der ontogenetischen Lipidanreicherung gibt es bei den drei Arten deutliche Hinweise auf eine saisonale Lipidakkumulation, die im Zusammenhang mit Literaturdaten diskutiert wird. Hier zeichnen sich zwei unterschiedliche "Strategien" ab: *E. crystallophias* und *Th. macrura* speichern in großen Mengen Wachsester und Phospholipide (Phosphatidylcholin) und sind im Winter vermutlich auf diese Lipidreserven angewiesen, die auch die Gonadenentwicklung ermöglichen (Laichzeit im Frühjahr). Dagegen speichert *E. superba* neben Phospholipiden vor allem Triglyceride, diese Art ernährt sich jedoch nach neueren Unter-Eis-Beobachtungen im Winter von Eisalgen und ist daher von Lipidreserven weniger abhängig.

Amphipoden, Mysidaceen, Decapoden-Larven: Die carnivoren Amphipoden sind in der Regel reich an Lipiden, vorwiegend Triglyceriden (Ausnahme: *Primno macropa*). Es wird vermutet, daß diese Speicher vor allem zur Überbrückung von Nahrungsempässen dienen. Neben dem Ernährungszustand mag sich auch die Gonadenbildung bzw. Eiablage auf den Lipidgehalt auswirken. Besonders bei der Mysidaceenart *Antarctomysis ohlini* speichern die Weibchen mit großer Bruttasche erhebliche Mengen

Triglyceride und Wachsester. Dagegen sind die Decapoden-Larven von *Acantheephyra pelagica* (im Gegensatz zu den hier nicht untersuchten adulten Tieren) sehr lipidarm. Während der intensiven larvalen Wachstumsphase bestehen ihre Lipide hauptsächlich aus Phospholipiden und Cholesterin.

Coelenteraten und Salpen: Das gelatinöse Zooplankton ist in der Regel lipidarm. Nur die Ctenophoren haben höhere Lipidgehalte und Wachsester-Anteile, im Vergleich zu vielen Crustaceen sind diese jedoch gering.

Gastropoden, Cephalopoden: Die Lamellariidae-Larven (Prosobranchia) haben nur geringe Lipidgehalte, ihre Lipide bestehen jedoch hauptsächlich aus Triglyceriden. Die Lipidwerte der herbivoren Flügelschnecken *Clio pyramidata* und *Limacina helicina* sind recht variabel, eine Lipidanreicherung ist während der kurzen Sommerzeit nicht nachzuweisen. Die höchsten Lipidgehalte weist *Clione limacina* auf, die sich ausschließlich von *L. helicina* ernährt und ein Fehlen dieser Nährtiere mit Hilfe ihrer Lipidreserven längerfristig überbrücken kann. Triglyceride sind bei diesen drei Pteropoden-Arten die klar dominierenden Speicherlipide. Sie werden auch von Jungtieren des pelagischen Cephalopoden *Galiteuthis glacialis* angereichert, dessen geringe Lipidgehalte und hohe Phospholipid-Anteile vermutlich das frühe Entwicklungsstadium der untersuchten Individuen widerspiegeln.

Polychaeten, Chaetognathen: Diese carnivoren Planktonorganismen sind nicht sehr lipidreich. Die Lipide bestehen zum größten Teil aus Phospholipiden und Cholesterin, nur *Eukrohnia hamata* weicht durch höhere Triglycerid- und Wachsester-Anteile von dem Lipidmuster der anderen Arten ab und nutzt die Lipide vermutlich als Energie-reserve.

Fische: Während die jungen Postlarven von *Notothenia larseni* ein typisch larvales Lipidmuster mit geringen Lipidgehalten und hohen Phospholipid-Anteilen aufweisen, haben die ein Jahr älteren *Trematomus eulepidotus* größere Lipidmengen angereichert, hauptsächlich in Form von Triglyceriden. Für *Pleuragramma antarcticum* wird die ontogenetische Veränderung des Lipidmusters anhand der ersten drei Altersklassen nachgewiesen. Die frühen Postlarven (AK 0) haben nur geringe Lipidgehalte und hohe Phospholipid-Anteile ähnlich den *N. larseni*-Postlarven. Im Verlauf des ersten und zweiten Jahres akkumulieren sie jedoch große Lipidmengen, die hauptsächlich als Triglyceride, u.a. in Lipidsäcken, gespeichert werden. Bei den dreijährigen Tieren stabilisiert sich der Lipidgehalt auf einem hohen Niveau und ändert sich vermutlich auch bei den größeren Tieren nur noch wenig. Für *Pleuragramma* sind die Lipide neben ihrer Funktion als Energiereserve vor allem zur Dichtereduktion wichtig, da diesen pelagischen Fischen eine Schwimmblase fehlt.

Insgesamt ergibt sich ein recht differenziertes Bild bezüglich der Bedeutung der Lipide für die verschiedenen Planktonarten, sowohl unter saisonalen als auch unter ontogenetischen Aspekten. Die Vorstellung vom generellen Lipidreichtum des Antarktis-Planktons kann für das gelatinöse Zooplankton, die Polychaeten und die Chaetognathen nicht bestätigt werden. Dagegen nutzen vor allem die Crustaceen, die dominierende Komponente des antarktischen Zooplanktons, die Vorzüge der Lipide als Energiespeicher und Auftriebskörper. Mit Hilfe der Lipide gelingt es besonders dem herbivoren Zooplankton, die ausgeprägte Saisonalität des Phytoplanktonwachstums im antarktischen Ökosystem abzufuffern. Die Energie der sommerlichen Primärproduktion wird also langfristig im Pelagial konserviert und steht vielen Planktonarten im Winter als körpereigener Lipidvorrat bzw. über die Nahrungskette zur Verfügung.

SUMMARY

The content and composition of lipids in Antarctic zooplankton is described and discussed in relation to ecological characteristics and biochemical adaptive mechanisms. The plankton samples were collected mainly from epipelagic waters during two Antarctic expeditions with PRV *Polarstern*. The first expedition took place in austral spring (23/10/83-10/11/83) in the vicinity of the Antarctic Peninsula (Sub-Antarctic); the second expedition, in austral summer (6/1/85-28/2/85), went to the southern Weddell Sea (High-Antarctic) after a short stay near the Antarctic Peninsula. Plankton samples were sorted to species level and partially to developmental stage, measured and deep-frozen at -80°C. A total of 39 zooplankton and 3 fish species, including 72 stages, were investigated - many of these for the first time. After determinations of wet weight and dry weight, about 500 samples were analysed for total lipid content and about 400 samples were also analysed for lipid class composition. The investigations focussed on copepods and euphausiids.

Copepods: Six species representing several trophic levels were examined. The herbivorous *Calanus propinquus* and the carnivorous *Euchaeta antarctica* showed a distinct increase in lipid content during copepodite development. Similar tendencies were also demonstrated for *Rhincalanus gigas*. After high lipid values in copepodite stage 5 specimens the lipid content decreased in females of *C. propinquus*, *R. gigas* and *E. antarctica* - presumably due to gonad development - then increased again except for *E. antarctica*. Herbivorous copepodites and adults make use of high rates of primary production in spring and summer to accumulate extensive lipid reserves. *Calanoides acutus* accumulates reserves earlier in the season whereas *Calanus propinquus* stores lipids during summer (Jan.-Feb.). The lipid stores serve as a buoyancy aid and energy reserve, presumably for overwintering and for the production of offspring in the following spring. Four of the six species examined accumulate lipids mainly as wax esters, whereas *Calanus propinquus* and *Euchirella rostromagna* predominantly store triacylglycerols. This is the first reported occurrence of triacylglycerol accumulation in polar copepods, but its ecological significance is as yet unknown.

Euphausiids: Changes in lipid content during larval development are similar for *Euphausia superba* and *Euphausia crystallorophias* (and presumably *Thysanoessa macrura*). Up to the first calyptopis stage larvae are known to largely consume their yolk reserves. If first calyptopis larvae - the first feeding stage - find ample food, their lipid content will increase rapidly with further development. Apart from ontogenetic lipid accumulation there is evidence of distinct seasonal variation in lipid storage. *E. crystallorophias* and *Th. macrura* store large amounts of wax esters and phospholipids (phosphatidylcholine) and presumably depend on their lipid reserves for energy during winter and for gonad development during the following spring. *E. superba* on the other hand stores predominantly triacylglycerols and phosphatidylcholine. According to recent under-ice observations in winter this species feeds on ice algae and therefore does not depend on lipid reserves as much.

Amphipods, mysids, decapod larvae: The carnivorous amphipods are normally rich in lipids, mainly triacylglycerols (except for *Primno macropa* which stores mainly wax esters). It is hypothesized that these lipid reserves serve as a buffer during times of food shortage. Apart from nutritional conditions, gonad development and egg laying may affect the lipid content. Females with large brood sacs of the mysid species *Antarctomysis ohlini* accumulate large amounts of triacylglycerols and wax esters. Decapod larvae of *Acantheephyra pelagica* were very poor in lipids compared to the high levels reported elsewhere for adults of this species. During the intensive larval growth phase lipids in *A. pelagica* consist mainly of phospholipids and cholesterol.

Coelenterates and salps: Gelatinous zooplankters generally have low lipid contents, except for ctenophores whose lipid and wax ester contents are higher, though still low compared to many crustaceans.

Gastropods, cephalopods: Larvae of Lamellariidae (prosobranchs) have low lipid contents. Their lipids consist mainly of triacylglycerols. Lipid content values of the herbivorous pteropods *Clio pyramidata* and *Limacina helicina* are variable, and lipid accumulation was not observed in these species during the short summer season. Highest lipid contents for molluscs were found in *Clione limacina*, which feeds exclusively on *L. helicina*. When *L. helicina* are not available *C. limacina* may be able to survive long periods of starvation by utilizing their lipid reserves. Triacylglycerols are by far the most predominant storage lipids in the three pteropod species mentioned above. Triacylglycerols were also found in juveniles of the pelagic cephalopod *Galiteuthis glacialis*. This species shows a low total lipid content consisting mainly of phospholipids, presumably reflecting the early developmental stage of the specimens examined.

Polychaetes, chaetognaths: These planktonic carnivores are not very rich in lipid and contain mainly phospholipid and cholesterol fractions. Only *Eukrohnia hamata* differs from this lipid pattern (higher triacylglycerol and wax ester content), indicating that this species may make greater use of lipids as an energy store.

Fish: The early post-larvae of *Notothenia larseni* typically show low total lipid contents and high phospholipid fractions, whereas 1+ year old specimens of *Trematomus eulepidotus* have accumulated large amounts of lipids, mainly triacylglycerols. Ontogenetic changes in lipid patterns were observed in the first three age classes of *Pleuragramma antarcticum*. Early post-larvae (age class 0+) have low total lipid contents and high phospholipid fractions similar to *N. larseni* post-larvae. 1+ and 2+ individuals accumulate large amounts of lipids which are mainly stored as triacylglycerols, partially in lipid sacs. Lipid content stabilizes at a high level in the 3+ year old animals and presumably does not change much in older specimens. Apart from their function as energy reserves, lipids are important in *Pleuragramma* as an aid to buoyancy, since these pelagic fish lack a swim bladder.

In conclusion, the content and class composition of lipids shows considerable variation in Antarctic zooplankters, both in terms of ontogenetic development and seasonal accumulation. The idea of a general lipid richness in Antarctic zooplankton was not supported by lipid estimates in gelatinous zooplankton, polychaetes and chaetognaths. On the other hand crustaceans in particular appear to make use of lipids as energy stores and as a buoyancy aid. Storage of lipids helps herbivorous crustaceans to buffer the marked seasonality of phytoplankton growth in the Antarctic ecosystem. Thus, the energy of summer primary production is conserved in the pelagic zone for long periods of time and is presumably made available for many plankton species during winter through the consumption of stored lipids or via the food chain.

1 EINLEITUNG

1.1 Wichtige Funktionen der Lipide

Was versteht man unter Lipiden? Häufig werden sie mit den Fetten gleichgesetzt. Die Stoffklasse der Lipide umfaßt jedoch eine sehr heterogene Gruppe von Substanzen, von den einfachen Kohlenwasserstoffen, langkettigen Alkoholen und Fettsäuren über Fette und Wachse bis zu den komplexen Phospholipiden und Glykolipiden (KARLSON 1980). Die Fette (Triglyceride) bilden also nur eine - wenn auch wichtige - Untergruppe der Lipide. Im Gegensatz zu den Proteinen und Kohlenhydraten werden die Lipide anhand von physikalischen Eigenschaften, vorrangig über ihr Löslichkeitsverhalten, definiert. In Wasser sind sie unlöslich, bilden dort höchstens Emulsionen, während sie sich in unpolaren Lösungsmitteln gut lösen. Der Grad ihrer Hydrophobie hängt dabei stark von der Polarität der verschiedenen Lipide ab.

Aufgrund ihrer physikalisch-chemischen Eigenschaften erfüllen die Lipide in den Organismen eine Vielzahl lebenswichtiger Aufgaben, für die Proteine und Kohlenhydrate nicht geeignet sind. Über diese verschiedenartigen Funktionen gibt HADLEY (1985) einen umfassenden Überblick: So bilden die Phospholipide wegen ihres sowohl polaren als auch unpolaren (amphipatischen) Charakters die Gerüstsubstanz von Biomembranen, in die wiederum Proteine eingebettet sind ("fluid mosaic model"). Im Zusammenspiel mit diesen Proteinen ermöglichen die Phospholipide den Austausch von Nährstoffen und Stoffwechselprodukten, die Verarbeitung von Informationen (über Hormonrezeptoren) sowie den Energietransport in Mitochondrien und Chloroplasten (in Form von ATP). Einen entscheidenden Anteil haben die Lipide auch an der Weiterleitung von Nervenimpulsen: die schnelle, platz- und energiesparende "saltatorische Reizleitung" der Wirbeltieraxone wird mit Hilfe der lipidreichen Myelinscheide als Isolator realisiert. Faszinierende Leistungen vollbringen die Lipide bei der Biokommunikation: die Pheromone der Insekten werden in geringsten Mengen über große Reichweiten wahrgenommen, ein Lipidgemisch im Kopf der Wale befähigt diese zur Echoortung unsichtbarer Hindernisse oder Beutetiere sowie zur Verständigung über Hunderte von Seemeilen (SCHMIDT-NIELSEN 1983).

Besondere Bedeutung für pelagische Tiere - von den Copepoden bis zu den Walen - hat auch die geringe Dichte der Lipide, die je nach Lipidklasse variiert (ansteigende Dichte: Kohlenwasserstoffe - Wachsester - Triglyceride - Cholesterin). Lipide verleihen pelagischen Tieren Auftrieb, so daß sie Bewegungsenergie gegen das Absinken einsparen. Der Pottwal kann seine Körperdichte sogar an die Erfordernisse des Tauchens anpassen, indem er die Dichte der Lipide seines Spermacetiorgans über komplizierte Wärmeaustauschprozesse reguliert: Beim Abtauchen wird das Spermacetiöl durch Abkühlvorgänge schwerer als Wasser, beim Auftauchen durch Erwärmen leichter. In der Tiefe kann der Pottwal Tintenfischen bewegungslos auflauern, da seine Dichte der des Wassers gleicht (CLARKE 1978). Bei Vertikalwanderungen von Planktonorganismen wirkt sich die relativ geringe Kompressibilität und Wärmeexpansion der Lipide vorteilhaft aus. Nach SARGENT *et al.* (1976) hat der Aufstieg eines wachsesterreichen Copepoden aus größeren Tiefen nur eine ungefährliche Volumenexpansion zur Folge. Außerdem werden durch die wasserabweisenden Lipidspeicher Osmolaritätsprobleme vermieden (SARGENT 1976) und bei der Veratmung der Lipide entsteht "osmotisch freies Wasser" (HOCHACHKA & SOMERO 1980).

Die besondere Bedeutung der Lipide für die Tiere der Polargebiete soll im folgenden kurz dargestellt werden. So wird die Funktionsfähigkeit der Biomembranen in extremer Kälte u.a. durch einen erhöhten Anteil ungesättigter Fettsäuren aufrechterhalten, die die Membranfluidität wechselwarmer Tiere (und Pflanzen) auch bei Minustemperaturen gewährleisten (CLARKE 1983). Eine wichtige Voraussetzung für das Überleben in

Polargebiete ist auch die Möglichkeit der Energiespeicherung in Form von Lipidreserven. Diese Aufgabe erfüllen die schnell mobilisierbaren Lipide aufgrund ihres hohen Energiegehalts bei geringem Gewicht weitaus besser als Proteine und Kohlenhydrate (Ersetzt man die Lipide eines erwachsenen Menschen durch Glykogen gleichen Energiegehalts, so ergäbe sich nach LEHNINGER (1983) ein Gewichtszuwachs von 60 kg). Klassische Beispiele für die Anlage eines massiven Fettspeichers (Blubber) zur Überdauerung nahrungsarmer Zeiten und Versorgung der Jungen bilden die Wale und Robben der Polargebiete. Für die fast viermonatige Fastenzeit unter den extremen antarktischen Klimabedingungen legen auch die Kaiserpinguin-Männchen große Fettreserven an. Während dieser Zeit des Brütens büßen sie bis zu 40% ihres Körpergewichts ein (SCHMIDT-NIELSEN 1983). Den Warmblütern der Polargebiete kommt auch die hervorragende Isolierfähigkeit der Fettschichten - besonders im Meer - zugute, deren Wärmeaustausch sich im Gegensatz zum Fell über die Blutzufuhr gut regulieren läßt (SCHMIDT-NIELSEN 1983). Mit Hilfe des gut durchbluteten braunen Fettgewebes der Säugetiere, insbesondere der Winterschläfer, kann Reservefett bei Unterkühlungsgefahr auch direkt zur Wärmeerzeugung genutzt werden.

1.2 Lipiduntersuchungen am Plankton der Polargebiete

Gegen Ende des 19. Jahrhunderts erkannten Kieler Meeresforscher wie HENSEN (1887) und BRANDT (1898) erstmals die Bedeutung der chemischen Zusammensetzung des Planktons für die Produktivitätsabschätzung eines Meeresgebietes bzw. für den "Energietransfer" innerhalb der Nahrungskette:

"Da also auch in den Fällen, wo bei Planktonfressern Einrichtungen vorhanden sind, die nur Organismen von bestimmter Größe den Eintritt in den Verdauungsapparat gestatten, gewöhnlich die Nahrung aus vegetabilischen und animalischen Organismen gemischt ist, so muß es von Interesse sein, sowohl das Gesamtplankton einer Gegend auf den Nährwerth bezw. auf die chemische Zusammensetzung zu prüfen, als auch die wichtigsten Gruppen von Planktonorganismen in typischen Vertretern gesondert näher kennen zu lernen und mit den auf dem Lande produzierten Futterstoffen qualitativ und quantitativ zu vergleichen" (BRANDT 1898).

BRANDT und seine Mitarbeiter leisteten auf dem Gebiet der Meereschemie Pionierarbeit und modifizierten Analysemethoden aus der LIEBIG'schen Agrikulturchemie zur Anwendung auf ihre planktologischen Fragestellungen. Obwohl BRANDT schon 1898 die ersten chemischen Analysen des Ostseeplanktons veröffentlichte, entwickelten sich ökologische Untersuchungen zur chemischen Zusammensetzung des Planktons bis in die 50-er Jahre nur langsam (ROSENFELD 1904; BRANDT & RABEN 1919/20; WIMPENNY 1929; KLEM 1932; MARSHALL *et al.* 1934; ORR 1934 a, b; GUNTHER 1934; COLLIN *et al.* 1934; LOVERN 1935; GILLAM *et al.* 1939; KREY 1950; BAALSRUD 1955). Bei diesen ersten Arbeiten handelte es sich häufig auch um Mischplanktonproben, wodurch die Interpretation der Ergebnisse erschwert wurde.

Während seitdem die Kenntnisse über die chemische Zusammensetzung des Planktons mittlerer und niedriger Breiten und die damit verbundenen biochemischen Prozesse aufgrund erhöhter Forschungsaktivitäten und moderner Analyseverfahren allgemein stark erweitert wurden (LOVERN 1964; GIESE 1966; LAWRENCE 1976; SARGENT 1976), mangelte es an entsprechenden Forschungsergebnissen aus den Polargebieten. Der Krill war zwar schon lange als fettreiche Nahrung der Wale bekannt (LEXOW 1921; KLEM 1932), doch erst SHEARD (1953) stellt fest, daß der Lipidgehalt von Euphausiaceen mit abnehmender Wassertemperatur zunimmt. Er bestimmt erstmals den Lipidgehalt der (formolfixierten) antarktischen Planktonarten *Euphausia superba* und *Thysanoessa macrura* mit 10-15% des Volumens und weist auf die mögliche Bedeutung dieser

beträchtlichen Lipidmengen für Wachstum und Entwicklung hin. MacGINITIE (1955) berichtet von großen Lipidspeichern, die er bei benthischen Amphipoden vor Alaska beobachtet hatte und stellt erste Überlegungen über den Nutzen dieser Lipidreserven für Überwinterung und Reproduktion an. LITTLEPAGE (1964) untersucht als erster die jahreszeitlichen Veränderungen des Lipidgehalts hochantarktischer Zooplanktonorganismen. Für die carnivore Copepodenart *Euchaeta antarctica* stellt er generell hohe Lipidgehalte fest, die sich im Winter im Verlauf der Eientwicklung noch erhöhen, während die herbivore Art *Euphausia crystallorophias* im Sommer Lipide akkumuliert, von denen sie im Winter zehrt. ANDREWS (1966) beschreibt an fixiertem Material qualitativ die Größe des Ölsacks von *Calanoides acutus*, eines antarktischen Copepoden. Er findet deutliche jahreszeitliche Unterschiede, besonders bei den Copepoditen C4 und C5.

Wichtige neue Impulse erhält die marine Lipidforschung in den 70-er Jahren vor allem durch umfassende Untersuchungen von LEE und Mitarbeitern (z.B. LEE 1974a, b, 1975; LEE *et al.* 1970a, b, 1971a, b, 1974; LEE & HIROTA 1973). Sie finden hohe Lipidgehalte bei Zooplanktonarten der gemäßigten und polaren Breiten und des Bathypelagials und stellen fest, daß die Speicherlipide dieser Tiere - besonders bei den Copepoden - häufig aus Wachsestern bestehen; das subtropische und tropische Zooplankton weist hingegen nur geringe Lipidgehalte auf. LEE & HIROTA (1973) leiten daraus die Hypothese ab, daß das Plankton der gemäßigten und polaren Regionen und des Bathypelagials mit Hilfe der vielfach als Wachsester gespeicherten Lipidreserven lange Perioden des Nahrungsmangels überdauern kann, während dem subtropischen und tropischen Plankton das ganze Jahr über ein kontinuierlicher Nahrungsstrom geringer Menge zur Verfügung steht und Lipidreserven daher nicht angelegt werden. Diese Hypothese wurde seither durch eine Vielzahl von Einzelergebnissen untermauert und ist inzwischen weitgehend anerkannt (BAMSTEDT 1986).

BAMSTEDT (1986) postuliert am Beispiel der Copepoden, daß die Unterschiede in der Lipidanreicherung verschiedene "Reproduktionsstrategien" reflektieren, möglichst viel der aufgenommenen Nahrungsenergie für die Produktion der Nachkommenschaft zu nutzen. In den oligotrophen Tropen mit ihren hohen Wachstumsraten bedeutet dies kurze Generationszyklen ohne Reservenbildung. In den Polargebieten herrschen dagegen langsames Wachstum und lange Generationszyklen vor. Der im Frühjahr und Sommer verfügbare Nahrungsüberschuß wird in Form von Lipiden gespeichert und steht später - weitgehend unabhängig von den Nahrungsbedingungen - für die Reproduktion zur Verfügung (s.a. SARGENT *et al.* 1981).

LITTLEPAGE (1964) warnt vor Verallgemeinerungen, da die Lipidspeicherung ein sehr komplexer Prozeß ist, auf den viele ökologische und physiologische Faktoren Einfluß haben (z.B. Saisonalität, Art der Nahrung, Lebensweise, Reproduktion, Stoffwechselaktivität). Auch in den Polargebieten besitzt eine beträchtliche Anzahl von Zooplanktonarten nur wenig Lipid (Coelenteraten, Polychaeten, Salpen). Über die unterschiedlichen Mechanismen der Lipidanreicherung bei marinen Evertebraten gibt LAWRENCE (1976) einen allgemeinen Überblick. Warum Lipide häufig in Form von Wachsestern akkumuliert werden - bei den calanoiden Copepoden fast ausschließlich, ist bislang noch nicht zufriedenstellend erklärt worden. SARGENT (1976, 1978) vermutet, daß Wachsester für eine schnelle Anreicherung großer Lipidmengen am besten geeignet sind, da bei ihnen enzymatische Regulationsmechanismen, die normalerweise die Lipidbildung kontrollieren und hemmen, unwirksam bleiben sollen (SARGENT & HENDERSON 1986).

In einer umfangreichen Literaturstudie faßt CLARKE (1983) den Kenntnisstand zur Physiologie und Biochemie der wechselwarmen Bewohner der Polarmeere zusammen, wobei er auch Lipiduntersuchungen aus Arktis und Antarktis ausführlich diskutiert (arktisches Plankton: IKEDA 1972, LEE 1975, PERCY & FIFE 1981, SARGENT &

FALK-PETERSEN 1981; antarktisches Plankton: LITTLEPAGE 1964, BOTTINO 1975, CLARKE (unveröff.). Die Kernaussage von CLARKE lautet: Nicht die tiefe Temperatur, sondern die ausgeprägte Saisonalität ist der dominierende Faktor, an den sich die wechselwarmen Tiere der Polarregionen anpassen mußten. Ergänzend veröffentlichten CLARKE (1984a) und CLARKE & HOLMES (1986) eigene Untersuchungen zur Lipidzusammensetzung des antarktischen Makrozooplanktons. REINHARDT & VAN VLEET (1986) publizieren zum ersten Mal Lipidanalysen einer Zooplankton- und Fischgemeinschaft von der Antarktischen Halbinsel. Sie versuchen auch, mit Hilfe von "Markerlipiden" (SARGENT & WHITTLE 1981) - charakteristische Kohlenwasserstoffe oder Fettsäuren, die unverändert die Nahrungskette durchlaufen - trophische Beziehungen nachzuweisen, die sie durch Nahrungsuntersuchungen ergänzen. In diesem Zusammenhang wichtige Arbeiten wurden vor allem von FALK-PETERSEN *et al.* (1981, 1982, 1987), HOPKINS *et al.* (1984b, 1985, 1986) und SARGENT *et al.* (1985) in einem nordnorwegischen Fjord durchgeführt. Die Erforschung der Populationsdynamik häufiger Planktonorganismen, Reproduktionszyklen, die Kenntnis des Nahrungsnetzes, der Energietransfer und saisonale Prozesse sind vorrangige Themen. Bei diesen Untersuchungen spielt der Lipidstoffwechsel der pelagischen Tiere eine wichtige Rolle, dessen Kenntnis viel zum Verständnis des Ökosystems "arktischer Fjord" beigetragen hat.

Ähnlich umfassende Analysen wie im nordnorwegischen Balsfjord (70°N) wurden in der Antarktis nicht durchgeführt. Unsere bisherigen Kenntnisse vom Lipidstoffwechsel antarctischer Planktonarten sind - mit Ausnahme des kommerziell interessanten Krills (z.B. CLARKE 1980, 1984b; ELLINGSEN 1982; BACHLER 1984) noch sehr lückenhaft. Winter-Untersuchungen fehlen fast völlig. Von vielen Arten ist nur der Lipidgehalt bekannt, oft ohne Hinweis auf die individuellen Schwankungen und ohne Angabe der für die Interpretation der Daten wichtigen biologischen Begleitdaten (Stadium, Geschlecht etc.). Derartige Ergebnisse erlauben nur sehr allgemeine Aussagen.

Erst in den letzten Jahren haben BOYSEN-ENNEN (1987) und PIATKOWSKI (1987) die zoogeographische Charakterisierung von Zooplankton-Gemeinschaften der Antarktischen Halbinsel und des Weddellmeeres abgeschlossen. Mit dieser Bestandsaufnahme haben sie wichtige Grundlagen für das Verständnis des antarktischen Pelagials geschaffen, die jedoch eine Fülle neuer Fragen und Probleme zu den Funktionsmechanismen dieses Systems und seiner Einzelkomponenten aufwerfen. Viele biochemische und physiologische Anpassungen sind eng mit den extremen antarktischen Lebensbedingungen verknüpft: Trotz der konstant tiefen Temperaturen zeichnet sich die Antarktis durch eine ausgeprägte Saisonalität der Licht- und Eisverhältnisse aus (z.B. KNOX 1970; NEMOTO & HARRISON 1981), deren nachhaltigste biologische Auswirkung eine intensive, jedoch zeitlich sehr begrenzte Primärproduktion ist (EL-SAYED 1970; WHITAKER 1982). Besonders das herbivore Zooplankton muß diese kurzlebige Phytoplanktonblüte optimal nutzen. Es benötigt Energie für Stoffwechsel und Wachstum, muß aber auch langfristig Reserven anlegen, um damit die nahrungsarme Zeit des antarktischen Winters zu überdauern und Nachkommen zu produzieren. Ob die herbivoren Zooplankter im Winter andere Nahrungsquellen (Eisalgen, Detritus etc.) nutzen, ist - mit Ausnahme des Krills - weitgehend unbekannt. Wie sich die Zooplanktonarten der unteren Trophiestufen im Laufe der Evolution auf die extreme Saisonalität des Südpolarmeeres eingestellt haben, ist eine der Schlüsselfragen für das Verstehen dieses pelagischen Systems. Wenn das herbivore antarktische Zooplankton die intensive sommerliche Primärproduktion tatsächlich auch langfristig durch Anlegen von Reserven nutzt, so sollte sich dies im Lipidhaushalt dieser Tiere widerspiegeln.

1.3 Fragestellung

Ziel der vorliegenden Untersuchung ist es daher, mit Hilfe einer umfassenden qualitativen und quantitativen Bestandsaufnahme der Lipide von Zooplanktonarten der Antarktischen Halbinsel (Frühling, Sommer) und des Weddellmeeres (Sommer) Aufschluß über ökophysiologische Anpassungen an die antarktischen Lebensbedingungen zu erhalten. Ergänzt durch wichtige biologische Daten (z.B. Stadium, Geschlecht, Länge, Feuchtgewicht, Trockengewicht, Abundanz, Primärproduktion), kann die Bestimmung des Lipidgehalts und der Lipidzusammensetzung der Beantwortung einer Reihe von Einzelfragen dienen, die sich in zwei Komplexe gliedern:

Ontogenie: Gibt es stadien-, geschlechts-, längen-, gewichtsspezifische Unterschiede im Lipidgehalt bzw. in der Zusammensetzung der Lipide? Welche Entwicklungsstadien sind aufgrund minimaler Lipidreserven am meisten durch ungenügende Nahrungsbedingungen gefährdet? Wie lange können diese Stadien mit Hilfe ihrer Lipidreserven überleben?

Saisonalität: Lassen sich während des Untersuchungszeitraums saisonale Unterschiede im Lipidgehalt der Planktonorganismen feststellen? Wie äußert sich dies in der Lipidzusammensetzung? Werden die Lipidreserven zur Gonadenentwicklung genutzt oder sind sie als Wintervorsorge erklärbar? Gibt es eine Abhängigkeit der Lipidspeicherung von der Trophiestufe? Treten zeitliche Unterschiede bei der Lipidakkumulation miteinander konkurrierender Arten auf? Welche Lipidklassen werden bevorzugt für die Lipidspeicherung benutzt? Reichern calanoide Copepoden der Polargebiete ihre Lipide immer in Form von Wachsestern an (LEE & HIROTA 1973)? Speichern Euphausiaceen ihre Reserven auch als Phospholipide, wie ELLINGSEN (1982) postuliert? Um welche Phospholipide handelt es sich dabei? In welchem Maße akkumulieren andere Planktongruppen Lipide? Erfolgt diese Speicherung vorwiegend in Form von Wachsestern oder Triglyceriden? Ist dies phylogenetisch oder durch die Nahrung bedingt?

Die vorliegende Untersuchung konzentriert sich bei der Beantwortung dieser Fragen vor allem auf die Copepoden und die Euphausiaceen, die den größten Teil der antarktischen Zooplankton-Biomasse ausmachen. Bei diesen beiden Gruppen lassen sich die Individuen gut nach Stadien bzw. Größengruppen einteilen, so daß auch ontogenetische Faktoren berücksichtigt werden können. Die Mehrzahl der analysierten Copepoden und Euphausiaceen sind Filtrierer und daher abhängig von der saisonalen Primärproduktion, deren Einfluß auf den Lipidhaushalt der Konsumenten festgestellt werden soll. Ergänzend werden die Lipiddaten verschiedener anderer Zooplankton-Arten unterschiedlicher taxonomischer Gruppen und Trophiestufen bestimmt, die ebenfalls wichtige Komponenten im Nahrungsgefüge des Südpolarmeeres darstellen, bisher aber noch nicht auf ihre Lipide untersucht worden waren.

2 MATERIAL UND METHODEN

2.1 Probennahme

Das Probenmaterial für die Lipiduntersuchungen wurde im Verlauf von zwei *Polarstern*-Expeditionen gesammelt. Die Expedition ANT II/2 führte in das Gebiet um die Antarktische Halbinsel, wo *Polarstern* vom 23.10.-10.11.83 (Südfrühling) zwischen ca. 60°-64°S ein dichtes Stationsnetz abfuhr (Abb. 2.1, SIEGEL 1986). Vorrangiges Ziel dieser Expedition war die Erfassung des Krills, *Euphausia superba*, entsprechend den SIBEX-Vereinbarungen (Second International BIOMASS Experiment). Eine ausführliche Beschreibung der Expedition ANT II/2 mit Beiträgen der Fahrtteilnehmer zu den verschiedenen wissenschaftlichen Disziplinen wurde von FÜTTERER (1984) herausgegeben.

Während der Expedition ANT III/3 vom 6.1.-28.2.85 (Südsommer, Abb. 2.2) wurden zunächst Forschungsarbeiten auf einigen Stationen nordöstlich der Antarktischen Halbinsel zwischen den Süd-Shetland Inseln und den Süd-Orkney Inseln durchgeführt (Abb. 2.3). Hauptuntersuchungsgebiet dieser Expedition war jedoch das südöstliche Weddellmeer bis ca. 78°S. Das Konzept der Expedition beinhaltete zwei engräumige Stationsnetze (Boxen) vor Vestkapp (Abb. 2.4 und 2.6), die im Abstand von ca. drei Wochen durchgeführt wurden, um zeitliche Veränderungen des Zooplanktons zu erfassen. Zwischen diesen beiden Vestkapp-Boxen fuhr *Polarstern* zu Untersuchungen in das südliche Weddellmeer (Filchner Graben/Gould Bay, Abb. 2.5). Eine detaillierte Beschreibung dieser Expedition mit Beiträgen der Fahrtteilnehmer und Auflistung der Stationsdaten wurde von HEMPEL (1985a) veröffentlicht.

Das Probenmaterial der ANT II/2-Expedition stammt aus den RMT 1-Fängen des "Rectangular Midwater Trawls" (RMT 1+8, BAKER *et al.* 1973) sowie aus Bongo- und Vertikalnetzfangen. Das RMT 1+8 besteht aus zwei übereinander angeordneten Netzen. Das RMT 1 hat eine Netzöffnung von ca. 1 m² mit einer Maschenweite von 320 µm, das RMT 8 eine Netzöffnung von ca. 8 m² mit 4.5 mm Maschenweite. Diese kombinierten Netze wurden geschlossen auf eine Tiefe von maximal 200 m gefiert, dort hydroakustisch geöffnet und mit einer Geschwindigkeit von ca. 0.3 m/s an die Oberfläche gehievt, die Schleppgeschwindigkeit betrug ca. 2.5-3 Knoten. Das Bongo-Netz (60 cm Durchmesser, 335 µm Maschenweite) wurde als Doppelschräghol bis maximal 200 m Tiefe geschleppt, die Fier- und Hievgeschwindigkeit lag zwischen 0.3-0.5 m/s, die Schleppgeschwindigkeit betrug ca. 2 Knoten. Das Nansenschließnetz hatte einen Durchmesser von 70 cm und eine Maschenweite von 200 µm, die Fier- und Hievgeschwindigkeit betrug 0.5 m/s bzw. 0.3 m/s.

Das Probenmaterial der Expedition ANT III/3 wurde hauptsächlich mit dem Bongonetz (300 µm, 500 µm Maschenweite) und dem Mehrfachschießnetz RMT 1+8M gewonnen. Das RMT 1+8M (ROE & SHALE 1979) besteht aus drei Netzpaaren. Damit kann es im Gegensatz zum einfachen RMT gezielt drei Schichten der Wassersäule nacheinander durchfischen, das Öffnen und Schließen der einzelnen Netze wird von Bord aus kontrolliert. Einige der Proben wurden dem Ringtrawl (1.2 m Durchmesser, 1 mm Maschenweite, Doppelschräghol), dem Multinetz (5fach-Vertikalschließnetz, Netzöffnung 0.25 m², Maschenweite 100 µm bzw. 200 µm) und dem Krillnetz (pelagisches Schleppnetz, Netzöffnung 10 x 10 m, Maschenweite im Steert 1 mm) entnommen.

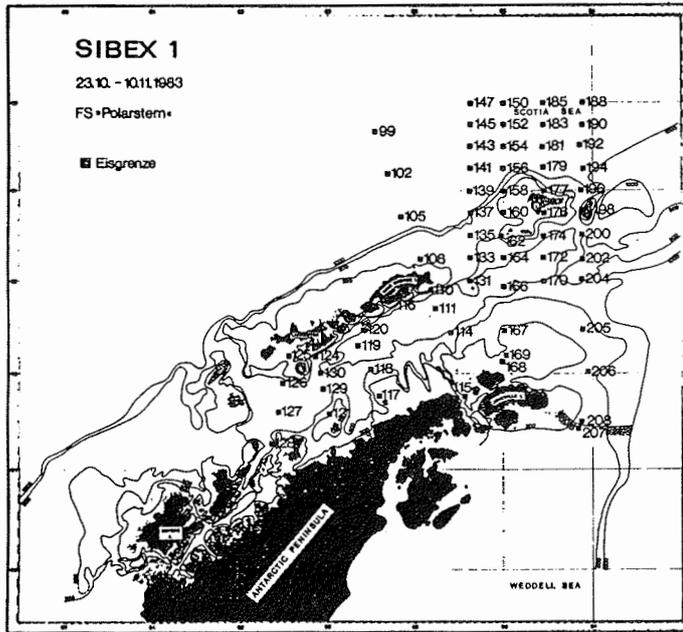


Abb. 2.1. Stationskarte der Expedition ANT II/2 vom 23.10.-10.11.83 (SIEGEL 1986)

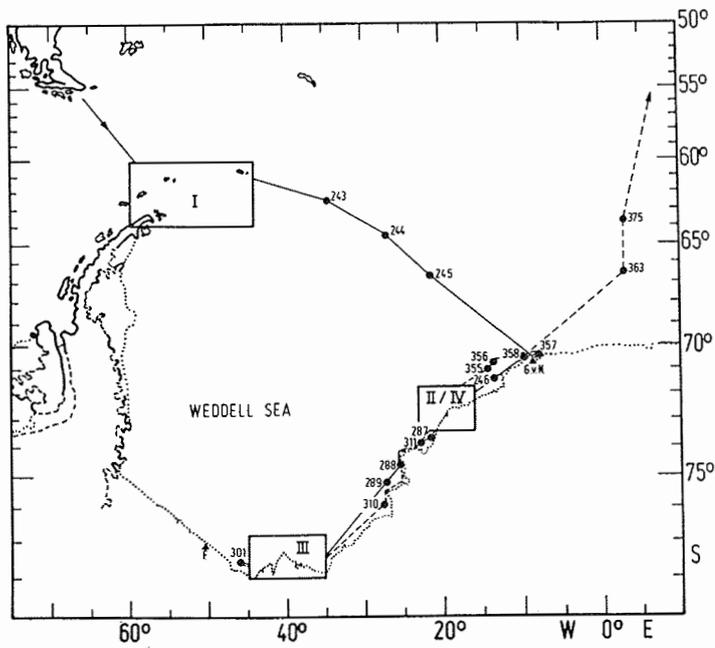


Abb. 2.2. Fahrtverlauf und Stationskarte der Polarstern-Expedition ANT III/3 (Ausschnitt I-IV siehe Abb. 2.3 - 2.6) (HEMPEL 1985a)

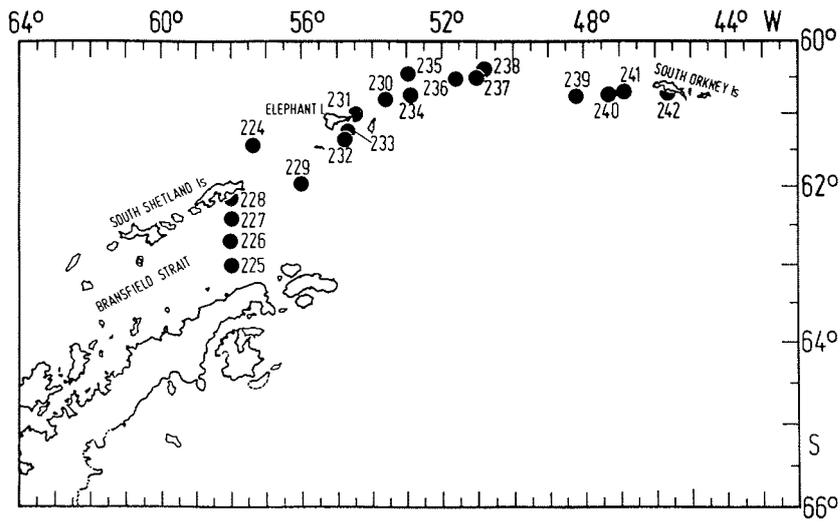


Abb. 2.3. Stationskarte vom Untersuchungsgebiet I, 6.1.-13.1.85 (HEMPEL 1985a)

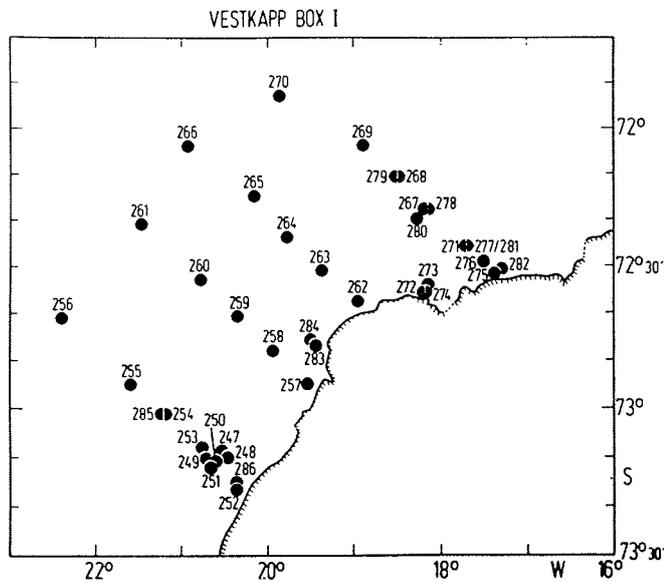


Abb. 2.4. Stationskarte vom Untersuchungsgebiet II, 22.1.-1.2.85 (HEMPEL 1985a)

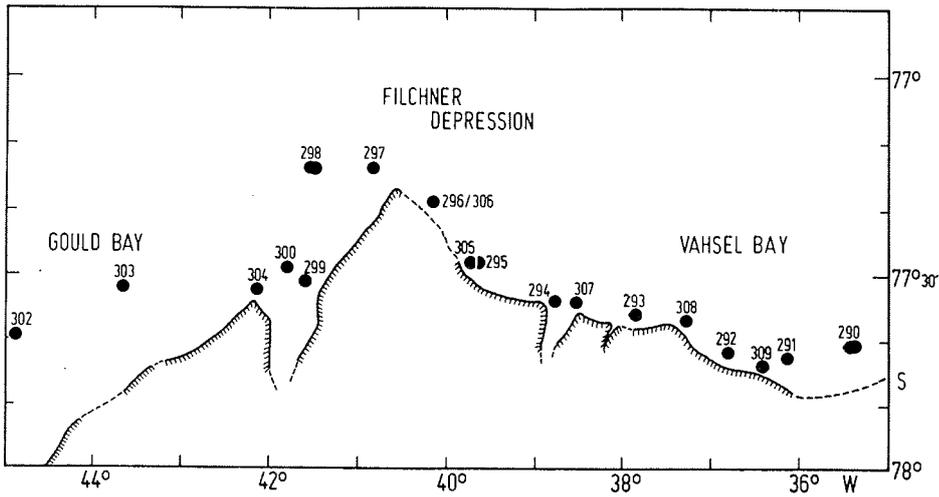


Abb. 2.5. Stationskarte vom Untersuchungsgebiet III, 2.2.-9.2.85 (HEMPEL 1985a)

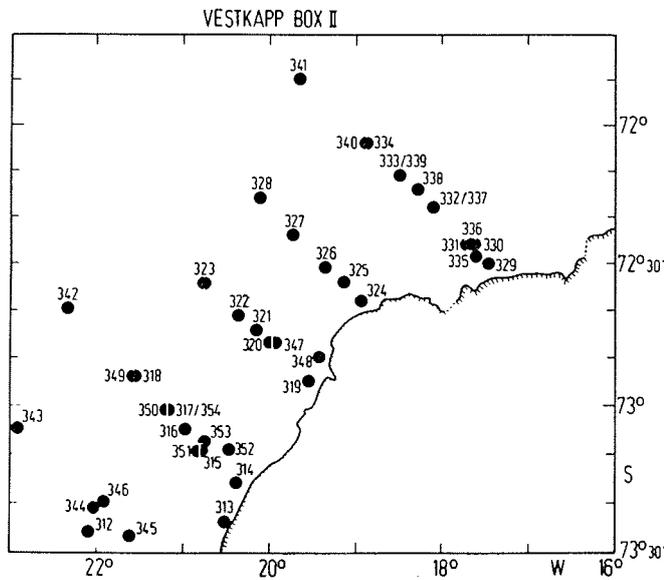


Abb. 2.6. Stationskarte vom Untersuchungsgebiet IV, 11.2.-21.2.85 (HEMPEL 1985a)

2.2 Behandlung der Proben an Bord

Das Probenmaterial (Zooplankton, Fischlarven, Fische) wurde direkt nach dem Fang in Wannen oder Eimern mit vorgekühltem Seewasser (0°C) in den Kühlcontainer transportiert und dort bei ca. 4°C weitersortiert, um Autoxidationsprozesse in den Lipiden zu vermeiden. Für die Analysen wurden, wenn möglich, nur lebende Tiere ausgewählt. Bei seltenen oder empfindlichen Tierarten, die dem Fang nicht lebend entnommen werden konnten, wurde besonders darauf geachtet, völlig intakte, nicht denaturierte Tiere (ohne weißliche Muskelverfärbung) für die Analysen einzufrieren. Neben der Artzugehörigkeit wurden die Körperlänge und, wenn möglich, Geschlecht und Entwicklungsstadium protokolliert. Bei der Bestimmung der Arten wurde ich von Frau Mizdalski, einer taxonomisch geschulten Technikerin, unterstützt. Sie sortierte auch die verschiedenen Copepoden- und Euphausiden-Larvenstadien unter dem Binokular (M5, Fa. WILD). Traten bei der Artbestimmung Schwierigkeiten auf, z.B. bei Mysidaceen oder Gammariden, so wurden neben den eingefrorenen Tieren gleichzeitig Exemplare dieser Art in Formalin konserviert, um sie dann später mit Hilfe von Experten bestimmen zu können.

Die einzelnen Individuen wurden gereinigt und in filtriertem Seewasser gespült, auf Fließpapier abgetupft und in Schnappdeckelgläsern bei -80°C schockgefroren. Während ANT III/3 wurde die Luft in den Gläsern zur Vermeidung von Oxidationsprozessen durch Stickstoff verdrängt. Euphausiaceen-Larven, Copepoden und kleine Fischlarven, die aufgrund ihrer Empfindlichkeit nicht mit Fließpapier in Berührung kommen durften, wurden mit einer Federstahlpinzette möglichst schonend in die Gläsern überführt und das Seewasser mit einer Pasteurpipette abgesaugt. Um für die Gewichtsbestimmung ausreichende Lipidmengen zu erhalten und individuelle Schwankungen auszugleichen, wurden von den sehr kleinen Tierarten möglichst viele Individuen gleichen Stadiums (z.B. 400 Calyptopen, 200 Copepodite, 50-100 Fischlarven) in einer Probe zusammengefaßt.

Tabelle 2.1 zeigt die verschiedenen Arten und Stadien, die während ANT II/2 und ANT III/3 gesammelt und für die vorliegende Untersuchung analysiert wurden.

Tabelle 2.1. Liste der analysierten Arten und Stadien

COPEPODA

Calanus propinquus C2, C3, C5, F, M

Calanoides acutus C5, F

Rhincalanus gigas C3, C4, C5, F

Metridia gerlachei C4, C5, F

Euchaeta antarctica, sp. C3, C4, C5, F, M

Euchirella rostromagna F

(C= Copepodit-Stadium, F= Weibchen, M= Männchen)

EUPHAUSIACEA

Euphausia superba C1, C2, juv., subadult, adult (F, M)

Euphausia crystallorophias C1-3, C2-3, C3, F1, juv., subadult, adult

Thysanoessa macrura F1-2, juv., subadult, adult

(C= Calyptopis, F1= Furcilie 1; F= Weibchen)

AMPHIPODA

Orchomene sp. (*plebs, rossi*)
Epimeriella macronyx
Eusirus propeperdentatus
Eusirus microps
Hyperiella sp. (*macronyx, dilatata*)
Hyperia macrocephala
Themisto gaudichaudii
Primno macropa
Vibilia sp. (*propinqua*)
Cyllopus lucasii, sp.
Uristes gigas
Tryphosella cf. *longitelson*
Cyphocaris richardi

MYSIDACEA

Antarctomysis ohlini juv., adult, F
(F=Weibchen)

DECAPODA

AcanthePHYRA pelagica larv., juv.

COELENTERATA

Calycopsis borchgrevinki
Diphyes antarctica Oberglocken, Unterglocken
Pyrostephos vanhoeffeni
Ctenophora indet.

GASTROPODA

Lamellariidae-Larven
Limacina helicina
Clione limacina
Clio pyramidata

CEPHALOPODA

Galiteuthis glacialis juv.

POLYCHAETA

Vanadis antarctica
Tomopteris carpenteri

CHAETOGNATHA

Sagitta gazellae
Sagitta marri
Eukrohnia hamata

TUNICATA

Salpa thompsoni

PISCES

Notothenia larseni postlarv.
Trematomus eulepidotus juv.
Pleuragramma antarcticum postlarv., juv.

2.3 Laboruntersuchungen

2.3.1 Feuchtgewichts- und Trockengewichtsbestimmung

Alle Gewichtsbestimmungen erfolgten auf einer elektronischen Analysenwaage, SARTORIUS 1712 MP8 (± 0.02 mg). Zur Feuchtgewichtsbestimmung wurden die Organismen in vorgewogene verschließbare Probengläser (SUPELCO) überführt und gewogen. Um ein Auftauen der Proben zu vermeiden, wurden die Probengläser vor und nach dem Wiegen in Flüssig-Stickstoff (-196°C) getaucht. Eventuell auftretende Artefakte durch diesen Kühlvorgang wurden über entsprechende Referenzmessungen an leeren Probengläsern korrigiert. Abgelesen wurde der niedrigste Wert, bevor Kondensation an den Gläsern einsetzte. Nach der Feuchtgewichtsbestimmung wurden die Proben mindestens 48 Stunden im Gefriertrockner (CHRIST ALPHA) schonend getrocknet und dann sofort in den verschlossenen Probengläsern gewogen. Die Ablesung erfolgte jeweils nach konstant 30 Sekunden, die Einschwingzeit der Waage betrug 15 Sekunden. Die gleiche Behandlung von leeren Probengläser ermöglichte eine Abschätzung des Einflusses von Temperatur und Luftdruck auf das Gewicht der Probengläser, so daß anhand einer Abweichung ihrer Leergewichte vor und nach der Gefriertrocknung eine Korrektur der Trockengewichtswerte vorgenommen werden konnte. Vor der Extraktion der Lipide wurden die Proben kurzfristig bei -80°C aufbewahrt.

2.3.2 Bestimmung des Gesamtlipidgehaltes

Unter dem Gesamtlipidgehalt versteht man den aus einer Probe extrahierbaren Lipidanteil. Als Universal-Extraktionsmittel dienen in der Regel Chloroform und Methanol. Der Gesamtlipidgehalt ist der prozentuale Gewichtsanteil der Lipide, bezogen auf das Feucht- bzw. Trockengewicht.

Zwei Verfahren zur Gesamtlipidbestimmung werden heute bevorzugt angewendet: die Sulfophosphovanillin-Methode nach ZÖLLNER & KIRSCH (1962) bzw. BARNES & BLACKSTOCK (1973) sowie die gravimetrische Bestimmung der Lipide nach FOLCH *et al.* (1957) bzw. BLIGH & DYER (1959). Die Sulfophosphovanillin-Methode (SPV-Methode) beruht auf einem photometrischen Verfahren, bei dem geringe Lipidmengen für die Analyse ausreichen. Sie hat jedoch den Nachteil, daß gleiche Lipidmengen verschiedener Lipidklassen (Phospholipide, Triglyceride, Wachse etc.) unterschiedliche Extinktionswerte ergeben, da die Farbreaktion von der Anzahl der einfachen Doppelbindungen in den Lipidklassen abhängig ist (ZÖLLNER & KIRSCH 1962). Für Tierarten unterschiedlicher Lipidklassenzusammensetzung muß daher eine genaue Kalibrierung der Extinktionswerte anhand bekannter Lipidmengen durchgeführt werden.

Nach CHRISTIE (1982) werden mit dem Verfahren nach FOLCH *et al.* (1957) 95-99% der Lipide aus dem Gewebe extrahiert (SPV-Methode: 95%). Ganglioside und gelegentlich einige Glykolipide können mit der wäßrigen Phase verloren gehen. HOPKINS *et al.* (1984a) haben umfangreiche Untersuchungen bezüglich möglicher Fehlerquellen bei der Extraktion der Lipide nach Folch *et al.* (1957) in Verbindung mit Proteinbestimmungen durchgeführt. Sie geben wertvolle Hinweise zur Vermeidung von Artefakten.

Die gravimetrische Methode von BLIGH & DYER (1959) wird in der Regel bei größeren Gewebemengen ($>1\text{g}$) angewendet, da der Lösungsmittelverbrauch bei diesem Verfahren geringer ausfällt. Bei den hier vorliegenden Gesamtlipidanalysen habe ich die gravimetrische Methode in Anlehnung an FOLCH *et al.* (1957) verwendet: Die Probe wird in ein vorgekühltes POTTER-Homogenisiergefäß überführt und kurz mit dem Spatel grob zerkleinert. Dann werden 5 ml Chloroform/Methanol (Nanograde) im Verhältnis 2/1 (Volumen/Volumen) zur Probe hinzugefügt. Das Chloroform/Methanol-Gemisch ist mit 0.01% Butylhydroxytoluol (BHT) als Antioxidanz versetzt. Die Probe

Flußdiagramm:

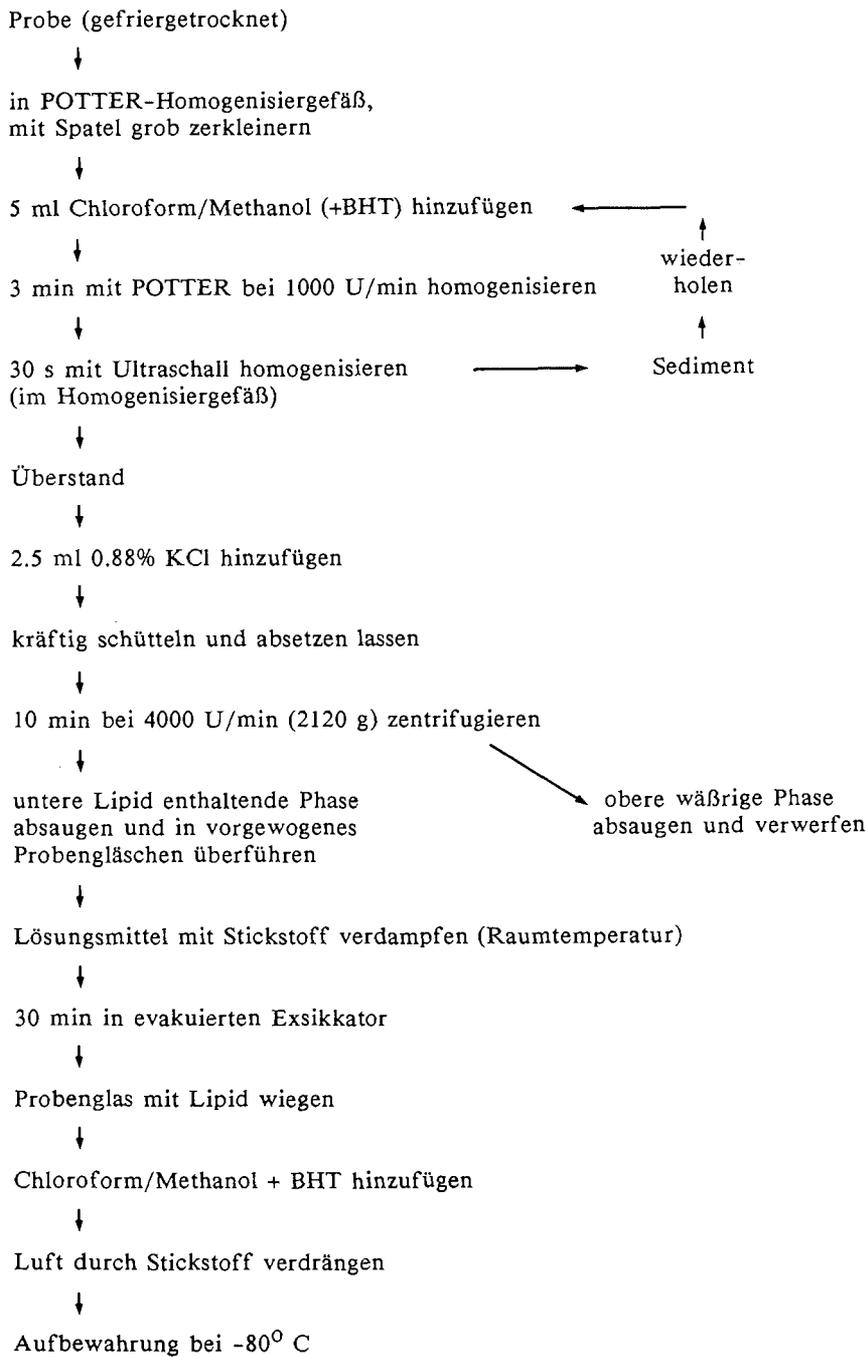


Abb. 2.7. Schema der Lipidextraktion

wird dann in einem Homogenisator POTTER S (Fa. BRAUN) ca. drei Minuten mit einem Teflonkolben bei 1000 Umdrehungen/min zerkleinert und danach im gleichen Gefäß 30 Sekunden mit einem Ultraschallhomogenisator (Fa. BRAUN) bearbeitet. Die Flüssigkeit wird in ein Zentrifugenglas dekantiert und auf Eis gestellt. Das im Homogenisiergefäß zurückbleibende Gewebehomogenat wird nochmals mit 5 ml Chloroform/Methanol (2/1, V/V) versetzt, erneut dem obigen Homogenisierverfahren unterworfen und danach dem Zentrifugenglas hinzugefügt. Während des gesamten Verfahrens wird die Probe mit Brucheis gekühlt und nach jedem Arbeitsgang wieder in Eis gelagert.

Für die Extraktion wird dem Zentrifugenglas 2.5 ml (ein Viertel des Lösungsmittelvolumens) 0.88% KCl-Lösung hinzugefügt und kräftig geschüttelt. Nachdem sich die Flüssigkeit gesetzt hat, wird zehn Minuten bei 4000 Umdrehungen/min (2120 g) zentrifugiert, so daß sich die wäßrige Phase über der organischen Phase absetzt. Die Gewebeteile befinden sich als gepreßtes Plättchen in der Grenzschicht der beiden Phasen. Die wäßrige Phase wird mit einer Pasteurpipette abgesaugt und verworfen, während die organische Phase mit den extrahierten Lipiden quantitativ in ein vorgewogenes Probenglas überführt wird. Die Gewebeteile verbleiben beim Absaugen an der Gefäßwand des Zentrifugengläschens. Die Lösungsmittel werden mit Hilfe von reinem Stickstoff verdampft und das Probenglas mit den zurückbleibenden Lipiden für 30 Minuten im evakuierten Exsikkator zum Trocknen aufbewahrt. Danach wird das Glas mit den Lipiden gewogen. Der Gesamtlipidgehalt ergibt sich nach Abzug des Glasgewichtes sowie einer Korrektur anhand der vorher und nachher gewogenen "Referenzgläser". Die Lipide werden dann in Chloroform/Methanol (2/1, V/V) gelöst, die Luft in den Gläsern zur Vermeidung von Oxidationsprozessen mit Stickstoff verdrängt und das Probengläschen zur weiteren Bearbeitung bei -80°C aufbewahrt. Der schematische Extraktionsablauf ist in Abb. 2.7 (Flußdiagramm) dargestellt. Insgesamt wurden von 42 verschiedenen Arten und 72 Stadien 497 Gesamtlipidanalysen durchgeführt.

2.3.3 Bestimmung der Lipidklassen

Die insgesamt in den Organismen vorhandenen Lipide setzen sich zusammen aus einer Vielzahl von Lipidklassen (verschiedene Phospholipide, freie Fettsäuren, Triglyceride ("Fette"), Wachsester etc.). Die herkömmlichen Verfahren zur quantitativen Bestimmung von Lipidklassen beruhen auf einer Trennung der Lipidklassen mittels Säulen- oder Dünnschichtchromatographie. Das Gewicht der einzelnen Lipidklassen kann dann gravimetrisch ermittelt werden. Hierzu sind jedoch größere Lipidmengen erforderlich. Eine häufig verwendete Methode, die jedoch einen hohen apparativen Aufwand erfordert, ist die quantitative Lipidklassenbestimmung mit Hilfe eines Photodensitometers oder Fluorometers. Außerdem besteht die Möglichkeit, die Lipidklassen nach der Trennung zurückzugewinnen und mit für die einzelnen Lipidklassen spezifischen Methoden zu quantifizieren. Diese Vorgehensweise ist jedoch sehr zeitaufwendig. Neue Verfahren, die sich die Fortschritte der "High-Performance-Liquid-Chromatography" (HPLC) zunutze machen, werden zur Zeit entwickelt. Es mangelt bisher jedoch an universellen HPLC-Detektoren, die auf die verschiedenen Komponenten eines Lipidgemisches mit der gleichen Empfindlichkeit reagieren (GURR & JAMES 1980). Die obigen Methoden werden ausführlich von CHRISTIE (1982) vorgestellt.

Das in der vorliegenden Arbeit angewandte Verfahren zur Trennung und Quantifizierung der Lipidklassen mit dem IATROSCAN MARK II TH 10 (ACKMAN 1981) wurde am "Institute of Marine Biochemistry" in Aberdeen entwickelt (FRASER *et al.* 1985). Die Trennung der Lipidklassen beruht hierbei auf dem Prinzip der Adsorptionschromatographie, das auch bei der Dünnschichtchromatographie Anwendung findet. Beim Iatroscan dienen als stationäre Phase jedoch nicht Dünnschichtplatten, sondern sogenannte CHROMARODS, mit gesintertem Kieselgur beschichtete Quarzstäbchen

(152 mm Länge, 0.92 mm Durchmesser). Zehn dieser Stäbchen sind in einem Metallrahmen befestigt. Dieser Rahmen mit den Stäbchen wird vor der eigentlichen Lipidanalyse im Iatroscan fixiert. Eine von Wasserstoff (0.75 kg/cm^2) und synthetischer Luft (2000 ml/min) gespeiste Flamme, die mit einem Flammenionisationsdetektor (FID) gekoppelt ist, wird an den Stäbchen entlanggeführt (3.1 mm/sec) und verbrennt in einem starken elektrischen Feld eventuell vorhandene unlösliche Rückstände auf den Stäbchen ("Scan"-Vorgang). Ließen sich Verunreinigungen nicht durch Abbrennen beseitigen, wurden die Chromarods über Nacht in Chromschwefelsäure gereinigt (ACKMAN 1981). Der Flammenionisationsdetektor registriert den Strom, der durch den Fluß der ionisierten Lipidbestandteile erzeugt wird und gibt die Signale zur Quantifizierung an einen an den Iatroscan angeschlossenen Integrator (HP 3392A) weiter. Im Leerlauf wird außerdem die Nullstellung des Iatroscan und die Basislinie des Integrators kontrolliert.

Auf die gereinigten und dabei "aktivierten" Chromarods können nun die entsprechenden Gesamtlipidproben mit Mikrokapillaren ($0.5 \mu\text{l}$, DESAGA) aufgetragen werden. Die auf ein Stäbchen aufgetragene Lipidmenge beträgt $40 \mu\text{g}/0.5 \mu\text{l}$ Chloroform/Methanol (2/1). Es werden jeweils Doppelproben analysiert. Nach jedem Analyselauf werden die Stäbchen ein zweites Mal durch die Flamme geführt, um sicher zu sein, daß keine Probenrückstände auf den Stäbchen verblieben sind. Zur Trennung der Neutrallipide bzw. der Polarlipide werden aufgrund ihres unterschiedlichen Adsorptionsverhaltens zwei verschiedene Gemische für die Chromatographie verwendet:

Neutrallipidtrennung: Hexan/Diethylether/Ameisensäure im Verhältnis 85/15/0.04

Polarlipidtrennung: Chloroform/Methanol/Aqua dest. im Verhältnis 70/35/3.5

Pro Trennlauf werden 85 ml des jeweiligen Gemisches in die mit Fließpapier ausgekleideten Entwicklungskammern gefüllt, ein Rahmen mit zehn Chromarods (SII) wird jeweils für die Polarlipidtrennung benutzt, der andere für die Neutrallipidtrennung. Hat die Lösungsmittelfront eine Höhe von 10 cm (Marke am Rahmen) erreicht, wird der Rahmen mit den Chromarods entnommen und die mobile Phase (Lösungsmittel etc.) in einem Trockenschrank bei 100°C innerhalb von 2.5 min entfernt.

Danach erfolgt die Analyse im Iatroscan, wobei die Signale vom FID an den Integrator weitergegeben werden. Der Integrator erstellt eine graphische Darstellung der Lipidklassenverteilung (Abb. 2.8). Wichtig für das Erkennen der verschiedenen Lipidklassen ist die Angabe der Retentionszeiten. Die Quantifizierung der Lipidklassen erfolgt anhand der vom Integrator angegebenen Gipfflächen.

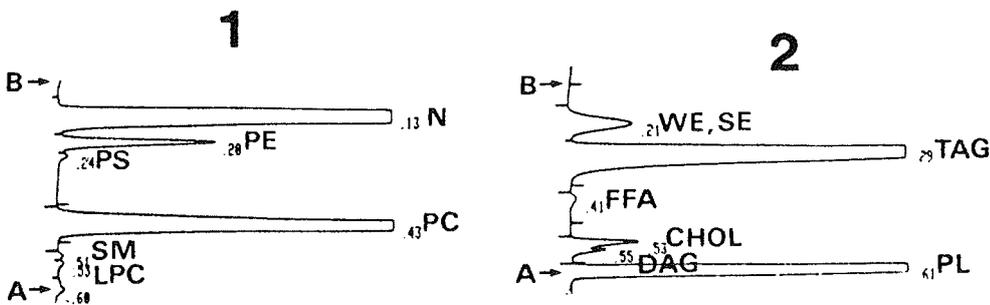


Abb. 2.8. Auftrennung der Lipide von *Euphausia superba*

1: Chromatogramm der **Polarlipidtrennung**. Neutrallipide N, Phosphatidylethanolamin PE, Phosphatidylserin PS, Phosphatidylcholin PC, Sphingomyelin SM, Lysophosphatidylcholin LPC. A: Auftragungspunkt der Lipide, B: Lösungsmittelfront

2: Chromatogramm der **Neutrallipidtrennung**. Wachsester WE und Sterolester SE, Triglyceride TAG, Freie Fettsäuren FFA, Cholesterol CHOL, Diglyceride DAG, Polarlipide PL. A: Auftragungsort der Lipide, B: Lösungsmittelfront

Die einzelnen Lipidklassen erzeugen bei gleicher Menge unterschiedlich starke Signale. Deshalb ist es für die Quantifizierung erforderlich, Eichkurven für die jeweiligen Lipidklassen zu erstellen. Da die einzelnen Lipidklassen sich je nach Menge auch untereinander beeinflussen, schlagen FRASER *et al.* (1985) vor, für die Kalibrierung Standardmischungsverhältnisse zu verwenden, die der zu analysierenden Lipidprobe ähneln. FRASER *et al.* (1985) benutzen für Fischeier und Fischlarven, also für phospholipidreiche Proben, folgende Standardzusammensetzung:

Phosphatidylcholin PC (für Phospholipide), Triolein TAG (für Triglyceride), Cholesterin CHOL (für Sterole), Oleinsäure FFA (für Freie Fettsäuren), Cholesteryloleat SE (für Sterolester) im Verhältnis 15/4/3/2/1. Für neutrallipidreiche Zooplanktonproben verwenden sie folgende Standardzusammensetzung: Phosphatidylcholin, Triolein, Palmitoyloleat WE (für Wachsester), Cholesterin und Oleinsäure im Verhältnis 3/3/3/1/1 (FRASER pers. Mitt.). In Ergänzung dazu wurden Eichkurven für zwei weitere Standardgemische angefertigt: Für Zooplankton mit sehr hohem Triglyceridgehalt benutzte ich folgende Standardzusammensetzung: TAG, PC, WE, CHOL, FFA im Verhältnis 15/3/3/1.5/1. Für wachsesterreiches Zooplankton verwendete ich folgende Standardzusammensetzung: TAG, PC, WE, CHOL, FFA im Verhältnis 15/4/3/2/1. Von den Standardgemischen wurden Verdünnungsreihen hergestellt, deren Gesamtlipidkonzentration 12,5, 25, 50, 75 und 100 mg/ml betragen. Alle Standards wurden von der Firma SIGMA Chemie GmbH bezogen. Diese Standards dienten auch zur Identifikation der Lipidklassen. Hierzu verwendete ich außerdem Diolein sowie Standards für die verschiedenen Phospholipide (Phosphatidylethanolamin, -serin, -inosit, Sphingomyelin, Lysophosphatidylcholin).

Nach doppelt logarithmischer Transformation der Kalibrier-Meßwerte (PARRISH & ACKMAN 1985) ergaben die Regressionsrechnungen für die verschiedenen Lipidklassen der jeweiligen Standardgemische die in Tab. 2.2 dargestellten Gleichungen (für Diolein wurde die Gleichung von Triolein verwendet). Die Prüfung der Korrelationskoeffizienten r auf Signifikanz gegen Null (einseitige Fragestellung) ergab Signifikanz auf dem 0.1%-Niveau (SACHS 1984).

Entsprechend den Untersuchungsergebnissen von KAITARANTA & NICOLAIDES (1981), MURRAY (1985) und FRASER *et al.* (1985) geht man davon aus, daß das Verhalten von Phosphatidylcholin (PC), Phosphatidylethanolamin (PE), Phosphatidylserin (PS), Phosphatidylinosit (PI), Sphingomyelin (SM) und Lysophosphatidylcholin (LPC) sehr ähnlich ist, so daß die Eichkurve von Phosphatidylcholin für alle obigen Phospholipide benutzt werden kann. Bei einem Vergleich des von ihnen entwickelten Iatroscan-Verfahrens mit einer Kombination aus gravimetrischen, kolorimetrischen und densitometrischen Analysemethoden stellen FRASER *et al.* (1985) auf dem 5%-Niveau keine signifikanten Unterschiede in den Ergebnissen fest. Auf dem schärfer trennenden 2%-Niveau ergeben sich signifikante Überschätzungen der Cholesterylester und signifikante Unterschätzungen für Phosphatidylethanolamin. Für genaueres Kalibrieren empfiehlt sich nach FRASER *et al.* (1985) daher ein Standardgemisch, das auch Phosphatidylethanolamin enthält. Der Sättigungsgrad der Lipidklassen beeinflusst die Quantifizierung des Iatroscan nur unwesentlich, wie ein Vergleich von stark ungesättigtem und hydrogeniertem Fischöl zeigt (FRASER *et al.* 1985).

Nach FRASER *et al.* (1985) wird die Quantifizierung der einzelnen Lipidklassen mit Hilfe des Polarlipidtrennlaufs über das Mengenverhältnis der polaren und neutralen Lipidklassen bestimmt. Der Polarlipidtrennlauf hat den Vorteil, daß während der Chromatographie beide Lipidgruppen vom Auftragungspunkt der Stäbchen mit der Lösungsmittelfront hochwandern, so daß durch die Auftragung bedingte Artefakt-Signale von den Lipidsignalen getrennt werden können. Beim Neutrallipidtrennlauf verbleiben die Polarlipide am Ursprung.

Tab. 2.2. Regressionsgleichungen der Kalibrierkurven
(jeweils 5 Konzentrationen von 12.5 - 100 mg/ml mit jeweils 10 Meßwerten)

Lipid- klasse	Anteil	$y = a x^b$	Korr.koeff. r	%Std.abw. (min.-max.)
Neutrals:		$y = 3504 x^{1.8875}$	0.9999	1.5- 8.6
PC:	15	$y = 23741 x^{1.3806}$	0.9990	2.2- 4.5
TAG:	4	$y = 5767 x^{1.8432}$	0.9999	4.9-10.4
SE:	1	$y = 9823 x^{1.4315}$	0.9980	8.8-14.1
FFA:	2	$y = 6297 x^{1.5680}$	0.9995	8.1-19.1
CHOL:	3	$y = 9412 x^{1.9490}$	0.9999	6.6-18.2
Neutrals:		$y = 5910 x^{1.7339}$	0.9961	2.3- 5.9
PC:	3	$y = 23234 x^{1.3638}$	0.9999	3.3- 6.4
TAG:	3	$y = 8827 x^{1.7077}$	0.9994	6.1- 8.5
WE:	3	$y = 6876 x^{1.7367}$	0.9995	6.3-14.3
FFA:	1	$y = 8899 x^{1.4403}$	0.9977	9.5-34.5
CHOL:	1	$y = 14982 x^{1.7797}$	0.9991	14.6-18.3
Neutrals:		$y = 10218 x^{1.5753}$	0.9973	2.8- 6.7
PC:	3	$y = 8403 x^{1.6599}$	0.9996	5.8- 8.5
TAG:	15	$y = 16817 x^{1.5158}$	0.9988	4.6- 8.3
WE:	3	$y = 7398 x^{1.4813}$	0.9997	9.7-17.3
FFA:	1	$y = 7862 x^{1.3544}$	0.9992	13.6-20.5
CHOL:	1.5	$y = 14311 x^{1.5910}$	0.9995	10.4-19.4
Neutrals:		$y = 11954 x^{1.6062}$	0.9956	2.9- 5.4
PC:	4	$y = 11534 x^{1.5286}$	1.0000	5.0- 7.8
TAG:	3	$y = 12422 x^{1.4054}$	0.9979	9.4-20.7
WE:	15	$y = 13141 x^{1.6330}$	0.9987	4.5-11.5
FFA:	1	$y = 8695 x^{1.3035}$	0.9997	10.3-17.1
CHOL:	2	$y = 14415 x^{1.6515}$	0.9996	9.4-18.6

Nach Addition aller vom Integrator ausgegebenen Flächen der Polarlipidklassen erhält man über die Phosphatidylcholin-Eichkurve eine Gewichtsangabe, die dieser Gesamtfläche entspricht. Analog ergibt sich aus der Neutrallipidfläche mit Hilfe der Neutrallipid-Eichkurve ein dieser Fläche entsprechendes Gewicht. Aus diesen beiden Gewichtsangaben läßt sich die prozentuale Verteilung der Polar- und Neutrallipide berechnen. Die Flächen der einzelnen Polarlipidklassen dividiert durch die Gesamtfläche der Polarlipide und multipliziert mit dem Anteil der Polarlipide ergibt den prozentualen Anteil der einzelnen Polarlipidklassen an der Gesamtlipidprobe.

Die Berechnung der Neutrallipidklassen ist etwas komplizierter, da aufgrund ihres unterschiedlichen Verhaltens für jede eine eigene Eichkurve herangezogen wird. Zunächst bestimmt man über die aus dem Neutrallipidtrennlauf erhaltenen Flächen der einzelnen Neutrallipidklassen das diesen entsprechende Gewicht anhand der verschiedenen Neutrallipid-Eichkurven. Aus diesen Gewichten, dividiert durch das Gesamtgewicht der Neutrallipide und multipliziert mit dem Anteil der Neutrallipide, erhält man den prozentualen Anteil der einzelnen Neutrallipidklassen an der Gesamtlipidprobe.

Da sich die Kalibrierkurven in guter Näherung als Gleichungen ausdrücken lassen, ist es möglich, alle oben genannten Rechenschritte in einem Rechen-Programm zu vereinen. Die integrierten Flächen der einzelnen Lipidklassen werden in einen Taschenrechner SHARP PC 1401 eingegeben. Als Ergebnis erhält man die prozentualen Anteile der einzelnen Lipidklassen.

Insgesamt wurden auf diese Weise an 405 Planktonproben Lipidklassenanalysen durchgeführt.

3 ANALYSENERGEBNISSE

Die Meßergebnisse werden mit Stationsdaten in Form von Tabellen dargestellt, da sich die Gesamtheit der Analysedaten nicht hinreichend in Diagrammen wiedergeben läßt. Zum besseren Verständnis der Tabellen werden die dort benutzten Abkürzungen sowie einige Bezeichnungen hier kurz erläutert:

Stat.No.: Stationsnummer

Stage: Entwicklungsstadium (Calyptopis, Furcilie, Copepodit, Weibchen etc.)

Sex: Geschlecht (F: Weibchen, M: Männchen)

Approx. Length (mm): normalerweise Gesamtlänge, bei Euphausiaceen und Mysidaceen Distanz Augenvorderrand - Telsonende, bei Fischen Standardlänge

Total Number (n): Anzahl der in einer Probe enthaltenen Individuen

Mean WetWt (g): durchschnittliches Feuchtgewicht eines Individuums in Gramm

Mean DryWt (g): durchschnittliches Trockengewicht eines Individuums in Gramm

Mean Lipid (g): durchschnittliches Lipidgewicht eines Individuums in Gramm

Total Lipid %WetWt: Gesamtlipidgehalt in Prozent des Feuchtgewichts

Total Lipid %DryWt: Gesamtlipidgehalt in Prozent des Trockengewichts

Polar: Prozentualer Anteil der polaren Lipidklassen am Gesamtlipidgehalt

Neutral: Prozentualer Anteil der neutralen Lipidklassen am Gesamtlipidgehalt

Abkürzungen für die einzelnen polaren und neutralen Lipidklassen, dargestellt jeweils in Prozent des Gesamtlipidgehalts:

Polare Lipidklassen

PE: Phosphatidylethanolamin

PS: Phosphatidylserin

PI: Phosphatidylinosit

PC: Phosphatidylcholin (Lecithin)

SM: Sphingomyelin

LPC: Lysophosphatidylcholin

Neutrale Lipidklassen

WE+SE: Wachsester- und Sterolester-Fraktion

TAG: Triglycerid (Triacylglycerin)

FFA: Freie Fettsäuren (Free Fatty Acids)

CHOL: Cholesterin, Sterole

DAG: Diglycerid (Diacylglycerin)

UNID: Nicht identifizierte Neutrallipidklasse

Mean: Arithmetisches Mittel

Std.Dev.: Standardabweichung

0.0: nicht nachgewiesene Lipidklassenanteile, die jedoch in geringen Mengen vorhanden sein können

Bei einigen Arten werden Lipidklassenanteile zu einem Wert zusammengefaßt (PS+PI, SM+LPC, CHOL+DAG), da die Analyse keine hinreichende Trennung dieser Lipide im Chromatogramm ergab.

3.1 Copepoden

Calanoides acutus (GIESBRECHT, 1902)

Von der Art *Calanoides acutus* konnten Copepodit-C5-Stadien und Weibchen vom November 1983 (Antarktische Halbinsel) und Januar/Februar 1985 (Weddellmeer) untersucht werden. Wie Tab. 3.1 und Abb. 3.1-3.4 verdeutlichen, ergeben sich klare

Unterschiede zwischen beiden Jahreszeiten bzw. Regionen. Die C5-Stadien vom November 1983 haben mit 20.7% Lipidgehalt prozentual weniger als die Hälfte des durchschnittlichen Lipidgehalts der C5-Stadien vom Januar/Februar 1985 aus dem Weddellmeer (44.1%). Die absolute Lipidmenge ist bei den November-Copepoditen der Halbinsel im Vergleich zu den C5-Stadien der Vestkapp Box sogar um ungefähr eine Größenordnung kleiner, dieser Sachverhalt stellt sich prozentual aufgrund des ebenfalls geringen Körpergewichts jedoch nicht so gravierend dar. Ein ähnliches Verteilungsbild ist bei den Weibchen festzustellen. Im November 1983 an der Antarktischen Halbinsel haben die Weibchen einen Lipidgehalt von durchschnittlich 20.6%, im Weddellmeer (Januar-Vestkapp Box) liegt der Wert bei durchschnittlich 46.9%. Auffällig sind wiederum die starken Unterschiede in den Absolutwerten, die ein drei- bis vierfaches Körpergewicht und ca. achtfaches Lipidgewicht der Weddellmeer-Tiere demonstrieren. Erstaunlich ist das geringe Körpergewicht, bei dem *C. acutus* im November an der Halbinsel C5-Stadien und adulte Weibchen ausbildet (Tab. 3.1 und Abb. 3.1).

Deutliche Unterschiede im Körpergewicht und Lipidgewicht ergeben sich auch bei einem Vergleich der Daten der Januar-Vestkapp Box mit den Daten aus der Filchner Graben Region und der Februar-Vestkapp Box. In den beiden zuletzt genannten Gebieten sind die C5-Stadien durchschnittlich um ein Viertel leichter und um ein Drittel "magerer". Möglicherweise handelt es sich bei den leichteren Copepoditen um ein jüngeres C5-Stadium, während die C5-Stadien der Januar-Vestkapp Box - mit einer Ausnahme - fortgeschrittener sind und schon fast das Gewicht der Weibchen dieser Box erreicht haben. In Abb. 3.1 ist die absolute Lipidzunahme in Abhängigkeit vom Trockengewicht dargestellt. Trotz regionaler und zeitlicher Unterschiede bei der Probennahme ergeben die Daten der C5-Stadien eine einheitliche Kurve ohne große Abweichungen. Gut zu erkennen sind die Gewichtsschwankungen der C5-Stadien - je 200 Tiere - innerhalb einer Box. Bei den Weibchen der Januar-Vestkapp Box lassen die wenigen Daten vermuten, daß sich aufgrund von Reproduktionsprozessen Verschiebungen im Lipidhaushalt ergeben.

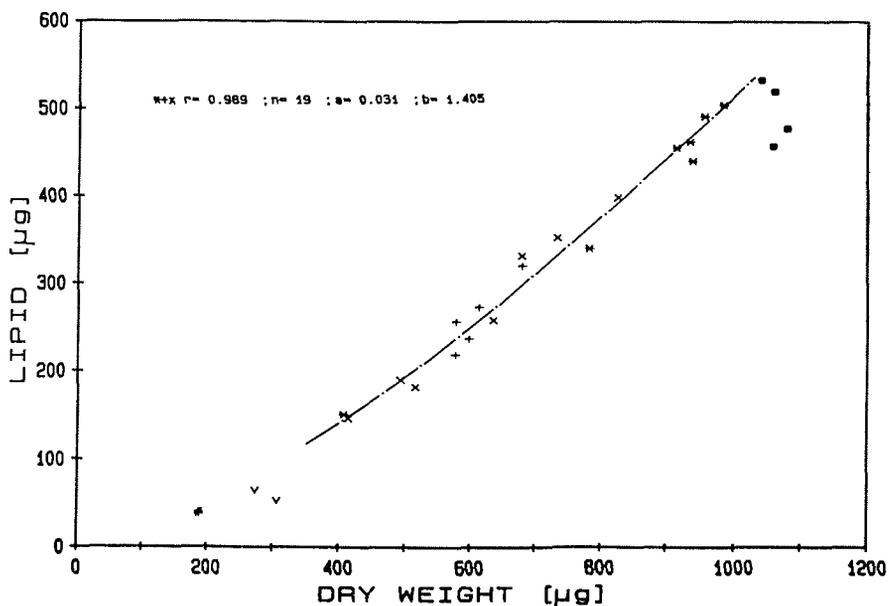


Abb. 3.1. Lipid-/Trockengewichtsbeziehung von *Calanoides acutus* (Nov. 1983, Antarktische Halbinsel: C5 #, Weibchen v; Jan./Feb. 1985, Weddellmeer: C5 * (Jan.-Box), C5 + (Vahsel Bucht/Gould Bay), C5 x (Feb.-Box); Weibchen • (Jan.-Box); doppelt logarithmische Regression

Tab. 3.1. Stationsdaten und Messergebnisse von *Calanoides acutus* Copepodit 5 (C5), Females (F); Antarktische Halbinsel 1983; Weddell. See 1985

Stat. No.	Date D/M/Y	Haul Depth (m)	Stage C5,F	Total Number (n)	Mean WetWt (g)	Mean DryWt (g)	Mean Lipid (g)	Total Lipid %WetWt	Total Lipid %DryWt	Po-lar	Neu-tral	Lipid Class Composition in Percent of Total Lipid										
												PI	PS+	PC	SM	LPC	WE+	TAG	FFA	CHOL	DAG	
143	04/11/83	200-0	C5	100	0.00177	0.000188	0.000039	2.2	20.7	22.9	77.1	5.4	0.6	14.3	2.1	0.5	63.5	3.6	6.9	2.0	1.0	
306	07/02/85	215-0	C5	200	0.00408	0.000577	0.000219	5.4	38.0													
299	05/02/85	240-0	C5	200	0.00380	0.000578	0.000257	6.8	44.5	5.0	95.0	1.8	0.0	2.8	0.3	0.1	92.0	2.4	0.0	0.7	0.0	
298	05/02/85	198-0	C5	100	0.00425	0.000598	0.000237	5.6	39.6													
307	08/02/85	230-0	C5	200	0.00406	0.000613	0.000273	6.7	44.6	4.1	95.9	1.2	0.0	2.7	0.2	0.0	92.9	3.0	0.0	0.0	0.0	
309	09/02/85	220-0	C5	200	0.00401	0.000680	0.000320	8.0	47.1	3.9	96.1	1.1	0.0	2.6	0.2	0.0	92.9	3.1	0.0	0.0	0.0	
Mean					0.00404	0.000609	0.000261	6.5	42.7	4.3	95.7	1.4	0.0	2.7	0.2	0.0	92.6	2.8	0.0	0.2	0.0	
317	12/02/85	175-0	C5	200	0.00382	0.000413	0.000146	3.8	35.3	7.6	92.4	2.4	0.0	4.7	0.5	0.0	88.4	3.1	0.0	0.9	0.0	
336	16/02/85	180-0	C5	200	0.00387	0.000492	0.000190	4.9	38.7	5.4	94.6	1.6	0.0	3.5	0.0	0.4	90.9	3.2	0.0	0.4	0.0	
315	12/02/85	190-0	C5	200	0.00405	0.000514	0.000182	4.5	35.5													
318	12/02/85	205-0	C5	100	0.00395	0.000635	0.000258	6.5	40.6													
349	21/02/85	165-0	C5	50	0.00389	0.000679	0.000331	8.5	48.8	3.8	96.2	1.6	0.0	1.9	0.0	0.3	93.3	2.9	0.0	0.0	0.0	
320	13/02/85	220-0	C5	200	0.00406	0.000734	0.000352	8.7	48.0	3.3	96.7	1.3	0.0	1.8	0.0	0.1	93.8	2.9	0.0	0.0	0.0	
327	14/02/85	205-0	C5	200	0.00391	0.000825	0.000398	10.2	48.3	2.3	97.7	1.0	0.0	1.4	0.0	0.0	94.6	3.0	0.0	0.0	0.0	
Mean					0.00393	0.000613	0.000265	6.7	42.1	4.5	95.5	1.6	0.0	2.7	0.1	0.2	92.2	3.0	0.0	0.3	0.0	
252	23/01/85	210-0	C5	196	0.00334	0.000406	0.000151	4.5	37.1	5.8	94.2	1.8	0.0	3.2	0.4	0.4	90.1	2.7	0.6	0.9	0.0	
254	23/01/85	215-0	C5	200	0.00407	0.000783	0.000340	8.4	43.4													
263	25/01/85	200-0	C5	200	0.00470	0.000915	0.000455	9.7	49.7													
258	24/01/85	227-0	C5	200	0.00473	0.000935	0.000462	9.8	49.4	2.8	97.2	1.0	0.2	1.4	0.0	0.2	93.7	3.5	0.0	0.0	0.0	
271	27/01/85	190-0	C5	200	0.00458	0.000939	0.000440	9.6	46.9													
267	26/01/85	202-0	C5	200	0.00464	0.000956	0.000491	10.6	51.3	2.6	97.4	1.0	0.0	1.5	0.1	0.0	93.8	3.6	0.0	0.0	0.0	
267	26/01/85	202-0	C5	200	0.00483	0.000984	0.000504	10.4	51.2													
Mean					0.00441	0.000845	0.000406	9.0	47.0	3.7	96.3	1.3	0.1	2.0	0.2	0.2	92.5	3.3	0.2	0.3	0.0	
143	04/11/83	200-0	F	100	0.00186	0.000273	0.000065	3.5	23.8	21.1	78.9	5.2	0.6	12.1	2.6	0.6	66.5	4.1	5.8	1.5	1.0	
143	04/11/83	200-0	F	100	0.00264	0.000306	0.000053	2.0	17.3	19.4	80.6	4.9	0.1	13.0	0.9	0.5	69.3	3.0	5.1	1.7	1.5	
Mean					0.00225	0.000290	0.000059	2.8	20.6	20.2	79.7	5.1	0.4	12.6	1.8	0.6	67.9	3.6	5.5	1.6	1.3	
258	24/01/85	227-0	F	58	0.00600	0.001041	0.000532	8.9	51.1	3.8	96.2	1.1	0.0	2.3	0.0	0.4	91.9	4.0	0.0	0.4	0.0	
263	25/01/85	200-0	F	100	0.00635	0.001058	0.000457	7.2	43.2													
267	26/01/85	202-0	F	150	0.00604	0.001061	0.000519	8.6	48.9	3.4	96.6	1.1	0.0	2.2	0.1	0.0	92.2	4.5	0.0	0.0	0.0	
271	27/01/85	190-0	F	200	0.00615	0.001079	0.000477	7.8	44.2													
Mean					0.00613	0.001059	0.000496	8.1	46.9	3.6	96.4	1.1	0.0	2.3	0.1	0.2	92.0	4.3	0.0	0.2	0.0	

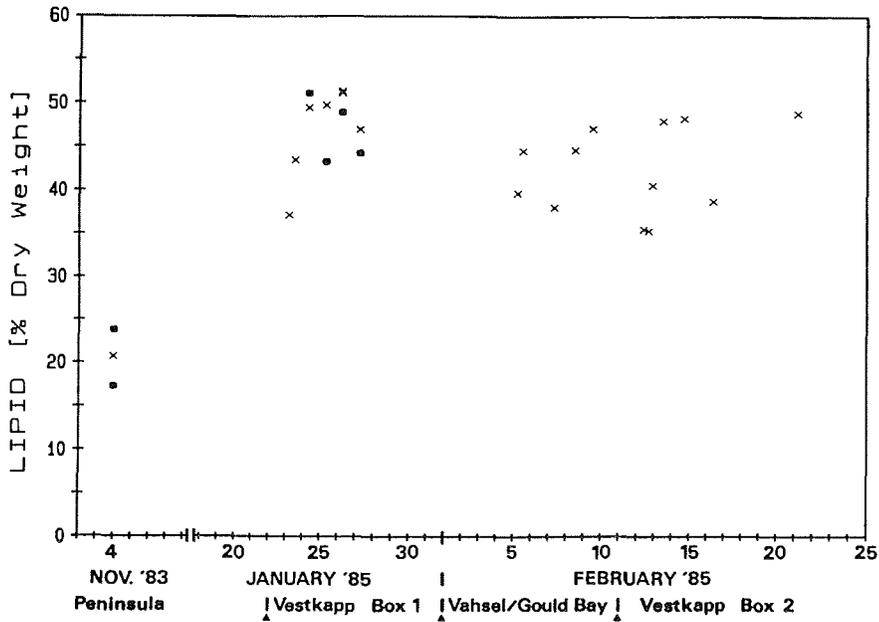


Abb. 3.2. Lipidgehalt von *Calanoides acutus* im Verlaufe des Untersuchungszeitraums (CS-Stadien x, Weibchen •)

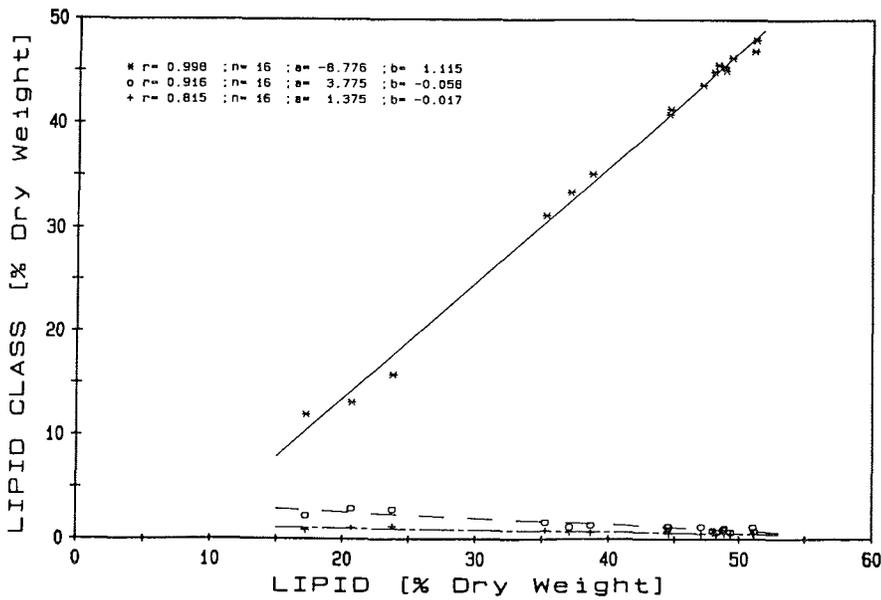


Abb. 3.3. Lipidklassen (% TG)/Lipidgehalt von *Calanoides acutus* (Antarktische Halbinsel, Weddellmeer); Wachsester *, Phosphatidylcholin o, Phosphatidylethanolamin +, lineare Regression

Abb. 3.2 stellt die Lipidgehalte von *C. acutus* (in % des Trockengewichts, %TG) in Abhängigkeit vom Untersuchungszeitraum dar. Zwischen den zu verschiedenen Zeitpunkten gewonnenen Gruppen von C5-Stadien des Weddellmeeres ergeben sich keine signifikanten Unterschiede bezüglich einer Lipidanreicherung ($r = 0.28$). Die untersuchten Tiere haben schon Ende Januar Maximalwerte von 51% Lipidgehalt, der Durchschnittslipidgehalt während der Januar-Vestkapp Box beträgt 47.0%, nimmt dann im Gebiet des Filchner Grabens (Vahsel Bucht/Gould Bay) und später in der Februar-Vestkapp Box auf durchschnittlich 42-43% ab. Geht man jedoch davon aus, daß innerhalb der Saison (Freißphase) bei *C. acutus* vorherrschend das Stadium der Individualentwicklung über den Lipidgehalt entscheidet und nicht der saisonale Effekt, wie es Abb. 3.1 andeutet, daß also die leichteren Tiere einen geringeren Lipidgehalt haben, so würde dieser Zusammenhang die geringeren Lipidgehalte der später gefangenen, leichteren Tiere aus der Filchner Graben Region und der Februar-Vestkapp Box erklären. Die Kurve in Abb. 3.1 läßt sich sozusagen als "Eichkurve" benutzen. Da zwischen dem Lipidgewicht und dem Trockengewicht mit $b = 1.4$ ein Zusammenhang gemäß einer Potenzfunktion besteht, erhöht sich mit steigendem Trockengewicht der C5-Stadien der prozentuale Lipidgehalt dieser Tiere von ca. 35% bei den leichtesten C5-Stadien auf ca. 50% gegen Ende der Entwicklung beim Übergang zu den adulten Weibchen.

Abb. 3.3 verdeutlicht, daß die Lipidanreicherung fast ausschließlich auf einer Zunahme der Wachsester beruht, während der Anteil der Phospholipide Phosphatidylcholin und -ethanolamin leicht abnimmt. Abb. 3.4 spiegelt die Unterschiede zwischen den November-Tieren (Antarktische Halbinsel) und den Januar/Februar-Tieren (Weddellmeer) bezüglich der Lipidklassen-Zusammensetzung wider. Die Phospholipide der C5-Stadien bzw. der Weibchen vom November 1983 haben einen Anteil von 22.9% bzw. 20.2% am Gesamtlipid, die Wachsester liegen bei 63.5% bzw. 67.9%. Dagegen ist der Phospholipidanteil der C5-Stadien bzw. der Weibchen aus dem Weddellmeer mit ca. 4% extrem gering, während die Wachsester ca. 92% des Gesamtlipids ausmachen.

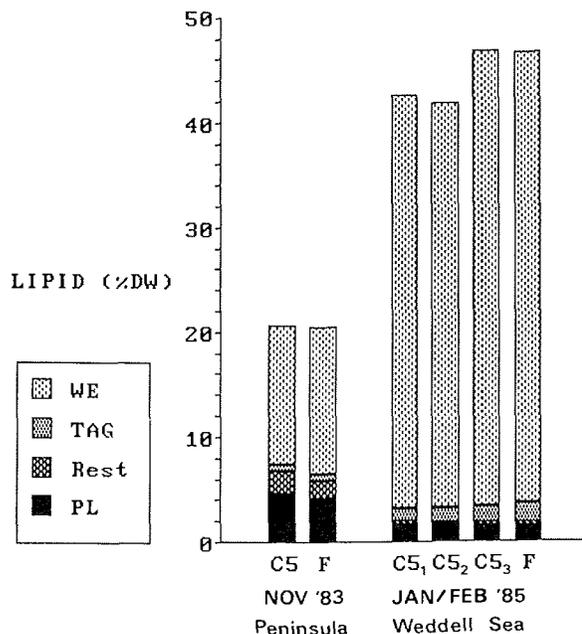


Abb. 3.4. Lipidgehalt und -zusammensetzung von *Calanoides acutus* (C5₁: C5-Stadium (Vahsel Bucht/Gould Bay), C5₂: C5-Stadium (Feb.-Box), C5₃: C5-Stadium (Jan.-Box), in der Reihenfolge des Trockengewichts, F: Weibchen (Antarktische Halbinsel bzw. Jan.-Box)

Calanus propinquus BRADY, 1883

Von *Calanus propinquus* standen nur Individuen aus dem Weddellmeer zur Verfügung, neben C5-Stadien und Weibchen konnten auch jüngere Copepodit-Stadien (C2, C3) und Männchen analysiert werden (Tab. 3.2 und Abb. 3.5-3.8). Die C2-Stadien (Februar-Vestkapp Box) zeichnen sich durch den geringsten Lipidgehalt (18.1%) aller Stadien aus, die Lipide bestehen vorrangig aus Triglyceriden (42.3%), Wachsester (26.8%) und Phospholipiden (24%). Bei den C3-Stadien (Februar-Vestkapp Box) erhöht sich der Lipidgehalt auf 20.7%, die Wachsester (10.6%) und die Phospholipide (16.0%) nehmen zugunsten der Triglyceride (68.5%) prozentual ab (Abb. 3.5).

Die C5-Stadien zeigen deutliche Unterschiede zwischen den beiden Boxen (Abb. 3.5-3.8). Während der Januar-Vestkapp Box beträgt ihr Lipidgehalt 25.6%. Die Phospholipide (7.5%) und die Wachsester (4.1%) sind im Vergleich zu den C3-Stadien (Februar-Box) prozentual in geringen Mengen vorhanden, während die Triglyceride die Hauptmasse (84.7%) der Lipide ausmachen. Diese Entwicklung setzt sich während der Februar-Box fort, der Lipidgehalt der C5-Stadien verdoppelt sich prozentual annähernd (47.1%), die Triglyceride stellen einen Anteil von 93.8%. Die mit (R) in Tab. 3.2 gekennzeichnete C5-Probe dieser Art fiel durch rot gefärbte hintere Cephalothorax-Hälften auf, zeigte jedoch bezüglich der untersuchten Lipide keine Unterschiede.

Die Situation bei den Weibchen von *C. propinquus* ähnelt der der C5-Stadien (Abb. 3.5, 3.6 und 3.8). Während der Januar-Vestkapp Box beträgt ihr Lipidgehalt 25.3%, die Triglyceride stellen mit 83.3% den bei weitem größten Anteil aller Lipide. Während der Februar-Box steigt der Lipidgehalt der Weibchen auf durchschnittlich 42.8% an, diese Lipide bestehen weitgehend aus Triglyceriden (92.8%). Die getrennt analysierten Weibchen mit roten Cephalothorax-Hälften (R) weichen von den anderen Weibchen deutlich ab (Körpergewicht, Lipidgehalt und Triglyceridgehalt geringer). Die recht seltenen Männchen wurden während der Februar-Box gefangen. Ihr Körpergewicht und auch ihr prozentualer Lipidgehalt (24.3%) sind im Vergleich zu den Weibchen deutlich kleiner, die Triglyceride machen nur einen Anteil von 71.5% der Lipide aus (Wachsester 14.5%, Phospholipide 12.6%, Abb. 3.5).

Insgesamt läßt sich also bei dieser herbivoren Copepodenart im Verlaufe von drei bis vier Wochen bei den C5-Stadien und den Weibchen eine starke Lipidanreicherung in Form von Triglyceriden feststellen. Zu bedenken ist natürlich, daß es sich bei den während der Februar-Box gesammelten Tieren nicht um dieselbe Population handelt, die während der Januar-Box beprobt wurde, da diese Tiere inzwischen mit der Strömung weitergedriftet sind.

In Abb. 3.7 sind die Gewichte der verschiedenen Lipidklassen von *C. propinquus* in Abhängigkeit vom Trockengewicht dargestellt. Eine Kurve charakterisiert die Triglyceridanreicherung der Copepodit-Stadien der Februar-Box mit zunehmendem Trockengewicht. Eine zweite Kurve mit einem geringeren Triglycerid/Trockengewichtsverhältnis beschreibt diesen Zusammenhang für die Weibchen der Februar-Box (Ursache Reproduktion?). Die Daten der C5-Stadien bzw. der Weibchen der Januar-Box lassen sich durch die entsprechenden Kurven der Februar-Box nicht beschreiben. Sie zeigen ein jeweils geringeres Triglycerid/Trockengewichtsverhältnis. Bei den Phospholipiden (PC, PE) ist nur eine geringfügige Zunahme festzustellen. Abb. 3.7 belegt, daß diese Unterschiede fast ausschließlich auf die Triglycerid-Speicherung zurückzuführen sind.

Das Verhalten der Lipidklassen (TAG, PC, PE) in Abhängigkeit vom Lipidanteil demonstriert die Abb. 3.8. In dieser Abbildung wird ebenfalls die starke lineare Zunahme der Triglyceride deutlich, während die Phospholipide kaum Veränderungen zeigen.

Tab. 3.2. Stationsdaten und Messergebnisse von *Calanus propinquus* Copepodite C2, C3, C5, Females (F), Males (M), Farbvariante (R); Weddell See 1985

Stat. No.	Date D/M/Y	Haul Depth (m)	Stage C,F,M	Total Number (n)	Mean WetWt (g)	Mean DryWt (g)	Mean Lipid (g)	Total Lipid %WetWt	Total Lipid %DryWt	Po-lar	Neu-tral	Lipid Class Composition in Percent of Total Lipid									
												PE	PS+ PI	PC	SM	LPC	WE+ SE	TAG	FFA	CHOL	DAG
326	14/02/85	225-0	C2	175	0.00064	0.000079	0.000014	2.2	18.1	24.0	76.0	10.7	0.3	11.9	0.7	0.3	26.8	42.3	4.0	3.0	0.0
318	12/02/85	205-0	C3	170	0.00173	0.000218	0.000040	2.3	18.2	16.3	83.7	7.4	0.3	7.5	0.8	0.3	10.0	68.5	2.7	2.5	0.0
324	14/02/85	205-0	C3	92	0.00211	0.000254	0.000059	2.8	23.4	14.8	85.1	4.9	0.3	9.1	0.5	0.0	10.7	70.1	2.3	1.9	0.0
326	14/02/85	225-0	C3	115	0.00185	0.000259	0.000053	2.9	20.6	16.9	83.1	7.9	0.5	7.7	0.8	0.0	11.0	67.0	2.8	2.3	0.0
Mean					0.00190	0.000244	0.000051	2.7	20.7	16.0	84.0	6.7	0.4	8.1	0.7	0.1	10.6	68.5	2.6	2.2	0.0
254	23/01/85	215-0	C5	45	0.00584	0.000763	0.000216	3.7	28.3	7.9	92.1	3.2	0.3	3.9	0.4	0.1	5.8	82.7	2.4	1.1	0.0
259	24/01/85	220-0	C5	200	0.00950	0.000950	0.000210	2.2	22.1	7.1	92.9	2.9	0.1	3.4	0.2	0.5	2.7	85.3	2.9	1.9	0.0
260	24/01/85	190-0	C5	117	0.01038	0.001045	0.000278	2.7	26.6	7.2	92.8	2.9	0.0	3.7	0.2	0.4	4.1	86.1	1.4	1.2	0.0
264	26/01/85	220-0	C5	100	0.01008	0.001031	0.000261	2.6	25.3	7.6	92.4	2.8	0.0	3.5	0.4	0.9	3.6	84.7	2.6	1.5	0.0
Mean					0.00895	0.000947	0.000241	2.8	25.6	7.5	92.5	3.0	0.1	3.6	0.3	0.5	4.1	84.7	2.3	1.4	0.0
318	12/02/85	205-0	C5	200	0.00546	0.001096	0.000449	8.2	41.0	4.7	95.3	1.6	0.0	2.4	0.3	0.4	1.2	93.4	0.0	0.6	0.0
324	14/02/85	205-0	C5	135	0.00542	0.001327	0.000648	11.9	48.8	5.0	95.0	2.0	0.0	2.6	0.1	0.2	1.5	92.8	0.0	0.8	0.0
326	14/02/85	225-0	C5	200	0.00530	0.001263	0.000552	10.4	43.7	3.9	96.1	1.4	0.0	2.0	0.1	0.4	1.2	94.4	0.0	0.5	0.0
339	16/02/85	205-0	C5(R)	168	0.00606	0.001250	0.000603	9.9	48.2	4.5	95.5	1.7	0.0	2.3	0.1	0.3	1.5	93.5	0.0	0.5	0.0
339	16/02/85	205-0	C5	200	0.00562	0.001307	0.000591	10.5	45.2	4.7	95.2	1.7	0.0	2.2	0.3	0.5	0.5	93.8	0.0	1.0	0.0
349	21/02/85	165-0	C5	81	0.00618	0.001543	0.000859	13.9	55.7	3.9	96.1	1.6	0.0	2.1	0.2	0.0	0.7	95.0	0.0	0.4	0.0
Mean					0.00567	0.001298	0.000617	10.8	47.1	4.5	95.5	1.7	0.0	2.3	0.2	0.3	1.1	93.8	0.0	0.6	0.0
254	23/01/85	215-0	F	46	0.00929	0.001418	0.000433	4.7	30.6	7.4	92.6	2.2	0.0	4.2	0.4	0.6	6.6	82.1	2.4	1.4	0.0
259	24/01/85	220-0	F	200	0.01145	0.001544	0.000408	3.6	26.4	6.9	93.1	2.3	0.0	4.0	0.2	0.3	1.7	87.9	2.1	1.4	0.0
260	24/01/85	190-0	F	200	0.01494	0.001736	0.000474	3.2	27.3	6.9	93.1	2.3	0.0	4.2	0.3	0.0	2.3	89.7	0.0	1.1	0.0
262	25/01/85	215-0	F	200	0.01482	0.001634	0.000263	1.8	16.1	19.2	80.8	5.5	0.1	12.5	1.0	0.0	3.1	72.6	2.6	2.5	0.0
264	26/01/85	220-0	F	200	0.01190	0.001655	0.000428	3.6	25.9	9.3	90.7	3.5	0.0	4.9	0.7	0.2	1.4	84.3	2.8	1.7	0.6
Mean					0.01248	0.001597	0.000401	3.4	25.3	9.9	90.1	3.2	0.0	6.0	0.5	0.2	3.0	83.3	2.0	1.6	0.1
318	12/02/85	205-0	F	200	0.00764	0.001560	0.000589	7.7	37.8	4.2	95.8	1.0	0.0	2.3	0.2	0.7	1.2	92.6	0.9	1.1	0.0
324	14/02/85	205-0	F	127	0.00775	0.001877	0.000888	11.5	47.3	4.4	95.6	1.6	0.0	2.6	0.2	0.0	1.5	93.5	0.0	0.7	0.0
326	14/02/85	225-0	F	240	0.00777	0.001695	0.000667	8.6	39.4	4.1	95.9	1.4	0.0	2.4	0.3	0.0	1.2	94.3	0.0	0.4	0.0
339	16/02/85	205-0	F(R)	21	0.00760	0.001428	0.000500	6.6	35.0	7.0	93.0	2.6	0.1	3.7	0.7	0.0	6.1	86.0	0.0	0.9	0.0
339	16/02/85	205-0	F	200	0.00854	0.001894	0.000807	9.5	42.6	4.4	95.6	1.7	0.0	2.4	0.3	0.0	1.2	94.1	0.0	0.3	0.0
349	21/02/85	165-0	F	160	0.00754	0.002168	0.001189	15.8	54.8	3.4	96.6	1.4	0.0	1.8	0.1	0.0	0.0	96.6	0.0	0.0	0.0
Mean					0.00780	0.001770	0.000773	9.9	42.8	4.6	95.4	1.6	0.0	2.5	0.3	0.1	1.9	92.8	0.2	0.6	0.0
339	16/02/85	205-0	M(R)	12	0.00676	0.001020	0.000248	3.7	24.3	12.6	87.4	4.3	0.2	6.8	1.3	0.0	14.5	71.5	0.0	1.3	0.0

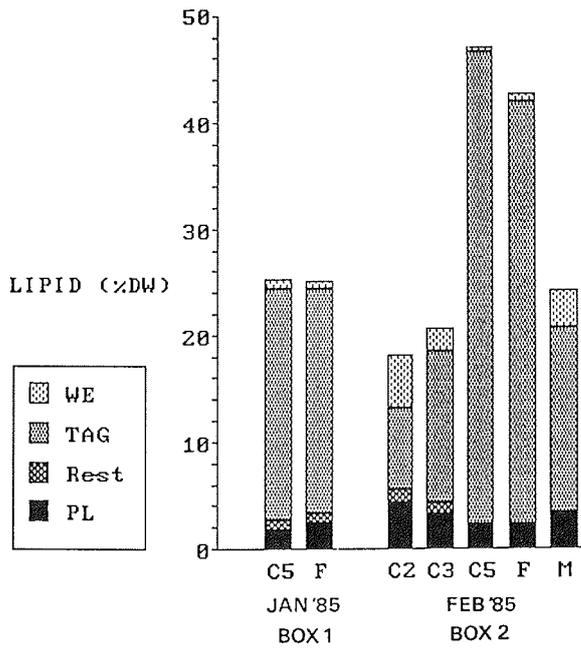


Abb. 3.5. Lipidgehalt und Lipidzusammensetzung von *Calanus propinquus* (C2, C3, C5: C2-, C3-, C5-Stadium, F: Weibchen, M: Männchen)

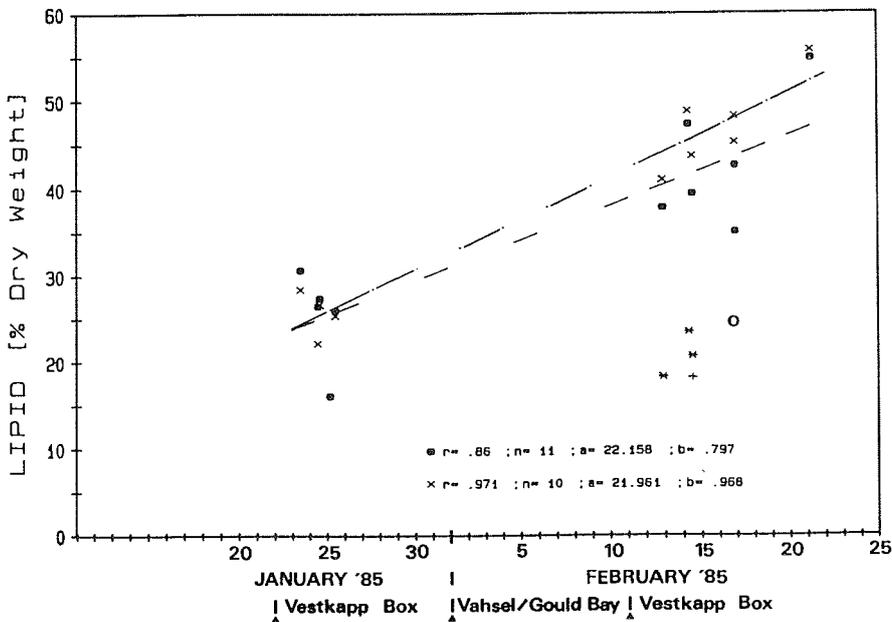


Abb. 3.6. Lipidgehalt von *Calanus propinquus* im Verlaufe des Untersuchungszeitraums (C2 +, C3 x, C5 x ; Weibchen ● ; Männchen o; lineare Regression)

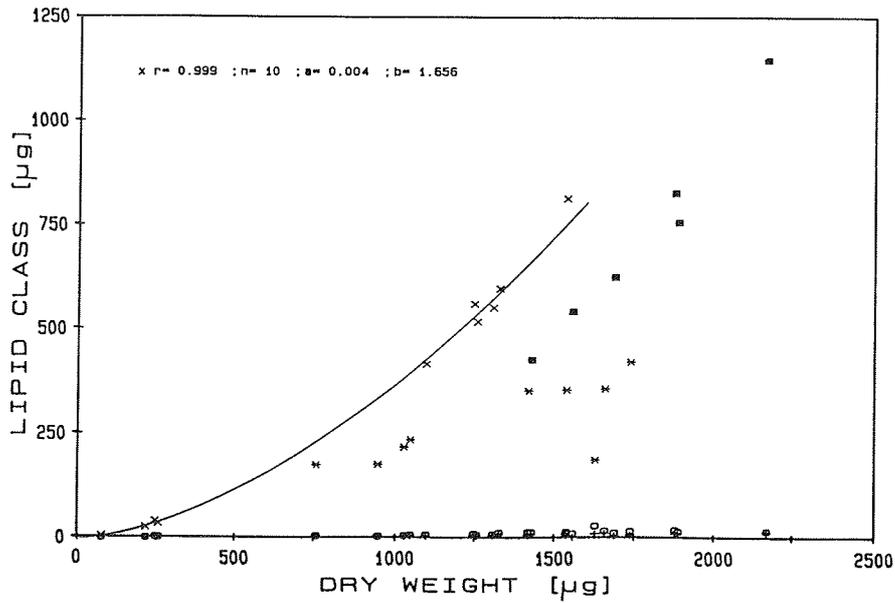


Abb. 3.7. Lipidklassengewicht/Trockengewicht von *Calanus propinquus* (Triglycerid: Jan.-Box: *, Feb.-Box: C2, C3, C5 x, Weibchen ◉; Phosphatidylcholin ◊; Phosphatidylethanolamin +)

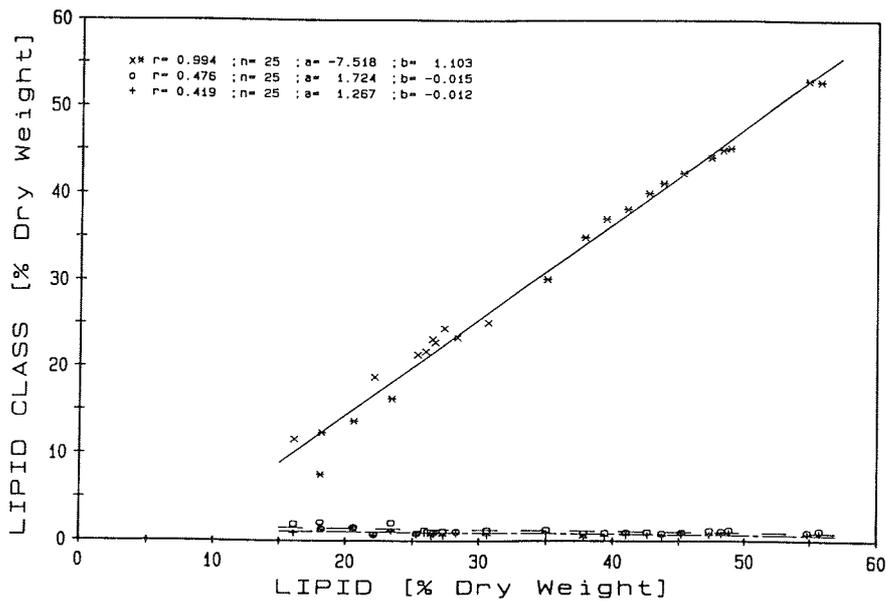


Abb. 3.8. Lipidklassen (% TG)/Lipidgehalt von *Calanus propinquus* (Triglycerid: Jan.-Box: x, Feb.-Box: *; Phosphatidylcholin ◊; Phosphatidylethanolamin +)

Rhincalanus gigas BRADY, 1883

Die Analyseergebnisse von *Rhincalanus gigas* verdeutlichen Tab. 3.3 und Abb. 3.9-3.11. Die im November 1983 an der Antarktischen Halbinsel gefangenen *R. gigas* unterscheiden sich deutlich von den Weddellmeer-Tieren aus dem Januar/Februar 1985. Im Vergleich zu diesen zeichnen sich die drei untersuchten Stadien (C4, C5, Weibchen) von der Antarktischen Halbinsel durch geringeres Körpergewicht (C5, Weibchen), geringere Lipidgehalte (6.0-8.6%) sowie höhere Phospholipid-Anteile (28.2-29.3%) und geringere Wachsester-Anteile (49.2-54.8%) aus.

Die im Weddellmeer gesammelten C3-Stadien von *R. gigas* enthielten nicht genügend Lipide für eine korrekte Messung, deshalb fehlen in Tab. 3.3 die entsprechenden Lipidwerte, eine Lipidklassenanalyse der C3-Stadien konnte jedoch durchgeführt werden. Hauptsächlich bestehen die Lipide der C3-Stadien aus Wachsestern (61.8%), Triglyceriden (15.2%) und Phospholipiden (19.5%). Bei den C4-Stadien aus dem Weddellmeer liegt der Lipidgehalt bei 17.1%, die Wachsester (69.5%) haben sich im Vergleich zu den C3-Stadien leicht erhöht, Triglyceride (9.6%) und Phospholipide (17.2%) etwas verringert (Abb. 3.9). Diese Entwicklung setzt sich bei den C5-Stadien fort. Die deutliche Erhöhung des Lipidgehaltes (30.7%) geht einher mit einer weiteren Vergrößerung des Wachsester-Anteils (86.7%). Signifikante Unterschiede zwischen den Boxen in Bezug auf die Lipidentwicklung sind nicht festzustellen. Der Regressionskoeffizient ($r=0.52$) belegt, daß die leichte Lipidabnahme der C5-Stadien mit der Zeit nicht signifikant ist. Bei den Weibchen steigt der durchschnittliche Lipidgehalt innerhalb von drei bis vier Wochen (Jan.-Box, Feb.-Box) geringfügig von 24.2% auf 27.0% an, gleichzeitig nimmt auch der Wachsester-Anteil von 82.3% auf 86.2% leicht zu (Abb. 3.9). Diese Trends sind ebenfalls nicht signifikant.

In Abb. 3.10 ist die absolute Lipidzunahme in Abhängigkeit von der Trockengewichtszunahme dargestellt. Es ergeben sich keine klaren Unterschiede zwischen den Proben der beiden Vestkapp Boxen (Januar, Februar). Das Lipidgewicht der Copepoditstadien C4 und C5 nimmt gemäß einer Potenzfunktion zu, während der Kurvenverlauf bei den Weibchen verschoben ist (geringeres Lipid-/Trockengewichtsverhältnis; Ursache: Reproduktion?). Die im November 1983 an der Antarktischen Halbinsel gefangenen Tiere weisen sehr geringe Lipidgewichte und Trockengewichte auf (Abb. 3.10).

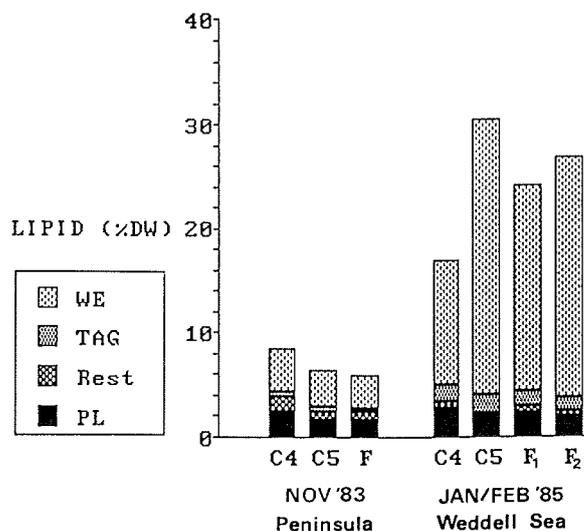


Abb. 3.9. Lipidgehalt und -zusammensetzung von *Rhincalanus gigas* (F₁: Weibchen (Jan.-Box), F₂: Weibchen (Feb.-Box))

Tab. 3.3. Stationsdaten und Messergebnisse von Rhincalanus gigas Copepodite C3, C4, C5, Females (F); Antarktische Halbinsel 1983, Weddell See 1985

Stat. No.	Date D/M/Y	Haul Depth (m)	Stage C, F	Total Number (n)	Mean WetWt (g)	Mean DryWt (g)	Mean Lipid (g)	Total Lipid %WetWt	Total Lipid %DryWt	Po-lar	Neu-tral	Lipid Class Composition in Percent of Total Lipid									
												PE	PS+ PI	PC	SM	LPC	WE+ SE	TAG	FFA	CHOL	DAG
327	14/02/85	205-0	C3	40	0.0020	0.00014				19.5	80.5	6.7	0.4	11.7	0.2	0.6	61.8	15.2	0.0	3.5	0.0
143	04/11/83	200-0	C4	55	0.0049	0.00034	0.00003	0.6	8.6	28.9	71.1	8.6	0.8	16.2	1.6	1.7	49.2	5.0	9.2	3.4	4.3
327	14/02/85	205-0	C4	62	0.0049	0.00033	0.00006	1.2	18.1	16.3	83.7	6.4	0.5	9.0	0.1	0.3	68.7	12.6	0.0	2.4	0.0
349	21/02/85	165-0	C4	59	0.0055	0.00032	0.00005	1.0	16.2	18.2	81.8	6.0	0.3	11.2	0.2	0.5	70.4	6.5	2.0	3.0	0.0
Mean					0.0052	0.00033	0.00006	1.1	17.1	17.2	82.7	6.2	0.4	10.1	0.2	0.4	69.5	9.6	1.0	2.7	0.0
143	04/11/83	200-0	C5	50	0.0068	0.00055	0.00004	0.5	6.5	28.2	71.8	6.6	1.0	17.1	1.3	2.2	53.9	6.1	4.5	2.7	4.7
267	26/01/85	202-0	C5	43	0.0138	0.00123	0.00038	2.7	30.7	6.8	93.2	2.4	0.0	3.8	0.0	0.7	86.4	5.7	0.0	1.1	0.0
271	27/01/85	190-0	C5	34	0.0110	0.00107	0.00035	3.2	32.5	6.2	93.8	1.9	0.1	3.9	0.0	0.3	86.5	6.2	0.0	1.1	0.0
320	13/02/85	220-0	C5	50	0.0120	0.00120	0.00039	3.3	32.6	5.6	94.4	2.0	0.0	3.3	0.0	0.3	88.0	5.5	0.0	0.9	0.0
327	14/02/85	205-0	C5	41	0.0122	0.00124	0.00039	3.2	31.7	5.3	94.7	1.9	0.1	3.0	0.0	0.3	88.6	5.0	0.0	1.0	0.0
349	21/02/85	165-0	C5	19	0.0113	0.00085	0.00022	1.9	25.8	8.7	91.3	2.7	0.3	5.2	0.1	0.4	84.0	5.6	0.0	1.7	0.0
Mean					0.0120	0.00112	0.00035	2.9	30.7	6.5	93.5	2.2	0.1	3.8	0.0	0.4	86.7	5.6	0.0	1.2	0.0
143	04/11/83	200-0	F	50	0.0089	0.00066	0.00003	0.3	4.6	32.9	67.1	7.5	2.3	18.9	1.7	2.6	48.1	4.8	6.1	3.0	5.0
143	04/11/83	200-0	F	49	0.0109	0.00072	0.00005	0.5	7.4	25.8	74.2	7.7	1.0	15.4	0.7	1.0	61.5	1.9	5.0	3.9	1.9
Mean					0.0099	0.00069	0.00004	0.4	6.0	29.3	70.6	7.6	1.7	17.2	1.2	1.8	54.8	3.4	5.6	3.5	3.5
254	23/01/85	215-0	F	27	0.0181	0.00138	0.00029	1.6	21.3	12.1	87.9	4.4	0.3	6.7	0.1	0.6	79.7	4.7	1.3	2.2	0.0
267	26/01/85	202-0	F	125	0.0207	0.00189	0.00047	2.3	24.8	7.4	92.6	2.2	0.1	4.6	0.1	0.5	84.9	6.4	0.0	1.2	0.0
271	27/01/85	190-0	F	92	0.0177	0.00170	0.00045	2.6	26.5												
Mean					0.0188	0.00166	0.00041	2.2	24.2	9.8	90.2	3.3	0.2	5.7	0.1	0.6	82.3	5.6	0.7	1.7	0.0
320	13/02/85	220-0	F	73	0.0183	0.00186	0.00051	2.8	27.6	7.2	92.8	2.7	0.1	4.1	0.0	0.3	86.1	5.4	0.0	1.3	0.0
327	14/02/85	205-0	F	45	0.0181	0.00174	0.00043	2.4	24.6												
349	21/02/85	165-0	F	10	0.0191	0.00175	0.00051	2.6	28.8	7.9	92.1	3.0	0.2	4.3	0.0	0.3	86.2	4.4	0.0	1.6	0.0
Mean					0.0185	0.00178	0.00048	2.6	27.0	7.6	92.4	2.9	0.2	4.2	0.0	0.3	86.1	4.9	0.0	1.5	0.0

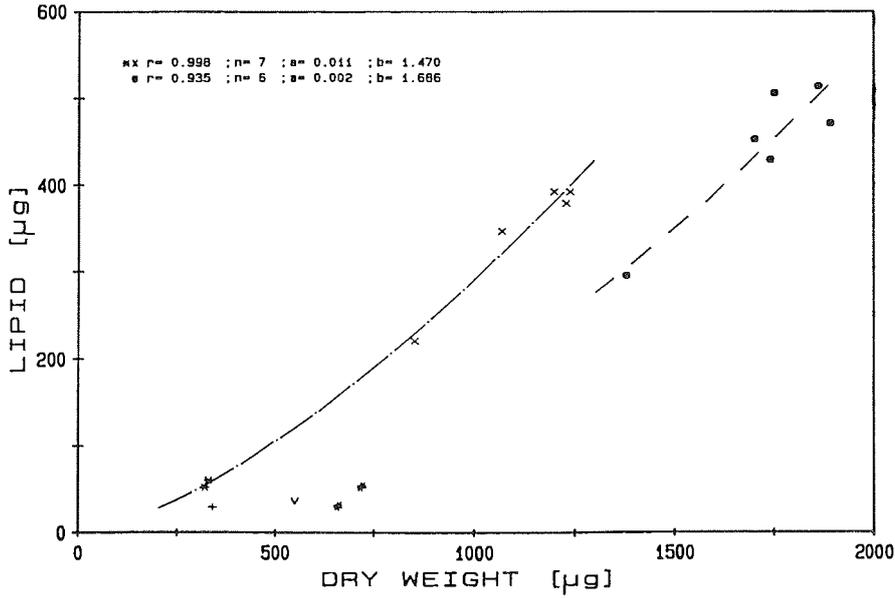


Abb. 3.10. Lipid-/Trockengewichtsbeziehung von *Rhincalanus gigas* (Nov. 1983, Antarktische Halbinsel: C4 +, C5 v, Weibchen #; Jan./Feb. 1985, Weddellmeer: C4 *, C5 x, Weibchen o, doppelt logarithmische Regression)

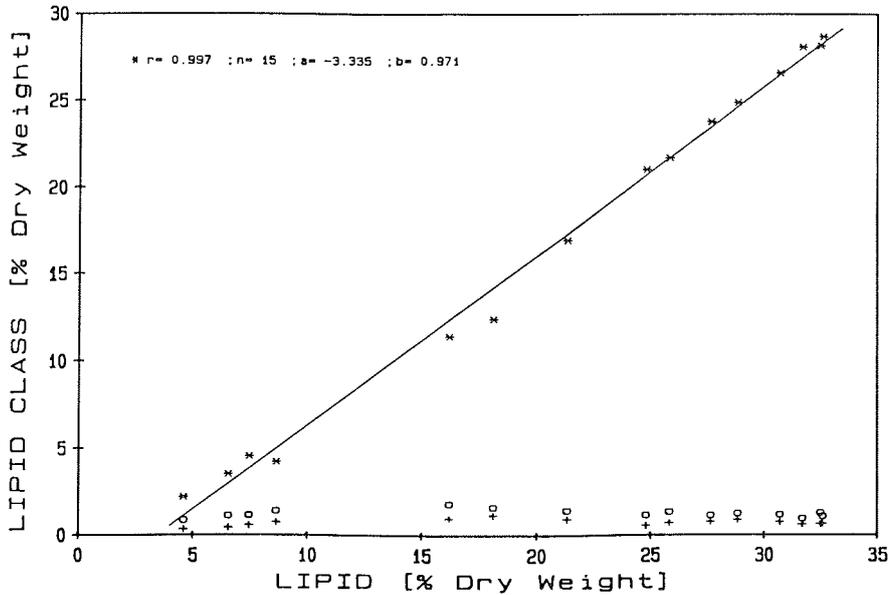


Abb. 3.11. Lipidklassen (% TG)/Lipidgehalt von *Rhincalanus gigas* (Antarktische Halbinsel, Weddellmeer); Wachsester *; Phosphatidylcholin o; Phosphatidylethanolamin +; lineare Regression

Die Abbildung 3.11 beschreibt den Zusammenhang zwischen den einzelnen Lipidklassen (WE, PC, PE) und dem Lipidanteil am Trockengewicht. Neben nur geringen Veränderungen bei den Phospholipiden besteht eine signifikante lineare Beziehung zwischen Wachsester-Zunahme und Lipidzunahme, sowohl bei den Absolutmengen (o. Abb.) als auch in Prozent des Trockengewichts (Abb. 3.11). Die Meßwerte der Halbinsel-Tiere (Nov. '83) und der Weddellmeer-Tiere werden dabei durch die gleiche Gerade beschrieben.

Metridia gerlachei GIESBRECHT, 1902

Die in Tab. 3.4 und Abb. 3.12 und 3.13 dargestellten Ergebnisse von *Metridia gerlachei* stammen alle von Proben aus dem südlichen Weddellmeer (Januar- und Februar-Vestkapp Box, Filchner Graben Region). Das gesammelte Material der C4-Stadien reichte nur für die Lipidklassenanalyse. Hauptbestandteile der C4-Lipide sind Wachsester (39.9%), Triglyceride (23.9%) und Phospholipide (18.8%). Diese Verteilung ändert sich bei den wenigen untersuchten C5-Stadien kaum, nur die Phospholipide sind hier etwas stärker vertreten. Der Lipidgehalt der C5-Stadien beträgt in der Januar-Box 20.4% und in der Februar-Box 22.3%. Die C5-Stadien dieser beiden Boxen unterscheiden sich in der Lipidklassenzusammensetzung nur unwesentlich. Der Anteil der Phospholipide ist in der Februar-Box leicht erhöht (Abb. 3.12).

Interessant ist die Entwicklung bei den in großer Zahl vorhandenen Weibchen von *M. gerlachei*. Während der Lipidgehalt in der Januar-Vestkapp Box im Durchschnitt 15.6% beträgt, erhöht sich dieser Wert im Gebiet des Filchner Grabens und in der Februar-Vestkapp Box auf 19.5% bzw. 20.2% (Abb. 3.12 und 3.13). Mit einer Ausnahme haben die Weibchen der Februar-Box und der Gould Bay/Vahsel Bucht ein höheres Trockengewicht und gleichzeitig ein höheres Lipidgewicht als die Weibchen der Januar-Box, deren Werte am unteren Ende der Regressionskurve der später gefangenen Weibchen liegen. Insgesamt ergibt sich für die Weibchen der Januar-Vestkapp Box ein geringeres Lipid/Trockengewichtsverhältnis.

Der Zusammenhang zwischen dem Gewicht der einzelnen Lipidklassen und dem Gesamtlipidgewicht demonstriert ebenfalls die Unterschiede zwischen den Boxen. Das Gewicht der Triglyceride steigt mit zunehmendem Lipidgewicht stärker als das der Phospholipide, den größten Gewichtszuwachs weisen jedoch die Wachsester auf. Alle Wachsester-Werte unterhalb von 18 μg stammen von Tieren aus der Januar-Box, die Triglyceride dieser Tiere liegen mit Gewichten unterhalb von 12 μg ebenfalls im unteren Bereich, während die Wachsester-Werte aus der Vahsel Bucht/Gould Bay und aus der Februar-Box vor Vestkapp mit 18-49 μg deutlich höher sind. Bei den Triglyceriden ist die Streuung größer (4-21 μg), jedoch stammen auch hier die höheren Werte aus der Vahsel Bucht/Gould Bay und aus der Februar-Box.

Die prozentuale Lipidzunahme der Weibchen der Gould Bay/Vahsel Bucht und der Februar-Vestkapp Box spiegelt sich auch in der prozentualen Zusammensetzung der Lipide wider (Tab. 3.4 und Abb. 3.12): In der Januar-Box stellen die Phospholipide mit 38.4% die stärkste Gruppe, während im Filchner Gebiet eine starke Zunahme der Wachsester (40.9%) und der Triglyceride (28.0%) festzustellen ist. Nur noch ein Viertel der Lipide besteht aus Phospholipiden. Ein Vergleich der beiden Vestkapp Boxen zeigt ebenfalls eine Verringerung der Phospholipide auf ein Viertel, während sich der Anteil der als Speicherlipide bekannten Wachsester auf 52.3% annähernd verdoppelt. Trotz einer nicht sehr stark ausgeprägten Lipidanreicherung kommt es also zu größeren Verschiebungen innerhalb der Lipidzusammensetzung, wobei besonders die Wachsester-Fraktion zunimmt. Im Vergleich zu den zuvor besprochenen herbivoren Copepoden (Ausnahme: *R. gigas*?) zeichnet sich die omnivore Art *Metridia gerlachei* durch insgesamt geringe Lipidgehalte und hohe Phospholipid-Gehalte aus.

Tab. 3.4. Stationsdaten und Messergebnisse von *Metridia gerlachei* Copepodite C4, C5, Females (F); Weddell See 1985

Stat. No.	Date D/M/Y	Haul Depth (m)	Stage C, F	Total Number (n)	Mean WetWt (g)	Mean DryWt (g)	Mean Lipid (g)	Total Lipid %WetWt	Total Lipid %DryWt	Lipid Class Composition in Percent of Total Lipid										
										Pol-lar	Neu-tral	PE	PS+ PI	PC	SM+ LPC	WE+ SE	TAG	FFA	CHOL	DAG
255	23/01/85	225-0	C4	45						18.8	81.2	8.6	0.5	9.1	0.6	39.9	23.9	11.1	6.3	0.0
254	23/01/85	215-0	C5	76	0.00106	0.000082				18.3	81.7	7.2	0.3	8.7	2.0	43.5	25.6	7.5	5.1	0.0
264	25/01/85	220-0	C5	200	0.00101	0.000094	0.000023	2.2	24.1	24.7	75.3	12.4	1.0	9.4	1.8	40.6	22.2	7.3	5.1	0.0
269	26/01/85	210-0	C5	200	0.00099	0.000086	0.000014	1.4	16.7	33.0	67.0	16.0	0.5	15.6	0.9	36.8	22.7	3.0	4.5	0.0
Mean					0.00102	0.000087	0.000019	1.8	20.4	25.3	74.7	11.9	0.6	11.2	1.6	40.3	23.5	5.9	4.9	0.0
327	14/02/85	205-0	C5	110	0.00107	0.000069	0.000015	1.4	22.3	30.0	70.0	12.4	0.6	16.2	0.9	40.7	20.6	4.2	4.4	0.0
252	23/01/85	210-0	F	124	0.00243	0.000288	0.000045	1.8	15.6	31.3	68.7	13.5	0.3	16.4	1.1	36.6	19.3	5.4	5.5	1.9
254	23/01/85	215-0	F	80	0.00230	0.000273	0.000056	2.4	20.6	40.5	59.5	13.1	0.9	23.1	3.4	21.8	19.7	7.9	6.9	3.2
258	24/01/85	227-0	F	200	0.00273	0.000274	0.000044	1.6	15.9	29.3	70.7	12.0	0.8	14.2	2.4	37.5	20.9	6.7	5.6	0.0
262	25/01/85	175-0	F	200	0.00278	0.000335	0.000048	1.7	14.7	34.0	66.0	13.4	0.4	19.2	0.9	35.8	18.9	4.3	5.1	1.8
264	25/01/85	220-0	F	200	0.00232	0.000290	0.000042	1.8	14.3	44.9	55.1	17.4	0.8	23.1	3.6	18.4	17.9	8.8	6.7	3.3
269	26/01/85	210-0	F	199	0.00283	0.000328	0.000041	1.5	12.5	50.7	49.3	22.0	0.3	27.5	0.9	20.4	17.0	4.6	6.5	0.7
Mean					0.00257	0.000298	0.000046	1.8	15.6	38.4	61.5	15.2	0.6	20.6	2.1	28.4	18.9	6.3	6.1	1.8
299	05/02/85	240-0	F	200	0.00308	0.000341	0.000065	2.1	19.1	26.4	73.6	9.5	0.7	15.5	0.7	41.8	26.0	2.2	3.7	0.0
306	07/02/85	215-0	F	200	0.00245	0.000339	0.000073	3.0	21.5	25.4	74.6	11.0	0.6	12.8	1.0	43.5	25.8	2.0	3.4	0.0
307	08/02/85	230-0	F	200	0.00273	0.000339	0.000068	2.5	20.2	23.7	76.3	9.8	0.5	12.7	0.7	41.3	30.1	1.5	3.4	0.0
309	09/02/85	220-0	F	200	0.00233	0.000286	0.000050	2.1	17.3	25.8	74.2	12.9	0.2	12.1	0.7	37.1	30.2	2.1	4.7	0.0
Mean					0.00265	0.000326	0.000064	2.4	19.5	25.3	74.7	10.8	0.5	13.3	0.8	40.9	28.0	2.0	3.8	0.0
315	12/02/85	190-0	F	200	0.00263	0.000351	0.000066	2.5	18.8	25.0	75.0	11.9	0.2	12.4	0.5	47.5	21.4	1.7	4.4	0.0
318	12/02/85	205-0	F	200	0.00247	0.000344	0.000067	2.7	19.4	24.3	75.6	11.7	0.2	11.6	0.8	48.4	19.7	3.0	4.5	0.0
324	14/02/85	205-0	F	200	0.00240	0.000375	0.000077	3.2	20.6	26.6	73.4	12.9	0.2	13.1	0.3	46.5	21.9	0.9	4.1	0.0
336	16/02/85	180-0	F	200	0.00230	0.000384	0.000088	3.8	23.0	17.3	82.7	7.4	0.2	9.0	0.6	55.6	23.3	0.7	3.2	0.0
337	16/02/85	220-0	F	200	0.00276	0.000354	0.000066	2.4	18.5	29.3	70.7	14.0	0.1	14.5	0.7	60.3	5.7	2.1	2.5	0.0
349	21/02/85	165-0	F	200	0.00252	0.000321	0.000067	2.6	20.8	23.3	76.7	10.9	0.4	11.2	0.8	55.6	14.1	3.3	3.6	0.0
Mean					0.00251	0.000355	0.000072	2.9	20.2	24.3	75.7	11.5	0.2	12.0	0.6	52.3	17.7	2.0	3.7	0.0

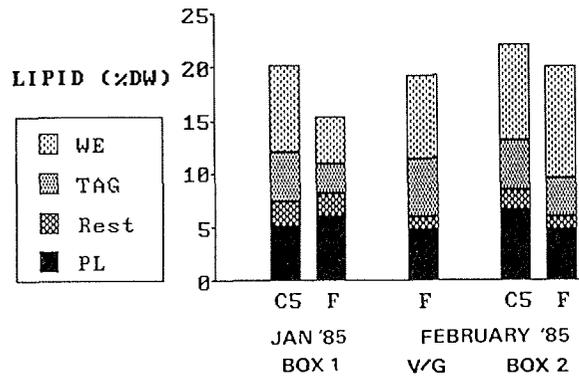


Abb. 3.12. Lipidgehalt und -zusammensetzung von *Metridia gerlachei*, Weddellmeer (C5: C5-Stadium, F: Weibchen; V/G: Vahsel/Gould Bay)

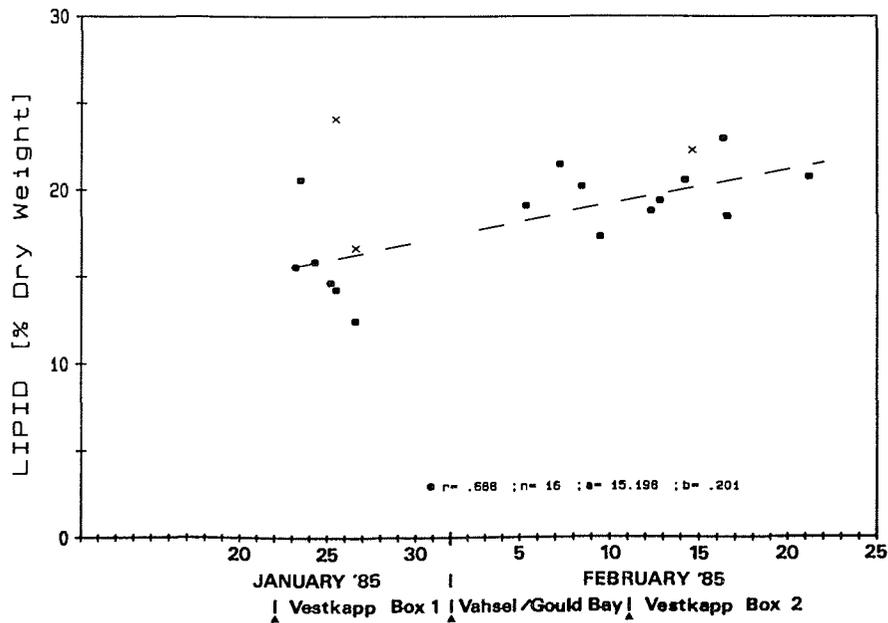


Abb. 3.13. Lipidgehalt von *Metridia gerlachei* im Verlaufe des Untersuchungszeitraums (C5 x, Weibchen •; lineare Regression)

Euchaeta antarctica GIESBRECHT, 1902

Die Weibchen und Männchen der hier behandelten und ausschließlich im Weddellmeer gefangenen *Euchaeta*-Art ließen sich als *Euchaeta antarctica* identifizieren, während eine Artbestimmung der Copepodit-Stadien nicht zweifelsfrei möglich war. Da *E. antarctica* im Weddellmeer die mit Abstand häufigste *Euchaeta*-Art ist, werden die in z.T. großen Mengen gefangenen Copepodite mit hoher Wahrscheinlichkeit ebenfalls dieser Art angehören.

Tab. 3.5 und Abb. 3.14-3.16 stellen die Analysenergebnisse von *Euchaeta* dar. Die geringe Menge an C3-Stadien erlaubte keine korrekte Lipidgehaltsbestimmung, die Lipidzusammensetzung ließ sich jedoch feststellen: Die drei größten Fraktionen sind Wachsester (53.3%), Triglyceride (18.1%) und Phospholipide (19%). Bei den C4-Stadien beträgt der Lipidgehalt 14%, Wachsester (57%) und Phospholipide (24.9%) nehmen prozentual leicht zu, Triglyceride (12.1%) etwas ab (Abb. 3.14). Die Ergebnisse der C5-Stadien und Weibchen werden - entgegen der Chronologie - in Tab. 3.5 entsprechend den ansteigenden Trockengewichten dieser Tiere dargestellt. Die leichteren C5-Stadien der Februar- Vestkapp Box zeigen prozentual eine kontinuierliche Zunahme des Lipidgehalts mit dem Trockengewicht (18.9-33.6%). Diese Zunahme setzt sich auch bei den C5-Stadien des Filchner Gebiets fort, deren schwerste Stadien einen Lipidgehalt von 45.1% (Maximum) erreichen. Mit der Lipidzunahme steigt bei den C5-Stadien auch der Anteil der Wachsester von ca. 64% auf ca. 90% an, verbunden mit einer deutlichen prozentualen Abnahme der Phospholipide (21.2-3.2%). Auch der Lipidgehalt der Weibchen bleibt hoch (36.8-42.0%), jedoch verringert sich das Lipid-/Trockengewichtsverhältnis nach Vollendung des C5-Stadiums (Abb. 3.15) - möglicherweise aufgrund von Reproduktionsprozessen. Die Wachsester stabilisieren sich bei sehr hohen Anteilen von 90.8-93.9%. Auch die untersuchten Männchen von *Euchaeta antarctica* weisen hohe Lipidgehalte (36.7%) und extrem hohe Wachsester-Anteile (95.9%) auf (Abb. 3.14). Saisonale Tendenzen der Lipidanreicherung sind aufgrund der wenigen Daten nicht festzustellen. Die Lipidzunahme bei den Weibchen um 4% innerhalb von drei Wochen ist nicht signifikant.

Die Beziehung der einzelnen Lipidklassen (WE, PC, PE) zum Gesamtlipidanteil verdeutlicht die Abb. 3.16. Wie schon bei *C. acutus* und *R. gigas* festgestellt, ist ein Ansteigen des Lipidanteils auf die Wachsester zurückzuführen. Hier besteht eine deutliche lineare Beziehung. Nur wenig ändert sich bei den Phospholipiden. Auf eine Darstellung des Zusammenhangs Lipidklassengewicht/Trockengewicht wurde verzichtet, da eine solche Abbildung bezüglich der Wachsester sehr Abb. 3.15 ähnelt, während die Phospholipide kaum Veränderungen zeigen. Der lineare Lipidanstieg mit dem Trockengewicht beruht also weitestgehend auf einer Zunahme der Wachsester.

Insgesamt scheinen Lipidgehalt und -zusammensetzung dieser carnivoren Art direkt mit der Individualentwicklung, bei den Weibchen mit Reproduktionsprozessen, nicht jedoch mit saisonalen Einflüssen verbunden zu sein.

Euchirella rostromagna WOLFENDEN, 1911

Von der relativ seltenen Art *Euchirella rostromagna* standen für die Analyse nur Weibchen aus der Februar-Vestkapp Box zur Verfügung (Tab. 3.6). Der Lipidgehalt dieser Weibchen betrug durchschnittlich 26.7% des Trockengewichts. Bemerkenswert ist der sehr hohe Anteil an Triglyceriden (77.9%). Im Gegensatz dazu machen die Wachsester nur 8.7% aus und nehmen mit steigendem Lipidgehalt prozentual ab, ebenso wie die Phospholipide (10.6%).

Tab. 3.5. Stationsdaten und Messergebnisse von *Euchaeta* sp. Copepodite C3, C4, C5 und *Euchaeta antarctica* Females (F), Males (M), innerhalb der Stadien nach Trockengewicht sortiert; Weddell See 1985

Stat. No.	Date D/M/Y	Haul Depth (m)	Stage C,F,M	Total Number (n)	Mean WetWt (g)	Mean DryWt (g)	Mean Lipid (g)	Total Lipid %WetWt	Total Lipid %DryWt	Lipid Class Composition in Percent of Total Lipid										
										Po-lar	Neu-tral	PE	PS+ PI	PC	SM+ LPC	WE+ SE	TAG	FFA	CHOL	DAG
336	16/02/85	180-0	C3	8	0.0033	0.00011				19.0	81.0	5.3	0.0	12.1	1.5	53.3	18.1	5.5	4.2	0.0
336	16/02/85	180-0	C4	45	0.0047	0.00056	0.00008	1.7	14.0	24.9	75.0	7.9	0.4	15.3	1.3	57.0	12.1	3.1	2.9	0.0
336	16/02/85	180-0	C5	6	0.0106	0.00117	0.00022	2.1	18.9	21.2	78.8	8.3	0.8	11.1	1.1	64.2	7.9	3.6	2.9	0.2
339	16/02/85	205-0	C5	14	0.0160	0.00166	0.00033	2.1	20.0	13.4	86.6	4.6	0.6	7.6	0.6	77.0	5.3	1.6	2.1	0.7
349	21/02/85	165-0	C5	5	0.0134	0.00172	0.00058	4.3	33.6	6.3	93.6	2.2	0.0	3.3	0.7	87.2	4.5	0.6	1.3	0.0
Mean					0.0133	0.00152	0.00038	2.8	24.2	13.6	86.3	5.0	0.5	7.3	0.8	76.1	5.9	1.9	2.1	0.3
292	04/02/85	225-0	C5	57	0.0153	0.00279	0.00108	7.1	38.9	4.0	96.0	1.3	0.1	2.3	0.2	89.1	5.1	0.9	1.0	0.0
294	04/02/85	225-0	C5	72	0.0173	0.00303	0.00124	7.1	40.8	3.7	96.3	1.1	0.1	2.3	0.1	91.8	3.8	0.0	0.7	0.0
296	04/02/85	215-0	C5	60	0.0172	0.00363	0.00164	9.5	45.1	3.2	96.8	1.0	0.0	2.1	0.2	89.0	6.9	0.0	0.8	0.0
Mean					0.0166	0.00315	0.00132	7.9	41.6	3.6	96.4	1.1	0.1	2.2	0.2	90.0	5.3	0.3	0.8	0.0
349	21/02/85	165-0	F	4	0.0289	0.00474	0.00199	6.9	42.0	3.3	96.7	1.1	0.1	1.8	0.3	93.9	2.8	0.0	0.0	0.0
271	27/01/85	190-0	F	7	0.0293	0.00504	0.00191	6.5	38.0	4.3	95.7	1.3	0.1	2.7	0.3	90.8	3.1	1.1	0.8	0.0
294	04/02/85	225-0	F	12	0.0393	0.00562	0.00207	5.3	36.8	3.2	96.8	1.1	0.0	1.7	0.4	91.7	4.4	0.0	0.8	0.0
292	04/02/85	225-0	F	17	0.0316	0.00568	0.00225	7.1	39.6	3.7	96.3	1.2	0.0	2.0	0.5	91.3	3.5	0.8	0.7	0.0
296	04/02/85	215-0	F	8	0.0329	0.00572	0.00224	6.8	39.2											
Mean					0.0346	0.00567	0.00219	6.4	38.5	3.5	96.5	1.2	0.0	1.9	0.5	91.5	4.0	0.4	0.8	0.0
296	04/02/85	215-0	M	10	0.0165	0.00282	0.00096	5.9	34.2	3.8	96.2	1.3	0.1	2.0	0.4	95.4	0.0	0.0	0.8	0.0
294	04/02/85	225-0	M	5	0.0165	0.00299	0.00113	6.8	37.7											
292	04/02/85	225-0	M	26	0.0167	0.00321	0.00123	7.4	38.3	2.9	97.1	0.8	0.0	1.6	0.4	96.5	0.0	0.0	0.6	0.0
Mean					0.0165	0.00301	0.00111	6.7	36.7	3.4	96.6	1.1	0.1	1.8	0.4	95.9	0.0	0.0	0.7	0.0

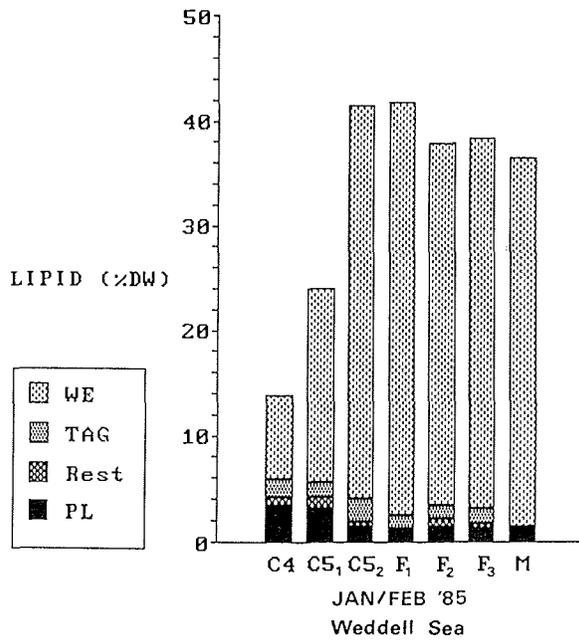


Abb. 3.14. Lipidgehalt und -zusammensetzung von *Euchaeta antarctica* (C4: C4-Stadium, C5₁: C5 (Feb.-Box), C5₂: C5 (Vahsel/Gould Bay), F₁: Weibchen (Feb.-Box), F₂: Weibchen (Jan.-Box), F₃: Weibchen (Vahsel/Gould Bay, M: Männchen (Vahsel/Gould Bay; Stadien nach Trockengewicht geordnet)

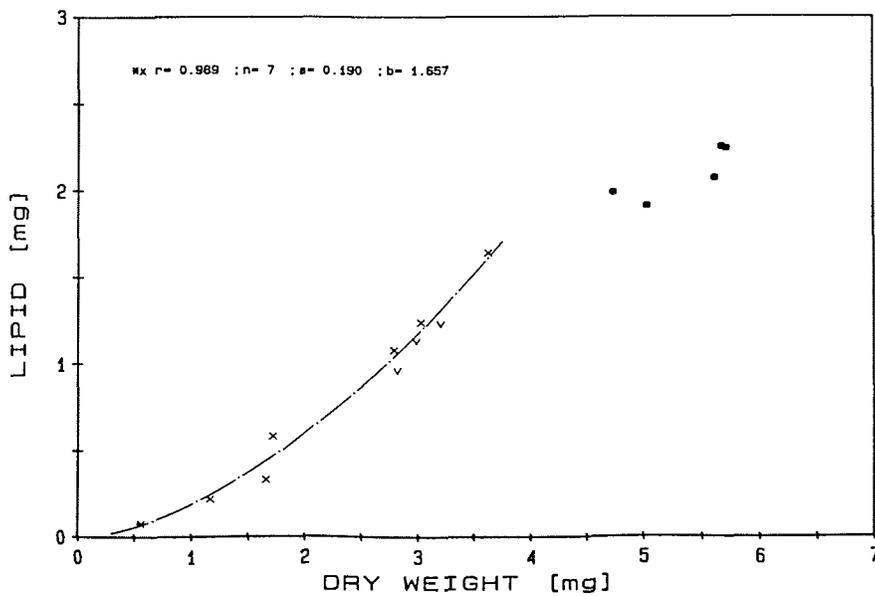


Abb. 3.15. Lipid-/Trockengewichtsbeziehung von *Euchaeta antarctica* (Jan./Feb. 1985, Weddellmeer: C4 ✱, C5 x, doppelt logarithmische Regression; Weibchen ●; Männchen v;

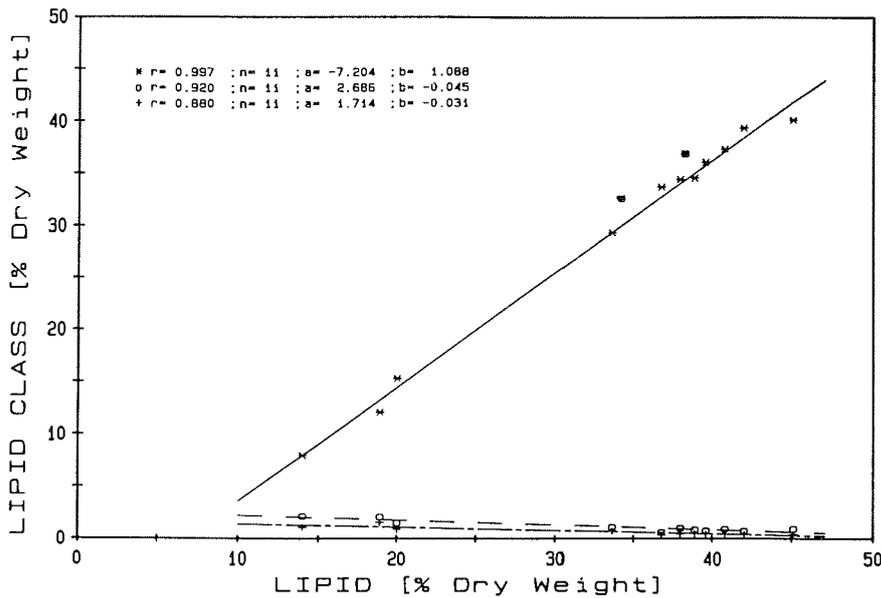


Abb. 3.16. Lipidklassen (% TG)/Lipidgehalt von *Euchaeta antarctica*, Weddellmeer: Wachsester: Copepodite, Weibchen \times , Männchen \bullet ; Phosphatidylcholin \circ ; Phosphatidylethanolamin $+$

Tab. 3.6. Stationsdaten und Messergebnisse von *Euchirella rostromagna* Weibchen, nach Trockengewicht sortiert; Weddell See 1985

Stat. No.	Date D/M/Y	Haul Depth (m)	Total Number (n)	Mean WetWt (g)	Mean DryWt (g)	Mean Lipid (g)	Total Lipid %WetWt	Total Lipid %DryWt
342	17/02/85	405-200	7	0.0199	0.00320	0.00077	3.9	24.1
340	17/02/85	225-0	8	0.0153	0.00333	0.00096	6.3	28.8
340	17/02/85	520-200	12	0.0164	0.00356	0.00097	5.9	27.3
Mean				0.0172	0.00336	0.00090	5.4	26.7

Stat. No.	Lipid Class Composition in Percent of Total Lipid										
	Po-lar	Neu-tral	PE	PS+ PI	PC	SM+ LPC	WE+ SE	TAG	FFA	CHOL	DAG
342	12.7	87.3	4.1	0.2	7.3	1.1	12.2	72.1	1.5	1.5	0.0
340	9.6	90.4	2.5	0.0	6.0	1.0	6.6	81.2	1.0	1.6	0.0
340	9.4	90.6	2.9	0.1	5.6	0.9	7.2	80.5	1.5	1.4	0.0
Mean	10.6	89.4	3.2	0.1	6.3	1.0	8.7	77.9	1.3	1.5	0.0

3.2 Euphausiaceen

Euphausia superba DANA, 1850

Die Ergebnisse der Lipidanalyse von *Euphausia superba* sind in den Tab. 3.7-3.10 und Abb. 3.17-3.25 dargestellt. Die Gesamtlipiddaten (Abb. 3.17-3.19) von Oktober/-November 1983 (Südfrühling) aus dem Gebiet der Antarktischen Halbinsel zeigen für einen weiten Längenbereich (9-47 mm) eine recht homogene Verteilung. Der Krill weist zu dieser Zeit einen niedrigen Lipidgehalt von durchschnittlich 8.7% ($s = \pm 1.7$) des Trockengewichts auf. Dieser nimmt mit zunehmendem Trockengewicht geringfügig, jedoch signifikant ab (t-Test, $p < 0.05$; Abb. 3.17). Absolut nehmen die Lipide im Oktober/November 1983 nur geringfügig mit steigendem Trockengewicht zu (Abb. 3.18).

Diese geringen Lipidmengen bestehen vor allem aus Phospholipiden (54.0%) und Cholesterin (16.2%). Es handelt sich bei den Phospholipiden hauptsächlich um Phosphatidylcholin und -ethanolamin. Die vom Krill als Speicherlipide bekannten Triglyceride - Durchschnittswert 9.8% - zeigen dagegen große Schwankungen zwischen 0% bei einem Lipidgehalt von 6.5% und 28% bei 12% Lipidgehalt (Tab. 3.7). In den Abb. 3.20 und 3.21 ist die Beziehung zwischen den Lipidklassen (in mg bzw. % TG) und dem Gesamtlipidgewicht/-anteil dargestellt: Im Gegensatz zu Phosphatidylethanolamin steigen Phosphatidylcholin und noch stärker die Triglyceride mit zunehmendem Gesamtlipidgewicht bzw. -anteil linear deutlich an.

Zwischen Phospholipiden und Triglyceriden (% Gesamtlipid) besteht in Abhängigkeit vom Lipidgehalt eine inverse Korrelation (Abb. 3.22-3.24). Die Anteile der Phospholipide, insbesondere Phosphatidylethanolamin, sinken rapide mit steigendem Lipidgehalt (% TG), umgekehrt steigen die Triglyceride bis zu einem Maximalwert von ca. 60% an. Neben den Phospholipiden und Triglyceriden ist die Wachsester/Sterolester-Fraktion (13.4%) bei den Oktober/November-Tieren stark vertreten (Abb. 3.25), nach Literaturangaben wird es sich hier vorrangig um Sterolester handeln.

Die Lipidgehalte von Anfang Januar 1985 (Tab. 3.8 und Abb. 3.17-3.19) liegen im Durchschnitt etwas höher (11.7%, $s = \pm 5.2$). Die starken individuellen Schwankungen (5.5-23.6%) sind anscheinend nicht allein abhängig vom Geschlecht der Tiere. Die Individuen von Station 226 (nördliche Bransfield-Straße) sind im Mittel "fetter" (16.1%), verglichen mit einem Lipidgehalt von 9.1% bei den Exemplaren aus dem Gebiet nordöstlich von Elephant Island (Station 230, 238).

Die inverse Beziehung von Phospholipiden und Triglyceriden (in % Gesamtlipid) in Abhängigkeit vom Lipidgehalt (Abb. 3.22-3.24) drückt sich durch einen etwas niedrigeren durchschnittlichen Phospholipid-Anteil (47.5%) sowie einen im Vergleich zu den Oktober-Tieren verdoppelten Triglycerid-Anteil (21.9%) aus (Abb. 3.25). Cholesterin ist mit durchschnittlich 11.2% geringer vertreten, ebenso die Wachsester-Fraktion mit 9.5%. Die freien Fettsäuren sind in vier Fällen mit 15-20% besorgniserregend stark vorhanden (Autolyse?).

Anhand von Proben aus dem südlichen Weddellmeer (Februar-Vestkapp Box) konnten zum ersten Mal die frühen Larvenstadien von *E. superba* (Calyptopis 1 und 2) auf ihre Lipide untersucht werden (Tab. 3.9). Der Gesamtlipidgehalt der ersten Calyptopen beträgt 11.6% und steigt bei den zweiten Calyptopen auf 14.4% an. Die Phospholipide liegen in beiden Stadien bei ca. 30% der Gesamtlipide (Abb. 3.25). Deutliche Unterschiede ergeben sich für die Triglyceride (C1: 42.8%, C2: 30.0%) und die Wachsester bzw. Sterolester (C1: 16.2%, C2: 31.1%). Leider fehlten hier die sich anschließenden Stadien (Furcillen, Postlarven).

Tab. 3.7. Stationsdaten und Messergebnisse von E. superba, nach Trockengewicht sortiert; Antarktische Halbinsel 1983

Stat. No.	Date D/M/Y	Haul Depth (m)	Total Number (n)	Approx. Length (mm)	Mean WetWt (g)	Mean DryWt (g)	Mean Lipid (g)	Total Lipid %WetWt	Total Lipid %DryWt	Lipid Class Composition in Percent of Total Lipid										
										Po-lar	Neu-tral	PE	PS+	PC	SM+ LPC	WE+ SE	TAG	FFA	CHOL	DAG
118	29/10/83	100-0	10	10-12	0.0092	0.0016	0.00016	1.7	10.2	59.2	40.7	19.8	1.1	37.8	0.6	6.7	6.2	7.5	20.3	0.0
118	29/10/83	100-0	10	9-12	0.0097	0.0016	0.00015	1.5	9.5											
118	29/10/83	100-0	10	10-13	0.0116	0.0020	0.00017	1.5	8.5											
118	29/10/83	100-0	10	10-13	0.0120	0.0020	0.00018	1.5	8.8	58.2	41.8	22.6	2.1	32.1	1.6	10.3	7.1	7.6	16.7	0.0
198	09/11/83	200-0	10	12-16	0.0198	0.0033	0.00038	1.9	11.6	56.8	43.2	17.8	1.3	36.9	0.9	10.4	15.9	5.2	11.6	0.0
198	09/11/83	200-0	10	16-19	0.0389	0.0073	0.00083	2.1	11.4											
198	09/11/83	200-0	10	18-23	0.0514	0.0093	0.00105	2.1	11.3	50.3	49.7	13.6	0.4	35.8	0.6	9.6	24.2	5.8	10.1	0.0
118	29/10/83	100-0	1	22	0.0746	0.0121	0.00120	1.6	10.0	47.8	52.2	13.3	1.2	31.1	2.2	11.9	6.5	12.2	21.5	0.0
116	28/10/83	40-0	1	26	0.1005	0.0162	0.00145	1.4	9.0	54.6	45.4	19.2	0.7	32.9	1.8	10.6	5.3	7.8	21.8	0.0
116	28/10/83	40-0	1	28	0.1334	0.0175	0.00178	1.3	10.2	42.4	57.6	13.1	0.3	28.1	0.8	30.8	2.2	6.5	18.2	0.0
202	09/11/83	200-0	1	28	0.1381	0.0232	0.00259	1.9	11.2	49.9	50.1	15.4	0.1	33.8	0.6	18.8	16.0	4.3	10.9	0.0
118	29/10/83	100-0	1	30	0.1702	0.0234	0.00166	1.0	7.1	55.3	44.7	20.5	0.3	33.0	1.5	10.3	4.6	6.9	22.8	0.0
116	28/10/83	40-0	1	30	0.1622	0.0250	0.00203	1.3	8.1											
116	28/10/83	40-0	1	32	0.2079	0.0305	0.00277	1.3	9.1											
202	09/11/83	200-0	1	29	0.1719	0.0311	0.00369	2.1	11.9											
154	05/11/83	200-0	1	32	0.2529	0.0331	0.00266	1.1	8.0	53.2	46.8	15.9	1.1	35.0	1.1	18.5	6.9	5.2	16.8	0.0
154	05/11/83	200-0	1	33	0.2581	0.0334	0.00267	1.0	8.0											
202	09/11/83	200-0	1	32	0.2164	0.0372	0.00383	1.8	10.3											
116	28/10/83	40-0	1	36	0.3073	0.0404	0.00275	0.9	6.8	47.8	52.2	15.6	0.1	30.4	1.6	18.6	2.1	8.7	22.8	0.0
202	09/11/83	200-0	1	31	0.2239	0.0409	0.00404	1.8	9.9											
116	28/10/83	40-0	1	34	0.2666	0.0441	0.00414	1.6	9.4											
154	05/11/83	200-0	1	35	0.3112	0.0450	0.00345	1.1	7.7											
116	28/10/83	40-0	1	40	0.3460	0.0553	0.00400	1.2	7.2	52.1	47.9	16.5	0.3	33.7	1.6	17.9	2.2	7.3	20.5	0.0
154	05/11/83	200-0	1	37	0.3782	0.0555	0.00436	1.2	7.9											
202	09/11/83	200-0	1	34	0.3279	0.0567	0.00558	1.7	9.8	49.3	50.7	9.8	0.8	37.8	1.0	11.4	20.5	8.0	10.7	0.0
154	05/11/83	200-0	1	38	0.3750	0.0602	0.00447	1.2	7.4											
116	28/10/83	40-0	1	38	0.4233	0.0621	0.00432	1.0	7.0											
154	05/11/83	200-0	1	40	0.4478	0.0623	0.00417	0.9	6.7	58.9	41.1	21.8	0.0	36.4	0.7	13.3	4.9	6.3	16.5	0.0
202	09/11/83	200-0	1	37	0.3988	0.0652	0.00785	2.0	12.0	47.0	53.0	9.1	0.2	37.6	0.1	11.8	28.2	4.2	8.8	0.0
202	09/11/83	200-0	1	38	0.4138	0.0769	0.00706	1.7	9.2											
116	28/10/83	40-0	1	42	0.5041	0.0778	0.00695	1.4	8.9	52.6	47.4	12.9	0.0	39.2	0.6	11.6	21.1	3.6	11.0	0.0
202	09/11/83	200-0	1	39	0.4603	0.0813	0.00657	1.4	8.1											
154	05/11/83	200-0	1	42	0.5960	0.0831	0.00536	0.9	6.5											
202	09/11/83	200-0	1	42	0.4975	0.0897	0.00614	1.2	6.8											
154	05/11/83	200-0	1	43	0.5440	0.0931	0.00724	1.3	7.8											
116	28/10/83	40-0	1	44	0.6627	0.0958	0.00609	0.9	6.4	57.3	42.7	22.2	0.5	33.4	1.2	13.6	5.0	6.4	17.8	0.0
154	05/11/83	200-0	1	45	0.6572	0.0997	0.00644	1.0	6.5											
202	09/11/83	200-0	1	44	0.6665	0.1128	0.00735	1.1	6.5	59.7	40.3	25.7	0.3	32.2	1.4	13.2	0.0	8.8	18.4	0.0
116	28/10/83	40-0	1	46	0.8170	0.1221	0.00838	1.0	6.9	62.4	37.6	21.4	0.4	39.7	1.0	9.4	9.8	5.1	13.2	0.0
154	05/11/83	200-0	1	47	0.7877	0.1330	0.00925	1.2	7.0	64.3	35.7	19.7	1.1	42.5	1.0	9.5	6.5	5.3	14.4	0.0
Mean								1.4	8.7	54.0	46.0	17.3	0.6	35.0	1.1	13.4	9.8	6.6	16.2	0.0
Std.Dev.								0.4	1.7	5.7	5.7	4.5	0.5	3.5	0.5	5.4	8.2	2.0	2.0	0.0

Tab. 3.8. Stationsdaten und Messergebnisse von *E. superba*, nach Trockengewicht sortiert; Antarktische Halbinsel 1985

Stat. No.	Date D/M/Y	Haul Depth (m)	Total Number (n)	Approx. Length (mm)	Sex F,M	Mean WetWt (g)	Mean DryWt (g)	Mean Lipid (g)	Total Lipid %WetWt	Total Lipid %DryWt	Lipid Class Composition in Percent of Total Lipid										
											Po-lar	Neu-tral	PE	PS+ PI	PC	SM+ LPC	WE+ SE	TAG	FFA	CHOL	DAG
226	07/01/85	50-0	1	27		0.1386	0.0267	0.0031	2.2	11.6	44.8	55.2	11.0	0.1	32.5	1.2	12.1	11.1	19.9	8.2	3.8
230	09/01/85	100-0	1	31		0.2161	0.0380	0.0030	1.4	7.9	48.1	51.9	18.7	0.0	28.1	1.3	16.2	12.3	6.8	14.1	2.5
226	07/01/85	50-0	1	32		0.2375	0.0415	0.0071	3.0	17.1	40.2	59.8	4.1	0.2	35.6	0.3	7.3	29.4	11.2	5.3	6.5
230	09/01/85	100-0	1	33		0.2749	0.0463	0.0037	1.4	8.1	42.6	57.4	15.4	0.1	26.0	1.1	19.9	13.5	7.5	12.7	3.8
226	07/01/85	50-0	1	33		0.2659	0.0477	0.0030	1.1	6.3	54.9	45.1	17.3	0.0	36.2	1.4	8.4	6.5	16.9	13.4	0.0
226	07/01/85	50-0	1	33		0.2641	0.0485	0.0080	3.0	16.4	41.3	58.7	5.2	0.2	35.8	0.3	7.4	25.1	13.0	5.9	7.3
226	07/01/85	50-0	1	33		0.2836	0.0571	0.0091	3.2	16.0											
230	09/01/85	100-0	1	34		0.3056	0.0654	0.0131	4.3	20.0	36.4	63.6	3.7	0.2	32.4	0.3	7.9	42.5	1.8	6.3	5.0
226	07/01/85	50-0	1	36		0.3248	0.0740	0.0121	3.7	16.3	40.3	59.7	4.2	0.1	35.4	0.5	7.5	24.3	17.4	5.4	5.2
230	09/01/85	100-0	1	39		0.4404	0.0770	0.0073	1.7	9.4											
230	09/01/85	100-0	1	44	M	0.5720	0.0904	0.0060	1.1	6.6	48.3	51.7	17.9	0.0	28.9	1.5	10.1	11.2	9.4	18.8	2.1
226	07/01/85	50-0	1	37		0.4117	0.0936	0.0193	4.7	20.7											
226	07/01/85	50-0	1	39		0.4677	0.0953	0.0225	4.8	23.6	36.5	63.5	1.6	0.0	34.6	0.2	5.3	40.5	8.1	4.1	5.5
230	09/01/85	100-0	1	43	F	0.6430	0.1008	0.0085	1.3	8.4											
230	09/01/85	100-0	1	45	F	0.7025	0.1232	0.0134	1.9	10.9	44.0	56.0	7.9	0.0	35.5	0.6	10.4	29.0	2.3	10.5	3.8
230	09/01/85	100-0	1	44	F	0.6961	0.1244	0.0094	1.4	7.6	45.9	54.1	12.6	0.0	32.7	0.6	9.7	24.7	3.2	12.1	4.4
226	07/01/85	50-0	1	42		0.6032	0.1341	0.0235	3.9	17.5	39.9	60.1	4.0	0.0	35.8	0.1	6.1	32.9	9.7	5.8	5.6
238	11/01/85	80-0	1	46	M	0.7981	0.1519	0.0140	1.8	9.2	51.5	48.4	11.9	0.0	39.2	0.5	8.7	25.4	2.3	12.1	0.0
238	11/01/85	80-0	1	49	M	0.9081	0.1630	0.0095	1.0	5.8	67.7	32.3	29.7	0.0	37.4	0.7	9.9	4.1	0.0	18.3	0.0
238	11/01/85	80-0	1	51	F	1.0999	0.1789	0.0177	1.6	9.9	46.9	53.2	11.4	0.0	35.2	0.4	7.0	30.2	0.4	12.1	3.4
230	09/01/85	100-0	1	47	M	1.0324	0.1810	0.0174	1.7	9.6	39.1	60.9	9.6	0.0	28.2	1.2	12.2	28.4	8.1	12.2	0.0
238	11/01/85	80-0	1	49	F	0.9179	0.1831	0.0234	2.5	12.7	42.8	57.2	7.0	0.0	35.4	0.3	7.1	39.2	0.0	7.9	3.0
238	11/01/85	80-0	1	52	M	1.0897	0.1929	0.0113	1.0	5.8	64.1	35.9	28.9	0.0	34.2	0.9	11.2	0.0	1.7	23.0	0.0
226	07/01/85	50-0	1	46	F	0.8664	0.2004	0.0309	3.6	15.4	40.0	60.0	4.0	0.0	35.5	0.5	5.8	27.1	16.0	6.2	5.0
238	11/01/85	80-0	1	53	F	1.2564	0.2080	0.0250	2.0	12.0	46.7	53.3	5.8	0.1	40.5	0.3	7.2	37.3	0.0	8.8	0.0
238	11/01/85	80-0	1	56	M	1.3739	0.2508	0.0137	1.0	5.5	66.1	33.9	20.0	0.0	44.6	1.5	10.7	0.0	4.4	18.8	0.0
238	11/01/85	80-0	1	56	F	1.3466	0.2747	0.0163	1.2	5.9	65.5	34.6	20.1	0.5	43.6	1.2	9.6	8.3	1.1	15.6	0.0
Mean									2.3	11.7	47.5	52.5	11.8	0.1	34.9	0.7	9.5	21.9	7.0	11.2	2.9
Std.Dev.									1.2	5.2	9.7	9.7	8.0	0.1	4.5	0.5	3.4	13.1	6.3	6.3	2.5

Tab. 3.9. Stationsdaten und Messergebnisse von *E. superba*-Larven, Calyptopis 1+2 (C1+C2), nach Trockengewicht sortiert; Vestkapp Box 2, Weddell See 1985

Stat. No.	Date D/M/Y	Haul Depth (m)	Stage C1,C2	Total Number (n)	Mean WetWt (g)	Mean DryWt (g)	Mean Lipid (g)	Total Lipid %WetWt	Total Lipid %DryWt	Lipid Class Composition in Percent of Total Lipid										
										Po-lar	Neu-tral	PE	PS+ PI	PC	SM+ LPC	WE+ SE	TAG	FFA	CHOL	DAG
343	18/02/85	198-0	C1	400	0.00057	0.000050	0.0000061	1.1	12.0	26.6	73.4	9.4	0.0	17.0	0.2	17.2	47.6	1.1	7.5	0.0
349	21/02/85	165-0	C1	400	0.00055	0.000054	0.0000063	1.1	11.7	31.1	68.8	10.7	0.0	20.2	0.2	16.9	42.7	1.8	6.4	1.1
315	12/02/85	190-0	C1	400	0.00054	0.000058	0.0000069	1.3	11.9	36.5	63.5	12.6	0.0	23.7	0.2	16.1	38.7	1.8	6.9	0.0
315	12/02/85	190-0	C1	400	0.00061	0.000062	0.0000064	1.0	10.3	35.0	65.0	11.3	0.0	23.5	0.3	14.1	41.5	2.1	7.2	0.0
336	16/02/85	180-0	C1	400	0.00060	0.000065	0.0000083	1.4	12.7	32.3	67.7	9.2	0.0	22.9	0.2	13.6	45.2	2.0	6.9	0.0
345	18/02/85	225-0	C1	400	0.00061	0.000067	0.0000076	1.2	11.4	29.8	70.2	9.7	0.0	20.0	0.2	19.2	41.1	3.1	6.8	0.0
Mean					0.00058	0.000059	0.0000069	1.2	11.6	31.9	68.1	10.5	0.2	21.2	0.2	16.2	42.8	2.0	7.0	0.2
<hr/>																				
336	16/02/85	180-0	C2	105	0.00078	0.000089	0.0000124	1.6	13.8	28.5	71.5	10.0	0.0	18.4	0.1	30.8	33.5	0.0	7.1	0.0
349	21/02/85	165-0	C2	100	0.00101	0.000105	0.0000156	1.5	14.9	31.3	68.7	8.9	0.0	22.2	0.2	31.4	26.4	2.5	6.7	1.6
Mean					0.00090	0.000097	0.0000140	1.6	14.4	29.9	70.1	9.5	0.2	20.3	0.2	31.1	30.0	1.3	6.9	0.8

- 45 -

Tab. 3.10. Stationsdaten und Messergebnisse von *E. superba* (subadult, adult), nach Trockengewicht sortiert; Weddell See 1985

Stat. No.	Date D/M/Y	Haul Depth (m)	Total Number (n)	Approx. Length (mm)	Sex F,M	Mean WetWt (g)	Mean DryWt (g)	Mean Lipid (g)	Total Lipid %WetWt	Total Lipid %DryWt	Lipid Class Composition in Percent of Total Lipid										
											Pol- lar	Neu- tral	PE	PS+ PI	PC	SM+ LPC	WE+ SE	TAG	FFA	CHOL	DAG
324	14/02/85	205-0	1	19		0.0617	0.0105	0.0029	4.7	27.4	37.0	62.9	6.2	0.0	30.6	0.3	18.5	34.1	4.0	6.3	0.0
324	14/02/85	205-0	1	26		0.1234	0.0272	0.0075	6.1	27.5	33.7	66.3	2.6	0.2	30.7	0.3	11.1	44.8	1.8	4.9	3.6
324	14/02/85	205-0	1	28		0.1593	0.0355	0.0099	6.2	28.0	32.7	67.3	2.1	0.1	30.3	0.3	9.7	49.0	1.7	4.1	2.8
323	13/02/85	205-0	1	30		0.2278	0.0390	0.0102	4.5	26.1	34.3	65.7	2.0	0.2	31.9	0.3	10.3	46.7	1.6	5.0	2.1
279	29/01/85	300-185	1	40		0.4930	0.0955	0.0238	4.8	24.9	35.3	64.7	1.8	0.0	33.0	0.5	6.5	47.3	2.6	5.4	2.9
279	29/01/85	300-185	1	41		0.5165	0.1006	0.0255	4.9	25.4											
324	14/02/85	205-0	1	41	F	0.5140	0.1040	0.0186	3.6	17.9											
358	24/02/85	400-0	1	45	M	0.6246	0.1350	0.0337	5.4	25.0	32.7	67.3	1.6	0.0	30.9	0.3	6.7	54.9	0.0	5.6	0.0
358	24/02/85	400-0	1	42	F	0.7181	0.1444	0.0475	6.6	32.9	33.8	66.2	1.0	0.0	32.7	0.1	4.4	57.7	0.0	4.1	0.0
358	24/02/85	400-0	1	43	F	0.6304	0.1456	0.0500	7.9	34.3	31.8	68.2	0.9	0.0	30.8	0.1	4.3	52.3	1.9	5.2	4.4
358	24/02/85	400-0	1	43	M	0.6761	0.1482	0.0489	7.2	33.0	33.8	66.1	1.0	0.0	32.7	0.1	4.5	56.4	0.0	5.2	0.0
279	29/01/85	300-185	1	44	F	0.6691	0.1601	0.0561	8.4	35.1											
358	24/02/85	400-0	1	44	M	0.8108	0.1641	0.0443	5.5	27.0	34.8	65.2	1.4	0.0	33.3	0.1	5.6	53.6	1.5	4.5	0.0
280	30/01/85	300-200	1	46	F	0.7756	0.1746	0.0474	6.1	27.1											
355	22/02/85	205-0	1	48	F	0.8280	0.1755	0.0329	4.0	18.7	29.1	70.9	3.3	0.1	25.6	0.2	6.2	53.2	3.5	5.4	2.5
358	24/02/85	400-0	1	47	F	0.7783	0.1764	0.0563	7.2	31.9	31.9	68.1	0.7	0.0	31.0	0.2	4.2	57.5	1.7	4.8	0.0
358	24/02/85	400-0	1	46	M	0.8336	0.1838	0.0604	7.2	32.9	32.4	67.6	1.4	0.0	30.9	0.1	4.1	53.1	0.9	5.3	4.2
280	30/01/85	300-200	1	47	M	0.8664	0.1866	0.0245	2.8	13.1	47.4	52.6	8.1	0.1	38.9	0.3	9.3	33.1	0.0	8.2	2.1
280	30/01/85	300-200	1	43	F	0.8056	0.1968	0.0670	8.3	34.0	36.0	64.0	1.0	0.1	34.7	0.1	3.9	55.1	1.6	3.3	0.0
279	29/01/85	300-185	1	56	M	1.2050	0.2815	0.0407	3.4	14.5	41.9	58.1	4.8	0.2	36.5	0.4	5.5	38.6	2.8	7.0	4.2
Mean									5.7	26.8	34.9	65.1	2.5	0.1	32.2	0.2	7.2	49.2	1.6	5.3	1.8
Std.Dev.									1.7	6.5	4.3	4.3	2.1	0.1	3.0	0.1	3.9	8.0	1.2	1.2	1.8

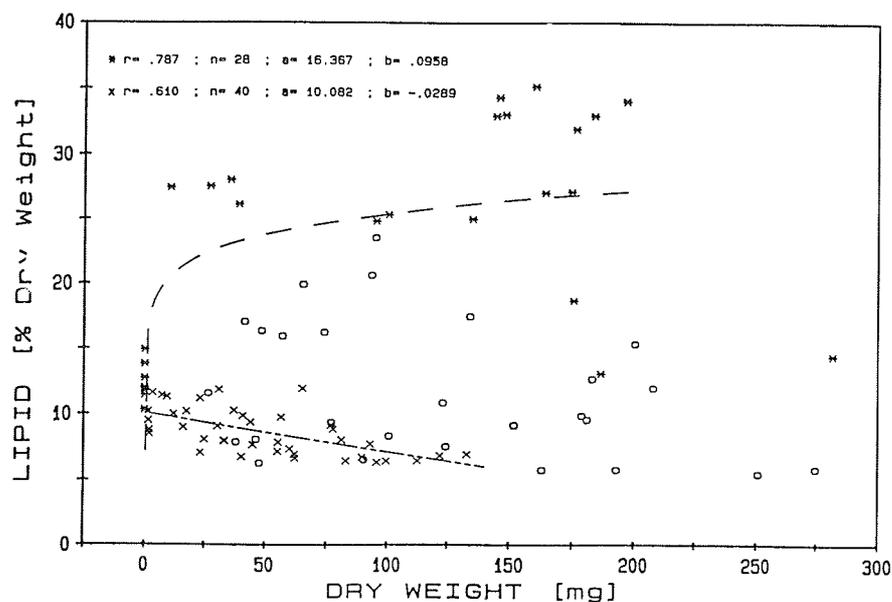


Abb. 3.17. Lipidgehalts-/Trockengewichtsbeziehung von *Euphausia superba* (x: Okt./Nov. 1983, Antarktische Halbinsel, lineare Regression; o: Jan. 1985, Antarktische Halbinsel; *: Jan./Feb. 1985, Weddellmeer, doppelt logarithmische Regression)

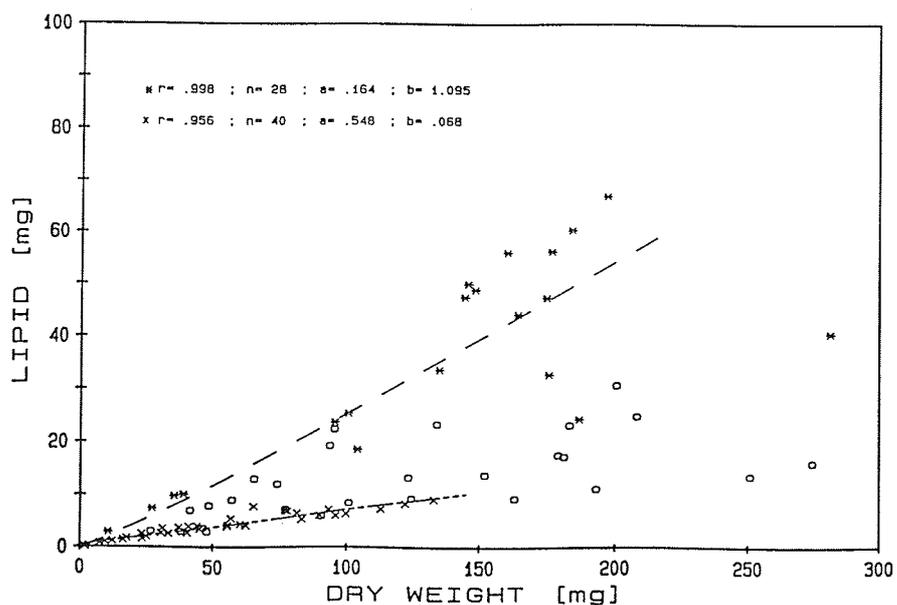


Abb. 3.18. Lipid-/Trockengewichtsbeziehung von *Euphausia superba* (x: Okt./Nov. 1983, Antarktische Halbinsel, lineare Regression; o: Jan. 1985, Antarktische Halbinsel; *: Jan./Feb. 1985, Weddellmeer, doppelt logarithmische Regression)

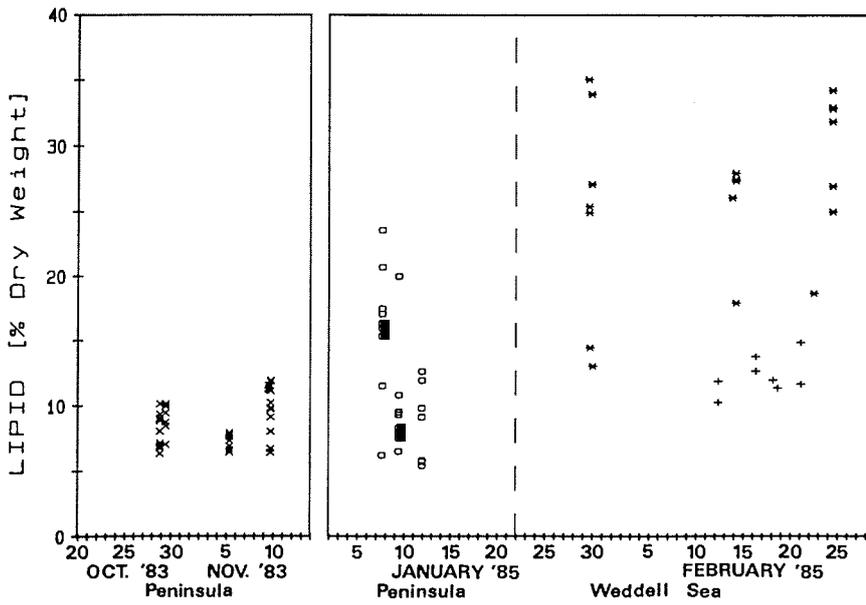


Abb. 3.19. Lipidgehalt von *Euphausia superba* im Verlauf des Untersuchungszeitraums: Calyptopis 1 und 2 +, Subadulte und Adulte x

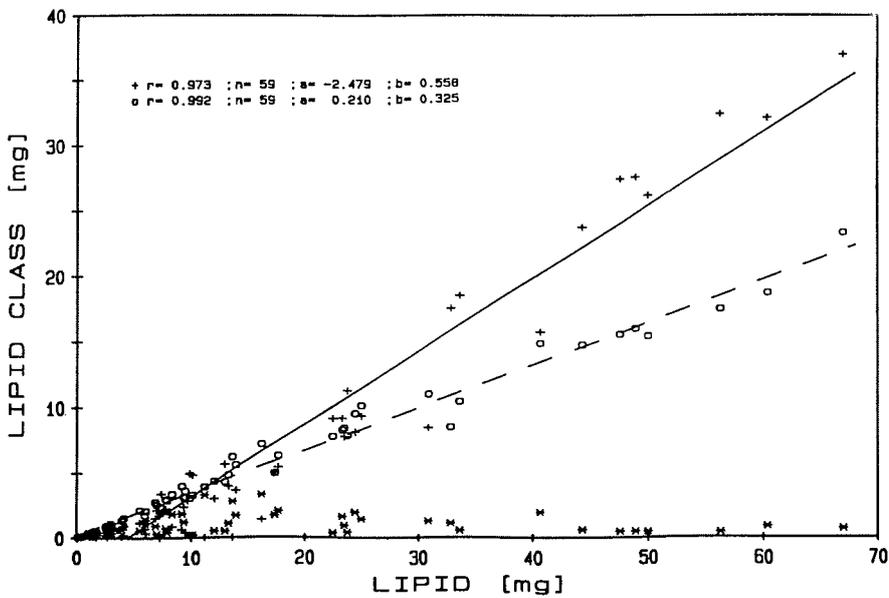


Abb. 3.20. Lipidklassengewicht/Gesamtlipidgewicht von *Euphausia superba* (Antarktische Halbinsel, Weddellmeer): Triglycerid +; Phosphatidylcholin o; Phosphatidylethanolamin x; lineare Regression

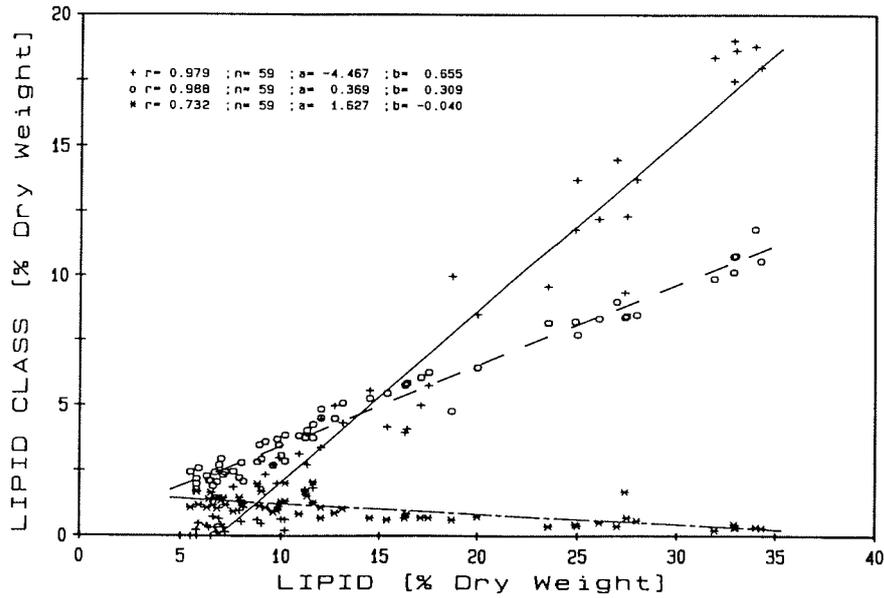


Abb. 3.21. Lipidklassen (% TG)/Gesamtlipidgehalt von *Euphausia superba* (Antarktische Halbinsel, Weddellmeer): Triglycerid +; Phosphatidylcholin o; Phosphatidylethanolamin *; lineare Regression

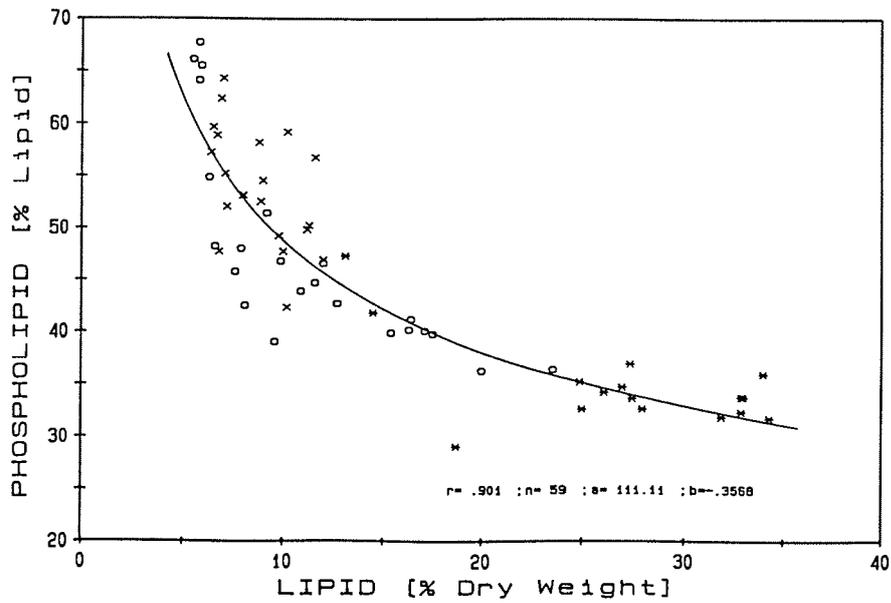


Abb. 3.22. Phospholipid (% Lipid)/Lipidgehalt von *Euphausia superba* (x: Okt./Nov. 1983, Antarktische Halbinsel; o: Jan. 1985, Antarktische Halbinsel; *: Jan./Feb. 1985, Weddellmeer; doppelt logarithmische Regression)

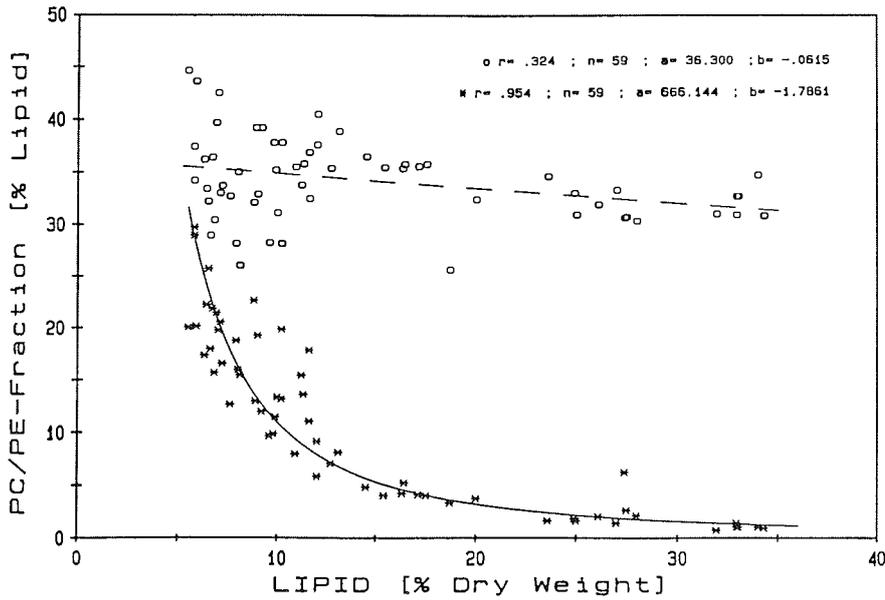


Abb. 3.23. Phosphatidylcholin bzw. -ethanolamin (% Lipid)/Lipidgehalt von *Euphausia superba* (Phosphatidylcholin o, lineare Regression; Phosphatidylethanolamin *, doppelt logarithmische Regression)

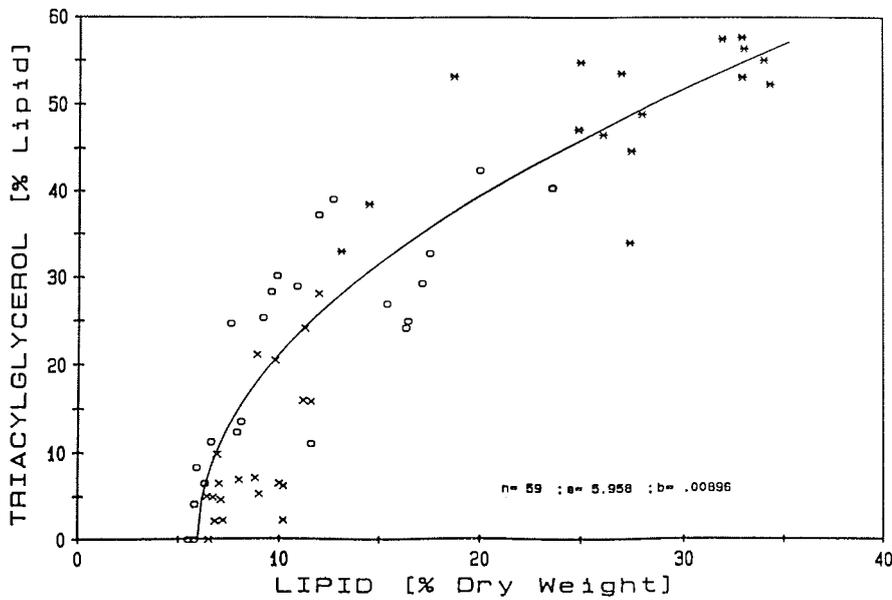


Abb. 3.24. Triglycerid (% Lipid)/Lipidgehalt von *Euphausia superba* (x: Okt./Nov. 1983, Antarktische Halbinsel; o: Jan. 1985, Antarktische Halbinsel; *: Jan./Feb. 1985, Weddellmeer; Meßwerte an Parabel angepaßt)

Die wenigen subadulten und adulten *E. superba* (19-56 mm) aus dem südlichen Weddellmeer (Tab. 3.10 und Abb. 3.17-3.19) haben mit 26.8% ($s = \pm 6.5$) einen erheblich höheren Lipidgehalt als ihre Artgenossen von der Antarktischen Halbinsel, die gefundenen individuellen Schwankungen sind erheblich (13-35%). Die geringsten Werte wurden bei männlichen Tieren der Vestkapp Januar-Box gemessen, es gibt jedoch auch Weibchen mit niedrigeren Lipidgehalten unter 20% und Männchen mit mehr als 30% Lipidanteil. 84% der Lipide entfallen auf die Phospholipide (34.9%) und die Triglyceride (49.2%), die Wachsester/Sterolester sind nur noch mit 7.2% vertreten (Abb. 3.25). Während die Phospholipide - insbesondere Phosphatidylethanolamin - im Vergleich zu den Daten von der Antarktischen Halbinsel bei den Tieren aus dem Weddellmeer prozentual deutlich reduziert sind, ist der Anteil der Triglyceride im Süden mehr als doppelt so hoch, bei den nach dem 14. Februar gefangenen Tieren beträgt der Triglyceridgehalt sogar durchschnittlich 55%.

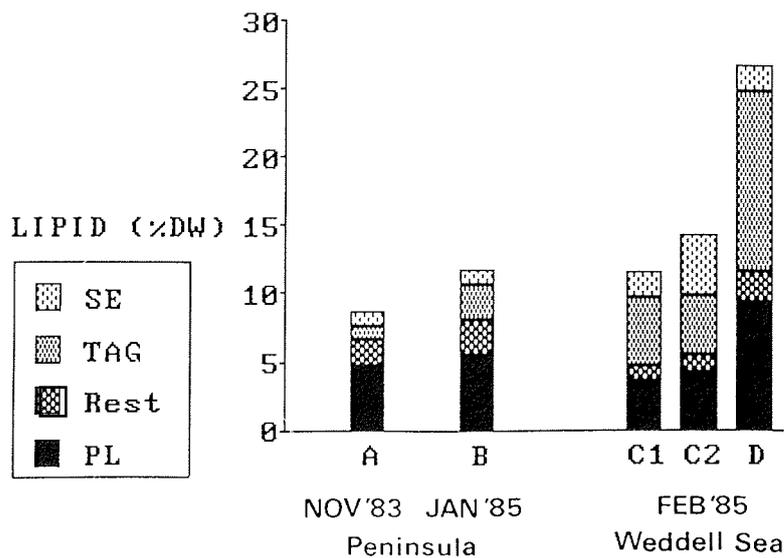


Abb. 3.25. Lipidgehalt und -zusammensetzung von *Euphausia superba* (A: 9-47mm, B: 27-56mm, C1: Calyptopsis 1, C2: Calyptopsis 2, D: 19-56mm)

Euphausia crystallorophias HOLT & TATTERSALL, 1906

Von *Euphausia crystallorophias* liegen Lipidanalysen vor, die den gesamten Bereich von den ersten Calyptopenstadien und Furcilien bis zu den adulten Tieren abdecken (Abb. 3.26-3.31). In Tab. 3.11 werden die Ergebnisse der frühen Larvenstadien und die Resultate der Postlarven (nach Trockengewicht sortiert) vorgestellt. Die Analysedaten der subadulten und adulten *E. crystallorophias* sind, chronologisch getrennt in Januar-Vestkapp Box, Filchner Graben Region und Februar-Vestkapp Box, in Tab. 3.12-3.14 wiedergegeben. Der Lipidgehalt der Calyptopen und Furcilien liegt bei durchschnittlich 14,5%, steigt bei den Postlarven auf 22,7% und erreicht bei den adulten Tieren ca. 35% mit Spitzenwerten von bis zu 50% Lipidanteil am Trockengewicht (Abb. 3.26).

Abb. 3.27 und 3.28 zeigen den Lipidgehalt prozentual und absolut in Abhängigkeit vom Trockengewicht. Für die drei Gebiete Januar- und Februar-Vestkapp Box und Filchner Graben Region ergibt sich in der prozentualen bzw. absoluten Darstellungsweise jeweils ein sehr ähnlicher Kurvenverlauf entsprechend einer Potenzfunktion, daher ist in den Abb. 3.27 und 3.28 nur die Resultierende aus allen dargestellten Werten eingezeichnet. Der prozentuale Lipidgehalt steigt von niedrigen Werten während der frühen Jugendstadien mit dem Trockengewicht zunächst steil an und erreicht dann bei ca. 40-45% eine "Sättigung" (Abb. 3.27).

Abb. 3.29 und 3.30 verdeutlichen die Beziehung zwischen den Lipidklassen (in mg bzw. % TG) und dem Gesamtlipidgewicht/-anteil. Wie auch bei *E. superba* festgestellt, bleibt die Menge an Phosphatidylethanolamin nahezu konstant, während Phosphatidylcholin und stärker noch die Wachsester mit steigendem Lipidgewicht/-anteil linear deutlich zunehmen. Das Verhalten der Lipidklassen (in mg) in Abhängigkeit vom Trockengewicht (Abb. 3.31) ähnelt der Abhängigkeit vom Lipidgewicht: Während sich die Menge an Phosphatidylethanolamin kaum erhöht, steigt das Gewicht von Phosphatidylcholin und Wachsestern mit zunehmendem Trockengewicht deutlich an.

Die Lipidklassenzusammensetzung (in % Gesamtlipid) der Larven und Postlarven (10-18 mm, Abb. 3.26) ist bezüglich der Phospholipide (41,1%) identisch, diese polaren Lipide verringern sich bei den Adulten prozentual auf 33,7-35,6%. Es besteht eine inverse Beziehung zwischen Phospholipiden und Wachsestern (in % Gesamtlipid). Während die Phospholipide mit steigendem Lipidgehalt bis auf einen minimalen Anteil von ca. 35% abnehmen, kommt es zu einem steilen Ansteigen des Wachsestergehaltes auf maximal annähernd 60%. Die prozentuale Reduktion der Phospholipide beruht weitgehend auf der Verringerung von Phosphatidylethanolamin, während Phosphatidylcholin im Vergleich zu den Larven prozentual leicht zunimmt. Im Laufe der ontogenetischen Entwicklung von *E. crystallorophias* kommt es zu einer deutlichen Abnahme der Triglyceride von 20,6% auf ca. 5%, verbunden mit einer erheblichen Zunahme der Wachsester von 27,2% auf annähernd 50%. Im Gegensatz zu *E. superba*, deren Speicherlipid vor allem aus Triglycerid besteht, akkumuliert *E. crystallorophias* also Wachsester. Bei beiden Arten wird außerdem in großen Mengen Phosphatidylcholin angereichert.

Tab. 3.11. Stationsdaten und Messergebnisse von *E. crystallorophias*-Larven (*Calyptopis I-Furciliae I*) und Postlarven, nach Trockengewicht sortiert; Weddell See 1985

Stat. No.	Date D/M/Y	Haul Depth (m)	Stage/Length (mm)	Total Number (n)	Mean WetWt (g)	Mean DryWt (g)	Mean Lipid (g)	Total Lipid %WetWt	Total Lipid %DryWt	Po-lar	Neu-tral	Lipid Class Composition in Percent of Total Lipid									
												PE	PS+ PI	PC	SM	LPC	WE+ SE	TAG	FFA	CHOL	DAG
307	08/02/85	230-0	C1,21,3	200	0.00053	0.000064	0.000009	1.7	13.7	42.6	57.4	11.3	0.3	30.7	0.1	0.1	30.9	18.2	1.1	6.2	1.0
309	09/02/85	220-0	C1,21,3	200	0.00056	0.000067	0.000007	1.2	10.3	43.0	57.0	12.7	0.5	29.5	0.1	0.1	22.3	19.5	4.1	7.9	3.3
258	24/01/85	227-0	C2+3	120	0.00092	0.000101	0.000012	1.4	12.3	38.4	61.6	8.4	0.4	28.9	0.3	0.3	27.8	18.1	5.0	6.9	3.9
269	26/01/85	210-0	C2+3	200	0.00095	0.000116	0.000014	1.5	12.5	45.0	55.0	10.0	0.3	34.3	0.2	0.2	24.3	18.4	1.8	7.2	3.2
315	12/02/85	190-0	C3	200	0.00107	0.000134	0.000020	1.9	14.9	43.6	56.4	11.5	0.3	31.6	0.1	0.2	23.7	22.3	0.8	6.5	3.0
336	16/02/85	180-0	C3	36	0.00119	0.000136	0.000030	2.5	21.8	28.2	71.8	6.2	0.0	21.4	0.3	0.3	37.4	26.8	1.4	4.9	1.4
315	12/02/85	190-0	F1	200	0.00195	0.000264	0.000039	2.0	14.7	43.7	56.3	8.6	0.1	34.8	0.1	0.1	26.6	21.3	2.1	6.3	0.0
336	16/02/85	180-0	F1	123	0.00203	0.000270	0.000042	2.1	15.6	44.0	56.0	10.5	0.3	33.2	0.0	0.1	24.3	20.2	2.0	6.6	2.9
Mean								1.8	14.5	41.1	58.9	9.9	0.3	30.5	0.2	0.2	27.2	20.6	2.3	6.6	2.3
Std.Dev.								0.4	3.4	5.6	5.6	2.1	0.2	4.3	0.1	0.1	5.0	2.9	1.5	1.5	1.4
309	09/02/85	220-0	11-13	125	0.0114	0.00146	0.00022	1.9	15.2	37.9	62.1	6.0	0.2	30.9	0.3	0.4	38.1	12.1	3.0	5.7	3.3
275	29/01/85	195-0	12-15	19	0.0176	0.00243	0.00043	2.5	17.9	39.9	60.1	4.9	0.8	33.4	0.3	0.4	36.2	10.0	4.6	6.1	3.3
296	04/02/85	215-0	12-15	6	0.0162	0.00245	0.00063	3.9	25.8	40.4	59.6	4.5	0.0	35.8	0.0	0.1	42.4	10.3	2.6	4.3	0.0
307	08/02/85	230-0	12-15	75	0.0183	0.00249	0.00055	3.0	22.1	43.0	57.0	5.4	0.0	37.2	0.2	0.2	41.0	8.7	1.9	4.6	0.8
292	04/02/85	225-0	10-15	27	0.0162	0.00287	0.00065	4.0	22.6	42.3	57.6	5.7	0.0	35.9	0.3	0.4	43.7	6.6	2.3	5.0	0.0
290	02/02/85	225-0	10-15	56	0.0223	0.00327	0.00069	3.1	21.2	42.8	57.2	5.6	0.0	37.0	0.1	0.2	44.6	5.9	1.7	5.0	0.0
302	06/02/85	220-0	15-18	50	0.0274	0.00399	0.00096	3.5	24.0	41.6	58.4	4.7	0.0	36.6	0.2	0.2	46.6	7.3	0.0	4.6	0.0
302	06/02/85	220-0	15-18	49	0.0316	0.00457	0.00114	3.6	24.9	41.9	58.1	3.5	0.0	38.2	0.1	0.1	43.2	8.1	2.5	4.2	0.0
307	08/02/85	230-0	15-18	27	0.0347	0.00593	0.00171	4.9	28.9	40.3	59.7	3.6	0.1	36.2	0.2	0.2	47.1	6.5	2.0	4.0	0.0
309	09/02/85	220-0	16-18	3	0.0478	0.00732	0.00176	3.7	24.1	41.0	59.0	4.5	0.1	35.6	0.4	0.4	43.3	8.5	2.3	4.1	0.7
Mean								3.4	22.7	41.1	58.9	4.8	0.1	35.7	0.2	0.3	42.6	8.4	2.3	4.8	0.8
Std.Dev.								0.8	3.9	1.6	1.6	0.9	0.2	2.1	0.1	0.1	3.4	2.0	1.1	1.1	1.3

Tab. 3.12. Stationsdaten und Messergebnisse von *E. crystallorophias* (subadult und adult), nach Trockengewicht sortiert; Vestkapp Box 1, Weddell See 1985

Stat. No.	Date D/M/Y	Haul Depth (m)	Total Number (n)	Approx. Length (mm)	Mean WetWt (g)	Mean DryWt (g)	Mean Lipid (g)	Total Lipid %WetWt	Total Lipid %DryWt	Lipid Class Composition in Percent of Total Lipid											
										Po-lar	Neu-tral	PE	PS+ PI	PC	SM	LPC	WE+ SE	TAG	FFA	CHOL	DAG
271	27/01/85	190-0	1	20	0.0526	0.0109	0.0034	6.4	30.9	38.6	61.3	4.4	0.1	33.9	0.0	0.2	49.0	3.5	4.3	4.0	0.7
275	29/01/85	195-0	2	20	0.0796	0.0164	0.0052	6.6	31.9	38.1	61.9	2.7	0.0	35.4	0.0	0.0	47.6	5.7	2.6	4.2	1.9
282	30/01/85	200-100	1	22	0.0800	0.0170	0.0063	7.9	36.9												
282	30/01/85	200-100	1	23	0.0887	0.0181	0.0050	5.7	27.9	40.6	59.4	4.3	0.3	35.3	0.3	0.4	39.4	8.1	4.9	4.4	2.5
282	30/01/85	200-100	1	24	0.0967	0.0221	0.0080	8.3	36.3	38.8	61.2	2.0	0.3	36.2	0.1	0.2	48.2	5.8	2.2	3.1	1.9
271	27/01/85	190-0	1	25	0.1087	0.0232	0.0068	6.2	29.2	38.5	61.5	3.4	0.2	34.8	0.0	0.1	45.0	5.6	4.7	3.7	2.3
282	30/01/85	200-100	1	26	0.1105	0.0244	0.0088	8.0	36.2												
282	30/01/85	200-100	1	25	0.1091	0.0248	0.0093	8.5	37.5												
271	27/01/85	190-0	1	28	0.1440	0.0290	0.0080	5.5	27.5	39.7	60.3	3.1	0.6	35.9	0.0	0.1	46.4	3.1	4.3	4.5	1.9
271	27/01/85	190-0	1	26	0.1514	0.0313	0.0122	8.1	39.1												
282	30/01/85	200-100	1	28	0.1563	0.0324	0.0115	7.3	35.4												
282	30/01/85	200-100	1	27	0.1519	0.0339	0.0128	8.4	37.7	36.3	63.6	1.7	0.0	34.4	0.0	0.3	55.0	3.2	2.1	3.4	0.0
271	27/01/85	190-0	1	27	0.1566	0.0378	0.0143	9.1	37.9	37.1	62.9	2.2	0.3	34.6	0.0	0.0	48.0	6.1	4.4	3.4	0.9
271	27/01/85	190-0	1	29	0.1981	0.0449	0.0143	7.2	31.8	36.2	63.8	2.3	0.0	33.6	0.2	0.2	49.9	5.0	3.8	4.0	1.1
271	27/01/85	190-0	1	30	0.2048	0.0487	0.0187	9.1	38.4												
282	30/01/85	200-100	1	30	0.2217	0.0502	0.0191	8.6	38.0												
282	30/01/85	200-100	1	31	0.2075	0.0502	0.0203	9.8	40.3	36.3	63.7	1.2	0.0	35.0	0.0	0.1	51.3	4.4	5.2	2.7	0.0
271	27/01/85	190-0	1	33	0.2524	0.0517	0.0165	6.5	31.8	40.6	59.4	2.1	0.0	38.3	0.1	0.2	49.5	3.9	2.7	3.3	0.0
282	30/01/85	200-100	1	31	0.2116	0.0531	0.0207	9.8	39.0												
282	30/01/85	200-100	1	32	0.2480	0.0581	0.0228	9.2	39.3	34.7	65.3	1.2	0.0	33.4	0.0	0.2	53.0	4.0	2.6	3.6	2.1
282	30/01/85	200-100	1	32	0.2480	0.0631	0.0264	10.6	41.8	36.7	63.3	1.2	0.1	35.3	0.0	0.1	50.8	6.0	2.9	2.8	0.9
282	30/01/85	200-100	1	37	0.3861	0.0938	0.0350	9.1	37.3	36.7	63.3	1.4	0.0	35.0	0.1	0.1	54.0	4.3	2.1	2.9	0.0
Mean								8.0	35.6												
Std.Dev.								1.4	4.1												

Tab. 3.13. Stationsdaten und Messergebnisse von *E. crystallorophias* (subadult, adult), nach Trockengewicht sortiert; Vahsel Bucht/Gould Bay, Weddell See 1985

Stat. No.	Date D/M/Y	Haul Depth (m)	Total Number (n)	Approx. Length (mm)	Mean WetWt (g)	Mean DryWt (g)	Mean Lipid (g)	Total Lipid %WetWt	Total Lipid %DryWt	Po-lar	Neu-tral	Lipid Class Composition in Percent of Total Lipid									
												PE	PS+ PI	PC	SM	LPC	WE+ SE	TAG	FFA	CHOL	DAG
309	09/02/85	220-0	1	28	0.1293	0.0172	0.0015	1.2	8.9	58.6	41.4	23.5	2.2	31.4	1.3	0.3	14.0	7.0	3.2	17.2	0.0
307	08/02/85	230-0	1	24	0.0833	0.0218	0.0095	11.4	43.6	37.6	62.4	1.7	0.0	35.8	0.0	0.1	52.1	6.0	1.6	1.8	0.9
292	04/02/85	225-0	1	27	0.1191	0.0292	0.0120	10.1	41.0	36.3	63.7	2.1	0.0	34.0	0.1	0.2	55.7	3.9	1.4	2.6	0.0
302	06/02/85	220-0	1	25	0.1357	0.0300	0.0123	9.1	41.1	37.2	62.8	2.4	0.0	34.3	0.2	0.3	51.7	3.5	3.2	2.2	2.1
292	04/02/85	225-0	1	30	0.1891	0.0359	0.0064	3.4	17.8	44.3	55.7	7.4	0.3	36.2	0.3	0.2	34.9	10.2	4.3	5.2	1.1
302	06/02/85	220-0	1	28	0.1557	0.0362	0.0152	9.7	41.8												
302	06/02/85	220-0	1	29	0.2086	0.0393	0.0130	6.2	33.2												
302	06/02/85	220-0	1	33	0.2380	0.0468	0.0140	5.9	30.0	39.7	60.3	2.9	0.0	36.4	0.2	0.2	47.2	6.1	2.2	2.6	2.2
292	04/02/85	225-0	1	34	0.2531	0.0535	0.0136	5.4	25.5	39.5	60.5	3.2	0.2	35.6	0.2	0.3	46.1	5.9	3.9	4.6	0.0
292	04/02/85	225-0	1	37	0.3483	0.0703	0.0215	6.2	30.5	35.3	64.7	1.9	0.0	33.2	0.2	0.0	56.1	2.5	1.9	4.2	0.0
302	06/02/85	220-0	1	35	0.3257	0.0735	0.0291	8.9	39.6	38.7	61.3	1.4	0.0	37.0	0.1	0.2	47.5	5.6	3.3	2.2	2.5
299	05/02/85	240-0	1	34	0.2655	0.0822	0.0411	15.5	50.0	37.5	62.5	1.3	0.0	36.0	0.0	0.2	50.4	5.0	2.9	1.8	2.5
299	05/02/85	240-0	1	38	0.4125	0.0916	0.0272	6.6	29.7	38.5	61.5	2.4	0.0	35.9	0.1	0.1	51.3	3.6	1.4	3.3	1.8
302	06/02/85	220-0	1	39	0.4900	0.1188	0.0573	11.7	48.2	36.8	63.2	0.8	0.0	36.0	0.0	0.0	58.7	2.1	0.5	1.1	0.7
302	06/02/85	220-0	1	40	0.5362	0.1280	0.0546	10.2	42.7	35.4	64.6	1.2	0.0	34.2	0.0	0.0	53.4	5.3	1.8	2.0	2.2
299	05/02/85	240-0	1	38	0.4574	0.1314	0.0610	13.3	46.4	36.6	63.4	1.1	0.0	35.5	0.0	0.0	54.4	3.5	2.3	1.5	1.8
Mean								8.4	35.6	39.2	60.8	3.7	0.2	35.0	0.2	0.1	48.2	5.2	2.4	3.7	1.3
Std.Dev.								3.7	11.4	5.8	5.8	5.7	0.6	1.5	0.3	0.1	11.0	2.1	1.0	1.0	1.0

 Tab. 3.14. Stationsdaten und Messergebnisse von *E. crystallorophias* (subadult, adult), nach Trockengewicht sortiert; Vestkapp Box 2, Weddell See 1985

Stat. No.	Date D/M/Y	Haul Depth (m)	Total Number (n)	Approx. Length (mm)	Mean WetWt (g)	Mean DryWt (g)	Mean Lipid (g)	Total Lipid %WetWt	Total Lipid %DryWt	Po-lar	Neu-tral	Lipid Class Composition in Percent of Total Lipid									
												PE	PS+ PI	PC	SM	LPC	WE+ SE	TAG	FFA	CHOL	DAG
319	13/02/85	385-200	4	18-21	0.0551	0.0101	0.0019	3.5	19.0	47.7	52.2	8.3	0.2	38.8	0.2	0.2	38.1	3.6	3.7	5.7	1.2
358	24/02/85	180-0	1	20	0.0607	0.0129	0.0047	7.7	36.3	36.5	63.5	4.2	0.7	31.1	0.3	0.2	42.9	9.1	4.2	4.7	2.6
315	12/02/85	50-0	1	20	0.0576	0.0133	0.0050	8.7	37.7	38.9	61.1	2.5	0.0	36.3	0.0	0.1	46.3	6.0	4.4	3.8	0.7
319	13/02/85	200-20	1	25	0.1031	0.0223	0.0062	6.0	27.8	41.5	58.5	4.8	0.5	35.9	0.2	0.2	37.3	10.0	3.8	4.5	2.8
319	13/02/85	385-200	3	25-28	0.1286	0.0269	0.0078	6.1	29.0	40.9	59.1	2.3	0.5	37.8	0.2	0.2	47.3	4.2	2.5	4.1	1.0
358	24/02/85	180-0	1	26	0.1211	0.0304	0.0121	10.0	39.8	36.3	63.7	1.9	0.0	33.9	0.2	0.2	54.7	4.2	1.8	2.4	0.6
358	24/02/85	180-0	1	25	0.1297	0.0327	0.0135	10.4	41.2	36.9	63.1	1.6	0.5	34.8	0.0	0.0	50.7	5.8	3.5	3.1	0.0
358	24/02/85	180-0	1	27	0.1687	0.0390	0.0150	8.9	38.5	35.6	64.4	1.5	0.1	33.8	0.1	0.1	52.1	5.9	2.7	3.7	0.0
319	13/02/85	385-200	1	30	0.1997	0.0422	0.0142	7.1	33.7	38.2	61.8	2.1	0.0	35.8	0.1	0.1	51.0	4.1	2.6	3.5	0.6
358	24/02/85	180-0	1	28	0.1809	0.0448	0.0170	9.4	37.9	35.9	64.1	1.9	0.0	33.5	0.2	0.3	50.7	4.9	3.5	2.6	2.4
358	24/02/85	180-0	1	33	0.2581	0.0593	0.0177	6.8	29.7	39.0	61.0	2.0	0.6	36.0	0.2	0.2	46.5	4.8	3.5	4.5	1.7
Mean								7.7	33.7	38.9	61.1	3.0	0.3	35.2	0.2	0.2	47.1	5.7	3.3	3.9	1.2
Std.Dev.								2.0	6.7	3.5	3.6	2.0	0.3	2.1	0.1	0.1	5.7	2.1	0.8	0.8	1.0

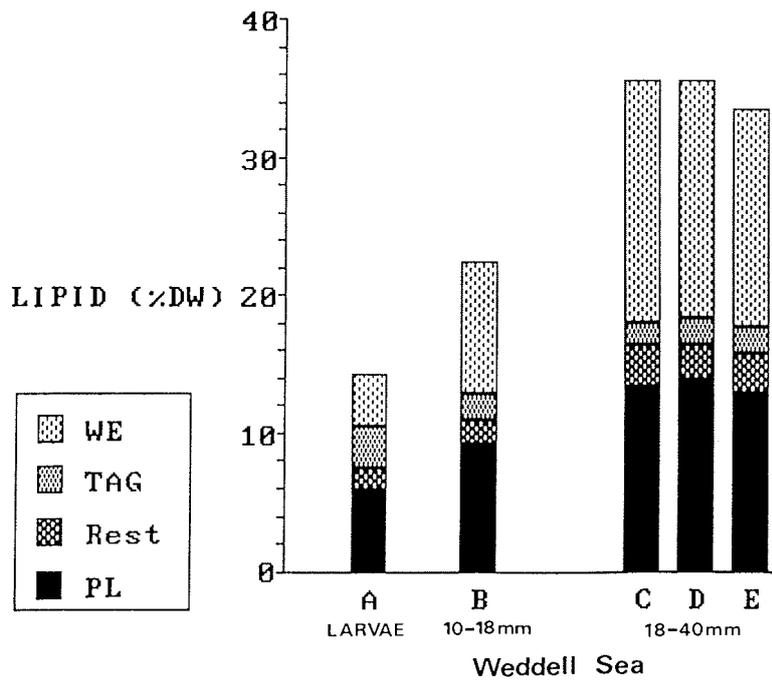


Abb. 3.26. Lipidgehalt und -zusammensetzung von *Euphausia crystallorophias* (C: Jan.-Box, D: Vahsel/Gould Bay, E: Feb.-Box)

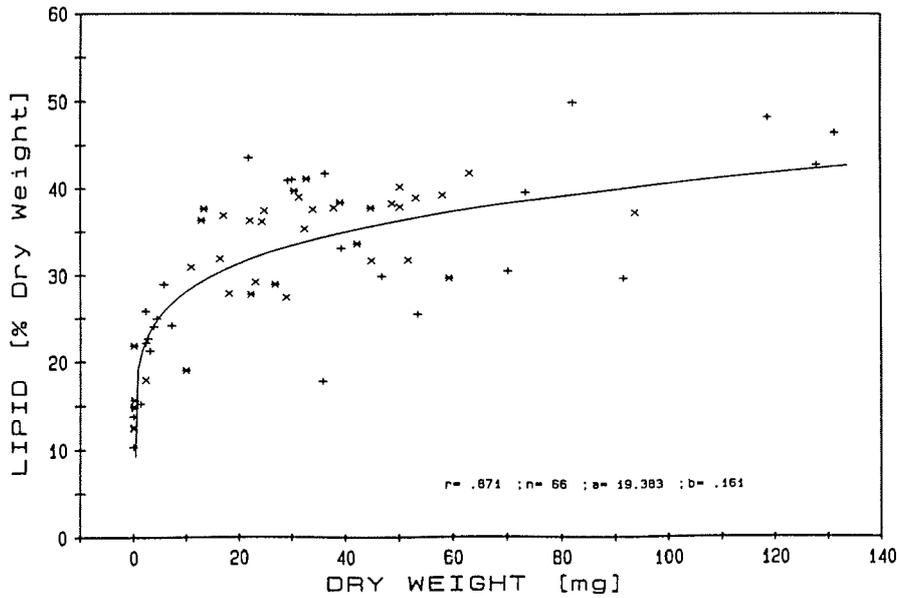


Abb. 3.27. Lipidgehalts-/Trockengewichtsbeziehung von *Euphausia crystallorophias* (x: Jan.-Box, +: Vahsel/Gould Bay, *: Feb.-Box; doppelt logarithmische Regression)

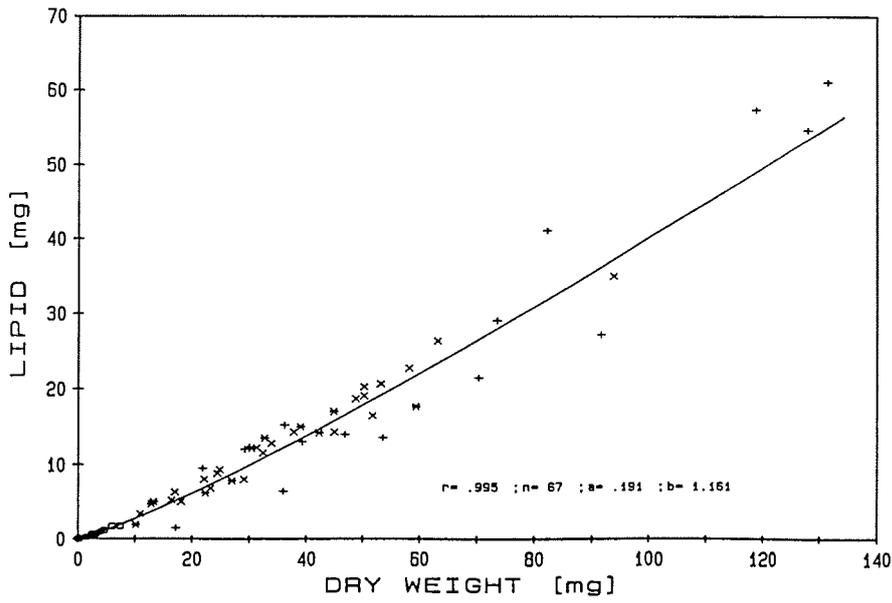


Abb. 3.28. Lipid-/Trockengewichtsbeziehung von *Euphausia crystallophias* (o: Larven und Postlarven, x: Jan.-Box, +: Vahsel/Gould Bay, *: Feb.-Box; doppelt logarithmische Regression)

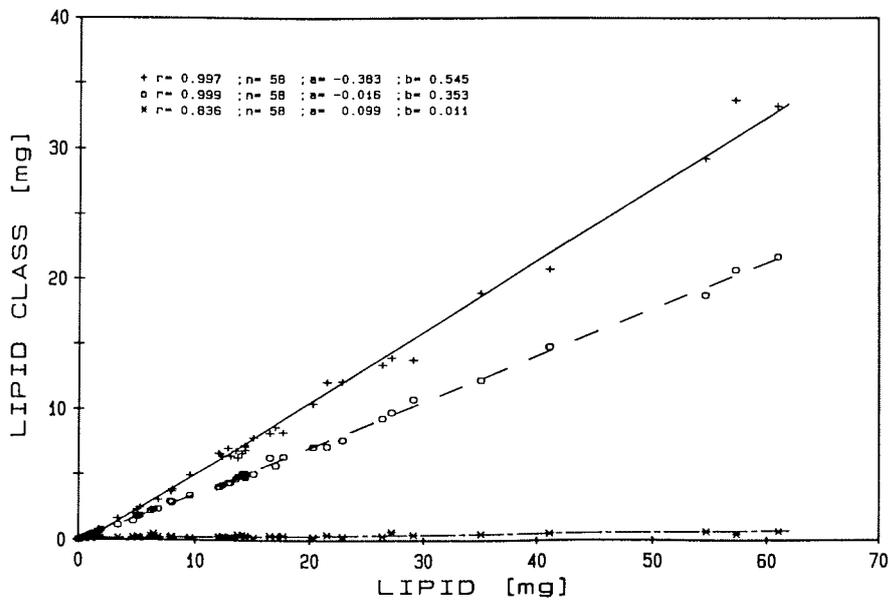


Abb. 3.29. Lipidklassengewicht/Gesamtlipidgewicht von *Euphausia crystallophias*; Wachsester +; Phosphatidylcholin o; Phosphatidylethanolamin *; lineare Regression

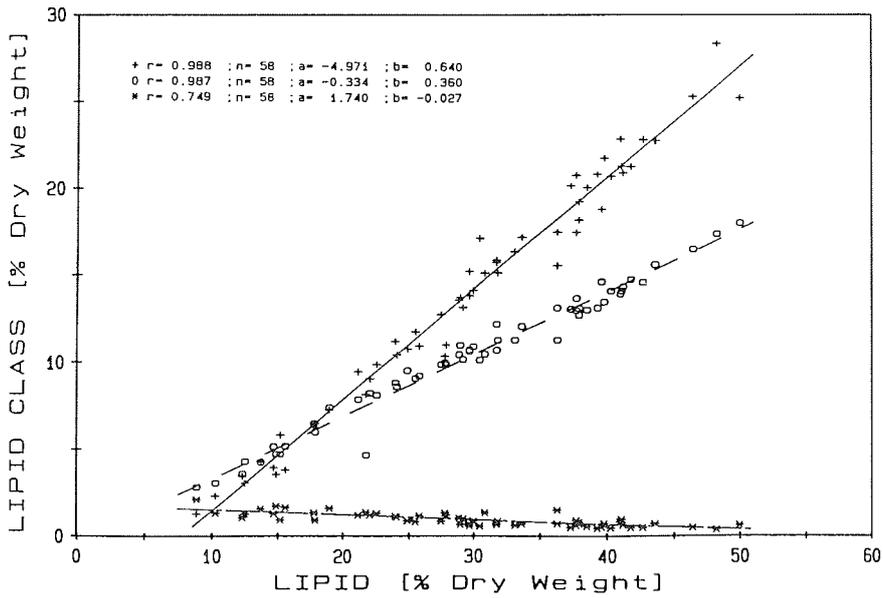


Abb. 3.30. Lipidklassen (% TG)/Lipidgehalt von *Euphausia crystallophias*; Wachsester +; Phosphatidylcholin o; Phosphatidylethanolamin *; lineare Regression

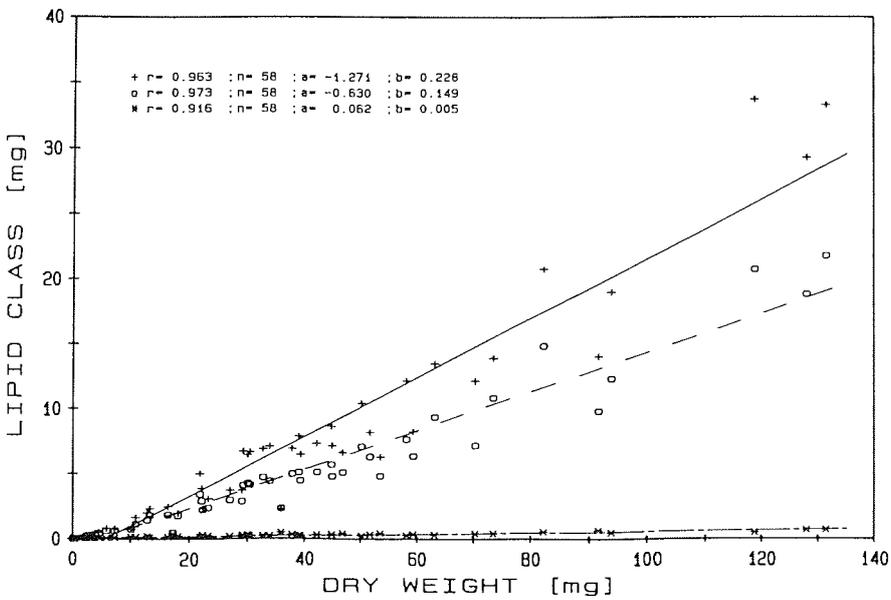


Abb. 3.31. Lipidklassengewicht/Trockengewicht von *Euphausia crystallophias*; Wachsester +; Phosphatidylcholin o; Phosphatidylethanolamin *; lineare Regression

Thysanoessa macrura G.O. SARS, 1883

Tab. 3.15-3.17 und Abb. 3.32-3.35 demonstrieren die Lipiddaten von *Thysanoessa macrura* aus dem Gebiet der Antarktischen Halbinsel und dem Weddellmeer. Die Oktober/November-Daten von Tieren zwischen 11-20 mm Länge zeigen bei geringem Trockengewicht einen niedrigen Lipidgehalt von durchschnittlich 10% (Abb. 3.32). Dieser Wert erhöht sich bei den im Januar 1985 gefangenen Tieren (15-24 mm) auf 29.5%, während die hauptsächlich im Februar gesammelten Individuen aus dem Weddellmeer (11-27 mm) einen Wert von durchschnittlich 37.4% des Trockengewichts erreichen. Im Gegensatz zu den geringen prozentualen Lipidgehaltsschwankungen an der Antarktischen Halbinsel im Oktober/November 1983 bzw. im Januar 1985, liegen die Extremwerte im Weddellmeer (Vestkapp Box) zwischen 19% und 47%. Die in der Februar-Box vor Vestkapp gefangenen Furcilien 1 und 2 von *Th. macrura* (Tab. 3.16 und Abb. 3.32) haben - ähnlich den Jugendstadien der beiden anderen Euphausiaceen-Arten - mit 13.9% nur wenig Lipid, es kommt jedoch während der weiteren Entwicklung zu einem rapiden Anstieg der Lipide auf annähernd 40% des Trockengewichts.

Die unterschiedliche Zunahme der Lipide in den verschiedenen Monaten und Regionen in Abhängigkeit vom Trockengewicht demonstriert auch Abb. 3.33.

Die Beziehung zwischen den Lipidklassen (in mg bzw. % TG) und dem Gesamtlipidgewicht/-anteil wird in Abb. 3.34 und 3.35 dargestellt. Wie bei den beiden anderen Euphausiaceen-Arten zeigt Phosphatidylethanolamin kaum Veränderungen mit dem Lipidgewicht (Abb. 3.34) sowie eine geringfügige Abnahme bezogen auf den Lipidgehalt (Abb. 3.35). Im Gegensatz dazu steigen Phosphatidylcholin und stärker noch die Wachsester mit zunehmendem Lipidgehalt linear deutlich an.

Wie schon bei den beiden anderen Euphausiaceen-Arten festgestellt, verringert sich der Phospholipid-Anteil, dargestellt in % Gesamtlipidgehalt, mit steigendem Lipidgehalt bis auf ca. 35%. Gleichzeitig steigt der Wachsester-Anteil auf über 60%. Bei den Oktober/November-Tieren von der Antarktischen Halbinsel ist der Anteil der Phospholipide mit 48.6% im Vergleich zu den im Januar gefangenen Exemplaren (39%) daher deutlich höher. Auffällig ist, daß der Anteil von Phosphatidylcholin bei den Januar-Tieren noch zunimmt, während Phosphatidylethanolamin sehr stark von 16.8% auf 1.9% abnimmt. Ähnlich ist die Situation bei den im Weddellmeer gefangenen Individuen. Die prozentuale Reduktion von Phosphatidylethanolamin mit steigendem Lipidgehalt scheint bei antarktischen Euphausiaceen ein allgemeines Phänomen zu sein. Dagegen wird Phosphatidylcholin (% TG) linear zum steigenden Lipidgehalt angereichert, dies deutet auf eine Speicherfunktion dieser Lipidklasse bei den drei untersuchten Arten hin.

Auch die Sterole sind bei den Januar/Februar-Individuen prozentual stark zurückgegangen (13.2%-3.8%/3.4%). Bei den Neutrallipiden schlägt sich der erhöhte Lipidgehalt in einer Zunahme der Wachsester von 24.7% auf 55.5%/56.2% nieder (Abb. 3.32). Triglyceride sind bei den adulten *Th. macrura* kaum vorhanden. Relativ hoch ist der Anteil der freien Fettsäuren (8.5%) bei den lipidarmen Tieren vom Oktober-/November 1983. Vielleicht treten die freien Fettsäuren aufgrund der absolut geringen Lipidmengen prozentual stärker hervor. Bei den im Januar an der Antarktischen Halbinsel und im Februar im Weddellmeer gefangenen *Th. macrura* ließen sich freie Fettsäuren kaum nachweisen.

Tab. 3.15. Stationsdaten und Messergebnisse von *Th. macrura*, nach Trockengewicht sortiert; Antarktische Halbinsel Oktober/November 1983 und Januar 1985

Stat. No.	Date D/M/Y	Haul Depth (m)	Total Number (n)	Approx. Length (mm)	Mean WetWt (g)	Mean DryWt (g)	Mean Lipid (g)	Total Lipid %WetWt	Total Lipid %DryWt	Lipid Class Composition in Percent of Total Lipid											
										Po-lar	Neu-tral	PE	PS+ PI	PC	SM	LPC	WE	TAG	FFA	CHOL	DAG
156	05/11/83	200-0	10	11-16	0.0173	0.0028	0.00031	1.8	11.1	49.2	50.8	19.9	1.1	26.7	0.8	0.7	25.2	4.0	8.2	10.6	2.7
188	08/11/83	195-0	36	15-20	0.0191	0.0032	0.00030	1.6	9.3	50.5	49.5	17.8	0.3	31.2	0.8	0.5	19.3	3.1	9.1	15.5	2.5
156	05/11/83	200-0	10	13-17	0.0233	0.0037	0.00040	1.7	10.8	45.8	54.3	17.1	0.4	27.2	0.7	0.3	28.4	3.6	8.3	11.3	2.7
156	05/11/83	200-0	10	14-18	0.0257	0.0041	0.00036	1.4	8.8	49.6	50.4	18.5	0.9	28.4	1.0	0.7	17.2	4.7	10.6	14.7	3.2
102	24/10/83	200-0	40	<20	0.0246	0.0049	0.00054	2.2	11.1	47.9	52.1	14.2	0.0	32.9	0.5	0.3	30.2	3.6	6.1	12.3	0.0
156	05/11/83	200-0	10	16-20	0.0365	0.0060	0.00053	1.4	8.8	48.8	51.2	16.7	0.3	30.7	0.7	0.3	19.9	1.7	11.3	15.9	2.4
102	24/10/83	200-0	50	<20	0.0337	0.0066	0.00070	2.1	10.5	48.2	51.8	13.3	0.0	34.2	0.3	0.4	32.9	1.1	6.1	12.3	0.0
Mean								1.7	10.0	48.6	51.4	16.8	0.4	30.2	0.7	0.5	24.7	3.1	8.5	13.2	1.9
Std.Dev.								0.3	1.0	1.5	1.5	2.3	0.4	2.9	0.2	0.2	6.1	1.3	2.0	2.1	1.3
238	11/01/85	200-0	11	15-24	0.0360	0.0090	0.00244	6.8	27.0	37.2	62.8	2.4	0.0	34.6	0.2	0.0	57.4	1.4	0.0	4.0	0.0
238	11/01/85	200-0	10	17-20	0.0444	0.0118	0.00336	7.6	28.4	38.7	61.3	2.3	0.0	36.1	0.3	0.0	56.0	1.5	0.0	3.9	0.0
238	11/01/85	200-0	10	17-21	0.0501	0.0134	0.00407	8.1	30.3	40.7	59.3	1.9	0.0	38.7	0.1	0.0	52.4	2.1	0.0	4.0	0.8
238	11/01/85	200-0	10	17-22	0.0558	0.0146	0.00458	8.2	31.3	39.0	61.0	1.4	0.0	37.5	0.1	0.0	55.4	1.8	0.0	3.8	0.0
238	11/01/85	200-0	10	21-22	0.0607	0.0157	0.00477	7.9	30.4	39.4	60.6	1.6	0.0	37.7	0.1	0.0	56.5	0.7	0.0	3.4	0.0
Mean								7.7	29.5	39.0	61.0	1.9	0.0	36.9	0.2	0.0	55.5	1.5	0.0	3.8	0.2
Std.Dev.								0.6	1.8	1.3	1.3	0.4	0.0	1.6	0.1	0.0	1.9	0.5	0.0	0.2	0.4

Tab. 3.16. Stationsdaten und Messergebnisse von *Thysanoessa macrura* (Furcilien 1 und 2); Vestkapp Box 2, Weddell See 1985

Stat. No.	Date D/M/Y	Haul Depth (m)	Total Number	Mean WetWt (g)	Mean DryWt (g)	Mean Lipid (g)	Total Lipid %WetWt	Total Lipid %DryWt	Po-lar	Neu-tral	Lipid Class Composition in Percent of Total Lipid									
											PE	PS+ PI	PC	SM	LPC	WE+ SE	TAG	FFA	CHOL	DAG
315	12/02/85	190-0	200	0.00075	0.00010	0.000014	1.9	13.9	47.1	52.9	11.8	0.7	34.1	0.3	0.2	24.8	16.5	0.0	8.5	3.1

Tab. 3.17. Stationsdaten und Messergebnisse von *Thysanoessa macrura* (subadult, adult), nach Trockengewicht sortiert; Vestkapp Box 1 und 2, Weddell See 1985

Stat. No.	Date D/M/Y	Haul Depth (m)	Total Number (n)	Approx. Length (mm)	Mean WetWt (g)	Mean DryWt (g)	Mean Lipid (g)	Total Lipid %WetWt	Total Lipid %DryWt	Po-lar	Neu-tral	Lipid Class Composition in Percent of Total Lipid									
												PE	PS+ PI	PC	SM	LPC	WE+ SE	TAG	FFA	CHOL	DAG
271	27/01/85	190-0	2	11-12	0.0094	0.0019	0.0008	8.0	38.7	39.5	60.5	3.6	0.0	35.3	0.1	0.5	49.7	3.7	3.6	3.6	0.0
322	13/02/85	198-0	18	12-14	0.0131	0.0030	0.0010	7.5	33.2	37.6	62.4	2.0	0.0	35.5	0.1	0.0	56.3	1.9	0.0	3.3	0.9
271	27/01/85	190-0	2	14-16	0.0230	0.0040	0.0007	3.2	18.8	45.7	54.3	8.6	0.0	36.1	0.5	0.4	39.3	4.2	3.8	7.0	0.0
340	17/02/85	225-0	10	12	0.0376	0.0053	0.0018	4.8	33.8	37.2	62.8	1.3	0.0	35.6	0.1	0.1	57.3	2.2	0.0	2.6	0.6
337	16/02/85	220-0	1	15	0.0193	0.0059	0.0024	12.6	40.9	35.4	64.6	1.2	0.0	34.1	0.1	0.1	55.9	3.5	1.1	2.6	1.4
340	17/02/85	225-0	1	19	0.0429	0.0120	0.0055	12.8	46.1	35.8	64.1	0.7	0.0	35.1	0.1	0.1	59.8	1.7	0.0	2.6	0.0
271	27/01/85	190-0	6	20-21	0.0563	0.0132	0.0048	8.5	36.4	36.5	63.5	1.0	0.0	35.4	0.1	0.0	57.7	1.3	1.6	2.8	0.0
340	17/02/85	225-0	1	20	0.0606	0.0173	0.0078	12.9	45.1	34.0	66.0	0.9	0.0	33.0	0.1	0.0	60.9	2.3	0.0	2.8	0.0
319	13/02/85	385-200	7	15-20	0.0674	0.0180	0.0078	11.6	43.3	33.2	66.8	0.6	0.0	32.7	0.0	0.0	61.1	2.5	0.0	3.2	0.0
340	17/02/85	225-0	1	23	0.0700	0.0190	0.0073	10.4	38.5	36.9	63.1	0.9	0.0	35.8	0.1	0.1	57.0	2.2	1.2	2.2	0.4
324	14/02/85	205-0	1	22	0.0810	0.0196	0.0078	9.7	40.0	36.5	63.5	0.7	0.0	35.8	0.0	0.0	57.8	1.3	0.6	2.6	1.1
340	17/02/85	225-0	1	22	0.0753	0.0207	0.0097	12.9	47.1	33.5	66.5	0.5	0.0	33.0	0.1	0.0	57.8	2.4	1.1	3.3	1.9
337	16/02/85	205-0	1	25	0.0902	0.0234	0.0088	9.7	37.6	36.8	63.2	1.1	0.0	35.5	0.2	0.1	56.4	1.5	0.5	3.6	1.2
319	13/02/85	385-200	1	25	0.1001	0.0244	0.0084	8.4	34.4	34.5	65.5	1.6	0.0	32.7	0.2	0.0	57.8	2.6	1.5	3.6	0.0
328	14/02/85	190-0	1	27	0.1297	0.0279	0.0065	5.0	23.3	38.1	61.9	2.5	0.0	35.4	0.2	0.1	52.4	1.2	1.6	5.3	1.3
319	13/02/85	385-200	1	27	0.1746	0.0492	0.0204	11.7	41.5	32.8	67.2	0.6	0.0	31.9	0.1	0.0	62.4	1.5	0.0	3.2	0.0
Mean								9.4	37.4	36.5	63.5	1.7	0.0	34.6	0.1	0.1	56.2	2.3	1.0	3.4	0.6
Std.Dev.								3.1	7.7	3.1	3.1	2.0	0.0	1.4	0.1	0.1	5.5	0.9	1.2	1.2	0.7

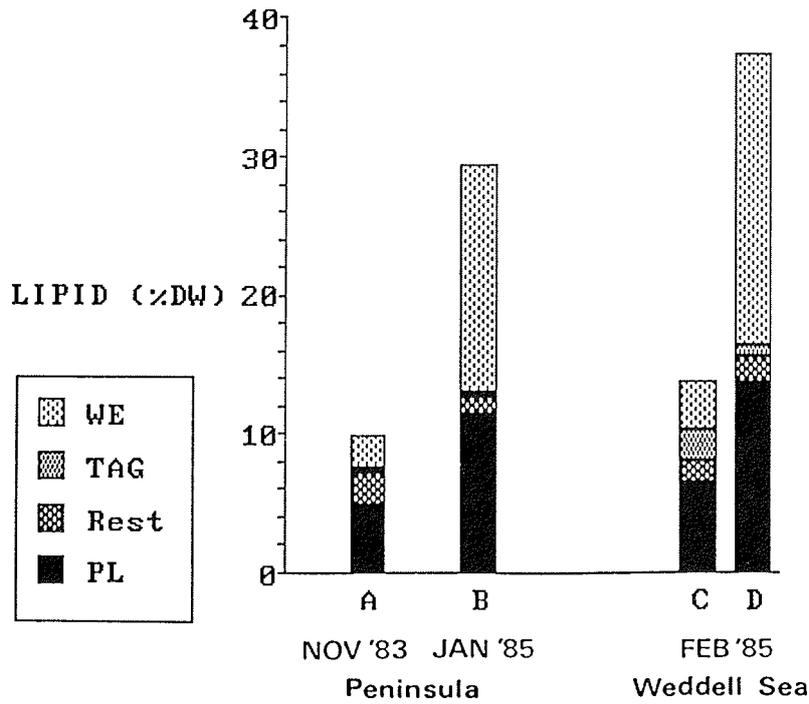


Abb. 3.32. Lipidgehalt und -zusammensetzung von *Thysanoessa macrura* (A: 11-20mm; B: 15-24mm; C: Furcilien 1 und 2; D: 11-27mm)

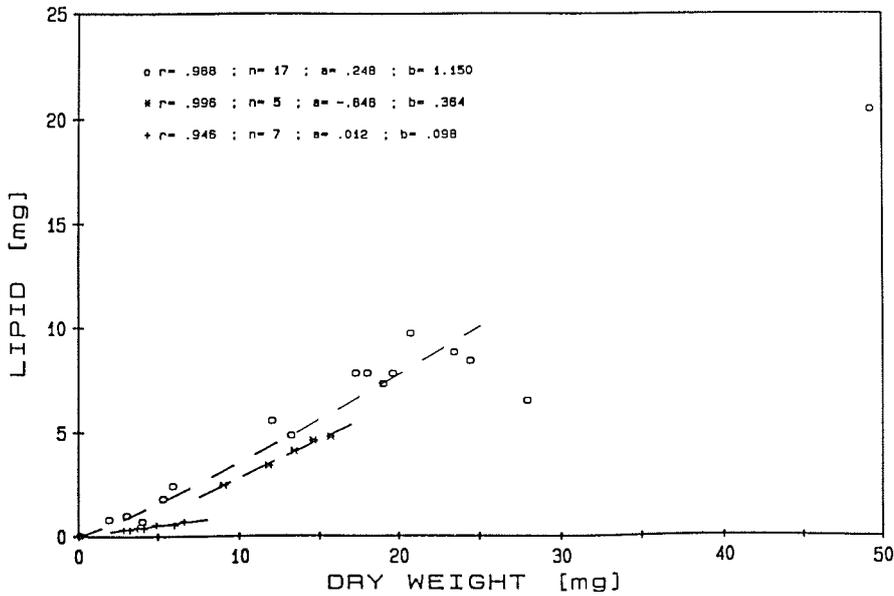


Abb. 3.33. Lipid-/Trockengewichtsbeziehung von *Thysanoessa macrura* (+: Okt./Nov. 1983, Antarktische Halbinsel, lineare Regression; *: Jan. 1985, Antarktische Halbinsel, lineare Regression; o: Jan./Feb. 1985, Weddellmeer, doppelt logarithmische Regression)

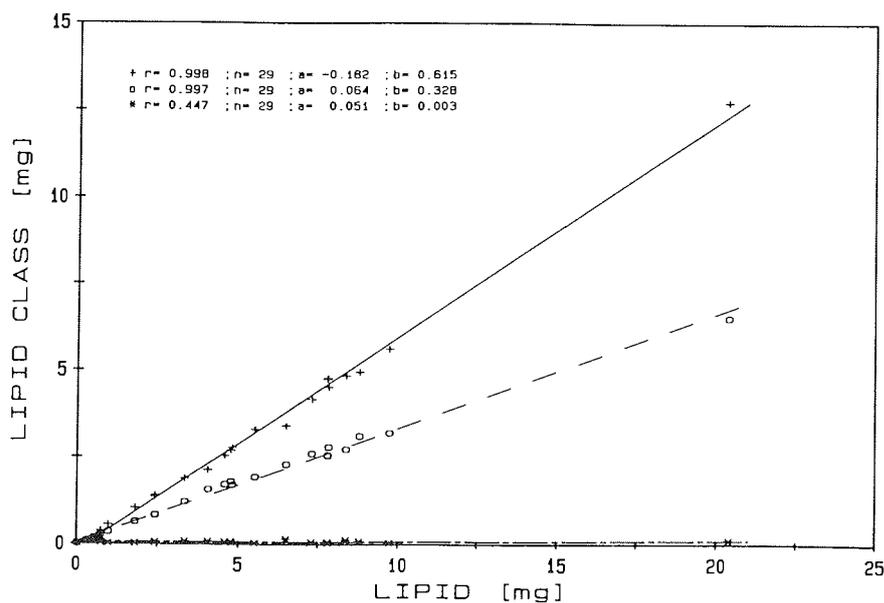


Abb. 3.34. Lipidklassengewicht/Gesamtlipidgewicht von *Thysanoessa macrura* (Antarktische Halbinsel, Weddellmeer): Wachsester +; Phosphatidylcholin o; Phosphatidylethanolamin *; lineare Regression

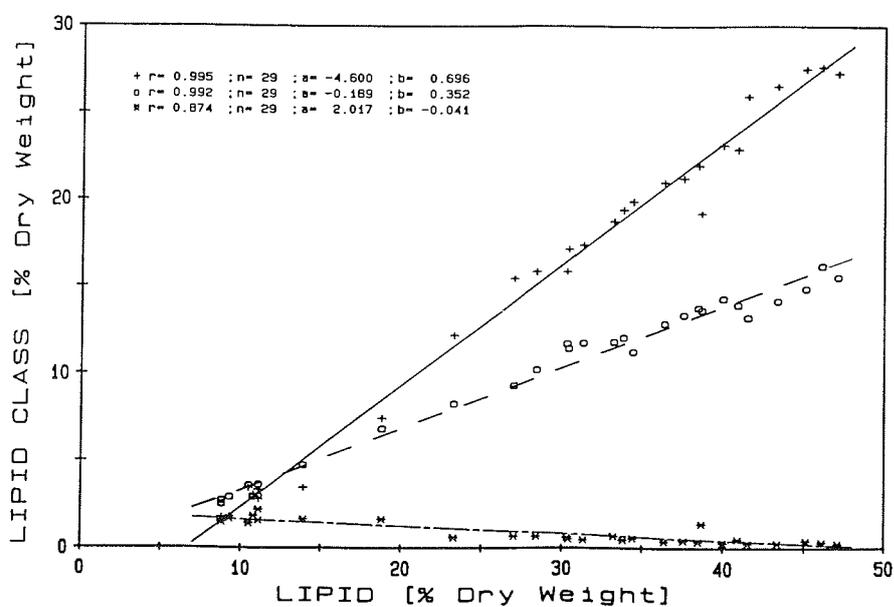


Abb. 3.35. Lipidklassen (% TG)/Lipidgehalt von *Thysanoessa macrura* (Antarktische Halbinsel, Weddellmeer): Wachsester +; Phosphatidylcholin o; Phosphatidylethanolamin *; lineare Regression

3.3 Amphipoden

3.3.1 Gammariden

Eusirus microps WALKER, 1906

Diese für das Südpolarmeer endemische Art wurde in vier Exemplaren in größeren Tiefen (415-850 m) im Gebiet der Gould Bay/Vahsel Bucht gefangen. Ihre Körperlänge betrug 40-55 mm. Die Analyseergebnisse (Tab. 3.18 und Abb. 3.36) dieser vier Individuen sind recht unterschiedlich. Die Lipidgehalte (% TG) liegen zwischen 6.2% und 24.7%. Das Tier mit dem geringsten Lipidgehalt weist die höchsten Phospholipidwerte (38.5%) auf. Diese bestehen größtenteils aus Phosphatidylcholin (25.2%) und -ethanolamin (12.1%), als Neutrallipide treten neben Cholesterin (14%) als Strukturlipid in Membranen vor allem Triglyceride (33.1%) und Wachsester (14.4%) als Speicherlipide auf. Mit zunehmendem Lipidgehalt nimmt der Anteil der Phospholipide ab, im Gegensatz zu den Euphausiaceen hier gleichermaßen Phosphatidylcholin (Minimum 6.0%) und Phosphatidylethanolamin (Minimum 1.8%). Cholesterin wird mit steigendem Lipidgehalt prozentual ebenfalls stark reduziert. Die Verteilung der in erheblichen Mengen vorhandenen Triglyceride und Wachsester ist nicht einheitlich. Das Triglycerid/Wachsester-Verhältnis kann zwischen 0.7:1 und 5.7:1 schwanken.

Eusirus propeperdentatus ANDRES, 1978

Tab. 3.19 und Abb. 3.36 zeigen die Analyseergebnisse von vier unterhalb von 680 m Tiefe in der Vahsel Bucht gefangenen Gammariden der Art *Eusirus propeperdentatus* (40-45 mm Länge). Ihre Lipidgehalte liegen zwischen 18% und 36.5%. Mit zunehmendem Lipidgehalt sinkt der Anteil der Phospholipide von 15.2% auf 5.5%. Als Neutrallipid werden zu ungefähr gleichen Teilen Triglyceride (45.8%) und Wachsester (42.6%) in großen Mengen gespeichert.

Cyphocaris richardi CHEVREUX, 1905

Ein Exemplar (45 mm Länge) dieser kosmopolitischen Art wurde im Oktober 1983 in über 700 m Tiefe an der Antarktischen Halbinsel gefangen. Wie Tab. 3.20 und Abb. 3.36 zeigen, handelt es sich um ein sehr "fettes" Individuum mit einem Lipidgehalt von 54.4% des Trockengewichts. Der Phospholipidanteil (2.3%) ist extrem klein, während bei diesem Tier die Triglyceride (92.8%) eindeutig als Speicherlipid dominieren.

Orchomene sp. (*O. plebs* HURLEY, 1965; *O. rossi*, WALKER 1903)

Bei diesen im südlichen Weddellmeer gefangenen Gammariden handelt es sich mit großer Wahrscheinlichkeit um die hier häufigen Arten *Orchomene plebs* oder *Orchomene rossi* (PIATKOWSKI 1987). Der Größenbereich der untersuchten Tiere liegt zwischen ca. 3-20 mm Länge (Tab. 3.21 und Abb. 3.36). Die beiden größten Individuen haben mit 14.1% den geringsten Lipidgehalt, außerdem den höchsten Anteil an Phospholipiden (10.1%), während die Lipidgehalte der anderen Tiere zwischen 24% und 46% liegen, mit geringen Phospholipidanteilen (2.6-7.5%). Dominant - besonders bei den "fetteren" Exemplaren - sind wiederum die Triglyceride (56-85%), die Wachsester machen ca. 5-20% der Lipide aus.

Uristes gigas DANA, 1852

Von dieser Art wurde nur ein Exemplar (30 mm Länge) vor Vestkapp im südöstlichen Weddellmeer gefangen (Tab. 3.22 und Abb. 3.36). Der Lipidgehalt dieses Tieres beträgt 13.2% TG, der Anteil der Phospholipide 13.3%. Die Hauptmasse der Lipide liegt in Form von Triglyceriden (78.6%) vor, Wachsester (5.3%) sind wenig vorhanden.

Tryphosella cf. *longitelson* (K.H. BARNARD, 1932)

Aus dem gleichen Fang vor Vestkapp wurden auch zwei Exemplare (22-24 mm Länge) der Gattung *Tryphosella* aussortiert, die Art *T. longitelson* ist jedoch nicht sicher (ANDRES, pers. Mitt.). Diese Tiere haben einen Lipidgehalt von 22.9% bzw. 30.1%, die

Phospholipide haben daran einen geringen Anteil von 8.5% bzw. 6.1% (Tab. 3.23 und Abb. 3.36). Dominierende Lipidklassen sind die Triglyceride (59-64%) und die Wachsester (25.4-32.9%).

Epimeriella macronyx WALKER, 1907

Die analysierten Individuen dieser Art stammen aus dem Gebiet der Vahsel Bucht/Gould Bay, wo *E. macronyx* neben *Eusirus propeperdentatus* einer der häufigsten Gammariden ist (PIATKOWSKI 1987). Die Analysenergebnisse faßt Tab. 3.24 und Abb. 3.36 zusammen. Die Lipidgehaltswerte von *E. macronyx* (10-30 mm Länge) umfassen einen weiten Bereich (8.6-38.1%), wobei die größeren Tiere lipidreicher (% TG) als die kleineren sind. In Anbetracht der wenigen Daten und der großen Unterschiede zwischen den beiden - nach Trockengewicht - fast gleichschweren Tiere (10-15 mm) muß dies kein allgemeiner Trend sein. Die Regressionsrechnung ergibt für die Korrelation Lipidgewicht/Trockengewicht einen Korrelationskoeffizienten r von 0.997 ($p < 0.001$), die Beziehung ist also signifikant. Eine signifikante Korrelation ($p < 0.01$) besteht ebenfalls zwischen Phospholipiden ($r = 0.94$) bzw. Triglyceriden ($r = 0.96$), dargestellt in % Trockengewicht und Lipidgehalt (% TG).

Der Phospholipidgehalt, dargestellt in Prozent des Lipidgehalts, und der Lipidgehalt sind deutlich invers korreliert (Tab. 3.24), der Cholesterin-Anteil (% Gesamtlipid) nimmt ebenfalls mit steigendem Lipidgehalt ab. Bei den Neutrallipiden dominieren die Triglyceride (29-74%), jedoch stellen auch die Wachsester (15-44%) einen beträchtlichen Anteil an den Lipiden. Das Triglycerid/Wachsester-Verhältnis kann stark schwanken und Werte zwischen ca. 1.5:1 und 4.5:1 annehmen.

Abb. 3.36 stellt zusammenfassend Lipidgehalt und -zusammensetzung der untersuchten Gammariden anhand ihrer Durchschnittswerte dar.

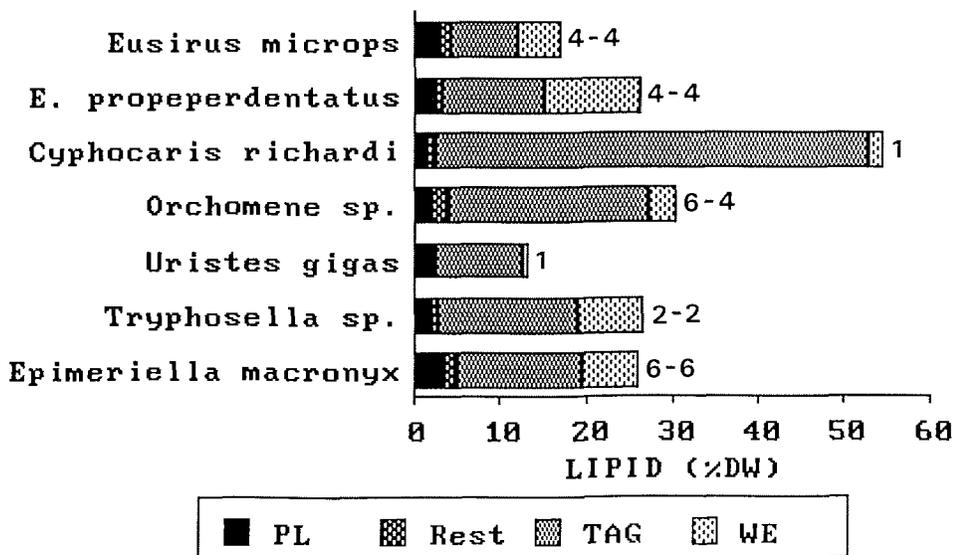


Abb. 3.36. Lipidgehalt und -zusammensetzung der untersuchten Gammariden-Arten (Durchschnittswerte, Zahlen neben den Säulen: Probenanzahl (Gesamtlipid/Lipidklassen))

Tab. 3.18. Stationsdaten und Messergebnisse von *Eusirus microps*; Vahsel-Bucht/Gould Bay, Weddell See 1985

Stat. No.	Date D/M/Y	Haul Depth (m)	Total Number (n)	Approx. Length (mm)	Mean WetWt (g)	Mean DryWt (g)	Mean Lipid (g)	Total Lipid %WetWt	Total Lipid %DryWt	Lipid Class Composition in Percent of Total Lipid										
										Po-lar	Neu-tral	PE	PS+ PI	PC	SM+ LPC	WE+ SE	TAG	FFA	CHOL	DAG
303	06/02/85	415-0	1	40	0.7728	0.1876	0.0463	6.0	24.7	8.0	92.0	1.8	0.0	6.0	0.3	41.0	44.1	3.6	2.1	1.1
306	07/02/85	680-0	1	45	1.5294	0.2035	0.0127	0.8	6.2	38.5	61.5	12.1	0.5	25.2	0.9	14.4	33.1	0.0	14.0	0.0
307	08/02/85	850-0	1	50	1.7597	0.2640	0.0453	2.6	17.2	10.8	89.2	3.1	0.1	7.4	0.2	50.0	35.0	1.8	2.3	0.0
307	08/02/85	850-0	1	55	1.7460	0.2861	0.0578	3.3	20.2	9.1	90.9	2.6	0.1	6.1	0.2	13.1	75.2	0.0	2.6	0.0
Mean								3.2	17.1	16.6	83.4	4.9	0.2	11.2	0.4	29.6	46.8	1.4	5.3	0.3

Tab. 3.19. Stationsdaten und Messergebnisse von *Eusirus propeperdentatus*, nach Trockengewicht sortiert; Vahsel-Bucht, Weddell See 1985

Stat. No.	Date D/M/Y	Haul Depth (m)	Total Number (n)	Approx. Length (mm)	Mean WetWt (g)	Mean DryWt (g)	Mean Lipid (g)	Total Lipid %WetWt	Total Lipid %DryWt	Lipid Class Composition in Percent of Total Lipid										
										Po-lar	Neu-tral	PE	PS+ PI	PC	SM+ LPC	WE+ SE	TAG	FFA	CHOL	DAG
306	07/02/85	680-0	1	40	0.9722	0.1869	0.0335	3.4	17.9	15.2	84.8	5.7	0.3	9.1	0.2	38.5	42.7	0.7	2.9	0.0
306	07/02/85	680-0	1	40	1.0101	0.2249	0.0629	6.2	28.0	7.0	93.0	2.8	0.0	4.0	0.2	41.1	49.8	0.6	1.4	0.0
306	07/02/85	680-0	1	45	1.3270	0.2719	0.0627	4.7	23.1	8.8	91.2	3.1	0.0	5.6	0.2	48.0	40.1	1.2	1.9	0.0
306	07/02/85	680-0	1	45	1.2947	0.3499	0.1277	9.9	36.5	5.5	94.5	1.8	0.0	3.7	0.0	42.7	50.7	0.0	1.0	0.0
Mean								6.1	26.4	9.1	90.9	3.4	0.1	5.6	0.2	42.6	45.8	0.6	1.8	0.0

Tab. 3.20. Stationsdaten und Messergebnisse von *Cyphocaris richardi*; Antarktische Halbinsel 1983

Stat. No.	Date D/M/Y	Haul Depth (m)	Total Number (n)	Approx. Length (mm)	Mean WetWt (g)	Mean DryWt (g)	Mean Lipid (g)	Total Lipid %WetWt	Total Lipid %DryWt	Lipid Class Composition in Percent of Total Lipid										
										Po-lar	Neu-tral	PE	PS+ PI	PC	SM+ LPC	WE+ SE	TAG	FFA	CHOL	DAG
111	25/10/83	1900-700	1	45	1.2133	0.3775	0.2053	16.9	54.4	2.3	97.7	0.3	0.0	2.0	0.0	3.1	92.8	0.0	1.7	0.0

Tab. 3.21. Stationsdaten und Messergebnisse von *Orchomene spec.* (*O. plebs*, *O. rossi*), nach Trockengewicht sortiert; Weddell See 1985

Stat. No.	Date D/M/Y	Haul Depth (m)	Total Number (n)	Approx. Length (mm)	Mean WetWt (g)	Mean DryWt (g)	Mean Lipid (g)	Total Lipid %WetWt	Total Lipid %DryWt	Po-lar	Lipid Class Composition in Percent of Total Lipid									
											Neu-tral	PE	PS+ PI	PC	SM+ LPC	WE+ SE	TAG	FFA	CHOL	DAG
309	09/02/85	220-0	20	3-6	0.0134	0.0023	0.0007	5.2	30.5	4.7	95.3	1.2	0.0	3.5	0.0	7.0	85.3	1.1	1.9	0.0
307	08/02/85	230-0	4	4-8	0.0191	0.0036	0.0009	4.6	24.0	7.5	92.5	2.0	0.1	5.2	0.2	4.7	83.3	1.2	3.4	0.0
294	04/02/85	225-0	6	4-8	0.0223	0.0037	0.0009	4.1	24.2											
292	04/02/85	225-0	2	8-12	0.0267	0.0046	0.0020	7.7	44.6											
319	13/02/85	385-200	1	15	0.1047	0.0286	0.0131	12.5	45.8	2.6	97.4	0.5	0.0	2.1	0.0	13.7	79.9	1.2	1.4	1.1
282	30/01/85	100-50	2	15-20	0.2329	0.0665	0.0094	4.0	14.1	10.1	89.9	3.1	0.6	6.4	0.0	19.6	55.9	8.0	4.1	2.3
Mean								6.4	30.5	6.2	93.8	1.7	0.2	4.3	0.1	11.3	76.1	2.9	2.7	0.9

Tab. 3.22. Stationsdaten und Messergebnisse von *Uristes gigas*; Vestkapp Box 1, Weddell See 1985

Stat. No.	Date D/M/Y	Haul Depth (m)	Total Number (n)	Approx. Length (mm)	Mean WetWt (g)	Mean DryWt (g)	Mean Lipid (g)	Total Lipid %WetWt	Total Lipid %DryWt	Po-lar	Lipid Class Composition in Percent of Total Lipid									
											Neu-tral	PE	PS+ PI	PC	SM+ LPC	WE+ SE	TAG	FFA	CHOL	DAG
248	22/01/85	409-0	1	30	0.8751	0.2261	0.0298	3.4	13.2	13.3	86.7	2.8	0.0	10.2	0.3	5.3	78.6	0.0	2.9	0.0

Tab. 3.23. Stationsdaten und Messergebnisse von *Tryphosella longitelson* (?); Vestkapp Box 1, Weddell See

Stat. No.	Date D/M/Y	Haul Depth (m)	Total Number (n)	Approx. Length (mm)	Mean WetWt (g)	Mean DryWt (g)	Mean Lipid (g)	Total Lipid %WetWt	Total Lipid %DryWt	Po-lar	Lipid Class Composition in Percent of Total Lipid									
											Neu-tral	PE	PS+ PI	PC	SM+ LPC	WE+ SE	TAG	FFA	CHOL	DAG
248	22/01/85	409-0	1	22	0.2684	0.0841	0.0253	9.4	30.1	6.1	93.9	1.0	0.0	3.8	1.2	32.9	59.0	0.0	1.4	0.6
248	22/01/85	409-0	1	24	0.3586	0.0966	0.0222	6.2	22.9	8.5	91.5	1.7	0.0	6.1	0.7	25.4	64.0	0.0	1.8	0.3
Mean								7.8	26.5	7.3	92.7	1.4	0.0	5.0	1.0	29.1	61.5	0.0	1.6	0.5

Tab. 3.24. Stationsdaten und Messergebnisse von *Epimeriella macronyx*, nach Trockengewicht sortiert; Vahsel-Bucht/Gould Bay, Weddell See 1985

Stat. No.	Date D/M/Y	Haul Depth (m)	Total Number (n)	Approx. Length (mm)	Mean WetWt (g)	Mean DryWt (g)	Mean Lipid (g)	Total Lipid %WetWt	Total Lipid %DryWt	Po-lar	Lipid Class Composition in Percent of Total Lipid									
											Neu-tral	PE	PS+ PI	PC	SM+ LPC	WE+ SE	TAG	FFA	CHOL	DAG
292	04/02/85	225-0	5	10-15	0.0556	0.0070	0.0006	1.1	8.6	30.9	69.1	14.5	0.0	16.1	0.3	20.4	28.7	8.8	11.2	0.0
296	04/02/85	215-0	7	10-15	0.0372	0.0072	0.0011	3.0	15.2	16.5	83.5	5.5	0.3	10.6	0.2	28.3	45.3	3.6	5.2	1.1
294	04/02/85	225-0	5	15-20	0.1459	0.0266	0.0070	4.8	26.4	6.9	93.1	2.8	0.0	4.1	0.0	14.8	73.9	1.7	2.6	0.0
306	07/02/85	680-0	1	20	0.2861	0.0627	0.0187	6.5	29.8	6.7	93.3	2.8	0.3	3.6	0.1	29.0	60.5	1.8	2.0	0.0
299	05/02/85	240-0	1	22	0.3494	0.0733	0.0279	8.0	38.0	4.6	95.4	1.6	0.0	3.0	0.0	16.8	74.8	2.2	1.6	0.0
307	08/02/85	850-0	1	30	0.6319	0.1573	0.0600	9.5	38.1	4.2	95.8	1.0	0.1	3.1	0.1	43.5	50.8	0.4	1.0	0.0
Mean								5.5	26.0	11.6	88.4	4.7	0.1	6.8	0.1	25.5	55.7	3.1	3.9	0.2

3.3.2 Hyperiid

Vibilia propinqua STEBBING, 1888

Exemplare dieser Art wurden nur an der Antarktischen Halbinsel gefangen (November 1983). Die beiden untersuchten Proben (Länge der Tiere 5-12 mm) weichen wenig voneinander ab (Tab. 3.25). Der Lipidgehalt beträgt ca. 12%, daran haben die Phospholipide einen Anteil von ca. 25-30%, während bei den Neutrallipiden die Triglyceride (49-57%) vorherrschen, die Wachsester sind mit ca. 8-11.5% vertreten (Abb. 3.38).

Cylopus lucasii BATE, 1862

Tab. 3.26 und Abb. 3.37 und 3.38 verdeutlichen die Analyseergebnisse von *Cylopus lucasii* aus dem Gebiet des südlichen Weddellmeeres. Die Lipidgehalte der untersuchten Tiere (15-26 mm Länge) erstrecken sich über einen weiten Bereich von 11.3-47.9%. Das Verteilungsbild ist sehr heterogen, innerhalb der Weibchen (14-48%) variieren die Lipidgehalte ebenfalls sehr stark. Die höchsten Lipidgehalte wurden während der Februar-Box vor Vestkapp festgestellt. Es besteht eine signifikante lineare Korrelation zwischen dem Lipidgewicht und dem Trockengewicht ($r = 0.90$, $p < 0.001$). Ebenfalls signifikant korreliert sind die in Prozent Trockengewicht dargestellten Phospholipide ($r = 0.85$) bzw. Triglyceride ($r = 0.99$) und der Lipidgehalt ($p < 0.001$, Abb. 3.37).

Werden die Lipidklassen in Prozent des Lipidgehalts ausgedrückt, so wird die inverse Korrelation zwischen Lipidgehalt und Phospholipidanteil sowie das Ansteigen der Triglyceride mit erhöhtem Lipidgehalt deutlich (Tab. 3.26). In den meisten Fällen dominieren die Triglyceride (33-85% der Lipide), das Verhältnis zu den ebenfalls in größeren Mengen auftretenden Wachsestern (10-37%) schwankt zwischen 9:1 und 1:1.

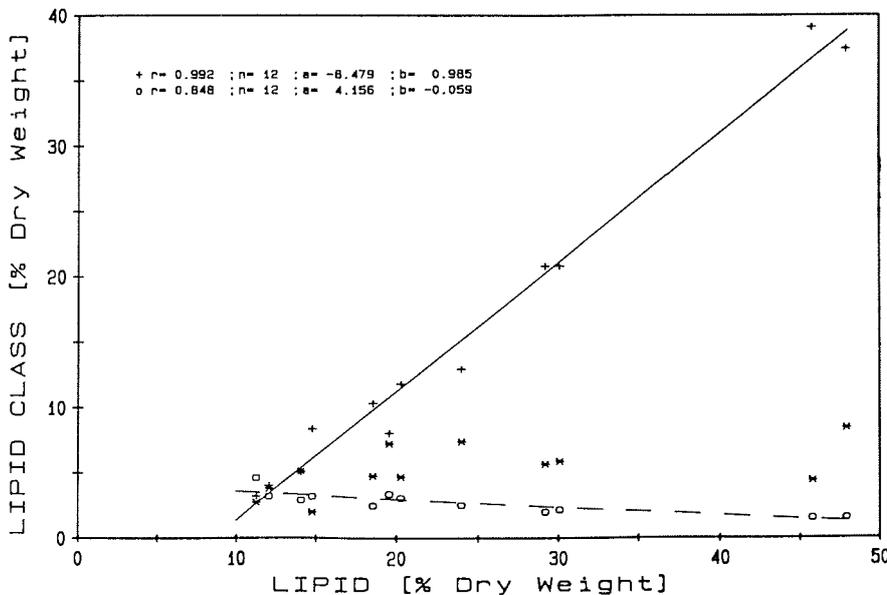


Abb. 3.37. Lipidklassen (% TG)/Lipidgehalt von *Cylopus lucasii*, Weddellmeer ; Triglycerid +; Wachsester x; Phospholipid o; lineare Regression

Tab. 3.25. Stationsdaten und Messergebnisse von *Vibilia propinqua*; Antarktische Halbinsel 1983

Stat. No.	Date D/M/Y	Haul Depth (m)	Total Number (n)	Approx. Length (mm)	Mean WetWt (g)	Mean DryWt (g)	Mean Lipid (g)	Total Lipid %WetWt	Total Lipid %DryWt	Lipid Class Composition in Percent of Total Lipid											
										Po-lar	Neu-tral	PE	PS+ PI	PC	SM+ LPC	WE+ SE	TAG	FFA	CHOL	DAG	
139	03/11/83	200-0	24	5-10	0.0318	0.00516	0.00060	1.9	11.7	29.2	70.8	7.4	0.3	21.5	0.2	11.5	48.8	1.8	6.6	2.0	
145	04/11/83	195-0	35	8-12	0.0569	0.01026	0.00124	2.2	12.1	25.3	74.7	4.9	0.1	20.2	0.2	7.8	56.8	2.2	6.1	1.7	
Mean									2.0	11.9	27.2	72.7	6.2	0.2	20.8	0.2	9.7	52.8	2.0	6.4	1.9

Tab. 3.26. Stationsdaten und Messergebnisse von *Cylopus lucasii* (*Cylopus spec.= +*); Weddell See 1985

Stat. No.	Date D/M/Y	Haul Depth (m)	Total Number (n)	Approx. Length (mm)	Sex	Mean WetWt (g)	Mean DryWt (g)	Mean Lipid (g)	Total Lipid %WetWt	Total Lipid %DryWt	Lipid Class Composition in Percent of Total Lipid										
											Po-lar	Neu-tral	PE	PS+ PI	PC	SM+ LPC	WE+ SE	TAG	FFA	CHOL	DAG
263	25/01/85	200-0	1	21	F	0.3163	0.0611	0.0090	2.9	14.8	21.6	78.4	5.9	0.5	14.8	0.4	13.5	56.6	2.6	5.7	0.0
267	26/01/85	202-0	1	20	F	0.1964	0.0382	0.0092	4.7	24.0	10.6	89.3	2.7	0.1	7.8	0.1	30.7	53.8	2.1	2.7	0.0
271	27/01/85	190-0	3	17-22		0.1938	0.0438	0.0109	5.6	24.8											
276	29/01/85	220-0	1	15	+	0.1536	0.0288	0.0033	2.1	11.3	40.8	59.2	11.7	0.0	28.4	0.6	24.1	28.0	0.0	7.1	0.0
280	30/01/85	200-50	3	20		0.1880	0.0338	0.0041	2.2	12.2											
280	30/01/85	300-200	2	20		0.2126	0.0364	0.0050	2.4	13.8											
282	30/01/85	200-50	3	20		0.2111	0.0392	0.0047	2.2	12.1	26.4	73.5	9.1	0.5	16.1	0.7	31.4	33.2	2.4	6.5	0.0
296	04/02/85	215-0	1	21		0.2223	0.0435	0.0131	5.9	30.1	7.4	92.6	2.0	0.3	5.2	0.0	19.6	69.3	2.0	1.6	0.0
306	07/02/85	215-0	1	20		0.1819	0.0299	0.0056	3.1	18.6	13.5	86.5	6.0	1.4	5.8	0.3	25.7	55.6	0.0	5.2	0.0
315	12/02/85	400-200	1	22	F	0.2924	0.0570	0.0112	3.8	19.6	17.4	82.5	4.4	0.4	12.1	0.5	36.9	41.0	0.0	4.6	0.0
318	12/02/85	205-0	2	20	F	0.2182	0.0397	0.0056	2.6	14.1	20.5	79.5	7.7	0.4	12.1	0.3	36.2	35.7	2.6	5.0	0.0
324	14/02/85	205-0	3	20-22	F	0.2016	0.0507	0.0148	7.3	29.2	7.0	92.9	1.8	0.0	5.3	0.0	19.5	71.4	0.0	2.0	0.0
326	14/02/85	225-0	1	18		0.1428	0.0296	0.0046	3.2	15.5											
327	14/02/85	205-0	1	19	F	0.1788	0.0563	0.0258	14.4	45.8	3.4	96.6	1.1	0.0	2.3	0.0	9.7	85.3	0.0	1.5	0.0
337	16/02/85	220-0	1	20	F	0.2318	0.0650	0.0269	11.6	41.3											
339	16/02/85	205-0	1	20-22	F	0.2111	0.0454	0.0092	4.4	20.3	15.3	84.7	3.7	0.2	11.2	0.2	23.2	58.1	0.0	3.4	0.0
342	17/02/85	400-200	3	19-26	F	0.2456	0.0792	0.0379	15.4	47.9	3.3	96.7	0.9	0.0	2.4	0.0	17.6	78.1	0.0	1.0	0.0
355	22/02/85	205-0	1	23	F	0.3056	0.0801	0.0314	10.3	39.2											
Mean									5.8	24.2	15.6	84.4	4.8	0.3	10.3	0.3	24.0	55.5	1.0	3.9	0.0

Tab. 3.27. Stationsdaten und Messergebnisse von *Hyperia macrocephala*, nach Trockengewicht sortiert; Weddell See 1985

Stat. No.	Date D/M/Y	Haul Depth (m)	Total Number (n)	Approx. Length (mm)	Mean WetWt (g)	Mean DryWt (g)	Mean Lipid (g)	Total Lipid %WetWt	Total Lipid %DryWt	Po-lar	Neu-tral	Lipid Class Composition in Percent of Total Lipid											
												PE	PS+ PI	PC	SM	LPC	WE+ SE	TAG	FFA	CHOL	DAG		
343	18/02/85	198-0	1	25	0.5409	0.0804	0.0129	2.4	16.0														
306	07/02/85	680-0	1	30	0.7237	0.0935	0.0108	1.5	11.6	23.2	76.8	5.4	0.6	16.0	0.3	0.8	9.0	52.8	6.7	8.3	0.0		
280	30/01/85	50-0	1	30	0.7376	0.1064	0.0133	1.8	12.5	24.5	75.5	9.0	0.5	13.9	0.2	0.9	7.6	45.9	10.7	11.4	0.0		
352	21/02/85	380-0	1	30	0.8225	0.1105	0.0155	1.9	14.1	20.8	79.2	4.4	0.5	15.1	0.2	0.7	6.5	58.4	4.8	9.4	0.0		
340	17/02/85	520-200	1	30	0.8050	0.1155	0.0291	3.6	25.2	9.0	91.0	2.0	0.0	6.5	0.1	0.4	5.2	73.4	5.0	7.4	0.0		
342	17/02/85	400-200	1	28	0.6243	0.1162	0.0264	4.2	22.7														
306	07/02/85	680-0	1	28	0.6708	0.1175	0.0247	3.7	21.0														
352	21/02/85	380-0	1	30	0.7567	0.1194	0.0200	2.6	16.8														
303	06/02/85	415-0	1	30	0.8333	0.1338	0.0308	3.7	23.0	13.4	86.6	3.0	0.0	9.7	0.0	0.7	5.0	69.9	6.7	5.0	0.0		
306	07/02/85	680-0	1	30	0.8046	0.1342	0.0312	3.9	23.2	10.6	89.4	2.4	0.0	7.5	0.2	0.5	4.2	74.5	3.9	6.8	0.0		
352	21/02/85	380-0	1	30	0.9057	0.1399	0.0247	2.7	17.6	16.3	87.7	2.9	0.1	12.4	0.1	0.7	4.8	69.0	3.7	6.3	0.0		
Mean								2.9	18.5	16.8	83.7	4.2	0.2	11.6	0.2	0.7	6.0	63.4	5.9	7.8	0.0		
Std.Dev.								1.0	4.8	6.2	6.4	2.4	0.3	3.7	0.1	0.2	1.7	11.1	2.4	2.4	0.0		

Tab. 3.28. Stationsdaten und Messergebnisse von *Hyperielliella spec.* (*H. dilatata*, *H. macronyx*), nach Trockengewicht sortiert; Weddell See 1985

Stat. No.	Date D/M/Y	Haul Depth (m)	Total Number (n)	Approx. Length (mm)	Mean WetWt (g)	Mean DryWt (g)	Mean Lipid (g)	Total Lipid %WetWt	Total Lipid %DryWt	Po-lar	Neu-tral	Lipid Class Composition in Percent of Total Lipid										
												PE	PS+ PI	PC	SM	LPC	WE+ SE	TAG	FFA	CHOL	DAG	
299	05/02/85	240-0	20	3-6	0.0105	0.00146	0.00024	2.3	16.7	20.3	79.7	7.6	0.2	12.2	0.2	0.1	25.9	42.3	4.6	6.9	0.0	
294	04/02/85	225-0	37	2-5	0.0122	0.00168	0.00028	2.3	16.9	17.8	82.2	6.6	0.8	9.8	0.3	0.3	20.3	50.3	4.3	7.3	0.0	
269	26/01/85	210-0	5	5-8	0.0106	0.00170	0.00039	3.7	22.9	17.7	82.3	5.8	0.4	11.2	0.1	0.1	11.2	59.8	4.6	6.8	0.0	
307	08/02/85	230-0	14	1-5	0.0126	0.00173	0.00032	2.6	18.7	18.2	81.8	6.0	0.3	11.6	0.1	0.2	15.6	54.8	5.0	6.3	0.0	
292	04/02/85	225-0	9	4-10	0.0136	0.00186	0.00034	2.5	18.3													
271	27/01/85	190-0	4	5-7	0.0200	0.00311	0.00070	3.5	22.5													
328	14/02/85	190-0	3	8-12	0.0414	0.00406	0.00082	2.0	20.2	18.5	81.5	7.3	0.7	9.7	0.2	0.5	24.4	46.9	3.9	5.3	1.1	
296	04/02/85	215-0	1	15	0.0749	0.00567	0.00085	1.1	15.0	21.5	78.5	7.9	0.6	11.9	1.1	0.0	31.6	23.0	8.2	15.7	0.0	
339	16/02/85	205-0	5	10-12	0.0465	0.00583	0.00095	2.0	16.3	21.2	78.8	8.6	0.5	11.4	0.1	0.5	27.4	41.0	3.9	6.5	0.0	
323	13/02/85	205-0	3	8-10	0.0599	0.00663	0.00136	2.3	20.5	16.5	83.5	5.7	0.6	9.5	0.3	0.4	29.1	45.4	4.1	4.8	0.0	
340	17/02/85	225-0	6	8-12	0.0613	0.00806	0.00157	2.6	19.5	13.6	86.4	4.1	0.4	8.3	0.3	0.7	22.5	55.2	3.6	4.6	0.5	
280	30/01/85	50-0	1	10	0.0757	0.00921	0.00148	2.0	16.1	35.4	64.6	14.8	0.6	19.6	0.5	0.0	22.2	10.5	6.8	25.0	0.0	
349	21/02/85	165-0	1	15	0.0881	0.01284	0.00315	3.6	24.5	11.2	88.8	2.7	0.0	8.6	0.0	0.0	25.3	54.5	3.6	5.5	0.0	
280	30/01/85	200-50	1	13	0.1404	0.01349	0.00289	2.1	21.4	20.0	80.0	6.6	0.8	12.0	0.2	0.3	21.7	48.7	3.8	5.9	0.0	
Mean								2.5	19.3	19.3	80.7	7.0	0.5	11.3	0.3	0.3	23.1	44.4	4.7	8.4	0.1	
Std.Dev.								0.7	2.9	5.9	5.9	3.0	0.2	2.9	0.3	0.2	5.6	14.3	1.4	6.0	0.3	

Hyperia macrocephala (DANA, 1853)

Alle Analysen der Art *Hyperia macrocephala* wurden an Tieren (25-30 mm Länge) aus dem südlichen Weddellmeer durchgeführt (Tab. 3.27). Die Lipidgehalte liegen zwischen 11.6% und 25.2%. Der Phospholipidgehalt schwankt zwischen 9% und 24.5%. An den Neutrallipiden haben die Triglyceride mit durchschnittlich 63.4% eindeutig den Hauptanteil, während die Wachsester nur durchschnittlich 6% der Lipide ausmachen (Abb. 3.38). Triglyceride (% TG) und Lipidgehalt sind signifikant korreliert ($r = 0.99$, $p < 0.001$), nicht jedoch Phospholipide oder Wachsester und Lipidgehalt.

Hyperiella sp. (*H. dilatata* STEBBING, 1888; *H. macronyx* (WALKER, 1906))

Alle untersuchten *Hyperiella*-Exemplare (1-12 mm Länge) wurden im südlichen Weddellmeer gefangen (Tab. 3.28 und Abb. 3.38). Mit großer Wahrscheinlichkeit handelt es sich um die beiden hier häufigen Arten *H. dilatata* und *H. macronyx* (PIATKOWSKI 1987). Die Lipidgehalte der untersuchten Tiere variieren zwischen 15% und 24.5%. Lipidgewicht und Trockengewicht sind signifikant linear korreliert ($r = 0.97$, $p < 0.001$). Der Anteil der Phospholipide schwankt zwischen 11.2% und 35%. Die Individuen mit den geringsten Lipidgehalten weisen sehr hohe Cholesteringehalte von 15.7% bzw. 25% des Gesamtlipids auf. Im Gegensatz zu *Hyperia macrocephala* ist die Verteilung der Triglyceride und der Wachsester bei *Hyperiella* weniger einheitlich. Zwar dominieren insgesamt die Triglyceride (44.4%) gegenüber den Wachsestern (23.1%), bei den beiden Proben mit den niedrigsten Lipidgehalten überwiegt jedoch die Wachsester-Fraktion. Das Gewicht der Phospholipide, Wachsester und Triglyceride ist signifikant mit dem Gesamtlipidgewicht korreliert. Dargestellt in Prozent des Trockengewichts ergibt sich nur für die Triglyceride eine signifikante Korrelation ($r = 0.88$, $p < 0.001$).

Themisto gaudichaudii GUÉRIN, 1828

Nur zwei Proben standen von dieser Art zur Verfügung. Eine Probe (Länge der Tiere ca. 5 mm) wurde im Südfrühling 1983 im Argentinischen Becken (44°39'S) auf dem Wege zur Antarktischen Halbinsel auf einer Versuchsstation genommen, die anderen Exemplare (8-12 mm) wurden im Januar 1985 östlich von Elephant Island im Scotia-meer gefangen. Normalerweise tritt diese Art in sehr großen Mengen in subantarktischen Gebieten auf. Wie Tab. 3.29 zeigt, sind die Lipidgehalte (10-11%) beider Proben nahezu identisch, auch die Phospholipide (23%, 28%) und die Triglyceride (35%, 39%) weichen nicht sehr voneinander ab. Die Wachsester (13%, 29%) sind auf der südlichen Station im Januar 1985 jedoch mehr als doppelt so stark vertreten. In Abb. 3.38 sind neben den anderen Hyperiidien die durchschnittlichen Lipidwerte von *Themisto gaudichaudii* dargestellt.

Primno macropa GUÉRIN-MENEVILLE, 1836

Tab. 3.30 faßt die Analysenergebnisse von *Primno macropa* (7-15 mm Länge) zusammen. Alle Proben stammen aus dem südlichen Weddellmeer (Vestkapp). Mit Ausnahme einer Probe (Lipidgehalt 20.6%) haben die untersuchten Tiere einen relativ hohen Lipidgehalt von ca. 30-43% des Trockengewichts. Der Phospholipidgehalt (7.3%) ist recht niedrig, während bei den Speicherlipiden im Gegensatz zu den meisten anderen analysierten Amphipoden vorherrschend Wachsester (61%) nachgewiesen wurden (Abb. 3.38). Eine signifikante Korrelation zwischen Wachsestern (% TG) und Lipidgehalt besteht jedoch nicht. Der Anteil der Triglyceride schwankt sehr stark (6-42%) und damit variiert auch das Verhältnis der Wachsester zu den Triglyceriden erheblich (zwischen 12:1 und 1:1).

Abb. 3.38 zeigt die durchschnittlichen Lipidgehalte und -zusammensetzungen der untersuchten hyperiidien Amphipoden.

Tab. 3.29. Stationsdaten und Messergebnisse von *Themisto gaudichaudii*; Probestation im Argentinischen Becken 1983; Antarktische Halbinsel 1985

Stat. No.	Date D/M/Y	Haul Depth (m)	Total Number (n)	Approx. Length (mm)	Mean WetWt (g)	Mean DryWt (g)	Mean Lipid (g)	Total Lipid %WetWt	Total Lipid %DryWt	Po-lar	Neu-tral	Lipid Class Composition in Percent of Total Lipid										
												PE	PS+ PI	PC	SM	LPC	WE+ SE	TAG	FFA	CHOL	DAG	
000	20/10/83	200-0	12	15	0.0643	0.01016	0.00109	1.7	10.7	27.7	72.3	8.7	0.3	17.6	0.5	0.7	12.8	39.3	8.1	10.8	1.3	
230	09/01/85	100-0	50	8-12	0.0204	0.00344	0.00035	1.7	10.0	22.9	77.1	6.1	0.1	15.8	0.5	0.4	28.8	35.2	7.0	6.0	0.0	
Mean									1.7	10.4	25.3	74.7	7.4	0.2	16.7	0.5	0.6	20.8	37.2	7.6	8.4	0.7

Tab. 3.30. Stationsdaten und Messergebnisse von *Primno macropa*, nach Trockengewicht sortiert; Vestkapp Box 1 und 2, Weddell See 1985

Stat. No.	Date D/M/Y	Haul Depth (m)	Total Number (n)	Approx. Length (mm)	Mean WetWt (g)	Mean DryWt (g)	Mean Lipid (g)	Total Lipid %WetWt	Total Lipid %DryWt	Po-lar	Neu-tral	Lipid Class Composition in Percent of Total Lipid									
												PE	PS+ PI	PC	SM+ LPC	WE+ SE	TAG	FFA	CHOL	DAG	
337	16/02/85	220-0	3	7-9	0.0133	0.0025	0.0009	6.5	34.0	6.6	93.4	2.2	0.1	3.9	0.5	67.7	19.6	2.0	2.1	2.0	
315	12/02/85	200-50	2	15	0.0473	0.0082	0.0017	3.6	20.6	16.3	83.7	4.8	0.2	10.7	0.5	73.3	6.0	1.3	2.1	0.9	
324	14/02/85	205-0	2	12-13	0.0504	0.0086	0.0027	5.4	32.0	5.3	94.7	1.2	0.0	3.9	0.2	76.3	7.8	3.1	6.2	1.2	
279	29/01/85	300-185	4	10-15	0.0677	0.0108	0.0037	5.5	34.5												
340	17/02/85	520-200	8	15	0.0453	0.0111	0.0039	8.6	35.2	5.1	94.9	1.8	0.0	2.8	0.5	47.4	41.7	1.9	2.1	1.7	
340	17/02/85	200-45	4	11-15	0.0564	0.0128	0.0040	7.0	30.8	7.8	92.2	2.2	0.1	5.3	0.3	44.2	41.4	2.0	2.8	1.8	
265	25/01/85	245-0	1	13	0.0595	0.0135	0.0058	9.7	42.7	6.3	93.7	1.6	0.1	4.2	0.3	67.6	21.0	1.4	1.7	1.9	
340	17/02/85	45-0	5	12-15	0.0627	0.0140	0.0049	7.8	34.7												
340	17/02/85	520-200	3	12-14	0.0667	0.0153	0.0057	8.5	37.0	5.3	94.7	1.3	0.0	3.6	0.3	54.0	35.3	1.8	1.6	2.0	
279	29/01/85	185-50	5	10-15	0.0635	0.0158	0.0059	9.3	37.3	5.7	94.3	1.8	0.0	3.6	0.3	57.3	32.2	1.3	1.7	1.7	
Mean									7.2	33.9	7.3	92.7	2.1	0.1	4.8	0.4	61.0	25.6	1.9	2.5	1.7

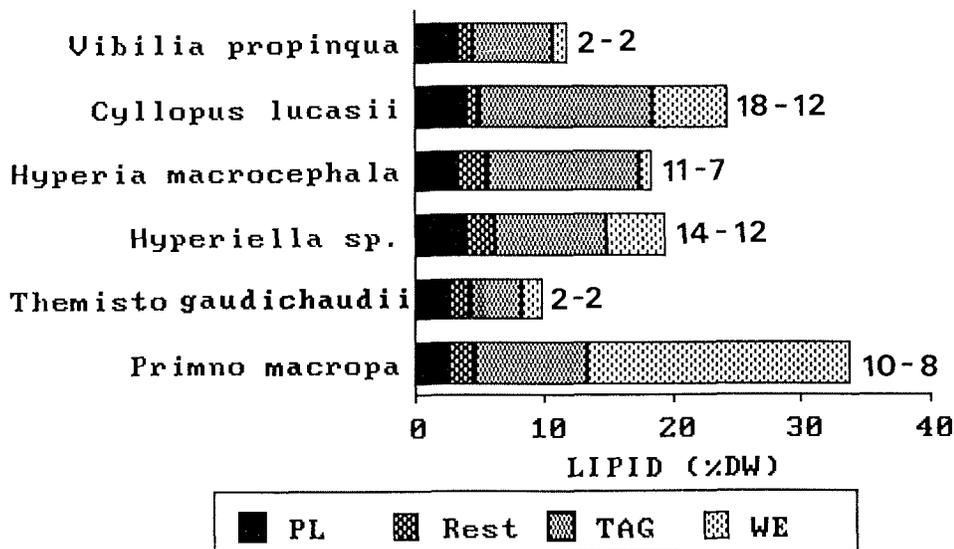


Abb. 3.38. Lipidgehalt und -zusammensetzung der untersuchten hyperiiden Amphipoden-Arten (Durchschnittswerte, Zahlen neben den Säulen: Probenanzahl Gesamtlipid/Lipidklassen)

3.4 Mysidaceen

Antarctomysis ohlini W.M. TATTERSALL, 1908

Antarctomysis ohlini wurde sowohl im Oktober 1983 an der Antarktischen Halbinsel gefangen als auch im Februar 1985 im Weddellmeer (Tab. 3.31). Der Lipidgehalt der beiden Halbinsel-Tiere (28-34 mm Länge) beträgt 17.1% und 20.8% TG. Neutrallipide in Form von Triglyceriden (51%, 66%) und Wachsester (29%, 14%) bilden den Hauptteil dieser Lipide. Der hohe Anteil an Speicherlipiden deutet auf einen guten Ernährungszustand dieser im Oktober in großer Tiefe (700-1900 m) gefangenen Tiere hin. Das Trockengewicht des 34 mm langen Tieres von der Halbinsel beträgt jedoch nur ungefähr ein Drittel eines gleichlangen Tieres aus dem Weddellmeer (Lipidgehalt 30.5%).

Die untersuchten Tiere (34-72 mm) aus der Vahsel Bucht haben einen im Durchschnitt erheblich höheren Lipidgehalt von 32.5% mit Extremwerten von 19.4-56.6% (Weibchen mit großer Bruttasche). Mit steigendem Lipidgewicht steigt auch das Gewicht der Triglyceride ($r = 0.98$), Wachsester ($r = 0.98$) und Phospholipide ($r = 0.85$) signifikant ($p < 0.001$). Dargestellt in Prozent des Trockengewichts sind nur die Triglyceride ($r = 0.90$) und die Wachsester ($r = 0.91$) signifikant mit dem Lipidgehalt korreliert ($p < 0.001$). Werden die Lipidklassen in Prozent der Gesamtlipide ausgedrückt, so besteht eine inverse Beziehung zwischen den Phospholipiden (13.7-4.0%) und dem Lipidgehalt (incl. Halbinsel-Tiere). 90% der Mysidaceen-Lipide aus dem Weddellmeer bestehen aus Triglyceriden (51.6%) und Wachsester (36.7%). Das Triglycerid/Wachsester-Verhältnis schwankt zwischen 3.3:1 und 0.9:1.

Tab. 3.31. Stationsdaten und Messergebnisse von *Antarctomyia ohlini* (F+ = Weibchen mit grosser Bruttasche; F- = Weibchen mit kleiner Bruttasche), nach Trockengewicht sortiert; Antarktische Halbinsel 1983; Vahsel-Bucht, Weddell See 1985

Stat. No.	Date D/M/Y	Haul Depth (m)	Total Number (n)	Approx. Length (mm)	Sex (F)	Mean WetWt (g)	Mean DryWt (g)	Mean Lipid (g)	Total Lipid %WetWt	Total Lipid %DryWt	Lipid Class Composition in Percent of Total Lipid									
											Po-lar	Neu-tral	PE	PS+ PI	PC	SM+ LPC	WE+ SE	TAG	FFA	CHOL +DAG
111	25/10/83	1900-700	1	28		0.1894	0.0258	0.0054	2.8	20.8	11.5	88.5	4.9	0.5	5.6	0.5	14.3	66.3	3.4	4.6
111	25/10/83	1900-700	1	34		0.3241	0.0364	0.0062	1.9	17.1	13.7	86.3	6.9	0.6	5.2	0.7	28.8	50.8	1.1	5.4
Mean									2.4	19.0	12.6	87.4	5.9	0.6	5.4	0.6	21.5	58.5	2.3	5.0
306	07/02/85	680-0	1	34		0.3868	0.0948	0.0289	7.5	30.5	7.0	93.0	2.2	0.4	3.9	0.6	20.0	66.9	3.2	3.0
306	07/02/85	680-0	1	42		0.5081	0.1767	0.0534	10.5	30.2	6.3	93.7	1.9	0.2	4.0	0.2	29.5	60.1	1.7	2.4
306	07/02/85	680-0	1	44		0.8686	0.2237	0.0709	8.2	31.7	6.2	93.8	1.5	0.2	4.0	0.5	40.0	48.6	2.5	2.8
306	07/02/85	680-0	1	47		1.1517	0.2820	0.0851	7.4	30.2	7.5	92.5	2.1	0.3	4.8	0.3	31.2	55.5	2.8	3.0
306	07/02/85	680-0	1	52		1.7935	0.3572	0.0692	3.9	19.4	11.4	88.6	3.0	0.0	7.7	0.8	38.1	44.6	1.8	4.1
306	07/02/85	680-0	1	57		1.9936	0.3712	0.0835	4.2	22.5	9.1	90.9	3.0	0.2	5.4	0.5	35.7	49.0	2.6	3.7
306	07/02/85	680-0	1	55		1.7337	0.3956	0.1373	7.9	34.7	5.0	95.0	1.4	0.0	3.4	0.2	34.9	55.0	2.5	2.7
306	07/02/85	680-0	1	60		2.1231	0.5009	0.1580	7.4	31.5	6.3	93.7	1.5	0.0	4.4	0.5	31.3	56.5	2.8	3.0
307	08/02/85	850-0	1	63	F+	1.8012	0.4715	0.2667	14.8	56.6	4.1	95.9	1.4	0.0	2.6	0.0	43.0	50.6	0.6	1.7
307	08/02/85	850-0	1	70	F+	2.0483	0.5260	0.1810	8.8	34.4	5.5	94.5	1.4	0.0	3.8	0.4	48.7	41.6	2.1	2.1
307	08/02/85	850-0	1	67	F+	1.9395	0.5342	0.2102	10.8	39.3	4.0	96.0	1.4	0.0	2.4	0.3	43.5	49.1	1.3	2.0
307	08/02/85	850-0	1	72	F-	2.3950	0.5345	0.1566	6.5	29.3	8.4	91.6	2.8	0.2	4.7	0.6	44.3	41.7	2.5	3.2
Mean									8.2	32.5	6.7	93.3	2.0	0.1	4.3	0.4	36.7	51.6	2.2	2.8

- 74 -

Tab. 3.32. Stationsdaten und Messergebnisse von *Acanthephyra pelagica* (larval, juvenil); Vestkapp Box 1 und 2, Weddell See 1985

Stat. No.	Date D/M/Y	Haul Depth (m)	Total Number (n)	Approx. Length (mm)	Mean WetWt (g)	Mean DryWt (g)	Mean Lipid (g)	Total Lipid %WetWt	Total Lipid %DryWt	Lipid Class Composition in Percent of Total Lipid										
										Po-lar	Neu-tral	PE	PS+ PI	PC	SM	LPC	WE+ SE	TAG	FFA	CHOL +DAG
269	26/01/85	210-0	25	15	0.0074	0.0007	0.00009	1.2	13.2	68.9	31.1	16.4	0.1	52.1	0.2	0.0	7.7	4.3	1.5	17.6
270	26/01/85	220-0	1	35	0.0847	0.0157	0.00384	4.5	24.5	64.1	35.9	6.7	0.3	57.0	0.2	0.0	9.7	4.3	1.9	19.9
340	17/02/85	225-0	19	15-20	0.0093	0.0008	0.00011	1.2	13.4	62.5	37.5	10.1	0.1	52.1	0.2	0.0	11.1	4.7	1.0	20.6

3.5 Decapoden

AcanthePHYra pelagica (RISSO, 1816)

Nur larvale und juvenile Stadien dieser Decapoden-Art konnten im Weddellmeer gefangen werden. Der Lipidgehalt (13.2-13.4%) und die -zusammensetzung der Larvalstadien (15-20 mm Länge) unterscheiden sich nur geringfügig (Tab. 3.32). Auffällig ist der hohe Phospholipid- und Cholesterin/Diglyceridanteil von zusammen mehr als 80% der Lipide. Neutrallipide in Form von Wachsester/Sterolestern (ca. 8-11%) oder Triglyceriden (ca. 4-5%) sind wenig vorhanden (bei Larvalstadien sind im allgemeinen Sterolester häufiger). Das größere juvenile Exemplar (35 mm) unterscheidet sich von den Larven vor allem durch den höheren Lipidgehalt von 24.5%, die Zusammensetzung der Lipide gleicht der der Larven.

3.6 Coelenteraten

Calycopsis borchgrevinki (BROWNE, 1910)

Diese im Weddellmeer vor Vestkapp gefangene Hydromedusenart besteht zu mehr als 90% aus Wasser. Der Anteil der Lipide am Trockengewicht liegt zwischen 1.4% und 3.5% (Tab. 3.35). Ein Ansteigen des Lipidgehalts ist mit einer rapiden Abnahme der Phospholipide von 34% auf 8% der Lipide verbunden. Ungewöhnlich ist, daß Phosphatidylethanolamin doppelt so stark vorhanden sein kann wie Phosphatidylcholin. Bei den Crustaceen ist dagegen eindeutig Phosphatidylcholin (Lecithin) dominierend. Wachsester und Triglyceride stellen jeweils mehr als ein Drittel der Lipide (Abb. 3.39), mit Ausnahme der Individuen mit dem niedrigsten Lipidgehalt, bei denen der Triglycerid-Anteil 18% beträgt (Wachsester ca. 36%).

Diphyes antarctica MOSER, 1925

Tab. 3.33 und 3.34 und Abb. 3.39 zeigen die Analysenergebnisse der Ober- und Unterglocken von *Diphyes antarctica*. Die einzigen gefangenen Exemplare (20 mm Länge) dieser Siphonophoren-Art (Oberglocken) vom November 1983 aus dem Gebiet der Antarktischen Halbinsel sind von allen untersuchten Oberglocken die lipidärmsten (1.0%). Die Lipide dieser Individuen bestehen zu ca. 70% aus Phospholipiden (55%) und Cholesterin (14%), Triglyceride (12%) und Wachsester (12%) sind nur in geringen Mengen vorhanden.

Die Proben vom Januar und Februar 1985 aus dem südlichen Weddellmeer wurden getrennt nach Ober- und Unterglocken analysiert (Tab. 3.33 und 3.34, Abb. 3.39). Die Oberglocken enthalten Saugmagen und Gonaden, z.T. auch orange Öleinschlüsse, und sind daher lipidreicher. Ihre Lipidgehalte liegen zwischen 1.6% und 3.4% des Trockengewichts. Der Phospholipidgehalt variiert zwischen 38.3% und 10.3% der Lipide, jedoch haben die Tiere mit dem niedrigsten Lipidgehalt nicht den höchsten Phospholipidgehalt. Hauptspeicherlipide sind die Wachsester und die Triglyceride, die insgesamt jeweils mehr als ein Drittel der Lipide bilden, wobei in den einzelnen Proben die eine oder die andere Lipidklasse dominieren kann. Dargestellt in Prozent des Trockengewichts, sind die Triglyceride ($r = 0.97$, $p < 0.001$) und die Wachsester ($r = 0.92$, $p < 0.01$) signifikant mit dem Lipidgehalt korreliert.

Die getrennt analysierten Unterglocken von *Diphyes antarctica* weisen die geringsten Lipidgehalte dieser Siphonophoren (0.4-0.7%) auf. Ein Viertel ihrer Lipide besteht aus Phospholipiden, 60% sind Wachsester/Sterolester (34.7%) und Triglyceride (25.3%), außerdem wurden in geringeren Mengen Sterole (11.2%) nachgewiesen.

Tab. 3.33. Stationsdaten und Messergebnisse von *Diphyes antarctica* (Oberglocken); Antarktische Halbinsel 1983, Weddell See 1985

Stat. No.	Date D/M/Y	Haul Depth (m)	Total Number (n)	Approx. Length (mm)	Mean WetWt (g)	Mean DryWt (g)	Mean Lipid (g)	Total Lipid %WetWt	Total Lipid %DryWt	Lipid Class Composition in Percent of Total Lipid										
										Po-lar	Neu-tral	PE	PS+ PI	PC	SM+ LPC	WE+ SE	TAG	FFA	CHOL	DAG
169	06/11/83	57-46	7	20	0.6920	0.0296	0.00028	0.04	1.0	55.3	44.7	21.5	5.3	27.2	1.3	11.7	12.2	4.2	14.1	2.5
258	24/01/85	227-0	5	15-30	0.8230	0.0352	0.00082	0.10	2.3	18.9	81.1	5.1	1.7	11.4	0.8	47.3	28.2	1.1	4.5	0.0
260	24/01/85	190-0	7	17-26	0.7263	0.0311	0.00049	0.07	1.6											
264	25/01/85	220-0	7	17-39	0.7301	0.0313	0.00095	0.13	3.0											
269	26/01/85	210-0	6	22-27	0.9334	0.0401	0.00113	0.12	2.8	19.7	80.3	7.0	1.1	10.9	0.7	36.4	39.6	0.4	3.9	0.0
271	27/01/85	190-0	15	18-27	0.6573	0.0295	0.00064	0.10	2.2											
280	30/01/85	200-50	12	19-28	0.7433	0.0335	0.00059	0.08	1.8											
285	01/02/85	193-53	18	15-25	0.4213	0.0182	0.00031	0.07	1.7	23.9	76.1	8.2	1.4	13.7	0.5	40.0	28.2	1.3	6.6	0.0
285	01/02/85	285-193	4	23-27	1.0163	0.0332	0.00095	0.09	2.9											
285	01/02/85	193-53	8	25-30	0.7288	0.0344	0.00072	0.10	2.1											
319	13/02/85	200-20	9	17-24	0.5727	0.0251	0.00044	0.08	1.8											
322	13/02/85	198-0	6	22-28	0.9064	0.0398	0.00081	0.09	2.0	38.3	61.7	16.0	2.1	19.2	0.9	16.9	35.8	1.3	7.7	0.0
337	16/02/85	220-0	7	18-28	0.6529	0.0290	0.00068	0.10	2.3											
340	17/02/85	200-45	7	20-27	0.7911	0.0360	0.00122	0.15	3.4	10.3	89.7	3.0	0.6	6.2	0.5	46.0	40.0	0.0	3.7	0.0
342	17/02/85	200-50	6	22-36	0.7933	0.0443	0.00093	0.12	2.1	22.9	77.1	6.7	1.2	14.0	0.9	30.9	39.3	1.0	5.9	0.0
Mean								0.10	2.3	22.3	77.7	7.7	1.4	12.6	0.7	36.2	35.2	0.9	5.4	0.0
Std.Dev.								0.02	0.6	9.2	9.2	4.5	0.5	4.3	0.2	11.3	5.6	0.5	1.6	0.0

Tab. 3.34. Stationsdaten und Messergebnisse von *Diphyes antarctica* (Unterglocken); Vestkapp Box 1 und 2, Weddell See 1985

Stat. No.	Date D/M/Y	Haul Depth (m)	Total Number (n)	Approx. Length (mm)	Mean WetWt (g)	Mean DryWt (g)	Mean Lipid (g)	Total Lipid %WetWt	Total Lipid %DryWt	Lipid Class Composition in Percent of Total Lipid										
										Po-lar	Neu-tral	PE	PS+ PI	PC	SM+ LPC	WE+ SE	TAG	FFA	CHOL	DAG
285	01/02/85	193-53	15	20	0.3351	0.0148	0.00011	0.03	0.7	24.1	75.9	9.9	3.7	10.2	0.3	42.2	18.1	3.8	11.7	0.0
342	17/02/85	200-50	8	15-22	0.4683	0.0195	0.00009	0.02	0.4	24.9	75.1	6.7	3.1	14.4	0.8	27.2	32.5	3.9	10.6	0.9
Mean								0.02	0.6	24.5	75.5	8.3	3.4	12.3	0.6	34.7	25.3	3.9	11.2	0.5

Pyrostephos vanhoeffeni MOSER, 1925

Nur eine Probe dieser Siphonophoren-Art aus dem Weddellmeer (Vestkapp) stand für die Lipidanalysen zur Verfügung (Tab. 3.36 und Abb. 3.39). Der Lipidgehalt ist mit 1% TG sehr niedrig. Es wurden kaum Speicherlipide in Form von Triglyceriden (ca. 15%) oder Wachsester (12%) nachgewiesen, zu annähernd 70% bestehen die Lipide von *Pyrostephos vanhoeffeni* aus Strukturlipiden wie Phosphatidylcholin, -ethanolamin und Cholesterin.

Ctenophora indet.

Zwei nicht näher bestimmbare Rippenquallen (20-30 mm Länge) aus der Vahsel Bucht und aus der Vestkapp Region im südlichen Weddellmeer bestehen zu 4.5% und 6.3% des Trockengewichts aus Lipiden (Tab. 3.37 und Abb. 3.39). Sie haben damit die höchsten bei den Coelenteraten gefundenen Lipidgehalte. Die Phospholipide bilden ein Drittel bis ein Viertel dieser Lipide, ungewöhnlich ist der hohe Anteil an Phosphatidylethanolamin, das in einer Probe sogar mehr als das Fünffache von Phosphatidylcholin ausmacht. Als Speicherlipide werden hauptsächlich Wachsester (40-51%) angelegt, Triglyceride (5.8-6.4%) wurden nur in geringen Mengen nachgewiesen. Eine Neutral-lipidklasse (9.9%) konnte nicht identifiziert werden.

In Abb. 3.39 ist der durchschnittliche Lipidgehalt und die -zusammensetzung der untersuchten Coelenteraten dargestellt.

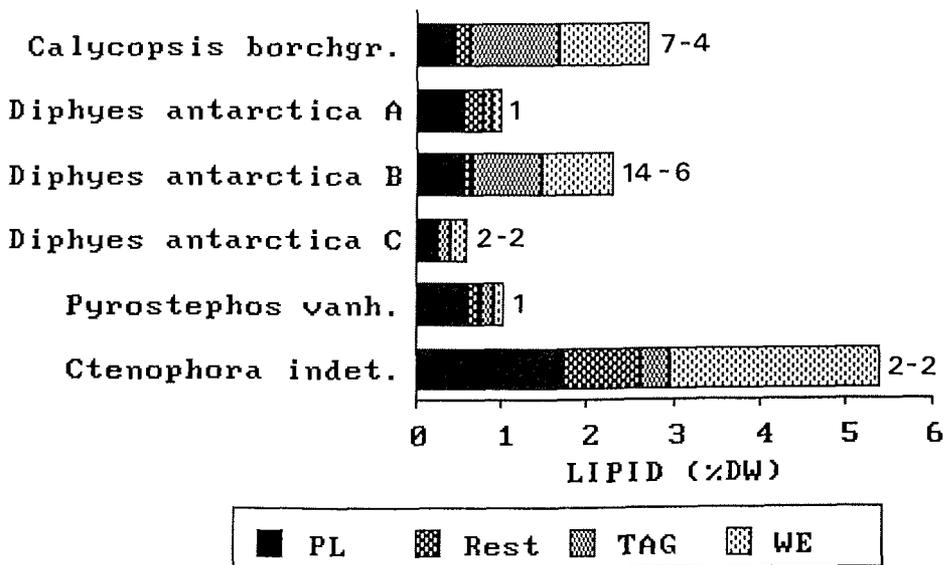


Abb. 3.39. Lipidgehalt und -zusammensetzung der untersuchten Coelenteraten-Arten; *Diphyes antarctica* A: Nov. 1983, Antarktische Halbinsel, B: Jan./Feb. 1985, Weddellmeer (A+B: Oberglocken; C: Unterglocken, Weddellmeer; (Durchschnittswerte, Zahlen neben den Säulen: Probenanzahl (Gesamtlipid/Lipidklassen))

Tab. 3.35. Stationsdaten und Messergebnisse von *Calyropsis borchgrevinki*; Vestkapp Box 1 und 2, Weddell See 1985

Stat. No.	Date D/M/Y	Haul Depth (m)	Total Number (n)	Max. Diam. (mm)	Mean WetWt (g)	Mean DryWt (g)	Mean Lipid (g)	Total Lipid %WetWt	Total Lipid %DryWt	Lipid Class Composition in Percent of Total Lipid										
										Po-lar	Neu-tral	PE	PS+ PI	PC	SM+ LPC	WE+ SE	TAG	FFA	CHOL	DAG
254	23/01/85	215-0	2	20-25	4.0833	0.1721	0.0024	0.06	1.4	33.6	66.4	17.9	5.4	8.9	1.4	35.7	18.3	1.3	10.2	1.0
258	24/01/85	227-0	2	15-23	2.1414	0.0919	0.0032	0.15	3.4											
260	24/01/85	190-0	4	17-22	3.3722	0.1400	0.0029	0.09	2.1	15.7	84.3	5.5	3.4	6.4	0.3	33.5	43.5	0.6	6.7	0.0
263	25/01/85	200-0	2	20	3.0002	0.1236	0.0032	0.11	2.6											
269	26/01/85	210-0	5	11-20	2.4300	0.0991	0.0026	0.11	2.6											
285	01/02/85	193-53	4	20-25	4.4116	0.1903	0.0062	0.14	3.3	7.8	92.2	2.9	3.1	1.6	0.2	45.9	42.3	0.0	3.9	0.0
340	17/02/85	200-45	6	14-21	2.8837	0.1238	0.0044	0.15	3.5	8.1	91.9	2.1	2.5	3.4	0.2	39.8	48.9	0.0	3.3	0.0
Mean								0.11	2.7	16.3	83.7	7.1	3.6	5.1	0.5	38.7	38.2	0.5	6.0	0.3

Tab. 3.36. Stationsdaten und Messergebnisse von *Pyrostephos vanhoeffeni*; Vestkapp Box 1, Weddell See 1985

Stat. No.	Date D/M/Y	Haul Depth (m)	Total Number (n)	Approx. Length (mm)	Mean WetWt (g)	Mean DryWt (g)	Mean Lipid (g)	Total Lipid %WetWt	Total Lipid %DryWt	Lipid Class Composition in Percent of Total Lipid										
										Po-lar	Neu-tral	PE	PS+ PI	PC	SM+ LPC	WE+ SE	TAG	FFA	CHOL	DAG
285	01/02/85	193-53	12	8-12	0.5099	0.0179	0.00017	0.03	1.0	57.6	42.4	22.1	4.4	30.4	0.8	11.8	14.9	4.9	10.7	0.0

Tab. 3.37. Stationsdaten und Messergebnisse von *Ctenophora indet.*; Vahsel-Bucht, Vestkapp Box 2, Weddell See 1985

Stat. No.	Date D/M/Y	Haul Depth (m)	Total Number (n)	Approx. Length (mm)	Mean WetWt (g)	Mean DryWt (g)	Mean Lipid (g)	Total Lipid %WetWt	Total Lipid %DryWt	Lipid Class Composition in Percent of Total Lipid											
										Po-lar	Neu-tral	PE	PS+ PI	PC	SM+ LPC	WE+ SE	TAG	FFA	CHOL	DAG	UNID
292	04/02/85	225-0	1	20	2.2715	0.0967	0.0043	0.19	4.5	34.4	65.6	26.8	2.4	4.9	0.3	40.2	6.4	1.5	6.9	0.7	9.9
324	14/02/85	205-0	1	30	4.2239	0.1884	0.0119	0.28	6.3	28.4	71.6	15.8	1.2	11.0	0.4	50.9	5.8	1.4	3.6	0.0	9.9

3.7 Gastropoden

Lamellariidae-Larven

Diese zum Teil in großen Mengen im südlichen Weddellmeer auftretenden herbivoren Prosobranchia-Larven (5-17 mm Außendurchmesser) der Familie Lamellariidae (Artzugehörigkeit unklar) vom Typ "Echinospira" sind von einer voluminösen Gallerte (Schwebelhilfe) umgeben. Proben aus dem Gebiet der Gould Bay/Vahsel Bucht hatten Lipidgehalte zwischen 3.2% und 4.0% TG (Tab. 3.38). Zu einem Viertel bestehen diese Lipide aus Phospholipiden (16%) und Sterolen (7%), annähernd 70% werden in Form von Triglyceriden gespeichert, 7-9% der Lipide sind Wachsester (Abb. 3.40).

Limacina helicina (PHIPPS, 1774)

Alle untersuchten Flügelschnecken der Art *Limacina helicina* (1-6 mm) stammen aus dem Gebiet des südlichen Weddellmeeres (Vestkapp - Gould Bay). Die Lipidgehalte dieser Art variieren zwischen 6.0% und 21.3% TG (Tab. 3.39). Die beiden Proben der Januar-Vestkapp Box haben einen Lipidgehalt von 8.4% und 12.4% (durchschn. 10.4%), im Gebiet der Gould Bay/Vahsel Bucht schwanken die Lipidgehalte zwischen 6.0% und 8.1% (durchschn. 7.1%) und während der Februar-Vestkapp Box liegen die Lipidgehalte zwischen 11.4% und 21.3% (durchschn. 15%). Neben niedrigeren Lipidgehalten haben die Tiere aus der Gould Bay/Vahsel Bucht auch ein deutlich geringeres Trockengewicht. Die Korrelation Lipidgewicht/Trockengewicht ist mit $r = 0.93$ ($p < 0.001$) signifikant.

Die Phospholipide zeigen starke Unterschiede und machen je nach Lipidgehalt 11-57% der Lipide aus, Cholesterin 5-18%. Gespeichert werden die Lipide vorrangig als Triglyceride (17.4-82.3%) in Abhängigkeit vom Lipidgehalt. Daher ist der Triglycerid-Anteil (64.5%) der Tiere aus der Februar-Vestkapp Box erheblich höher. Im Gegensatz zu den Phospholipiden und Wachsestern ist die Korrelation zwischen Triglyceriden (% TG) und Lipidgehalt mit $r = 0.98$ signifikant ($p < 0.001$). Wachsester wurden mit einem Anteil von 2.2-10.5% der Lipide nachgewiesen (siehe auch Abb. 3.40).

Clio pyramidata LINNAEUS, 1767 forma *sulcata* (PFEFFER, 1879)

Clio pyramidata ist ebenfalls eine herbivore Flügelschnecke (12-35 mm Länge), die im Weddellmeer vor Vestkapp (Januar- und Februar-Box) gefangen wurde. Während der Januar-Box haben die Tiere Lipidgehalte von 13.5-18.9% TG (durchschn. 15.5%; Tab. 3.40), während der Februar-Box liegen die Werte zwischen 13.6-17% (durchschn. 15.9%). Lipidgewicht und Trockengewicht sind signifikant korreliert ($r = 0.99$, $p < 0.001$). Die Zusammensetzung der Lipidklassen von *C. pyramidata* ist im Januar heterogener als im Februar (z.B. Phospholipide: Jan. 21-53%, Feb. 23-36%). Als Speicherlipide dominieren eindeutig die Triglyceride, die insgesamt ungefähr die Hälfte der Lipide ausmachen, während die Wachsester nur mit durchschnittlich 9.3% vertreten sind (siehe auch Abb. 3.40). Nur die Triglyceride (% Trockengewicht) zeigen mit dem Lipidgehalt eine signifikante Korrelation ($r = 0.86$, $p < 0.001$).

Clio pyramidata LINNAEUS, 1767 forma *excisa* VAN DER SPOEL, 1963

Ein einziges Exemplar dieser aufgrund einer breiteren Schale abweichenden Erscheinungsform von *Clio pyramidata* wurde im Weddellmeer vor Vestkapp gefangen (Januar-Box). Es weist mit 11.3% von allen untersuchten *Clio*-Proben den geringsten Lipidgehalt auf (Tab. 3.41, Abb. 3.40). Diese Lipide bestehen zu 29% aus Phospholipiden und zu 15.6% aus Wachsestern. Vorherrschend sind auch bei dieser Form die Triglyceride mit 47.6%.

Tab. 3.38. Stationsdaten und Messergebnisse von Lamellariidae-Larven (Echinospira-Typ); Gould Bay/Vahsel-Bucht, Weddell See 1985

Stat. No.	Date D/M/Y	Haul Depth (m)	Total Number (n)	Approx. Diameter (mm)	Mean WetWt (g)	Mean DryWt (g)	Mean Lipid (g)	Total Lipid %WetWt	Total Lipid %DryWt	Lipid Class Composition in Percent of Total Lipid											
										Po-lar	Neu-tral	PE	PS+ PI	PC	SM+ LPC	WE+ SE	TAG	FFA	CHOL	DAG	
299	05/02/85	240-0	20	5-17	0.4860	0.0196	0.00066	0.14	3.4	16.1	83.9	6.5	1.8	7.8	0.0	7.0	68.7	1.1	7.2	0.0	
300	05/02/85	220-0	17	5-15	0.4858	0.0207	0.00066	0.14	3.2												
307	08/02/85	230-0	9	10-13	0.6090	0.0265	0.00106	0.17	4.0	16.1	83.9	6.0	1.8	8.3	0.0	8.8	67.9	0.0	7.1	0.0	
Mean								0.15	3.5	16.1	83.9	6.3	1.8	8.0	0.0	7.9	68.3	0.6	7.2	0.0	

Tab. 3.39. Stationsdaten und Messergebnisse von Limacina helicina; Vestkapp Box 1, Vahsel-Bucht/Gould Bay, Vestkapp Box 2, Weddell See 1985

Stat. No.	Date D/M/Y	Haul Depth (m)	Total Number (n)	Approx. Diameter (mm)	Mean WetWt (g)	Mean DryWt (g)	Mean Lipid (g)	Total Lipid %WetWt	Total Lipid %DryWt	Lipid Class Composition in Percent of Total Lipid										
										Po-lar	Neu-tral	PE	PS+ PI	PC	SM+ LPC	WE+ SE	TAG	FFA	CHOL	DAG
254	23/01/85	215-0	68	1-4	0.0151	0.00245	0.000206	1.36	8.4	54.0	46.0	15.1	2.9	35.2	0.9	6.8	18.1	7.3	13.7	0.0
263	25/01/85	200-0	119	1-3	0.0105	0.00176	0.000219	2.09	12.4	31.0	69.0	9.2	1.4	20.2	0.3	5.6	50.7	2.6	9.3	0.9
Mean								1.7	10.4	42.5	57.5	12.2	2.2	27.7	0.6	6.2	34.4	5.0	11.5	0.5
290	02/02/85	225-0	100	1-3	0.0110	0.00104	0.000063	0.57	6.0	56.0	44.0	27.4	1.3	26.7	0.6	8.7	17.4	3.5	14.4	0.0
292	04/02/85	225-0	200	1-3	0.0071	0.00104	0.000080	1.13	7.7	49.2	50.8	13.2	2.9	32.5	0.7	6.8	21.4	5.1	14.4	3.1
294	04/02/85	225-0	200	2-3	0.0073	0.00115	0.000093	1.27	8.1	56.8	42.2	17.7	2.4	36.1	0.6	6.6	15.0	4.2	13.9	3.4
299	05/02/85	240-0	100	1-3	0.0091	0.00107	0.000084	0.93	7.9	49.2	50.8	16.2	2.7	29.7	0.7	10.5	23.9	3.5	10.5	2.4
300	05/02/85	220-0	200	1-3	0.0105	0.00101	0.000062	0.59	6.2	45.2	54.8	16.0	2.7	26.3	0.3	8.8	30.4	3.2	12.5	0.0
309	09/02/85	220-0	144	1-3	0.0093	0.00111	0.000075	0.81	6.8	48.6	51.4	16.7	2.9	28.7	0.4	9.0	19.3	5.0	18.2	0.0
Mean								0.9	7.1	50.8	49.0	17.9	2.5	30.0	0.6	8.4	21.2	4.1	14.0	1.5
318	12/02/85	205-0	52	2-5	0.0361	0.00444	0.000506	1.40	11.4	33.5	66.5	9.3	1.6	22.1	0.4	5.3	49.2	2.0	10.0	0.0
340	17/02/85	225-0	115	1-5	0.0231	0.00328	0.000697	3.02	21.3	10.9	89.9	3.5	0.8	6.4	0.2	2.2	82.3	0.0	4.7	0.0
342	17/02/85	400-200	50	4-6	0.0528	0.00660	0.000808	1.53	12.2	22.8	77.1	7.4	1.6	13.4	0.5	3.8	62.1	3.2	8.0	0.0
Mean								2.0	15.0	22.4	77.8	6.7	1.3	14.0	0.4	3.8	64.5	1.7	7.6	0.0

Tab. 3.40. Stationsdaten und Messergebnisse von *Clio pyramidata forma sulcata*; Vestkapp Box 1 und 2, Weddell See 1985

Stat. No.	Date D/M/Y	Haul Depth (m)	Total Number (n)	Approx. Length (mm)	Mean WetWt (g)	Mean DryWt (g)	Mean Lipid (g)	Total Lipid %WetWt	Total Lipid %DryWt	Lipid Class Composition in Percent of Total Lipid											
										Pol- lar	Neu- tral	PE	PS+ PI	PC	SM+ LPC	WE+ SE	TAG	FFA	CHOL	DAG	
267	26/01/85	202-0	12	12-22	0.1206	0.0184	0.0025	2.1	13.5	28.1	71.9	9.4	0.9	17.4	0.3	10.8	52.9	0.0	8.3	0.0	
271	27/01/85	190-0	2	23-26	0.2017	0.0303	0.0046	2.3	15.2	26.1	73.9	8.7	1.9	15.3	0.3	8.6	57.0	1.2	7.2	0.0	
276	29/01/85	220-0	1	16	0.1373	0.0172	0.0032	2.4	18.9	21.2	78.8	3.8	0.8	16.5	0.0	12.2	63.5	0.0	3.2	0.0	
276	29/01/85	220-0	1	19	0.1269	0.0200	0.0034	2.6	16.7	30.2	69.8	11.8	1.5	16.5	0.3	8.7	48.9	2.1	8.3	1.7	
285	01/02/85	53-0	10	25	0.2315	0.0348	0.0050	2.2	14.4	36.7	63.3	10.9	1.5	24.2	0.2	4.3	45.3	4.1	9.6	0.0	
285	01/02/85	53-0	5	30-35	0.6240	0.1013	0.0142	2.3	14.0	52.8	47.2	14.8	1.8	35.7	0.5	3.7	24.2	4.8	14.5	0.0	
Mean									2.3	15.5	32.5	67.5	9.9	1.4	20.9	0.3	8.1	48.6	2.0	8.5	0.3
318	12/02/85	205-0	5	20-26	0.2638	0.0341	0.0046	1.8	13.6	36.4	63.6	13.0	1.2	21.9	0.3	10.3	43.2	0.0	10.2	0.0	
324	14/02/85	205-0	5	20-25	0.2442	0.0380	0.0064	2.6	17.0	22.9	77.1	7.4	1.6	13.7	0.2	4.5	59.7	4.2	7.3	1.3	
340	17/02/85	225-0	2	22-25	0.2468	0.0446	0.0075	3.1	16.9	24.8	75.2	7.7	1.6	15.1	0.4	10.3	54.5	2.9	7.5	0.0	
342	17/02/85	400-200	3	20-25	0.2564	0.0419	0.0065	2.5	15.5	28.6	71.4	8.2	1.0	19.1	0.2	10.3	52.2	0.0	8.9	0.0	
355	22/02/85	205-0	1	20	0.1519	0.0223	0.0037	2.4	16.7	23.7	76.3	8.0	1.0	14.5	0.2	19.0	51.9	0.0	5.4	0.0	
Mean									2.5	15.9	27.3	72.7	8.9	1.3	16.9	0.3	10.9	52.3	1.4	7.9	0.3

Tab. 3.41. Stationsdaten und Messergebnisse von *Clio pyramidata forma excisa*; Vestkapp Box 1, Weddell See 1985

Stat. No.	Date D/M/Y	Haul Depth (m)	Total Number (n)	Approx. Length (mm)	Mean WetWt (g)	Mean DryWt (g)	Mean Lipid (g)	Total Lipid %WetWt	Total Lipid %DryWt	Lipid Class Composition in Percent of Total Lipid										
										Pol- lar	Neu- tral	PE	PS+ PI	PC	SM+ LPC	WE+ SE	TAG	FFA	CHOL	DAG
279	29/01/85	300-185	1		0.1425	0.0231	0.0026	1.8	11.3	29.0	71.0	12.0	2.0	14.9	0.1	15.6	47.6	0.0	7.8	0.0

Clione limacina (PHIPPS, 1774)

Tab. 3.42 und Abb. 3.40 fassen die Analysenergebnisse dieser carnivoren Flügelschnecke (4-17 mm Länge) zusammen. Nur drei Exemplare von *Clione limacina* konnten während des Südfrühlings an der Antarktischen Halbinsel für Lipidanalysen gesammelt werden. Alle anderen Proben kommen aus dem Weddellmeer aus dem Gebiet der Gould Bay/Vahsel Bucht, bzw. wurden während der Februar-Vestkapp Box genommen. Die Probe vom Oktober 1983 weist mit 27,6% den geringsten Lipidgehalt auf. Nur eine Probe vom Vestkapp (Februar-Box) hat einen vergleichbaren Lipidgehalt (28,8%). Bei allen anderen Tieren aus dem Weddellmeer wurde ein höherer, wenig variabler Lipidgehalt von 36-40% des Trockengewichts nachgewiesen. Lipidgewicht und Trockengewicht sind signifikant korreliert ($r=0,99$, $p<0,001$).

Sehr homogen ist auch die Lipidklassen-Verteilung der Weddellmeer-Tiere. Die Phospholipide (6,9-8,6%) bilden nur ca. 8% der Lipide, während der Großteil der Energiereserven in Form von Triglyceriden (82,2-85,3%) vorliegt. Mit $r=0,97$ ($p<0,01$) besteht eine signifikante Korrelation zwischen Triglyceriden (% TG) und Lipidgehalt. Bei den Exemplaren vom Oktober 1983 (Antarktische Halbinsel) sind dagegen nur 65% der Lipide als Triglyceride vorhanden, 21,5% als Phospholipide (Die im Lipidgehalt vergleichbare Probe aus dem Weddellmeer hat einen deutlich höheren Triglycerid-Anteil von 82,2%). Wachsester (4,1-7,3%) spielen nur eine untergeordnete Rolle.

In Abb. 3.40 werden noch einmal alle untersuchten Gastropoden-Arten mit ihrem durchschnittlichen Lipidgehalt und ihrer -zusammensetzung dargestellt.

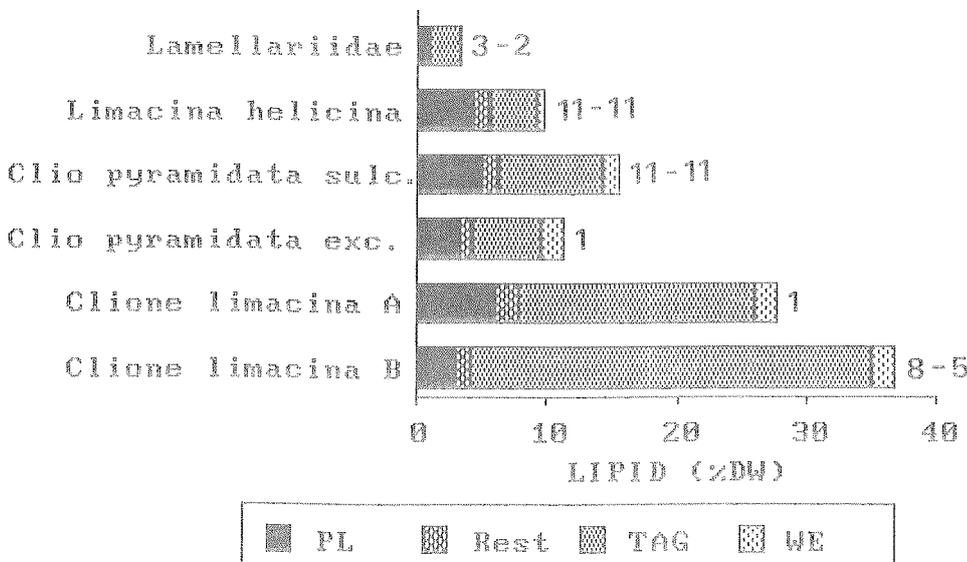


Abb. 3.40. Lipidgehalt und -zusammensetzung der untersuchten Gastropoden-Arten; *Clione limacina* A: Okt. 1983, Antarktische Halbinsel, B: Feb. 1985, Weddellmeer; (Durchschnittswerte, Zahlen neben den Säulen: Probenanzahl (Gesamtlipid/Lipidklassen))

Tab. 3.42. Stationsdaten und Messergebnisse von Clione limacina; Antarktische Halbinsel 1983, Weddell See 1985

Stat. No.	Date D/M/Y	Haul Depth (m)	Total Number (n)	Approx. Length (mm)	Mean Wetwt (g)	Mean Drywt (g)	Mean Lipid (g)	Total Lipid %Wetwt	Total Lipid %Drywt	Po-lar	Lipid Class Composition in Percent of Total Lipid									
											Neu-tral	PE	PS+	PI	PC	SM+	LPC	ME+	TAG	FFA
116	28/10/83	120-0	3	10-15	0.2922	0.0305	0.00641	2.9	27.6	21.5	78.5	3.0	0.8	17.5	0.1	6.4	65.3	0.0	5.5	1.3
290	02/02/85	225-0	15	5-10	0.0381	0.0047	0.00182	4.8	38.4											
292	04/02/85	225-0	50	5-10	0.0360	0.0047	0.00182	5.1	38.5	7.6	92.4	1.4	0.3	5.9	0.0	3.7	85.2	1.7	1.8	0.0
294	04/02/85	225-0	55	5-15	0.0427	0.0053	0.00200	4.7	37.6											
296	04/02/85	215-0	37	3-6	0.0329	0.0042	0.00169	5.1	40.0											
300	05/02/85	220-0	58	4-15	0.0333	0.0042	0.00167	5.0	39.5	6.9	93.1	1.2	0.4	5.2	0.0	4.1	85.3	2.0	1.7	0.0
309	09/02/85	220-0	29	5-15	0.0441	0.0055	0.00197	4.5	35.9	8.2	91.8	1.2	0.5	6.5	0.0	4.3	83.3	2.2	2.1	0.0
337	16/02/85	220-0	3	8-17	0.1269	0.0152	0.00553	4.4	36.3	7.9	92.1	1.7	0.6	5.6	0.1	7.3	82.5	0.0	2.3	0.0
342	17/02/85	190-0	6	8-15	0.2101	0.0218	0.00629	3.0	28.8	8.6	91.4	1.4	1.2	5.7	0.3	6.2	82.2	0.7	2.3	0.0
Mean								4.6	36.9	7.8	92.2	1.4	0.6	5.8	0.1	5.1	83.7	1.3	2.0	0.0
Std.Dev.								0.7	3.5	0.6	0.6	0.2	0.4	0.5	0.1	1.6	1.5	0.9	0.9	0.0

1
63
1

Tab. 3.43. Stationsdaten und Messergebnisse von Galiteuthis glacialis (juvenil); Vestkapp Box 1 und 2, Weddell See 1985

Stat. No.	Date D/M/Y	Haul Depth (m)	Total Number (n)	Approx. Length (mm)	Mean Wetwt (g)	Mean Drywt (g)	Mean Lipid (g)	Total Lipid %Wetwt	Total Lipid %Drywt	Po-lar	Lipid Class Composition in Percent of Total Lipid									
											Neu-tral	PE	PS+	PI	PC	SM+	LPC	ME+	TAG	FFA
279	29/01/85	300-185	6	15-25	0.4044	0.0244	0.0018	0.45	7.5	55.9	44.1	19.5	3.0	33.0	0.4	7.7	18.3	3.9	14.3	0.0
340	17/02/85	520-200	3	11-14	0.1958	0.0136	0.0015	0.77	11.1	42.6	57.2	16.6	2.4	23.5	0.3	16.9	26.0	3.6	10.7	0.0
Mean								0.61	9.3	49.2	50.6	18.0	2.7	28.3	0.4	12.3	22.2	3.8	12.5	0.0

3.8 Cephalopoden

Galiteuthis glacialis (CHUN, 1906)

Einige juvenile Exemplare (11-25 mm Länge) dieses im Weddellmeer gefangenen pelagischen Tintenfisches wurden in der Vestkapp Region (Januar- und Februar-Box) gesammelt (Tab. 3.43). Der Lipidgehalt der beiden Proben beträgt 7.5% und 11.1% TG (Die kleineren, drei Wochen später gefangenen Individuen weisen den höheren Lipidgehalt auf). Phospholipide (55.9%, 42.7%) und Cholesterin (14.3%, 10.7%) machen den größten Teil der Lipide aus, Speicherlipide sind in Form von Triglyceriden (18.3%, 26%) und Wachsestern (7.7%, 16.9%) vorhanden.

3.9 Polychaeten

Vanadis antarctica McINTOSH, 1885

Tab. 3.44 verdeutlicht die Ergebnisse der Lipidanalysen dieses pelagischen Polychaeten aus der Vestkapp Region (Januar, Februar). Die untersuchten Exemplare hatten eine Länge von 15-20 cm. Ihr Lipidgehalt liegt zwischen 12.1-16.8%. Diese Lipide bestehen hauptsächlich aus Phospholipiden (59%) und Cholesterin (27%), Neutrallipide in Form von Wachsestern (8.3%) oder Triglyceriden (5%) spielen nur eine untergeordnete Rolle.

Tomopteris carpenteri DE QUATREFAGES, 1865

Exemplare dieses pelagischen Polychaeten (15-55 mm Länge) wurden sowohl im Oktober/November 1983 an der Antarktischen Halbinsel als auch im Januar/Februar 1985 an der Halbinsel und im Weddellmeer (Vestkapp, Vahsel Bucht) gefangen (Tab. 3.45). Die im Südfrühling an der Halbinsel gesammelten Individuen haben einen Lipidgehalt von 8.8-11.7%, das aus dem Januar von der Halbinsel stammende Tier weist 8.5% auf. Dagegen sind die Tomopteriden aus dem Weddellmeer deutlich lipidreicher (16.3%).

Die Lipidklassenzusammensetzung ist insgesamt recht einheitlich. Die größte Fraktion bilden die Phospholipide (ca. 60%), besonders Phosphatidylcholin und -ethanolamin, ungewöhnlich hoch ist auch der Anteil von Sphingomyelin und Lysophosphatidylcholin. Die Cholesterin-Fraktion macht bei den lipidarmen Halbinsel-Tieren 22-26% aus, im Weddellmeer hat Cholesterin einen reduzierten Anteil zwischen 13.5-16%. Signifikant mit dem Lipidgehalt sind nur die Wachsester (9.4-21%) korreliert ($r= 0.94$, $p < 0.01$), Triglyceride wurden in geringen Mengen (1.5-6.7%) nachgewiesen.

Tab. 3.44. Stationsdaten und Messergebnisse von *Vanadis antarctica*; Vestkapp Box 1 und 2, Weddell See 1985

Stat. No.	Date D/M/Y	Haul Depth (m)	Total Number (n)	Approx. Length (mm)	Mean WetWt (g)	Mean DryWt (g)	Mean Lipid (g)	Total Lipid %WetWt	Total Lipid %DryWt	Lipid Class Composition in Percent of Total Lipid										
										Po-lar	Neu-tral	PE	PS+ PI	PC	SM+ LPC	WE+ SE	TAG	FFA	CHOL	DAG
279	29/01/85	185-50	2	180	2.2173	0.1762	0.0225	1.0	12.8	58.4	41.6	11.2	1.1	45.1	1.0	10.6	6.9	0.0	24.1	0.0
315	12/02/85	200-50	1	200	3.8150	0.3187	0.0387	1.0	12.1	50.8	49.2	11.5	1.5	35.2	2.7	5.9	0.0	0.0	43.4	0.0
342	17/02/85	200-50	1	200	3.7960	0.3314	0.0558	1.5	16.8	64.8	35.1	9.5	0.2	53.2	2.0	7.3	7.0	3.2	17.6	0.0
355	22/02/85	205-0	1	150	1.1471	0.0932	0.0146	1.3	15.7	62.1	37.9	15.6	0.4	44.6	1.4	9.3	6.0	0.0	22.6	0.0
Mean								1.2	14.3	59.0	40.9	12.0	0.8	44.5	1.8	8.3	5.0	0.8	26.9	0.0

Tab. 3.45. Stationsdaten und Messergebnisse von *Tomopteris carpenteri*; Antarktische Halbinsel 1983, 1985; Weddell See 1985

Stat. No.	Date D/M/Y	Haul Depth (m)	Total Number (n)	Approx. Length (mm)	Mean WetWt (g)	Mean DryWt (g)	Mean Lipid (g)	Total Lipid %WetWt	Total Lipid %DryWt	Lipid Class Composition in Percent of Total Lipid										
										Po-lar	Neu-tral	PE	PS+ PI	PC	SM+ LPC	WE+ SE	TAG	FFA	CHOL	DAG
108	25/10/83	200-0	1	50	1.0700	0.0896	0.0096	0.9	10.7	55.8	44.2	14.8	0.2	35.4	5.4	12.2	5.6	0.0	26.3	0.0
156	05/11/83	200-0	1	35	0.4860	0.0424	0.0050	1.0	11.7	60.2	39.8	19.1	0.1	33.7	7.4	12.8	1.5	3.6	21.8	0.0
158	05/11/83	200-0	1	40	0.7198	0.0495	0.0044	0.6	8.8	61.4	38.6	15.6	0.5	36.6	8.7	9.4	3.5	2.5	23.2	0.0
Mean								0.8	10.4	59.1	40.9	16.5	0.3	35.2	7.2	11.5	3.5	2.0	23.8	0.0
238	11/01/85	80-0	1	55	1.0606	0.0741	0.0063	0.6	8.5	59.3	40.7	14.0	0.3	38.1	6.9	9.6	6.7	1.9	22.6	0.0
280	30/01/85	50-0	3	15-20	0.0546	0.0055	0.0008	1.5	15.1	61.5	38.5	12.4	0.8	44.4	3.9	15.7	3.9	2.9	15.9	0.0
294	04/02/85	225-0	1	60	0.8056	0.1284	0.0223	2.8	17.3	59.4	40.6	8.0	0.6	47.9	2.9	21.0	3.2	2.5	13.8	0.0
342	17/02/85	200-50	2	25-40	0.3727	0.0447	0.0074	2.0	16.5	64.7	35.3	9.4	1.0	50.5	3.8	15.6	4.2	2.0	13.5	0.0
Mean								2.1	16.3	61.9	38.1	9.9	0.8	47.6	3.5	17.4	3.8	2.5	14.4	0.0

3.10 Chaetognathen

Sagitta gazellae RITTER-ZAHONY, 1909

Bei allen untersuchten Exemplaren (55-85 mm Länge) dieser zu 95% aus Wasser bestehenden Art handelt es sich um Tiere des Reifestadiums 0 ohne ausgereifte Gonaden. Eine Probe von *S. gazellae* stammt vom Oktober 1983 von einer Station aus dem Argentinischen Becken (44°39'S) auf dem Wege zur Antarktischen Halbinsel (Tab. 3.46). Diese Chaetognathen haben mit 5.8% den höchsten Lipidgehalt, während die vor Vestkapp im Weddellmeer gefangenen Individuen Werte von 3-4% TG aufweisen. Ungefähr 60% dieser Lipide bestehen aus Phospholipiden (mit hohen Sphingomyelin- und Lyso-phosphatidylcholin-Werten), 17-26% aus Cholesterin. Wachsester/Sterolester bilden den Hauptteil der nur in geringen Mengen vorhandenen Speicherlipide. Sie steigen bei der lipidreichen Probe auf 17.4% an, haben ansonsten jedoch Anteile zwischen 5.3% und 7.8%, einmal überwiegt der Triglyceridgehalt (8.2%) die Wachsester.

Sagitta marri DAVID, 1956

Alle Proben dieser "muskulösen" Chaetognathen-Art (8-20 mm Länge) mit dem Reifestadium 0 stammen von der Januar-Vestkapp Box aus dem Weddellmeer (Tab. 3.47). Im Vergleich zu *S. gazellae* sind die Lipidgehalte von *S. marri* (11.1-12.7%) mit ca. 12% deutlich höher. Wiederum setzen sich die Lipide vor allem aus Phospholipiden (54%, davon 10% SM und LPC!) und Cholesterin (16%) zusammen. Wachsester (14%) und Triglyceride (13%) stellen verglichen mit *S. gazellae* einen größeren Anteil.

Eukrohnia hamata (MÖBIUS, 1875)

Diese Gattung enthält normalerweise einen deutlich sichtbaren Öleinschluß - bei juvenilen durchsichtig, bei adulten Individuen gelblich-orange, wodurch sie sich leicht von anderen Chaetognathen unterscheiden läßt. Alle untersuchten Exemplare (8-28 mm Länge) von *Eukrohnia hamata* (Reifestadium 0) wurden während der ersten Vestkapp Box im Januar im Weddellmeer gefangen. Ihre Lipidgehalte (11.6-14.6%) entsprechen annähernd denen von *S. marri*, die Lipidzusammensetzung von *E. hamata* differiert jedoch erheblich (Tab. 3.48). Der Anteil der Phospholipide ist mit 18-22% deutlich kleiner, Hauptbestandteil der Lipide dieser Art sind die Neutrallipide in Form von Triglyceriden (33.6-44.6%) und Wachsestern (34.4-39.7%).

3.11 Salpen

Salpa thompsoni FOXTON, 1961

Die untersuchten Salpen wurden im Februar vor Vestkapp im Weddellmeer gefangen. Diese zu mehr als 95% aus Wasser bestehenden Tiere weisen geringe Lipidgehalte von 2.3% und 3.3% TG auf (Tab. 3.49). An diesen Lipiden haben die Phospholipide einen Anteil von 30% und 41%. Auffällig ist, daß die Probe mit dem höheren Lipidgehalt auch den höheren Phospholipidanteil aufweist. Die Proben weichen in der Zusammensetzung ihrer Lipide ungewöhnlich stark voneinander ab, bei einer Probe dominiert Phosphatidylethanolamin, bei der anderen Phosphatidylcholin. Mit mehr als 20% besorgniserregend hoch ist der Anteil der freien Fettsäuren (Autolyse?), Triglyceride (14.7-15%) und Wachsester (12-14.6%) kommen in vergleichbaren Mengen vor.

Tab. 3.46. Stationsdaten und Messergebnisse von *Sagitta gazellae*; Probestation im Argentinischen Becken 1983; Vestkapp Box 1 und 2, Weddell See 1985

Stat. No.	Date D/M/Y	Haul depth (m)	Total Number (n)	Approx. Length (mm)	Mean WetWt (g)	Mean DryWt (g)	Mean Lipid (g)	Total Lipid %WetWt	Total Lipid %DryWt	Lipid Class Composition in Percent of Total Lipid										
										Po-lar	Neu-tral	PE	PS+	PC	SM+	WE+	TAG	FFA	CHOL	DAG
00	20/10/83	200-0	3	55-60	0.2988	0.0164	0.00095	0.32	5.8	55.6	44.4	12.4	0.3	38.5	4.4	17.4	5.5	4.5	17.0	0.0
279	29/01/85	300-185	17	60-80	0.5804	0.0277	0.00104	0.18	3.7	59.5	40.5	15.7	0.9	34.8	8.2	5.3	8.2	7.3	19.6	0.0
280	30/01/85	300-200	9	60-85	0.7764	0.0336	0.00135	0.17	4.0	62.0	38.0	18.7	1.0	33.6	8.7	7.8	0.0	6.7	23.5	0.0
285	01/02/85	285-193	35	55-85	0.5631	0.0281	0.00115	0.20	4.1	59.9	42.1	13.8	0.8	35.0	8.3	6.2	0.0	10.0	25.9	0.0
340	17/02/85	520-200	8	75-85	1.2141	0.0601	0.00180	0.15	3.0	60.5	40.2	16.1	0.9	34.5	6.4	6.4	2.7	8.0	23.0	0.0
Mean								0.17	3.7											

Tab. 3.47. Stationsdaten und Messergebnisse von *Sagitta marri*; Vestkapp Box 1, Weddell See 1985

Stat. No.	Date D/M/Y	Haul depth (m)	Total Number (n)	Approx. Length (mm)	Mean WetWt (g)	Mean DryWt (g)	Mean Lipid (g)	Total Lipid %WetWt	Total Lipid %DryWt	Lipid Class Composition in Percent of Total Lipid										
										Po-lar	Neu-tral	PE	PS+	PC	SM+	WE+	TAG	FFA	CHOL	DAG
271	27/01/85	190-0	52	10-20	0.0078	0.0007	0.00008	1.08	12.7	53.6	46.4	13.1	0.7	30.0	9.8	13.6	13.4	2.5	16.9	0.0
285	01/02/85	193-53	24	10-20	0.0125	0.0008	0.00010	0.83	12.3	54.1	45.9	13.9	0.8	29.1	10.2	15.2	12.0	2.9	15.7	0.0
281	30/01/85	300-200	42	10-20	0.0159	0.0012	0.00014	0.89	11.7	53.8	46.1	13.5	0.8	29.5	10.0	14.4	12.7	2.7	16.3	0.0
285	01/02/85	285-193	40	10-20	0.0172	0.0012	0.00014	0.80	11.1	0.90	11.9									
Mean								0.90	11.9											

Tab. 3.48. Stationsdaten und Messergebnisse von *Eukrohnia hamata*; Vestkapp Box 1, Weddell See 1985

Stat. No.	Date D/M/Y	Haul depth (m)	Total Number (n)	Approx. Length (mm)	Mean WetWt (g)	Mean DryWt (g)	Mean Lipid (g)	Total Lipid %WetWt	Total Lipid %DryWt	Lipid Class Composition in Percent of Total Lipid										
										Po-lar	Neu-tral	PE	PS+	PC	SM+	WE+	TAG	FFA	CHOL	DAG
267	26/01/85	202-0	192	10-25	0.0191	0.0014	0.00016	0.83	11.6	22.0	78.0	8.3	1.4	11.2	1.1	39.7	33.6	0.0	4.7	0.0
271	27/01/85	190-0	142	8-26	0.0205	0.0014	0.00017	0.81	11.9	17.7	82.3	5.3	0.9	10.7	0.8	34.4	44.6	0.0	3.3	0.0
285	01/02/85	285-193	134	15-25	0.0379	0.0030	0.00044	1.16	14.6	19.8	80.1	6.8	1.2	11.0	1.0	37.0	39.1	0.0	4.0	0.0
281	30/01/85	300-200	154	20-28	0.0479	0.0037	0.00045	0.94	12.2	0.93	12.6									
Mean								0.93	12.6											

Tab. 3.49. Stationsdaten und Messergebnisse von *Salpa thompsoni*; Vestkapp Box 2, Weddell See 1985

Stat. No.	Date D/M/Y	Haul Depth (m)	Total Number (n)	Nucleus Length (mm)	Mean WetWt (g)	Mean DryWt (g)	Mean Lipid (g)	Total Lipid %WetWt	Total Lipid %DryWt	Lipid Class Composition in Percent of Total Lipid											
										Po-lar	Neu-tral	PE	PS+ PI	PC	SM+ LPC	WE+ SE	TAG	FFA	CHOL	DAG	
340	17/02/85	45-0	10	8	1.9290	0.0697	0.00159	0.08	2.3	30.2	69.8	15.5	0.6	12.9	1.2	14.6	14.7	23.4	15.3	1.9	
340	17/02/85	45-0	10	8	1.8394	0.0753	0.00245	0.13	3.3	41.3	58.6	9.4	0.0	31.7	0.2	12.0	15.0	20.6	11.0	0.0	

Tab. 3.50. Stationsdaten und Messergebnisse von *Trematomus eulepidotus* (juvenil); Vestkapp Box 2, Weddell See 1985

Stat. No.	Date D/M/Y	Haul Depth (m)	Total Number (n)	Stand. Length (mm)	Mean WetWt (g)	Mean DryWt (g)	Mean Lipid (g)	Total Lipid %WetWt	Total Lipid %DryWt	Lipid Class Composition in Percent of Total Lipid											
										Po-lar	Neu-tral	PE	PS+ PI	PC	SM	LPC	WE+ SE	TAG	FFA	CHOL	DAG
351	21/02/85	310-0	1	47	0.6680	0.1363	0.0394	5.9	28.9	18.8	81.2	4.5	0.0	14.1	0.3	0.0	5.9	64.1	3.9	5.5	1.8
351	21/02/85	310-0	1	49	0.8211	0.1791	0.0556	6.8	31.1	16.4	83.6	3.5	0.0	12.7	0.2	0.0	4.7	68.5	4.9	4.7	0.9
351	21/02/85	310-0	1	52	0.9193	0.1914	0.0550	6.0	28.7	18.8	81.2	3.7	0.1	14.6	0.3	0.1	4.8	64.6	5.4	5.5	0.8
351	21/02/85	310-0	1	51	0.9374	0.2030	0.0621	6.6	30.6	16.8	83.2	3.5	0.0	13.1	0.2	0.0	3.9	69.1	4.4	4.8	0.9
Mean								6.3	29.8	17.7	82.3	3.8	0.0	13.6	0.3	0.0	4.8	66.6	4.7	5.1	1.1
Std.Dev.								0.4	1.2	1.3	1.3	0.5	0.1	0.9	0.1	0.1	0.8	2.6	0.6	0.6	0.5

Tab. 3.51. Stationsdaten und Messergebnisse von *Notothenia larseni* (Postlarven); Antarktische Halbinsel 1985

Stat. No.	Date D/M/Y	Haul Depth (m)	Total Number (n)	Stand. Length (mm)	Mean WetWt (g)	Mean DryWt (g)	Mean Lipid (g)	Total Lipid %WetWt	Total Lipid %DryWt	Lipid Class Composition in Percent of Total Lipid											
										Po-lar	Neu-tral	PE	PS+ PI	PC	SM	LPC	WE+ SE	TAG	FFA	CHOL	DAG
242	13/01/85	80-0	21	15-20	0.0339	0.0025	0.00032	0.93	12.9	49.8	50.2	21.1	0.0	28.2	0.4	0.1	11.8	23.7	0.0	14.7	0.0

3.12 Fischlarven und Jungfische

Notothenia larseni (LÖNNBERG, 1905)

Eine einzige Probe mit Postlarven von *Notothenia larseni* (15-20 mm) stand für die Lipidanalysen zur Verfügung. Die Tiere wurden im Januar 1985 an der Antarktischen Halbinsel gefangen. Ihr Lipidgehalt beträgt 12.9% des Trockengewichts (Tab. 3.51), der Großteil dieser Lipide besteht aus Phospholipiden (49.8%) und Cholesterin (14.7%). Die größte Fraktion der Neutrallipide bilden die Triglyceride (23.7%), während die Wachsester/Sterolester 11.8% ausmachen.

Trematomus eulepidotus REGAN, 1914

Juvenile Fische (47-52 mm) der Art *Trematomus eulepidotus* (Nototheniidae) wurden Ende Februar 1985 auf einer Station der zweiten Vestkapp Box gefangen. Die Analyseergebnisse der vier untersuchten Exemplare sind sehr einheitlich (Tab. 3.50). Die Lipidgehalte liegen in einem engen Bereich von 28.7-31.1% des Trockengewichts. An diesen Lipiden haben die Phospholipide einen Anteil von 16.4-18.8%, während die Triglyceride mit 64.1-69.1% die größte Fraktion stellen. Wachsester (3.9-5.9%) sind nur in geringen Mengen vorhanden.

Pleuragramma antarcticum BOULENGER, 1902

Postlarven und Juvenile von *Pleuragramma antarcticum* wurden im Weddellmeer auf einer Station der Vestkapp Box im Januar, größtenteils jedoch im Gebiet der Gould Bay/Vahsel Bucht gefangen. Die Postlarven traten hier in sehr großen Mengen auf (HUBOLD & HEMPEL 1987). Mit Ausnahme einer Probe mit heterogener Längenverteilung (St. 292) waren die Postlarven ca. 15-16 mm lang (Die empfindlichen Postlarven wurden sofort nach dem Aussortieren schockgefroren. Die Längenangaben in Tab. 3.52 stammen jeweils von Postlarven aus dem gleichen Fang, die nicht für Lipidanalysen vorgesehen waren und von Dr. Hubold vermessen wurden).

Die Postlarven von *P. antarcticum* haben niedrige Lipidgehalte ohne große Schwankungen (13.6%). Vorherrschende Komponente dieser Lipide sind die Phospholipide (54.5%), die sich fast ausschließlich aus Phosphatidylcholin und -ethanolamin zusammensetzen. Cholesterin (14.3%) ist als weiteres Strukturlipid in nennenswerten Mengen vorhanden. Speicherlipide in Form von Triglycerid machen 16.6% aus, die Wachsester/Sterolester-Fraktion ist mit 8% vertreten (Tab. 3.52). Diese Situation verändert sich bei den Juvenilen gravierend. Wie Tab. 3.52 und Abb. 3.41 zeigen, steigt der Lipidgehalt mit zunehmendem Trockengewicht stark an. Lipidgewicht und Trockengewicht sind signifikant korreliert ($r = 0.99$, $p < 0.001$). Während die Postlarven (AK 0) 12-15% Lipidgehalt aufweisen, steigt der Lipidanteil der AK 1-Tiere (45-50 mm) auf ca. 27%. In diesem Stadium beginnt auch die Anlage der für *Pleuragramma* typischen Lipidsäcke (HUBOLD pers. Mitt.). Bei den beiden Fischen der AK 2 (65-70 mm) hat sich der Lipidgehalt auf 34-41% TG erhöht. Der Kurvenverlauf (Lipidgehalt/Trockengewicht) in Abb. 3.41 flacht im Bereich der AK 2-Tiere stark ab.

Triglycerid-, Phospholipid- und Wachsestergewicht sind signifikant mit dem Lipidgewicht, aber auch mit dem Trockengewicht korreliert ($p < 0.001$), jedoch nimmt das Gewicht der einzelnen Lipidklassen in sehr unterschiedlichem Maße zu. Wie Abb. 3.42 verdeutlicht, steigt der Triglyceridgehalt, dargestellt in Prozent des Trockengewichts, mit dem Lipidgehalt stark an, während der Phospholipid-Anteil etwas abnimmt. Die Wachsester (% TG) sind mit dem Lipidgehalt nicht signifikant korreliert. Ausgedrückt in Prozent der Lipide (Tab. 3.52) ergeben sich folgende Veränderungen in der Lipidzusammensetzung: die Phospholipide und Sterole nehmen mit steigendem Lipidgehalt prozentual stark ab, während die Triglyceride deutlich bis auf maximal 83% der Lipide zunehmen. Der Wachsester-Anteil verringert sich ebenfalls (Abb. 3.41).

Tab. 3.52. Stationsdaten und Messergebnisse von *Pleuragramma antarcticum* (Postlarven und Juvenile), nach Trockengewicht sortiert; Vestkapp Box 1, Vahsel Bucht und Gould Bay, Weddell See 1985

Stat. No.	Date D/M/Y	Haul Depth (m)	Total Number (n)	Stand. Length (mm)	Mean WetWt (g)	Mean DryWt (g)	Mean Lipid. (g)	Total Lipid %WetWt	Total Lipid %DryWt	Lipid Class Composition in Percent of Total Lipid											
										Pol-lar	Neu-tral	PE	PS+ PI	PC	SM	LPC	WE+ SE	TAG	FFA	CHOL	DAQ
300	05/02/85	220-0	50		0.0090	0.00113	0.00017	1.9	14.9	57.1	42.9	22.0	0.1	34.4	0.2	0.3	12.5	9.8	6.9	13.7	0.0
300	05/02/85	220-0	50		0.0109	0.00124	0.00018	1.6	14.2	49.0	51.0	18.7	0.3	29.3	0.5	0.2	13.8	12.0	8.8	13.1	3.4
300	05/02/85	220-0	100		0.0114	0.00129	0.00017	1.5	13.0	46.7	53.3	18.2	0.0	27.9	0.4	0.2	12.4	13.9	8.6	14.6	3.7
262	25/01/85	215-0	100	15.0	0.0093	0.00132	0.00019	2.1	14.8	60.1	39.9	21.6	0.1	38.1	0.2	0.1	6.0	15.6	5.4	12.9	0.0
262	25/01/85	215-0	100	15.0	0.0098	0.00134	0.00018	1.9	13.8	59.0	41.0	21.4	0.1	37.2	0.2	0.2	6.6	17.0	5.0	12.5	0.0
298	05/02/85	198-0	100	15.5	0.0144	0.00144	0.00018	1.2	12.3	54.7	45.3	24.4	0.0	29.9	0.2	0.1	5.9	12.2	9.8	15.4	1.9
298	05/02/85	198-0	50	15.5	0.0161	0.00170	0.00023	1.4	13.4	52.1	47.9	21.0	0.0	30.7	0.3	0.2	7.3	19.6	4.5	16.5	0.0
296	04/02/85	215-0	50	15.4	0.0158	0.00179	0.00025	1.6	13.7	52.7	47.3	18.5	0.0	33.6	0.3	0.2	7.1	19.9	4.5	15.7	0.0
298	05/02/85	198-0	50	15.5	0.0179	0.00180	0.00024	1.3	13.1												
296	04/02/85	215-0	50	15.4	0.0168	0.00181	0.00024	1.4	13.3												
296	04/02/85	215-0	50	15.4	0.0160	0.00182	0.00025	1.5	13.6												
296	04/02/85	215-0	50	15.4	0.0181	0.00182	0.00023	1.3	12.7	60.3	39.7	20.0	0.0	39.8	0.2	0.2	6.8	17.4	3.3	12.3	0.0
296	04/02/85	215-0	50	15.4	0.0175	0.00186	0.00025	1.4	13.2	52.0	48.0	20.2	0.0	31.4	0.2	0.2	7.0	19.8	4.6	16.6	0.0
294	04/02/85	225-0	50	15.7	0.0175	0.00188	0.00025	1.4	13.4	58.4	41.6	19.1	0.0	38.9	0.2	0.2	7.0	18.2	3.4	12.9	0.0
294	04/02/85	225-0	50	15.7	0.0184	0.00188	0.00026	1.4	13.8												
294	04/02/85	225-0	50	15.7	0.0175	0.00189	0.00026	1.5	13.7												
294	04/02/85	225-0	50	15.7	0.0175	0.00191	0.00026	1.5	13.6												
294	04/02/85	225-0	48	15.7	0.0180	0.00194	0.00027	1.5	13.7												
294	04/02/85	225-0	50	15.7	0.0185	0.00198	0.00027	1.5	13.7	50.3	49.7	19.0	0.0	30.9	0.2	0.2	6.8	21.2	5.2	16.5	0.0
292	04/02/85	225-0	50	9-20	0.0234	0.00228	0.00030	1.3	13.2	56.7	43.3	19.2	0.1	37.0	0.2	0.2	6.6	19.7	4.3	12.7	0.0
Mean								1.5	13.6	54.5	45.5	20.3	0.1	33.8	0.3	0.2	8.1	16.6	5.7	14.3	0.7
Std.Dev.								0.2	0.6	4.4	4.4	1.8	0.1	4.0	0.1	0.0	2.8	3.6	2.1	2.1	1.4
300	05/02/85	220-0	1	31	0.1743	0.0153	0.0028	1.6	18.0	29.2	70.8	8.2	0.0	19.2	1.4	0.4	29.7	13.6	11.1	14.9	1.4
303	06/02/85	415-0	1	45	0.3246	0.0350	0.0084	2.6	23.8	25.5	74.5	7.7	0.0	17.4	0.4	0.0	10.9	52.3	2.4	7.8	1.1
303	06/02/85	415-0	1	46	0.4586	0.0499	0.0109	2.4	21.8	26.8	73.2	7.7	0.0	18.7	0.3	0.0	7.4	54.6	1.9	8.2	1.1
303	06/02/85	415-0	1	47	0.5923	0.0682	0.0217	3.7	31.8	16.4	83.6	3.5	0.0	12.3	0.6	0.0	5.5	71.0	1.5	5.2	0.4
303	06/02/85	415-0	1	47	0.6468	0.0706	0.0180	2.8	25.4	22.8	77.2	4.5	0.0	17.9	0.4	0.0	6.7	59.9	2.0	7.3	1.3
303	06/02/85	415-0	1	48	0.6162	0.0739	0.0234	3.8	31.7	17.1	82.9	3.8	0.0	13.0	0.4	0.0	6.9	66.7	2.8	5.0	1.5
303	06/02/85	415-0	1	65	2.2108	0.3549	0.1443	6.5	40.7	9.3	90.7	1.3	0.0	7.8	0.2	0.0	2.3	83.3	1.3	3.8	0.0
303	06/02/85	415-0	1	70	2.7144	0.3806	0.1290	4.8	33.9	12.1	87.9	2.1	0.0	9.7	0.3	0.0	3.0	79.3	1.6	4.0	0.0
Mean								3.5	28.4	19.9	80.1	4.9	0.0	14.5	0.5	0.1	9.1	60.1	3.1	7.0	0.9

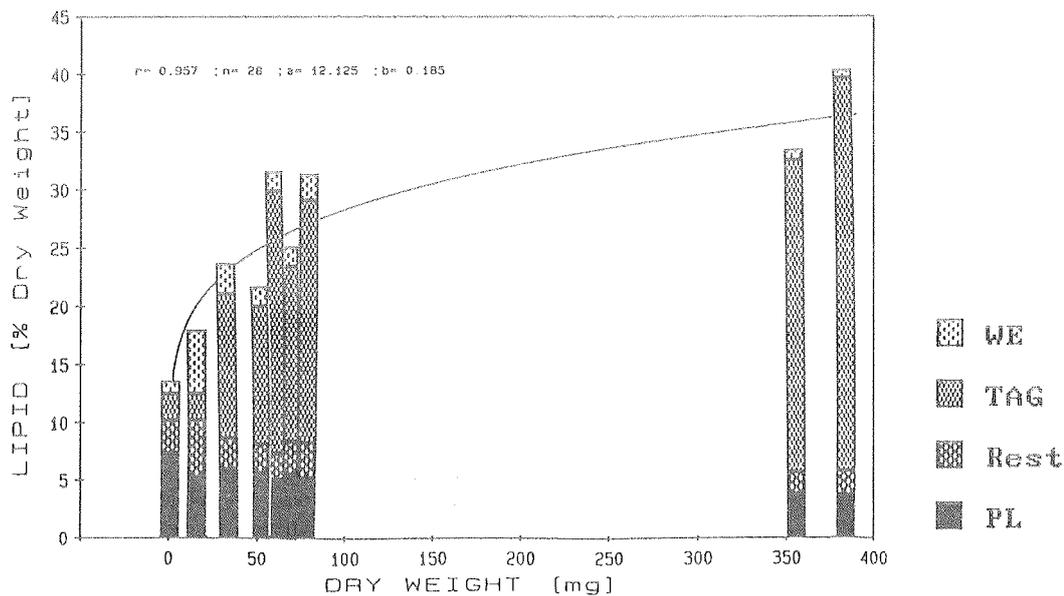


Abb. 3.41. Lipidgehalts-/Trockengewichtsbeziehung und Lipidzusammensetzung von *Pleuragramma antarcticum*, doppelt logarithmische Regression; linke Säule: Durchschnittswerte von 21/13 Postlarven-Analysen (Gesamtlipid/Lipidklassen), alle anderen Säulen repräsentieren Einzelanalysen juveniler Tiere

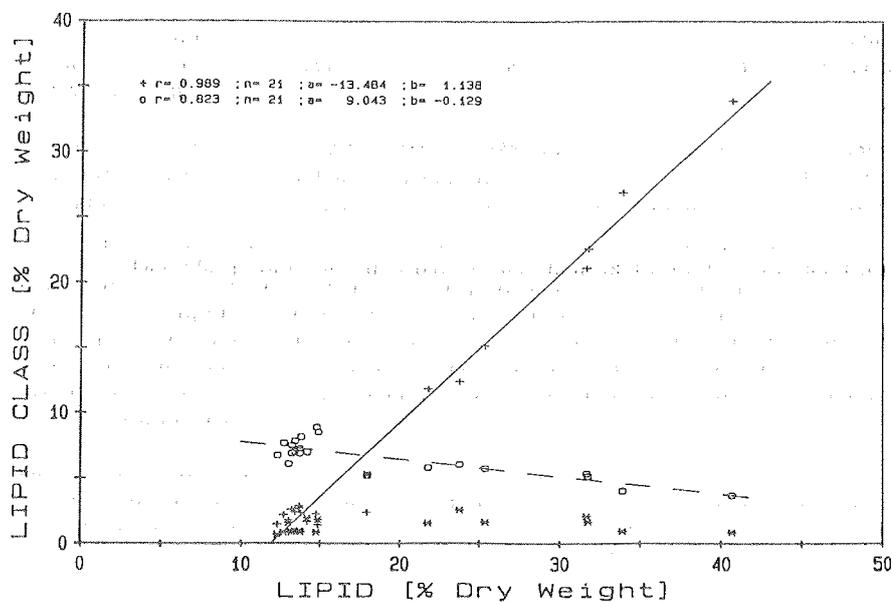


Abb. 3.42. Lipidklassen (% TG)/Lipidgehalt von *Pleuragramma antarcticum* (postlarval, juvenil), Weddellmeer; Triglycerid +; Waxes x; Phospholipid o; lineare Regression

4 DISKUSSION

4.1 Copepoden

4.1.1 Ontogenetische Aspekte

Es gibt bisher nur wenige Lipiduntersuchungen, die sich mit den verschiedenen Entwicklungsstadien der Copepoden beschäftigt haben. In der Regel wurden Lipidanalysen nur an C5-Stadien oder adulten Copepoden durchgeführt. LEE *et al.* (1974) verfolgten die Lipidveränderungen von gehälterten *Euchaeta japonica*-Stadien über den gesamten Entwicklungszyklus. Ähnliche Laboruntersuchungen, jedoch nicht von allen Stadien, liegen auch von *Calanus helgolandicus* (wahrscheinlich *C. pacificus*) vor (LEE *et al.* 1972). KATTNER & KRAUSE (1987) analysierten ontogenetische Lipidveränderungen an Wildfängen von *C. finmarchicus* (C1 bis Weibchen, Männchen).

Während die *Euchaeta*-Eier große Mengen an Wachsesteren enthalten, bestehen die Eilipide von *C. helgolandicus* hauptsächlich aus Triglyceriden, im Laufe der Entwicklung werden bei beiden Arten überwiegend Wachsester gespeichert. Die Weibchen von *C. helgolandicus* wandeln daher bei der Eiproduktion große Mengen an Wachsesteren in Triglyceride um. Während der Entwicklung von *E. japonica* nimmt der Lipidgehalt von den Eiern über die Nauplien bis zum Copepodit-C2-Stadium kontinuierlich ab. Nach LEE *et al.* (1974) entwickeln sich aus den Eiern dieser Art auch ohne Nahrungszufuhr C1-Stadien. Erst das C4-Stadium (C3 nicht angegeben) zeigt eine deutliche Zunahme des Lipidgehalts. Die höchsten Lipidwerte werden bei den C5-Stadien und den reifen Weibchen festgestellt, während unreife Weibchen von *E. japonica* deutlich geringere Lipidgehalte haben. BAMSTEDT & MATTHEWS (1975) bestimmten die Lipidgehalte der subarktischen Art *Euchaeta norvegica* (Eier, C4, C5, Weibchen, Männchen). Ihre Ergebnisse stimmen mit denen von LEE *et al.* (1974) in der Tendenz gut überein. KATTNER & KRAUSE (1987) messen bei *C. finmarchicus* eine exponentielle Zunahme der Lipide - vor allem Wachsester - vom ersten bis zum fünften Copepoditstadium.

Die hier untersuchten antarktischen Copepoden wurden ebenfalls nach Stadien getrennt bearbeitet, insbesondere *Calanus propinquus* (C2, C3, C5, Weibchen, Männchen) und *Euchaeta antarctica* (C3, C4, C5, Weibchen, Männchen). Die zuvor von den anderen Autoren festgestellte Tendenz einer Lipidanreicherung von den frühen Copepoditstadien bis zu den Adulten wird auch bei diesen antarktischen Arten deutlich. So steigt der Lipidgehalt bei *C. propinquus* von 18% TG (Trockengewicht) bei den C2-Stadien auf Maximalwerte von über 55% TG bei den C5-Stadien und Weibchen. Bei *Euchaeta antarctica* erhöht sich der Lipidgehalt von 14% TG bei den C4-Stadien auf maximal 45% TG bei den C5-Stadien und 40% TG bei den Weibchen. Diese Lipidzunahme im Laufe der Ontogenie deutet sich auch bei den untersuchten Stadien der anderen Arten *Rhincalanus gigas*, *Metridia gerlachei* und *Calanoides acutus* aus dem Weddellmeer an. ANDREWS (1966) beobachtete bei *C. acutus*, daß im Gegensatz zu den C1-C3-Stadien die Stadien ab C4 große Ölsäcke aufweisen. Es scheint sich bei dieser Anreicherung um eine allgemeine Regel zu handeln: Zunächst liefern die Eilipide die nötige Energie für Wachstum und Stoffwechsel. Sobald die Copepodite (bzw. Nauplien) zu fressen beginnen, werden immer größere Mengen der aufgenommenen Nahrung in Form von Neutrallipiden für die Überwinterung und Reproduktion gespeichert. Die Phospholipide nehmen kaum zu. Die C5-Stadien und reifen Weibchen erreichen maximale Lipidgehalte. Mit der Umwandlung der C5-Stadien in unreife Weibchen ist zunächst eine Senkung des Lipidgehalts verbunden, wie auch die antarktischen Arten *C. acutus*, *C. propinquus*, *R. gigas* und *E. antarctica* zeigen (s.a. LEE *et al.* 1974; SARGENT *et al.* 1977; KATTNER & KRAUSE 1987). GATTEN *et al.* (1980) stellen bei *Calanus helgolandicus*, einer Copepodenart der gemäßigten Breiten, fest, daß sie die Hälfte ihrer

Lipide bei der Umwandlung zu Weibchen und der Bildung von Reproduktionsorganen abbaut, die Männchen verlieren dagegen kaum Lipide. Nach der Häutung reichern die intensiv fressenden Weibchen wieder erhebliche Lipidmengen an. Bei *Euchaeta japonica*-C5-Stadien wird der größte Teil der Lipide für die Eiproduktion genutzt (LEE *et al.* 1974). Die ontogenetische Erhöhung des Lipidgehalts wird bedingt durch eine starke Zunahme der Speicherlipide, deren Anteil bei den C5-Stadien und den Weibchen sehr hohe Werte über 90% der Lipide ausmachen kann.

Auffällig ist, daß der Lipidgehalt der Männchen von *C. propinquus* deutlich geringer ist als der von *E. antarctica*-Männchen. Die Männchen beider Arten reduzieren ihre Mundwerkzeuge (MIZDALSKI pers. Mitt.; HOPKINS 1987). Möglicherweise hatten die *C. propinquus*-Männchen die Nahrungsaufnahme nach der Paarung im Sommer schon eingestellt, während die Paarung der *Euchaeta*-Männchen nach Daten von LITTLEPAGE (1964) erst im Herbst/Winter stattfindet. BAMSTEDT (1979) schätzt die Lebenserwartung der *Euchaeta norvegica*-Männchen nur auf einen Monat. HOPKINS *et al.* (1984b) geben die Lebenserwartung von *C. finmarchicus*-Männchen mit ungefähr zwei Monaten an. Sie stellen bei diesen Männchen eine deutliche Abnahme im Trockengewicht und im Kohlenstoffgehalt fest und erklären diesen Verlust an organischen Reserven mit der erhöhten körperlichen Aktivität der Männchen während der Paarung (s.a. SARGENT & HENDERSON 1986).

Aus den Ergebnissen wird deutlich, daß vor allem die jungen Copepodite die empfindlichen Stadien dieser Copepoden darstellen. Für sie ist es besonders wichtig, auf ausreichende Nahrung zu treffen, da sie nur geringe Reserven besitzen, um Hungerzeiten zu überdauern. Dagegen ist von den subadulten Stadien und den Adulten bekannt, daß sie lange Phasen ohne Nahrung überleben können (z.B. LEE *et al.* 1972). BAMSTEDT & MATTHEWS (1975) stellen fest, daß der Erfolg der nachfolgenden Generation durch die Lipidanreicherung der C5-Stadien und der Weibchen bestimmt wird.

Bei den untersuchten Copepoditstadien - z.T. auch bei den Weibchen - von *C. acutus*, *C. propinquus*, *R. gigas* und *E. antarctica* besteht über einen weiten Bereich eine hochsignifikante Korrelation zwischen Trockengewicht und Lipidgewicht. Diese Beobachtung haben BAMSTEDT & MATTHEWS (1975) auch bei *E. norvegica* gemacht. Mit Hilfe einer Regressionsgleichung könnte also der Lipidgehalt dieser Arten (Weddellmeer, Sommersaison) abgeschätzt werden, wenn deren Trockengewicht bekannt ist.

4.1.2 Speicherlipide

Phospholipide und Cholesterin dienen in der Regel als Strukturelemente der Membranen, während Triglyceride und Wachsester im Plankton Energiereserven darstellen (LEE *et al.* 1970a, b; SARGENT 1976). Es gibt bisher jedoch keine endgültig befriedigende Erklärung, warum marine Copepoden des Bathypelagials und der Polargebiete ihre Lipidreserven anstelle von Triglyceriden vorwiegend in Form von Wachsestern speichern (CLARKE 1983). Für herbivore Copepoden bedeutet dies eine Umwandlung der Phytoplanktonlipide in Wachsester, da die Lipide der Algen hauptsächlich aus Triglyceriden bestehen und kaum Wachsester enthalten (LEE *et al.* 1972; SARGENT 1976).

Es wurden verschiedene Hypothesen entwickelt, um die Dominanz der Wachsester bei den Copepoden zu erklären. LEE *et al.* (1971a) nennen als mögliche Faktoren, die die Lipidzusammensetzung beeinflussen können: Umgebungstemperatur, unterschiedliche Kompressibilität und molares Volumen der Lipidklassen sowie Kontrollmechanismen der lipidabbauenden Enzyme. LEE *et al.* (1971a, b) stellen fest, daß Copepoden zuerst ihre Triglyceride abbauen und danach - jedoch langsamer - ihre Wachsester. BENSON & LEE (1972, 1975) schließen daraus, daß die triglyceridabbauenden Enzyme immer

aktiv sind, während die wachsesterabbauenden Enzyme nur bei Stress und Hungerperioden aktiviert und diese Reserven für kritische Zeiten geschont werden. LEE *et al.* (1972) diskutieren außerdem die konstante oder saisonale Nahrungszufuhr sowie phylogenetische Verwandtschaften als Ursachen für unterschiedliche Lipidzusammensetzung.

Gegen die Umgebungstemperatur als Ursache dieser starken Wachsester-Anreicherung spricht das Fehlen von Wachsester in antarktischen Süßwasser-Copepoden (SARGENT 1976; s.a. CLARKE 1984a). Dort speichern die Copepoden Triglyceride. Der See, in dem diese Tiere gesammelt wurden, ist die meiste Zeit des Jahres eisbedeckt, den Copepoden steht jedoch das ganze Jahr über in geringen Mengen Nahrung (Phytoplankton, Detritus) zur Verfügung. Dieses Beispiel unterstützt vielmehr die Hypothese von LEE und SARGENT, daß Wachsester als Langzeitreserven dienen, um Hungerperioden zu überdauern (LEE *et al.* 1971a; BENSON *et al.* 1972, SARGENT 1976, 1978; s.a. HAKANSON 1984), wie sie vor allem in der Tiefsee und in den Polarmeeren auftreten. Nach SARGENT (1976, 1978) sind Wachsester am besten geeignet, große Futtermengen (z.B. Phytoplanktonblüten) in kürzester Zeit in Lipidform zu speichern. Normalerweise wird die *de novo* Lipidbiosynthese über Kontrollmechanismen des Enzymsystems gehemmt, wenn große Lipidmengen über die Nahrung aufgenommen werden. Der Vorteil der Wachsester-Bildung (aus langkettigen Alkoholen und Fettsäuren) besteht darin, daß diese Hemmechanismen ausgeschaltet werden, so daß neben der Zufuhr von Lipiden über die Nahrung gleichzeitig Nahrungsproteine und -kohlenhydrate in Wachsester umgewandelt werden können (SARGENT & McINTOSH 1974; SARGENT & HENDERSON 1986).

Die bisherigen Lipiduntersuchungen an Copepoden der Polarmeere belegen die Dominanz der Wachsester bei der Lipidspeicherung. Die arktischen Arten *Calanus glacialis*, *C. hyperboreus*, *C. finmarchicus*, *Pareuchaeta barbarata*, *Pareuchaeta glacialis*, *Euchaeta* sp., *Metridia longa* und auch die antarktischen Arten *Calanoides acutus*, *Rhincalanus gigas*, *Euchaeta antarctica* und *Metridia gerlachei* speichern ihre Lipide hauptsächlich als Wachsester (LEE 1975; CLARKE 1984a; SARGENT & HENDERSON 1986; REINHARDT & VAN VLEET 1986). Ausnahmen aus höheren Breiten (British Columbia, Nordsee) sind die omnivoren Arten *Eucalanus bungii* bzw. *Temora longicornis*, *Acartia clausi* und *Centropages hamatus*, die überwiegend Triglyceride speichern (LEE 1974; KATTNER *et al.* 1981).

Die Lipidzusammensetzung der oben erwähnten antarktischen Copepoden mit deutlich überwiegenden Wachsester-Anteilen wird durch die vorliegende Arbeit bestätigt. Als einzige dieser Arten weist *M. gerlachei* neben den dominierenden Wachsestern auch beträchtliche Anteile an Triglyceriden auf, die Art speichert jedoch insgesamt nur geringe Lipidmengen.

Die beiden neu untersuchten Arten *Calanus propinquus* und *Euchirella rostromagna* weichen von dem oben genannten Schema ab und sind die ersten bekannten Copepoden der Polarmeere mit Triglyceriden als Hauptspeicherlipid. Bei *C. propinquus* können die Triglyceride mehr als 90% der Lipide ausmachen. Da die zehn in der Vergangenheit analysierten *Calanus*-Arten aus den Tropen, Subtropen, Boreal- und Polargebieten überwiegend Wachsester speichern (SARGENT & HENDERSON 1986) - einzige Ausnahme ist die kaum Lipide enthaltende tropische Art *C. minor* (LEE & HIROTA 1973), scheiden phylogenetische Gründe für die Triglycerid-Akkumulation von *C. propinquus* aus. Anhand ihrer Befunde bei Euphausiaceen postulieren SARGENT *et al.* (1981), daß Triglyceridspeicherung eine ganzjährige Nahrungsaufnahme andeutet (s. Kap. 4.2.3). Ob die Anreicherung von Triglyceriden ein Hinweis darauf ist, daß *C. propinquus* eine andere ökologische Nische besetzt als *C. acutus* und *R. gigas* und diese Art im Gegensatz zu den Wachsester speichernden herbivoren Copepoden auch im Winter frißt, läßt sich aufgrund unseres derzeitigen Kenntnisstandes jedoch nicht beantworten. HOPKINS (1985, 1987) stellt bei Nahrungsuntersuchungen fest, daß sich *C. propinquus* am Ende

des Sommers (Februar-April; Rossmeer, Antarktische Halbinsel) hauptsächlich von Phytoplankton ernährt und gelegentlich auch kleineres Zooplankton frißt. Er zählt *C. propinquus* zu den Generalisten, die im Rossmeer in einem Cluster u.a. mit *M. gerlachei*, *E. antarctica* und älteren Stadien von *C. acutus* erscheint. Die Clusteranalyse der Nahrungszusammensetzung von der Antarktischen Halbinsel faßt *C. propinquus*, *E. rostromagna*, *Pleuromamma*, *Salpa thompsoni* und *Tomopteris carpenteri* zusammen (*C. acutus* hatte im März/April die Nahrungsaufnahme eingestellt).

Bei der zweiten bisher nicht auf Lipide untersuchten Copepodenart, *Euchirella rostromagna*, wurden ebenfalls Triglyceride als dominierende Speicherlipide festgestellt. Eine Reihe von *Euchirella*-Arten aus tropischen und subtropischen Meeren wurde bisher von LEE & HIROTA (1973) analysiert. Bei jeder dieser Arten - *Euchirella brevis*, *E. galeata*, *E. pulchra*, *E. rostrata* sowie zwei unbestimmten *Euchirella*-Arten - überwiegen die Triglyceride deutlich gegenüber den Wachsestern. Es könnten also phylogenetische Ursachen für die Triglycerid-Speicherung bei der antarktischen Art *E. rostromagna* verantwortlich sein (s.a. LEE *et al.* 1971a). *E. rostromagna* wird von HOPKINS (1985) als omnivore Art eingestuft, die sich von Diatomeen, Dinoflagellaten, kleineren Crustaceen und anderem Zooplankton ernährt. Weitere Untersuchungen müssen zeigen, ob der relativ geringe Lipidgehalt von 25-30% TG im Februar und die Triglycerid-speicherung als Indiz für eine Nahrungsaufnahme von *E. rostromagna* im Winter zu werten sind.

4.1.3 Saisonalität

Die fünf hier diskutierten Copepoden-Arten sind von vielen Autoren (z.B. OTTESTAD 1932, 1936; MACKINTOSH 1934, 1937; OMMANNEY 1936; ANDREWS 1966) bezüglich ihrer Verbreitung und ihres Lebenszyklus erforscht worden. Besonders die dominierenden herbivoren Arten *Calanoides acutus*, *Calanus propinquus* und *Rhincalanus gigas* standen dabei im Mittelpunkt des Interesses. VORONINA (1972a, b) beschreibt für diese drei Arten mit ähnlichen Nahrungsanforderungen (SCHNACK 1985) ein Verteilungsschema, das eine zeitliche und räumliche Trennung der Verbreitungsschwerpunkte beinhaltet. Durch diese Artensukzession soll eine Nahrungskonkurrenz vermieden werden. Nach VORONINA (1972b) steigen im Frühling, wenn das Eis sich zurückzieht, als erste die Überwinterungsstadien C4 und C5 von *C. acutus* aus größeren Tiefen zur Oberfläche auf (s.a. ANDREWS 1966). Sie häuten sich zu Adulten und laichen im Epipelagial ab. Nach einer intensiven Freß- und Wachstumsphase beginnen die C4-, C5-Stadien und die Weibchen von *C. acutus* mit der Wanderung in die Tiefe. Die Überwinterungsstadien von *C. propinquus* erscheinen nach *C. acutus* an der Oberfläche, laichen dort ab und ernähren sich wie diese von Phytoplankton. Auf *C. propinquus* folgt zeitversetzt *R. gigas*, der den gleichen Zyklus durchläuft. Die reifen Weibchen laichen ab und sterben wahrscheinlich, während die Copepoditstadien C4 und C5 zum Überwintern in größere Tiefen wandern. Je weiter südlich sich die Tiere aufhalten, um so später und wohl auch kürzer ist der Aufenthalt der drei Copepoden-Arten im Epipelagial. Die räumliche Trennung der drei Arten ergibt sich aus Unterschieden im Verbreitungsschwerpunkt in Abhängigkeit von der geographischen Breite. So ist *R. gigas* eher eine subantarktische Art, die hauptsächlich nördlich der Antarktischen Konvergenz vorkommt (OMMANNEY 1936). In hochantarktischen Gebieten ist sie selten (BOYSEN-ENNEN 1987). *C. acutus* ist die Art mit der südlichsten Verbreitung.

HOPKINS (1985) ist der Meinung, daß die Phytoplankton-Frühjahrsblüte in der Antarktis ausreicht, die Energiebedürfnisse des herbivoren Planktons abzudecken. In der Hochantarktis sollen sogar 95% der Phytoplankton-Biomasse vom Zooplankton ungenutzt sedimentieren (HOPKINS 1987). Eine sorgfältig abgestimmte, effiziente Nutzung der Nahrung ("resource partitioning") im Sinne von VORONINA (1972a, b) hält HOPKINS (1985) daher in der Antarktis nicht für notwendig. Er vermutet, daß *C. acutus*,

C. propinquus und *R. gigas* nach einer intensiven Nutzung der Primärproduktion ihre Nahrungsaufnahme im Sommer/Herbst stark reduzieren oder einstellen. MARIN (1986; in press a, b) ist wie HOPKINS (1985) der Meinung, daß die drei Copepoden-Arten aufgrund der reichlich vorhandenen Primärproduktion keinerlei Nahrungskonkurrenz unterliegen. Nach MARIN (1986; in press a, b) haben sich die Lebenszyklen dieser Arten unabhängig voneinander entwickelt.

Schaut man sich die Lipiddaten dieser Copepoden an, so fällt zunächst auf, daß die untersuchten Arten *C. acutus* und *R. gigas* im Südfrühling (Anfang November) an der Antarktischen Halbinsel nur geringe Lipidgehalte von 17-23% bzw. 6-9% des Trockengewichts (TG) aufweisen, der Anteil der als Speicherlipide dienenden Wachsester liegt zwischen 60-70% der Lipide bei *C. acutus* und 50-60% bei *R. gigas*. Im Vergleich zu den im Januar/Februar im Weddellmeer gefangenen Individuen war das Körpergewicht der im Frühling an der Halbinsel gesammelten Tiere gleichen Stadiums sehr gering, demnach hatte die Freißphase für diese Copepoden gerade erst begonnen. Die Phytoplanktonblüte 1983/84 war zum Zeitpunkt der Probennahme nicht stark entwickelt (NAST & GIESKES 1986) und erreichte ihren Höhepunkt erst Ende Dezember (VON BODUNGEN 1986). Nach VORONINA (1972a, b) müßte als erste Art *C. acutus* die Oberfläche erreicht haben, vielleicht erklärt sich daraus ihr höherer Lipidgehalt. Die beträchtlichen Mengen an Wachsestern von *C. acutus*, der zu Beginn des Frühlings als erster laicht (s.a. OTTESTAD 1936), dienen vor allem der Produktion der Nachkommenschaft. GATTEN *et al.* (1980) stellten fest, daß die boreale Art *Calanus helgolandicus* die Hälfte ihrer Lipide bei der Umwandlung von C5-Stadien zu Weibchen verbraucht und einen erheblichen Anteil der verbliebenen Lipide (Wachsester) im Frühling zur Reproduktion nutzt.

Die weiteren Lipiddaten von *C. acutus*, *C. propinquus* und *R. gigas* stammen vom Januar/Februar (Südsommer) aus dem südlichen Weddellmeer, dies bedeutet also einen Sprung innerhalb der Saison und einen geographischen Wechsel von der Subantarktis zur Hochantarktis. Hier ergibt sich folgendes Bild: Die subadulten Stadien und die Weibchen von *C. acutus* haben Lipide akkumuliert, die ca. 40-50% des Trockengewichts ausmachen mit Wachsester-Anteilen von über 90%. Im Vergleich zur Subantarktis bedeutet dies eine Verdoppelung des Lipidgehalts, fast ausschließlich bedingt durch die Anreicherung von Wachsestern. Verglichen mit dem Januar ist die Abundanz der C5-Stadien und Weibchen von *C. acutus* im Februar an der Oberfläche stark reduziert (HUBOLD *et al.* 1988). Dies deutet darauf hin, daß diese Stadien ihre Freißphase beendet haben (SCHIEL pers. Mitt.; s.a. HOPKINS 1985), obwohl weiterhin genügend Phytoplankton zur Verfügung stand (VON BODUNGEN *et al.* 1988). Die Weibchen verschwinden also nach dem Abbläichen aus dem Epipelagial, während die C5-Stadien im Januar/Februar ihre Energiereserven aufgefüllt haben und die Wanderung in größere Tiefen zum Überwintern antreten.

Ähnlich hohe Lipidgehalte zum Saisonende (Stadien werden nicht genannt) geben CLARKE (1984a) mit 13% des Feuchtgewichts (davon 54% Wachsester) und REINHARDT & VAN VLEET (1986) mit 45% des Trockengewichts oder 11% des Feuchtgewichts an (64% Wachsester). ANDREWS (1966) teilt die Ölsäcke der verschiedenen Entwicklungsstadien von *C. acutus* in vier subjektive Kategorien (leer bis voll) ein und stellt deutliche saisonale Unterschiede fest mit einem Lipidmaximum im Mai/Juni und einem Lipidminimum am Ende des Winters. Nach ANDREWS (1966) ist die Ölsackgröße bei den Weibchen im Verlauf des Jahres im Vergleich zu den C4- und C5-Stadien weniger variabel. Er vermutet, daß diese Stadien im Winter nicht fressen und die Lipide als Nahrungsreserve dienen. Die Lipiddaten der zitierten Autoren stammen alle aus subantarktischen Gebieten (Südgeorgien, Antarktische Halbinsel).

Gemäß dem Konzept von VORONINA (1972a, b) durchläuft *C. propinquus* mit zeitlicher Verzögerung den gleichen Generationszyklus wie *C. acutus*. Läßt sich diese zeitliche Verschiebung aus den Lipiddaten ableiten? Die C5-Stadien und Weibchen von *C. propinquus* weisen im Januar in der Weddell See nur mittlere Lipidgehalte von 26% und 25% des Trockengewichts auf, innerhalb von zwei bis drei Wochen erhöhen sich diese Werte auf 47% bei den C5-Stadien und 43% bei den Weibchen. Diese Daten deuten darauf hin, daß sich *C. propinquus* im Januar noch mitten in der Freißphase und Reservenbildung befand, als *C. acutus* schon sehr hohe Lipidgehalte aufwies. Dieses Niveau erreicht *C. propinquus* erst im Februar. Dies wird auch durch Laborexperimente bestätigt, die für *C. propinquus* sehr viel höhere Freißraten/Gewichtseinheit ergaben als für *C. acutus* (SCHIEL pers. Mitt.). Der von VORONINA (1972a, b) postulierte zeitlich versetzte Zyklus von *C. acutus* und *C. propinquus* wird also durch die später stattfindende Lipidanreicherung von *C. propinquus* gestützt. Dies läßt vermuten, daß die Überwinterungsstadien von *C. propinquus* tatsächlich erst nach *C. acutus* ins Epipelagial aufsteigen. Sie beginnen mit der Nutzung der Primärproduktion, wenn der Bedarf von *C. acutus* weitgehend gedeckt ist.

Bei der dritten herbivoren Copepoden-Art, *Rhincalanus gigas*, wurden im Südfrühling an der Antarktischen Halbinsel die geringsten Lipidgehalte von 6-9% TG gemessen. Im Weddellmeer ist *R. gigas* im Februar mit 27-30% TG deutlich lipidreicher (C5, Weibchen), die Wachsester-Anteile liegen bei ca. 85% der Lipide. Im Vergleich zu den beiden zuvor diskutierten Arten sind die Lipidgehalte von *R. gigas* im Februar deutlich niedriger. Während des Untersuchungszeitraums im Südsommer zeichnet sich keine signifikante Tendenz zur Lipidanreicherung ab. Der Lipidgehalt von *R. gigas* im Februar entspricht in der Höhe etwa dem von *C. propinquus* im Januar. Es ist jedoch fraglich, ob *R. gigas*, die nach VORONINA (1972b) als letzte der drei diskutierten Arten im Epipelagial auftaucht, noch größere Lipidreserven anlegt, denn das südliche Weddellmeer stellt für diese subantarktische Art einen Grenzbereich ihrer Verbreitung mit vermutlich ungünstigen Lebensbedingungen dar.

Die wenigen meist ohne Stadienangabe publizierten Lipiddaten von *R. gigas* (LEE & HIROTA 1973; CLARKE 1984a; REINHARDT & VAN VLEET 1986) aus der Subantarktis (Februar/April) sind sehr heterogen (Lipidgehalt 8-69% TG; Wachsesteranteil 50-92%), zeigen jedoch, daß *R. gigas* erheblich größere Lipidmengen speichern kann, als im Weddellmeer festgestellt wurde.

Im Gegensatz zu den zuvor besprochenen herbivoren Copepoden ist *Metridia gerlachei* eine omnivore Art (SCHNACK 1983; HOPKINS 1987). Im Januar/Februar war die Lipidzunahme bei den Weibchen im Weddellmeer gering ausgeprägt (von 16% auf 20% TG), der Anteil der Wachsester stieg von 30% auf 52%. REINHARDT & VAN VLEET (1986) geben ähnliche Werte einer im März/April an der Antarktischen Halbinsel genommenen Probe (ohne Stadium) von *M. gerlachei* an (21% TG, davon 52% Wachsester). Daß *M. gerlachei* im Unterschied zu den herbivoren Arten keine großen Lipidreserven anlegt, deutet darauf hin, daß sie als Nahrungsopportunist (HOPKINS 1985) auch im Winter genügend zu fressen findet. Nach SCHNACK-SCHIEL (1987) stellt sie im Gegensatz zu *C. acutus* und *C. propinquus* die Nahrungsaufnahme auch bei minimalen Chlorophyll-Konzentrationen unter 10 µg/l nicht ein.

Die vorwiegend carnivore Art *Euchaeta antarctica* ist die einzige Copepoden-Art, die bisher fast ganzjährig quantitativ auf ihren Lipidgehalt untersucht worden ist. LITTLEPAGE (1964) bestimmte bei McMurdo (77°S) von Ende Mai bis Ende Januar in ca. zweiwöchigen Abständen den Lipidgehalt von *Euchaeta antarctica*-Weibchen. Er stellte fest, daß diese Art über den gesamten Untersuchungszeitraum hohe Lipidgehalte (>30% TG) aufweist, die sich während der Gonadenentwicklung und Eiproduktion im Juli-August auf maximal 46% TG erhöhen. Leider verhinderten die Eisbedingungen eine Probennahme am Ende des Sommers. Daher sind in Abb. 4.1 die Daten von LITTLE-

PAGE (1964) aus dem Rossmeer durch eigene Lipiddaten von *Euchaeta antarctica*-Weibchen aus dem Sommer (Weddellmeer) ergänzt (37-42% TG). Diese Daten bestätigen die von LITTLEPAGE (1964) gefundenen hohen Lipidgehalte dieser Art. Bei LITTLEPAGE steigen die Lipidanteile nach dem Lipidverlust durch die Eiablage wieder langsam an. Die eigenen Werte deuten - unter allem Vorbehalt bezüglich der Vergleichbarkeit dieser Daten - auf eine Verlängerung dieses Trends hin. CLARKE (1984a) stellt ebenfalls sehr hohe Lipidgehalte bei *Euchaeta*-Weibchen fest, die Mitte April bei Südgeorgien gefangen wurden.

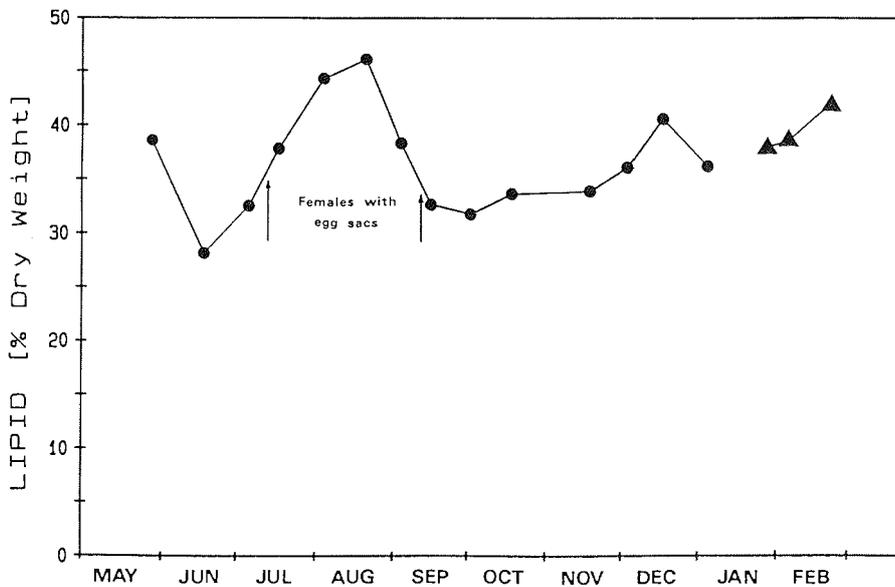


Abb. 4.1. Saisonale Veränderungen des Gesamtlipidgehalts von *Euchaeta antarctica*-Weibchen: ● Daten von LITTLEPAGE (1964) aus dem Rossmeer, ▲ Daten des Autors aus dem Weddellmeer; verändert nach LITTLEPAGE (1964)

Schwierig ist die Frage zu beantworten, wozu diese räuberischen Copepoden derartig große Lipidreserven speichern (s.a. CLARKE 1983). Ob die Lipide während der Überwinterung in größerer Tiefe (VERVOORT 1965) als Energiereserven dienen oder diese Tiere auch den Winter über Plankton fressen, läßt sich anhand der vorliegenden Daten nicht sagen. Nach BAMSTEDT (1979) werden die Lipide der subarktischen Art *Euchaeta norvegica* im Winter aufgezehrt, da sich dann die Anzahl der Beutetiere (Copepoden) drastisch verringert. Anhand der von LITTLEPAGE (1964) bestimmten Lipidgehalte läßt sich bei *E. antarctica* keine Abnahme der Speicher im Winter ablesen. *Euchaeta japonica* kann mehr als drei Monate bei 15°C hungern, ohne daß eine Abnahme der Lipide festzustellen ist (SARGENT 1978). Aus den Daten von LITTLEPAGE (1964) wird die Bedeutung der Lipide für die Gonadenentwicklung und Eiproduktion der Weibchen deutlich. Aber auch die Männchen haben Lipidgehalte von annähernd 40% TG, obwohl sie nach der Geschlechtsreife ihre Mundwerkzeuge reduzieren (HOPKINS 1987).

Vielleicht dienen diese Lipide auch als Schwebehilfe. LITTLEPAGE (1964) argumentiert zwar, daß gerade das Plankton der tropischen und gemäßigten Breiten wegen der geringen Viskosität des Wassers hohe Lipidgehalte als Schwebehilfe benötigt. Da dies nicht der Fall ist, sondern im Gegenteil das Plankton der Polargebiete lipidreicher ist, mißt er den Lipiden wenig Bedeutung als Schwebehilfe bei. Die Individuen von *Euchaeta antarctica* sind im Vergleich zu den anderen Copepoden jedoch sehr groß und besitzen einen massiven Chitinpanzer, so daß sie ohne Auftriebskörper ein Absinken in die Tiefe nur durch intensive, energieaufwendige Schwimmbewegungen verhindern können.

Zusammenfassung und Schlußfolgerungen: Die untersuchten Copepoden, insbesondere die herbivoren Arten, kompensieren mit Hilfe einer teilweise enormen Lipidanreicherung die ausgeprägte Saisonalität der Primärproduktion im antarktischen Pelagial. Die Lipidspeicher dienen als Energiequelle und Auftriebshilfe. Sie ermöglichen den Copepoden das Überleben während der nahrungsarmen Winterperiode und die Produktion ihrer Nachkommenschaft. Da die frühen Entwicklungsstadien ihren Dottervorrat weitgehend aufzehren, ist es für die ersten Freßstadien lebensnotwendig, schnell auf günstige Nahrungsbedingungen zu treffen. Die Copepodite und Adulten akkumulieren im Frühling/Sommer - zum Teil nach Arten zeitlich gestaffelt - Wachsester, zwei Arten speichern vorwiegend Triglyceride. Die ökologische Bedeutung dieser Triglycerid-Anreicherung im Gegensatz zur Wachsester-Speicherung ist zur Zeit noch unklar.

4.2 Euphausiaceen

4.2.1 Ontogenetische Aspekte

Obwohl die Überlebensrate der Larvenstadien einen wichtigen Einfluß auf die Bestandsgröße des antarktischen Krills hat (ROSS & QUETIN 1986), gibt es bisher nur vereinzelte Untersuchungen, die sich mit der Physiologie und Biochemie dieser frühen Entwicklungsstadien beschäftigen. Entsprechend lückenhaft sind auch die Lipiddaten. Nach CLARKE (1980) beträgt das Lipidgewicht von *E. superba*-Eiern 9.3-9.6 µg. O'LEARY AMSLER & GEORGE (1985) geben einen Wert von 9.4 µg an. Sie bestimmen den Lipidgehalt der frisch abgelaichten Eier - den größten aller Euphausiaceeneier (MAUCHLINE & FISHER 1969) - mit 31% TG. Im Gastrula-Stadium (35 Stunden nach dem Ablichten) ist der Lipidgehalt der Eier auf 28% TG gesunken, im nächsten Stadium (76 Stunden nach dem Ablichten, "limb bud stage") auf 20% TG. Während die nahe der Oberfläche abgelaichten Eier in größere Tiefen absinken (MARR 1962), verzehrt der Embryo also beträchtliche Lipidmengen (38% der Ausgangslipidmenge), aber auch Proteine (36%) werden stark abgebaut. Fünf bis acht Tage nach dem Ablichten schlüpfen die Nauplien und der Wiederaufstieg ("developmental ascent", MARR 1962) zur Oberfläche beginnt. Nach 13-25 Tagen erreichen sie das Metanauplius-Stadium, nach 30-34 Tagen das erste Calytopis-Stadium (z.B. MAUCHLINE 1980; IKEDA 1984a; MARSCHALL & HIRCHE 1984). Dieses ist das erste Freßstadium (MARSCHALL 1985). Nach den Analysen (2400 Individuen) der vorliegenden Arbeit ist der Lipidgehalt der ersten Calytopen nach der energieaufwendigen Wanderung zur Oberfläche Mitte Februar im Weddellmeer auf durchschnittlich 11.6% TG (10.3-12.0%) gesunken.

Auf der Basis des Energiegehalts der Eier und der Stoffwechselanforderungen der jungen Larven schätzen ROSS & QUETIN (1986), daß die ersten Calytopen von *E. superba* 6-12 Tage ohne nachteilige Folgen für die Entwicklung hungern können. Sie stellen anhand von Laboruntersuchungen fest, daß eine verspätete Nahrungszufuhr bei den ersten Calytopen eine Verzögerung der Larvalentwicklung zur Folge hat. Erste Calytopen überleben fast drei Wochen ohne Nahrung (Lipid- und Proteinabbau), sterben dann aber innerhalb von wenigen Tagen, während gefütterte Tiere sich zu Calyp-

topis-2-Stadien häuten. Nach einer Hungerphase von 10-14 Tagen ist der "point of no return" erreicht, eine Häutung zu Calyptopis-2-Stadien erfolgt nicht mehr. Hungerversuche von IKEDA (1984a) zeigen, daß die ersten Calyptopen nach sechs Tagen ohne Nahrung ihre Schwimmbewegungen einstellen. Sie würden also im Meer wieder in die Tiefe absinken, wo sie keine Nahrung finden, und verhungern. Eigene Berechnungen nach IKEDA & DIXON (1982) basieren auf dem Lipidgehalt der Calyptopen und den Respirationsdaten für Calyptopen von IKEDA (1984b), die den höchsten gewichtsspezifischen Sauerstoff-Verbrauch aller Entwicklungsstadien aufweisen. Diese Kalkulationen ergeben unter der Prämisse, daß alle Lipidvorräte verbraucht werden, eine maximale Hungerphase der ersten Calyptopen von 5-10 Tagen. Geht man von den unverzichtbaren Membranlipiden aus, so wird diese Phase noch reduziert, es können jedoch zum Teil auch Proteine abgebaut werden. Die von ROSS & QUETIN (1986) abgeschätzte mögliche Hungerperiode stimmt also weitgehend mit der Hungerzeit überein, die anhand der Lipiddaten von ersten Calyptopen berechnet wurde.

Das erste Calyptopis-Stadium ist also die kritische Phase, in der die im Ei enthaltenen Energiereserven bereits weitgehend aufgezehrt sind. Innerhalb von einem Monat nach dem Schlüpfen müssen die Larven auf ausreichende Nahrungsbedingungen treffen, andernfalls kommt es zu irreversiblen Schäden und zum Tod der Larven. Diese kurze Zeit steht in krassem Gegensatz zu den langen Hungerzeiten (7 Monate), die IKEDA & DIXON (1982) bei juvenilem und adultem Krill ermittelt haben.

IKEDA (1984b) stellt fest, daß der Kohlenstoffgehalt von Maximalwerten in den Eiern auf ein Minimum in den Calyptopis-Stadien absinkt und danach bei den Furcilien, Juvenilen und Adulten wieder ansteigt. Beim Stickstoffgehalt findet er kaum Veränderungen. Er deutet diese Ergebnisse als rapide Abnahme des Lipidgehalts von den Eiern zu den Calyptopen, während bei den folgenden Stadien wieder eine Lipidzunahme zu verzeichnen ist (Kohlenhydrate machen nach IKEDA (1984b) nur 2% der Eisubstanz aus).

Nach eigenen Untersuchungen steigt der Lipidgehalt der fressenden Calyptopis-2-Stadien im Februar im Weddellmeer wieder auf 14.4% TG an, die Lipide bestehen zu je einem Drittel aus Phospholipiden, Triglyceriden und Wachs- bzw. Sterolestern. Zum ersten Mal stehen damit Daten (Feucht-, Trockengewicht, Wassergehalt, Lipiddaten) von Calyptopis-Wildfängen zur Verfügung, die mit Laboruntersuchungen verglichen werden können.

Die weitere Entwicklung umfaßt das dritte Calyptopis-Stadium und sechs Furcilia-Stadien. Nach den vorliegenden Daten weisen die späten Furcilien und Juvenilen nach der Überwinterung im Oktober/November (Antarktische Halbinsel) einen geringen Lipidgehalt von 9-10% TG auf. Triglyceride sind nur noch wenig vorhanden, es dominieren Phospholipide und Cholesterin. Aus den Kohlenstoff- und Stickstoff-Analysen an Furcilien ergibt sich ein C:N-Verhältnis von 4-5:1 (IKEDA 1984b), also ebenfalls eine proteindominierte Zusammensetzung. Kohlenhydrate spielen im marinen Zooplankton nur eine untergeordnete Rolle (z.B. RAYMONT & CONOVER 1961).

Die weitere Entwicklung der juvenilen, subadulten und adulten Stadien ist stark abhängig von Reproduktionsprozessen (Gonadenentwicklung, Laichaktivität) und saisonalen Einflüssen (s. Kap. 4.2.3). So ergibt sich für die im Oktober/November an der Antarktischen Halbinsel gefangenen Individuen eine signifikante Abnahme des Lipidgehalts mit dem Trockengewicht der Tiere. Dies beruht möglicherweise darauf, daß bei ungenügender Nahrungskonzentration der Energieaufwand zur Aufrechterhaltung des Stoffwechsels mit zunehmendem Körpergewicht steigt (KILS 1979; IKEDA 1984b; HEMPEL 1985b), so daß die größeren Tiere ihre Reserven schneller verbrauchen.

Im Januar an der Antarktischen Halbinsel - während der Hauptlaichaktivitäten - sind die Lipidgehalte so variabel, daß keine signifikante Beziehung zwischen Lipidgehalt und Körpergewicht besteht. Im Januar/Februar im Weddellmeer steigen die Lipidgehalte dagegen von geringen Werten bei den Larven (10-15% TG) steil auf hohe Werte (25-30% TG) bei den größeren Individuen an. Auch FERGUSON & RAYMONT (1974) stellen eine positive Beziehung zwischen Lipidgehalt und Körpergewicht fest. Es ist anzunehmen, daß junge Tiere die aufgenommene Nahrung vor allem in Muskelgewebe (Protein) umwandeln (EHRlich 1974), während adulte Tiere ihre Energien neben dem Wachstum auch für den Aufbau von Gonaden und Lipidvorräten nutzen. Primär ist nicht das Körpergewicht die entscheidende Einflußgröße für die Lipidakkumulation, sondern saisonale und entwicklungsbedingte bzw. geschlechtsspezifische Faktoren (s.a. Kap. 4.2.3).

Im Gegensatz zu *E. superba*, deren Eier in größere Tiefen absinken (MARR 1962; HEMPEL & HEMPEL 1986), schweben die Eier der neritischen Art *E. crystallophias* und verbleiben daher nach dem Ablaichen im Oberflächenbereich (MAKAROV 1979a; IKEDA 1986). Ob die geringe Dichte dieser Eier durch hohe Lipidgehalte (Wachsester?) hervorgerufen wird, ist bisher nicht untersucht worden (HARRINGTON & THOMAS 1987). IKEDA (1986) gelingt es, abgelaichte *E. crystallophias*-Eier im Labor zu hältern, die sich in acht Monaten bis zur sechsten Furcilie entwickeln. Die lange Entwicklungszeit und die hohe Sterberate deuten jedoch auf ungünstige Haltungsbedingungen (unzureichende Nahrung) hin. In der vorliegenden Arbeit werden erstmals Lipidmessungen an Larvalstadien von *E. crystallophias* (Wildfänge) vorgestellt. Die Mischproben aus Calyptopis 1-3 und 2+3 haben wie bei *E. superba* geringe Lipidgehalte zwischen 10-12.5% TG. Bei den dritten Calyptopen steigen die Lipidgehalte auf 15% bzw. 22% TG, die Lipidgehalte der ersten Furcilien liegen bei 15% TG. Die vollständige Oxidation ihrer Lipide würde hungernden Calyptopen Energie für 9-18 Tage liefern (Abschätzung nach IKEDA & DIXON 1982 auf der Grundlage von *E. superba*-Respirationsdaten).

Ähnlich wie bei *E. superba* im Weddellmeer steigen auch bei *E. crystallophias* die Lipidgehalte der juvenilen Stadien schnell auf ca. 23% TG an. Die Lipidanreicherung setzt sich bei den adulten Tieren fort, die Lipidgehalte von durchschnittlich 35% TG aufweisen. Es gibt also eine positive Beziehung zwischen Lipidgehalt und Körpergewicht (Lipidgewicht und Körpergewicht sind eindeutig positiv korreliert). Phospholipide und Wachsester herrschen vor, im Gegensatz zu *E. superba* sind die Triglyceride - außer bei den Larven - unbedeutend.

Die Hauptlaichzeit von *E. crystallophias* ist im Südfrühling (Dezember), bevor *E. superba* ablaicht (z.B. HEMPEL *et al.* 1979; FEVOLDEN 1980), so daß die adulten Tiere nach dem Laichen während der Sommerphase ihre Lipidreserven auffüllen können. Diese saisonalen Einflüsse werden in Kap. 4.2.3 diskutiert. Insgesamt ergeben sich bezüglich der ontogenetischen Lipidakkumulation von *E. crystallophias* Übereinstimmungen mit *E. superba* im Weddellmeer (abgesehen von den unterschiedlichen Neutrallipidklassen).

Die Eier von *Thysanoessa macrura* sinken wie bei *E. superba* in größere Tiefen ab und die frühen Entwicklungsstadien durchlaufen - im Gegensatz zu *E. crystallophias* - den "developmental ascent" (MAKAROV 1979b). *Th. macrura* laicht schon ab September, im November ist die Hauptlaichzeit, also deutlich früher als bei *E. superba* und noch vor *E. crystallophias* (FEVOLDEN 1980; HEMPEL & HEMPEL 1982), wodurch eine etwaige Konkurrenz der Larven dieser Arten reduziert wird (MAKAROV 1979). Es gibt bisher keinerlei Laboruntersuchungen zur Ontogenie von *Th. macrura*. Die in dieser Arbeit analysierten ersten und zweiten Furcilien weisen einen geringen Lipidgehalt von 14% TG auf, der dem Wert der ersten Furcilien von *E. crystallophias* (15% TG) nahekommt.

Ähnlich wie bei *E. superba* und *E. crystallophias* steigen auch bei *Th. macrura* die Lipidgehalte der größeren Tiere im Weddellmeer steil an. Wie bei *E. crystallophias* dominieren Phospholipide und Wachsester. Zu dieser Jahreszeit (Spätsommer) scheint eine stadienabhängige Lipidanreicherung bei den untersuchten Euphausiaceen ein allgemeines Phänomen zu sein. Die saisonalen Einflüsse, die diese Lipidanreicherung überlagern, werden in Kap. 4.2.3 erörtert.

4.2.2 Speicherlipide

Im Gegensatz zu den Copepoden fällt bei den Euphausiaceen der hohe Phospholipidgehalt auf, der auch bei lipidreichen Individuen mehr als ein Drittel der Lipide ausmacht (s.a. GRANTHAM 1977; BOTTINO 1974, 1975; CLARKE 1984a, b). Während Phospholipide bisher hauptsächlich als Strukturelemente der Biomembranen angesehen wurden, postuliert ELLINGSEN (1982), daß die antarktische Euphausiaceen-Art *E. superba* und die arktischen Arten *Thysanoessa inermis* und *Th. raschi* neben Triglyceriden bzw. Wachsestern auch Phospholipide als Reservestoffe anreichern. Er stellt bei vier *E. superba*-Analysen eine lineare Zunahme der Triglyceride und der Phospholipide (dargestellt jeweils in Prozent des Trockengewichts) mit dem Lipidgehalt fest, wobei der Zuwachs bei den Triglyceriden größer ist als bei den Phospholipiden. Während die subarktische Art *Meganyctiphanes norvegica* eine positive Korrelation nur zwischen Triglyceriden und Lipidgehalt aufweist, findet ELLINGSEN (1982) bei den arktischen *Thysanoessa*-Arten eine positive Korrelation der Triglyceride, Wachsester und Phospholipide mit dem Lipidgehalt. Er folgert daraus, daß diese Lipidklassen Speicherfunktion haben und bezieht dabei auch die Phospholipide ein, da sie den für strukturelle Aufgaben nötigen Lipidanteil bei weitem überschreiten. Diesen für das Funktionieren der Biomembranen unverzichtbaren Anteil geben SAETHER *et al.* (1986) bei *Thysanoessa* und *E. superba* mit 3.5% TG an.

Die Hypothese von ELLINGSEN (1982), daß auch die Phospholipide bei den Euphausiaceen Speicherfunktion haben, wird in der vorliegenden Arbeit anhand von umfangreichen Analysen über einen weiten Lipidgehaltsbereich bestätigt. Neben *E. superba*, von der dies bereits berichtet wurde (ELLINGSEN & MOHR 1981), wird dieser Zusammenhang erstmals auch für die antarktischen Arten *E. crystallophias* und *Th. macrura* nachgewiesen. Während *E. superba* mit steigendem Lipidgehalt vor allem Triglyceride und in geringerem Maße Phospholipide akkumuliert, reichern *E. crystallophias* und *Th. macrura* hauptsächlich Wachsester und weniger stark Phospholipide an. In der vorliegenden Untersuchung konnte durch Trennung der einzelnen Phospholipide belegt werden, daß nur Phosphatidylcholin (Lecithin) in größeren Mengen gespeichert wird, während andere Phospholipidklassen wie Phosphatidylethanolamin als Reservestoff keine Bedeutung haben.

Der Grund, warum Euphausiaceen im Gegensatz zu anderen Planktonorganismen auch Phosphatidylcholin (PC) speichern, ist unklar. SAETHER *et al.* (1986) vermuten, daß die PC-Anreicherung mit der erforderlichen schnellen Mobilisierbarkeit dieser Lipide erklärt werden kann. Auch die physikalischen Anforderungen an die Lipide unter den tiefen antarktischen Temperaturen können mit der PC-Speicherung in Zusammenhang stehen. Von den Phospholipiden ist bekannt, daß sie in antarktischen Planktonorganismen einen höheren Anteil ungesättigter Fettsäuren enthalten (CLARKE 1983), die aufgrund ihrer erhöhten Fluidität die Funktionsfähigkeit der Biomembranen auch bei tiefen Temperaturen aufrechterhalten. Die Tatsache, daß keine PC-Anreicherung bei der subarktischen Art *M. norvegica* festgestellt wurde, unterstützt diese Hypothese. Andererseits existieren die übrigen antarktischen Planktontiere ohne eine Speicherung von Phospholipiden. Vielleicht kann Phosphatidylcholin auch besser in der näheren Umgebung der Muskeln und Organe der Euphausiaceen abgelagert werden und ist im Bedarfsfall für diese "Hochleistungstiere" (s. KILS 1979) sofort verfügbar, während

Triglyceride und Wachsester in konzentrierter Form an bestimmten Stellen des Körpers gespeichert werden. Die Frage, warum die antarktischen Euphausiaceen Phosphatidylcholin anreichern, kann nur durch zukünftige Untersuchungen geklärt werden.

Aus der linearen Abhängigkeit der Lipidklassen-Anreicherung vom Lipidgehalt läßt sich umgekehrt auch deren Abbau bei Hungerzuständen ableiten: Mit abnehmendem Lipidgehalt werden die verschiedenen Lipidklassen ihrer spezifischen Rate entsprechend reduziert, die Triglyceride bzw. Wachsester in größeren Mengen als die Phospholipide. Die für andere Planktonorganismen aufgestellte Hypothese, daß selektiv bestimmte Lipidklassen zuerst bei Nahrungsmangel abgebaut werden, läßt sich also für die Euphausiaceen nicht belegen (SAETHER *et al.* 1986).

Die lineare Anreicherung der Speicherlipide ergibt sich bei den Euphausiaceen unabhängig vom Geschlecht der Tiere, der Saison oder der geographischen Herkunft der Proben und ist anscheinend allein abhängig vom Gesamtlipidgehalt. SAETHER *et al.* (1985) belegen diese lineare Korrelation auch für verschiedene Körperfraktionen von *E. superba*. Diesem Phänomen scheint also ein prinzipieller Anreicherungsmechanismus zu Grunde zu liegen. Die Unabhängigkeit der Lipidklassen-Anreicherung von anderen Einflüssen als dem Gesamtlipidgehalt eröffnet die Möglichkeit, aus dem Lipidgehalt der Organismen den Anteil der einzelnen Lipidklassen zu bestimmen. Dabei dienen die für die drei antarktischen Euphausiaceen-Arten bekannten "Anreicherungsgeraden" der einzelnen Lipidklassen als Eichgeraden. Die spezifischen Anreicherungsraten (Geradensteigung, Achsenschnittpunkt) sind bei den drei hier untersuchten Euphausiaceen-Arten sowohl für die Triglyceride und Wachsester einerseits, als auch für Phosphatidylcholin andererseits sehr ähnlich.

4.2.3 Saisonalität

Bisher existieren langfristige saisonale Lipiduntersuchungen an antarktischen Euphausiaceen nur von *Euphausia crystallorophias* (LITTLEPAGE 1964). Zwar wurden eine Vielzahl von Lipidanalysen an *Euphausia superba* durchgeführt (s. Zusammenfassung von MAUCLINE & FISHER 1969; ELLINGSEN 1982; CLARKE 1980, 1984a, b), es fehlen jedoch Daten aus der Wintersaison, so daß noch viele Fragen zur Lipidanreicherung von *E. superba* offen sind. In Abb. 4.2 sind die derzeit verfügbaren Gesamtlipiddaten von *E. superba*, soweit sie sich zeitlich zuordnen ließen, zusammengefaßt und verdeutlichen die saisonale Entwicklung des Lipidgehalts vom Frühling zum Herbst. Die Interpretation dieser Daten wird erschwert durch die Heterogenität der Proben (geographische Herkunft, Größenklassen, Geschlecht, Methodik). Trotz der großen Variabilität der Ergebnisse läßt sich eine Tendenz in der Entwicklung des Lipidgehalts ablesen mit einem Minimum im Frühling und einem Maximum im Herbst (s.a. IKEDA & DIXON 1982; CLARKE 1984b). Die Lipidgehalte von *E. superba* erreichen jedoch nicht die Maximalwerte, wie sie von den anderen antarktischen Euphausiaceen *E. crystallorophias* und *Th. macrura* bekannt sind. Diese weniger stark ausgeprägte Tendenz zur Reservenbildung sowie die Tatsache, daß *E. superba* Triglyceride speichert - anstelle von Wachsestern wie *E. crystallorophias* und *Th. macrura*, werden von einigen Autoren (SARGENT 1976; SARGENT *et al.* 1981; CLARKE 1980, 1984b) als Indiz dafür gewertet, daß *E. superba* auch im Winter Zugang zu Nahrungsquellen hat.

Nach SARGENT & HENDERSON (1986) kann die Hypothese von LEE & HIROTA (1973), daß die Wachsester-Anreicherung bei Copepoden mit stark saisonaler Nahrungszufuhr verbunden ist, angesichts neuerer Forschungsergebnisse auch auf die Euphausiaceen ausgedehnt werden. SARGENT *et al.* (1981) postulieren daher, daß die Wachsester speichernden Arten *E. crystallorophias* (Antarktis) und *Th. inermis* (Arktis) vorwiegend herbivor sind und nur im Herbst kleineres Zooplankton und in geringem Maße Detritus fressen, während *Euphausia superba* und *Meganyctiphanes norvegica*

andere ökologische Nischen besetzen. Aufgrund des Wachsester-Mangels vermuten SARGENT *et al.* (1981), daß diese Triglyceride speichernden Arten auch im Winter fressen (s.a. CLARKE 1980, 1984b). Ihr Fettsäurespektrum deutet darauf hin, daß *M. norvegica* sich hauptsächlich von Copepoden ernährt, *E. superba* dagegen vorwiegend Phytoplankton frißt. Die vorwiegend carnivore Lebensweise von *M. norvegica* ist durch Nahrungsuntersuchungen belegt (z.B. MAUCHLINE & FISHER 1969; KLAGES 1983). Auch für die phytophage Ernährung des Krill im Winter gibt es inzwischen Belege.

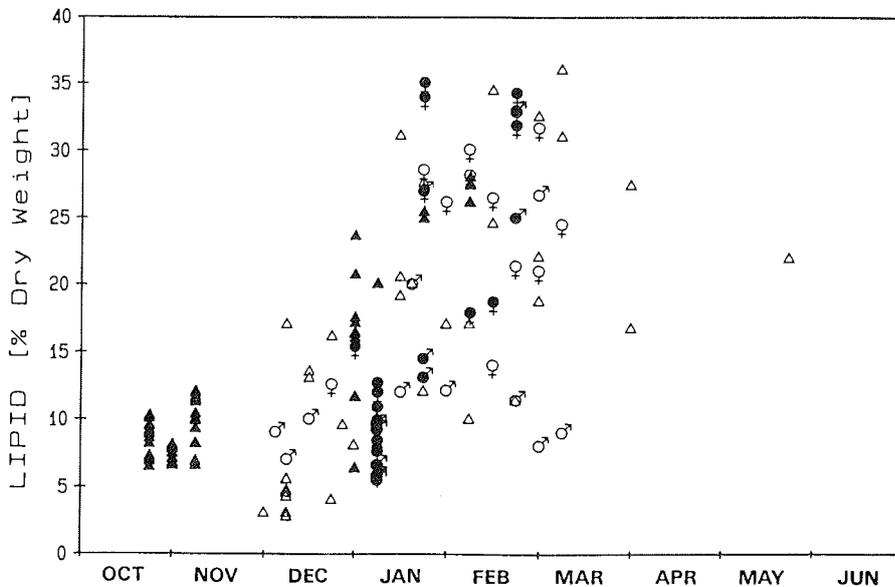


Abb. 4.2. Saisonale Veränderungen des Gesamtlipidgehalts von *Euphausia superba* (Frühling-Herbst): nach Literaturdaten von *KRYUCHKOVA & MAKAROV (1969), *MAUCHLINE & FISHER (1969), PIERCE *et al.* (1969), SIDHU *et al.* (1970), RAYMONT *et al.* (1971), FERGUSON & RAYMONT (1974), YANASE (1974), MORI & YASUDA (1976, in ELLINGSEN 1982), WATANABE *et al.* (1976), IWAYA *et al.* (1977, in ELLINGSEN 1982), ROSCHKE (1978), *CLARKE (1980), ELLINGSEN (1982), *FRICKE *et al.* (1984); * umgerechnet in Prozent Trockengewicht unter der Annahme von 80% Wassergehalt (CLARKE 1984b); eingeteilt nach Wochenintervallen; Δ \circ σ Literaturdaten (Subadulte und Mischproben, Weibchen, Männchen); \blacktriangle \bullet \bullet Autor (Subadulte ohne Larven und Mischproben, Weibchen, Männchen)

KAWAGUCHI *et al.* (1986) fingen juvenilen Krill im Winter in einer Lichtfalle, die auf dem Boden (40 m Tiefe) der Lützw-Holm-Bucht (69°S) aufgestellt war. Sie stellten von Mai bis August eine reduzierte Stoffwechselrate des Krills fest, der sich in dieser Zeit anscheinend von Detritus ernährte (lange Verweildauer der Nahrung im Darm). Ab August, wenn die Lichtintensität wieder zunimmt, erhöht sich seine Stoffwechselrate, obwohl die Nahrungsbedingungen weiterhin ungünstig sind. Der Krill zeigt positive Phototaxis. Mit der Lichtzunahme beginnt das Wachstum der Eisalgen (s.a. HOLM-HANSEN & HUNTLEY 1984) und ab Oktober ist die Mitteldarmdrüse des Krills nach KAWAGUCHI *et al.* (1986) nicht mehr bräunlich (Detritus), sondern grün gefärbt. KAWAGUCHI *et al.* (1986) vermuten anhand von Kohlenstoff- und Stick-

stoffmessungen, daß der Krill im Herbst Lipide und Proteine gleichmäßig abbaut, während er im Spätwinter vor allem von seinen Lipidreserven zehrt. Diese Überwinterungsstrategie mit detritivorer Ernährung läßt sich nur bedingt auf den ozeanischen Bereich übertragen. Hier gibt es Beobachtungen von Tauchern aus dem nördlichen Weddellmeer, daß sich juveniler Krill während des ganzen Jahres in den Eisspalten des Packeises aufhält und den Algenrasen an der Unterseite des Eises abweidet (KOTTMEIER & SULLIVAN in press). Dieses Phänomen wurde während der *Polarstern*-Winterexpedition 1986 auch von adultem Krill beobachtet und von MARSCHALL (1987) mit einer Unterwasserkamera gefilmt. Er demonstrierte experimentell die hohe Effizienz, mit der diese Tiere ihre Filterkörbe zum Abschaben der Algen vom Eis benutzen. Wenn der Krill also auch im Winter genügend Nahrung findet, stellt sich die Frage, wozu er im Spätsommer Lipidreserven anlegt.

Dieser erhöhte Lipidgehalt könnte zur Verminderung der Sinkgeschwindigkeit des relativ schweren Krills beitragen (KILS 1979). Andererseits könnte der Krill Eisschollen im Höhlensystem des Packeises auch als Unterlage benutzen, so daß sich das Problem des Absinkens nicht mehr stellt.

Inwieweit die Entwicklung der Gonaden die Lipidreserven beeinflusst, ist schwer abzuschätzen. Die Laichzeit von *E. superba* kann sich von Mitte November bis in den April erstrecken, der Höhepunkt der Laichaktivitäten liegt im Januar/Februar (z.B. FRASER 1936; MAUCLINE & FISHER 1969; SIEGEL 1986). MAKAROV (1979a) und ROSS & QUETIN (1986) postulieren, daß der Krill mehrfach im Frühling und Sommer ablaicht (s.a. HARRINGTON & IKEDA 1986). SIEGEL (1986) stellt fest, daß von März/April bis Oktober/November keine Veränderung in der Verteilung der Reifestadien zu beobachten ist. Die von BARGMANN (1945) untersuchten Krilleier erreichen im August meßbare Größen (<0.1 mm), die Eier vergrößern sich jedoch erst im November deutlich (0.15 mm). BARGMANN (1945) schätzt die Dauer der Eireifung auf vier Monate. Dies läßt vermuten, daß die Gonadenbildung hauptsächlich während der Zeit der Phytoplanktonblüte stattfindet und die Lipidreserven im Winter nicht zu Reproduktionszwecken verbraucht werden. ROSS & QUETIN (1986) berechnen die für die Ovarienentwicklung erforderlichen Energiemengen und stellen fest, daß die normalerweise vorhandenen Phytoplanktondichten in den ozeanischen Zonen der Antarktis hierfür nicht ausreichen (s.a. HOLM-HANSEN & HUNTLEY 1984; HEMPEL 1985c). Sie folgern daraus, daß der Krill sich nur fortpflanzt, wenn er in hochproduktiven Küstengebieten lebt oder von den Eisalgenblüten des Packeises profitieren kann, bevor die sommerliche Phytoplanktonentwicklung einsetzt. Sie ziehen Lipidreserven nicht in Erwägung und halten den Reproduktionserfolg des Krills für stark nahrungsabhängig.

Nach IKEDA & DIXON (1982) übersteht *E. superba* längere Hungerzeiten (211 Tage), indem die Tiere ihren Stoffwechsel reduzieren und durch Proteinabbau ihr Körpergewicht vermindern. Die Lipidreserven von *E. superba* sollen nach den Berechnungen von IKEDA & DIXON (1982) bei nicht reduziertem Stoffwechsel nur für ungefähr 85 Tage reichen. Im Vergleich zu Wildfängen stellten sie keine Veränderung der chemischen Zusammensetzung (Kohlenstoff-, Stickstoff-, Phosphorgehalt) bei den Hungertieren fest und folgern daraus, daß Lipide während der Hungerphase nicht reduziert werden, obwohl diese Ergebnisse eher für einen gleichmäßigen Abbau aller organischen Komponenten sprechen. Die von IKEDA & DIXON (1982) postulierte Strategie ist für Planktonorganismen aus Polargebieten sehr ungewöhnlich.

Wie wir jetzt wissen, ist *E. superba* jedoch nicht gezwungen, permanent zu hungern, und die über den Winter reduzierten Lipidgehalte (s. Abb 4.2) lassen vermuten, daß die Lipidspeicher des Krills als Puffer für nahrungsarme Zeiten dienen können. Bisher geht man davon aus, daß das Wachstum von *E. superba* - mit Ausnahme vielleicht der späten Larvenstadien und Juvenilen (CHEKUNOVA & RYNKOVA 1974; SIEGEL 1986) - im Winter zumindest stark verlangsamt ist (z.B. BARGMANN 1945; EVERSON

1977; STEPNIK 1982; ROSENBERG *et al.* 1986). Daraus ließe sich ableiten, daß die Wintersaison trotz des Vorhandenseins von Eisalgen eine im Vergleich zur Sommersaison schlechtere Ernährungssituation darstellt. Dies mag mit der Fleckenhaftigkeit der Algenverteilung zusammenhängen, auch ist das Algenangebot im Hochwinter möglicherweise schlechter als im Frühjahr. Über die Nahrungsqualität der Eisalgen ist bisher wenig bekannt. Untersuchungen zur Enzymaktivität von *E. superba* (MUMM 1987) deuten nicht darauf hin, daß der Krill im Winter seinen Stoffwechsel stark reduziert und ein Ruhestadium - ähnlich der Diapause bei Copepoden (HIRCHE 1983) - einnimmt.

Zu diskutieren ist jedoch, ob die bisherigen Krill-Untersuchungen zu verfälschten Vorstellungen über das saisonale Verbreitungsmuster von *E. superba* geführt haben. Die lipidarmen Individuen, die wir im Oktober/November 1983 weit entfernt vom Eis in der Bransfieldstraße gefangen haben, waren möglicherweise verdriftet worden und hatten ihre Reserven im nahrungsarmen Wasser vor Beginn der Phytoplanktonblüte (VON BODUNGEN 1986) weitgehend aufgezehrt. Dagegen besitzt der "kryopelagische Krill" im Packeis aufgrund der besseren Nahrungssituation vielleicht mehr Lipide. Ob die Überwinterung also mit einer deutlichen Abnahme der Lipidreserven verbunden ist oder der Krill im Eis aufgrund der Nahrungsressourcen seine Speicherlipide nicht verbraucht, müssen endgültig die noch nicht bearbeiteten Krillproben der letzten Winterexpedition zeigen. Eine Verlangsamung des Krillwachstums im Winter ist bisher nicht durch überzeugende Daten belegt worden (CLARKE & MORRIS 1983). Erweist sich diese Hypothese als richtig, so ergäbe sich daraus, daß die Eisalgen und die Lipidreserven den Stoffwechsel dieser Tiere zwar aufrechterhalten, überschüssige Energien zur Bildung neuer Biomasse jedoch nicht vorhanden sind.

SIEGEL (1986) charakterisiert das Verbreitungsmuster des Krills im Oktober/November 1983 als Winterzustand. Zu dieser Zeit war in den Fängen sehr wenig zumeist juveniler und subadulter Krill vorhanden (s.a. NAST 1986). Chilenische, englische und deutsche Expeditionen fanden im Winter bei Südgeorgien und an der Antarktischen Halbinsel ebenfalls wenig oder keinen Krill (GUZMAN 1983; HEYWOOD *et al.* 1985; SIEGEL 1987; s.a. STEPNIK 1982), während der Krill im Sommer am weitesten verbreitet ist (z.B. SIEGEL 1986).

Basierend auf den Befunden von SIEGEL (1986), den Beobachtungen unter dem Eis während der Winterexpeditionen (KOTTMEIER & SULLIVAN *in press*; MARSCHALL 1987) und den vorliegenden Lipiddaten, läßt sich die saisonale Lipidanreicherung verbunden mit dem Verbreitungsmuster des Krills hypothetisch folgendermaßen zusammenfassen: Nach dem sommerlichen Ablachen der adulten Individuen (Schwarmbildung) im eisfreien ozeanischen Wasser (MAKAROV 1979a; QUETIN & ROSS 1984; SIEGEL 1985a, b) ergänzen die Tiere ihre Lipidreserven durch Phytoplanktonnahrung und ziehen sich im Herbst unter das vordringende Eis zurück. In den Höhlen- und Spaltensystemen des Packeises findet der Krill im Winter Eisalgen als Nahrung und Schutz vor Feinden (ANDRIASHEV 1968; GUZMAN 1983; KOTTMEIER & SULLIVAN *in press*; MARSCHALL 1987). Während die adulten Tiere also nach dem Ablachen nach Süden wandern, werden die Larvenstadien nach ihrem Aufstieg aus größeren Tiefen in den ozeanischen Gebieten verdriftet. Dies bewirkt eine räumliche Trennung der Krillstadien: die zu Furcilien heranwachsenden Larven verbleiben in der Nähe der Packeisgrenze, während sich die aktiv wandernden Adulten in südlicheren Gebieten tiefer im Eis aufhalten (SIEGEL 1986). Diese Trennung der Stadien ist auch durch Beobachtungen von Walfängern belegt: Sie fanden in den Mägen von Blauwalen, die früh in der Saison an der Packeisgrenze fressen, regelmäßig kleinen Krill, während die später in der Antarktis erscheinenden Finnwale die Mägen mit adultem Krill gefüllt hatten (MARR 1962). Konkurrenz zwischen den Stadien und Kannibalismus an Jugendstadien wird durch diese Trennung vermieden (SIEGEL 1986). Nur die spätlarvalen und juvenilen Stadien wachsen während des Winters kräftig weiter (SIEGEL

1986). Dies erklärt sich vielleicht aus der hohen Produktivität des Packeisgürtels. Diese jüngeren Stadien profitieren auch als erste von der intensiven Phytoplanktonblüte, die sich im Frühjahr im Gebiet der Packeisgrenze entwickelt (SMITH & NELSON 1985, 1986).

Ob Individuen, die im Herbst die Wanderung ins Packeis nicht schaffen und verdriftet werden, eine Chance haben, den Winter zu überleben, ist fraglich. Nach IKEDA & DIXON (1982) können sie jedoch auch sieben Monate ohne Nahrung überdauern. Mit Beginn des Frühlings, wenn das Packeis sich zurückzieht, setzt wiederum eine Laichwanderung des adulten Krills nach Norden ins freie Wasser ein, wo sie die Phytoplanktonblüte nutzen, um ihre im Winter reduzierten Lipidreserven zu ergänzen und ihre Gonaden zu entwickeln. Im Sommer nach der Paarung laichen sie dann in küstenfernen Gebieten ab.

Von der hochantarktischen Art *E. crystallophias* ist die saisonale Entwicklung des Lipidgehalts weitgehend bekannt (LITTLEPAGE 1964). Diese von Ende Mai bis Ende Januar durchgeführten Untersuchungen zeigen eine kontinuierliche Abnahme des Lipidgehalts von 35% TG im Mai auf unter 10% TG im November. Danach steigt der Lipidgehalt langsam wieder auf 23% TG Ende Januar an. Hier endet die Untersuchung von LITTLEPAGE (1964). Eigene Daten vom Februar aus dem Weddellmeer deuten - bei allem Vorbehalt bezüglich der Vergleichbarkeit dieser Daten - einen weiteren Anstieg der Lipide auf durchschnittlich 35% TG am Ende des Sommers an und erreichen damit wieder die von LITTLEPAGE im Mai festgestellten Werte (Abb. 4.3). Diese Wachsester speichernde Art akkumuliert also im Frühling/Sommer große Lipidmengen, von denen die Tiere während des langen hochantarktischen Winters zehren.

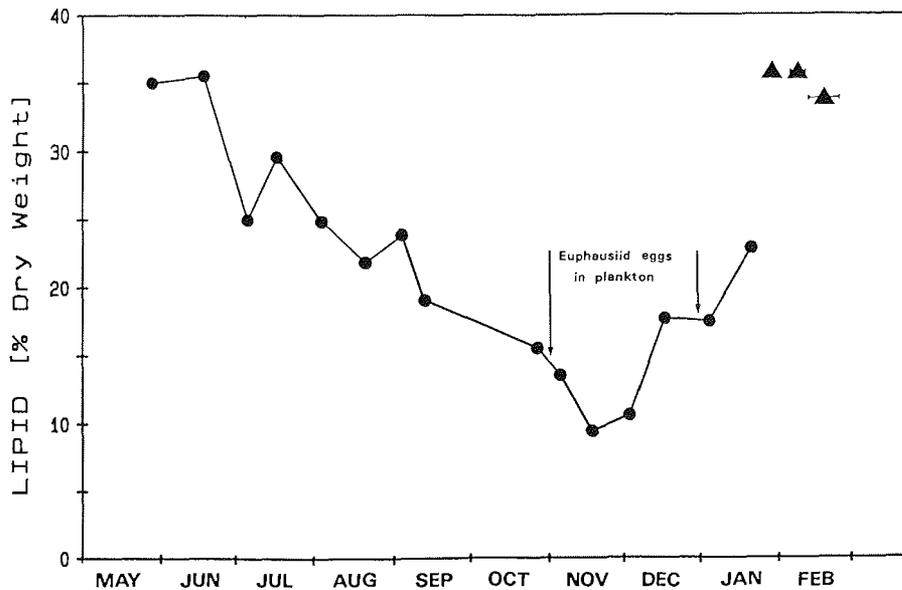


Abb. 4.3. Saisonale Veränderungen des Gesamtlipidgehalts von adulten *Euphausia crystallophias*: ● Daten von LITTLEPAGE (1964) aus dem Rossmeer, ▲ Durchschnittsdaten des Autors aus dem Weddellmeer; verändert nach LITTLEPAGE (1964)

HOPKINS (1987) stellt bei Nahrungsuntersuchungen im Februar im Rossmeer fest, daß *E. crystallorophias* neben Phytoplankton auch kleineres Zooplankton frißt. Das Nahrungsspektrum verschiebt sich zum Zooplankton in Abhängigkeit von der Größe der Tiere. Nahrungsanalysen aus dem Februar in der relativ flachen Admiralty-Bay (Süd-Shetland-Inseln) ergeben neben planktischen Algen einen beträchtlichen Anteil benthischer Algen in den Mägen von *E. crystallorophias* (KITTEL & LIGOWSKI 1980). Ob *E. crystallorophias* wie *E. superba* im Winter Zugang zu anderen Nahrungsquellen (Detritus, Zooplankton) hat, ist bisher unbekannt. Da die Art Wachsester speichert, wird angenommen, daß sie den Winter über nicht frißt. Während der letzten *Polarstern*-Reise im Oktober/November wurde *E. crystallorophias* in größeren Mengen im freien Wasser gefangen. Es wurden viele Weibchen gesammelt, die kurz vor dem Ablai-chen standen (blaue Ovarienfärbung). Die Tiere hatten Ende Oktober gefüllte Kau-mägen und grünliche Mitteldarmdrüsen. In den Eisspalten hielt sich diese Art nicht auf.

Da *E. crystallorophias* im Frühling (November/Dezember) ablaicht (HEMPEL *et al.* 1979; HEMPEL 1983; HARRINGTON & THOMAS 1987) und die Lipide dann ihr Minimum erreichen, ist anzunehmen, daß ein Teil der gespeicherten Lipidenergien für die Gonadenentwicklung verbraucht wird (CLARKE 1985). LITTLEPAGE (1964) ver-mutet dagegen, daß *E. crystallorophias* ihre Lipidreserven nur zur Aufrechterhaltung des Stoffwechsels benutzt und nicht zur Reproduktion, da er keine Erhöhung des Lipidgehalts vor der Eiablage feststellt. Er nimmt an, daß die Eier von *E. crystalloro-phias* aufgrund der im Frühling geringen Vorräte der Adulten kaum Lipide aufweisen, hält dies aber nicht für einen Nachteil, da die Larven sofort das im Frühling reichlich vorhandene Phytoplankton nutzen können. HARRINGTON & THOMAS (1987) ver-muten dagegen, daß das Ablai-chen von *E. crystallorophias* mit größeren Lipidverlusten verbunden sein kann - ähnlich den 54%, die CLARKE (1980) bei *E. superba* feststellt. Sie leiten dies aus der Beobachtung ab, daß die Eier der neritischen Art *E. crystalloro-phias* im Wasser schweben, während die Eier von *E. superba* absinken. HARRINGTON & THOMAS (1987) führen diese geringe Dichte auf einen hohen Wachsestergehalt der Eier zurück. Es liegen jedoch keine Lipiddaten hierzu vor. HARRINGTON & THO-MAS (1987) diskutieren den energetischen Vorteil, daß die Nauplien und Metanauplien von *E. crystallorophias* im Gegensatz zu *E. superba* nicht den energieaufwendigen Aufstieg aus größeren Tiefen zur Oberfläche schaffen müssen. Dies stützt jedoch die Hypothese von LITTLEPAGE (1964), daß die Eier von *E. crystallorophias* nicht sehr lipidreich sind. Im Vergleich zu *E. superba*, die mehrfach Hunderte bis Tausende von Eiern ablaicht (BARGMANN 1945; MAUCHLINE & FISHER 1969; EVERSON 1977; SIEGEL 1986; ROSS & QUETIN 1986), scheint *E. crystallorophias* nur wenige Hundert Eier in einem kurzen Zeitraum abzulegen (Laboruntersuchungen, HARRINGTON & THOMAS 1987), ihr Laichaufwand wäre demnach insgesamt deutlich geringer.

Von *Th. macrura* sind bisher nur wenige Lipiddaten bekannt, so daß Aussagen zur saisonalen Entwicklung des Lipidgehaltes dieser Art bisher kaum möglich waren. CLARKE (1984a) bestimmt hohe Lipidgehalte bei *Thysanoessa*-Individuen von Ende Januar, Südgeorgien (14-15% Feuchtgewicht). Tiere von Anfang März aus der südli-chen Scotia See haben nach CLARKE (1984a) einen Lipidgehalt von 3-5% FG (ca. 15-25% TG). REINHARDT & VAN VLEET (1986) geben den Lipidgehalt einer Probe aus der Bransfieldstraße mit 4% des Feuchtgewichts an sowie mit 60% des Trockengewichts (ein sehr ungewöhnliches Verhältnis zwischen Feucht- und Trockengewicht, normaler-weise geht man von 80% Wassergehalt aus, d.h. ein Verhältnis der Lipidgehalte %FG : %TG = 1:5).

Die eigenen Daten für *Th. macrura* decken den Zeitraum von Oktober bis Februar ab und zeigen einen deutlichen saisonalen Trend während des Frühlings/Sommers, es sollte jedoch bedacht werden, daß die Proben nicht alle aus dem gleichen Gebiet stammen: Ende Oktober/Anfang November haben die untersuchten Individuen (11-20 mm) aus

dem Gebiet der Antarktischen Halbinsel einen Lipidgehalt von durchschnittlich 10% TG, Mitte Januar erhöht sich der Wert im gleichen Gebiet auf 30% TG (Länge der Tiere 15-24 mm). Bei Tieren (11-27 mm Länge) aus dem südlichen Weddellmeer von Ende Januar/Anfang Februar wird ein Lipidgehalt von durchschnittlich 37% TG bestimmt. Während sich die heterogenen Daten der anderen Autoren schwer interpretieren lassen, ähneln die Lipidgehalte in der vorliegenden Arbeit den von LITTLEPAGE (1964) für *E. crystallophias* gefundenen Werten. *Th. macrura* bleibt kleiner als *E. crystallophias*, ist nicht neritisch und hat ihren Verbreitungsschwerpunkt mehr in subantarktischen Regionen. Außerdem schlüpfen die Larven von *Th. macrura* wie bei *E. superba* in großen Tiefen, während *E. crystallophias*-Larven im Oberflächenwasser schlüpfen (MAKAROV 1979b; HARRINGTON & THOMAS 1987). *Th. macrura* ist wie *E. crystallophias* omnivor (MAYZAUD *et al.* 1985; HOPKINS 1985, 1987) und speichert Wachsester und Phosphatidylcholin. Sie laicht noch vor *E. crystallophias* im September - November ab (MAKAROV 1979b). Wachsesterspeicherung deutet auf eine längere Hungerphase hin und die obigen Daten machen eine Lipidakkumulation als Energiereserve für die Winterphase wahrscheinlich. Es ist daher anzunehmen, daß *Th. macrura* wie *E. crystallophias* während des Winters von ihren Lipidreserven (Wachsester, Phospholipid) zehrt und diese Energiespeicher vor Beginn der Phytoplanktonblüte die Gonadenbildung ermöglichen. Unter dem Eis wurde *Th. macrura* ebensowenig wie *E. crystallophias* beobachtet. Ob diese beiden Arten Zugang zu anderen Nahrungsquellen (Detritus, Zooplankton) haben, ist fraglich. Möglicherweise geben die Winterproben hierüber Auskunft.

Die Lipidverwendung der Euphausiaceen-Arten *Thysanoessa inermis* und *Th. raschi* aus dem subarktischen Balsfjorden ist saisonal sehr gut untersucht (HOPKINS *et al.* 1984b, 1985). *Th. raschi* ist lipidärmer, speichert vor allem Triglyceride und frißt im Winter anstelle von Phytoplankton anscheinend Zooplankton oder Detritus. Dagegen lebt die lipid- und wachsesterreiche *Th. inermis* im Winter ausschließlich von ihren Energiereserven, die auch das Gonadenwachstum vor der Phytoplanktonentwicklung ermöglichen. Die arktische Art *Th. inermis* entspricht damit dem Schema der Lipidausnutzung, wie es hier für die antarktische Art *Th. macrura* postuliert wird.

Zusammenfassung und Schlußfolgerungen: Ähnlich wie die frühen Entwicklungsstadien der Copepoden zehren die *Euphausia*-Arten - und vermutlich auch *Thysanoessa* - ihre Dottervorräte bis zum ersten Calytopis-Stadium weitgehend auf. In diesem kritischen ersten Freßstadium müssen die Tiere innerhalb kurzer Zeit auf günstige Nahrungsbedingungen treffen, akkumulieren dann aber erhebliche Lipidmengen. Neben der ontogenetischen Lipidanreicherung ist eine saisonale Erhöhung des Lipidgehalts festzustellen. Während jedoch *E. crystallophias* und *Th. macrura* Phospholipide und Wachsester zur Überwinterung und Produktion der Nachkommenschaft speichern, übersteht der Krill den antarktischen Winter erfolgreich, indem er neben der Nutzung seiner Lipidvorräte (Triglycerid, Phosphatidylcholin) von den Eisalgen im Kryopelagial lebt.

4.3 Amphipoden

Von dieser artenreichen Gruppe wurden sieben Gammariden- und sechs Hyperiidarten untersucht. Von *Eusirus propeperdentatus*, *Cyphocaris richardi* (Gammaridae) und *Vibilia propinqua*, *Cylopus lucasii*, *Themisto gaudichaudii* (Hyperiidae) liegen Vergleichswerte aus der Subantarktis vor (CLARKE 1984a; REINHARDT & VAN VLEET 1986), die in der Tendenz mit den vorliegenden Ergebnissen übereinstimmen. Aufgrund der großen Variabilität der Lipiddaten wird jedoch auf einen detaillierten Vergleich mit den Literaturdaten verzichtet, da sich daraus keine neuen Erkenntnisse ergeben. Erstmals untersucht wurden die Gammariden-Arten *Eusirus microps*, *Orchomene (plebs, rossi)*, *Uristes gigas*, *Tryphosella cf. longitelson*, *Epimeriella macronyx* und die Hype-

riiden-Arten *Hyperiella macrocephala*, *Hyperiella (dilatata, macronyx)*, *Primno macro-pa*.

Mit Ausnahme von *E. microps* und *U. gigas* (Lipidgehalt <20% TG) sind die hier untersuchten Gammariden reich an Lipiden. Von den Hyperiidien weisen besonders *P. macropa* (34% TG) und *C. lucasii* (24% TG) höhere Lipidgehalte auf. Nach CLARKE (1984a) gilt dies auch für *V. propinqua* und *Th. gaudichaudii*. Amphipoden sind ein wichtiger Nahrungsbestandteil der antarktischen Fische (SCHWARZBACH 1987) und stellen aufgrund ihres Lipidreichtums ein hochwertiges Futter dar. Die Lipide der Amphipoden bestehen vor allem aus Triglyceriden, Wachsester werden meist in geringeren Mengen gespeichert. Nur *P. macropa* bevorzugt Wachsester (60%) als Speicherlipid, die Triglyceride (26%) machen jedoch auch bei dieser Art einen beträchtlichen Anteil aus.

Die Gammariden halten sich mit zunehmendem Alter in größeren Tiefen auf und haben zum Teil eine benthische Lebensweise (*Orchomene*). Andererseits berichtet ANDRIASHEV (1968) von sehr fettreichen Gammariden der Gattung *Orchomenopsis*, die in riesigen Mengen im Packeis des Rossmeeres beobachtet und gefangen wurden und sich von Eisalgen ernähren. Einige Arten wie *E. propeperdentatus* machen ausgedehnte Vertikalwanderungen (ANDRES 1979), andere werden nur hin und wieder im Pelagial angetroffen. In der Regel sind Amphipoden Räuber, z.T. auch Aasfresser. HOPKINS (1985, 1987) stuft sie als Opportunisten mit einem sehr breiten Nahrungsspektrum ein. Die Hyperiidien haben eine rein pelagische Lebensweise und parasitieren häufig an gelatinösem Plankton wie Salpen und Medusen (HOPKINS 1985, 1987; REINHARDT & VAN VLEET 1986). Die omnivore bzw. carnivore Ernährungsweise steht im Gegensatz zu den großen Lipidspeichern vieler Amphipoden, denn die Tiere können das ganze Jahr hindurch fressen und sind nicht vom Phytoplankton abhängig. Andererseits halten sie sich - mit Ausnahme z.B. von *Th. gaudichaudii* - häufig in größeren Tiefen auf. Eventuell ist im Meso- und Bathypelagial keine regelmäßige Nahrungsversorgung gewährleistet (LEE *et al.* 1971a), so daß die Amphipoden auf Energiereserven zum Überdauern von Hungerperioden angewiesen sind (CLARKE & HOLMES 1986). Die zwischen 700-1900 m Tiefe gefangene Art *C. richardi* war z.B. mit 55% TG sehr lipidreich. Über 90% ihrer Lipide waren als Triglyceride gespeichert. Die benthische Art *O. plebs* kann Hungerperioden von mindestens einem Monat überstehen (RAKUSA-SUSZCZEWSKI 1982). Diese Art frißt intensiv, wenn viel Nahrung vorhanden ist (kurze Verweildauer der Nahrung im Darm), in Hungerzeiten kann die Nahrung jedoch länger als eine Woche im Darm verbleiben und damit wahrscheinlich effizienter genutzt werden. Der Lipidgehalt spiegelt den Ernährungszustand der Amphipoden wider und die starke Variabilität der Lipiddaten erklärt sich möglicherweise aus ihrer unterschiedlichen, nicht kontinuierlichen Nahrungsversorgung. Außerdem kann der Lipidgehalt durch die Gonadenentwicklung und die Eiablage beeinflusst werden. Die Lipiddaten der *Cylopus lucasii*-Weibchen waren jedoch sehr heterogen und gaben keine Hinweise auf eine von Reproduktionsprozessen abhängige Lipidakkumulation. Auch eine ontogenetische oder saisonale Lipidanreicherung läßt sich anhand der Daten nicht belegen. Vermutlich dienen die Lipide auch als Auftriebskörper. Wir wissen leider noch zu wenig über die Biologie und die Lebensgeschichte vieler antarktischer Amphipoden, um ihre Lipiddaten im einzelnen befriedigend interpretieren zu können.

4.4 Mysidaceen, Decapoden

Als einzige Mysidaceen-Art wurde hier *Antarctomysis ohlini* untersucht. Ende Oktober an der Antarktischen Halbinsel liegen die Lipidgehalte von *A. ohlini* (aus 900-1700 m Tiefe) zwischen 17-21% TG. Es werden hauptsächlich Triglyceride und in geringerem Maße Wachsester gespeichert. Die Ergebnisse stimmen gut mit den von REINHARDT

& VAN VLEET (1986) im März/April an der Antarktischen Halbinsel gefundenen Werten überein. Im südlichen Weddellmeer wurden im Februar (0-850 m Tiefe) erheblich schwerere und größere Individuen dieser Art gefangen. Ihre Lipidgehalte variieren zwischen 19-57% TG, besonders die Weibchen mit großer Bruttasche weisen hohe Lipidgehalte (34-57% TG) auf. CLARKE (1983) bestimmt den Lipidgehalt von reifen *Antarctomysis*-Weibchen aus dem Rossmeer mit 4.5-6.6% FG (ca. 23-33% TG). Bei den Tieren aus dem Weddellmeer vergrößert sich mit zunehmender Körpergröße und steigendem Lipidgehalt der Anteil der Wachsester auf Kosten der Triglyceride, so daß bei den großen Weibchen beide Lipidklassen im Verhältnis 1:1 vorhanden sind. Dagegen bestehen die Lipide von nordatlantischen und nordpazifischen mesopelagischen Mysidaceen (*Eucopia*, *Gnathophausia*) zum überwiegenden Teil aus Wachsestern (MAUCHLINE 1980). Nach MORRIS & SARGENT (1973) werden diese Wachsester nicht unbedingt mit der Nahrung aufgenommen, sondern können auch von den Tieren selbst synthetisiert werden.

Die Lipidanreicherung von *A. ohlini* wird bei den Weibchen anscheinend stark durch den Reifungsprozeß beeinflusst. Eine saisonale Tendenz ist aufgrund der wenigen Daten nicht zu belegen. Es gibt bisher kaum Nachweise für eine jahreszeitliche Lipidanreicherung bei Mysidaceen (MAUCHLINE 1980), mit Ausnahme von BAMSTEDT (1978), der bei *Boreomysis arctica* vor Norwegen saisonale Schwankungen im Lipidgehalt der Juvenilen, Männchen und Weibchen feststellt. Er führt dies vor allem auf jahreszeitliche Schwankungen im Nahrungsangebot zurück und weniger auf die Gonadenentwicklung und Eiablage, da er kaum Unterschiede in der chemischen Zusammensetzung der Tiere mit und ohne Bruttasche findet. Nach HOPKINS (1985, 1987) ist *Antarctomysis omnivor*, im Rossmeer ähnelt ihre Nahrung der des benthischen Amphipoden *Orchomene*.

Die larvalen und juvenilen Individuen der einzigen untersuchten Decapoden-Art *Acantheephyra pelagica* aus dem Weddellmeer (15-35 mm Länge) weisen im Sommer Lipidgehalte von 13% bzw. 25% TG (1.2 bzw. 4.5% FG) auf. Speicherlipide sind kaum vorhanden, 80% der Lipide bestehen aus Phospholipiden und Cholesterin. Dieses Lipidmuster zeigt, daß sich die Tiere in einer intensiven Wachstumsphase befinden und noch keine großen Lipidspeicher angelegt werden. *A. pelagica* erreicht eine Maximallänge von 85 mm (BATE 1888 in KIRKWOOD 1984). Männchen und Weibchen dieser Art aus der Subantarktis wurden von CLARKE & HOLMES (1986) analysiert. Sie stellten erheblich höhere Lipidgehalte (7-17% FG) bei den Adulten fest, verbunden mit deutlichen jahreszeitlichen Unterschieden, zumindest bei den Weibchen, die im Winter lipidreicher sind. Bei den Männchen scheint die Tendenz ähnlich zu sein, sie wird aber nur durch vier Messungen belegt. Gekoppelt mit diesen im Vergleich zu den frühen Entwicklungsstadien hohen Lipidgehalten ist auch eine tiefgreifende Veränderung der Lipidzusammensetzung. Eindeutig dominierende Lipidklasse bei den Adulten sind die Wachsester (60-70%), die Phospholipide sind stark zurückgegangen. HERRING & MORRIS (1975) vermuten, daß die Unterschiede im Lipidmuster mit der Wanderung der älteren Stadien in größere Tiefen zusammenhängt. Die adulten wachsesterreichen *A. pelagica* aus der Subantarktis haben viermal höhere Lipidgehalte als ihre Artgenossen aus dem Nordost-Atlantik (MORRIS 1972; HERRING 1973). CLARKE & HOLMES (1986) interpretieren diese hohen Lipidgehalte der antarktischen *Acantheephyra pelagica* als Anpassung an eine saisonal beeinflusste Nahrungszufuhr, die sekundär aus der ausgeprägten Saisonalität der Primärproduktion im Südpolarmeer resultiert. Hungerzeiten könnten omnivore und carnivore mesopelagische Crustaceen in der Antarktis überstehen, indem sie von ihren großen Lipidreserven zehren.

4.5 Coelenteraten

Die carnivoren antarktischen Coelenteraten *Calyropsis borchgrevinki*, *Diphyes antarctica*, *Pyrostephos vanhoeffeni* sowie eine Ctenophoren-Art haben einen hohen Wassergehalt (>95%) und zeichnen sich - selbst bezogen auf das Trockengewicht - durch sehr geringe Lipidgehalte aus. Saisonale Unterschiede in der Lipidanreicherung waren nicht nachzuweisen. Bei der Hydromeduse *C. borchgrevinki* aus dem Weddellmeer schwankt der Lipidgehalt zwischen 1.4-3.5% TG (0.06-0.15% FG). Einen ähnlichen Wert nennt CLARKE (1984a) mit 0.05% FG, als Hauptlipidklassen bestimmt er Phospholipide, Triglyceride und Wachsester. Aus den vorliegenden Ergebnissen wird jedoch deutlich, daß mit zunehmendem Lipidgehalt Triglyceride und Wachsester zunehmen, während die Phospholipide prozentual stark zurückgehen.

Die Oberglocken der Siphonophoren-Art *D. antarctica* aus dem November von der Antarktischen Halbinsel haben ebenfalls einen geringen Lipidgehalt (1.0% TG) mit hohen Phospholipidanteilen. Die Daten stimmen gut überein mit Analysen vom März/April aus der Subantarktis (CLARKE 1984a; REINHARDT & VAN VLEET 1986). Oberglocken von *D. antarctica* aus dem Weddellmeer sind lipidreicher (1.6-3.4% TG), sie speichern ihre Lipide variierend in Form von Wachsestern - nach CLARKE (1984a) wahrscheinlich Sterolester - oder als Triglyceride. Die Oberglocken beinhalten Gonaden und Saugmagen, zum Teil auch orangefarbene Öleinschlüsse und sind daher im Vergleich zu den Unterglocken (0.4-0.7% TG) lipidreicher. Die Siphonophoren-Art *P. vanhoeffeni* wurde erstmals untersucht (Lipidgehalt 1.0% TG, davon 55% Phospholipide).

Die Analysedaten einer nicht näher identifizierten Ctenophoren-Art ergaben unter den Coelenteraten die höchsten Lipidgehalte (0.2-0.3% FG; 4.5-6.3% TG). Als Speicherlipide wurden vor allem Wachsester (50-60%) nachgewiesen. Auch CLARKE (1984a) findet sehr hohe Wachsester-Anteile (47%) bei einer nicht sicher bestimmten Ctenophore (*Pleurobrachia* sp.). Eine andere von ihm analysierte Ctenophoren-Art (*Beroe*) hatte einen für Coelenteraten extrem hohen Lipidgehalt von 2.9% FG. Auch bei dieser Art dominierten Wachsester als Speicherlipid. Ctenophoren scheinen in Bezug auf Lipide von den anderen Coelenteraten abzuweichen.

Obwohl zum Teil Öleinschlüsse (*Diphyes*) und höhere Speicherlipidanteile festgestellt wurden, deuten die geringen Lipidgehalte der untersuchten Coelenteraten (Ausnahme: Ctenophoren?) darauf hin, daß sie kaum Energiespeicher anlegen oder die Reservenbildung nicht in Form von Lipiden erfolgt (CLARKE 1984a). MORRIS *et al.* (1983) schließen aus Hungerversuchen an einer nordatlantischen Ctenophoren-Art, daß diese Tiere in Hungerzeiten von ihren Proteinen zehren (Darmresorption). Die Wachstumseffizienz dieser Ctenophoren ist selten höher als 10%, da bei ungünstigen Nahrungskonzentrationen bis zu 80% der aufgenommenen Nahrung zur Aufrechterhaltung des Energiestoffwechsels dienen (REEVE *et al.* 1978). Andererseits findet bei nordatlantischen Ctenophoren unter optimalen Nahrungsbedingungen eine explosionsartige Vermehrung statt (Selbstbefruchtung, hohe Nachkommenzahl, großes Wachstumspotential). Möglicherweise kommt es bei diesen epipelagischen Planktonorganismen aufgrund von Nahrungsschwankungen häufiger zu starken Populationsfluktuationen. Während der *Polarstern*-Winterreise wurden im Weddellmeer unter dem Eis große Ctenophoren in bemerkenswerter Anzahl beobachtet (MARSCHALL 1987), wo sie sich anscheinend vom Krill und anderen in den Eisspalten lebenden Tieren ernährten (s.a. ANDRIASHEV 1968). Es ist bisher jedoch kaum etwas zur Biologie der antarktischen Coelenteraten bekannt.

4.6 Gastropoden, Cephalopoden

Lipidgehalt und -zusammensetzung sind bei den verschiedenen Gastropoden-Arten recht variabel. Die erstmals untersuchte Larvenform der benthischen Lamellariidae (Prosobranchia) wird von einer als Schwebehilfe fungierenden Gallerthülle umgeben (LEBOUR 1935). Diese Tiere haben einen recht geringen Lipidgehalt (3.5% TG), die Lipide bestehen jedoch zu 70% aus Triglyceriden, also aus Speicherlipiden, von denen die herbivoren Tiere während ihrer pelagischen Phase bei ungünstigen Nahrungsbedingungen zehren können.

Die herbivoren thecosomaten Flügelschnecken Limacina helicina (1-5 mm) und Clio pyramidata (16-35 mm) haben Lipidgehalte von 6-21% TG (durchschn. 10% TG) und 14-19% TG (durchschn. 16% TG). PERCY & FIFE (1981) bestimmen die Lipidgehalte von Limacina ("Spiratella") helicina in der Arktis mit 18-19% TG. KOBAYASHI (1974) vermutet, daß diese filtrierende Art sich in der Arktis auch im Winter von Phytoplankton, Nanoplankton oder Detritus ernährt, da das Wachstum und die Gonadenreifung hauptsächlich im Winter stattfinden. Die räuberische gymnosomate Art Clione limacina weist dagegen sehr hohe Lipidgehalte von 28-40% TG auf (durchschn. 37% TG). Ein jahreszeitlicher Trend ist nicht nachzuweisen. Diese epipelagischen Pteropoden legen ihre Energiereserven bevorzugt in Form von Triglyceriden an. Besonders ausgeprägt ist dies bei Clione, deren Lipide - mit einer Ausnahme (Oktober, Antarktische Halbinsel, 65% Triglyceride) - zu mehr als 80% aus Triglyceriden bestehen (Clio: ca. 50%, Limacina: variabler, 20-80%). In der Subarktis und Arktis schwanken die Lipidgehalte (17-31% TG) von Clione limacina stark (IKEDA 1972; LEE 1974b, 1975; PERCY & FIFE 1981). Phospholipide machen entsprechend 31% bzw. 62% der Lipide aus, Triglyceride 31% bzw. 13% (LEE 1974b, 1975).

Die Gymnosomata Clione limacina und Spongiobranchaea australis sind besonders interessant wegen ihrer extremen Spezialisierung auf bestimmte Nährtiere. Spongiobranchaea frißt ausschließlich einzelne Clio-Arten, und Clione ausschließlich bestimmte Limacina-Arten. LALLI (1970) und CONOVER & LALLI (1972) beschreiben dieses Phänomen eindrucksvoll an Tieren, die sie vor Nova Scotia für Laboruntersuchungen gefangen haben (bipolare Arten). Auch die Nahrungsuntersuchungen von HOPKINS (1985, 1987) in der Antarktis ergeben entsprechende Bindungen von C. limacina und S. australis an L. helicina und C. pyramidata. Diese Spezialisierung geht so weit, daß sogar die frühen Entwicklungsstadien von Clione nur Limacina-Veligerlarven fressen (CONOVER & LALLI 1972). Beide Arten laichen zur gleichen Zeit ab, so daß die jeweiligen Clione-Stadien sich von den mitwachsenden Limacinen ernähren können. CONOVER & LALLI (1972) diskutieren die Vor- und Nachteile dieser Monophagie und postulieren zwei "Kompensationsmechanismen", die den Nachteilen dieser Nahrungsabhängigkeit bei Clione entgegenwirken sollen: die sehr hohe Assimilationseffizienz und damit maximale Nutzung von Limacina, wenn diese Nährtiere reichlich vorhanden sind und die Fähigkeit, bei Abwesenheit von Limacina längere Hungerzeiten zu überdauern. Nach CONOVER & LALLI (1972) überlebt Clione mindestens vier Wochen ohne Nahrung. Die Autoren vermuten daher, daß Clione in der Lage ist, große Energiereserven anzulegen. LEE (1974b) bestätigt diese Hypothese anhand von Clione-Individuen von der kanadischen Küste, die eine Hungerperiode von drei Monaten überleben und dabei 85% ihrer Lipide abbauen. Die jetzt erstmals vorliegenden Lipiddaten von Clione limacina aus der Antarktis (Lipidgehalt 37%, davon Triglyceride >80%) zeigen eine Reservenbildung für diese Art im Südpolarmeer.

In der Literatur finden sich keine Lipiddaten von pelagischen Tintenfischen aus Polargebieten. Cephalopoden werden nur sehr selten in den Planktonnetzen gefangen und auch die vorliegenden Ergebnisse basieren nur auf zwei Analysen von neun juvenilen Individuen der antarktischen Art Galiteuthis glacialis (11-25 mm). Diese Tiere

zeigen ein Lipidmuster, das ihr frühes Entwicklungsstadium widerspiegeln kann: geringe Lipidgehalte (8-11% TG), hohe Phospholipid-Anteile und wenig Speicherlipide (bevorzugt Triglyceride). Diese Lipiddaten weichen möglicherweise stark von denen der adulten Tiere ab. So geben NASH *et al.* (1978) für adulte *Illex illecebrosus* (Nova Scotia) den Lipidgehalt des Gesamttieres mit 5,6% FG (ca. 28% TG) an. Für den Mantel nennen sie Lipidgehalte von 1,5% FG und für die Leber 11,6% FG, Triglyceride werden auch von ihnen als Hauptspeicherlipid bestimmt.

G. glacialis ist eine für die Antarktis endemische Art, ausgewachsene Tiere erreichen eine dorsale Mantellänge von mindestens 50 cm (McSWEENEY 1971 in RODHOUSE & CLARKE 1986). Da eine hochkonzentrierte Ammoniumchlorid-Lösung (leichter als Seewasser) in der voluminösen Coelomflüssigkeit bewirkt, daß die Dichte dieser cranchiiden Tintenfische der des umgebenden Seewassers entspricht (DENTON *et al.* 1969), ist *G. glacialis* nicht auf Lipide als Auftriebshilfe angewiesen.

4.7 Polychaeten

Die Lipidgehalte der untersuchten Polychaeten *Vanadis antarctica* und *Tomopteris carpenteri* sind nicht sehr hoch (12-17% bzw. 9-17% TG). Die Lipide bestehen vor allem aus Phospholipiden und Cholesterin, Speicherlipide sind in der Regel nur in geringen Anteilen vorhanden und werden dann - zumindest von *Tomopteris* - bevorzugt als Wachsester angereichert. Die von CLARKE (1984a) und REINHARDT & VAN VLEET (1986) publizierten Ergebnisse stimmen mit den oben genannten gut überein, abgesehen von den höheren Triglycerid-Anteilen bei REINHARDT & VAN VLEET (1986). Die vorliegenden Lipidgehalte sind bei *T. carpenteri* im Weddellmeer höher (16% TG) als im Oktober/November und Januar an der Antarktischen Halbinsel (9-10% TG). Die Lipiddaten zeigen, daß *V. antarctica* und *T. carpenteri* kaum Lipidspeicher anlegen. Sie sind carnivor, ernähren sich vor allem von Zooplankton (z.B. RAKUSA-SUSZCZEWSKI 1968; HOPKINS 1985) und finden möglicherweise auch im Winter ausreichend Nahrung.

4.8 Chaetognathen

Die carnivoren Chaetognathen-Arten *Sagitta gazellae*, *Sagitta marri* und *Eukrohnia hamata* haben einen Wassergehalt von 90-95%. Wie die Polychaeten weisen sie keine hohen Lipidgehalte auf. Die Lipide von *S. gazellae* (4% TG) und *S. marri* (12% TG) bestehen vor allem aus Phospholipiden (50-60%) und Cholesterin (16-26%). *S. gazellae* hat kaum Speicherlipide und auch bei *S. marri* sind Triglyceride und Wachsester von untergeordneter Bedeutung. *E. hamata* hat einen ähnlichen Lipidgehalt (13% TG) wie *S. marri*, ihr Anteil an Phospholipiden ist aber deutlich kleiner, während Triglyceride und Wachsester jeweils 40% der Lipide ausmachen. Im Gegensatz zu den Sagitten hat *Eukrohnia hamata* in der Regel Öleinschlüsse. Wahrscheinlich handelt es sich dabei, ähnlich wie bei den Ölsäcken der Copepoden, um Speicherlipide.

Die Lipiddaten anderer Autoren sind nicht einheitlich und stimmen nur teilweise mit den obigen Ergebnissen überein. REINHARDT & VAN VLEET (1986) finden bei *S. gazellae* einen sehr hohen Lipidgehalt von 17% TG, die Zusammensetzung der Lipide stimmt jedoch - abgesehen von den erhöhten Speicherlipidwerten - mit den hier beschriebenen überein. Die von CLARKE (1983, 1984a) untersuchten, nicht sicher bestimmten Eukrohnen haben einen sehr geringen Lipidgehalt, die Zusammensetzung weist hohe Anteile an freien Fettsäuren auf, die auf Autoxidation hindeuten.

Die Lipiddaten der Sagitten ähneln denen der Polychaeten und es ist zu vermuten, daß *S. gazellae* und *S. marri* auch im Winter ausreichend Nahrung finden und nicht auf

große Lipidreserven angewiesen sind (CLARKE 1984a). REEVE *et al.* (1970) fanden bei Hungerversuchen heraus, daß *Sagitta hispida* nicht Lipide, sondern körpereigene Proteine als Energiequelle nutzt. *E. hamata* scheint dagegen bei Nahrungsknappheit auch von Speicherlipiden zu zehren, die jedoch nicht zu vergleichen sind mit den großen Energiereserven der Crustaceen. Von den antarktischen Chaetognathen ist bekannt, daß sie sich im Winter in größeren Tiefen aufhalten (DAVID 1955, 1958). Möglicherweise folgen sie dabei ihren Beuteorganismen, z.B. den Copepoden. Dennoch scheint das Wachstum, zumindest von *S. gazellae*, im Winter verlangsamt zu sein (DAVID 1955). Neben dieser saisonalen Vertikalwanderung vollführen die antarktischen Chaetognathen (Hermaphroditen) auch eine Reifewanderung (DAVID 1955; HAGEN 1985): Nachdem die Tiere ihre Wachstumsphase beendet haben, wandern sie aus dem Epipelagial in große Tiefen (>1000 m). Die Gonaden entwickeln sich währenddessen zu kräftigen Strängen und erreichen vor dem Abblähen eine Länge von 70% der Körperlänge (*S. gazellae*). Nach der Eiablage sterben die Adulten (Ausnahme: *E. hamata*).

Unklar ist, woher die Tiere die Energien nehmen, während der Wanderung in die Tiefe derartig voluminöse Gonaden mit vermutlich lipidreichen Eiern zu entwickeln. Entweder akkumulieren sie nach Erreichen der Endlänge im Oberflächenbereich größere Energievorräte oder sie fressen intensiv Zooplankton auf dem Weg in die Tiefe und nutzen diese Nahrung zur Gonadenbildung. Diese biologischen Besonderheiten der Chaetognathen müssen bei der Interpretation der Lipidergebnisse berücksichtigt werden, denn die vorliegenden Analysen stammen alle von Oberflächentieren (Reifestadium I).

4.9 Salpen

Die untersuchte Art *Salpa thompsoni* besteht zu mehr als 95% aus Wasser. Ihre geringen Lipidgehalte (0.08-0.13% FG, 2.3-3.3% TG) aus dem Weddellmeer sind identisch mit Werten von CLARKE (1984a) aus der Subantarktis. REINHARDT & VAN VLEET (1986) nennen dagegen erstaunlich hohe Lipidgehalte (1% FG, 24% TG). Die Lipide bestehen vor allem aus Phospholipiden, Cholesterin und Triglyceriden. REINHARDT & VAN VLEET (1986) geben sehr hohe Triglycerid-Anteile an, möglicherweise bedingt durch einen höheren Lipidgehalt. Die Lipidwerte lassen vermuten, daß die Phytoplankton filtrierende Art *S. thompsoni* - im Gegensatz zu vielen herbivoren Crustaceen - Lipide nicht als Energiespeicher oder Auftriebshilfe benutzt (die Daten von REINHARDT & VAN VLEET (1986) halte ich bei gelatinösem Zooplankton wie den Salpen für zu hoch, dies zeigen auch C/N-Messungen von IKEDA & MITCHELL (1982), s.a. REINKE (1987)). Die Dichte wird bei den Salpen über Ionen reguliert (DENTON & SHAW 1962), so daß Lipide für den Auftrieb nicht notwendig sind. REINKE (1987) bezeichnet die Art *S. thompsoni* als Opportunisten, die aufgrund ihrer hohen Filtrationsraten auch in oligotrophen Meeresgebieten überdauern können. Andererseits werden Phytoplanktonblüten mit Hilfe von extrem hohen Wachstumsraten und kurzen Generationszyklen sehr effektiv ausgenutzt. Die Folge davon sind enorme Salpenaggregationen (nach PIATKOWSKI (1987) max. 0.8 Ind./m³). *S. thompsoni* überwintert als Oozoid-Stadium, also als Einzeltier (FOXTON 1966). In dieser phytoplanktonarmen Zeit ist die Zahl der Salpen stark reduziert, mit der Phytoplanktonblüte im Frühling können sich die Salpen jedoch wieder auf vegetativem Wege (Blastozoiden) explosionsartig vermehren. Lipide sind dabei anscheinend für das Überleben der Salpen nur von untergeordneter Bedeutung.

4.10 Fischlarven und Jungfische

Die antarktischen Fischarten *Notothenia larseni*, *Trematomus eulepidotus* und *Pleuragramma antarcticum* wurden analysiert. Die erstmals auf Lipide untersuchten Postlarven (15-20 mm) der subantarktischen Art *N. larseni* haben einen geringen Lipidgehalt (13% TG) und hohe Phospholipid- und Cholesterin-Anteile (50% bzw. 15%). Dominierendes Speicherlipid sind die Triglyceride (24%). Die jungen Postlarven (Altersklasse 0) befinden sich in einer intensiven Wachstumsphase, in der sie vor allem Proteine aufbauen. Neben dem hohen Anteil an Strukturlipiden steht mit den Triglyceriden auch eine kleinere Energiereserve für Hungerperioden zur Verfügung. Larven und Postlarven ernähren sich nach KELLERMANN (1986) vor allem von kleinen Copepoden und Copepodeneiern, also recht lipidreicher Nahrung, die das Abwachsen begünstigen sollte.

Ein deutlich anderes Bild zeigt sich bei den Ende Februar im Weddellmeer gefangenen Jungfischen von *T. eulepidotus*. Sie gehören mit ca. 5 cm Länge der Altersklasse 1 an und weisen erheblich höhere Lipidgehalte (30% TG) auf. Damit erhöht sich auch der Anteil der Speicherlipide deutlich. Die Triglyceride stellen annähernd 70% der Lipide. Die Lipiddaten lassen gute Nahrungsbedingungen vermuten. EKAU (1987) interpretiert die morphometrischen Merkmale dieser als demersal geltenden Art dahingehend, daß *T. eulepidotus* zeitweise pelagisch lebt. Dies wird auch durch die Euphausiaceen-Nahrung belegt (SCHWARZBACH 1987; WÖHRMANN pers. Mitt.). Der hohe Lipidgehalt wird die fehlende Schwimmblase zum Teil kompensieren und diesen Fischen den Aufenthalt im Pelagial erleichtern. Außerdem verfügen die Tiere mit den Lipiden bei ungünstigen Nahrungsbedingungen über eine wichtige Energiequelle (s.a. DE VRIES 1978; EASTMAN & DE VRIES 1981, 1982).

Die einzige echte pelagische Fischart im Weddellmeer, *P. antarcticum*, dominiert die Fischfauna der Hochantarktis. Sie stellt im Weddellmeer sowohl bei den Larven als auch bei den Adulten mehr als 90% der Individuen und der Biomasse (HUBOLD 1984; HUBOLD & EKAU 1987). Von dieser Art konnten Postlarven und Jungfische von 15-70 mm Länge (AK 0-2, HUBOLD 1985) untersucht werden. Die jungen Postlarven haben geringe Lipidgehalte (14% TG), weisen hohe Phospholipidgehalte auf, besitzen in geringem Maße auch Triglyceride und zeigen damit ein Lipidmuster, das dem von *N. larseni* sehr ähnelt und für Fischlarven möglicherweise typisch ist. Übereinstimmende Werte fanden TOCHER *et al.* (1985) auch für junge Heringslarven. REINHARDT & VAN VLEET haben *Pleuragramma*-Larven (ohne Längenangabe) aus dem Gebiet der Antarktischen Halbinsel analysiert und nennen einen Lipidgehalt von 12% TG. Bei den Lipidklassen finden sie 40% Kohlenwasserstoffe, ein Wert, der sehr ungewöhnlich ist und durch die eigenen Daten nicht bestätigt werden kann. Wahrscheinlich war die Probe kontaminiert. Schon ab ca. 3 cm Länge (AK 0-1) ändert sich das Lipidmuster bei *P. antarcticum* erheblich: Der Lipidgehalt steigt mit der Größe der Tiere auf maximal über 40% TG an, damit verbunden werden vor allem Speicherlipide (Triglyceride, max. >80%) angereichert. In diesem fortgeschrittenen Stadium der Entwicklung ähneln die Lipiddaten mehr denen von *T. eulepidotus*. *Pleuragramma* beginnt mit 4-5 cm Länge, beträchtliche Mengen an Speicherlipiden (Triglyceride) in Ölsäcken zu speichern, die man bei den Jungfischen mit bloßem Auge erkennen kann (DE VRIES & EASTMAN 1978; HUBOLD pers. Mitt.). Bei älteren *Pleuragramma*-Individuen geben REINHARDT & VAN VLEET (1986) einen Gesamtlipidgehalt von 48% TG an, WILLIAMS (pers. Mitt. in DE VRIES & EASTMAN 1978) bestimmt den Lipidgehalt der Muskulatur mit 39% TG. Auch REINHARDT & VAN VLEET (1986) und DE VRIES & EASTMAN (1978) ermitteln Triglyceride als Speicherlipide, die vor allem in den Eingeweiden und den Lipidsäcken angereichert werden. In der Muskulatur treten Triglyceride und Wachsester in gleichen Anteilen auf (REINHARDT & VAN VLEET 1986).

DE VRIES & EASTMAN (1978, 1981) beschreiben die verschiedenen Anpassungen der schwimmbblaselosen Fischart *P. antarcticum*. Neben einer reduzierten Verknöcherung und Beschuppung ist nach ihren Untersuchungen vor allem der hohe Lipidgehalt ausschlaggebend für die annähernde "Schwereelosigkeit" dieser pelagischen Fischart. Verknöcherung/Beschuppung und Lipidanreicherung sind zeitlich gekoppelt, so daß eine Dichtezunahme kompensiert wird (DE VRIES & EASTMAN 1978). Diese Autoren postulieren, daß es sich bei den Lipidsäcken um isolierte, nicht mobilisierbare "Auftriebskörper" handelt, die nur zur Dichterduktion dienen. Falls diese Hypothese stimmt, wäre dies ein ungewöhnlicher Mechanismus, der vermuten läßt, daß ungünstige Nahrungsbedingungen für *P. antarcticum* nicht auftreten, bzw. der durch die Lipidsäcke gewährleistete Auftrieb auch bei Nahrungsmangel erhalten bleiben muß.

4.11 Fazit und Ausblick

Diese Untersuchung hat gezeigt, daß die Lipide eine zentrale Rolle im Leben des herbivoren Zooplanktons der Antarktis spielen (excl. Salpen). Die während der kurzen Zeit des Phytoplanktonwachstums aufgenommene Nahrung wird in Form von Lipiden gespeichert und als Energiereserve und Auftriebshilfe genutzt. Mit Hilfe der Lipide wird also die ausgeprägte Saisonalität der Primärproduktion kompensiert, diese Energie bleibt dem Pelagial langfristig erhalten. Besonders die Crustaceen als Hauptbestandteil des antarktischen Planktons zeichnen sich durch einen großen Lipidreichtum aus, wie er in gemäßigten und tropischen Breiten nicht existiert. Die frühen Entwicklungsstadien dieser Planktonorganismen müssen häufig eine kritische Phase überstehen, in der sie ihre körpereigenen Lipidreserven weitgehend aufzehren. Im Verlaufe der weiteren Entwicklung reichern sie - meist gekoppelt mit der Phytoplanktonblüte - enorme Lipidmengen an, die diesen Arten das Überwintern und die Produktion der Nachkommenschaft ermöglichen. Das lipidreiche Zooplankton kommt wiederum den höheren Gliedern der Nahrungskette (Fische, Pinguine, Robben, Wale etc.) zugute. Ohne die hochwertige Planktonnahrung würde es den Warmblütern sehr viel schwerer fallen, während der sommerlichen Freißphase ihre zum Teil gewaltigen Speckschichten aufzubauen. Mit deren Hilfe überstehen die Tiere die Härten des antarktischen Winters, bzw. die Winterwanderung in die nahrungsarmen Tropen und die kräftezehrende Produktion und Aufzucht ihrer Jungen. Der Lipidspeicherung der Herbivoren kommt damit eine große Bedeutung für das gesamte antarktische Pelagial zu.

Diese Bestandsaufnahme der Lipide des antarktischen Zooplanktons im Frühling und Sommer sollte die Bedeutung dieser energiereichen Stoffgruppe für verschiedene taxonomische Gruppen, Arten und Stadien vergleichend aufzeigen. Dabei wurden auch viele neue Fragen aufgeworfen, die sich häufig mit dem Überleben der Planktonorganismen im Winter beschäftigen und aus Mangel an Winterproben vorerst nicht geklärt werden können. Während des "Winter Weddell Sea Experiments" wurde jedoch reiches Planktonmaterial - vergleichbar mit den Sommerproben - gesammelt, das 1988 entsprechend auf die Lipide untersucht werden soll, um die Saisonalität der Lipidspeicherung bei den verschiedenen Arten besser zu verstehen. Außerdem ist geplant, die Fettsäurespektren der Planktonlipide zu analysieren, um mit Hilfe von "Marker Lipiden" Erkenntnisse über die trophische Struktur des antarktischen Pelagials zu erhalten. Vermutlich lassen sich aus saisonalen Unterschieden im Fettsäuremuster jahreszeitliche Verschiebungen im Nahrungsspektrum ableiten. Die Auswertung dieses einmaligen Probenmaterials soll helfen, Fragen zur Überwinterung verschiedener Planktonarten zu klären und damit unser Verständnis für das antarktische Ökosystem zu vertiefen.

5 LITERATUR

- ACKMAN, R.G. (1981): Flame ionization detection applied to thin-layer chromatography on coated quartz rods. *Methods in Enzymology* **72**: 205-252
- ANDRES, H.G. (1979): Gammaridea (Amphipoda, Crustacea) der Antarktis-Expedition 1975/76. Auswertung der Dauerstation südlich von Elephant Island. *Meresforsch.* **27**: 88-102
- ANDREWS, J.H. (1966): The distribution and life-history of *Calanoides acutus* (Giesbrecht). *Discovery Rep.* **34**: 117-162
- ANDRIASHEV, A.P. (1968): The problem of the life community associated with the Antarctic fast ice. *In*: Symposium on Antarctic Oceanography (R.I. CURRIE, ed.), Scott Polar Research Inst., Cambridge, pp. 145-155
- BAALSRUD, K. (1955): Utilization of plankton. *Norsk Hvalfangst-Tidende* **44**: 125-133
- BACHLER, C. (1984): Untersuchungen zur Fettanreicherung, Fettsäurezusammensetzung und Nahrungskonkurrenz von *Euphausia superba* und *Meganyctiphanes norvegica*. Diss., 133 S., Univ. Kiel
- BAKER, A. DE C., CLARKE, M.R. & HARRIS, M.J. (1973): 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
- BAMSTEDT, U. (1978): Studies on the deep-water pelagic community of Korsfjorden, western Norway. Seasonal variation in weight and biochemical composition of *Chiridius armatus* (Copepoda), *Boreomysis arctica* (Mysidacea), and *Eukrohnia hamata* (Chaetognatha) in relation to their biology. *Sarsia* **63** (3): 145-154
- BAMSTEDT, U. (1979): Reproductive bioenergetics within the summer and winter generations of *Euchaeta norvegica* (Copepoda). *Mar. Biol.* **54**: 135-142
- BAMSTEDT, U. (1986): Chemical composition and energy content. *In*: Biological chemistry of marine copepods (E.D.S. CORNER & S. O'HARA, eds.), Univ. Press, Oxford, pp. 1-58
- BAMSTEDT, U. & MATTHEWS, J.B.L. (1975): Studies on the deep-water pelagic community of Korsfjorden, western Norway. The weight and biochemical composition of *Euchaeta norvegica* Boeck in relation to its life cycle. *Proc. 9th Europ. mar. biol. Symp.* (H. BARNES, ed.), pp. 311-327
- BARGMANN, H.E. (1945): The development and life history of adolescent and adult krill *Euphausia superba*. *Discovery Rep.* **23**: 103-178
- BARNES, H. & BLACKSTOCK, J. (1973): Estimation of lipids in marine animals and tissues: detailed investigation of the sulphophosphovanillin method for "total" lipids. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* **12**: 103-118
- BENSON, A.A. & LEE, R.F. (1972): Wax esters: major marine metabolic energy source. *Proc. Biochem. Soc.* **128**: 10 p.
- BENSON, A.A. & LEE, R.F. (1975): The role of wax in oceanic food chains. *Sci. Am.* **232**: 77-86
- BENSON, A.A., LEE, R.F. & NEVENZEL, J.C. (1972): Wax esters: major marine metabolic energy sources. *Biochem. Soc. Symp.* **35**: 175-187
- BLIGH, E.G. & DYER, W.J. (1959): A rapid method of total lipid extraction and purification. *Can. J. Biochem. Physiol.* **37**: 911-917

- BODUNGEN VON, B. (1986): Phytoplankton growth and krill grazing during spring in the Bransfield Strait, Antarctica - implications from sediment trap collections. *Polar Biol* 6: 153-160
- BODUNGEN VON, B., NÖTHIG, E.-M. & SUI, Q. (1988): New production and sedimentation during summer 1985 in the southeastern Weddell Sea. *Comp. Biochem. Physiol.* (in press)
- BOTTINO, N.R. (1974): The fatty acids of Antarctic phytoplankton and euphausiids. Fatty acid exchange among trophic levels of the Ross Sea. *Mar. Biol.* 27: 197-204
- BOTTINO, N.R. (1975): Lipid composition of two species of Antarctic krill: *Euphausia superba* and *E. crystallophias*. *Comp. Biochem. Physiol.* 50B: 479-484
- BOYSEN-ENNEN, E. (1987): Zur Verbreitung von Gemeinschaften des Meso- und Makrozooplanktons im Oberflächenwasser der Weddell See (Antarctica). *Ber. Polarforsch.* 35: 1-126
- BRANDT, K. (1898): Beiträge zur Kenntnis der chemischen Zusammensetzung des Planktons. *Wiss. Meeresunters. Abt. Kiel, N.F.*3: 43-90
- BRANDT, K. & RABEN, E. (1919/20): Zur Kenntnis der chemischen Zusammensetzung des Planktons und einiger Bodenorganismen. *Wiss. Meeresunters. Abt. Kiel, N.F.* 19: 175-210
- CHEKUNOVA, V. & RYNKOVA, T (1974): Energy requirements of the antarctic crustacean *Euphausia superba* Dana. *Oceanology* 14: 434-440
- CHRISTIE, W.W. (1982): *Lipid Analysis*. Pergamon Press, Oxford, 207 pp.
- CLARKE, A. (1980): The biochemical composition of krill, *Euphausia superba* Dana, from South Georgia. *J. exp. mar. Biol. Ecol.* 43: 221-236
- CLARKE, A. (1983): Life in cold water: the physiological ecology of polar marine ectotherms. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.* 21: 341-453
- CLARKE, A. (1984a): The lipid content and composition of some antarctic macrozooplankton. *Brit. Antarct. Surv. Bull.* 63: 57-70
- CLARKE, A. (1984b): Lipid content and composition of Antarctic krill, *Euphausia superba* Dana. *J. Crust. Biol.* 4 (1): 285-294
- CLARKE, A. (1985): Food webs and interactions: an overview of the Antarctic ecosystem. In: *Antarctica* (W.N. BONNER & D.W.H. WALTON, eds.), Pergamon Press, Oxford, pp. 329-350
- CLARKE, A. & HOLMES, L.J. (1986): Lipid content and composition of some mid-water crustaceans from the Southern Ocean. *J. exp. Mar. Biol. Ecol.* 104: 31-51
- CLARKE, A. & MORRIS, D.J. (1983): Towards an energy budget for krill: the physiology and biochemistry of *Euphausia superba* Dana. *Polar Biol.* 2: 69-86
- CLARKE, M.R. (1978): Buoyancy control as a function of the spermaceti organ in the sperm whale. *J. mar. biol. Ass. U.K.* 58: 27-71
- COLLIN, G., DRUMMOND, J.C., HILDITCH, T.P. & GUNTHER, E.R. (1934): Observations of the fatty constituents of marine plankton. II. General character of plankton oils. *J. Exp. Biol.* 11: 198-202
- CONOVER, R.J. & LALLI, C.M. (1972): Feeding and growth in *Clione limacina* (Phipps), a pteropod mollusc. *J. exp. mar. Biol. Ecol.* 9: 279-302
- DAVID, P.M. (1955): The distribution of *Sagitta gazellae* Ritter-Zahony. *Discovery Rep.* 27: 235-278
- DAVID, P.M. (1958): The distribution of the Chaetognatha of the Southern Ocean. *Discovery Rep.* 29: 200-229

- DENTON, E.J. & SHAW, T.L. (1962): The buoyancy of gelatinous marine animals. *J. Physiol.* **161**: 14p.-15p.
- DENTON, E.J., GILPIN-BROWN, J.B. & SHAW, T.L. (1969): The buoyancy mechanism found in cranchid squid. *Proc. Royal Soc. B* **174**: 271-279
- DE VRIES, A.L. (1978): The physiology and biochemistry of low temperature adaptations in polar marine ectotherms. *In*: Polar Research. To the Present, and the Future (M.A. McWHINNIE, ed.), AAAS Selected Symp. No. 7. Westview Press, Boulder, pp. 175-202
- DE VRIES, A.L. & EASTMAN, J.T. (1978): Lipid sacs as a buoyancy adaptation in an Antarctic fish. *Nature* **271**: 352-353
- DE VRIES, A.L. & EASTMAN, J.T. (1981): Physiology and ecology of notothenoid fishes of the Ross Sea. *J. R. Soc. N.Z.* **11**: 329-340
- EASTMAN, J.T. & DE VRIES, A.L. (1981): Buoyancy adaptations in a swim-bladderless Antarctic fish. *J. Morphol.* **167**: 91-102
- EASTMAN, J.T. & DE VRIES, A.L. (1982): Buoyancy studies of notothenoid fishes in McMurdo Sound, Antarctica. *Copeia* **1982**: 385-393
- EHRlich, K.F. (1974): Chemical changes during growth and starvation of herring larvae. *In*: The early life history of fish. (J.H.S. BLAXTER, ed.) Springer, Berlin, pp. 301-323
- EKAU, W. (1987): Ökomorphologie nototheniider Fische aus dem Weddellmeer, Antarktis. Diss., Univ. Kiel, 133 S.
- ELLINGSEN, T.E. (1982): Biokjemiske studier over Antarktisk krill. Dr. Ing. Thesis, Univ. Trondheim, 382 pp.
- ELLINGSEN, T.E. & MOHR, V. (1981): Lipids in Antarctic krill. Composition and *post mortem* changes. *Proc. 11th Scand. Symp. on Lipids* (R. MARCUSE, ed.), SIK, Gothenburg, Sweden, pp. 110-116
- EL-SAYED, S.Z. (1970): Biological aspects of the pack ice ecosystem. *In*: Symposium on Antarctic Ice and Water Masses, Tokyo, pp. 35-54
- EVERSON, I. (1977): The Southern Ocean. The living resources of the Southern Ocean. Southern Ocean Fisheries Survey Programme, Rome, FAO GLO/SO/77/1, 156 pp.
- FALK-PETERSEN, S., GATTEN, R.R., SARGENT, J.R. & HOPKINS, C.C.E. (1981): Ecological investigations on the zooplankton community in Balsfjorden, northern Norway: Seasonal changes in the lipid class composition of *Meganycitophanes norvegica* (M. Sars), *Thysanoessa raschii* (M. Sars) and *Thysanoessa inermis* (Kroyer). *J. exp. mar. Biol. Ecol.* **54**: 209-224
- FALK-PETERSEN, S., SARGENT, J.R., HOPKINS, C.C.E. & VAJA, B. (1982): Ecological investigations on the zooplankton community of Balsfjorden, northern Norway: lipids in the euphausiids *Thysanoessa raschi* and *Thysanoessa inermis* during spring. *Mar. Biol.* **68**: 97-102
- FALK-PETERSEN, S., SARGENT, J.R. & TANDE, K. (1987): Lipid composition of zooplankton in relation to the sub-Arctic food web. *Polar Biol.* **8**: 115-120
- FERGUSON, C.F. & RAYMONT, J.K.B. (1974): Biochemical studies on marine zooplankton. XII. Further investigations on *Euphausia superba* Dana. *J. mar. biol. Ass. U.K.* **54**: 719-725
- FEVOLDEN, S.E. (1980): Krill off Bouvetoya and in the southern Weddell Sea with a description of larval stages of *Euphausia crystallorophias*. *Sarsia* **65**: 149-162
- FOLCH, J., LEES, M. & SLOANE-STANLEY, G.H. (1957): A simple method for the isolation and purification of total lipides from animal tissues. *J. biol. Chem.* **226**: 497-509

- FOXTON, P. (1966): The distribution and life history of *Salpa thompsoni* Foxton with observations on a related species *Salpa gerlachei* Foxton. Discovery Rep. **34**: 1-116
- FRASER, A.J., TOCHER, D.R. & SARGENT, J.R. (1985): Thin-layer chromatography - flame ionization detection and the quantitation of marine neutral lipids and phospholipids. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. **88**: 91-100
- FRASER, F.G. (1936): On the development and distribution of the young stages of krill (*Euphausia superba*). Discovery Rep. **14**: 1-192
- FRICKE, H., GERCKEN, G., SCHREIBER, W. & OEHLenschLÄGER, J. (1984): Lipid, sterol and fatty acid composition of Antarctic krill (*Euphausia superba* Dana). Lipids **19**: 821-827
- FÜTTERER, D., (1984): Die Expedition Antarktis II mit FS "Polarstern" 1983/84. Ber. Polarforsch. **18**: 1-92
- GATTEN, R.R., SARGENT, J.R., FORSBERG, T.E.V., O'HARA, S.C.N. & CORNER, E.D.S. (1980): On the nutrition of zooplankton. XIV. Utilization of plankton by *Calanus helgolandicus* during maturation and reproduction. J. mar. biol. Ass. U.K. **60**: 391-399
- GIESE, A.C. (1966): Lipids in the economy of marine invertebrates. Physiol. Rev. **46**: 244-298
- GILLAM, A.E., EL RIDI, M.S. & WIMPENNY, R.S. (1939): The seasonal variation in biological composition of certain plankton samples from the North Sea in relation to their content of vitamin A, carotenoids, chlorophyll, and total fatty matter. J. exp. Biol. **16**: 71-88
- GRANTHAM, G.J. (1977): The Southern Ocean. The utilization of krill. FAO Rep. GLO/SO/77/3, Rome, 61 pp.
- GUNTHER, E.R. (1934): Observations on the fatty constituents of marine plankton. I. Biology of the plankton. J. exp. Biol. **11**: 173-197
- GURR, M.I. & JAMES, A.T. (1980): Lipid biochemistry: an introduction. Chapman & Hall, London, 247 pp.
- GUZMAN, F.O. (1983): Distribution and abundance of Antarctic krill (*Euphausia superba*) in the Bransfield Strait. In: On the biology of krill *Euphausia superba* (S.B. SCHNACK, HG.). Ber. Polarforsch. Sonderheft **4**: 169-190
- HADLEY, N.F. (1985): The adaptive role of lipids in biological systems. John Wiley & Sons, N.Y., 319 pp.
- HAGEN, W. (1985): On distribution and population structure of Antarctic Chaetognatha. Meeresforsch. **30**: 280-291
- HAKANSON, J.L. (1984): The long and short term feeding condition in field-caught *Calanus pacificus*, as determined from the lipid content. Limnol. Oceanogr. **29**: 794-804
- HARRINGTON, S.A. & IKEDA, T. (1986): Laboratory observations on spawning, brood size and egg hatchability of the Antarctic krill *Euphausia superba* from Prydz Bay, Antarctica. Mar. Biol. **92**: 231-235
- HARRINGTON, S.A. & THOMAS, P.G. (1987): Observations on spawning by *Euphausia crystallorophias* from waters adjacent to Enderby Land (East Antarctica) and speculations on the early ontogenetic ecology of neritic euphausiids. Polar Biol. **7**: 93-95
- HEMPEL, G. (1985a): Die Expedition ANTARKTIS III mit FS "Polarstern" 1984/85. Ber. Polarforsch. **25**: 1-209

- HEMPEL, G. (1985b): Antarctic marine food webs. In: Antarctic Nutrient Cycles and Food Webs (W.R. SIEGFRIED, P.R. CONDY & R.M. LAWS, eds.), Springer, Berlin, pp. 266-270
- HEMPEL, G. (1985c): On the biology of polar seas, particularly the Southern Ocean. In: Marine Biology of Polar Regions and Effects of Stress on Marine Organisms (J.S. GRAY & M.E. CHRISTIANSEN, eds.), John Wiley & Sons, N.Y., pp. 3-33
- HEMPEL, I. (1983): Studies in eggs and larvae of *Euphausia superba* and *Euphausia crystallorophias* in the Atlantic sector of the Southern Ocean. In: On the biology of Krill *Euphausia superba* (S.B. SCHNACK, Hg.) Ber. Polarforsch. Sonderheft 4: 30-45
- HEMPEL, I. & HEMPEL, G. (1982): Distribution of euphausiid larvae in the southern Weddell Sea. *Meeresforsch.* 29: 253-266
- HEMPEL, I. & HEMPEL, G. (1986): Field observations on the developmental ascent of larval *Euphausia superba* (Crustacea). *Polar Biol.* 6: 121-126
- HEMPEL, I., HEMPEL, G. & BAKER, A. DE C. (1979): Early life history stages of krill (*Euphausia superba*) in Bransfield Strait and Weddell Sea. *Meeresforsch.* 27: 267-281
- HENSEN, V. (1887): Über die Bestimmung des Planktons oder des im Meere treibenden Materials an Pflanzen und Thieren. *Wiss. Meeresunters., Abt. Kiel, N.F.* 5:1-106
- HERRING, P.J. (1973): Depth distribution of pigment and lipid in some oceanic animals. 2. Decapod crustaceans. *J. mar. biol. Ass. U.K.* 53: 539-562
- HERRING, P.J. & MORRIS, R.J. (1975): Embryonic metabolism of carotenoid pigments and lipid in species of *Acantheephyra* (Crustacea: Decapoda). *Proc. 9th Europ. Mar. Biol. Symp., Aberdeen Univ. Press*, pp. 299-310
- HEYWOOD, R.B., EVERSON, I & PRIDDLE, J. (1985): The absence of krill from the South Georgia zone, winter 1983. *Deep-Sea Res.* 32: 369-378
- HIRCHE, H.-J. (1983): Overwintering of *Calanus finmarchicus* and *Calanus helgolandicus*. *Mar. Ecol. Progr. Ser.* 11: 281-290
- HOCHACHKA, P. & SOMERO, G. (1980): Strategien biochemischer Anpassung. *Thieme, Stuttgart*, 401 S.
- HOLM-HANSEN, O. & HUNTLEY, M. (1984): Feeding requirements of krill in relation to food sources. *J. Crust. Biol.* 4 (Spec. No. 1): 156-173
- HOPKINS, C.C.E., SEIRING, J.V., NYHOLMEN, O. & HERMANNSEN, A. (1984a): Ecological energetics from total lipid and total protein: fact and artifact using a gravimetric method for lipid and a biuret method for protein. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.* 22: 211-261
- HOPKINS, C.C.E., TANDE, K.S., GRÖNVIK, S. & SARGENT, J.R. (1984b): Ecological investigations of the zooplankton community of Balsfjorden, northern Norway: an analysis of growth and overwintering tactics in relation to niche and environment in *Metridia longa* (Lubbock), *Calanus finmarchicus* (Gunnerus), *Thysanoessa inermis* (Kroyer) and *Thysanoessa raschi* (M. Sars). *J. exp. mar. Biol. Ecol.* 82: 77-99
- HOPKINS, C.C.E., TANDE, K.S., GRÖNVIK, S., SARGENT, J.R. & SCHWEDER, T. (1985): Ecological investigations of the zooplankton community of Balsfjorden, northern Norway: an appraisal of growth, condition, and overwintering in relation to niche and food supply in *Metridia longa*, *Calanus finmarchicus*, *Thysanoessa inermis* and *Thysanoessa raschii*. *Proc. 18th Europ. Symp. mar. Biol., Wiley, Chichester*, pp. 83-102

- HOPKINS, C.C.E., TANDE, K.S., GRÖNVIK, S., SARGENT, J.R. & SCHWEDER, T. (1986): Ecological investigations on the zooplankton community of Balsfjorden, northern Norway: an analysis of growth and overwintering tactics in relation to niche and environment in *Metridia longa* (Lubbock), *Calanus finmarchicus* (Gunnerus), *Thysanoessa inermis* (Kroyer) and *T. raschii* (M. Sars). J. Exp. Mar. Biol. Ecol. **82**: 77-99
- HOPKINS, T.L. (1985) Food web of an Antarctic midwater ecosystem. Mar. Biol. **89**: 197-212
- HOPKINS, T.L. (1987): Midwater food web in McMurdo Sound, Ross Sea, Antarctica. Mar. Biol. **96**: 93-106
- HUBOLD, G. (1984): Spatial distribution of *Pleuragramma antarcticum* (Pisces: Nototheniidae) near the Filchner- and Larsen Ice Shelves (Weddell Sea/Antarctica). Polar Biol. **3**: 231-236
- HUBOLD, G. (1985): The early life-history of the high-Antarctic silverfish, *Pleuragramma antarcticum*. In: Antarctic Nutrient Cycles and Food Webs (W.R. SIEGFRIED, P.R. CONDY & R.M. LAWS, eds.), Springer, Berlin, pp. 445-451
- HUBOLD, G. & EKAU, W. (1987): Midwater fish fauna of the Weddell Sea, Antarctica. Proc. 5th Congr. Europ. Ichthyol., Stockholm 1985, pp. 391-396
- HUBOLD, G., HEMPEL, I. & MEYER, M. (1988): Zooplankton communities in the southern Weddell Sea (Antarctica). Polar Biol. **8**: 225-233
- IKEDA, T. (1972): Chemical composition and nutrition of zooplankton in the Bering Sea. In: Biological Oceanography of the northern North Pacific Ocean (Y.A. TAKENOUTI, ed.), Idemitsu Shoten, Tokyo, pp. 433-442
- IKEDA, T. (1984a): Development of the larvae of the Antarctic krill (*Euphausia superba* Dana) observed in the laboratory. J. exp. mar. Biol. Ecol. **75**: 107-117
- IKEDA, T. (1984b): Sequences in metabolic rates and elemental composition (C, N, P) during the development of *Euphausia superba* Dana and estimated food requirements during its life span. J. Crust. Biol. **4**: 273-284
- IKEDA, T. (1986): Preliminary observations on the development of the larvae of *Euphausia crystallophias*. Mem. Nat. Inst. Polar Res., Spec. Issue **40**: 183-186
- IKEDA, T. & DIXON, P. (1982): Body shrinkage as a possible over-wintering mechanism of the antarctic krill *Euphausia superba* Dana. J. exp. mar. Biol. Ecol. **62**: 143-151
- IKEDA, T. & MITCHELL (1982): Oxygen uptake, ammonia excretion and phosphate excretion by krill and other zooplankton in relation to their body size and chemical composition. Mar. Biol. **71**: 283-298
- KAITARANTA, J.K. & NICOLAIDES, N. (1981): Response and linearity of different lipid components when analysed by thin-layer chromatography with flame ionization detection. J. Chromatogr. **205**: 339-347
- KARLSON, P. (1980): Kurzes Lehrbuch der Biochemie. Thieme, Stuttgart, 445 S.
- KATTNER, G. & KRAUSE, M. (1987): Changes in lipids during the development of *Calanus finmarchicus* s.l. from copepodid I to adult. Mar. Biol. **96**: 511-518
- KATTNER, G., KRAUSE, M. & TRAHMS, J. (1981): Lipid composition of some North Sea copepods. Mar. Ecol. Progr. Ser. **4**: 69-74
- KAWAGUSHI, K., ISHIKAWA, S. & MATSUDA, O. (1986): The overwintering strategy of Antarctic krill (*Euphausia superba* Dana) under the coastal fast ice off the Ongul Islands in Lützow-Holm Bay, Antarctica. Mem. Nat. Inst. Polar Res. Spec. Issue No **44**: 67-85

- KELLERMANN, A. (1986): Zur Biologie der Jugendstadien der Notothenioidei (Pisces) an der Antarktischen Halbinsel. Ber. Polarforsch. 31: 1-147
- KILS, U. (1979): Schwimmverhalten, Schwimmleistung und Energiebilanz des antarktischen Krills, *Euphausia superba*. Ber. Inst. Meereskd. Kiel 65: 1-71
- KIRKWOOD, J.M. (1984): A guide to the Decapoda of the Southern Ocean. Austr. Nat. Antarctic Res. Exped. 11: 1-47
- KITTEL, W. & LIGOWSKI, R. (1980): Algae found in the food of *Euphausia crystallorophias* (Crustacea). Polish Polar Res. 1: 129-137
- KLAGES, N. (1983): Der Nordische Krill *Meganyctiphanes norvegica*, Nahrung und ernährungsethologische Aspekte. Diss., Univ. Kiel, 104 S.
- KLEM, A. (1932): Contributions to the study of the oils of marine Crustacea. I. The oils of *Meganyctiphanes norvegica* M. Sars and *Calanus finmarchicus* Gunn.. Hvalradets Skrifter 6: 1-24
- KNOX, G.A. (1970): Antarctic marine ecosystems. In: Antarctic Ecology, vol. I (M.W. HOLDGATE, ed.), Academic Press, London, pp. 69-96
- KOBAYASHI, H.A. (1974): Growth cycle and related vertical distribution of the thecosomatous pteropod *Spiratella* ("*Limacina*") *helicina* in the Central Arctic Ocean. Mar. Biol. 26: 295-301
- KOTTMEIER, S.T., SULLIVAN, C.W. (in press): Seasonal primary and bacterial productivity in the pack ice as related to krill. In: Antarctic Ocean variability and its influence on marine living resources, particularly krill (D. SAHRHAGE, ed.), Paris 1987
- KREY, J. (1950): Eine neue Methode zur quantitativen Bestimmung des Planktons. Kieler Meeresforsch. 7: 58-75
- KRYUCHKOVA, M. & MAKAROV, O.E. (1969): Technochemical characteristics of krill. TRUDY VNIRO 66: 295-298
- LALLI, C.M. (1970): Structure and function of the buccal apparatus of *Clione limacina* (Phipps) with a review of feeding in gymnosomatous pteropods. J. exp. mar. Biol. Ecol. 4: 101-118
- LAWRENCE, J.M. (1976): Patterns of lipid storage in post-metamorphic marine invertebrates. Am. Zool. 16: 747-762
- LEBOUR, M.V. (1935): The echinospira larvae (Mollusca) of Plymouth. Proc. Zool. Soc. London 35: 163-174
- LEE, R.F. (1974a): Lipid composition of the copepod *Calanus hyperboreus* from the Arctic Ocean. Changes with depth and season. Mar. Biol. 26: 313-318
- LEE, R.F. (1974b): Lipids of zooplankton from Bute Inlet, British Columbia. J. Fish. Res. Bd. Can. 31: 1577-1588
- LEE, R.F. (1975): Lipids of Arctic zooplankton. Comp. Biochem. Physiol. 51B: 263-266
- LEE, R.F. & HIROTA, J. (1973): Wax esters in tropical zooplankton and nekton and the geographical distribution of wax esters in marine copepods. Limnol. Oceanogr. 18: 227-239
- LEE, R.F., HIROTA, J. & BARNETT, A.M. (1971a): Distribution and importance of wax esters in marine copepods and other zooplankton. Deep-Sea Res. 18: 1147-1165
- LEE, R.F., NEVENZEL, J.C. & LEWIS, A.G. (1974): Lipid changes during life cycle of marine copepod, *Euchaeta japonica* Marukawa. Lipids 9: 891-898
- LEE, R.F., NEVENZEL, J.C. & PAFFENHÖFER, G.A. (1970a): Wax esters in marine copepods. Science 167: 1510-1511

- LEE, R.F., NEVENZEL, J.C. & PAFFENHÖFER, G.A. (1971b): Importance of wax esters and other lipids in the marine food chain: phytoplankton and copepods. *Mar. Biol.* 9: 99-108
- LEE, R.F., NEVENZEL, J.C. & PAFFENHÖFER, G.A. (1972): The presence of wax esters in marine planktonic copepods. *Naturwiss.* 59: 406-411
- LEE, R.F., NEVENZEL, J.C., PAFFENHÖFER, G.A. & BENSON, A.A. (1970b): The metabolism of wax esters and other lipids by the marine copepod, *Calanus helgolandicus*. *J. Lipid Res.* 11: 237-240
- LEHNINGER, A. (1983): *Biochemie*. Vlg. Chemie, Weinheim, 919 S.
- LEXOW, T. (1921): Beitrag zur Kenntnis der norwegischen Heringsöle. *Chem. Umsch., Geb. Fette* 28: 85-86
- LITTLEPAGE, J. (1964): Seasonal variation in lipid content of two Antarctic marine Crustacea. In: *Biologie antarctique* (R. CARRICK, M.W. HOLDGATE & J. PREVOST, eds.), 1er Symp. SCAR, Paris 2.-8.9.1962, Hermann, Paris, pp. 463-470
- LOVERN, J.A. (1935): Fat metabolism in fishes. VI. The fats of some plankton Crustacea. *Biochem. J.* 29: 847-849
- LOVERN, J.A. (1964): The lipids of marine organisms. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.* 2: 169-191
- MacGINITIE, G.E. (1955): Distribution and ecology of the marine invertebrates of Point Barrow, Alaska. *Smithson. Misc. Collect.* 128: 1-201
- MACKINTOSH, N.A. (1934): Distribution of the macroplankton in the Atlantic sector of the Antarctic. *Discovery Rep.* 9: 65-160
- MACKINTOSH, N.A. (1937): The seasonal circulation of the Antarctic macroplankton. *Discovery Rep.* 16: 365-412
- MAKAROV, R.R. (1979a): Size composition and conditions of existence of *Euphausia superba* Dana (Crustacea: Euphausiacea) in the eastern part of the Pacific sector of the Southern Ocean. *Oceanology* 19: 582-585
- MAKAROV, R.R. (1979b): Larval distribution and reproductive ecology of *Thysanoessa macrura* (Crustacea: Euphausiacea) in the Scotia Sea. *Mar. Biol.* 52: 377-386.
- MARIN, V. (1986): Distribution and life cycle of three Antarctic copepods (*Calanoides acutus*, *Calanus propinquus*, and *Rhincalanus gigas*). Ph. D. thesis, Univ. Calif., San Diego, 177 pp.
- MARIN, V. (in press, a): Fine scale variability of two Antarctic copepods north of Elephant Island. In: *Scient. Sem. Antarctic Ocean Variability and its influence on marine living resources, particularly krill*. UNESCO, Paris, 2.-6.6.1987
- MARIN, V. (in press, b): Independent life cycles: an alternative to the asynchronism hypothesis for Antarctic calanoid copepods. *Third Intern. Symp. on Copepods*, Brit. Mus. Nat. Hist.
- MARR, J.W.S. (1962): The natural history and geography of the Antarctic krill (*Euphausia superba* Dana). *Discovery Rep.* 32: 33-464
- MARSCHALL, H.-P. (1985): Structural and functional analyses of the feeding appendages of krill larvae. In: *Antarctic Nutrient Cycles and Food Webs* (W.R. SIEGFRIED, P.R. CONDY & R.M. LAWS, eds.), Springer, Berlin, pp. 346-354
- MARSCHALL, H.-P. (1987): Winter distribution, behaviour and feeding of krill. In: *Die Winter-Expedition mit FS "Polarstern" in die Antarktis (ANT V/1-3)* (S. SCHNACK-SCHIEL, Hg.), *Ber. Polarforsch.* 39: 205-209

- MARSCHALL, H.-P. & HIRCHE, H.-J. (1984): Development of eggs and nauplii of *Euphausia superba*. *Polar Biol.* 2: 245-256
- MARSHALL, S.M., NICHOLLS, A.G. & ORR, A.P. (1934): On the biology of *Calanus finmarchicus*. V. Seasonal distribution, size, weight and chemical composition in Loch Striven in 1933, and their relation to the phytoplankton. *J. mar. biol. Ass. U.K.* 19: 793-827
- MAUCLINE, J. (1980): The biology of mysids and euphausiids. *Adv. Mar. Biol.* 18: 1-677
- MAUCLINE, J. & FISHER, L.R. (1969): The biology of euphausiids. *Adv. Mar. Biol.* 7: 1-454
- MAYZAUD, P., FARBER-LORDA, J. & CORRE, M.C. (1985): Aspects of nutritional metabolism of two Antarctic euphausiids: *Euphausia superba* and *Thysanoessa macrura*. In: Antarctic Nutrient Cycles and Food Webs (R. SIEGFRIED, P.R. CONDY & R.M. LAWS, eds.), Springer, Berlin, pp. 330-338
- MORRIS, R.J. (1972): The occurrence of wax esters in crustaceans from the North-east Atlantic Ocean. *Mar. Biol.* 16: 102-107
- MORRIS, R.J. & SARGENT, J.R. (1973): Studies on the lipid metabolism of some oceanic crustaceans. *Mar. Biol.* 22: 77-83
- MORRIS, R.J., McCARTNEY, M.J. & SCHULZE-RÖBBECKE, A. (1983): *Bolinopsis infundibulum* (O.F. Müller): Biochemical composition in relation to diet. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 67: 149-157
- MUMM, N. (1987): Zur Ernährungsbiologie des Krills (*Euphausia superba*) im Winter - Untersuchungen anhand der Verdauungsenzyme Amylase und Trypsin. Dipl. Arb., Univ. Kiel, 97 S.
- MURRAY, D.K. (1985): Improved reproducibility and quantitative analysis of phospholipids by flame ionization detection. *J. Chromatogr.* 331: 303-312
- NASH, D.M., EATON, C.A. & CREWE, N.F. (1978): Lipid classes and fatty acid composition of squid (*Illex illecebrosus*). In: Proc. of the Workshop on the squid *Illex illecebrosus*. Dalhousie Univ., Halifax, N.S., May 1978 and a bibliography on the genus *Illex* (N. BALCH, R. AMARATUNGA & R.K. O'DOR, eds.), Fish. Mar. Serv. Techn. Rep. No. 833, 8 pp.
- NAST, F. (1986): Changes in krill abundance and in other zooplankton relative to the Weddell-Scotia Confluence around Elephant Island in November 1983, November 1984 and March 1985. *Arch. Fisch. Wiss.* 37 (Beih. 1): 73-94
- NAST, F. & GIESKES, W. (1986): Phytoplankton observations relative to krill abundance around Elephant Island in November 1983. *Arch. Fisch. Wiss.* 37 (Beih. 1): 95-106
- NEMOTO, T. & HARRISON, G. (1981): High latitude ecosystems. In: Analysis of Marine Ecosystems (A.R. LONGHURST, ed.), Academic Press, London, p. 95-126
- O'LEARY AMSLER, M. & GEORGE, R.Y. (1985): Changes in the biochemical composition of *Euphausia superba* Dana embryos during early development. *Polar Biol.* 4: 61-63
- OMMANNEY, F.O. (1936): *Rhincalanus gigas* (Brady). A copepod of the Southern macroplankton. *Discovery Rep.* 13: 277-389
- ORR, A.P. (1934a): On the biology of *Calanus finmarchicus*. Part IV. Seasonal changes in the weight and chemical composition in Loch Fyne. *J. mar. biol. Ass. U.K.* 19: 613-632
- ORR, A.P. (1934b): The weight and chemical composition of *Euchaeta norvegica* Boeck. *Proc. Roy. Soc. Edinb., B*, 54: 51-55

- OTTESTAD, P. (1932): On the biology of some Southern Copepoda. Hvalradets Skrifter 5: 1-61
- OTTESTAD, P. (1936): On Antarctic copepods from the "Norvegia" Expedition 1930-31. Scient. Results of the Norwegian Expeditions 1927-1928 *et sqq.* 15: 5-44
- PARRISH, C.C. & ACKMAN, R.G. (1985): Calibration of the Iatroscan-chromarod system for marine lipid class analyses. Lipids 20: 521-530
- PERCY, J.A. & FIFE, J.F. (1981): The biochemical composition and energy content of Arctic marine macrozooplankton. Arctic 34: 307-313.
- PIATKOWSKI, U. (1987): Zoogeographische Untersuchungen und Gemeinschaftsanalysen an antarktischem Makroplankton. Ber. Polarforsch. 34: 1-150
- PIERCE, R.W., VAN DER VEEN, J. & OLCOTT, H.S. (1969): Proximate and lipid analyses of krill (*Euphausia superba*) and red crab (*Pleuroncodes planipes*). J. Agric. Food Chem. 17: 367-369
- QUETIN, L.B. & ROSS, R.M. (1984): School composition of the Antarctic krill *Euphausia superba* in the water west of the Antarctic Peninsula in the austral summer of 1982. J. Crust. Biol. 4, Spec. Issue No. 1: 96-106
- RAKUSA-SUSZCZEWSKI, S. (1968): Predation of Chaetognatha by *Tomopteris helgolandicus* Greff. J. Cons. perm. int. Explor. Mer 32: 226-231
- RAKUSA-SUSZCZEWSKI, S. (1982): The biology and metabolism of *Orchomene plebs* (Hurley 1965) (Amphipoda; Gammaridea) from McMurdo Sound, Ross Sea, Antarctic. Polar Biol. 1: 47-54
- RAYMONT, J.E.G. & CONOVER, R.J. (1961): Further investigations on the carbohydrate content of marine zooplankton. Limnol. Oceanogr. 6: 154-164
- RAYMONT, J.E.G., SRINIVASAGAM, R.T. & RAYMONT, J.K.B. (1971): Biochemical studies on marine zooplankton. IX. The biochemical composition of *Euphausia superba*. J. mar. biol. Ass. U.K. 51: 581-588
- REEVE, M.R., RAYMONT, J.E.G. & RAYMONT, J.K.B. (1970): Seasonal biochemical composition and energy sources of *Sagitta hispida*. Mar. Biol. 6: 357-364
- REEVE, M.R., WALTER, M.A. & IKEDA, T. (1978): Laboratory studies of ingestion and food utilization in lobate and tentaculate ctenophores. Limnol. Oceanogr. 23: 740-751
- REINHARDT, S.B. & VAN VLEET, E.S. (1986): Lipid composition of twenty-two species of Antarctic midwater zooplankton and fish. Mar. Biol. 91: 149-159
- REINKE, M. (1987) Zur Nahrungs- und Bewegungsphysiologie von *Salpa thompsoni* und *Salpa fusiformis*. Ber. Polarforsch. 36: 1-86
- RODHOUSE, P.G. & CLARKE, M.R. (1986): Distribution of the early-life phase of the Antarctic squid *Galiteuthis glacialis* in relation to the hydrography of the Southern Ocean in the sector 15° to 30° E. Mar. Biol. 91: 353-357
- ROE, H.S.J. & SHALE, D.M. (1979): A new multiple Rectangular Midwater Trawl (RMT 1+8M) and some modifications to the Institute of Oceanographic Sciences' RMT 1+8. Mar. Biol. 50: 283-288
- ROSCHKE, N. (1978): Variabilität des Fett- und Proteingehalts beim Krill. Meeresforsch. 26: 217-221
- ROSENBERG, A.A., BEDDINGTON, J.R. & BASSON, M. (1986): Growth and longevity of krill during the first decade of pelagic whaling. Nature 324: 152-154
- ROSENFELD, G. (1904): Studien über das Fett der Meeresorganismen. Wiss. Meeresunters., N.F., Abt. Helg. 5: 57-83

- ROSS, R.M. & QUETIN, L.B. (1986): How productive are Antarctic krill? *BioScience* **36**: 264-269
- SACHS, L. (1984): *Angewandte Statistik*. Springer, Berlin, 552 S.
- SAETHER, O., ELLINGSEN, T.E. & MOHR, V. (1985): The distribution of lipid in the tissues of Antarctic krill, *Euphausia superba*. *Comp. Biochem. Physiol.* **81B**: 609-614
- SAETHER, O., ELLINGSEN, T.E. & MOHR, V. (1986): Lipids of North Atlantic krill. *J. Lipid Res.* **27**: 274-285
- SARGENT, J.R. (1976): Structure, metabolism and function of lipids in marine organisms. *In*: *Biochemical and Biophysical Perspectives in Marine Biology* (D.C. MALINS & J.R. SARGENT, eds.), Academic Press, London, vol. 3: 149-212
- SARGENT, J.R. (1978): Marine wax esters. *Sci. Prog., Oxf.* **65**: 437-458
- SARGENT, J.R. & FALK-PETERSEN, S. (1981): Ecological investigations on the zooplankton community of Balsfjorden, northern Norway: lipids and fatty acids in *Meganyctiphanes norvegica*, *Thysanoessa raschii* and *T. inermis* during mid-winter. *Mar. Biol.* **62**: 131-137
- SARGENT, J.R. & HENDERSON, R.J. (1986): Lipids. *In*: *Biological Chemistry of Marine Copepods* (E.D.S. CORNER & S. O'HARA, eds.), Univ. Press, Oxford, pp. 59-108
- SARGENT, J.R. & McINTOSH, R. (1974): Studies on the mechanism of biosynthesis of wax esters in *Euchaeta norvegica*. *Mar. Biol.* **25**: 271-277
- SARGENT, J.R. & WHITTLE, K.J. (1981): Lipids and hydrocarbons in the marine food web. *In*: *Analysis of Marine Ecosystems* (A.R. LONGHURST, ed.), Academic Press, London, pp. 491-533
- SARGENT, J.R., LEE, R.F. & NEVENZEL, J.C. (1976): Marine waxes. *In*: *Chemistry and Biochemistry of Natural Waxes* (P.E. KOLATTUKUDY, ed.), Elsevier, Amsterdam, pp. 50-91
- SARGENT, J.R., LEE, R.F., CORNER, E.D.S. & KILVINGTON, C.C. (1977): On the nutrition and metabolism of zooplankton. XI. Lipids in *Calanus helgolandicus* grazing *Biddulphia sinensis*. *J. mar. biol. Ass. U.K.* **57**: 525-533
- SARGENT, J.R., GATTEN, R.R. & HENDERSON, R.J. (1981): Lipid biochemistry of zooplankton from high latitudes. *Oceanis* **7**: 623-632
- SARGENT, J.R., EILERTSEN, H.C., FALK-PETERSEN, S. & TAASEN, J.P. (1985): Carbon assimilation and lipid production in phytoplankton in northern Norwegian fjords. *Mar. Biol.* **85**: 109-116
- SCHMIDT-NIELSEN, K. (1983): *Animal physiology*. Univ. Press, Cambridge, 619 pp.
- SCHNACK, S.B. (1983): Feeding of two Antarctic copepod species (*Calanus propinquus* and *Metridia gerlachei*) on a mixture of centric diatoms. *Polar Biol.* **2**: 63-68
- SCHNACK, S.B. (1985): Feeding by *Euphausia superba* and copepod species in response to varying concentrations of phytoplankton. *In*: *Antarctic Nutrient Cycles and Food Webs* (W.R. SIEGFRIED, P.R. CONDY & R.M. LAWS, eds.), Springer, Berlin, pp. 311-323
- SCHNACK-SCHIEL, S.B. (1987): Die Winter-Expedition mit FS "Polarstern" in die Antarktis (ANT V/1-3). *Ber. Polarforsch.* **39**: 1-259
- SCHWARZBACH, W. (1987): Die Fischfauna der östlichen und südlichen Weddell See: Geographische Verbreitung, Nahrung und trophische Stellung der Fischarten. *Diss., Univ. Kiel*, 135 S.

- SHEARD, K. (1953): Taxonomy, distribution and development of the Euphausiacea (Crustacea). B.A.N.Z.A.R.E. Rep.-Ser. B 8: 1-72
- SIDHU, G., MONTGOMERY, W., HOLLOWAY, G., JOHNSON, A. & WALKER, D. (1970): Biochemical composition and nutritive value of krill (*Euphausia superba* Dana). J. Sci. Fd. Agric. 21: 293-296
- SIEGEL, V. (1985a): The distribution pattern of krill, *Euphausia superba*, west of the Antarctic Peninsula in February 1982. Meeresforsch. 30: 292-305
- SIEGEL, V. (1985b): On the fecundity of Antarctic krill, *Euphausia superba* (Euphausiacea). Arch. Fisch. Wiss. 36: 185-193
- SIEGEL, V. (1986): Untersuchungen zur Biologie des antarktischen Krill, *Euphausia superba*, im Bereich der Bransfield Straße und angrenzender Gebiete. Mitt. Inst. Seefisch., Hamburg, 38: 1-244
- SIEGEL, V. (1987): Antarktischer Krill. In: Die Winter-Expedition von FS "Polarstern" in die Antarktis (ANT V/1-3) (S.B. SCHNACK-SCHIEL, Hg.), Ber. Polarforsch. 39: 21-22
- SMITH, W.O. & NELSON, D.M. (1985): Phytoplankton bloom produced by a receding ice edge in the Ross Sea: Spatial coherence with the density field. Science 227: 163-166
- SMITH, W.O. & NELSON, D.M. (1986): Importance of ice edge phytoplankton production in the Southern Ocean. BioScience 36: 251-257
- STEPNIK, R. (1982): All-year populational studies of Euphausiacea (Crustacea) in the Admiralty Bay (King George Island, South Shetland Islands, Antarctic). Polish Polar Res. 3: 49-68
- TOCHER, D.R., FRASER, A.J., SARGENT, J.R. & GAMBLE, J.C. (1985): Lipid class composition during embryonic and early larval development in Atlantic herring (*Clupea harengus* L.). Lipids 20: 84-89
- VERVOORT, W. (1965): Notes on the biogeography and ecology of free-living, marine Copepoda. In: Biogeography and Ecology in Antarctica (J. VAN MIEGHEM, P. VAN OYE & J. SCHELL, eds.), Junk Publ., The Hague, pp. 381-400
- VORONINA, N.M. (1972a): The spatial structure of interzonal copepod populations in the Southern Ocean. Mar. Biol. 15: 336-343
- VORONINA, N.M. (1972b): Vertical structure of a pelagic community in the Antarctic. Oceanology 12: 415-420
- WATANABE, T., SUGII, K., YUGUCHI, H., KINUMAKI, T. (1976): Studies on the utilization of Antarctic krill. 2. Analyses of nutritive components. Bull. Tokai Reg. Fish. Res. Lab. 85: 13-30
- WHITAKER, T.M. (1982): Primary production of phytoplankton off Signy Island, South Orkneys, the Antarctic. Proc. Royal Soc. London B, 214: 169-189
- WIMPENNY, R.S. (1929): Preliminary observations on the fat-content of the plankton on the English herring grounds in the North Sea. Fish. Invest., Lond., Ser. 2, 11: 23 pp.
- YANASE, M. (1974): Chemical composition of the Antarctic krill *Euphausia superba* by raw freezing and precooked freezing. Bull. Tokai Reg. Fish. Res. Lab. 77: 97-102
- ZÖLLNER, N. & KIRSCH, K. (1962): Über die quantitative Bestimmung von Lipoiden (Mikromethode) mittels der vielen natürlichen Lipoiden (allen bekannten Plasmalipoiden) gemeinsamen Sulfophosphovanillin-Reaktion. Z. ges. exp. Med. 135: 545-561

Folgende Hefte der Reihe „Berichte zur Polarforschung“ sind bisher erschienen:

Verkaufspreis/Df

- * **Sonderheft Nr. 1/1981** – „Die Antarktis und ihr Lebensraum“
Eine Einführung für Besucher – Herausgegeben im Auftrag von SCAR
- Heft Nr. 1/1982** – „Die Filchner-Schelfeis-Expedition 1980/81“
zusammengestellt von Heinz Kohnen 11,50
- Heft Nr. 2/1982** – „Deutsche Antarktis-Expedition 1980/81 mit FS ‚Meteor‘“
First International BIOMASS Experiment (FIBEX) – Liste der Zooplankton- und Mikronektonnetzänge
zusammengestellt von Norbert Klages 10,—
- Heft Nr. 3/1982** – „Digitale und analoge Krill-Echolot-Rohdatenerfassung an Bord des Forschungsschiffes ‚Meteor‘“ (im Rahmen von FIBEX 1980/81, Fahrtabschnitt ANT III), von Bodo Morgenstern 19,50
- Heft Nr. 4/1982** – „Filchner-Schelfeis-Expedition 1980/81“
Liste der Planktonfänge und Lichtstärkemessungen
zusammengestellt von Gerd Hubold und H. Eberhard Drescher 12,50
- * **Heft Nr. 5/1982** – „Joint Biological Expedition on RRS ‚John Biscoe‘, February 1982“
by G. Hempel and R. B. Heywood
- * **Heft Nr. 6/1982** – „Antarktis-Expedition 1981/82 (Unternehmen ‚Eiswarte‘)“
zusammengestellt von Gode Gravenhorst
- Heft Nr. 7/1982** – „Marin-Biologisches Begleitprogramm zur Standorterkundung 1979/80 mit MS ‚Polar-
sirkel‘ (Pre-Site Survey)“ – Stationslisten der Mikronekton- und Zooplanktonfänge sowie der Bodenfischerei
zusammengestellt von R. Schneppenheim 13,—
- Heft Nr. 8/1983** – „The Post-Fibex Data Interpretation Workshop“
by D. L. Cram and J.-C. Freytag with the collaboration of J. W. Schmidt, M. Mall, R. Kresse, T. Schwinghammer 10,—
- Heft Nr. 9/1983** – „Distribution of some groups of zooplankton in the inner Weddell Sea in summer 1979/80“
by I. Hempel, G. Hubold, B. Kaczmaruk, R. Keller, R. Weigmann-Haass 15,—
- Heft Nr. 10/1983** – „Fluor im antarktischen Ökosystem“ – DFG-Symposium November 1982
zusammengestellt von Dieter Adelung 23,—
- Heft Nr. 11/1983** – „Joint Biological Expedition on RRS ‚John Biscoe‘, February 1982 (II)“
Data of micronekton and zooplankton hauls, by Uwe Piatkowski 16,—
- Heft Nr. 12/1983** – „Das biologische Programm der ANTARKTIS-I-Expedition 1983 mit FS ‚Polarstern‘“
Stationslisten der Plankton-, Benthos- und Grundschnepnetzänge und Liste der Probenahme an Robben
und Vögeln, von H. E. Drescher, G. Hubold, U. Piatkowski, J. Plötz und J. Voß 14,—
- * **Heft Nr. 13/1983** – „Die Antarktis-Expedition von MS ‚Polarbjörn‘ 1982/83“ (Sommercampagne zur
Atka-Bucht und zu den Kraul-Bergen), zusammengestellt von Heinz Kohnen
- * **Sonderheft Nr. 2/1983** – „Die erste Antarktis-Expedition von FS ‚Polarstern‘ (Kapstadt, 20. Januar 1983 –
Rio de Janeiro, 25. März 1983)“, Bericht des Fahrtleiters Prof. Dr. Gotthilf Hempel
- * **Sonderheft Nr. 3/1983** – „Sicherheit und Überleben bei Polarexpeditionen“
zusammengestellt von Heinz Kohnen
- Heft Nr. 14/1983** – „Die erste Antarktis-Expedition (ANTARKTIS I) von FS ‚Polarstern‘ 1982/83“
herausgegeben von Gotthilf Hempel 40,—
- Sonderheft Nr. 4/1983** – „On the Biology of Krill *Euphausia superba*“ – Proceedings of the Seminar
and Report of the Krill Ecology Group, Bremerhaven 12.–16. May 1983, edited by S. B. Schnack 75,—
- Heft Nr. 15/1983** – „German Antarctic Expedition 1980/81 with FRV ‚Walther Herwig‘ and RV ‚Meteor‘“ –
First International BIOMASS Experiment (FIBEX) – Data of micronekton and zooplankton hauls
by Uwe Piatkowski and Norbert Klages 22,50
- Sonderheft Nr. 5/1984** – „The observatories of the Georg-von-Neumayer-Station“, by Ernst Augstein 8,—
- Heft Nr. 16/1984** – „FIBEX cruise zooplankton data“
by U. Piatkowski, I. Hempel and S. Rakusa-Suszczewski 19,—
- Heft Nr. 17/1984** – „Fahrtbericht (cruise report) der ‚Polarstern‘-Reise ARKTIS I, 1983“
von E. Augstein, G. Hempel und J. Thiede 29,—
- Heft Nr. 18/1984** – „Die Expedition ANTARKTIS II mit FS ‚Polarstern‘ 1983/84“,
Bericht von den Fahrtabschnitten 1, 2 und 3, herausgegeben von D. Fütterer 25,—
- Heft Nr. 19/1984** – „Die Expedition ANTARKTIS II mit FS ‚Polarstern‘ 1983/84“,
Bericht vom Fahrtabschnitt 4, Punta Arenas–Kapstadt (Ant-II/4), herausgegeben von H. Kohnen 41,—
- Heft Nr. 20/1984** – „Die Expedition ARKTIS II des FS ‚Polarstern‘ 1984, mit Beiträgen des FS ‚Valdivia‘
und des Forschungsflugzeuges ‚Falcon 20‘ zum Marginal Ice Zone Experiment 1984 (MIZEX)“
von E. Augstein, G. Hempel, J. Schwarz, J. Thiede und W. Weigel 42,—