

**Umsatz und Verteilung von Lipiden in arktischen  
marinen Organismen unter besonderer  
Berücksichtigung unterer trophischer Stufen.**

**Turnover and distribution of lipids in arctic marine  
organisms with regard to lower trophic levels.**

---

**Martin Graeve**

**Ber. Polarforsch. 124 (1993)  
ISSN 0176 - 5027**

**Martin Graeve**

Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung  
Columbusstraße; D-2850 Bremerhaven; Bundesrepublik Deutschland

Die vorliegende Arbeit ist eine inhaltlich unveränderte Fassung einer  
Dissertation, die 1992 am Fachbereich Biologie/Chemie der Universität  
Bremen angefertigt wurde.

## DANKSAGUNG

Herrn Prof. Dr. O. Schrems danke ich für die Betreuung und die Begutachtung dieser Arbeit sowie den großzügig gewährten Freiraum bei der Erstellung der Arbeit.

Herrn Prof. Dr. D. Beyersmann danke ich für die bereitwillige Übernahme des Korreferats.

Mein besonderer Dank gilt Herrn Dr. Gerhard Kattner für die Vergabe des Themas und die optimale Unterstützung, zu Lande und zu Wasser, während meiner Doktorandenzeit. Vielen Dank, Gerhard.

Weiterhin möchte ich mich besonders bei Herrn Urban Tillmann, für die Einarbeitung in die  $^{14}\text{C}$ -Methodik und die unermüdliche Unterstützung bei der Durchführung der Experimente während unserer beiden gemeinsamen "Polarstern"-Reisen bedanken.

Die Fütterungsexperimente hätte ich ohne die technische Unterstützung von Frau Ute Meyer und Herrn Dr. Hans-Jürgen Hirche nicht durchführen können. Dafür möchte ich mich herzlichst bedanken.

Herrn Dr. Dieter Piepenburg und Herrn Michael Schmidt, vom Institut für Polarökologie in Kiel, schulde ich Dank für die Präparation und die taxonomische Bestimmung der Benthosproben.

Für die technische Assistenz bei den zahlreichen Lipidanalysen und bei der Erstellung des Tabellenanhangs möchte ich mich besonders bei meinen Kolleginnen Andrea Murken, Kerstin Pfeiffer, Marthi Stürcken und Kirsten Fahl bedanken.

Herzlichst gedankt sei ebenso allen Mitarbeitern der Sektion Chemie für ihre stete Hilfsbereitschaft und die sehr gute Arbeitsatmosphäre am Institut.

Der Crew des FS "Polarstern" danke ich für ihre Hilfsbereitschaft und Kooperation während meiner Expeditionen.

Last but not least danke ich meiner Freundin Martina und meiner Familie für die grenzenlose Geduld und Aufmunterung während der "heißen" Phase des Zusammenschreibens.

INHALTSVERZEICHNIS	SEITE
Zusammenfassung .....	V
Summary .....	VIII
Abkürzungen .....	XI
<b>1. EINLEITUNG</b> .....	<b>1</b>
<b>2. UNTERSUCHUNGSGEBIET</b> .....	<b>4</b>
2.1 Hydrographie der Grönlandsee und der Framstraße .....	4
2.2 Eisbedeckung .....	7
2.3 Zooplankton .....	8
2.4 Benthos .....	9
<b>3. MATERIAL UND METHODEN</b> .....	<b>10</b>
3.1 Probennahme .....	10
3.1.1 Phytoplankton .....	13
3.1.2 Zooplankton .....	13
3.1.3 Benthos .....	14
3.2 Physiologische Experimente .....	15
3.2.1 Umstellung des Nahrungsangebotes .....	15
3.2.1.1 Phytoplanktonkulturen .....	16
3.2.1.2 Versuchsansätze .....	16
3.3 Versuche zur <sup>14</sup> C-Aufnahme .....	17
3.3.1 Markierung der Algen .....	17
3.3.2 Markierung der Copepoden .....	18
3.4 Analytische Methoden .....	19
3.4.1 Lipidextraktion .....	19
3.4.2 Dünnschichtchromatographie der Lipidextrakte .....	19
3.4.3 Dünnschichtchromatographie mit Flammenionisationsdetektion .....	19
3.4.4 Gaschromatographie .....	20
3.4.5 Analyse der markierten Lipide .....	22

4.	<b>ERGEBNISSE</b> .....	24
4.1	Fettsäureverteilung im Phytoplankton.....	24
	4.1.1 Grönlandseeschnitt.....	24
	4.1.1.1 Chlorophyll a- und Phytoplanktonverteilung.....	24
	4.1.1.2 Gesamtlipidgehalt und Fettsäureverteilung .....	25
	4.1.2 Nordostwasser-Polynya und Framstraßenschnitt.....	27
	4.1.2.1 Chlorophyll a- und Phytoplanktonverteilung.....	27
	4.1.2.2 Gesamtlipidgehalt und Fettsäureverteilung .....	28
4.2	Variabilität der Lipide im Zooplankton.....	29
	4.2.1 Variabilität der Lipide in <i>Calanus hyperboreus</i> Weibchen an einer Station.....	29
	4.2.2 Regionale Verteilung der Lipide im Zooplankton.....	34
	4.2.2.1 Grönlandseeschnitt .....	34
	4.2.2.2 Nordostwasser-Polynya und Framstraßenschnitt.....	41
4.3	Versuche zur Fütterung von Copepoden mit Algen unterschiedlicher Fettsäuremuster.....	49
	4.3.1 Fütterung von <i>Calanus hyperboreus</i> mit <i>Amphidinium carterae</i> (Dinophyceae).....	49
	4.3.2 Fütterung von <i>Calanus hyperboreus</i> mit <i>Prorocentrum micans</i> (Dinophyceae) .....	56
	4.3.3 Fütterung von <i>Calanus hyperboreus</i> mit <i>Thalassiosira antarctica</i> (Diatomaceae).....	57
	4.3.4 Fütterung von <i>Calanus glacialis</i> mit <i>Dunaliella tertiolecta</i> (Chlorophyceae).....	61
	4.3.5. Fütterung von <i>Calanus hyperboreus</i> mit <i>Amphidinium carterae</i> (Dinophyceae).....	63
	4.3.6 Fütterung von <i>Calanus finmarchicus</i> mit <i>Thalassiosira antarctica</i> (Diatomaceae).....	65
4.4	Akkumulation von <sup>14</sup> C in den Lipiden der herbivoren Copepoden .....	70
	4.4.1 <i>Calanus hyperboreus</i> : Einbau von <sup>14</sup> C in die Gesamtlipide.....	70
	4.4.2 <i>Calanus hyperboreus</i> : Einbau von <sup>14</sup> C in die Lipidklassen .....	74
	4.4.3 <i>Calanus hyperboreus</i> : Einbau von <sup>14</sup> C in die Fettsäuren und Alkohole.....	76

4.4.4	<i>Calanus finmarchicus</i> : Einbau von $^{14}\text{C}$ in die Gesamtlipide.....	78
4.4.5	<i>Calanus finmarchicus</i> : Einbau von $^{14}\text{C}$ in die Lipidklassen.....	81
4.4.6	<i>Calanus finmarchicus</i> : Einbau von $^{14}\text{C}$ in die Fettsäuren und Alkohole.....	84
<b>4.5</b>	<b>Lipidverteilung in benthischen Organismen.....</b>	<b>86</b>
4.5.1	Decapoda.....	86
4.5.2	Cirripedia.....	93
4.5.3	Pantopoda.....	93
4.5.4	Isopoda.....	94
4.5.5	Amphipoda.....	94
4.5.6	Ophiuroidea.....	95
4.5.7	Crinoidea.....	97
4.5.8	Echinoidea.....	97
4.5.9	Actinaria.....	99
4.5.10	Bivalvia.....	101
4.5.11	Polychaeta.....	102
<b>5.</b>	<b>DISKUSSION.....</b>	<b>103</b>
5.1	Fettsäureverteilung im Phytoplankton.....	104
5.2	Verteilung der Fettsäuren und Alkohole im Zooplankton.....	108
5.3	Einfluß der Nahrungsumstellung auf das Fettsäuremuster der Copepoden.....	112
5.4	Akkumulation von $^{14}\text{C}$ in den Lipiden der Copepoden.....	117
5.5	Lipidverteilung in benthischen Organismen.....	123
5.6	Fazit und Ausblick.....	128
<b>7.</b>	<b>LITERATUR.....</b>	<b>130</b>
<b>8.</b>	<b>ANHANG.....</b>	<b>141</b>

## Zusammenfassung

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurden Feld- und Laboruntersuchungen zur Verteilung und zum Umsatz von Lipiden im Phytoplankton, herbivoren Zooplankton und in benthischen Organismen durchgeführt. Das Probenmaterial wurde auf drei Expeditionen (ARK VI/4 (29.6-7.7.1989), ARK VII/2 (10.7.-15.8.1990) und ARK VIII/1-2 (1.6.-30.7.1991)) mit der FS "Polarstern" im Seegebiet der Grönlandsee und der Nordostwasser-Polynya/Framstraße gewonnen.

Die Verteilung von Lipiden im Phytoplankton und im herbivoren Zooplankton dieser Seegebiete wurde anhand von sogenannten Fettsäuremarkern dargestellt. Diese Fettsäuremarker wie z.B. die 16:1(n-7) Fettsäure und die mehrfachungesättigten Fettsäuren 18:4(n-3), 20:5(n-3) und 22:6(n-3) sind für bestimmte Phytoplanktonklassen charakteristisch und werden vom herbivoren Zooplankton unverändert aufgenommen. Die Fettsäureanalysen ergaben für die Copepoden *Calanus finmarchicus* und *Calanus hyperboreus* in beiden Regionen eine typische, speziesabhängige Zusammensetzung der Fettsäuren und Alkohole, wobei die Verteilung der Fettsäuremarker, wie die 16:1(n-7), 18:4(n-3) und 22:6(n-3) Fettsäuren, durch die regionale Phytoplanktongemeinschaft geprägt war, welches durch vergleichende Analysen des Phytoplanktons bestätigt wurde.

Besonders in der Grönlandsee zeigte sich im Fettsäuremuster der Copepoden *Calanus finmarchicus* und *Calanus hyperboreus* von West nach Ost eine Abnahme der für Diatomeen typischen Fettsäuremarker 16:1(n-7) und 16:4 sowie eine Zunahme der Fettsäuren 18:4(n-3) und 22:6(n-3), die für Dinophyceen charakteristisch sind. Im atlantischen Wasser der Framstraße wurden bei *Calanus finmarchicus* nur geringe Anteile der Fettsäuremarker aus der Nahrung festgestellt. Zusammen mit einem geringen Wachsestergehalt von durchschnittlich 63,2% deuten sie auf einen Verbrauch der Lipidreserven infolge der Reproduktion hin. Das Fettsäuremuster von *Calanus hyperboreus* aus der Framstraße wurde deutlich von Diatomeenfettsäuren geprägt, die auch bei Paralleluntersuchungen des Phytoplanktons festgestellt wurden. An den nördlichen Stationen in der Polynya sind die Diatomeenfettsäuren 20:5(n-3) und 16:4 dominant, während an den südlichen Stationen überwiegend die 16:1(n-7) Fettsäure gefunden wurde. Die Verteilung der Fettsäuren im Phytoplankton der Polynya war bedingt durch unterschiedliche Eisbedeckung, Nährstofflimitierung und Alterungsprozesse der Algen, sehr heterogen.

In Laborexperimenten wurde erstmalig der Umsatz bestimmter Markerlipide im Fettsäuremuster der Copepoden in Abhängigkeit von der Zeit untersucht. Dazu wurde die natürliche Planktonnahrung der Copepoden mit reinen Algenkulturen umgestellt. Als Futteralgen dienten Reinkulturen von Diatomeen-, Dinophyteen- und Chlorophyteenarten. *Calanus hyperboreus* V wurde während dreier Experimente mit der Futteralge *Amphidinium carterae*, einer Dinophycee, gefüttert, wobei innerhalb von 12 bis 35 Tagen eine Zunahme der für diese Planktonart typischen Fettsäure 18:4(n-3) zwischen 6,3% und 16,1% beobachtet wurde. Die Fütterung von *C. hyperboreus* f. mit einer anderen Dinophyteen-Art bewirkte nur eine geringe Akkumulation des Fettsäuremarkers 18:4(n-3). Die Versuche mit *C. hyperboreus* f. u. V aus dem Spätsommer ließen keinen Einfluß durch die Nahrungsumstellung erkennen. In weiteren Versuchen wurde *Calanus finmarchicus* V mit *Thalassiosira antarctica* von Dinoflagellaten auf Diatomeen umgestellt. Es wurde eine kontinuierliche Veränderung der Planktonmarker 18:4(n-3) und 16:1(n-7) festgestellt. Der Gehalt der 18:4(n-3) Fettsäure nahm im Verlauf des Experiments zwischen 17,7% und 10,9% ab, und der Anteil der 16:1(n-7) Fettsäure nahm zwischen 11,5% und 6,3% zu. Die Verteilung der Fettsäuren bei *Calanus glacialis* konnte weder durch eine Umstellung von Diatomeen auf Dinoflagellaten noch durch eine Umstellung von Diatomeen auf Chlorophyteen beeinflußt werden. Es wurde jedoch bei diesen Experimenten eine starke Abnahme der Wachsester beobachtet.

Zur Ermittlung des kurzfristigen Umsatzes von Lipiden in den Copepoden *Calanus finmarchicus* f. und *Calanus hyperboreus* f. wurden Fütterungsversuche mit <sup>14</sup>C markiertem Phytoplankton durchgeführt. Bei allen Experimenten erfolgte die Aufnahme von <sup>14</sup>C aus dem Phytoplankton relativ schnell und spiegelte sich sowohl in den unterschiedlichen Lipidklassen als auch in deren Einzelkomponenten wider. Sie verlief jedoch bei den beiden Copepoden-Spezies unterschiedlich. Für *C. finmarchicus* wurde eine 10fach geringere Gesamtlipidproduktion als bei *C. hyperboreus* festgestellt.

Die Untersuchung der Aktivität in den verschiedenen Lipidklassen ergab bei dem Copepoditstadium V, dem Hauptüberwinterungsstadium von *C. finmarchicus*, eine verstärkte Akkumulation von <sup>14</sup>C in den Wachsestern. Während die *C. finmarchicus* Weibchen verstärkt <sup>14</sup>C in die Phospholipide einbauten, die sie zur Entwicklung der Gonaden und zur Bildung von Membranlipiden in den Eiern benötigen, war bei den *C. hyperboreus* Weibchen der Einbau von <sup>14</sup>C in die Wachsester am stärksten. Bei beiden Spezies lag die Aktivität in den Fettsäuren und Alkoholen der getrennt untersuchten Wachsesterfraktion bei jeweils ca. 50%.

Um eventuelle trophische Beziehungen zwischen pelagischen und benthischen Organismen anhand von Fettsäuremarkern festzustellen, wurde die Lipidklassenverteilung sowie die Fettsäurezusammensetzung ausgewählter benthischer Organismen analysiert.

Die decapoden Krebse stellten den Hauptteil der Proben. Ihr Fettsäuremuster ist nicht sehr variabel und wird von den mehrfach ungesättigten Fettsäuren 20:5(n-3) und 22:6(n-3) und den einfach ungesättigten Fettsäuren 18:1(n-9), 18:1(n-7) und 16:1(n-7) sowie der gesättigten Fettsäure 16:0 dominiert. Bei *Pandalus borealis* wurden auch die langkettigen Fettsäuren 20:1(n-9) und 22:1(n-11) nachgewiesen, die vermutlich durch Ernährung mit Zooplankton aufgenommen wurden. Die Eier der dekapoden Krebse enthielten, bis auf die der Spezies *Spirontocaris gaimardi* und *Sabinea septemcarinata*, hohe Anteile an Triacylglyceriden, die von der Fettsäure 16:1(n-7) dominiert wurden.

Bei dem Pantopoden *Chaetonymphon hirtipes* wurde die Fettsäure 14:0 als Hauptfettsäure bestimmt. Die Amphipoden *Stegocephalus inflatus* und *Anonyx nugax* zeigten sehr unterschiedliche Fettsäuremuster. Das Fettsäuremuster von *A. nugax* war durch die Ernährung mit herbivorem Zooplankton geprägt und enthielt sehr große Anteile der langkettigen Fettsäuren 20:1(n-9) und 22:1(n-11). Bei *S. inflatus* war neben der 20:5(n-3) Fettsäure auch die 18:1 Fettsäure Hauptkomponente, wobei die Stellungsisomeren 18:1(n-9) und 18:1(n-7) in gleich großen Anteilen vorlagen. Die Fettsäurezusammensetzung der Seepocke *Balanus crenatus* zeigte sehr gut den Einfluß der Fettsäuremarker aus dem Phytoplankton. Sie enthielt mit 9,7% einen sehr großen Anteil der 18:4(n-3) Fettsäure.

Bei den Stachelhäutern, vor allem bei den Schlangensterne (Ophiuroidea), war der Einfluß von Fettsäuremarkern, besonders an den flacheren Stationen gut zu erkennen. Bei *Ophiopholis aculeata* wurden relativ hohe Anteile der 18:4(n-3) und der 20:1(n-9) Fettsäure festgestellt. Weiterhin wurde bei den Schlangensternen ein hoher Gehalt der 14:0 Fettsäure registriert. Die Actinien, besonders die relativ seltene Art *Anthosactis jan mayeni*, enthielten teilweise hohe Wachsesteranteile, parallel mit hohen Anteilen der langkettigen Fettsäuren 20:1(n-9) und 22:1(n-11), die auf eine starke Ingestion von herbivorem Zooplankton hindeuten.

Die Lipidanalysen an Phyto- und Zooplankton verdeutlichten, dargestellt mit Hilfe von Markerfettsäuren, den regionalen Einfluß der Nahrungsfettsäuren auf das Fettsäuremuster der Copepoden. Die Beziehung zwischen diesen beiden Nahrungskettengliedern konnte in Laborexperimenten nachvollzogen werden, indem bestimmte

Markerfettsäuren aus der Algennahrung gezielt in dem Fettsäuremuster der Copepoden angereichert wurden. Zusätzliche Experimente mit  $^{14}\text{C}$  markiertem Phytoplankton schließlich gaben Aufschluß über speziesabhängige Unterschiede der Lipidproduktion, aber auch über den Einbau von  $^{14}\text{C}$  in die verschiedenen Lipidklassen. Weiterhin zeigten die Lipidanalysen an benthischen Organismen Unterschiede innerhalb verschiedener taxonomischer Gruppen auf und ließen teilweise auch den Verbleib von Fettsäuremarkern aus dem Phytoplankton erkennen.

## Summary

This study is based on field and laboratory experiments to investigate the composition of lipids in phytoplankton, calanoid copepods and benthic organisms as well as the turnover of lipids in calanoid copepods. The organisms were caught during three expeditions with PRV "Polarstern" (ARK VI/4 (29.6-7.7.1989), ARK VII/2 (10.7.-15.8.1990) und ARK VIII/1-2 (1.6.-30.7.1991)) to the Greenland Sea and the North East Water Polynya/Fram Strait region.

The lipid composition in phytoplankton and herbivorous zooplankton of both regions was characterized by means of marker fatty acids, which are typical of different groups of phytoplankton and are known to be incorporated unchanged by the herbivorous copepods. The copepods *Calanus hyperboreus* and *Calanus finmarchicus* showed a typical species-specific composition of their fatty acids and alcohols, which was partially overlapped by the marker fatty acids of the regional phytoplankton community, e.g. 16:1(n-7), 18:4(n-3) and 22:6(n-3) fatty acid. Especially in the Greenland Sea in both copepod species the amount of the 16:1 and 16:4 fatty acids, typical components of diatoms, declined from West to East together with an increase in 18:4(n-3) and 22:6(n-3) fatty acids, characteristic of dinoflagellates. In the Atlantic water of the Fram Strait lipids of *Calanus finmarchicus* contained only small amounts of marker fatty acids together with a remarkably low content of wax esters (63%). This situation suggests the consumption of metabolic reserves predominantly as a result of reproduction.

The fatty acid composition of *Calanus hyperboreus* from the Fram Strait region clearly indicated a diet of predominantly diatom origin. Phytoplankton analyses of this transect showed a similar distribution of lipids. At the northernmost station of the North East Water Polynya the diatom fatty acids 20:5(n-3) and 16:4 (sequence according to the descending abundance) were quite dominant. Whereas at the

southernmost stations the 16:1(n-7) fatty acid was the dominant marker. In the polynya the distribution of the phytoplanktonic fatty acids were quite heterogeneous due to differences in ice cover, nutritional regime and ageing.

For the first time the turnover of marker fatty acids of the calanoid copepods has been investigated in laboratory experiments. The phytoplankton diet of the copepods was changed to pure algal cultures according to the regional food regime found. The copepods were fed over periods between 18 to 54 days with cultures of diatoms, dinophyceae or chlorophyceae. *Calanus hyperboreus* were fed with the dinophyceae *Amphidinium carterae* during three experiments. Within 12 to 35 days the dinophycean marker fatty acids increased between 6.3% to 16.1%. The feeding experiments of *C. hyperboreus* females with other dinoflagellates yielded only a slight increase in 18:4 fatty acid. The fatty acid compositions of *C. hyperboreus* stage V and females from late summer were not affected by the feeding experiments. In expectation of the long overwintering period the metabolic processes of these animals were probably already in a resting stage. Therefore lipid accumulation was extremely low.

In two additional experiments the diet of *Calanus finmarchicus* has been changed from dinoflagellates to diatoms (*Thalassiosira antarctica*). The amount of the marker fatty acids 18:4 and 16:1 changed continuously. The proportion of the 18:4 fatty acid decreased during the experiments between 17.7% and 10.9% and the proportion of the 16:1 fatty acid increased between 11.5% and 6.3%. Neither the change of the diet from diatoms to dinoflagellates, nor from diatoms to chlorophyceae affected the fatty acid composition of *Calanus glacialis*. However, a strong decrease of the wax ester amount occurred, which indicated the consumption of metabolic reserves.

To estimate the short-term turnover of lipids *Calanus finmarchicus* and *Calanus hyperboreus* were fed with <sup>14</sup>C-labeled phytoplankton. In all experiments *C. finmarchicus* and *C. hyperboreus* showed a rapid uptake of the label, which was reflected in the different lipid classes as well as in their single components. However, the lipogenesis of lipids in *C. finmarchicus* was ten times lower than in *C. hyperboreus*. *C. finmarchicus* stage V, the main overwintering stage, had most of the labeled carbon in the wax ester fraction, while the females accumulated most of the <sup>14</sup>C in the phospholipids, which are essential for the development of the gonads and eggs. In *C. hyperboreus* females labeled lipids were mostly incorporated in the wax ester fraction. In both species the amount of labeled carbon of the wax esters accounted for about 50% of the fatty acid and alcohol moieties.

For the understanding of trophic relationships between pelagic and benthic organisms the lipid class and fatty acid compositions of selected species, mainly decapods, were analysed. Their dominant fatty acids were the polyunsaturates 20:5(n-3) and 22:6(n-3), the monounsaturates 18:1(n-9), 18:1(n-7) and 16:1(n-7) and the saturated fatty acid 16:0. The lipids of *Pandalus borealis* had considerable amounts of the long chain fatty acids 20:1(n-9) and 22:1(n-11), which may reflect dietary input from copepods. The main fatty acid of the pantopod *Chaetonymphon hirtipes* was 14:0. The amphipods *Stegocephalus inflatus* and *Anonyx nugax* showed quite different fatty acid patterns. The fatty acid composition of *A. nugax* was dominated by 20:1(n-9) and 22:1(n-11) fatty acids, due to a possibly high ingestion of calanoid copepods. On the other hand the main components of *S. inflatus* were the 20:5 and 18:1 fatty acids, with the isomers 18:1(n-9) and 18:1(n-7) in equal proportions. The fatty acid composition of the barnacle *Balanus crenatus* showed a strong influence of phytoplankton marker fatty acids (18:4(n-3): 10%). Decapod eggs contained high amounts of triacylglycerols, which were dominated by 16:1(n-7) fatty acid, except that of *Spirontocaris gaimardi* and *Sabinea septemcarinata*, which contained only a few amount of neutral lipids.

Especially at shallow stations the lipids of brittle stars (Ophiuroidea) were dominated by phytoplanktonic fatty acids. In *Ophiopholis aculeata* relatively high amounts of the 18:4(n-3) and 20:1(n-9) fatty acid were detected. All brittle stars had high amounts of the saturated fatty acid 14:0. Wax esters were the main lipid class of the actiniae *Anthosactis jan mayeni*. Their fatty acids exhibited high amounts of the long chain fatty acids 20:1(n-9) and 22:1(n-11), which again indicated a feeding of calanoid copepods.

In conclusion, the present study clearly showed the relationship between phytoplankton and zooplankton with the aid of fatty acids as marker components. Fatty acids, which are typical for phytoplankton groups and which can only be synthesized by the phytoplankton are found in the copepods when fed on different algal diets. During experiments within a period of 10 to 20 days the fatty acid composition of the copepods was changed due to the offered diet. Additional experiments with <sup>14</sup>C labeled phytoplankton gave as well information about lipid accumulation within the different lipid classes, as species-specific variations. The lipid analysis of benthic organisms clearly showed differences of the lipid and fatty acid compositions of the various taxonomic groups. Additional, the fatty acid composition of some individuals gave a hint about the fate of marker fatty acids from phytoplanktonic origin.

## ABKÜRZUNGEN

ARK	:	Polarstern Arktis-Expedition
AW	:	atlantisches Wasser (Atlantic Water)
AIW	:	arktisches Zwischenwasser (Arctic Intermediate Water)
C.	:	Calanus
C.f.	:	Calanus finmarchicus
C. fin.	:	" "
C.g.	:	Calanus glacialis
C.h.	:	Calanus hyperboreus
C. hyp.	:	" "
Chol.	:	Cholesterol
CPM	:	Counts per minute (Zerfälle pro minute)
DPM	:	Decays per minute (Impulse pro minute)
DB-FFAP	:	Durabond®-Free Fatty Acid Phase
EGC	:	Ost-Grönland-Strom (East Greenland Current)
f.	:	Weibchen (female)
FFA	:	Freie Fettsäuren (free fatty acids)
Ges.	:	Gesamt
Gew.-	:	Gewichts-
G(es) Lip	:	Gesamt Lipide
H <sub>2</sub> O-	:	Wasserlösliche Metabolite
Metab.	:	
LAIW	:	unteres arktisches Zwischenwasser (Lower Arctic Intermediate Water)
MIZ	:	Eisrandzone (Marginal Ice Zone)
PL	:	Phospholipide
PW	:	polares Wasser (Polar Water)
RAC	:	atlantischer Rückstrom (Return Atlantic Current)
S	:	Salzgehalt
T	:	Temperatur
TG	:	Triacylglyceride
UAIW	:	oberes arktisches Zwischenwasser (Upper Arctic Intermediate Water)
V	:	Copepoditstadium V
WE	:	Wachsester
WSC	:	West-Spitzbergen-Strom (West Spitzbergen Current)
ø	:	durchschnittlich
	:	Für die Benennung der Fettsäuren wird eine allgemein gültige Kurzschreibweise benutzt: x:y(n-z)
	:	x= Kettenlänge
	:	y= Zahl der Doppelbindungen
	:	z= Position der Doppelbindung, von der terminalen Methylgruppe aus gezählt; alle Fettsäuren liegen in all-cis-Konfiguration vor



## 1. Einleitung

Die Lipide arktischer mariner Organismen unterscheiden sich gegenüber denen terrestrischer Organismen, durch die zum Teil ungewöhnlich hohen Anteile an Wachsestern, Alkyldiacylglyceriden und Alkanen (SARGENT, 1976). Die Lipide sind nicht nur von wissenschaftlichem Interesse, sondern werden bzw. wurden teilweise auch kommerziell genutzt. Beispielsweise wurde das Walrat, ein Grundstoff für Pharmaka und Kosmetika zu Beginn des letzten Jahrhunderts in industriellen Maßstäben aus der Kopfhöhle von Walen gewonnen. Zahllose ausgekochte Walknochen, z.B. auf Spitzbergen und in der Antarktis zeugen noch heute davon. 1815-17 klärte Chevreul die Natur des Walrats auf. Er zeigte, daß das Walrat kein Glycerin enthält und beobachtete weiterhin, daß man nach der Verseifung der Substanz einen langkettigen Alkohol, den Cetylalkohol (1-Hexadecanol) erhält und stellte somit fest, daß das Walrat eine Mischung von kurzkettigen Wachsestern ist. Im Zooplankton der Polargebiete sind vor allem langkettige Wachsester (C<sub>28</sub>-C<sub>44</sub>) wichtige Speicherlipide, die teilweise mehr als 90% der Gesamtlipide ausmachen können (HAGEN, 1988; KATTNER et al., 1989).

Eine andere Eigenschaft der Lipide polarer mariner Organismen ist der hohe Gehalt an mehrfachungesättigten Fettsäuren in Form von sogenannten Omega3-Fettsäuren, die unter anderem die Fluidität der Membranen bei den niedrigen Umgebungstemperaturen gewährleisten (FARKAS et al., 1988; BELL et al., 1986). Diese Fettsäuren der (n-3) Fettsäurefamilie können nur vom Phytoplankton biosynthetisiert werden (z.B. ACKMAN et al., 1968) und werden an höhere Organismen der marinen Nahrungskette bis hin zum *Homo sapiens* weitergegeben (CRAWFORD (1992)). Die Mehrheit der terrestrischen Organismen und Pflanzen enthalten überwiegend Fettsäuren der (n-6) Fettsäurefamilie. Seit langer Zeit ist bekannt, daß die Zahl der Koronarerkrankungen, wie Arteriosklerose, Herzinfarkt und Schlaganfall auf Grönland relativ selten sind. Das geringe Risiko, einen Herzinfarkt zu erleiden, wird der hohen Aufnahme von Omega3-Fettsäuren zugeschrieben, bedingt durch das vermehrte Verzehren von marinen Organismen, wie z.B. Fische, Robben und Krustentiere (BRITISH NUTRITIONAL FOUNDATION, 1992). Nicht zuletzt auch aus diesem Grund sind Forschungen über die Wirkungs- und Funktionsweise von mehrfachungesättigten Fettsäuren, sowie deren Verbleib in der marinen Nahrungskette von Interesse. Von besonderer Bedeutung dabei sind die polaren Meere, deren Organismen teilweise extrem hohe Lipidgehalte aufweisen.

Die Primärproduktion in diesen Gebieten, die einer ausgeprägten Saisonalität des Lichts unterliegt, zeigt große jahreszeitliche Schwankungen. Etwa 60-70% der Primärproduktion in diesen Breiten

findet zwischen Mitte März und Anfang Juni statt (FALK-PETERSEN et al., 1990). Das bedeutet für das herbivore Zooplankton und auch der höheren Organismen der Nahrungskette eine starke Saisonalität des Nahrungsangebotes. LEE & HIROTA (1973) stellten bei Untersuchungen an Zooplanktonarten der gemäßigten und polaren Breiten größere Mengen Speicherlipide fest, als bei Arten aus den tropischen und subtropischen Breiten. Sie leiteten daraus ab, daß das herbivore Zooplankton, besonders das der polaren Breiten, die starken saisonalen Schwankungen des Nahrungsangebotes, durch das Anlegen großer Lipidreserven kompensiert. Bei den arktischen calanoiden Copepoden sind vor allem die Wachsester dominante Speicherlipide (LEE et al., 1971b; LEE, 1975; SARGENT, 1978; KATTNER et al., 1989). SARGENT & HENDERSON (1986) stellten die Hypothese auf, daß durch die Biosynthese von Wachsestern eine schnellere Anreicherung von Speicherlipiden möglich ist, die eine Feedback-Hemmung, welche die Lipidbildung kontrolliert, ausschaltet.

Die Wachsester in den Copepoden bestehen im wesentlichen aus den vier dominanten Alkoholen 14:0, 16:0, 20:1(n-9) und 22:1(n-11) und aus Fettsäuren, deren Zusammensetzung weitaus variabler ist. Das Fettsäuremuster setzt sich aus Fettsäuren von C<sub>14</sub>-C<sub>22</sub> mit bis zu 6 Doppelbindungen zusammen. Unter anderem werden die für bestimmte Phytoplanktonklassen typischen Fettsäuren mit zum Teil hohen Anteilen in dem Fettsäuremuster der Copepoden wiedergefunden (LEE et al., 1971a; LEE & HIROTA, 1973; SARGENT, 1978; SARGENT & HENDERSON, 1986; KATTNER et al., 1989; FALK-PETERSON, 1990). Neben der spezies-spezifischen Verteilung der Fettsäuren ist auch eine von dem regionalen Phytoplanktonregime abhängige Verteilung der Fettsäuren und Alkohole der Copepoden festzustellen (GRAEVE & KATTNER, 1992). Es wurde beobachtet, daß vor allem die mehrfach ungesättigten Fettsäuren der (n-3) Familie, wie 18:4(n-3), 20:5(n-3) und 22:6 Fettsäure sowie die einfach ungesättigte Fettsäure 16:1(n-7) als "Fettsäuremarker" fungieren können (SARGENT & HENDERSON, 1986; KATTNER et al., 1989). Bis heute gibt es jedoch noch keine ausreichenden Daten, die eine Aussage darüber zulassen, wie schnell diese Fettsäuremarker in den Lipiden der Copepoden angereichert werden und ob sie in bestimmten Lipidklassen bevorzugt akkumuliert werden.

Da nur ein geringer Anteil der Primärproduktion (ca. 10%) von dem herbivoren Zooplankton aufgenommen wird (BARTHEL, 1986), sollten sich die Fettsäuremarker auch in anderen Gliedern der Nahrungskette, wie z.B. benthischen Organismen wiederfinden lassen. Lipiduntersuchungen an arktischen benthischen Organismen sind bisher nur in sehr geringem Umfang durchgeführt worden. So stellten HOPKINS et al. (1990) an *Pandalus borealis* aus einem norwegischen Fjord hohe Anteile von langkettigen Fettsäuren fest, die aus der Ernährung mit calanoiden Copepoden resultierten. Die Untersuchung der Beziehung

zwischen Pelagial und Benthos mit Hilfe der Markerfettsäuren ist besonders bei den Organismen höherer trophischer Stufen, bei denen der Einfluß der Nahrung auf das Fettsäuremuster sehr komplex ist, nur sehr schwer nachvollziehbar. Daher ist besonders bei denjenigen benthischen Organismen ein Einfluß von Fettsäuremarkern zu erwarten, die sich direkt von pelagischen Organismen ernähren. Ein weiterer Aspekt ist die Wassertiefe; je länger sich die Nahrungspartikel, wie z.B. Detritus, Kotpillen, etc. in der Wassersäule befinden, desto mehr unterliegen besonders die mehrfach ungesättigten Fettsäuremarker Autooxidationsprozessen.

Ziel dieser Arbeit war es, durch Fettsäureanalysen an Phytoplankton und Zooplankton aus dem Seegebiet der Grönlandsee/Framstraße, die Verteilung von bestimmten Fettsäuremarkern zu ermitteln. Dadurch sollte, unter Einbeziehung von mikroskopischen Untersuchungen des Phytoplanktons, die Fettsäurezusammensetzung dominanter Phytoplanktonklassen bestimmt werden und eine direkte trophische Beziehung zwischen der regionalen Phytoplanktongemeinschaft und dem Zooplankton aufgezeigt werden.

Durch Fütterungsexperimente mit unialgalen Phytoplanktonkulturen, die ein unterschiedliches Fettsäuremuster aufwiesen im Vergleich zu den Copepoden, sollte der Einbau der Fettsäuremarkern in das Fettsäuremuster der arktischen herbivoren Copepoden *Calanus finmarchicus*, *C. glacialis* und *C. hyperboreus* zeitlich verfolgt werden. Ergänzend dazu sollten Fütterungsexperimente mit <sup>14</sup>C-radioaktiv markiertem Phytoplankton beitragen, den kurzfristigen Umsatz an Lipiden in den Copepoden zu bestimmen. Von besonderem Interesse war dabei sowohl die Verteilung der Aktivität in den verschiedenen Lipidklassen, als auch die in den Fettsäuren und Alkoholen der Gesamtlipidfraktion und der Wachsester.

Ein weiterer Aspekt war, die Verteilung von Fettsäuren und Alkoholen in benthischen Organismen zu bestimmen, um so eventuelle trophische Wechselwirkungen zwischen Pelagial und Benthos anhand von Fettsäuremarkern zu verfolgen. Darüberhinaus sollen durch die Analyse der Fettsäuren taxonomische Unterschiede festgestellt werden. Die Analyse der Lipidklassen diente dazu, Aufschluß über Art und Menge der Speicherlipide zu erhalten.

## 2. Untersuchungsgebiet

### 2.1 Die Hydrographie der Grönlandsee und der Framstraße

Das Probenmaterial für die durchgeführten Untersuchungen stammt von Stationen in der Grönlandsee und der Framstraße. Für eine Interpretation der Ergebnisse ist es daher wichtig, die hydrographischen und bathymetrischen Verhältnisse in diesem Seegebiet zu berücksichtigen (Abb. 1 u. 2).

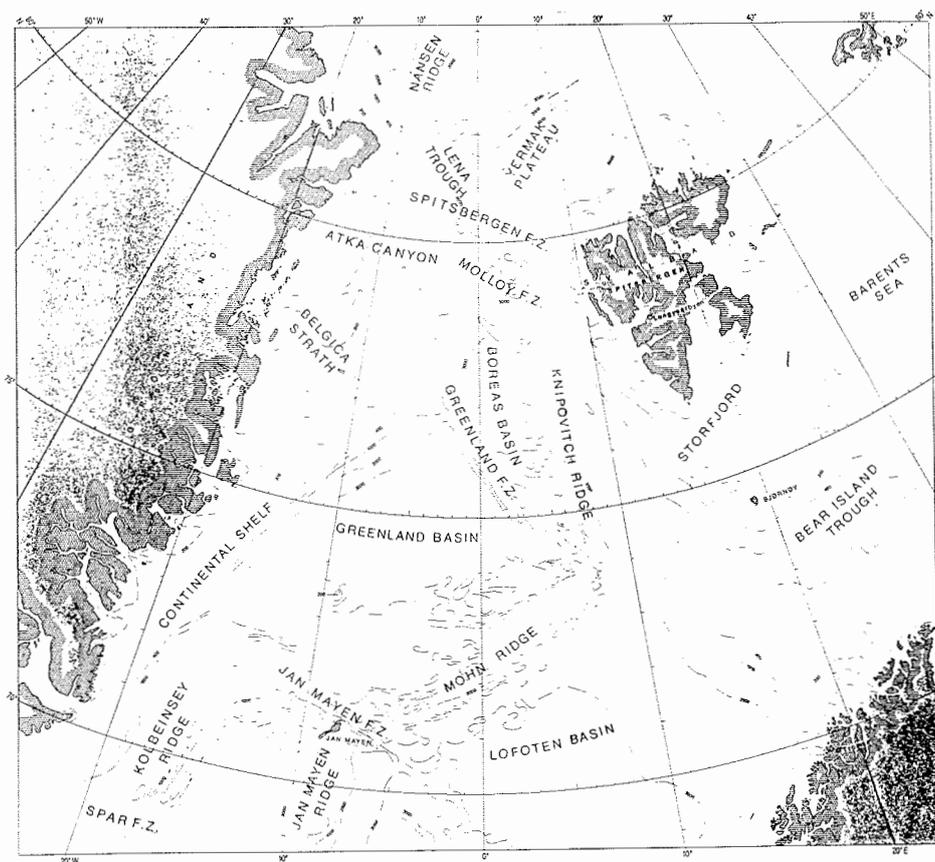


Abb 1: Bathymetrie der Grönlandsee und der Framstraße nach Koltermann und Lütje (1989)

Die Grönlandsee, die bereits um die Jahrhundertwende von Nansen ozeanographisch untersucht wurde (HELLAND-HANSEN & NANSEN, 1909), ist eine der wichtigsten Regionen der Ozeane, in der eine Bildung von sauerstoffreichem Tiefenwasser stattfindet. Sie ist daher bedeutend für die globale thermohaline Wasserzirkulation (QUADFASEL & MEINKE, 1987), deren Bildungsmechanismus zur Zeit noch zur Diskussion steht (KILLIWORTH, 1979).

Die Framstraße stellt gewissermaßen die nördliche Begrenzung der Grönlandsee dar. Sie liegt bei ca. 79-80° N mit den Schelfgebieten Grönlands und Spitzbergens als westliche bzw. östliche Begrenzung. Durch die zwischen den Schelfgebieten gelegene Rinne mit einer Schwellentiefe von ca. 2600m findet der größte Teil des Boden- und Tiefenwasseraustausches zwischen dem europäischen Nordmeer und dem arktischen Becken statt (COACHMAN & AARGAARD, 1974).

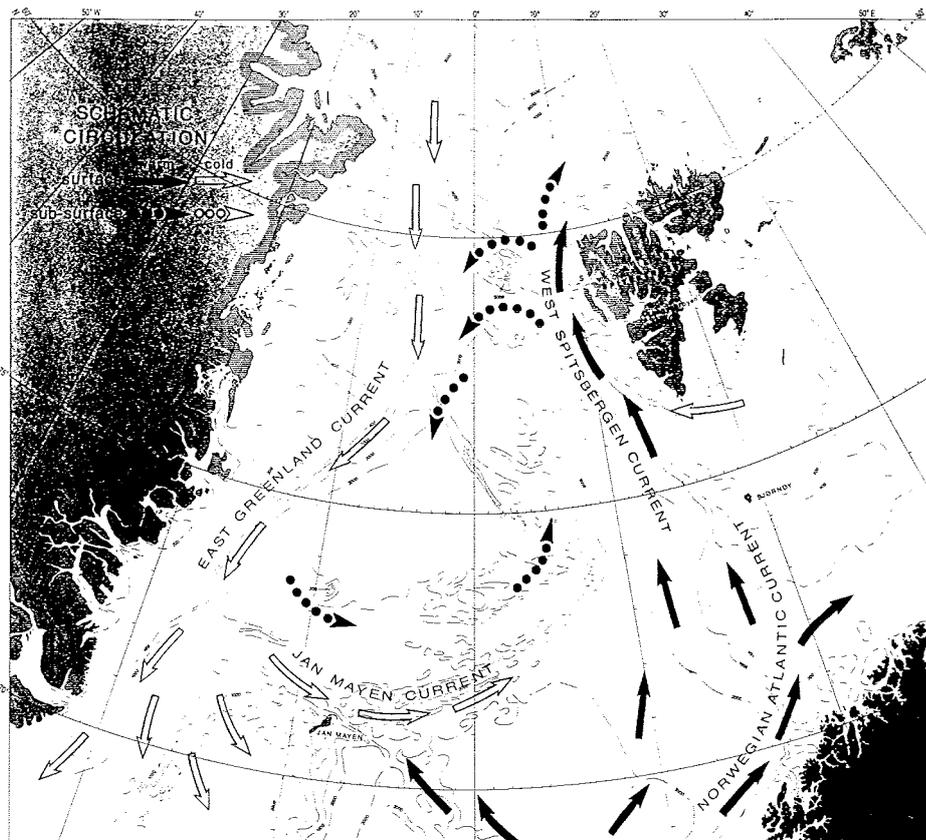


Abb. 2: Hydrographie der Grönlandsee und der Framstraße nach Koltermann und Lütje (1989).

Der Wassermassenaustausch in der Region Grönlandsee/Framstraße wird von zwei meridionalen Hauptströmungen, die stark an die Bodentopographie gebunden sind, beeinflusst (Abb. 2). Der Ostgrönlandstrom, eine relativ schmale Strömung (narrow jet) (GASCARD et al., 1988), transportiert kaltes und salzarmes Oberflächenwasser ( $T < 0^{\circ}\text{C}$ ,  $S < 34,0\%$ ) aus dem Polarmeer, sowie arktisches Zwischenwasser aus dem arktischen Becken am Ostgrönlandschelf entlang nach Süden.

Der Westspitzbergenstrom führt atlantisches Wasser mit einem Salzgehalt  $> 34,9\%$  und einer Temperatur  $> 3^{\circ}\text{C}$  entlang des Spitzbergenschelfs Richtung Norden in das arktische Becken (AAGAARD, 1982). Aufgrund der Bodentopographie zweigen zwischen  $75^{\circ}\text{N}$  und  $80^{\circ}\text{N}$  kleinere Strömungsarme (QUADFASEL et al., 1987) oder Wirbel (GASCARD et al., 1988) nach Westen ab, die mit dem Ostgrönlandstrom zusammen den atlantischen Rückstrom bilden (AAGAARD & COACHMAN, 1968b; PAQUETTE et al., 1985). Der Westspitzbergenstrom wird im weiteren Verlauf durch den Ostspitzbergenstrom beeinflusst, der polares Wasser aus dem arktischen Becken von Osten nach Westen um die Südspitze Spitzbergens herum, in den Westspitzbergenstrom hineinführt.

Der atlantische Rückstrom bildet einen Mischwasserkörper, das arktische Zwischenwasser (Arctic Intermediate Water), welches schließlich den Grönlandseewirbel bildet (PAQUETTE et al., 1985). Das Arctic Intermediate Water wird von SWIFT & AAGAARD (1981) genauer in das obere (Upper Intermediate Water) und das untere (Lower Intermediate Water) arktische Zwischenwasser eingeteilt. Die drei Wasserschichten des "Arctic Intermediate Water", die aus Oberflächen-, Mittel- und Tiefenwasser bestehen, wurden von COACHMAN & AAGAARD (1974) und JOHANNESSEN (1986) beschrieben (Tabelle 1).

Tab. 1: Wassermassencharakterisierung nach Coachman und Aagaard (1974), PW = polares Wasser; AW = atlantisches Wasser; AIW = arktisches Zwischenwasser; EGC= East Greenland Current; WSC= West Spitsbergen Current.

Wassermasse	Temperatur	Salzgehalt	Vorkommen
PW	$< 0^{\circ}\text{C}$	$< 34 \text{ ‰}$	EGC 0-150m
AIW	$> 0^{\circ}\text{C}$	$34-35 \text{ ‰}$	EGC 150-800m
AW	$> 2^{\circ}\text{C}$	$> 35 \text{ ‰}$	WSC 0-800m

Aus diesen Hauptströmungen in der Grönlandsee resultieren zwei dominante Frontensysteme, die sog. Arktikfront, die durch das

Zusammentreffen des Westspitzbergenstroms mit dem "Arctic Intermediate Water" gebildet wird und die sog. Polarfront, welche die Wassermassen des Ostgrönlandstroms von denen des "Arctic Intermediate Water" trennt. Diese Frontensysteme sind durch starke Gradienten in Temperatur und Salzgehalt gekennzeichnet (JOHANNESSEN, 1986), die sich u.a. auch in der Nährstoffverteilung widerspiegeln. Die Verbreitung der verschiedenen Copepodenarten ist eng mit diesem Frontensystem verknüpft (JASCHNOV, 1970; DIEL, 1989; HIRCHE et al., 1991).

Die oben erwähnten großskaligen Prozesse werden von klein- und mesoskaligen Prozessen, z.B. Wirbeln, überlagert (PAQUETTE et al., 1985; WADHAMS, 1981). Solche Wirbel können zeitweise, aber auch permanent, wie beispielsweise über dem Molloy-Tief, auftreten. Bei der Überlagerung der Meeresströmung durch solche Wirbel spielen Eisverhältnisse, Wind und Temperatur eine bedeutende Rolle (WADHAMS & SQUIRE, 1983; SMITH et al., 1984; BOURKE et al., 1987). Die Dynamik von Fronten und Wirbeln können einen Auftrieb von Nährstoffen an die Oberfläche bewirken und somit die Biomasseproduktion anregen (SPILHAUS, 1968; SMITH et al., 1987).

## **2.2 Die Eisbedeckung**

Der westliche Teil der Grönlandsee/Framstraße ist nahezu ganzjährig mit Eis bedeckt, das vom Ostgrönlandstrom aus dem Polarmeer transportiert wird (COACHMAN & AAGAARD, 1974), während der östliche Teil dieses Seegebiets, der durch den wärmeren Westspitzbergenstrom beeinflusst wird, eisfrei ist. WADHAMS (1981; 1983) differenziert die Grönlandsee in vier Zonen mit unterschiedlicher Eisbedeckung: Zum ersten in die Landfest-Eiszone, bei der sich das Eis von der Küste aus seewärts ausbreitet; zum zweiten in die Transitzone, bei der bewegliche Packeisfelder mit dem Landfest-Eis zusammentreffen und große Presseisrücken ausbilden können; zum dritten in das bewegliche Packeis, das ständig den westlichen Teil der Grönlandsee bedeckt und aus dem Polarmeer herangeführt wird und zum vierten in die Eisrandzone (MIZ = Marginal Ice Zone). Die Marginal Ice Zone ist der Übergangsbereich zwischen dem beweglichen Packeis und dem offenen Wasser. Die Polarfront stimmt im allgemeinen mit dem Eisrand überein, da das Eis, wenn es durch Wind und Strömung verdriftet, im wärmeren atlantischen Wasserkörper verstärkt abschmilzt (VINJE, 1977). Die Lage der Eisrandzone kann jedoch starken jahreszeitlichen Schwankungen unterliegen (WADHAMS, 1981). Im Bereich der Eiskante wurden von BUCKLEY et al. (1979) und JOHANNESSEN et al. (1983) Auftriebszonen gefunden, deren Ursprung bis heute noch nicht eindeutig geklärt ist und teilweise gegensätzlich

diskutiert wird (GAMMELSRØD et al., 1975; NIEBAUER, 1982; RØED & O'BRIAN, 1983). Durch Auftriebsbewegungen können der euphotischen Zone Nährstoffe zugeführt werden, die ihrerseits die Primär- und Sekundärproduktion steigern. Zusätzlich bewirkt das Abschmelzen des Eises im Eisrandbereich eine Reduzierung des Salzgehalts an der Oberfläche und damit eine Stabilisierung der Wassersäule. Das beeinflusst wiederum die Entwicklung des Planktons im Bereich der Eiskante.

Im Sommer entsteht regelmäßig vor Nordostgrönland die Nordostwasser Polynya, die sich entlang der grönländischen Küste in variabler Ausdehnung erstreckt und während der Fahrt ARK VII/2 eine Fläche von der Größe Dänemarks erreichte (KRAUSE, pers. Mitt.). Als Entstehungsursachen gelten starke ablandige Winde, besondere topographische Gegebenheiten und ein lokaler antizyklonaler Wirbel (WADHAMS, 1981).

### 2.3 Das Zooplankton

Die Lebenszyklen und die Verbreitung der verschiedenen Copepodenarten sind eng mit den im Seegebiet der Grönlandsee/Framstraße gegebenen hydrographischen Verhältnissen gekoppelt und werden im folgenden kurz dargestellt:

#### ***Calanus finmarchicus***

*Calanus finmarchicus* ist eine atlantisch-boreale Art (GRAINGER, 1963), die hauptsächlich im Nordatlantik und in der Norwegischen See verbreitet ist (JASCHNOV, 1970). Mit dem Westspitzbergenstrom gelangt diese herbivore Art bis in das Nordpolarmeer und gilt somit als verlässliches Indiz für die Ausbreitung atlantischer Wassermassen (JASCHNOV, 1970). Die Fortpflanzungsperiode von *C. finmarchicus* liegt vor und nach der Phytoplanktonblüte (MARSHALL & ORR, 1955), ist jedoch regional unterschiedlich (MUMM, 1991). Der Lebenszyklus von *C. finmarchicus* ist normalerweise einjährig, wenn jedoch gute Ernährungsbedingungen vorliegen, kann sich noch eine zweite Generation anschließen (DIEL, 1989).

#### ***Calanus glacialis***

Als Reproduktionsgebiet der herbivoren Art *Calanus glacialis* gilt neben dem Nordpolarmeer, der Bereich des Ostgrönlandstroms mit seinen polaren Wassermassen (SMITH, 1988). Dort kommt *C. glacialis* vor allem

in den oberflächennahen Wasserschichten vor (MUMM, 1991). Die Reproduktion von *C. glacialis* findet kurz vor und während der Phytoplanktonblüte statt (HIRCHE & BOHRER, 1987; SMITH, 1988; SMITH, 1990). Während der Fortpflanzung besteht jedoch ein enger Zusammenhang zwischen Nahrungsangebot und Eiproduktion (HIRCHE & BOHRER, 1987; HIRCHE, 1989). Nach DIEL (1989) erstreckt sich der Lebenszyklus von *C. glacialis* im Ostgrönlandstrom über mindestens zwei Jahre.

### ***Calanus hyperboreus***

Das Verbreitungsgebiet von *Calanus hyperboreus* umfaßt die kalten polaren Gewässer und stimmt weitgehend mit dem von *Calanus glacialis* überein (GRAINGER, 1963). Zwischen Juni und August kommt *C. hyperboreus* in den oberen 50-100m vor (RUDYAKOV, 1983). Nach Ausbildung großer Lipidreserven (KATTNER et al., 1989) wandert *C. hyperboreus* in Tiefen von 300-900m und überwintert dort während der übrigen Monate.

Die Eiablage bei *Calanus hyperboreus* findet vor der Planktonblüte unter Verwendung von Lipidreserven statt (GRAINGER, 1963; CONOVER, 1967; DAWSON, 1978). Der Lebenszyklus von *C. hyperboreus* erstreckt sich in der atlantischen Region über zwei Jahre, kann jedoch in polaren Wassermassen in der Regel drei oder mehrere Jahre betragen (DIEL, 1989).

## **2.4 Benthos**

Die benthischen Organismen, auf deren Reproduktionsstrategien und Lebenszyklen hier nicht im einzelnen eingegangen werden soll, sind ebenfalls von den hydrographischen Gegebenheiten im Untersuchungsgebiet abhängig (PIEPENBURG, 1988). Darüberhinaus ist für benthische Organismen besonders die Beschaffenheit des Meeresbodens von Bedeutung. Insbesondere die Konsistenz (Hart- oder Weichboden), Korngrößenverteilung und der Gehalt an organischer Substanz (GRAY, 1984) stellen wichtige Umweltbedingungen dar. Diese werden wiederum durch das Einwirken von Eis in flachen polaren Gewässern, durch die Aktivität der Bodentiere (Bioturbation) und durch bodennahe Strömungen beeinflusst (PIEPENBURG, 1988).

### 3. Material und Methoden

#### 3.1 Probennahme

Das Probenmaterial für die verschiedenen Untersuchungen wurde während der "Polarstern"-Expeditionen ARK VI/4 (29.6-7.7.1989), ARK VII/2 (10.7.-15.8.1990) und ARK VIII/1-2 (1.6.-30.7.1991) gesammelt.

Auf der Expedition ARK VI/4 wurden an 4 Stationen Benthosproben mit Hilfe des Agassiztrawls genommen. Zwei Stationen lagen am Spitzbergenschelf südlich des Sørkapps und zwei auf dem Schelf vor Nordost-Grönland.

Während der Expedition ARK VII/2 wurde ein dichtes Stationsnetz auf zwei Schnitten bei 75°N und 78°N abgefahren. Der erste Schnitt, im weiteren als Grönlandseeschnitt bezeichnet, führte vom Ostgrönlandschelf (16°W) bis zur Bäreninsel (17°E). Der zweite, der Framstraßenschnitt, umfaßte den Bereich von Westspitzbergen (13°E) bis Ostgrönland (14°W) und die hier gelegene Nordostwasser-Polynya. Neben Phyto- und Zooplankton für die Lipiduntersuchungen und Kulturexperimente wurde auf diesem Fahrtabschnitt auch Benthosmaterial aus Agassiztrawl- und Grundschleppnetzfangen gewonnen. Eine Beschreibung der Expeditionen ARK VI/3-4 und ARK VII/2, mit Beiträgen der Fahrtteilnehmer und Stationsprotokollen wurde von KRAUSE et al. (1991) und KRAUSE (1991) veröffentlicht. Diese Fahrten wurden im Rahmen des internationalen Grönlandseeprojektes durchgeführt.

Der Fahrtabschnitt ARK VIII/1 führte in die Polynya vor Nordost-Grönland und in das Gebiet der Framstraße. Während dieser Fahrt standen die Fütterungsexperimente mit und ohne <sup>14</sup>C-markiertem Phytoplankton im Vordergrund. Auf dem Fahrtabschnitt ARK VIII/2, dessen Untersuchungsgebiete die Schelfgebiete um Spitzbergen und die westliche Barentssee waren, wurden diese Experimente fortgeführt. Zusätzlich wurde Benthosmaterial für Lipiduntersuchungen gewonnen. Die Abbildungen 3-4 zeigen die Fahrtrouten und die Stationen der Probennahme.

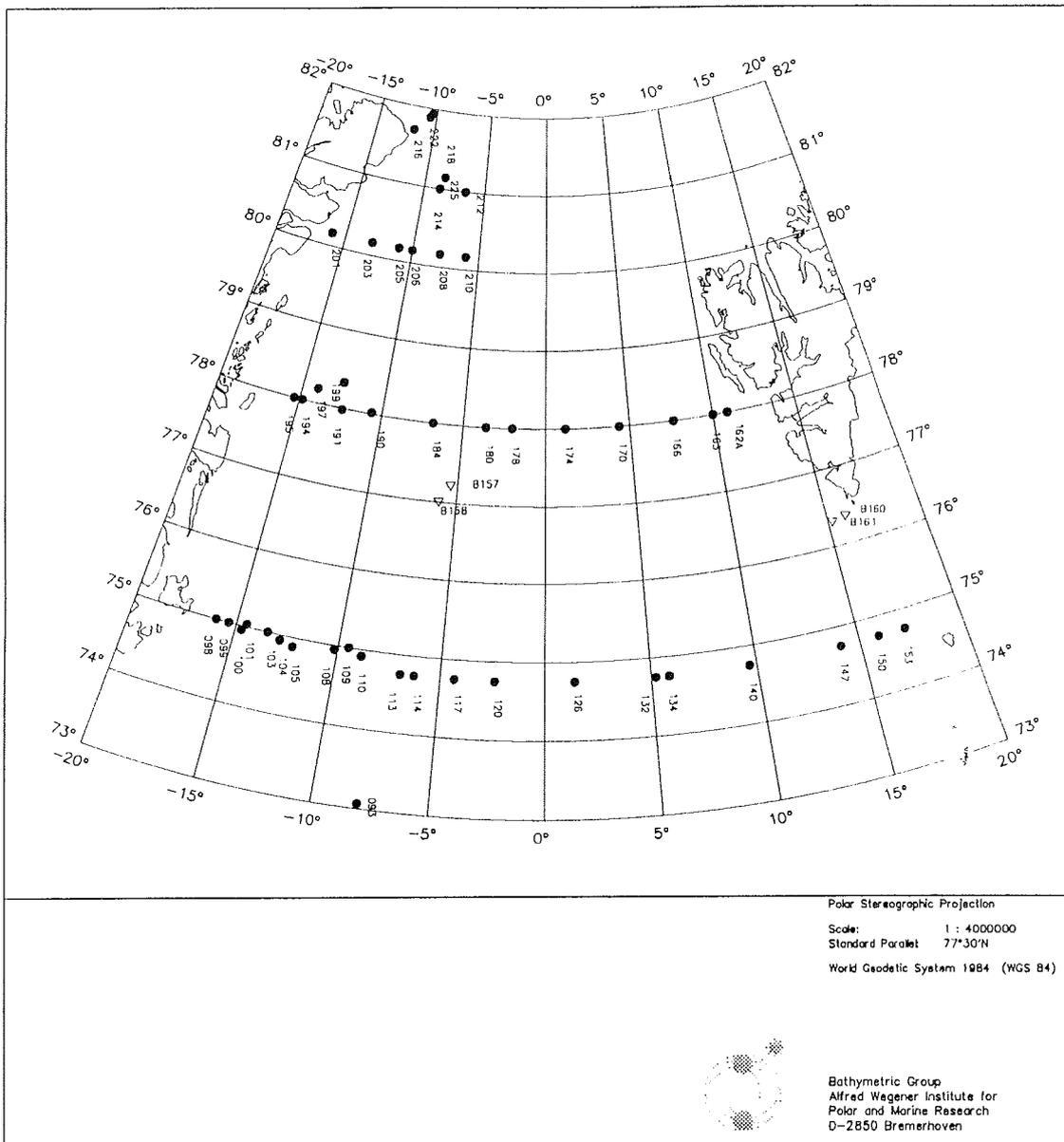


Abb. 3: Stationen der Probennahme der Expeditionen ARK VI/4 ( $\Delta$ ) und VII/2 ( $\bullet$ )

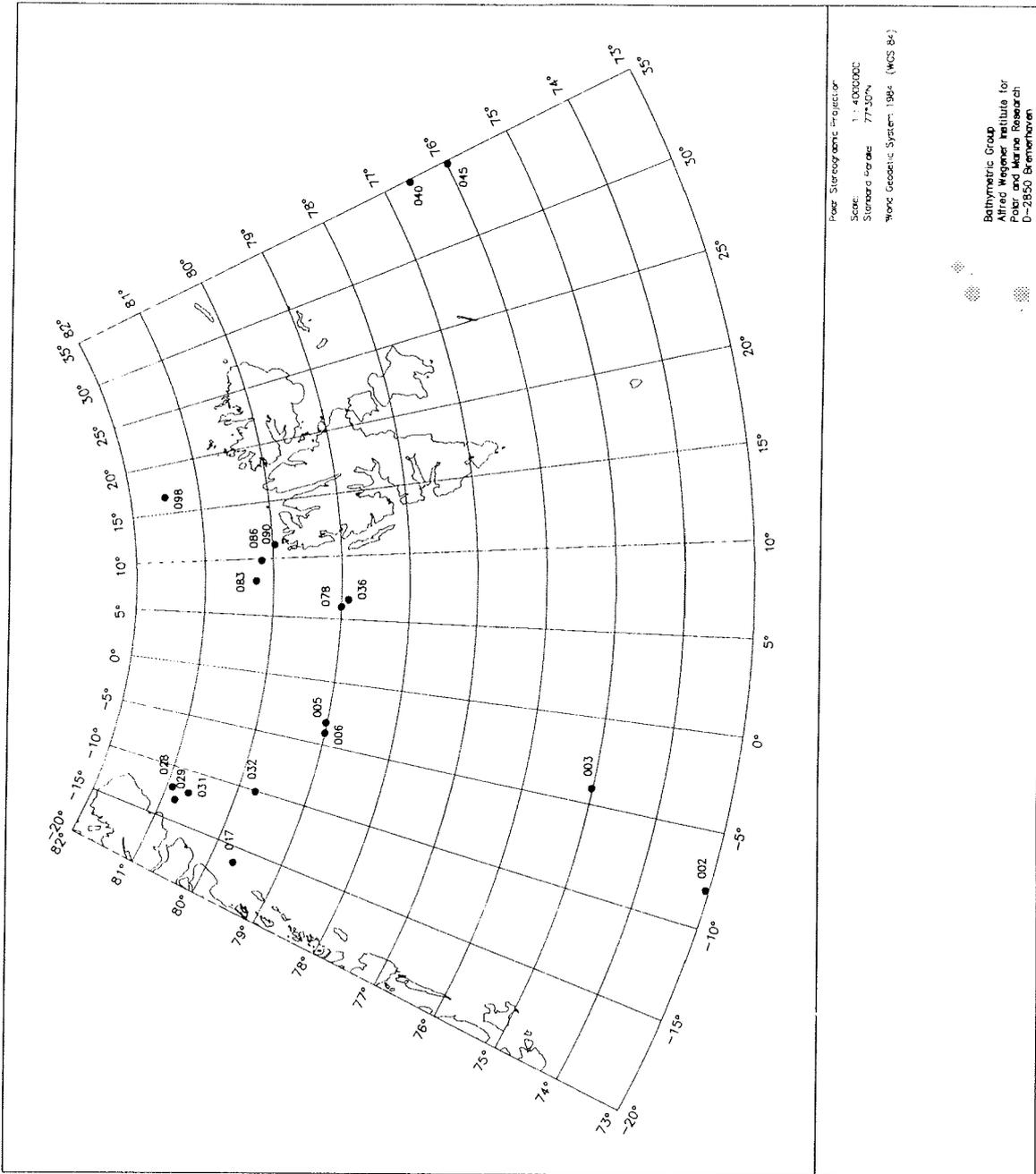


Abb. 4: Stationen der Probennahme der Expedition ARK VIII/1 u. 2 (•)

### 3.1.1 Phytoplankton

Die Probennahme des Phytoplanktons erfolgte mit Hilfe eines Handnetzes (Apsteinnetz, 20µm Maschenweite), das per Hand von 20m Tiefe an die Oberfläche gezogen wurde und mit einem Rosettenwasserschöpfer aus den Tiefen 0 und 20m. Das Probenmaterial aus dem Wasserschöpfer wurde für die Lipidanalytik des Phytoplanktons und für die quantitativen Zählungen der verschiedenen Algenarten genutzt. Der Rosettenwasserschöpfer war mit 12 bzw. 24 Niskin-Schöpfern und einer CTD-Sonde ausgestattet, die kontinuierlich Daten für Leitfähigkeit, Temperatur und Druck ermittelte. Diese Daten wurden zur Interpretation der Wassermassen verwendet. Für die Lipidanalytik wurde jeweils 1L des Materials aus den Netzfängen und 4L aus beiden Wasserschöpfern (0 und 20m) filtriert. Die Filtration erfolgte sofort nach der Probennahme mittels Vakuumfiltration über GF/C Filter, die 5 Stunden bei 480°C gegläht worden waren. Größere Zooplankter wurden während der Filtration durch eine 200µm Gaze, die über den Filtrieraufsatz gespannt wurde, zurückgehalten. Um Verluste an Lipiden zu vermeiden, wurde bei niedrigem Unterdruck filtriert, um das Zellmaterial während der Filtration nicht zu zerstören. Nachdem der Filter gründlich trocken gesaugt war, wurde er in ein Reagenzglas mit Schraubverschluß überführt, mit ca. 10ml Chloroform/Methanol 2:1 (V,V) versetzt und bis zur weiteren Analyse bei -30°C gelagert. Zur Identifizierung der Phytoplanktonarten wurden sowohl aus den Netzhols, als auch aus den beiden Wasserschöpfern 100ml als Unterprobe in Braunglasflaschen gegeben und mit 4%iger Formaldehydlösung fixiert. Für die Identifizierung der Phytoplanktonarten sei an dieser Stelle Urban Tillmann von der RWTH Aachen gedankt.

### 3.1.2 Zooplankton

Das Zooplankton wurde mit einem Bongonetz (Öffnungsdurchmesser 60cm; 200µm und 335µm Maschenweite) als Doppelvertikalhol aus 100-0m Tiefe gefangen. Dazu wurde das Netz auf Tiefe gefiert und mit ca. 0,5m/s wieder an die Oberfläche gehievt. Das Netz war an beiden Enden mit 2L Netzbechern versehen. Dadurch wird eine Art Stillwasserzone geschaffen, in der sich die Zooplankter während des Hievens sammeln. Sie können so weitgehend unbeschädigt an Deck befördert werden. An Bord wurden die Fänge in 10L Eimer überführt, mit Wasser aus der Seewasserleitung (0°C) verdünnt, und möglichst schnell in einen Kühlcontainer gebracht.

Im Kühlcontainer wurden die lebenden Zooplankter bei ca. 5°C aussortiert. Für die Laboranalysen wurden nach taxonomischer

Bestimmung unter dem Binokular die noch lebenden Tiere in ein verschließbares Glasröhrchen mit Chloroform/Methanol gegeben und bei -30°C gelagert. Bei der Bestimmung der Arten und insbesondere bei der Unterscheidung der verschiedenen Copepodenstadien wurde ich von den Biologen Ute Meyer und Hans-Jürgen Hirche (beide AWI) unterstützt, denen an dieser Stelle ebenfalls herzlichst gedankt sei. Für die Lipidanalytik wurden die Arten *Calanus finmarchicus*, *Calanus glacialis* und *Calanus hyperboreus* aussortiert.

### 3.1.3 Benthos

Das Benthosmaterial aus Agassiztrawl und Grundschieppnetz wurde zunächst an Deck von Biologen in Plastikwannen aussortiert, gewaschen und taxonomisch bestimmt. Anschließend wurde das Tiermaterial bis zur Entnahme von Proben für die Lipidanalytik in einem Kühlcontainer (0°C) gehältert. Dazu wurden lebende, unbeschädigte Tiere unterschiedlicher Taxa und Ernährungsweisen den Aquarien entnommen, kurz in flüssigem Stickstoff schockgefroren und in 50 ml Probenfläschchen (Schott, Mainz) mit Chloroform/Methanol überführt. Für organspezifische Untersuchungen wurden von einzelnen Tieren unterschiedliche Organe separat entnommen und ebenfalls in Chloroform/Methanol bei -30°C gelagert. In der Tabelle 2-3 sind die untersuchten Arten zusammengestellt.

Tab. 2: Taxa und Arten der benthischen Organismen

Stamm	Klasse	Gattung u. Spezies
<b>Polychaeta</b>	Errantia:	<i>Onuphis conchilega</i>
<b>Pantopoda</b>		<i>Chaetonymphon hirtipes</i>
<b>Echinodermata</b>	Crinoidea:	<i>Heliometra glacialis</i>
	Echinoidea	<i>Strongylocentrotus pallidus</i>
	Ophiuroidea:	<i>Ophiopleura borealis</i>
		<i>Ophiura sarsi</i>
		<i>Ophiacantha bidentata</i>
	<i>Ophiopolis aculeata</i>	

Tab. 3: Taxa und Arten der benthischen Organismen

Stamm	Ordnung	Gattung u. Species
Crustacea	Cirripedia:	<i>Balanus crenatus</i>
	Isopoda:	<i>Arcturus baffini</i>
	Amphipoda:	<i>Anonyx nugax</i>
		<i>Stegocephalus inflatus</i>
	Decapoda:	<i>Spirontocaris gaimardi</i>
<i>Sclerocrangon ferox</i>		
<i>Sabinea septemcarinata</i>		
<i>Pandalus borealis</i>		
<i>Sclerocrangon boreas</i>		
Coelenterata	Actiniaria:	<i>Anthosactis jan mayeni</i>

### 3.2 Physiologische Experimente

Zur Untersuchung der Abhängigkeit des Fettsäuremusters von der Nahrung, wurden Versuche durchgeführt, um die Fettsäureverteilung in den Copepoden durch Zugabe von Algenreinkulturen zu verändern. Die Versuchsbedingungen für die einzelnen Versuche richteten sich nach der Verteilung der Marker-Fettsäuren in den Lipiden der gefangenen Copepoden. Die Verteilung der Fettsäuren in den Copepoden wurde sofort an Bord gaschromatographisch analysiert. Danach wurde das Nahrungsangebot festgelegt. Die Algen wurden so gewählt, daß ihre Fettsäuren ein anderes Verteilungsmuster aufwiesen als das der Copepoden.

#### 3.2.1 Umstellung des Nahrungsangebots

Für einen Versuchsansatz wurden aus einem Bongofang je nach Copepodenart ca. 200 bis 300 Individuen aussortiert. Für die Hälterung der Tiere wurde ein Gefäß benutzt, das aus einem 3L TPX-Becherglas und einem Plexiglaszylinder bestand. Der Zylinder wurde am Boden mit Gaze (335µm Maschenweite) verschlossen und in das Becherglas gehängt, so daß Eier und Kotballen durch die Gaze hindurch auf den Boden des Becherglases sedimentieren konnten. In ein solches Hälterungsgefäß wurden 2L filtriertes Seewasser gegeben und je nach Art 25-30 Copepoden. Nach Zugabe von etwa 1L einer reinen Phytoplanktonkultur wurde die weitere Hälterung bei Dämmerlicht und einer Temperatur von 0°C im Kühlcontainer durchgeführt. Das Nährmedium wurde alle zwei Tage gewechselt. Aus jedem

Versuchsansatz wurden in bestimmten Abständen Zooplanktonproben entnommen und deren Fettsäuremuster direkt an Bord analysiert.

### 3.2.1.1 Phytoplanktonkulturen

Für die Experimente wurden die Dinoflagellaten, *Prorocentrum micans* und *Amphidinium carterae*, die Chlorophyceae *Dunaliella tertiolecta* und die Diatomee *Thalassiosira antarctica* in unialgalen, xenischen Kulturen gehalten. Zur Herstellung des Kulturmediums wurde Tiefenwasser aus dem Rosettenwasserschöpfer zweifach membranfiltriert. Das so erhaltene algenfreie und bakterienarme Wasser wurde je nach Algenart mit Nährstoffen angereichert, um möglichst hohe Zelldichten zu erreichen. Für die Diatomee *T. antarctica* wurde das Kulturmedium nach der Vorschrift von v. STOSCH & DREBES (1964) mit Nährstoffen versetzt. Die Dinoflagellaten wurden mit f/2-Medium nach GUILLARD & RYTHER (1962) kultiviert. Die Zellzahl der Diatomeen und Dinophyceen lag bei 1000-1500 Zellen/mL, die der Grünalge bei 30000 Zellen/mL. Die Diatomee wurde bei einer Temperatur von 0°C und einer Quantenstromdichte von  $20\mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$  kultiviert. Die übrigen Algen wurden bei einer Temperatur von 16°C und  $20\mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$  gehalten.

### 3.2.1.2 Versuchsansätze

Die für die verschiedenen Fütterungsansätze verwendeten Copepodenarten und Stadien sowie die Phytoplanktonarten sind in den Tabellen 4-5 dargestellt.

Tab. 4: Fütterungsversuche ARK VII: Phyto- und Zooplanktonarten

Ansatz Nr.:	Copepodenart u. Stadium	Planktonalgenart
A1	<i>Calanus hyperboreus f.</i>	<i>T. antarctica</i>
A2	<i>C. hyperboreus V</i>	<i>A. carterae</i>
A3	<i>C. glacialis f.</i>	<i>A. carterae</i>
A4	<i>C. hyperboreus f.</i>	<i>T. antarctica</i>
A5	<i>C. hyperboreus V</i>	<i>T. antarctica</i>
A6	<i>C. finmarchicus V</i>	<i>D. tertiolecta</i>
A7	<i>C. finmarchicus V</i>	<i>T. antarctica</i>
A8	<i>C. finmarchicus V</i>	<i>D. tertiolecta</i>
A9	<i>C. finmarchicus V</i>	<i>T. antarctica</i>

Tabelle 5: Fütterungsversuche ARK VIII:  
Phyto- und Zooplanktonarten

Ansatz Nr.:	Copepodenart u. Stadium	Planktonalgenart
A2	<i>Calanus hyperboreus</i> f.	<i>P. micans</i>
A3	<i>C. hyperboreus</i> V	<i>A. carterae</i>
A4	<i>C. hyperboreus</i> V	<i>A. carterae</i>
A5	<i>C. glacialis</i> f.	<i>A. carterae</i>
A6	<i>C. glacialis</i> f.	<i>D. tertiolecta</i>
A7	<i>C. glacialis</i> V	<i>D. tertiolecta</i>
A8	<i>C. finmarchicus</i> V	<i>T. antarctica</i>
A9	<i>C. finmarchicus</i> V	<i>T. antarctica</i>
A10	<i>C. hyperboreus</i> V	<i>A. carterae</i>

### 3.3 Versuche zur <sup>14</sup>C-Aufnahme

Die Versuche zur Aufnahme von radioaktiv-markierten Lipiden aus dem Phytoplankton wurden mit *Calanus finmarchicus* und *Calanus hyperboreus* durchgeführt. Gefüttert wurde mit *Thalassiosira antarctica*, die drei Tage in einem Kulturmedium mit <sup>14</sup>C-Hydrogencarbonat kultiviert wurde. Für diese Alge wurde eine Generationszeit von 24 Stunden bei einer Lichtintensität von 20 μEm<sup>2</sup>s<sup>-1</sup> und einer Temperatur von 0°C angenommen (BAUMANN, 1990). Nach drei Tagen soll die Alge in allen Kompartimenten durchmarkiert sein (CUHEL, ORTNER & LEAN, 1984). Dazu wurde die spezifische Aktivität des Algenkohlenstoffs bestimmt. Die Berechnung erfolgte nach STRICKLAND & PARSONS (1972), unter Annahme eines Isotopendiskriminierungsindex von 1,05 und eines Gesamtkohlenstoffgehalts im Medium von 25 mg C/L (GARGAS, 1975; JAHNKE, 1982).

#### 3.3.1 Markierung der Algen

Pro Liter Stammkultur von *Thalassiosira antarctica* wurden 100 μCi H<sup>14</sup>CO<sub>3</sub><sup>0</sup> zugegeben. Die Algensuspension wurde danach kräftig geschüttelt und die Aktivität zu Beginn der Inkubation durch Vermessung von 100 μL Suspension kontrolliert. Parallel zum <sup>14</sup>C-Ansatz wurden 2 Kontrollansätze ohne <sup>14</sup>C mit je einem Liter aus der gleichen Stammkultur angesetzt. Diese dienten zu Zählungen der Zelldichte und zur Bestimmung des Kohlenstoffgehalts.

Nach drei Tagen wurde die Aktivität der Algen in der Kultur bestimmt. Dazu wurden 3mal je 5mL Flüssigkeit entnommen, in ein Scintillationsgläßchen gegeben und mit 3 Tropfen 5%iger Salzsäure angesäuert. Mit Hilfe eines Luftstroms wurde das anorganische  $^{14}\text{C}$  ausgetrieben. Die Aktivität wurde nach Zugabe von 5mL Scintillator (Quickzint 1 für wäßriges Medium) im Scintillationszähler (Tricarb® 460; Fa. Packard) gemessen. Die Effektivität der Belüftung wurde durch Belüftung von zweimal je 5mL einer  $\text{H}^{14}\text{CO}_3^-$ -Lösung (Konzentration  $0,1\mu\text{Ci}/\text{mL}$ ) kontrolliert (BECKER, 1987). Dieser Leerwert gibt an, wieviel markierter anorganischer Kohlenstoff in der Probe verblieben ist. Dieser Wert wird bei der Auswertung entsprechend berücksichtigt. Die Bestimmung des Leerwerts wurde für jeden Ansatz wiederholt.

### 3.3.2 Markierung der Copepoden

Die  $^{14}\text{C}$ -markierte Algenstammkultur wurde auf 1L Duranglasflaschen verteilt und die aus den Bongofängen aussortierten Copepoden hinzugefügt. Pro Liter Kultur wurden 43 Individuen von *Calanus finmarchicus* bzw. 11 von *Calanus hyperboreus* hinzugegeben. Die Inkubation wurde anschließend bei  $0^\circ\text{C}$  und Dämmerlicht im Kühlcontainer durchgeführt. Ein Kontrollansatz mit Algensuspension ohne  $^{14}\text{C}$  wurde ebenfalls mit Copepoden inkubiert. An dieser Kultur wurden jeweils an den Entnahmetagen Zellzahlbestimmungen vorgenommen. Von dem zweiten Kontrollansatz wurden zweimal 200mL für die Bestimmung des Kohlenstoffgehalts der Algen auf GF/C Filter filtriert.

Vor Entnahme der Copepoden wurden dreimal 5mL Kulturmedium zur Aktivitätsbestimmung entnommen und das anorganische  $^{14}\text{C}$  ausgetrieben. Danach wurden die Copepoden über Gaze ( $200\mu\text{m}$ ) abfiltriert und mehrmals mit filtriertem Seewasser gewaschen, bis nur noch eine relativ geringe Restaktivität im letzten Waschwasser vorhanden war (100-500 CPM). Anschließend wurden je nach Art 1-2 Copepoden direkt in ein Vial gegeben und mit einem Glasstab zerkleinert. Nach Zugabe von 5mL Scintillationsflüssigkeit wurde dann die Aktivität der Tiere bestimmt. Die restlichen Copepoden wurden in Chloroform/Methanol fixiert und bei  $-30^\circ\text{C}$  gelagert. Zweimal 400mL der Algenflüssigkeit wurde auf GF/C Filter filtriert und der Filter ebenfalls in Chloroform/Methanol fixiert.

Während der Expeditionen ARK VII/2 u. VIII/1 wurden insgesamt vier Langzeitinkubationen (7/CfV, 8/Cff.; 7/Chf., 8/Chf.) und während VIII/1 zwei Kurzzeitinkubationen durchgeführt (8k/Cff. und 8k/Chf.). Die Entnahme erfolgte bei den Langzeitversuchen nach 1, 2, 4, 7 und 11 Tagen und bei den Kurzzeitversuchen nach 1, 2, 3, 5, 8, 12 und 18

Stunden. Alle Inkubationen erfolgten in einem speziellen Isotopen-Container an Bord von FS "Polarstern".

### **3.4. Analytische Methoden**

#### **3.4.1 Lipidextraktion**

Die Lipidextrakte der Copepoden wurden nach der Methode von FOLCH et al. (1957) gewonnen. Dazu wurden die Copepoden mit Chloroform:Methanol (2:1, V/V) in einem "Potter"-Homogenisator bei 1000 U/min extrahiert. Anschließend wurde der Rohextrakt in einen 50ml Rundkolben gegeben und das Lösungsmittel am Rotationsverdampfer abgedampft. Die Probe wurde mit Chloroform in ein Reagenzglas überführt und gegebenenfalls leicht zentrifugiert. Der Überstand wurde dann für die weiteren Untersuchungen verwendet.

#### **3.4.2 Dünnschichtchromatographie der Lipidextrakte**

Die Dünnschichtchromatographie diente zur Auftrennung der radioaktiv-markierten Extrakte und zur Identifizierung der Lipidklassen der Plankton- und Benthosproben. Die Trennung der Extrakte erfolgte auf Glasplatten (20x20cm<sup>2</sup>) mit Kieselgel 60G (Merck) als stationärer Phase. Die Kieselgelschicht wurde nach der Methode von STAHL (1967) auf die Platten gebracht. Um Kontamination zu vermeiden, wurden die Platten vorher mit Lösungsmittel gereinigt. Als geeignetes Fließmittel wurde Hexan:Diethylether:Eisessig (90:10:1, V/V/V) gewählt. Die Lipidbanden wurden nach der Trennung mit Dichlorfluorescein sichtbar gemacht.

#### **3.4.3 Dünnschichtchromatographie mit Flammenionisationsdetektion (IATROSCAN-Methode)**

Die Extrakte aller Benthosproben wurden mit der IATROSCAN-Methode (ACKMAN, 1981; FRASER et al., 1985) in ihre Lipidklassen aufgetrennt und quantifiziert. Die Proben wurden auf die mit gesintertem Kieselgel beschichteten Glasstäbchen (CHROMARODS III S) aufgetragen und mit dem Fließmittel Hexan:Diethylether:Ameisensäure (85:15:0.04, V/V/V) entwickelt. Nach Trocknung der Stäbchen wurden die Lipidklassen auf dem IATROSCAN Mark IV TH 10, der mit einem Flammenionisationsdetektor bestückt ist, identifiziert. Die Registrierung der Peakflächen erfolgte mit einem Merck-Hitachi 2000

Integrator und die quantitative Auswertung mit einem externen Standard. Dazu wurde für jede Lipidklasse eine eigene Eichung erstellt, da jede Lipidklasse bei gleicher Einwaage unterschiedlich starke Signale erzeugt (Tab. 6). Die in dieser Arbeit verwendete Methode ist bei HAGEN (1988) und FAHL (1991) beschrieben.

Tabelle 6: Regressionsgleichungen der Eichkurven

Lipidklasse	Regressionsgleichung	Korrelationsfaktor
Phospholipide:	$y = -1,7493e+4 + 2,1247e+4x$	$R^2 = 0,945$
Triacylglyceride:	$y = -2323,8 + 2352,7x$	$R^2 = 0,948$
Cholesterin:	$y = -1,0059e+4 + 1,0119e+4x$	$R^2 = 0,805$
Freie Fettsäuren:	$y = -6379,3 + 9496,0x$	$R^2 = 1,000$
Wachsester:	$y = -1978,7 + 2660,3x$	$R^2 = 0,958$

#### 3.4.4 Gaschromatographie

Die Identifizierung und Quantifizierung der Fettsäuren und Fettalkohole in den Proben erfolgte mittels Gaschromatographie. Die chromatographische Trennung der Proben erfolgte nach einer Modifizierung der Methode von KATTNER & FRICKE (1986). Ein Aliquot des Lipidextrakts wurde mit einem Gemisch von 3% Schwefelsäure in Methanol bei 80°C in einem Reagenzglas mit Schraubverschluß derivatisiert. Nach Zugabe von 3mL bidest. Wasser und 4mL Hexan wurden die so gewonnenen Fettsäuremethylester und Alkohole aus dem Reaktionsgemisch extrahiert. Dieser Schritt wurde noch zweimal wiederholt. Die vereinigten Extrakte wurden in einen Spitzkolben gegeben und das Hexan am Rotationsverdampfer abgezogen. Danach wurde der Rückstand verdünnt und 1µL davon in einem Chrompack CP 9000 Gaschromatographen analysiert.

#### GC-Parameter:

**Gerät:** Chrompack CP 9000

**Säule:** 30 m x 0,249 mm  
Flüssigphase: DB-FFAP  
Filmdicke: 0.25 µm

**Temperaturprog.:** 160°C (4°C/min) 240°C; (15 min)

**Trärgas:** Helium; Vordruck: 115 kPa

**Trärgasstrom:** 2 ml/min (20°C)

**Detektor:** FID.; Temperatur: 280°C  
Wasserstoff: 50 kPa, Luft: 100 kPa

**Injektor:** Split/Splitless; Temperatur: 280°C  
Splitrate: 1:25 (20°C)  
Splitstrom: 30 ml/min (20°C)

Zur Identifizierung der Proben wurde ein Alkoholstandard und ein Fischextrakt bekannter Zusammensetzung verwendet (Tab. 7-9). Die Zusammensetzung des Fischextraktes wurde durch den Vergleich der Retentionszeiten mit käuflichen Referenzsubstanzen ermittelt. Ein Merck-Hitachi 2500 Integrator diente zur Registrierung der Chromatogramme und der Peakflächen. Zur Quantifizierung wurde Nonadecansäuremethylester (19:0) als interner Standard gewählt.

Tab. 7: Zusammensetzung des Alkoholstandards

Alkohole	
Trivialname	Abkürzung
Laurylalkohol	12:0
Myristylalkohol	14:0
Cetylalkohol	16:0
Stearylalkohol	18:0
Arachidylalkohol	20:0
Behenylalkohol	22:0
Palmitoleylalkohol	16:1
Oleylalkohol	18:1
Linoleylalkohol	18:2
11-Eicosenol	20:1
Erucylalkohol	22:1

Tab. 8: Zusammensetzung des Fettsäurestandards

Fettsäuren	
Systematischer Name	Abkürzung
Tetradecansäure	14:0
Pentadecansäure	15:0
Hexadecansäure	16:0
cis-9-Hexadecaensäure	16:1 (n-7)
cis-11-Hexadecaensäure	16:1 (n-5)
all-cis-7,10-Hexadecadiensäure	16:2 (n-6)
all-cis-7,10,13-Hexadecatriensäure	16:3 (n-3)
all-cis-4,7,10,13-Hexadecatetraensäure	16:4 (n-3)
Octadecansäure	18:0

Tab. 9: Zusammensetzung des Fettsäurestandards  
(Fortsetzung)

Fettsäuren	
Systematischer Name	Abkürzung
cis-9-Octadecaensäure	18:1(n-9)
cis-11-Octadecaensäure	18:1(n-7)
all-cis-9,12-Octadecadiensäure	18:2(n-6)
all-cis-9,12,15-Octadecatriensäure	18:3(n-3)
all-cis-6,9,12,15-Octadecatetraensäure	18:4(n-3)
Eicosensäure	20:0
cis-Eicosaensäure	20:1
all-cis-5,8,11,14-Eicosatetraensäure	20:4(n-6)
all-cis-8,11,14,17-Eicosatetraensäure	20:4(n-3)
all-cis-5,8,11,14,17-Eicosapentaensäure	20:5(n-3)
cis-11-Docosaensäure	22:1(n-11)
cis-13-Docosaensäure	22:1(n-9)
all-cis-7,10,13,16,19-Docosapentaensäure	22:5(n-3)
all-cis-4,7,10,13,16,19-Docosahexaensäure	22:6(n-3)

### 3.4.5 Analyse der markierten Lipide

Im Labor wurden die Proben nach der Methode von FOLCH et al. (1957) extrahiert. Die Proben wurden vollständig in einen Glaszylinder überführt und mit einem "Potter"-Homogenisiergerät extrahiert. Der Extrakt wurde 3mal mit Chloroform/Methanol 2:1 (V/V) in einen Rundkolben gespült. Nachdem das Lösungsmittel am Rotationsverdampfer abgedampft worden war, wurde der Rückstand viermal mit 1,5mL Chloroform in ein Reagenzglas mit Schraubverschluß überführt, so daß das Endvolumen genau 6mL betrug. Nach Zugabe von 2,5mL 0,1m KCl-Lösung wurde die Probe auf dem Vortex-Mixer kräftig geschüttelt, die Phasentrennung abgewartet und die obere Phase abgenommen. Es wurde insgesamt 6 mal mit der KCl-Lösung gewaschen. Es mußte darauf geachtet werden, daß die Entnahme der oberen Phase quantitativ erfolgt. Jeweils 1mL des ersten und des letzten Waschwassers wurden in 5mL Plastikvials mit 4mL Scintillationscocktail versetzt und die Aktivität gemessen, um die Abnahme der Aktivität in der Waschflüssigkeit zu verfolgen.

Der Gesamt-Lipidextrakt (Chloroformphase) wurde für weitere Analysen auf unterschiedliche Weise behandelt:

1mL des Lipidextrakts wurde direkt in ein Vial gegeben, mit 4mL Instagel 501 (für nicht wäßriges Medium) versetzt und im Scintillationszähler vermessen.

100 $\mu$ L des Extrakts wurden auf Kieselgel aufgetragen, dünnenschichtchromatographisch getrennt und die Aktivität der einzelnen Fraktionen mit einem  $\beta$ -Linearscanner vermessen.

500 $\mu$ L des Extrakts wurden durch Umesterung in seine Fettsäuremethylester und Alkohole überführt.

400 $\mu$ L des Extrakts wurden verwendet, um die Wachsester präparativ zu gewinnen. Sie wurden anschließend durch Umesterung ebenfalls in ihre Fettsäuremethylester und Alkohole überführt.

Die Umesterung wurde wie in Kapitel 3.4.4 beschrieben durchgeführt. Die vereinigten Hexanphasen wurden am Rotationsverdampfer eingedampft und die Fettsäuremethylester und Alkohole in 200 $\mu$ L Hexan aufgenommen. 50 $\mu$ L des Gemisches wurden dünnenschichtchromatographisch getrennt und die Aktivität der einzelnen Fraktionen direkt auf der Dünnschichtplatte mittels eines  $\beta$ -Linearscanners vermessen.

Zusätzlich zu der Bestimmung mit dem Linearscanner wurden alle markierten Proben mit einem Scintillationszähler gemessen. Die verschiedenen Lipidfraktionen wurden dazu mit dem  $\beta$ -Linear-Scanner auf der Dünnschichtplatte identifiziert und entsprechend ihrer Laufhöhe von der Platte abgekratzt. Die Lipidfraktionen wurde mit dem Kieselgel in 10mL Probenvials gegeben und nach Zugabe von 10mL Scintillationscocktail (Quickzint 501) im Scintillationszähler vermessen. Anschließend wurde die Aufnahme von  $^{14}\text{C}$ -Kohlenstoff berechnet.

## 4 Ergebnisse

### 4.1 Fettsäureverteilung im Phytoplankton

Der Chlorophyll a-Gehalt, die Konzentration an Gesamtlipiden, sowie die prozentuale Verteilung von Markerfettsäuren bestimmter Phytoplanktonklassen können zur Charakterisierung des regional unterschiedlichen Phytoplanktons dienen. Es wurden Proben von 9 ausgewählten Stationen aus der Grönlandsee und von 14 Stationen aus dem Bereich Nordostwasser-Polynya/Framstraße analysiert. Die prozentuale Verteilung der gesamten identifizierten Fettsäuren wird ausführlich in den Tabellen (1-9) im Anhang dargestellt.

#### 4.1.1 Grönlandseeschnitt

##### 4.1.1.1 Chlorophyll a- und Phytoplanktonverteilung

Die Verteilung des Chlorophyll a an der Oberfläche läßt sich an den untersuchten Stationen des Grönlandseeschnitts aufgrund der verschiedenen Wassermassen in drei Bereiche unterteilen (Abb. 5). Im Einflußbereich des Ost-Grönlandstroms liegen die Werte im Mittel bei  $0,17\mu\text{g/L}$  (St. 98-109). Die Polarfront wurde anhand der  $0^\circ\text{C}$ -Isotherme festgelegt und befindet sich zwischen  $11^\circ$  und  $13^\circ\text{W}$ . Der für die Grönlandsee typische Mischwasserkörper (Arctic Intermediate Water) mit Salzgehalten um  $S=34,5\%$  wird ab  $1^\circ\text{W}$  festgestellt und erstreckt sich bis  $5^\circ\text{E}$ , wo er durch die Arktikfront begrenzt wird (KRAUSE, 1991). Die Chlorophyll a-Gehalte betragen dort im Mittel  $0,09\mu\text{g/L}$  (St. 115-132). Die höchsten Gehalte werden mit  $1,06\mu\text{g/L}$  an den Stationen im West-Spitzbergenstrom erreicht (St. 134-147).

Die Phytoplanktonverteilung an den einzelnen Stationen ist sehr unterschiedlich in der Biomassekonzentration und in der Zusammensetzung der Arten. Die Station 98 ist eindeutig von Diatomeen dominiert. Es herrschen vor allem *Chaetoceros*- und *Flagillaria*-Arten vor. An den Stationen 108-115 sind kaum noch Diatomeen vorhanden, sondern hier überwiegen Detritusmaterial und Ciliaten. Die Stationen 120 und 132 werden von Tintinniden und Ciliaten dominiert. Beginnend mit Station 134 bis 147 wird eine drastische Änderung in der Zusammensetzung des Phytoplanktons beobachtet. Neben vereinzelt Diatomeenarten enthält das Plankton hauptsächlich Flagellaten und Ciliaten.

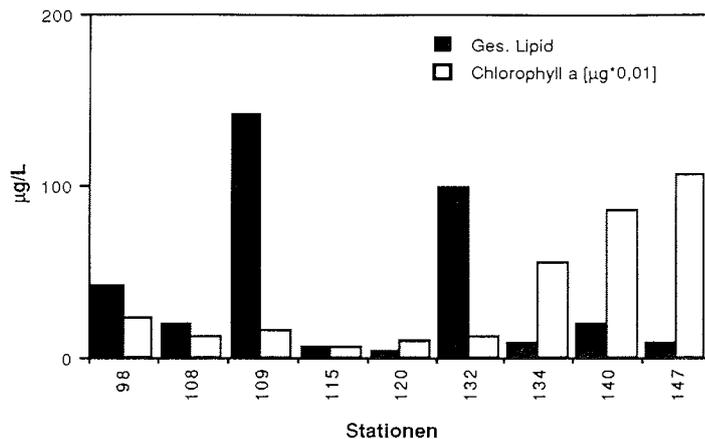


Abb. 5: **Grönlandsee:** Gesamtlipide im partikulären Material und Chlorophyll a

#### 4.1.1.2 Gesamtlipidgehalt und Fettsäureverteilung

Die Gesamtlipidgehalte an den Stationen dieses Schnitts sind sehr variabel und werden nicht durch die unterschiedlichen Wassermassen beeinflusst. An den Stationen 109 und 132 werden die höchsten Gesamtlipidgehalte mit 141,5µg/L bzw. 99,3µg/L gemessen (Abb. 5).

Die Fettsäuren 16:0, 16:1 und die mehrfachungesättigten Fettsäuren 20:5 und 22:6 sind die Hauptbestandteile der Gesamtfettsäuren des partikulären Materials. Die Verteilung der Fettsäuren 16:0 und 20:5 ist an den Stationen des Grönlandseeschnitts weitgehend homogen (Abb. 6), mit Ausnahme von Station 98, wo der Anteil an 20:5 Fettsäure bei 21,5% liegt. Der Anteil der 16:0 Fettsäure liegt bei durchschnittlich 17,2%, der der mehrfachungesättigten Fettsäure 20:5 bei 13,0%.

Der Gehalt der Fettsäure 16:1(n-7), einer typischen Fettsäure in Diatomeen, macht durchschnittlich 11,8% aus und nimmt auf diesem Schnitt von West nach Ost ab. Im polaren Wasser an der Station 98 beträgt der prozentuale Anteil dieser Fettsäure 33,5% und erreicht an der Station 140 im atlantischen Wasser nur noch 4,6%.

Den im Mittel größten Anteil an den Gesamtfettsäuren (18,0%) macht 22:6(n-3) aus. Die Verteilung an den verschiedenen Stationen ist jedoch nicht so homogen wie die der 16:0 und 20:5 Fettsäure. Den niedrigsten Wert gibt es an der Station 98 (3,1%) und den höchsten an der Station 115 (31,4%).

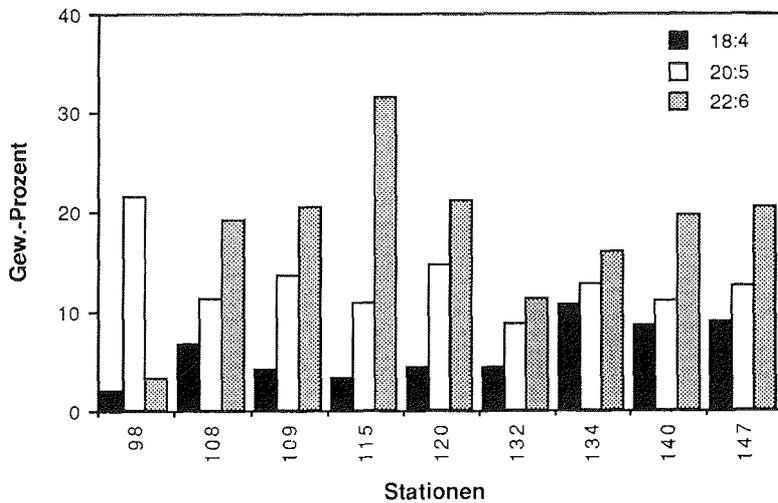
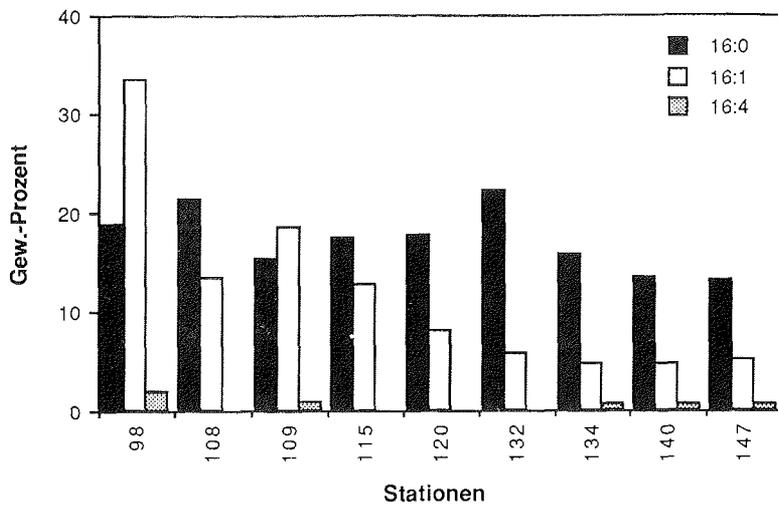


Abb. 6: **Grönlandsee:** Verteilung von Fettsäuren im partikulären Material

Die mehrfach ungesättigten Fettsäuren 16:4 und 18:4(n-3), Hauptbestandteile in Diatomeen bzw. Dinophyceen, machen nur einen geringen Teil der partikulären Fettsäuren aus. Während 16:4 nur an einigen Stationen und in sehr geringen Mengen (ca. 0,5%) gefunden wird, liegt der Anteil an 18:4 im Schnitt bei 5,8%. Ihr Anteil ist an den Stationen im West-Spitzbergenstrom etwas höher als an den übrigen Stationen.

#### 4.1.2 Nordostwasser-Polynya und Framstraßenschnitt

##### 4.1.2.1 Chlorophyll a- und Phytoplanktonverteilung

Die Chlorophyll a-Gehalte (Abb. 7) sind an den Stationen sehr unterschiedlich. Die höchsten Werte werden an den Polynyastationen 218 (2,15µg/L) und 216 (1,07µg/L) gemessen. In der Framstraße liegen die höchsten Chlorophyllgehalte bei Station 180 (0,84µg/L) und Station 178 (1,07µg/L) in der Nähe der Eisrandzone. Die Stationen dieses Schnitts werden fast ausschließlich von Diatomeenarten beherrscht. An Station 163 und 174 dominieren die Diatomeen *Chaetoceros borealis* und *Rhizosolenia* sp., sowie in geringeren Mengen mittlere und große Flagellaten. Von Station 178 bis Station 191 tritt eine Veränderung im Phytoplankton auf. Die Diatomeen bleiben vorherrschend, aber das Artenspektrum wandelt sich. Dominant sind *Chaetoceros socialis*, *Thalassiosira nordenskiöldii* und *Fragillaria*-Arten. Daneben sind auch Flagellaten in hohen Konzentrationen vorhanden. Die Polynyastationen werden von den Diatomeenarten in unterschiedlichen Mengen dominiert. Die wichtigsten Arten sind *Chaetoceros karianus*, *C. socialis*, *Fragillaria* sp. und *Thalassiosira nordenskiöldii*.

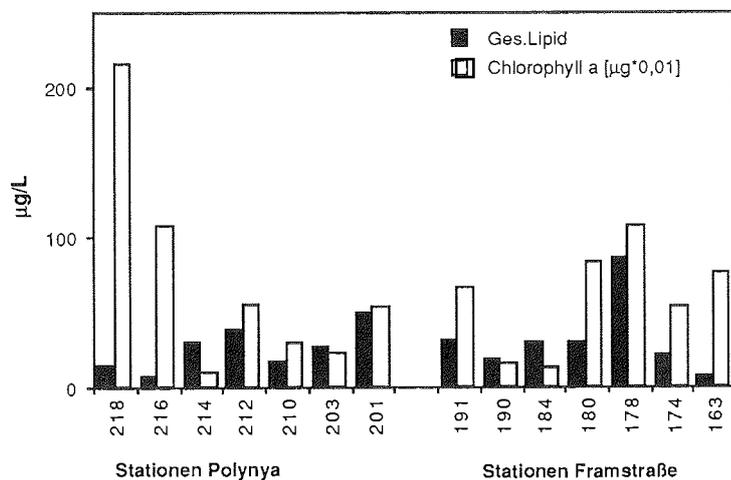


Abb. 7: Nordostwasser-Polynya u. Framstraße: Gesamtlipide im partikulären Material und Chlorophyll a

#### 4.1.2.2 Gesamtlipidgehalt und Fettsäureverteilung

Die Konzentration der Gesamtfettsäuren des partikulären Materials beträgt an den Stationen diese Seegebiets im Mittel  $29,3\mu\text{g/L}$ , wobei an Station 178 in der Framstraße der höchste Wert mit  $86,0\mu\text{g/L}$  erreicht wird. Mit Ausnahme dieses Wertes in der Nähe der Eisrandzone sind die Gesamtfettsäurekonzentrationen relativ homogen verteilt.

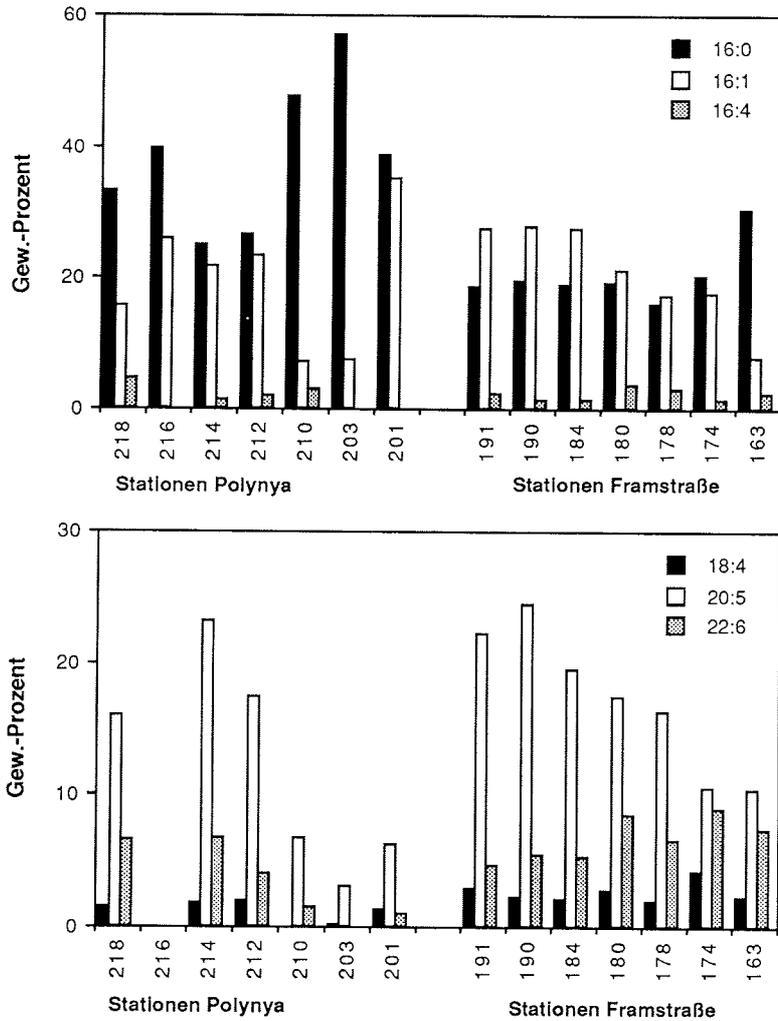


Abb. 8: Nordostwasser Polynya u. Framstraße: Verteilung von Fettsäuren im partikulären Material

Die Konzentration ausgewählter Fettsäuren des partikulären Materials ist in diesen beiden Untersuchungsgebieten sehr variabel (Abb. 8). Die dominante Fettsäure ist 16:0 mit durchschnittlich 29,2%. Diese Komponente ist vor allem in der Nordostwasser-Polynya der Hauptbestandteil der Fettsäuren mit durchschnittlich 38,1%. Das Maximum wird dort an Station 203 mit 56,7% gemessen. Die Fettsäuren 16:1(n-7) und 20:5(n-3) sind weitere Komponenten, die an allen Stationen dieser Seegebiete in hohen Anteilen im partikulären Material enthalten sind. Sie betragen im Mittel  $20,0\% \pm 8,6$  bzw.  $13,8\% \pm 7,7$ . Ihre Verteilung ist jedoch an den Stationen der Framstraße homogener als in der Küstenpolynya. Der höchste Gehalt an 16:1 wird an Station 201 mit 35,1% gemessen, und das Maximum für 20:5 beträgt 24,4% an Station 190. Die Verteilung der mehrfach ungesättigten Fettsäure 22:6(n-3) ist ebenfalls durch regionale Einflüsse geprägt. Der mittlere Gehalt beträgt in der Nordostwasser-Polynya 2,8% und in der Framstraße 6,6%. Östlich der Station 180 steigt der Gehalt dieser Fettsäure leicht an und erreicht einen Maximalwert von 8,8%. Bis auf wenige Stationen sind die Fettsäuren 16:4 und 18:4 im gesamten Untersuchungsgebiet nur in geringen Anteilen im partikulären Material vorhanden.

#### 4.2. Variabilität der Lipide im Zooplankton

Die Verteilung der Fettsäuren und Alkohole in den herbivoren Copepoden *Calanus hyperboreus* und *C. finmarchicus* läßt auf den Einfluß bestimmter Markerfettsäuren aus dem Phytoplankton schließen. Die Fettsäuren 16:1(n-7), 16:4 und 20:5 sind Hauptbestandteile von Diatomeenlipiden, während die 18:4 und 22:6 Fettsäuren Hauptkomponenten in Dinoflagellaten sind. Darüberhinaus sind die Fettsäuren 16:0, 20:5 und 22:6 wichtige Bestandteile in Phospholipiden. Die langkettigen einfach ungesättigten Alkohole 20:1(n-9) und 22:1(n-11), die Einzelkomponenten der Wachsester in den Copepoden, werden von den Tieren *de novo* biosynthetisiert (FARKAS, 1973; SARGENT & MCINTOSH, 1974).

##### 4.2.1 Variabilität der Lipide in *Calanus hyperboreus* f. an einer Station.

Die Analysen von 20 einzelnen *Calanus hyperboreus* Weibchen von Station 218 zeigen die Variabilität der Lipide in dieser Spezies. Die Proben stammen aus der Nordostwasser-Polynya auf 81°N und 14°W. Das Phytoplankton an dieser Station ist geprägt durch Diatomeen, insbesondere durch *Chaetoceros*-Arten. Der Wachsestergehalt (Abb. 9) und der Gesamtgehalt an Fettsäuren und Alkoholen (Abb. 10), im folgenden als Gesamtlipide bezeichnet, spiegeln den aktuellen

Ernährungszustand der Copepoden wider. Alle Tiere weisen einen hohen Wachsestergehalt auf, der durchschnittlich  $88,8\% \pm 4$  der Gesamtlipide beträgt. Die Konzentration der Gesamtlipide in den Proben ist im Vergleich zu den Wachsestergehalten weniger homogen verteilt. Die Konzentrationen liegen zwischen  $1500\mu\text{g}/\text{Tier}$  und  $3600\mu\text{g}/\text{Tier}$ . Die mittlere Konzentration beträgt  $2430\mu\text{g}/\text{Tier}$  mit einer Standardabweichung von  $483\mu\text{g}$ .

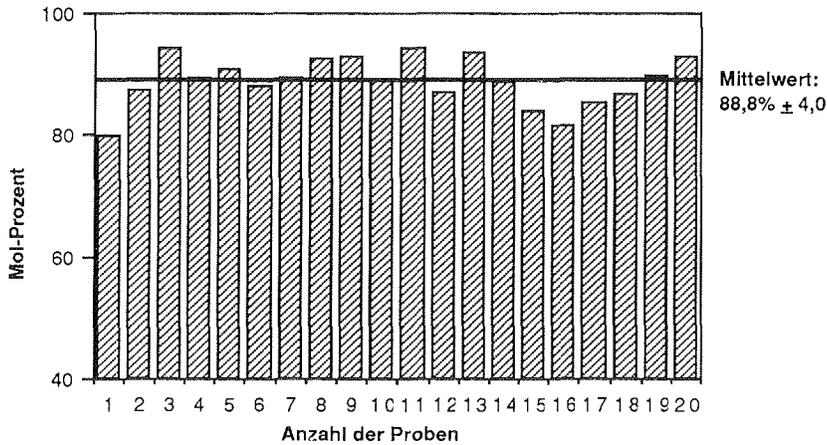


Abb. 9: *Calanus hyperboreus* f.: Wachsestergehalte von 20 Einzelbestimmungen

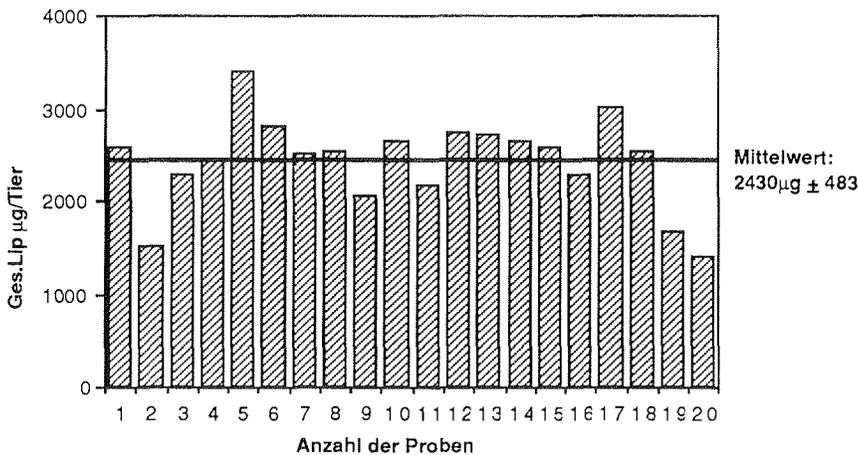


Abb. 10: *Calanus hyperboreus* f.: Gesamtlipidkonzentration von 20 Einzelbestimmungen

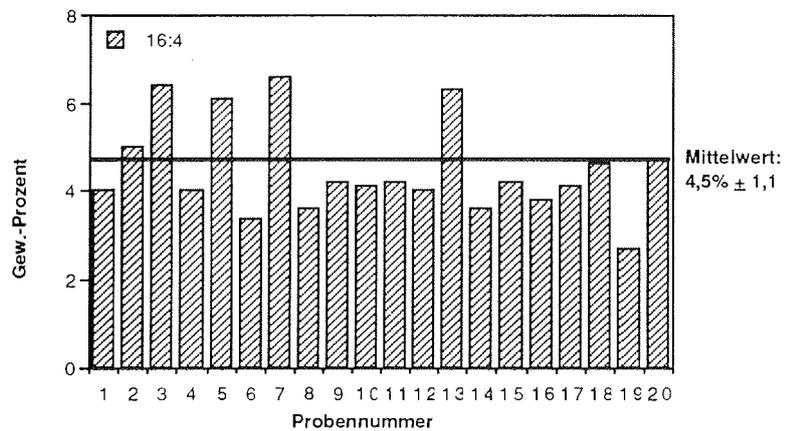
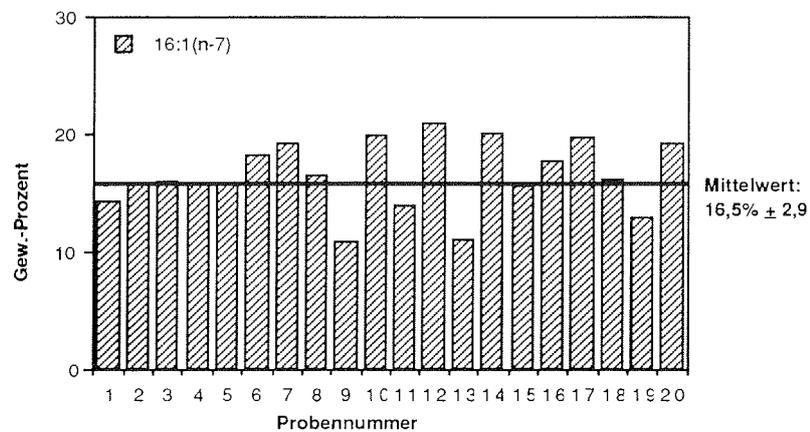
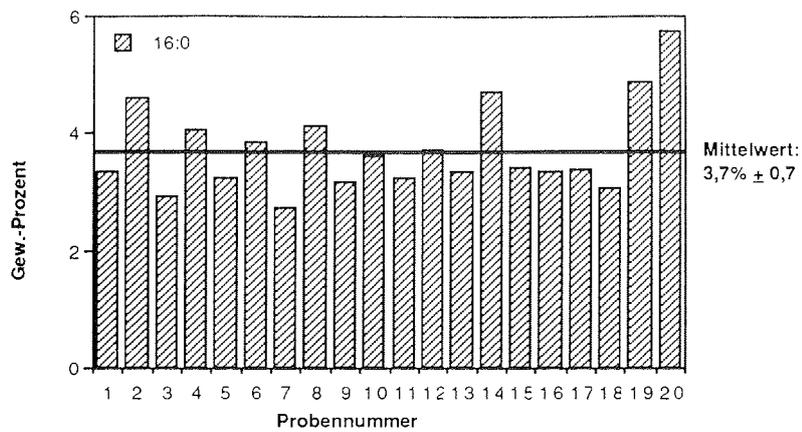


Abb. 11: *Calanus hyperboreus* f.: Verteilung der Fettsäuren 16:0, 16:1 und 16:4 von 20 Einzelbestimmungen

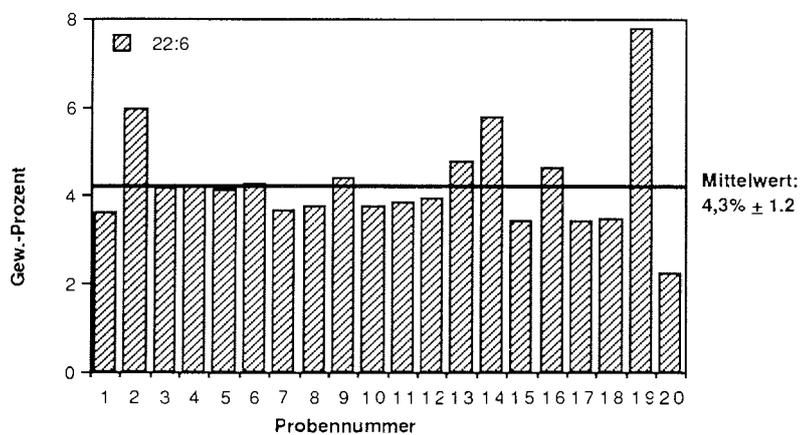
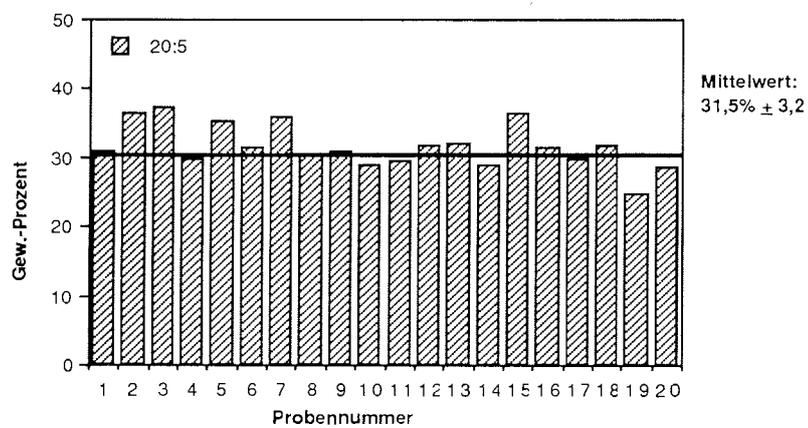
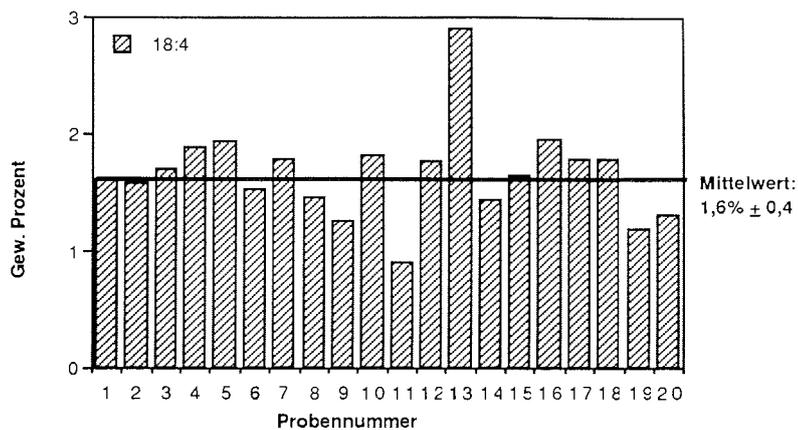


Abb. 12: *Calanus hyperboreus* f.: Verteilung der Fettsäuren 18:4, 20:5 und 22:6 von 20 Einzelbestimmungen

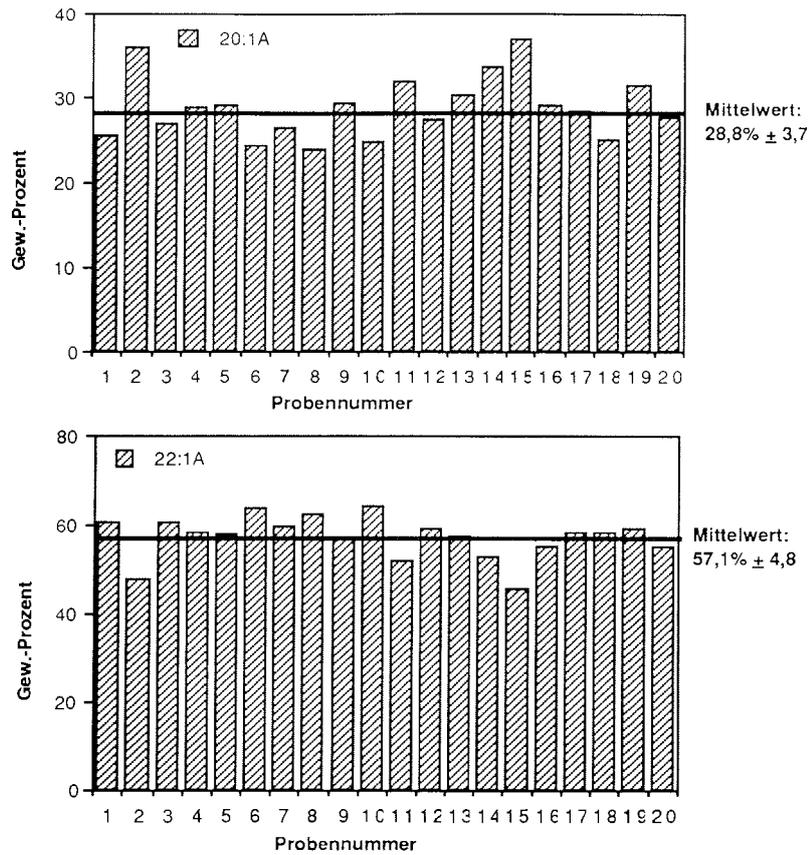


Abb. 13: **Calanus hyperboreus f.:** Verteilung der Alkohole 20:1 und 22:1 von 20 Einzelbestimmungen

In der Abbildung 11 sind die Anteile der Fettsäuren 16:0, 16:1(n-7) und 16:4 in den 20 Individuen von *Calanus hyperboreus* dargestellt. Der mittlere Prozentwert für 16:0 beträgt  $3,7\% \pm 0,7$ . Die Werte von 16:1 (n-7) sind im Verhältnis zu den übrigen Fettsäureanteilen relativ hoch und liegen bei  $16,5\% \pm 2,9$ . Der Gehalt an 18:4 Fettsäure macht in allen Proben nur einen geringen Prozentsatz aus und beträgt  $1,6\% \pm 0,4$ . Der Anteil der Fettsäure 20:5 an den Gesamtfettsäuren beträgt im Schnitt 31,5% und der der 22:6 Fettsäure 4,3%. Die Standardabweichungen für diese Fettsäuren betragen 3,2% bzw. 1,2% (Abb. 12). Die *de novo* synthetisierten langkettigen Fettsäuren 20:1(n-9) und 22:1(n-11) sind in den 20 Einzelproben relativ gleichmäßig verteilt (Anhang: Tab. 10-12). Der Anteil beträgt durchschnittlich  $9,5\% \pm 1,8$  bzw.  $8,6\% \pm 1,6$ . Ebenso wie die langkettigen Fettsäuren zeigen auch die langkettigen Alkohole eine relativ homogene Verteilung. Der Alkohol 20:1 erreicht einen Anteil von  $28,8\% \pm 3,7$  und der 22:1 Alkohol  $57,1\% \pm 4,8$  bei einer Standardabweichung von 4,8% (Abb. 13) an den Gesamtalkoholen.

#### 4.2.2 Regionale Verteilung der Lipide im Zooplankton

Das Zooplanktonmaterial von 37 ausgewählten Stationen zweier zonaler Schnitffahrten in der Grönlandsee und in der Framstraße wurde analysiert. Anhand der dominanten Fettsäuren und Alkohole sowie der wichtigsten Markerfettsäuren in *Calanus finmarchicus* f. und *C. hyperboreus* f. wird an jeder Station der Einfluß bestimmter Phytoplanktonarten auf die Lipidzusammensetzung dargestellt. Die regionalen Unterschiede werden anhand der für Diatomeen typischen Fettsäuren 16:1(n-7), 16:4 und 20:5 sowie der in Dinoflagellaten als Hauptfettsäuren vorkommenden Fettsäuren 18:4 und 22:6 charakterisiert. Eine detaillierte Aufstellung der Analysendaten aller identifizierten Fettsäuren und Alkohole der verschiedenen Arten und Stadien ist in den Tabellen 13-31 im Anhang aufgelistet.

##### 4.2.2.1 Grönlandseeschnitt

Der Gehalt an Wachsestern und die Konzentration an Gesamtlipiden ist ein Maß für den Ernährungsstatus der Copepoden (Abb. 14). Die Wachsestergehalte von *Calanus hyperboreus* f. liegen an allen Stationen der Grönlandsee bei 84,1% und mit einer Standardabweichung von  $\pm 4,6\%$ . Im Gegensatz dazu ist der Wachsestergehalt bei *C. finmarchicus* f. in den verschiedenen Wassermassen unterschiedlich und nimmt von Westen nach Osten leicht ab. Im polaren Wasser beträgt er im Mittel

84,9%, erreicht im Grönlandseewirbel 79,8% und sinkt im atlantischen Wasser vor Spitzbergen auf 68,6%. Während *C. hyperboreus* nur in den Wassermassen westlich der Arktikfront (Station 126) verbreitet ist, wird *C. finmarchicus* an allen Stationen des Grönlandseeschnitts gefunden.

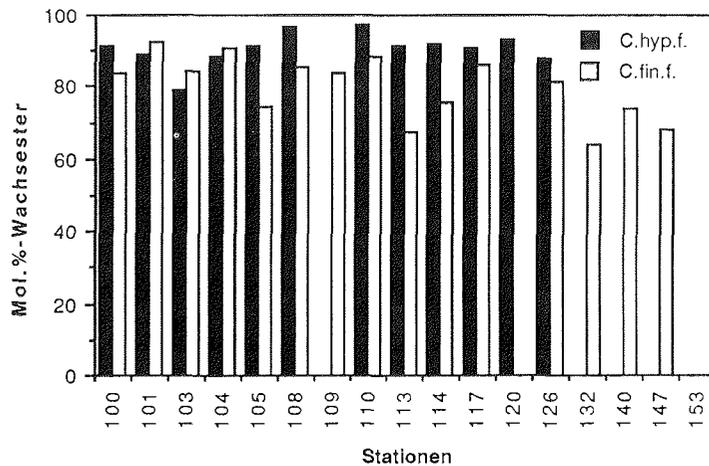


Abb. 14: **Grönlandsee:** Wachsestergehalte in *Calanus finmarchicus* f. und *Calanus hyperboreus* f.

Der Gesamtlipidgehalt ist neben dem Wachsestergehalt ein weiteres Maß für den Ernährungszustand der Copepoden. Er beträgt für *Calanus hyperboreus* f. im polaren Wasser 839,7µg/Tier und 657,8µg/Tier im Arktischen Zwischenwasser. Bei dieser Spezies ist die Gesamtlipidkonzentration an der Station 100 bemerkenswert hoch. Die Konzentration an Gesamtlipiden bei *C. finmarchicus* f. nimmt im Gegensatz zu den Wachsestergehalten von Grönland nach Spitzbergen hin geringfügig zu. Die Werte innerhalb der verschiedenen Wassermassen betragen 26,0µg/Tier (PW), 29,0µg/Tier (AIW) und 48,3µg/Tier für das atlantische Wasser (Abb. 15). Insgesamt ist die Verteilung der Gesamtlipide in dieser Region sowohl für *C. hyperboreus* f., als auch für *C. finmarchicus* f. sehr heterogen.

Die Verteilung der Fettsäuren und Alkohole der beiden Copepodenarten ist durch artspezifische Unterschiede gekennzeichnet. *Calanus hyperboreus* enthält höhere Anteile langkettiger Fettsäuren und Alkohole als *C. finmarchicus* f. (Anhang: Tab. 13-31).

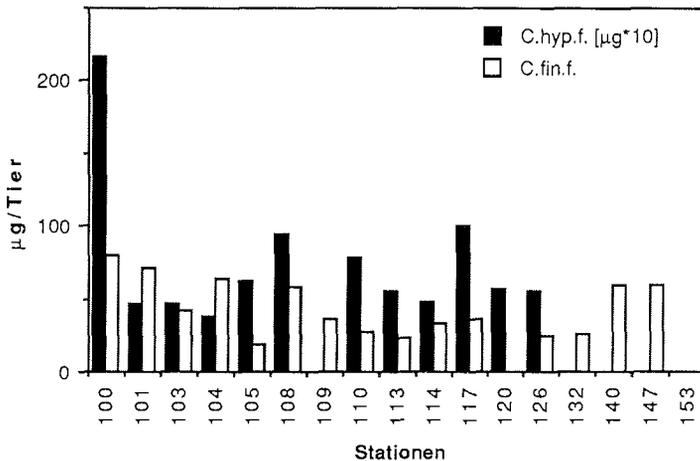


Abb. 15: **Grönlandsee:** Gesamtlipidgehaltgehalte in *Calanus finmarchicus* f. und *Calanus hyperboreus* f.

Die Fettsäure 16:0 ist an allen Stationen dieses Seegebietes in beiden Arten homogen verteilt (Abb. 16). Der Prozentsatz an 16:0 ist für *Calanus finmarchicus* f.  $10,6\% \pm 1,22$  und für *C. hyperboreus* f.  $4,4\% \pm 0,6$ . In *C. hyperboreus* f. ist die Fettsäure 16:1 an allen Stationen im polaren Wasser mit durchschnittlich 13,5% dominant (Abb. 16). Der Prozentgehalt erreicht dort an der Station 103 den höchsten Wert mit 20,1%. Östlich der Polarfront sind die Gehalte an 16:1 homogen verteilt. Sie liegen durchschnittlich bei 8,2%. Bei *C. finmarchicus* f. ist diese Fettsäure deutlich gleichmäßiger verteilt. Der Gehalt an 16:1 beträgt im polaren Wasser im Schnitt 8,7%, im arktischen Zwischenwasser 5,0% und im atlantischen Wasser 3,7%. Generell ist für beide Spezies von Grönland nach Spitzbergen eine Abnahme dieser Fettsäure zu beobachten.

Die 16:4 Fettsäure ist in beiden Copepodenarten nur in geringen Mengen enthalten, jedoch ist auch bei dieser Fettsäure eine abnehmende Tendenz der Prozentgehalte von West nach Ost festzustellen (Abb. 16). Der höchste Wert liegt bei *Calanus hyperboreus* f. bei 3,8% an Station 100 im Einflusbereich des polaren Wassers. Dort sind auch im Phytoplankton höhere Gehalte der 16:4 Fettsäure festgestellt worden. *C. finmarchicus* f. zeigt den höchsten Gehalt an 16:4 Fettsäure an der Station 103 (2,3%).

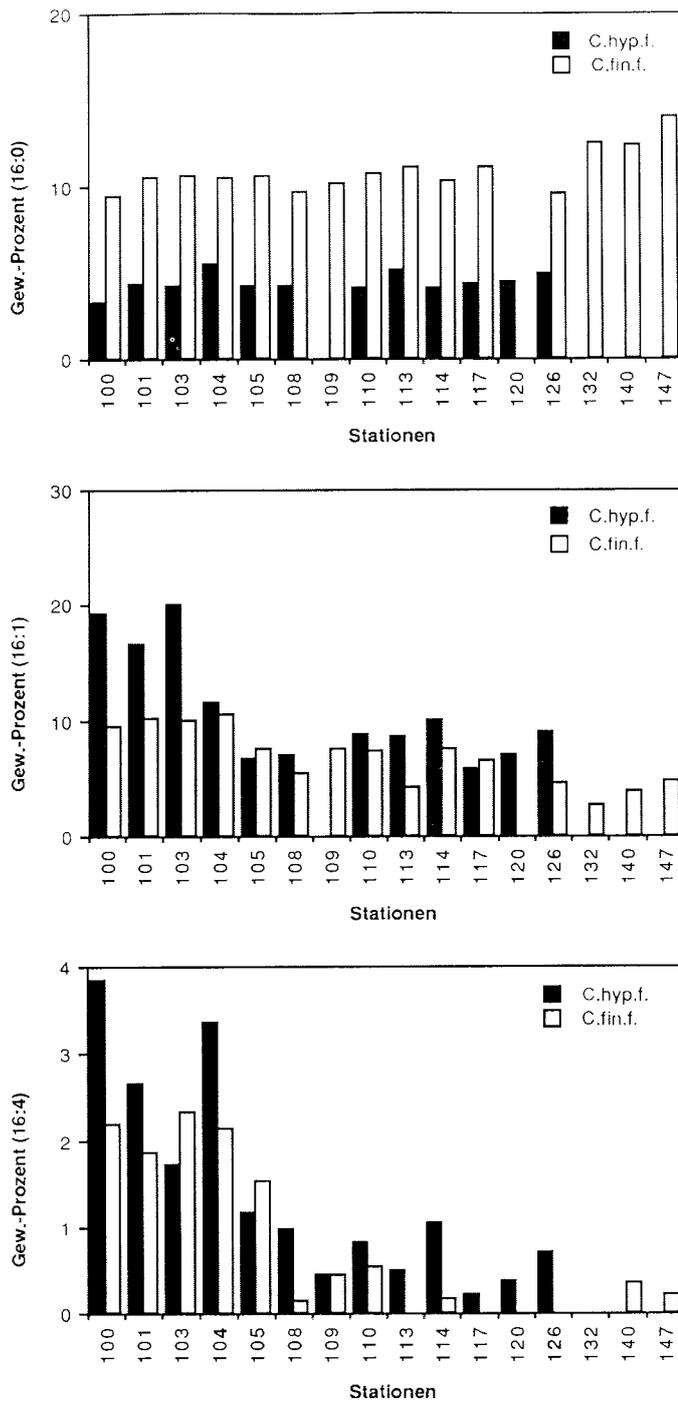


Abb. 16: Grönlandsee: Verteilung der Fettsäuren 16:0, 16:1 und 16:4 in *Calanus finmarchicus f.* und *Calanus hyperboreus f.*

Die Fettsäure 18:4 tritt in beiden Spezies nur in niedrigen Prozentwerten auf und zeigt in *Calanus hyperboreus* f. von West nach Ost zunehmende Werte (Abb. 17). Im Ost-Grönlandstrom liegt diese Fettsäure zwischen 1,6% und 7,9%. Die Werte steigen östlich der Polarfront auf Werte von durchschnittlich 7,1% an. Für *C. finmarchicus* f. ist der Anteil an 18:4 im West-Spitzbergenstrom am höchsten. Der Anteil beträgt im Durchschnitt 5,7%. An den anderen Stationen des Grönlandseeschnitts beträgt er durchschnittlich 3,0%. In beiden Copepodenarten ist der Prozentsatz dieser Fettsäure an den Stationen eindeutig erhöht, die von Dinophyteen beherrscht werden.

Die 20:5 Fettsäure ist sowohl in *Calanus finmarchicus* f. als auch bei *C. hyperboreus* f. an allen Stationen dieses Seegebiets im Vergleich zu den anderen Fettsäuren homogener verteilt (Abb. 17). Bei *C. hyperboreus* f. macht der Anteil  $14,9\% \pm 4,1$  aus. Die Ausnahme bildet Station 100 mit 26,3%. Bei *C. finmarchicus* f. beträgt der Gehalt im Schnitt 14,2%, wobei an den Stationen 132-147 im West-Spitzbergenstrom etwas höhere Werte festgestellt werden (18,1%).

Die 22:6 Fettsäure zeigt bei beiden Spezies eine Tendenz innerhalb des Schnittes von West nach Ost (Abb. 17). Die niedrigsten Anteile werden für *Calanus finmarchicus* f. an Station 101 (6,1%) und für *C. hyperboreus* f. an Station 100 (4,3%) beobachtet. In der Nähe der Polarfront steigen die Werte auf 18,7% für *C. finmarchicus* f. (Station 105) und auf 10,3% für *C. hyperboreus* f. (Station 108) an. Östlich der Polarfront werden für *C. hyperboreus* f. durchschnittlich 12,5% ermittelt. Bei *C. finmarchicus* f. sind die Anteile durchgehend höher als bei *C. hyperboreus* f.. Sie liegen im arktischen Zwischenwasser bei 13,9% und betragen im atlantischen Wasser 17,5%.

Die *de novo* synthetisierte Fettsäure 20:1(n-9) ist bei *Calanus hyperboreus* f. und *C. finmarchicus* f. in der Grönlandsee relativ gleichmäßig verteilt, jedoch liegen bei *C. hyperboreus* mit  $15,7\% \pm 2,3$  deutlich höhere Gehalte vor als bei *C. finmarchicus* f. ( $9,0\% \pm 2,3$ ) (Abb. 18). Die ebenfalls neusynthetisierte Fettsäure 22:1(n-11) hat bei *C. hyperboreus* im Einflußbereich des polaren Wassers mit durchschnittlich  $16,0\% \pm 3,0$  leicht höhere Gehalte als im "wärmeren" Grönlandseewasser mit  $14,0\% \pm 1,8$ . Die 22:1 Fettsäure ist bei *C. finmarchicus* f. in der Grönlandsee relativ homogen verteilt und erreicht einen durchschnittlichen Anteil von  $10,2\% \pm 2,7$ . Interessant ist bei *C. finmarchicus* f. der etwas geringere Anteil der langkettigen Fettsäuren 20:1 und 22:1 im Westspitzbergenstrom, im Einflußbereich des atlantischen Wassers (Abb. 18).

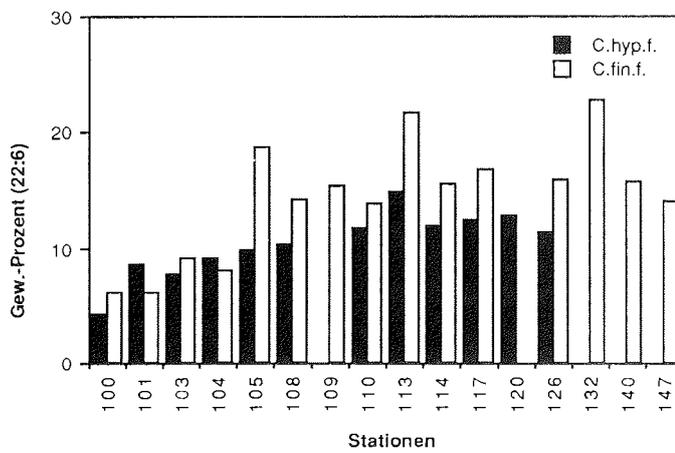
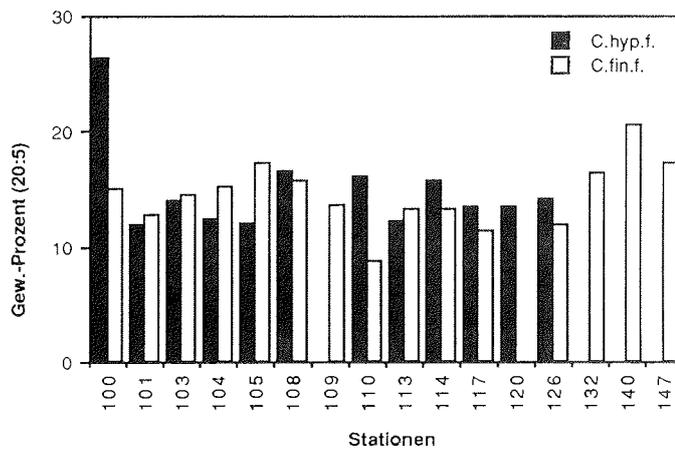
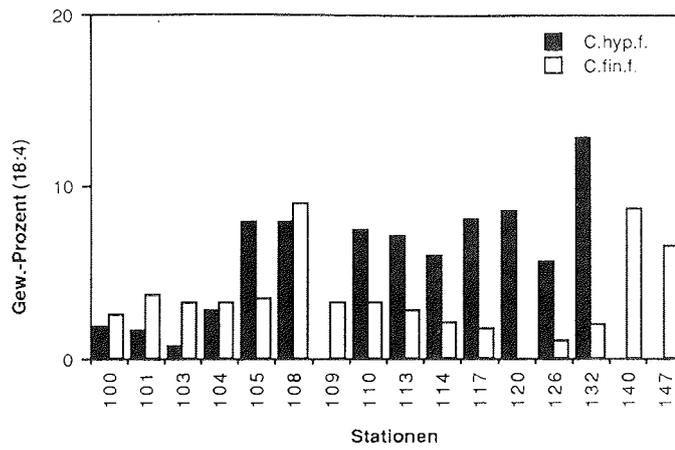


Abb. 17: Grönlandsee: Verteilung der Fettsäuren 18:4, 20:5 und 22:6 in *Calanus finmarchicus* f. und *Calanus hyperboreus* f.

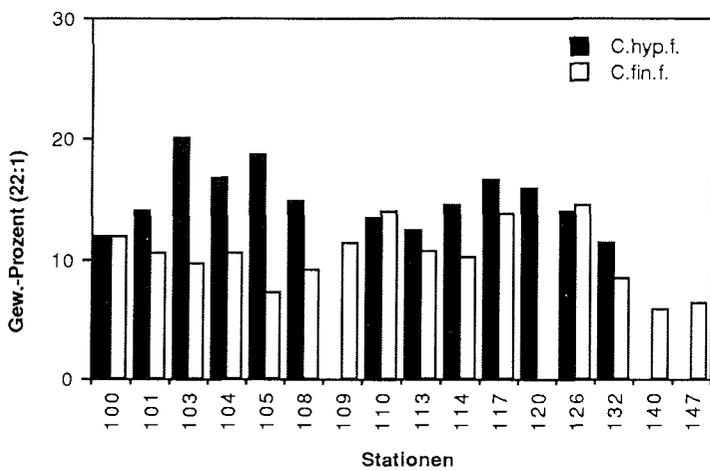
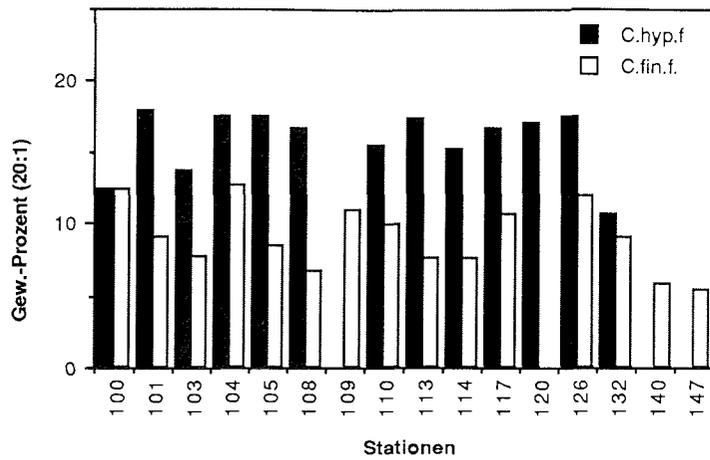


Abb. 18: **Grönlandsee:** Verteilung der Fettsäuren 20:1 und 22:1 in *Calanus finmarchicus* f. und *Calanus hyperboreus* f.

Der prozentuale Anteil der langkettigen Alkohole 20:1 und 22:1 an den Gesamtalkoholen ist in dieser Region relativ homogen verteilt (Abb. 19), läßt aber spezies-spezifische Unterschiede erkennen. Der Gehalt an 20:1 Alkohol ist in *Calanus finmarchicus* f. mit  $35,8\% \pm 3,0$  signifikant höher als in *C. hyperboreus* f. mit  $28,5\% \pm 2,0$ , während der Prozentwert des 22:1 Alkohols in *C. finmarchicus* f. mit  $47,5\% \pm 7,5$  deutlich niedriger ist als in *C. hyperboreus* f. mit  $63,6\% \pm 2,3$ . Das Verhältnis 20:1 zu 22:1 Alkohol beträgt bei *C. finmarchicus* 0,8 und bei *C. hyperboreus* 0,4.

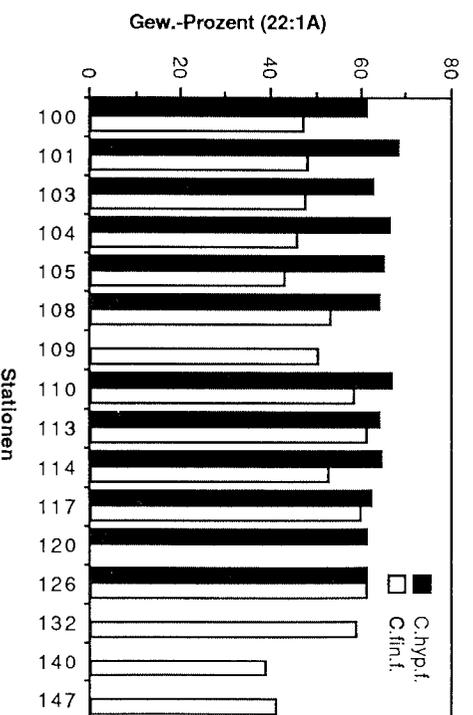
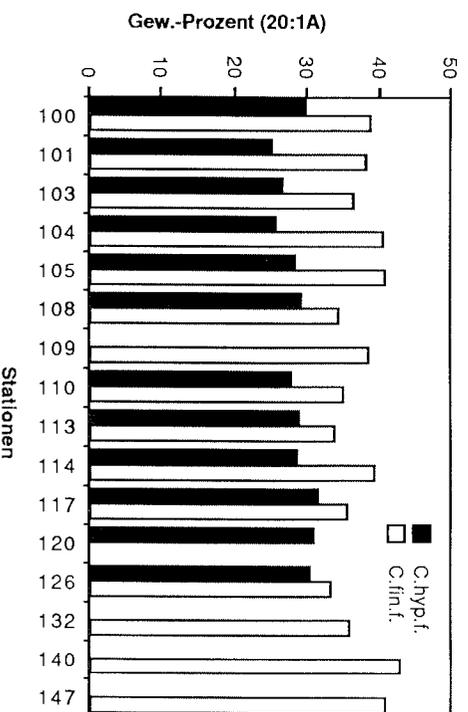


Abb. 19: Grönlandsee: Verteilung der Alkohole 20:1 und 22:1 in *Calanus finmarchicus* f. und *Calanus hyperboreus* f.

#### 4.2.2.2 Nordostwasser-Polynya und Framstraßenschnitt

Dieser Bereich umfaßt die Nordostwasser Polynya vor Grönland mit den Stationen 218-197 und die Framstraße mit den Stationen 194-166. Die Stationen 218-212 liegen im nördlichen Teil der Polynya auf 81°N und die Stationen 210-197 auf 80°N. Die Polarfront wurde zwischen Station

180 und 181 anhand der 0°C-Isothermen bestimmt. Die Arktikfront liegt östlich der Station 174. Sie ist durch den Temperaturanstieg auf 7°C und den höheren Salzgehalt um 35‰ charakterisiert. Entsprechend der jeweiligen Reproduktionsgebiete der Copepoden wurde östlich der Arktikfront, im atlantischen Wasser, nur *Calanus finmarchicus* gefangen. Die Ausnahmen bildeten die Stationen 197 und 180 im arktischen Zwischenwasser. Dieser Bereich und die Stationen im polaren Wasser wurden von *C. hyperboreus* dominiert.

Die Wachsestergehalte von *Calanus hyperboreus* f. sind in dieser Region sehr gleichmäßig und liegen bei durchschnittlich 86,4% ± 3,5. Dieser Gehalt ist etwas geringer als der von *C. hyperboreus* in der Grönlandsee. Bei *C. finmarchicus* f. ist der Anteil dieser Lipidklasse an den atlantischen Stationen der Framstraße wesentlich geringer (63,2%) (Abb. 20). Auch bei dieser Spezies sind die Wachsestergehalte geringer als in der Grönlandsee. Der höchste Wert bei *C. finmarchicus* f. wird an der Station 180 im Bereich der Eisrandzone gemessen (83,9%).

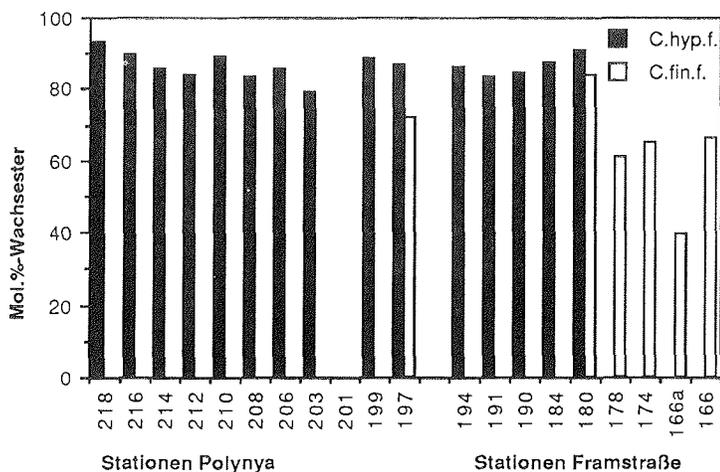


Abb. 20: Nordostwasser-Polynya und Framstraße: Wachsestergehalte in *Calanus finmarchicus* f. und *Calanus hyperboreus* f.

Die Konzentration an Gesamtlipiden ist bei *Calanus hyperboreus* f. in diesem Seegebiet sehr hoch (Abb. 21). In der Küstenpolynya werden Werte von durchschnittlich 1960µg/Tier registriert, die in der Framstraße sogar auf 2460µg/Tier steigen. Diese Werte sind ca. dreimal so hoch, wie die in der Grönlandsee. Besonders hohe Konzentrationen werden an den Stationen 194 (3943µg/Tier) und Station 190 (3412µg/Tier) gemessen. Bei *C. finmarchicus* f. beträgt der

Gesamtlipidgehalt an den Stationen der Framstraße im Mittel 37,8µg/Tier. Dieser Wert kommt denen für *C. finmarchicus* f. aus der Grönlandsee sehr nahe. Bei *C. finmarchicus* wird die höchste Gesamtlipidkonzentration in der Framstraße mit 60µg/Tier an der Station 180 festgestellt.

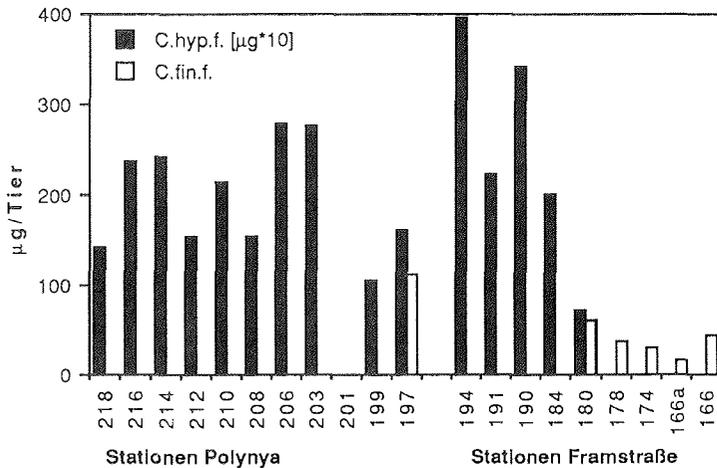


Abb. 21: **Nordostwasser Polynya und Framstraße:**  
Gesamtlipidgehalt in *Calanus finmarchicus* f. und *Calanus hyperboreus* f.

Die Verteilung der Fettsäure 16:0 ist bei *Calanus hyperboreus* f. auf diesem Schnitt homogen und liegt zwischen 3,2% und 5,7%. Bei *C. finmarchicus* f. betragen die Werte im Mittel  $13,3\% \pm 2,5$  (Abb. 22), wobei der höchste Anteil 16,4% beträgt.

Einer der Hauptbestandteile der Fettsäuren bei *Calanus hyperboreus* f. ist neben der 20:5 Fettsäure die 16:1 Fettsäure (Abb. 22). Ihr Gehalt liegt bei 22,4%, wobei die Werte im Bereich der Eisrandzone und im nördlichen Teil der Polynya deutlich unter 20% liegen. An den Stationen 190 und 208 werden die höchsten Werte mit 33,9% bzw. 31,9% festgestellt. Bei *C. finmarchicus* f. macht der Anteil dieser Fettsäure durchschnittlich nur 5,2% aus. Bei dieser Spezies gibt es die höchsten Werte an den Stationen 197 (15,2%) und 180 (9,2%).

Die Markerfettsäure 16:4, typisch für Diatomeen, tritt bei *Calanus finmarchicus* f. nur an drei Stationen auf. Die Anteile sind sehr gering (durchschnittlich 1,3%), wobei der höchste Gehalt mit 2,3% an der

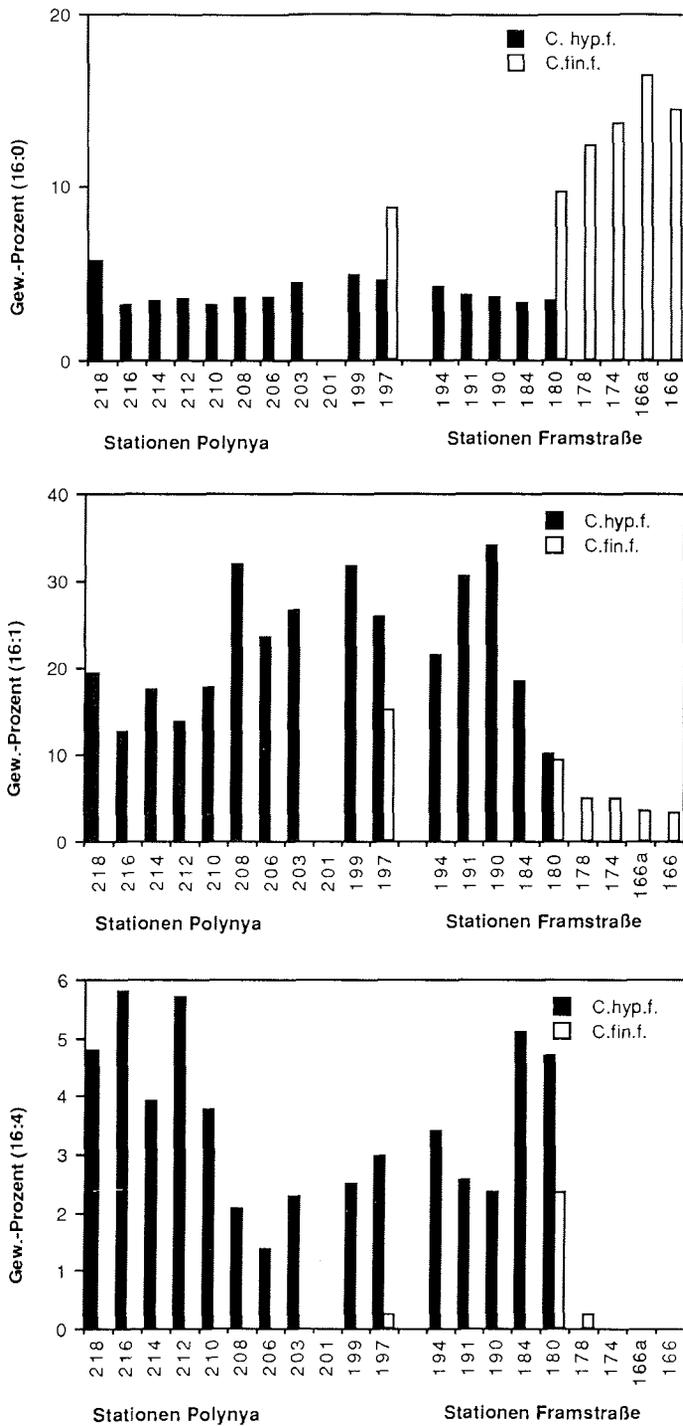


Abb. 22: Nordostwasser Polynya und Framstraße: Verteilung der Fettsäuren 16:0, 16:1 und 16:4 in *Calanus finmarchicus* f. und *Calanus hyperboreus* f.

Station 180 in der Nähe der Eisrandzone auftritt. *C. hyperboreus* f. enthält durchschnittlich  $3,4\% \pm 1,6$  an 16:4 Fettsäure. Die höchsten Werte werden auch an den Stationen 180 und 184 im Bereich des Eisrands, sowie an den nördlichen Polynyastationen 212-218 gemessen (Abb. 22).

Die Verteilung der 18:4 Fettsäure in der Polynya ist heterogen (Abb. 23). Die Gehalte betragen durchschnittlich 2,8%, wobei die Prozente an den Stationen 203 und 206 mit 7,8% und 4,2% deutlich herausragen. Im arktischen Zwischenwasser liegt der Anteil für *Calanus hyperboreus* f. bei durchschnittlich 2,3%. *C. finmarchicus* f. aus dem atlantischen Wasser enthält dagegen etwas größere Anteile der 18:4 Fettsäure, die im Mittel bei 3,7% liegen. Die höchsten Werte werden an Station 178 und 166 gefunden.

Der höchste Anteil an den Gesamtfettsäuren in *Calanus hyperboreus* wird in dem Bereich Nordostwasser-Polynya/Framstraße für die Fettsäure 20:5 festgestellt (Abb. 23). Der Durchschnittswert für diese Copepodenart liegt bei 25,1% im Gebiet der Küstenpolynya und bei 26,7% in der Framstraße. Die Werte an den Polynyastationen 208-218 übersteigen alle den Durchschnitt und erreichen maximal 33,3% (Station 212). Der höchste Anteil in der Framstraße tritt mit 33,6% an der Station 184 auf. Genau wie bei der 16:4 Fettsäure werden auch bei der 18:4 Fettsäure die höchsten Werte an den nördlichen Stationen der Polynya und im Bereich der Eisrandzone gemessen. Der Gehalt an 20:5 ist bei *C. finmarchicus* f. etwas geringer und beträgt an den Stationen in der Framstraße im Mittel 19,8%.

Die Verteilung der mehrfachungesättigten Fettsäure 22:6 ist für beide Copepodenarten an allen Stationen dieses Schnittes homogen (Abb. 23). Der Anteil der 22:6 Fettsäure macht an den Gesamtfettsäuren bei *Calanus hyperboreus* f. durchschnittlich  $4,8\% \pm 1,0$  aus. Ein Unterschied an den Stationen der Polynya und denen der Framstraße ist nicht festzustellen. Der Anteil bei *C. finmarchicus* f. ist erheblich höher und beträgt durchschnittlich  $17,2\% \pm 7,5$ . Bei dieser Art liegt der extremste Wert an der Station 197 auf dem Ost-Grönlandschelf (28,4%).

Bei *Calanus hyperboreus* f. sind die neusynthetisierten, langkettigen Fettsäuren 20:1(n-9) und 22:1(n-11) sowohl an den Polynya Stationen als auch in der Framstraße relativ gleichmäßig verteilt (Abb. 24). Die Anteile betragen durchschnittlich  $9,8\% \pm 1,9$  bzw.  $8,7\% \pm 2,4$ . Der Gehalt der Fettsäuren 20:1(n-9) und 22:1(n-11) ist bei *C. finmarchicus* f. im atlantischen Wasser deutlich geringer, jedoch werden an den Stationen 197 und 180, beide im Einflußbereich des arktischen Zwischenwassers, mit durchschnittlich 9,8% für die 20:1 Fettsäure bzw. 10,9% für die 22:1 Fettsäure deutlich höhere Werte registriert.

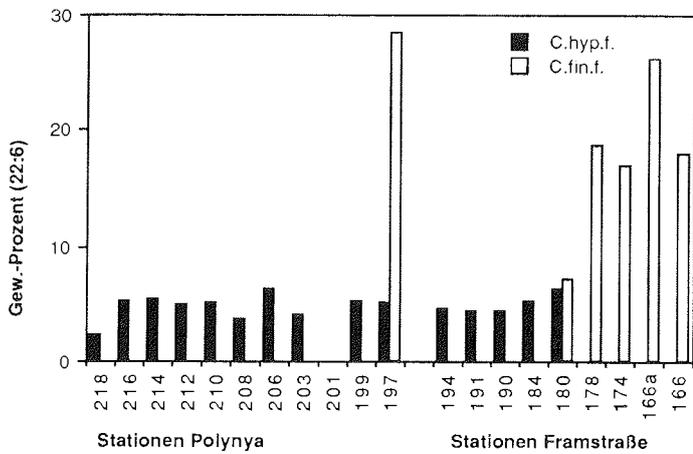
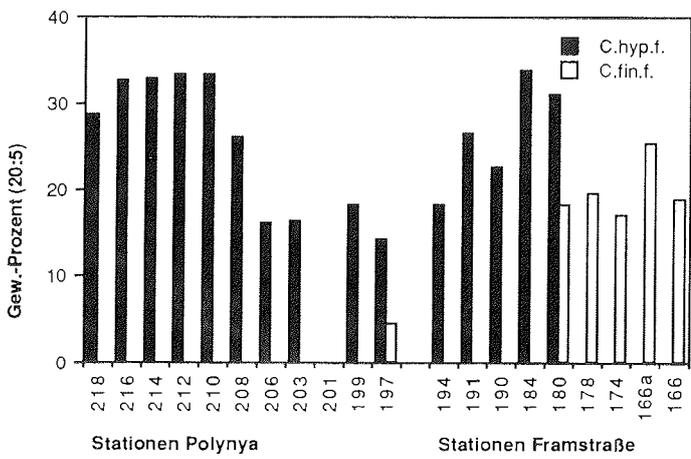
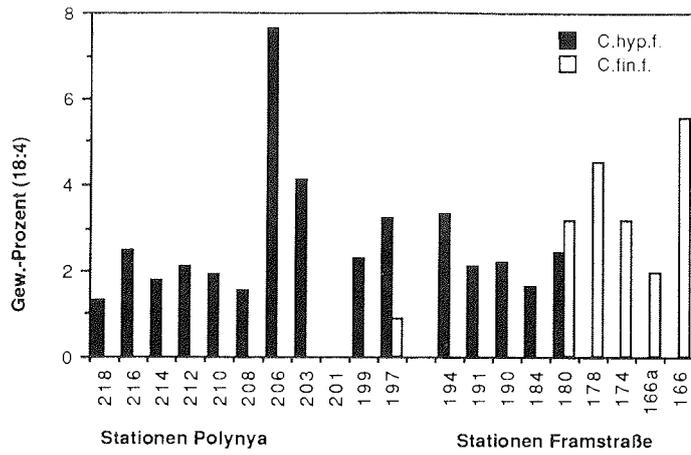


Abb. 23: Nordostwasser Polynya und Framstraße: Verteilung der Fettsäuren 18:4, 20:5 und 22:6 *Calanus finmarchicus* f. und *Calanus hyperboreus* f.

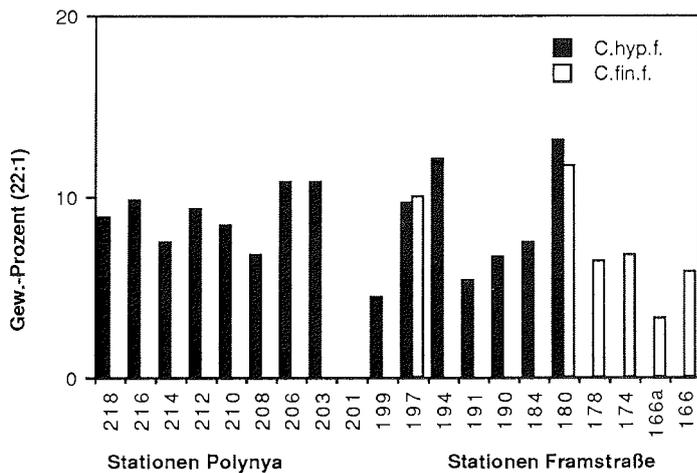
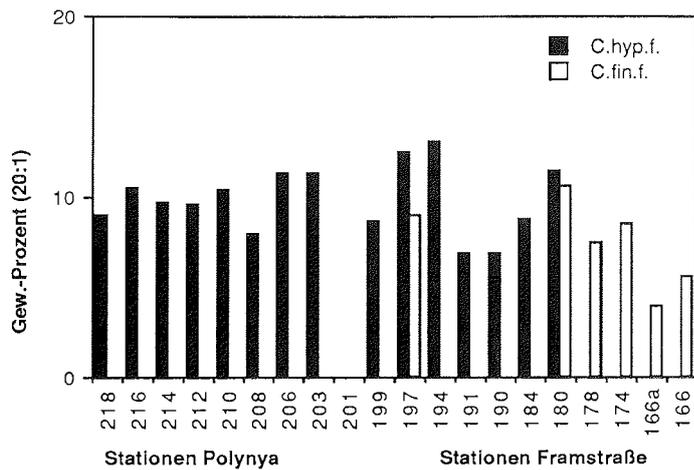


Abb. 24: **Nordostwasser Polynya und Framstraße:**  
Verteilung der Fettsäuren 20:1 und 22:1 in  
*Calanus finmarchicus* f. und *Calanus hyperboreus* f.

Die Variabilität der langkettigen Alkohole 20:1 und 22:1 ist an den Stationen aus diesem Bereich ebenso wie in der Grönlandsee geringer, als die der Fettsäuren (Abb. 25). Für beide Copepodenarten ist das Verteilungsmuster der zwei langkettigen Alkohole typisch und zeigt gute Übereinstimmung mit den Ergebnissen aus der Grönlandsee. Bei *Calanus finmarchicus* f. beträgt der Anteil für den 20:1 Alkohol im Mittel 41,1% und der für den 22:1 Alkohol durchschnittlich 44,6%. Bei *C. hyperboreus* f. ist der Gehalt an 20:1 Alkohol mit durchschnittlich 22,9%

niedriger als in *C. finmarchicus* f.. Dafür ist der Anteil des 22:1 Alkohols mit 56,2% um 11,6% höher als in *C. finmarchicus* f.. Auch das Verhältnis von 20:1 zu 22:1 Alkohol ist in diesem Seegebiet mit 0,4 für *C. hyperboreus* und mit 0,9 für *C. finmarchicus* sehr ähnlich dem in der Grönlandsee.

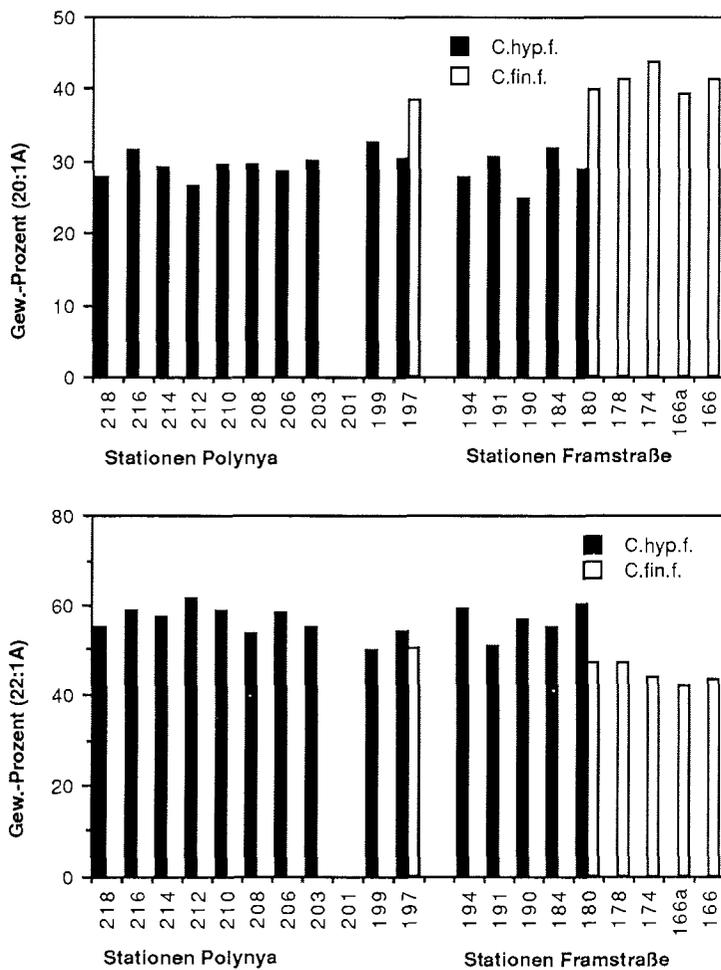


Abb. 25: **Nordostwasser Polynya und Framstraße:**  
Verteilung der Alkohole 20:1 und 22:1 in  
*Calanus finmarchicus* f. und *Calanus hyperboreus* f.

#### 4.3 Versuche zur Fütterung von Copepoden mit Algen unterschiedlicher Fettsäuremuster

Durch Umstellung des Nahrungsangebotes der Zooplankter mit Hilfe von Hälterungsexperimenten wurde die Akkumulation bestimmter Fettsäuremarker im Fettsäuremuster dominanter Copepodenarten der Arktis in Abhängigkeit von der Zeit untersucht. Als Fettsäuremarker dienen Fettsäuren, die vom Phytoplankton synthetisiert werden, vom herbivoren Zooplankton unverändert aufgenommen und in deren Lipide eingebaut werden können. Die Ergebnisse der Fütterungsversuche werden anhand der Fettsäuren 16:0, 16:1, 18:4, 20:5, und 22:6 dargestellt, wobei besonders die Fettsäuren 16:1 und 18:4 für bestimmte Planktonarten charakteristisch sind. Dreizehn von insgesamt achtzehn Versuchsreihen mit unterschiedlichen Spezies und Stadien konnten zur Auswertung herangezogen werden. Die restlichen Versuche sind, bedingt durch den frühen Exitus der Versuchstiere, nicht auswertbar. Die Dauer der Versuche lag zwischen 18 und 54 Tagen. Aufbauend auf den Erfahrungen, die auf der Expedition ARK VII/2 gewonnen wurden, resultiert die Probennahme in etwas größeren Zeitintervallen während der Expedition ARK VIII/1+2.

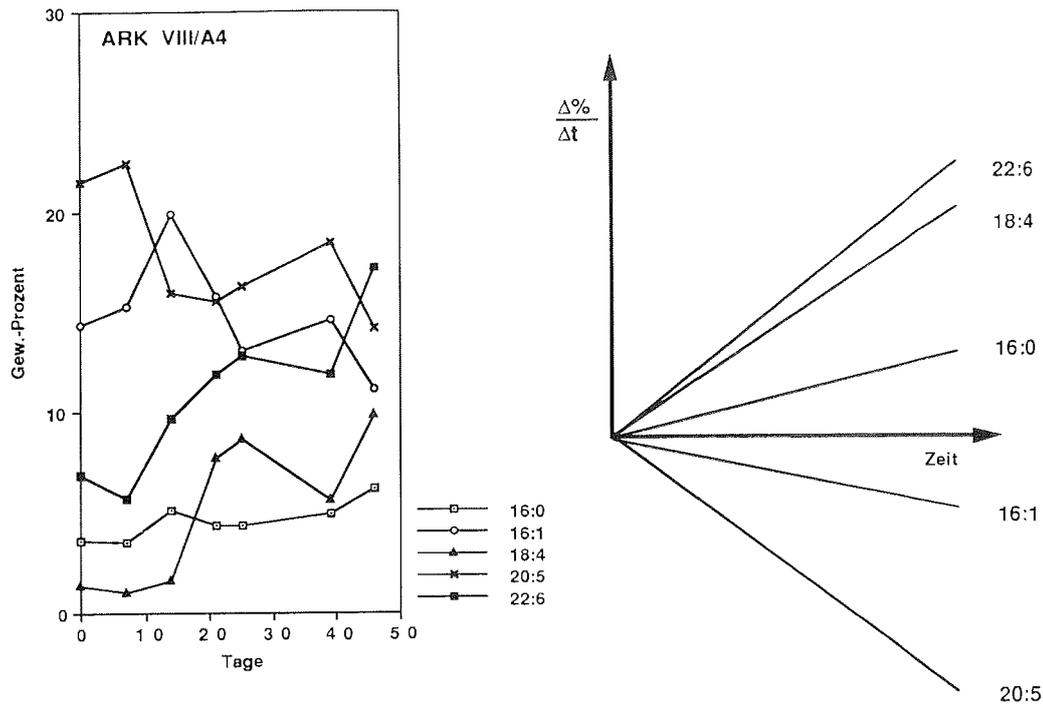
Als Ergebnisse werden die Änderungen der prozentualen Verteilungen von fünf Fettsäuren mit möglicher Markerfunktion über die Zeit dargestellt. Zur besseren Wiedergabe der Zu- oder Abnahme einer Komponente wird für jeden Kurvenverlauf eine Regressionsgerade berechnet und in einem Koordinatensystem dargestellt. Zur besseren Übersicht wird der y-Achsenabstand  $b$  auf den Koordinatenursprung normiert. Die Tabellen 31-48 im Anhang geben die Analyseergebnisse der gesamten identifizierten Fettsäuren und Alkohole wieder.

##### 4.3.1 Fütterung von *Calanus hyperboreus* mit *Amphidinium carterae* (Dinophyceae)

###### Versuch ARK VIII/A4

Bei diesem Versuch wurde das Copepoditstadium V von *Calanus hyperboreus* 49 Tage mit *Amphidinium carterae* gefüttert (Abb. 26). Während dieser Zeit kommt es zu einer Zunahme der Anteile der 18:4 und der 22:6 Fettsäure, sowie zu einer Reduzierung der Anteile der 16:1 und 20:5 Fettsäure. Die Werte der 16:0 Fettsäure bleiben weitgehend stabil. Nach 28 Tagen wird eine Steigerung der 18:4 Fettsäure von 1,4% auf 8,7% erzielt, wobei eine erste Zunahme nach 14 Tagen beobachtet

**Calanus hyperboreus V**  
(Futteralge: *A. carterae*)



**Calanus hyperboreus V**  
(Futteralge: *A. carterae*)

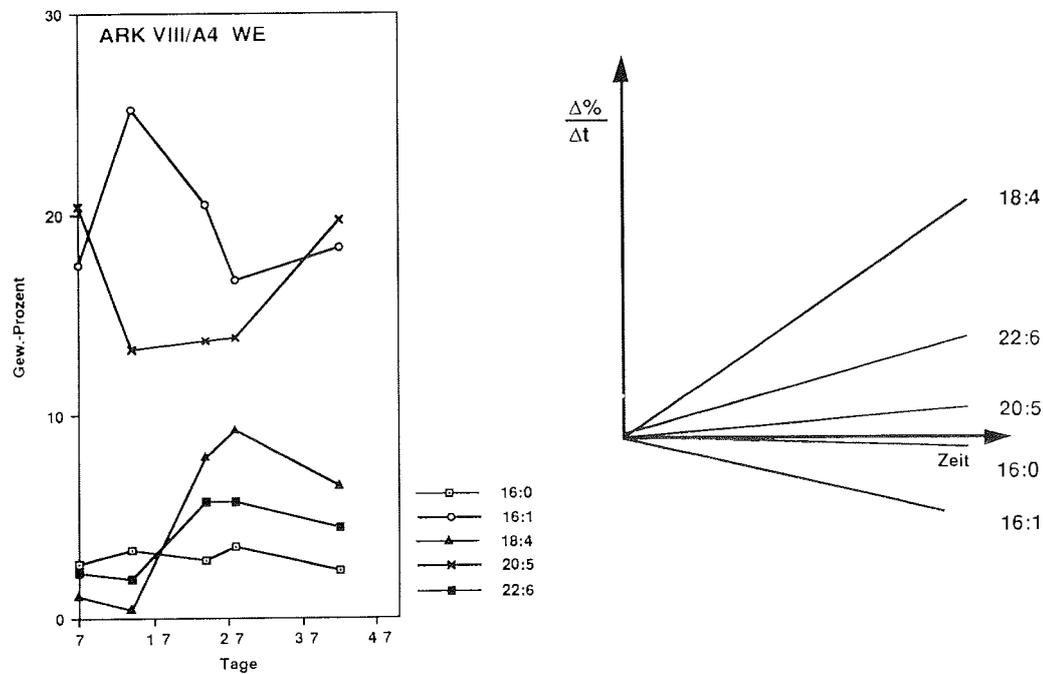


Abb. 26: *Calanus hyperboreus* V:

links: Gewichts-Prozent der Marker-Fettsäuren  
 rechts: Regressionsgeraden der Gew.-% Zeit-Kurven  
 oben: Gesamtlipide; unten: Wachsester

wird. Am Versuchsende beträgt die Gesamtzunahme 8,5%. Die Zunahme an 22:6 Fettsäure beträgt 10,3%. Der Gehalt der 16:1 Fettsäure wird um 3,2% reduziert und der Anteil der 20:5 Fettsäure um 7,4%. Der Wachsestergehalt sinkt im Verlaufe des Experiments von 92,7% auf 75,3%.

Vergleichend wurde die Wachsesterfraktion nach Abtrennung der restlichen Lipide auf den Einbau von Phytoplanktonfettsäuren untersucht. In dieser Lipidfraktion sind ähnliche Ergebnisse wie bei den Gesamtlipiden zu beobachten. Nach 14 Tagen ist eine Zunahme der 18:4 Fettsäure von 1,1% auf 7,5% zu beobachten, wie auch eine Erhöhung der 22:6 Fettsäure von 2,3% auf 5,7%. Der Anteil dieser Fettsäure ist in der Wachsesterfraktion deutlich niedriger als bei den Gesamtlipiden. Für die 16:1 Fettsäure zeigt die Steigung der Regressionsgeraden eine leichte Abnahme des Prozentwerts, der innerhalb von 42 Tagen um 0,5% abnimmt. Die 16:0 und 20:5 Fettsäuren bleiben nahezu konstant. Weil die Veränderungen der Fettsäurezusammensetzung in der Wachsesterfraktion mit denen in den Gesamtlipiden gute Übereinstimmung zeigten, wurden bei den weiteren Versuchen mit *Calanus hyperboreus* nur die Veränderung in der Gesamtlipidfraktion untersucht.

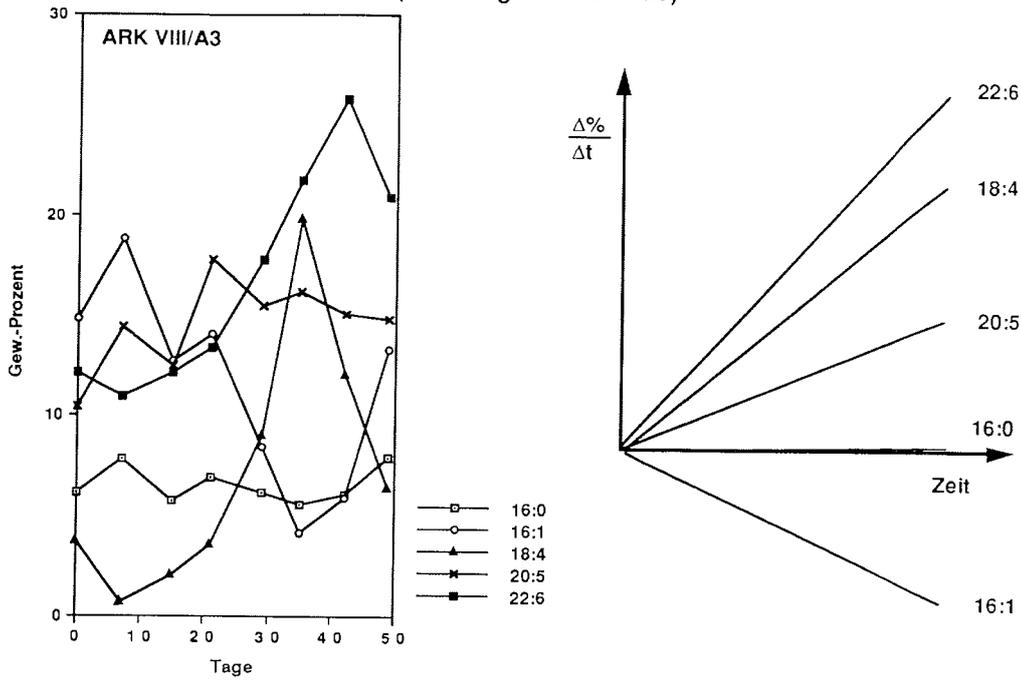
Bei diesem Versuch sind sowohl in der Wachsesterfraktion, als auch bei den Gesamtlipiden, die Fettsäuren 16:0 und 20:5 sowie die 18:4 und 20:5 Fettsäure signifikant miteinander korreliert (Tab. 10). In beiden Fällen ist die Steigung negativ. Eine hoch signifikante Korrelation besteht zwischen der 16:0 und der 22:6 Fettsäure. Ebenfalls hoch signifikant positiv korreliert ist die 18:4 mit der 22:6 Fettsäure und negativ die 20:5 mit der 22:6 Fettsäure.

### **Versuch ARK VIII/A3 und A10**

In zwei Parallelversuchen wurde *Calanus hyperboreus* V 49 bzw. 19 Tage mit *Amphidinium carterae* gefüttert (Abb. 27). Für den Versuch **ARK VIII/A3** wurden die Tiere im Frühsommer an der Station 005 im polaren Wasser der Grönlandsee gefangen, während die Zooplankter des Versuchs **ARK VIII/A10** aus dem atlantischen Wasser nördlich von Spitzbergen stammen.

Bei ersterem Versuch (**ARK VIII/A3**) steigt die 18:4 Fettsäure innerhalb der ersten 35 Tage um 16,1% an und erreicht ein Maximum von 19,8%. Das ist die höchste Zunahme, die für diese Fettsäure bei allen Versuchen mit Dinophyceen gefunden wurde. In den verbleibenden Tagen reduziert sich jedoch der Anteil dieser Fettsäure auf 6,4%. Der Gehalt der 22:6 Fettsäure nimmt innerhalb von 42 Tagen um 13,6% zu und hat

**Calanus hyperboreus V**  
(Futtermalge: *A. carterae*)



**Calanus hyperboreus V**  
(Futtermalge: *A. carterae*)

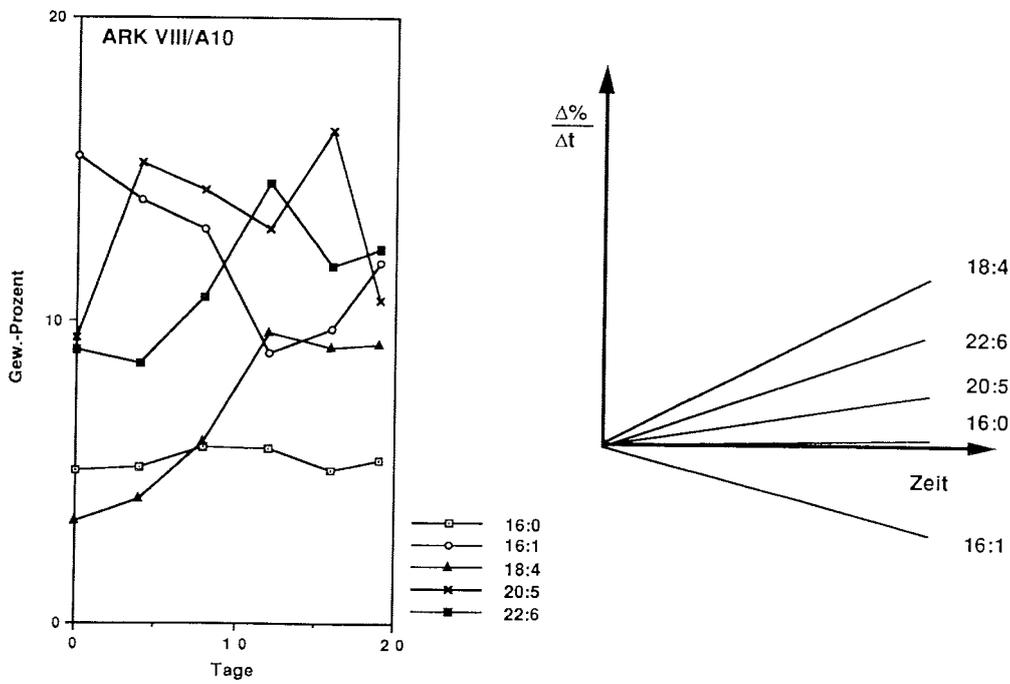


Abb. 27: *Calanus hyperboreus* V: links: Gewichts-Prozent der Marker-Fettsäuren  
rechts: Regressionsgeraden der Gew.-% Zeit-Kurven

mit 25,8% sein Maximum. Der Prozentwert der 20:5 Fettsäure zeigt in der ersten Hälfte des Versuchs einen leichten Zuwachs um 4,3% und bleibt dann in der zweiten Hälfte fast konstant. Wie schon im Experiment **ARK VIII/A4** ist der Gehalt der 16:0 Fettsäure über die gesamte Versuchsdauer praktisch konstant. Die 16:1 Fettsäure nimmt zunächst in 35 Tagen von 14,8% auf 4,1% ab, steigt aber in den verbleibenden 14 Tagen bis auf 13,3% wieder an. Dieser Verlauf ist invers zu der 18:4 Fettsäure und wird auch bei dem Versuch **ARK VIII/A10** beobachtet. Der Wachsestergehalt verringert sich während der 49 Tage Versuchsdauer von 85,8% auf 68,6%.

In dem zweiten Versuch (**ARK VIII/A10**) mit dem Copepoditstadium V von *Calanus hyperboreus* zeigen die Steigungen die Veränderungen des Fettsäuremusters deutlicher. Nach 12 Tagen ist für 18:4 der Maximalwert erreicht (9,6%) und bleibt bis zum Versuchsende nach 19 Tagen weitgehend unverändert. Das entspricht einer Zunahme um 6,3%. Die 16:1 Fettsäure nimmt innerhalb der ersten 12 Tage von 15,4% auf 8,9% ab und steigt bis zum Versuchsende wieder auf 11,9% an. Den Steigungen nach zu urteilen, haben die Anteile der Fettsäure 22:6 und 20:5 eine leicht zunehmende Tendenz, während die 16:0 Fettsäure konstant bleibt. Der Wachsestergehalt beträgt am Anfang des Versuchs 82,2% und sinkt auf 63,1% ab.

Bei den Versuchen **ARK VIII/A3** und **A10** besteht eine hoch signifikante, negative Korrelation zwischen der 16:1 und der 18:4 Fettsäure und eine signifikante, negative Korrelation zwischen der 16:1 und 22:6 Fettsäure (Tab. 10). Die 18:4 Fettsäure ist mit der 22:6 Fettsäure bei dem Versuch **A3** signifikant positiv und bei dem Versuch **A10** hoch signifikant positiv korreliert.

Tab. 10: *Calanus hyperboreus* V: Korrelationskoeffizienten der Markerfettsäuren, ++, (--) p= <0,01; +,(-) p= <0,05  
A4 (n=7); A3 (n=8); A10 (n=6)

ARK VIII												
Fettsäuren	16:1			18:4			20:5			22:6		
Versuch	A4	A3	A10									
16:0	0,214	0,688	0,352	0,602	0,519	0,355	0,814	0,184	0,032	0,869	0,205	0,572
							-			++		
16:1				0,641	0,922	0,927	0,089	0,335	0,422	0,512	0,801	0,894
					--	--					--	--
18:4							0,763	0,387	0,192	0,914	0,801	0,919
							-			++	+	++
20:5										0,877	0,385	0,032
										--		

## Versuch ARK VII/A2

Anhand dieses Versuchs werden jahreszeitliche Unterschiede zwischen den Versuchsreihen deutlich. Die Copepoden dieses Versuchs stammen vom Ost-Grönlandschelf (Station 98) und wurden im Spätsommer während der Expedition ARK VII/2 gefangen. An dieser Station sind die Hauptbestandteile des Fettsäuremusters von *Calanus hyperboreus* f. die Fettsäuren 16:1 und 20:5 (Abb. 28), die auf die Ernährung durch Diatomeen schließen lassen. Als Nahrung wurde daher auf die Dinophycee *Amphidinium carterae* umgestellt. Der Anteil der Fettsäure 20:5 nimmt bis zum Versuchsende um 8,1% ab. Trotz der Ernährung mit Dinoflagellaten steigt der Prozentwert der 16:1 Fettsäure leicht an (4,9%), und der Anteil der 18:4 Fettsäure sinkt von 1,5% auf 0,8% ab. Alle weiteren Fettsäuren bleiben über 29 Tage nahezu konstant. Die Steigungen der Regressionsgeraden verdeutlichen diesen Trend. Der Wachsestergehalt bleibt über die Versuchsdauer praktisch unverändert und liegt zwischen 83,4% und 93,0%. Im Gegensatz zu den Versuchen der Expedition ARK VIII/1 wurden die Proben in kürzeren Zeitintervallen genommen.

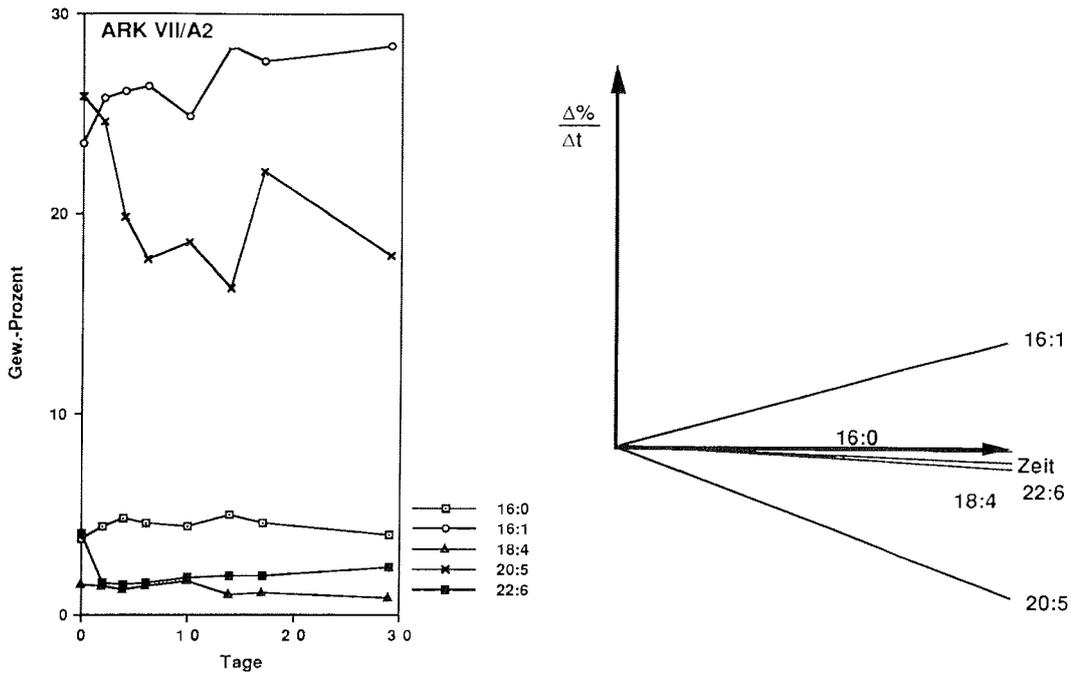
In diesem Versuch ergibt sich eine hoch signifikante, negative Korrelation zwischen der 16:1 und der 18:4 Fettsäure ( $p = <0,01$ ) und eine signifikante, negative Korrelation zwischen der 16:0 und 22:6 Fettsäure ( $p = <0,05$ ) (Tab. 11).

Tab. 11: **Calanus hyperboreus** f.: Korrelationskoeffizienten der Markerfettsäuren ( $n=8$ ), ++, (--)  $p = <0,01$ ; +,(-)  $p = <0,05$

ARK VII/A2 Fettsäuren	16:1	18:4	20:5	22:6
16:0	0,439	0,192	0,524	0,752
16:1		0,895	0,636	0,481
18:4			0,385	0,148
20:5				0,512

Insgesamt betrachtet ist bei allen Versuchen mit *Calanus hyperboreus* Weibchen und dem Copepodidstadium V und der Dinophycee *Amphidinium carterae* als Futter eine Umstellung von Diatomeen- auf Dinoflagellatenfettsäuren gut zu erkennen. Bei allen Versuchen wird die Zunahme der Nahrungsmarker, die 18:4 und 22:6 Fettsäure, im Fettsäuremuster der Copepoden beobachtet. Die Anreicherung der Fettsäuren läuft jedoch in unterschiedlichen Zeitskalen ab. Bei ARK

**Calanus hyperboreus f.**  
(Futteralge: *A. carterae*)



**Calanus hyperboreus f.**  
(Futteralge: *P. micans*)

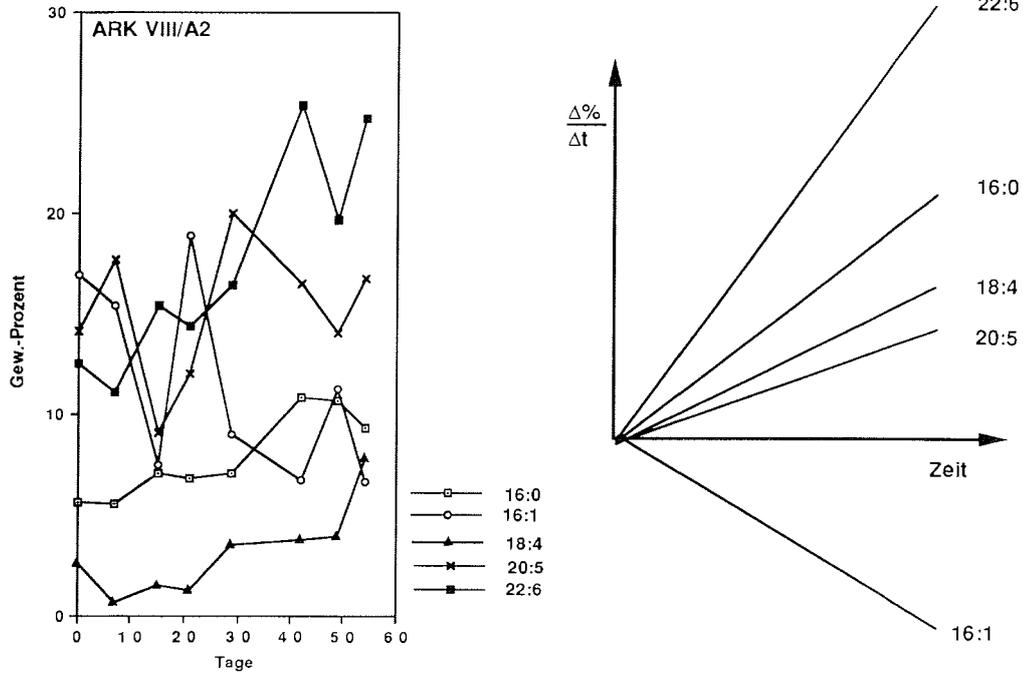


Abb. 28: *Calanus hyperboreus* f.:

links: Gew.-Prozent der Marker-Fettsäuren  
rechts: Regressionsgeraden der Gew.-% Zeit-Kurven

**VIII/A10** nimmt der Anteil der 18:4 Fettsäure von Beginn an kontinuierlich zu und pendelt sich nach 12 Tagen auf ein Maximum ein. Bei den anderen beiden Versuchen hingegen wird ein Anstieg dieser Markerfettsäure erst nach 14 Tagen (**ARK VIII/A4**) bzw. 21 Tagen (**ARK VIII/A3**) deutlich sichtbar. Der Einfluß der Nahrungsumstellung bei dem Versuch **ARK VII/A2**, der mit Tieren aus dem Spätsommer durchgeführt wurde, läßt sich auch anhand der Regressionsgeraden nicht eindeutig erkennen. Der jahreszeitliche Vergleich zwischen Tieren aus dem "Spätsommer" (**ARK VII/A2**) und aus dem "Frühsommer" (**ARK VIII/A2**) zeigt einen deutlichen Unterschied in der Anreicherung von Nahrungsmarkern. Die Zusammensetzung der Tiere aus dem Spätsommer zeigen im Gegensatz zu den Tieren aus dem Frühsommer keine Reaktion auf die Zugabe von Dinoflagellaten.

#### 4.3.2 Fütterung von *Calanus hyperboreus* mit *Prorocentrum micans* (Dinophyceae)

##### Versuch **ARK VIII/A2**:

Bei diesem Versuch wurden *Calanus hyperboreus* Weibchen aus dem Ost-Grönlandstrom (St 002) mit *Prorocentrum micans*, einer anderen Dinophyceae, gehältert (Abb. 28). Der Gehalt der 18:4 Fettsäure steigt innerhalb des Versuchszeitraumes (54 Tage) von 2,6% auf 7,9% an. Bei 22:6 ist ein Zuwachs von 12,5% auf 24,7% zu beobachten. Eine leichte Zunahme der Prozentwerte ist ebenfalls bei 16:0 und 20:5 festzustellen. Bei der 16:0 Fettsäure beträgt sie 3,8% und bei der 20:5 Fettsäure 2,6%. Der Diatomeenmarker 16:1 nimmt in diesem Versuch von 17,0% auf 9,4% ab. Die Darstellung der Regressionsgeraden belegt eindeutig die Umstellung auf Dinoflagellatenfettsäuren. Die lineare Korrelation ergibt für 16:1 und 22:6 eine hoch signifikante, negative Korrelation. Die Fettsäure 16:0 und 22:6 sowie 18:4 und 22:6 sind hoch signifikant positiv miteinander korreliert (Tab. 12). Der Wachsestergehalt sinkt in 42 Tagen von 88,1% auf 42,4 Mol.-% und steigt aber in den verbleibenden Tagen wieder auf 54,1% an.

Bei der Fütterung mit dem Dinoflagellaten *Prorocentrum micans* wird das Fettsäuremuster von *Calanus hyperboreus* in ähnlicher Weise beeinflusst wie bei der Ernährung mit *Amphidinium carterae*. Jedoch ist die Zunahme der Markerfettsäure 18:4 geringer.

Tab. 12: **Calanus hyperboreus** f.: Korrelationskoeffizienten der Markerfettsäuren (n=8), ++, (-) p= <0,01; +,(-) p= <0,05

ARK VIII/A2 Fettsäuren	16:1	18:4	20:5	22:6
16:0	0,625	0,620	0,071	0,900
				++
16:1		0,599	0,176	0,747
				--
18:4			0,359	0,803
				++
20:5				0,202

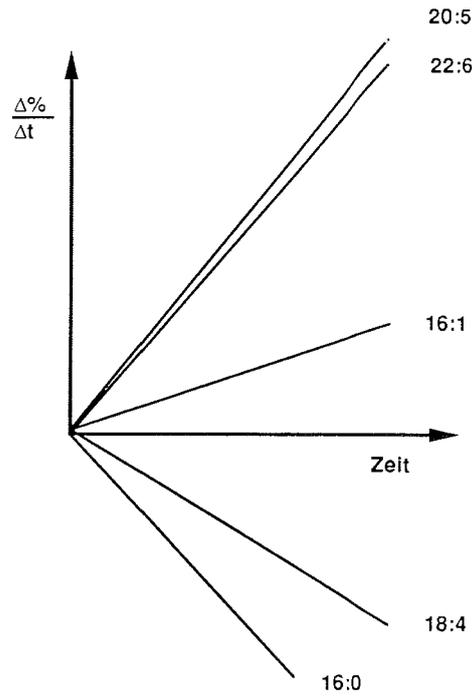
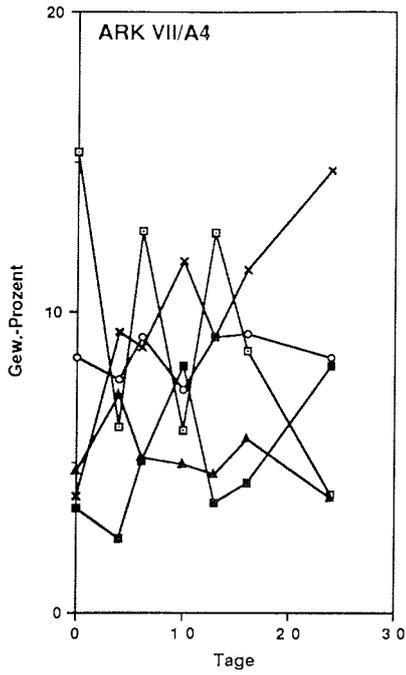
#### 4.3.3 Fütterung von *Calanus hyperboreus* mit *Thalassiosira antarctica* (Diatomaceae)

##### Versuch ARK VII/A4, A5 und A1

Das Experiment **ARK VII/A4** wurde mit *Calanus hyperboreus* Weibchen von der Station 109 aus dem polaren Wasser durchgeführt. Der Fang aus dem Spätsommer weist einen relativ geringen Gehalt der 16:1 Fettsäure auf, so daß als Kulturalge die Diatomee *Thalassiosira antarctica* gewählt wurde. Der Versuch dauerte 24 Tage (Abb. 29). Der Wachsestergehalt betrug zu Beginn des Versuches 75,1% und erreicht am Ende 94,1%. Die Prozentgehalte der einzelnen Fettsäuren zeigen über den gesamten Versuchszeitraum keine deutliche Reaktion auf die Nahrungsumstellung. Die Variabilität der einzelnen Fettsäuren innerhalb der Versuchsdauer ist relativ groß. Die Steigungen der Regressionsgeraden der einzelnen Fettsäuren geben einen Anstieg der 16:1, 20:5 und 22:6 Fettsäuren wieder. Der Anteil von 16:1 bleibt fast konstant, der Gehalt von 20:5 nimmt um 10,8% zu, und der Anteil von 22:6 steigt von 3,5% auf 8,2%. Der Anteil der 18:4 Fettsäure, der ohnehin nur gering ist, verändert sich kaum und wird im Verlauf des Versuchs um 0,9% abgebaut. Eine interessante Beobachtung zeigt sich bei der 16:0 Fettsäure. Ihr Anteil ist sehr variabel und sinkt von 15,3% auf 4,9% ab.

In einem Parallelversuch **ARK VII/A5** wurde das Copepodidstadium V von *Calanus hyperboreus* von der gleichen Station ebenfalls mit Diatomeen gefüttert (Abb. 29). Die Versuchsdauer betrug 27 Tage. Der Gehalt der 18:4 Fettsäure geht innerhalb dieser Zeit von 14,2% auf 5,8% zurück. Der Prozentwert des Planktonmarkers 16:1 bleibt auch hier so gut wie konstant, während die 20:5 Fettsäure von 12,8% auf 17,4% ansteigt. Der Anteil der 22:6 Fettsäure nimmt ebenfalls zu (4,1%).

**Calanus hyperboreus f.**  
(Futteralge: *T. antarctica*)



**Calanus hyperboreus V**  
(Futteralge: *T. antarctica*)

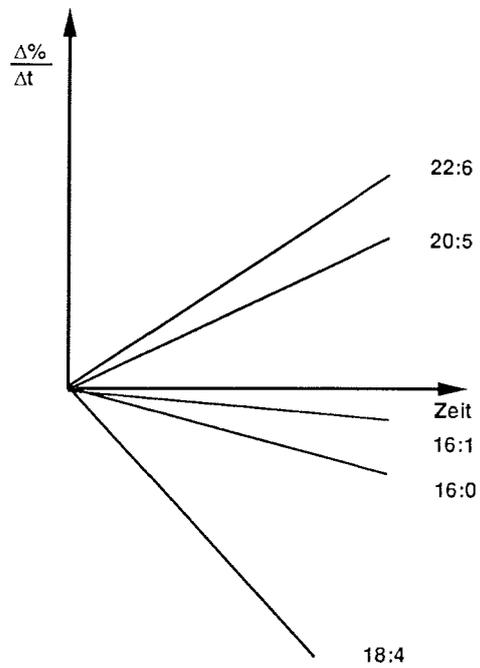
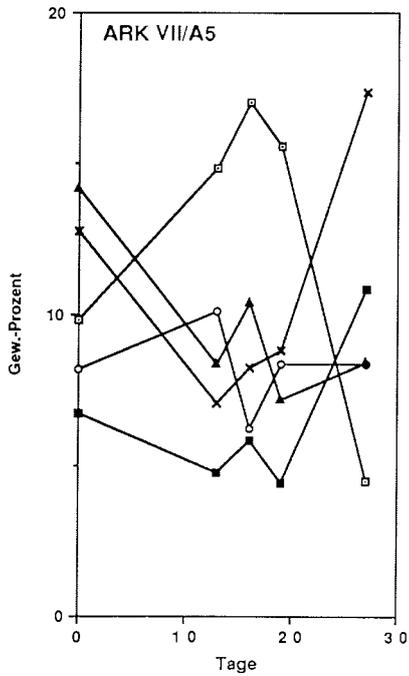


Abb. 29: *Calanus hyperboreus* f.u V: links: Gewichts-Prozent der Marker-Fettsäuren  
rechts: Regressionsgeraden der Gew.-% Zeit-Kurven

Interessant ist wiederum der Verlauf der Prozentwerte von 16:0. Innerhalb von 16 Tagen steigt der Gehalt an 16:0 Fettsäure von 9,8% auf 17,0% und ist bis zum Versuchsende wieder auf 4,5% reduziert. Der Wachsestergehalt bleibt während dieser Zeit nahezu konstant.

Ein prinzipieller Unterschied in der Reaktion auf die Nahrungsumstellung zwischen dem Copepodidstadium V und dem Weibchen von *C. hyperboreus* ist nicht zu beobachten. Die Regressionsgeraden beider Versuche zeigen einen ähnlichen Verlauf: eine Abnahme der Anteile der 16:0 und der 18:4 Fettsäure sowie eine Zunahme der 20:5 und der 22:6 Fettsäure. Der Gehalt an 16:1 Fettsäure bleibt in beiden Versuchen fast konstant. Bei beiden Versuchen zeigt sich eine hohe Variabilität der 16:0 Fettsäure.

In der Versuchsreihe **ARK VII/A1** wurden die im Spätsommer gefangenen *Calanus hyperboreus* f., die jedoch aus dem arktischen Zwischenwasser stammen (St. 93), über 31 Tage mit *Thalassiosira antarctica* gefüttert (Abb. 30), da ein hoher Gehalt an 18:4 Fettsäure ermittelt wurde. In den ersten 10 Tagen sind die Prozentgehalte der untersuchten Fettsäuren sehr variabel. Nach 12 Tagen beobachtet man eine Stabilisierung der Prozentwerte der 16:0, 16:1 und 20:5 Fettsäure, während für die 18:4 und 22:6 Fettsäure über die gesamte Versuchsdauer hinweg abnehmende Gehalte registriert werden.

Die 18:4 Fettsäure hat einen Ausgangswert von 9,6%, durchläuft nach 16 Tagen ein Minimum mit 2,5% und erreicht nach 30 Tagen einen Anteil von 2,8%. Der Anteil an 22:6 Fettsäure sinkt innerhalb von 12 Tagen von 4,7% auf 1,8 % und liegt am Versuchsende bei 2,7%. Dies wird anhand der negativen Steigungen der Regressionsgeraden verdeutlicht. Für die 16:1 Fettsäure wird eine leichte Zunahme beobachtet (1,5%), verdeutlicht durch eine positive Steigung. Die Anteile der Fettsäuren 16:0 und 20:5 bleiben weitgehend stabil und zeigen nur eine geringe Veränderung der Prozentanteile, ausgedrückt durch eine positive bzw. negative Steigung der Regressionsgeraden. Eine Reduzierung des Wachsestergehalts wurde während des Versuchs nicht beobachtet.

Bei dem Versuch **ARK VII/A4** besteht eine signifikant, negative und bei den beiden Versuchen **ARK VII/A5** und **A1** eine hoch signifikante negative Korrelation zwischen der 16:0 und der 20:5 Fettsäure (Tab. 13). Desweiteren besteht bei dem Versuch **A5** eine signifikante Korrelation zwischen der 20:5 und der 22:6 Fettsäure, sowie zwischen der 16:0 und der 22:6 Fettsäure, jedoch mit negativer Steigung.

**Calanus hyperboreus f.**  
 (Futteralge: *T. antarctica*)

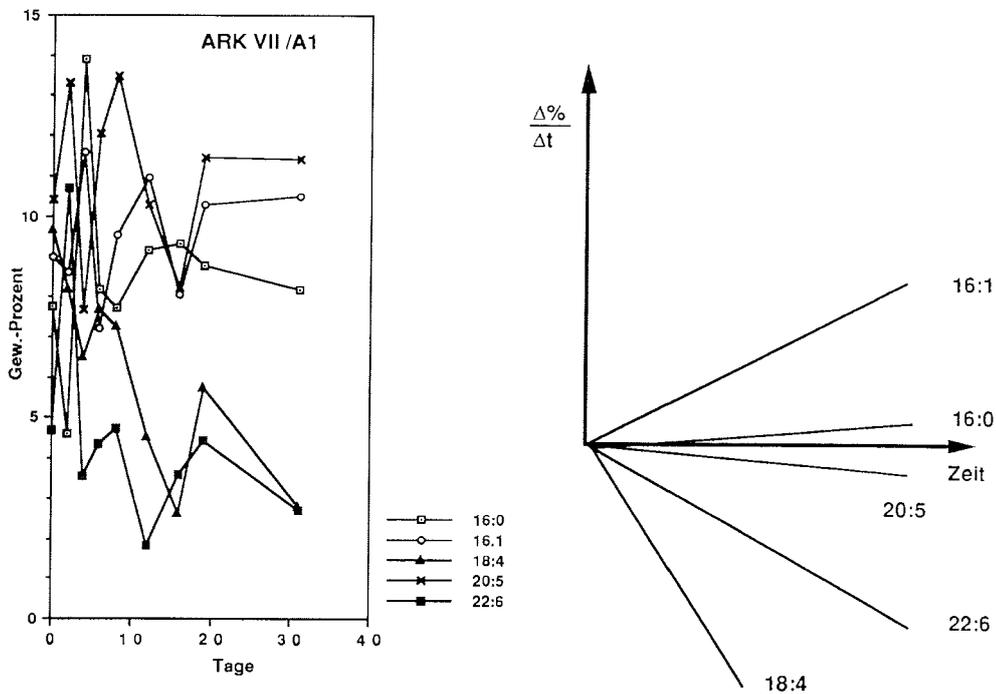


Abb. 30: *Calanus hyperboreus* f.:

links: Gewichts-Prozent der Marker-Fettsäuren  
 rechts: Regressionsgeraden der Gew.-% Zeit-Kurven

Tab. 13: *Calanus hyperboreus* f. u. V: Korrelationskoeffizienten der Markerfettsäuren, ++, (--) p= <0,01; +,(-) p= <0,05  
A4, A5 (n=7); A1 (n=9)

ARK VII												
Fettsäuren	16:1			18:4			20:5			22:6		
Versuch	A4	A5	A1									
16:0	0,533	0,184	0,555	0,013	0,161	0,277	0,860	0,965	0,811	0,560	0,915	0,647
							- -	- -	- -		- -	-
16:1				0,071	0,295	0,265	0,144	0,055	0,311	0,295	0,014	0,405
18:4							0,018	0,18	0,391	0,620	0,084	0,543
20:5										0,693	0,946	0,530
										+	++	

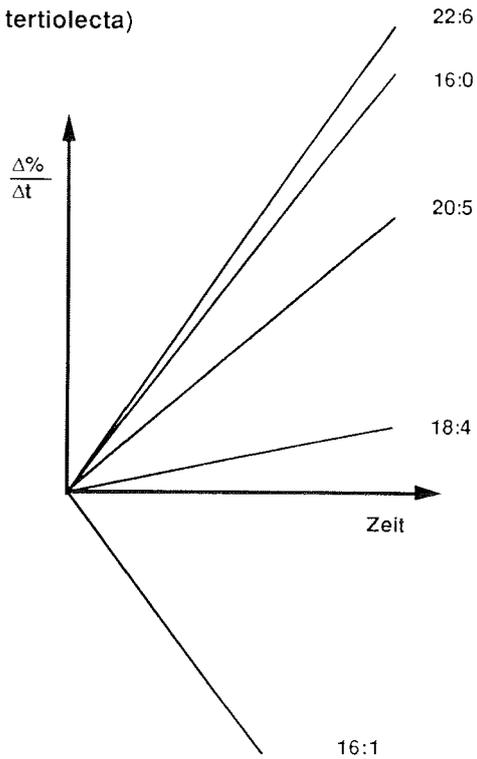
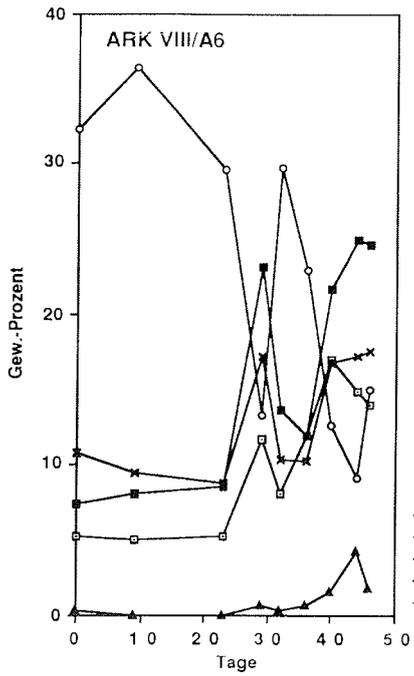
#### 4.3.4 Fütterung von *Calanus glacialis* mit *Dunaliella tertiolecta* (Chlorophyceae)

##### Versuch ARK VIII/A6 und A7

Der Versuch **ARK VIII/A6** wurde mit *Calanus glacialis* f. von der Station 017 (Ost-Grönlandschelf) durchgeführt (Abb. 31). Das an dieser Station von Diatomeen geprägte Fettsäuremuster sollte mit der Grünalge *Dunaliella tertiolecta* umgestellt werden, die als Hauptbestandteile die 16:4, 18:2 und 18:3 Fettsäure enthält. In den ersten 23 Tagen ist nur eine geringe Veränderung der Prozentwerte der Markerfettsäuren festzustellen. Der Wachsestergehalt bleibt in dieser Zeitspanne ebenfalls recht stabil. In der verbleibenden Zeit verändern sich die Werte aller Markerfettsäuren zum Teil recht drastisch. Der Gehalt an Wachsestern nimmt bis zu 56,1% ab und hat am Ende des Versuchs einen Wert von nur noch 34,0%. Die Steigungen der Regressiongeraden zeigen einen Abnahme der 16:1 Fettsäure und eine Zunahme der restlichen Marker. Der Anteil an 16:1 sinkt von 32,3% bis auf 14,9% am Ende des Versuchs ab, während der Anteil an 18:4 um 1,4% zunimmt. Die Anteile der Fettsäuren 16:0 und 20:5, die auch wichtige Bestandteile der Membranlipide sind, steigen um 8,3% bzw. 6,7% an. Der Zuwachs von 22:6 Fettsäure ist mit 17,3% am höchsten.

Der vergleichende Versuch von *Calanus glacialis* V mit der Grünalge *Dunaliella tertiolecta* (**ARK VIII/A7**) zeigt im Gegensatz zu den *C. glacialis* Weibchen nur eine geringe Veränderung der Planktonmarker (Abb. 31). Die Zooplankter stammen aus dem polaren Wasser des Ost-Grönlandstroms (St. 017). Die Steigungen der Regressiongeraden zeigen eine starke Zunahme der 22:6 und der 16:0 Fettsäure, während die

*Calanus glacialis* f.  
(Futtermalge: *D. tertiolecta*)



*Calanus glacialis* V  
(Futtermalge: *D. tertiolecta*)

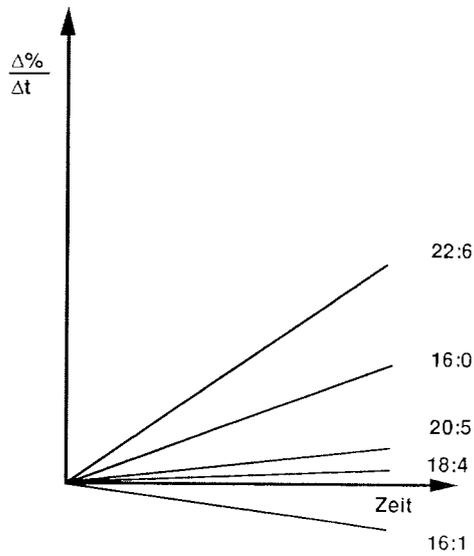
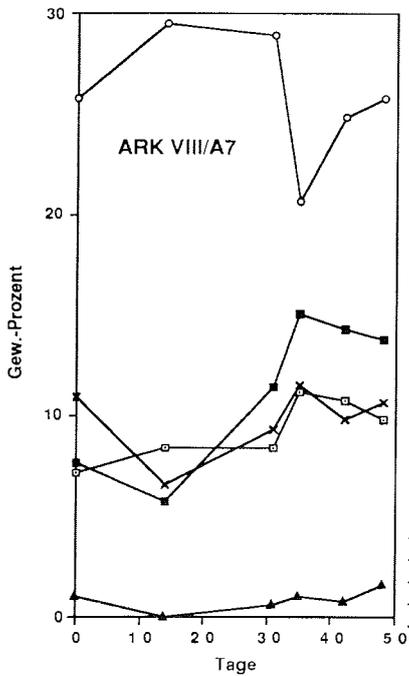


Abb. 31: *Calanus glacialis* f. u. V: links: Gewichts-Prozent der Marker-Fettsäuren  
rechts: Regressionsgeraden der Gew.-% Zeit-Kurven

anderen Steigungen praktisch parallel zur Zeitachse verlaufen. Die 22:6 Fettsäure nimmt innerhalb der Versuchsdauer von 48 Tagen um 6,1% und die 16:0 Fettsäure geringfügig um 2,7% zu. Der Wachsestergehalt nimmt über 35 Tage von 90,8% auf 63,5% ab und liegt am Ende der Versuchsreihe bei 68,6%.

Weder bei dem Versuch **A6**, noch bei dem Versuch **A7** ist eine signifikante Veränderung der Anteile der 16:4, 18:2 und 18:3 Fettsäure zu beobachten, die als Hauptbestandteile in der Grünalge *Dunaliella tertiolecta* auftreten (vergl. Tab. 43 und 44 im Anhang).

Für beide Versuche gemeinsam bestehen signifikante, lineare Korrelationen zwischen der 16:0 und 22:6 Fettsäure mit der 18:4 mit 20:5 Fettsäure. Jedoch ist erstere Korrelation bei dem Versuch **ARK VIII/A6** hoch signifikant im Gegensatz zu den anderen, die nur signifikant miteinander korreliert sind. Weitere Korrelationen sind in der Tabelle 14 aufgeführt.

#### **4.3.5 Fütterung von *Calanus glacialis* mit *Amphidinium carterae* (Dinophyceae)**

##### **Versuch ARK VIII/A5**

Bei diesem Versuch wurde die Ernährung von *Calanus glacialis* Weibchen mit *Amphidinium carterae* von Diatomeen auf Dinoflagellaten umgestellt. Die Proben stammten aus dem Bereich des polaren Wassers der Framstraße. In den ersten 26 Tagen sind die Veränderungen sowohl bei den Markerlipiden, als auch bei den Wachsestern sehr gering. Der Wachsestergehalt liegt in der ersten Hälfte des Versuchs im Durchschnitt bei 75,3% und fällt in der zweiten Hälfte auf 10,2% ab. Die Veränderung in den Fettsäurewerten sind ebenfalls sehr drastisch. Innerhalb von 22 Tagen wird für 16:0 und 22:6 eine Zunahme um 11,8% bzw. 15,0% beobachtet. Die Abnahme der 16:1 Fettsäure beträgt 14,2%. Bei den Markern 18:4 und 20:5 wird nur eine geringe Veränderung beobachtet. Die 18:4 Fettsäure steigt von 1,3% auf 2,2% an und die 20:5 Fettsäure steigt nur um 0,5% von 15,5% auf 16,0% an.

Die linearen Korrelationen für diesen Versuch ergeben eine hoch signifikante Korrelation für 16:0 mit 22:6 und eine signifikante Korrelation für 16:0 mit 18:4 Fettsäure. Weiterhin besteht eine hoch signifikante, negative Korrelation zwischen der 16:0 und 16:1 Fettsäure wie auch zwischen der 16:1 und 22:6 Fettsäure.

**Calanus glacialis f.**  
**(Futteralge: A. carterae)**

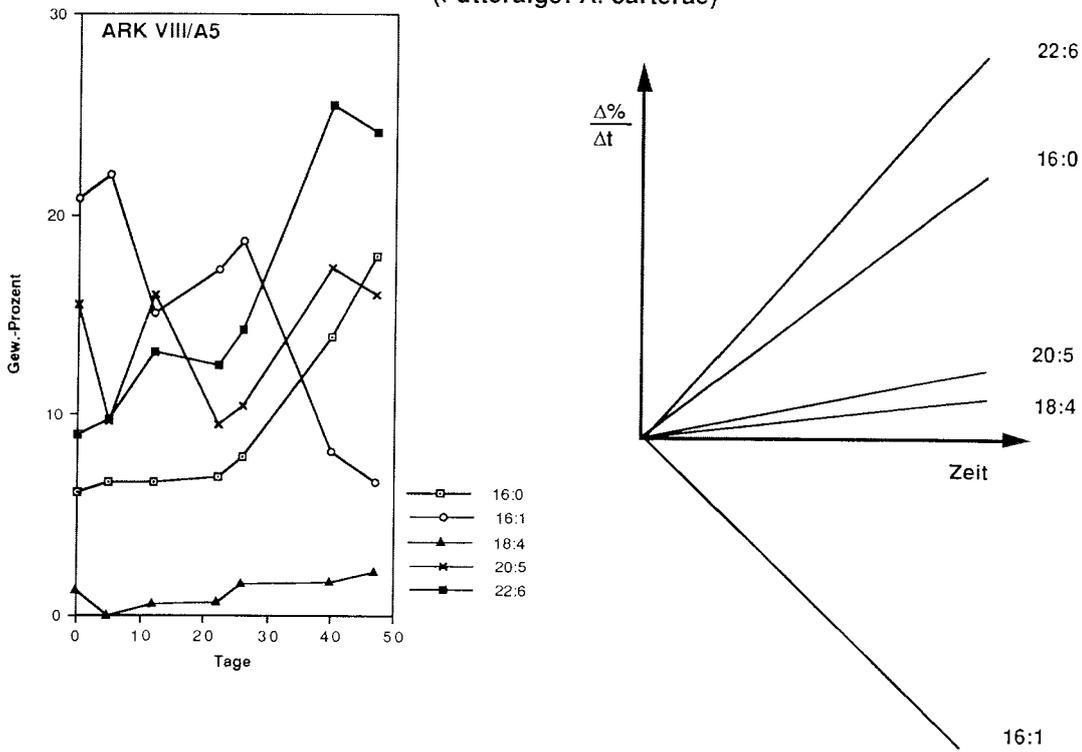


Abb. 32: *Calanus glacialis* f.: links: Gewichts-Prozent der Marker-Fettsäure  
 rechts: Regressionsgeraden der Gew.-% Zeit-Kurven

Bei allen Versuchen mit *Calanus glacialis* sind die Anteile der Fettsäuremarker unabhängig vom Entwicklungsstadium in den ersten 22-30 Tagen sehr konstant. Nach dieser Zeit nehmen die Werte der Fettsäuren 16:0, 20:5 und 22:6 bei beiden Versuchen mit den Weibchen stark zu. Bei dem Copepodidstadium V hingegen bleiben die Anteile der untersuchten Marker weitgehend konstant. Gleichzeitig geht der Wachsesteranteil bei allen Versuchsansätzen drastisch zurück. Bei dem Versuch **ARK VIII/A5** erreicht der Wachsesteranteil einen bemerkenswert niedrigen Wert von 10,2%.

Tab. 14: *Calanus glacialis* f. u. V: Korrelationskoeffizienten der Markerfettsäuren, ++, (--) p= <0,01; +,(-) p= <0,05  
A5, A7 (n=7); A6 (n=9)

ARK VIII												
Fettsäuren	16:1			18:4			20:5			22:6		
Versuch	A5	A6	A7									
16:0	0,915	0,928	0,683	0,777	0,724	0,281	0,451	0,845	0,321	0,993	0,880	0,850
	- -	- -	-	+	+			++		++	++	+
16:1				0,709	0,775	0,587	0,668	0,922	0,792	0,959	0,947	0,693
				-	-		-	--	-	--	--	-
18:4							0,549	0,712	0,867	0,742	0,744	0,602
								+	+	+	+	
20:5										0,567	0,964	0,654
											++	

#### 4.3.6 Fütterung von *Calanus finmarchicus* mit *Thalassiosira antarctica* (Diatomaceae)

##### Versuch ARK VIII/A8 und A9

Die Tiere für den Versuch **ARK VIII/A8** stammen von der Station 36 aus dem atlantischen Wasser westlich von Spitzbergen (Kongsfjordrenna). Das Fettsäuremuster der Copepoden war zu Beginn dieses Versuchs durch hohe Anteile der 18:4 Fettsäure geprägt. Durch Fütterung mit *Thalassiosira antarctica* erfolgte eine kontinuierliche Abnahme der 18:4 Fettsäure, des Dinoflagellatenmarkers, über den gesamten Versuchszeitraum von 42 Tagen und eine Zunahme der 16:1 Fettsäure. Die 18:4 Fettsäure nimmt von 21,5% auf 3,8% ab, und bei der 16:1 Fettsäure erhöht sich der Anteil von 2,7% auf 14,0%. Bei den übrigen Fettsäuren zeigt sich, belegt durch die Steigungen der Regressionsgeraden, nur eine leichte Veränderung der Prozentwerte. Der Anteil der 16:0 Fettsäure steigt von 7,8% auf 9,8%. Die Fettsäure 22:6 nimmt um 2,6% ab, während die 20:5 Fettsäure bis zum Versuchsende

**Calanus finmarchicus V**  
 (Futteralge: *T. antarctica*)

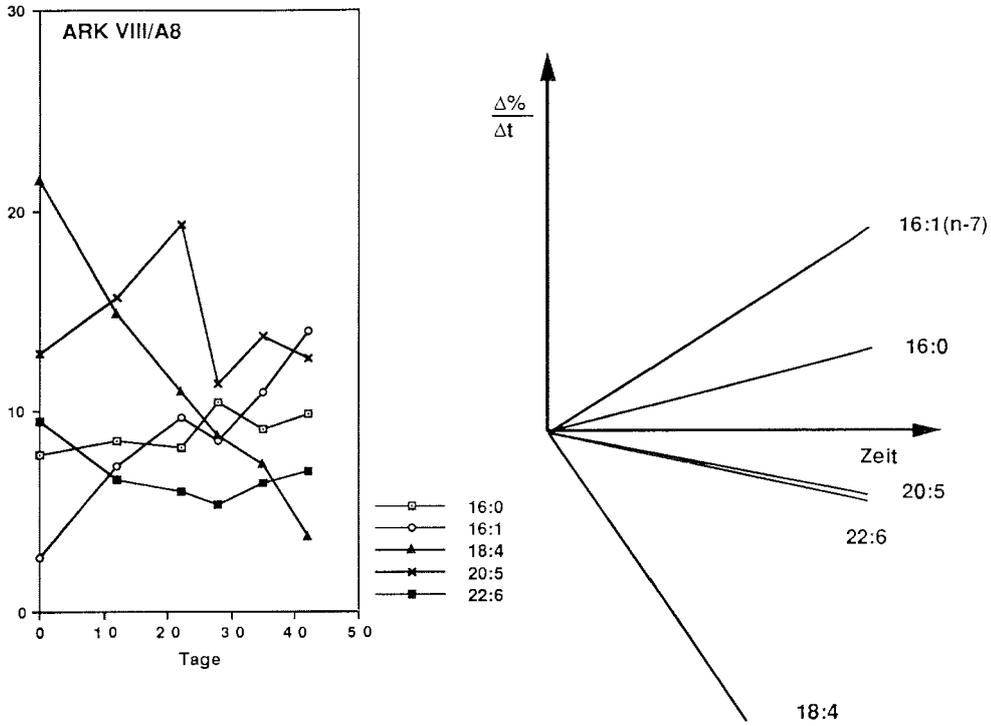


Abb. 33: *Calanus finmarchicus* V: links: Gewichts-Prozent der Marker-Fettsäuren rechts: Regressionsgeraden der Gew.-% Zeit-Kurven

relativ konstant bleibt. Der Wachsestergehalt ist über den Untersuchungszeitraum konstant und beträgt durchschnittlich 84,7%.

In dem Versuch **ARK VIII/A9** wurde ebenso wie im vorherigen *Calanus finmarchicus* V in der Ernährung auf Diatomeen umgestellt. Die Zooplankter stammen aus der Kongsfjordrenna St. 78 (ARK VIII/2), die 7 Seemeilen von der Station 36 (ARK VIII/1) entfernt war. Es lagen jedoch 16 Tage Zeit zwischen den beiden Probenahmen. Der Versuchszeitraum betrug 24 Tage (Abb. 34).

Die Darstellung der Regressionsgeraden gibt ein nahezu ideales Bild der Nahrungsumstellung wieder (Abb. 34). Auch in diesem Experiment ist eine kontinuierliche Veränderung der Planktonmarker 18:4 und 16:1 festzustellen, während die weiteren Planktonmarker stabile Werte aufweisen. Die 18:4 Fettsäure nimmt im Verlaufe des Experiments von 20,2% auf 9,3% ab und die 16:1 Fettsäure von 2,5% auf 8,8% zu. Eine geringfügige Abnahme ist bei der 22:6 Fettsäure zu beobachten. Ihr Anteil sinkt von 10,3% auf 7,0%.

Auch die separate Untersuchung der Wachsesterfraktion verdeutlicht die Nahrungsumstellung. Die Veränderung der Markerfettsäuren in dieser Lipidfraktion hat ebenfalls einen kontinuierlichen Verlauf. Es ist eine Abnahme der Anteile bei 18:4 Fettsäure und eine Zunahme der Prozentwerte bei der 16:1 Fettsäure zu beobachten. Die 16:0, 20:5 und 22:6 Fettsäuren bleiben fast konstant, wobei der Ausgangswert bei der 22:6 Fettsäure in der Wachsesterfraktion deutlich niedriger ist als im Gesamtlipidextrakt. Damit zeigt sich bei *Calanus finmarchicus*, ebenso wie bei *Calanus hyperboreus* (**ARK VIII/A4**), daß der Einfluß der Nahrungsumstellung sowohl in der Gesamtlipidfraktion, als auch in der Wachsesterfraktion gegeben ist.

Der Vergleich zwischen *Calanus finmarchicus* V von Versuch **ARKVIII/A8** und **A9** zeigt, daß die Copepoden dieser Spezies in beiden Experimenten spontan auf die Umstellung auf Diatomeen reagieren. Sowohl bei den Gesamtlipiden, als auch in der Wachsesterfraktion ist eine Zunahme der 16:1 Fettsäure und ein Abbau der Fettsäurekomponente 18:4 zu beobachten. Die übrigen Markerfettsäuren bleiben bei beiden Experimenten über den gesamten Versuchszeitraum praktisch konstant.

Bei den Versuchen **ARK VIII/A8** und **A9** bestehen hoch signifikante, negative Korrelationen zwischen der 16:1 und der 18:4 Fettsäure. Bei dem Versuch **A9** sind jedoch auch die 16:0 und 18:4 Fettsäure, die 16:0 und 22:6 Fettsäure, sowie die 16:1 und 22:6 Fettsäure hoch signifikant negativ korreliert (Tab. 15).

**Calanus finmarchicus V**  
(Futteralge: *T. antarctica*)

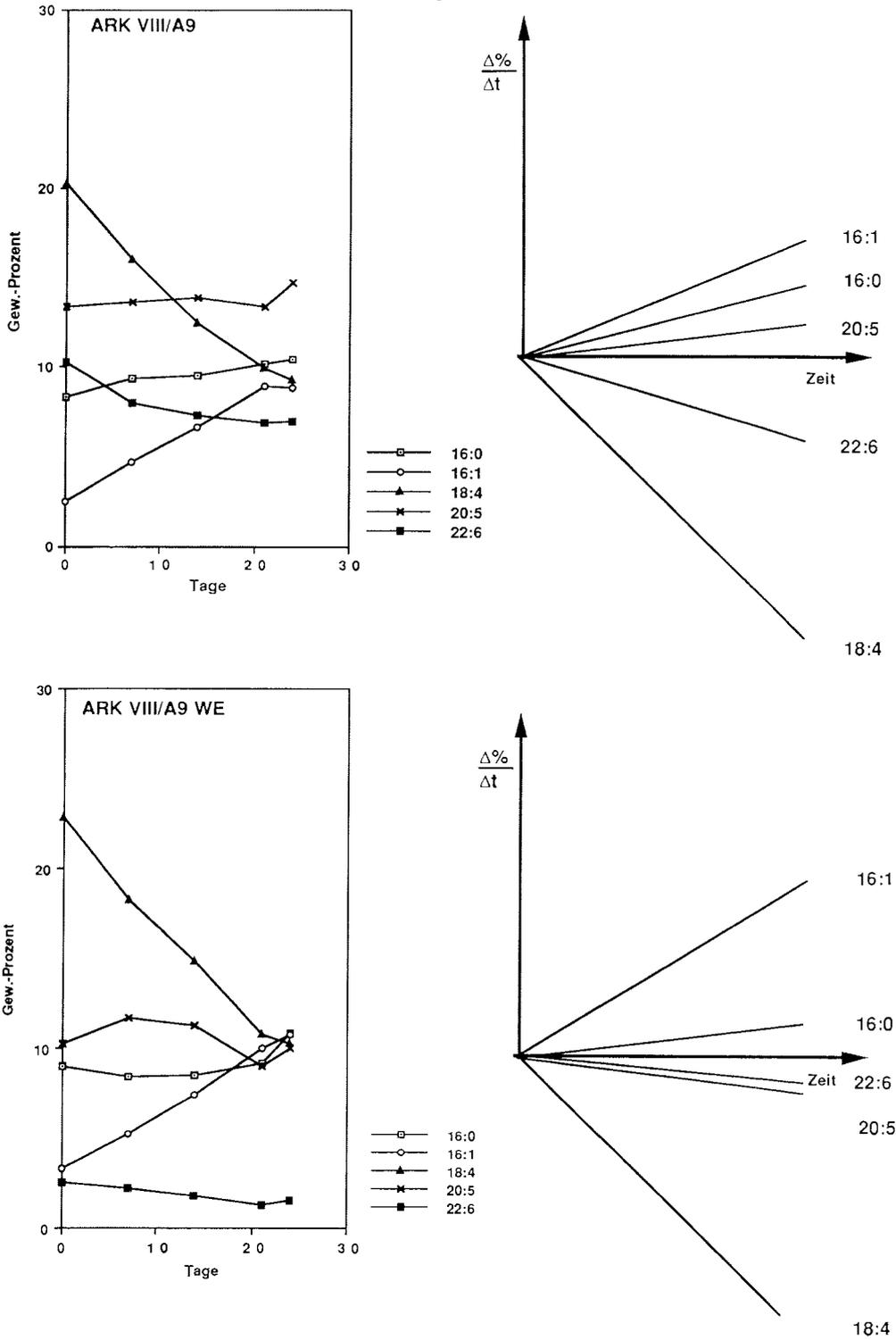


Abb. 34: *Calanus finmarchicus* V: links: Gewichts-Prozent der Marker-Fettsäuren  
rechts: Regressionsgeraden der Gew.-% Zeit-Kurven  
oben: Gesamtlipide; unten: Wachsester

Tab. 15: *Calanus finmarchicus* V: Korrelationskoeffizienten der Markerfettsäuren, ++, (--) p= <0,01; +,(-) p= <0,05 A8, A9 (n=7)

ARK VIII								
Fettsäuren	16:1		18:4		20:5		22:6	
Versuche	A8	A9	A8	A9	A8	A9	A8	A9
16:0	0,597	0,976	0,757	0,979	0,602	0,603	0,628	0,939
		++	-	--				--
16:1			0,969	0,994	0,032	0,54	0,601	0,930
			--	--				--
18:4					0,122	0,602	0,694	0,954
							+	++
20:5							0,176	0,528

#### 4.4 Akkumulation von $^{14}\text{C}$ in den Lipiden der herbivoren Copepoden

##### 4.4.1 *Calanus hyperboreus*: Einbau von $^{14}\text{C}$ in die Gesamtlipide

Anhand des Kurzzeitversuchs mit *Calanus hyperboreus* f. (8k/Chf.) ist ersichtlich, daß die Aufnahme von  $^{14}\text{C}$  aus dem Phytoplankton und eine Akkumulation in den Lipiden bereits innerhalb weniger Stunden erfolgt. Die Zunahme an Aktivität erfolgt sowohl in der Lipidfraktion, als auch in der wäßrigen Phase (Abb. 35). Die Summe der  $^{14}\text{C}$ -Inkorporation in die wässrige Phase und in die Lipidfraktion wird als Gesamtproduktion bezeichnet. Aus dieser Gesamtproduktion lassen sich die relativen Einbauraten in die jeweiligen Fraktionen ermitteln. Desweiteren läßt sich die  $^{14}\text{C}$ -Inkorporationsrate in die verschiedenen Lipidklassen (Wachsester, Triglyceride und Phospholipide), sowie in deren Synthesestufen, die Fettsäuren und Alkohole ermitteln. Die verschiedenen Versuche werden im folgenden z.T. unter ihrer Kurzbezeichnung beschrieben:

7/Chf. u. 7/CfV = Expedition ARK VII/2, Versuchsdauer 11 Tage, *Calanus hyperboreus* female, *C. finmarchicus* Stadium V

8/Chf. u. 8/Cff. = Expedition ARK VIII/1, Versuchsdauer 11 Tage, *Calanus hyperboreus* female, *C. finmarchicus* female

8k/Chf. u. 8k/Cff. = Expedition ARK VIII/1, Versuchsdauer 18 Stunden, *Calanus hyperboreus* female, *C. finmarchicus* female

Die Copepoden des Einbauversuchs mit *Calanus hyperboreus* f. (7/Chf.) aus dem Spätsommer stammen aus dem polaren Wasser der Framstraße und haben einen sehr hohen durchschnittlichen Gesamtlipidgehalt mit  $1959\mu\text{g}/\text{Tier}$ , sowie einen Wachsestergehalt von 62,4% (Tab. 16). Der  $^{14}\text{C}$ -Gehalt steigt nach einer Verzögerung von 4 Tagen stetig an, wobei die Aktivität in der Lipidfraktion besonders stark zunimmt ( $m=1,10 \times 10^6$ ) (Abb. 35). Nach 11 Tagen beträgt die relative Einbaurate

Tab. 16: *Calanus hyperboreus* f.: Versuchsnummer, Stationsnummer, Wachsester- und Gesamtlipidgehalt, Jahreszeit.

Versuch	Station	$\bar{\sigma}$ Ges. Lipid/Tier [ $\mu\text{g}$ ]	Mol%-Wachsester	Jahreszeit
7/Chf.	190	1059,0	62,4	Spätsommer
8/Chf.	003	152,2	64,4	Frühsommer
8k/Chf.	003	153,9	63,1	Frühsommer

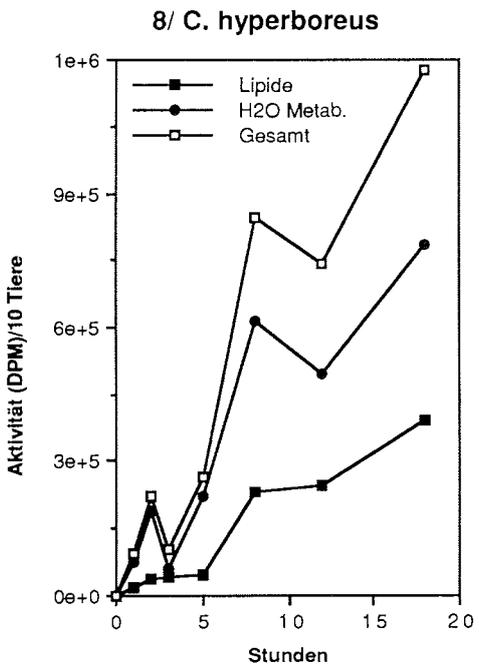
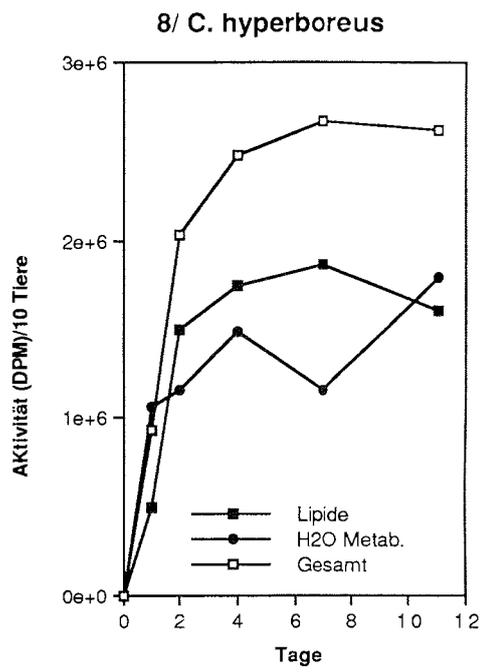
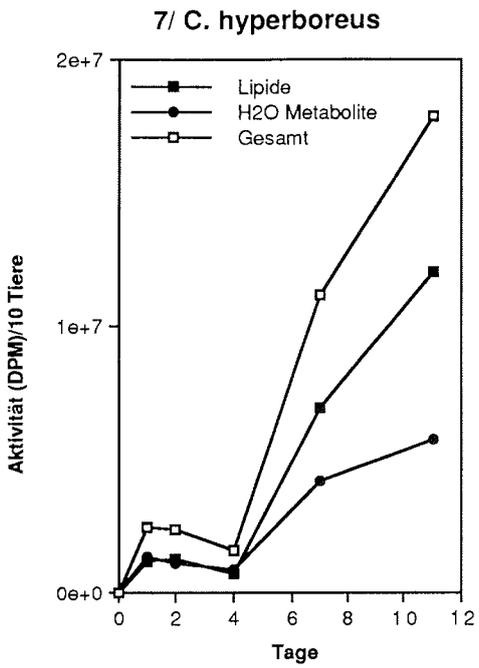


Abb. 35: *Calanus hyperboreus* f.:  $^{14}\text{C}$ -Zunahme in den wasserlöslichen Metaboliten und in den Gesamtlipiden

von  $^{14}\text{C}$  in die Lipidfraktion 67,7%. Die Gesamtproduktion an Lipidkohlenstoff ist im Vergleich zu den anderen Versuchen mit dieser Spezies etwas größer und beträgt durchschnittlich  $9,1\mu\text{gCTier}^{-1}\text{Tag}^{-1}$  (Tab. 17). Die Gesamtproduktion an Kohlenstoff beträgt  $16,3\mu\text{gCTier}^{-1}\text{Tag}^{-1}$  (Tab. 17). Die spezifische Aktivität der Lipide ist bei diesem Versuch um eine Zehnerpotenz größer als bei den anderen beiden Versuchen mit derselben Spezies und beträgt nach 11 Tagen  $5,9 \times 10^{-4} \mu\text{Ci}\mu\text{gGes.Lip.}^{-1}\text{Tier}^{-1}$  (Tab. 17). Die Tiere der Versuche **8/Chf** und **8k/Chf**. wurden an derselben Station im Bereich des Grönlandseewirbels gefangen und weisen fast identische Gesamtlipid- und Wachsestergehalte auf (Tab. 16). Die Gesamtlipidgehalte sind jedoch wesentlich geringer als die des Versuchs **7/Chf.**. Bei dem Langzeitversuch (**8/Chf.**) erfolgt der Einbau von  $^{14}\text{C}$  exponentiell. Das  $^{14}\text{C}$ -markierte Phytoplankton war am Versuchsende aufgezehrt.

Tab. 17: *Calanus. hyperboreus f.*: Gesamtproduktion, Gesamtproduktion an Lipidkohlenstoff und spezifische Aktivität

Versuch	Gesamtproduktion [ $\mu\text{gC/Tier}$ ]	Gesamtproduktion. Lipid [ $\mu\text{gC/Tier}$ ]	Spezifische Aktivität [ $\mu\text{Ci}/\mu\text{g}$ Ges.Lip.Tier]
7/Chf. Tage			
1	27,8	12,9	6,44E-05
2	26,4	14,2	4,87E-05
4	17,5	8,1	2,70E-05
7	125,6	78,4	3,06E-04
11	200,9	136,0	5,90E-04
Mw./Tag	16,3	9,1	
8/Chf. Tage			
1	24,2	7,7	1,67E-04
2	41,4	23,4	3,45E-04
4	50,5	27,5	5,73E-04
7	47,1	29,1	4,85E-04
11	76,0	35,9	5,85E-05
Mw./Tag	14,2	6,8	
8k/Chf. Stunden			
1	1,4	0,6	4,68E-06
2	3,5	1,0	1,00E-05
3	1,6	0,7	1,34E-05
5	4,2	1,3	1,73E-05
8	13,2	3,3	5,41E-05
12	15,4	2,9	1,02E-04
18	18,4	3,2	9,57E-05
Mw/Std.	1,2	0,3	

Die Gesamtproduktion beträgt durchschnittlich  $14,2\mu\text{gCTier}^{-1}\text{Tag}^{-1}$ , die Einbaurrate in die Lipide beträgt am Ende des Versuchs 47,2% und die durchschnittliche Produktion an Lipidkohlenstoff  $6,8\mu\text{gCTier}^{-1}\text{Tag}^{-1}$ . Die spezifische Aktivität erreicht im Durchschnitt  $1,2 \times 10^{-4} \mu\text{Ci}\mu\text{gGes.Lip.}^{-1}\text{Tier}^{-1}$ . Für diesen Versuch wurde die Geschwindigkeitskonstante für den Einbau von  $^{14}\text{C}$  in die Gesamtlipide mit  $k = 0,024 \text{ h}^{-1}$  durch eine nichtlineare Regression nach Newton errechnet. Bei dem Kurzzeitversuch (**8k/Chf.**) steigt der  $^{14}\text{C}$ -Gehalt linear an ( $m = 2,24 \times 10^4$ ), wobei der größere Anteil in der wässrigen Fraktion zu finden ist. Die Gesamtproduktion beträgt im Durchschnitt  $1,2\mu\text{gCTier}^{-1}\text{Tag}^{-1}$ , der Anteil an  $^{14}\text{C}$  in den Gesamtlipiden liegt nach 11 Tagen bei 33,1% und der Gehalt an Lipidkohlenstoff bei  $0,3\mu\text{gCTier}^{-1}\text{Tag}^{-1}$ . Die spezifische Aktivität beträgt durchschnittlich  $5,5 \times 10^{-6} \mu\text{Ci}\mu\text{gGes.Lip.}^{-1}\text{Tier}^{-1}$ .

Bei vollständig mit  $^{14}\text{C}$ -durchmarkiertem Phytoplankton gibt die Abnahme seiner volumenbezogenen Aktivität die Aufnahme von markiertem Kohlenstoff durch das Zooplankton wieder. Mit Hilfe eines exponentiellen Modells kann die Geschwindigkeitskonstante  $k$  für den Verlust an Kohlenstoff aus dem Phytoplankton berechnet werden. Es gilt für eine Reaktion erster Ordnung:

$$[A]_t = [A]_0 \cdot e^{-kt} \quad (1)$$

mit

- $[A]_t$  =  $^{14}\text{C}$ -Konz. in den Algen nach  $t$  Stunden
- $[A]_0$  =  $^{14}\text{C}$ -Konz. in den Algen bei Versuchsbeginn
- $k$  = Geschwindigkeitskonstante

Der Versuch **8/Chf.** zeigt eine exponentielle Abnahme der  $^{14}\text{C}$ -Konzentration in den Algen im Verlauf der Versuchsreihe und eine Zunahme der Gesamtaktivität in den Tieren (Abb. 36). Aus der graphischen Auftragung des natürlichen Logarithmus der Aktivität in den Algen gegen die Zeit läßt sich die Geschwindigkeitskonstante  $k$  für die Abnahme der  $^{14}\text{C}$ -Konzentration in den Algen ermitteln. Sie beträgt  $k = -5,7 \times 10^{-3} \text{ h}^{-1}$ .

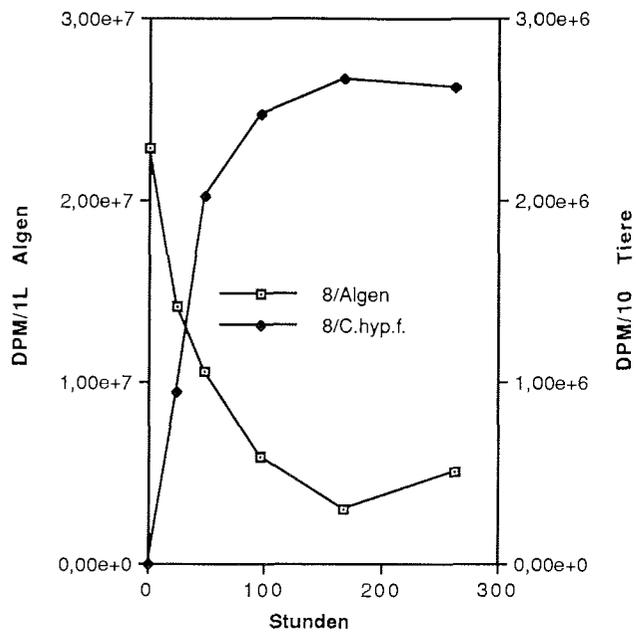


Abb. 36: Gesamtaktivität bei *Calanus hyperboreus* und Gesamtaktivität in 1L radioaktiv markierter Phytoplanktonkultur

#### 4.4.2 *Calanus hyperboreus*: Einbau von $^{14}\text{C}$ in die Lipidklassen

Bei allen Versuchen mit *Calanus hyperboreus* f. wird die größte Zunahme an Aktivität in der Wachsesterfraktion beobachtet (Abb. 37). Genau wie bei den Gesamtlipiden wird bei dem Versuch **7/Chf.** in den ersten Tagen eine sehr geringe  $^{14}\text{C}$ -Inkorporation beobachtet, die aber nach 4 Tagen sehr stark ansteigt ( $m=8,20 \times 10^5$ ). Das Experiment **8/Chf.** zeigt sofort von Versuchsbeginn an eine starke Zunahme der Aktivität in der Wachsesterfraktion. Nach dem 4. Tag wird keine weitere Zunahme mehr beobachtet. Bei diesem Versuch ergibt die lineare Regression  $m=2,23 \times 10^5$ . Die relative  $^{14}\text{C}$ -Einbauraten bei den beiden Langzeitversuchen ist relativ konstant und beträgt bei dem Versuch **7/Chf.** im Durchschnitt 53,8% und bei dem Versuch **8/Chf.** 68,2%. Bei den Triglyceriden und den Phospholipiden ist die Zunahme an Aktivität geringer als bei den Wachsestern. Bei dem Versuch **7/Chf.** erfolgt der Einbau von  $^{14}\text{C}$  in die Triglyceride etwas schneller als bei den anderen beiden Versuchen ( $m=3,25 \times 10^5$ ). Hier beträgt die durchschnittliche

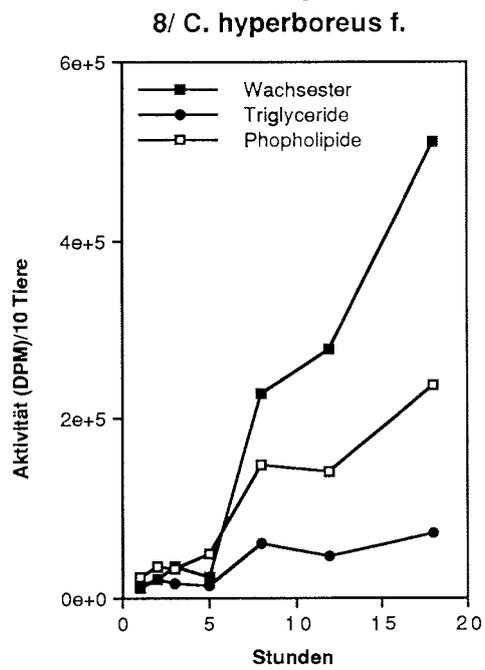
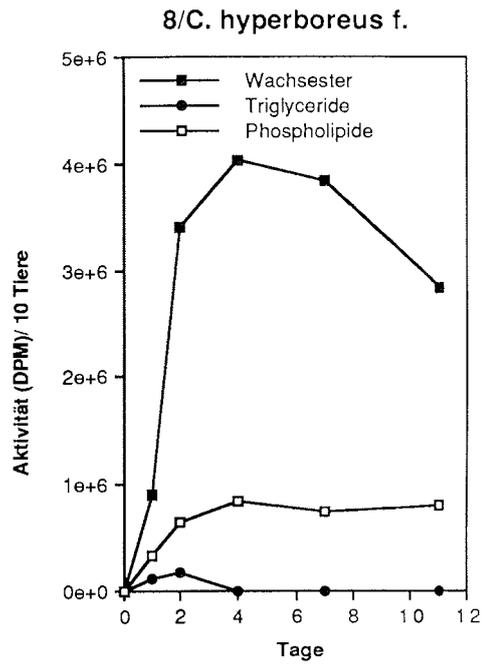
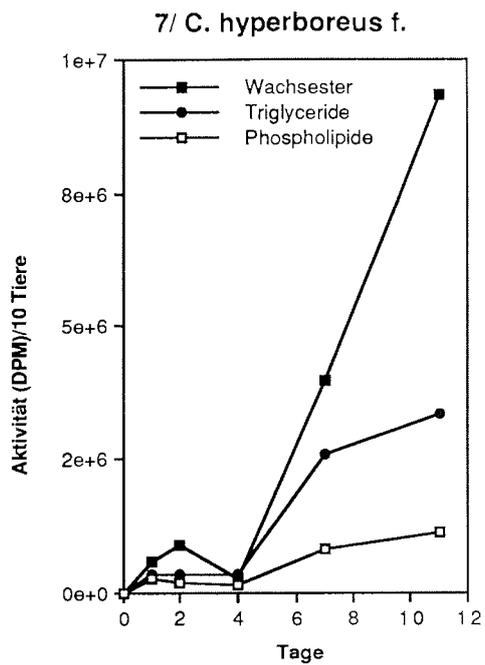


Abb. 37: *Calanus hyperboreus* f.: Einbau von  $^{14}\text{C}$  in die verschiedenen Lipidklassen

relative  $^{14}\text{C}$ -Inkorporation 27,5% (Tab. 18). Die relative  $^{14}\text{C}$ -Inkorporation in die Phospholipide sinkt während dieses Versuchs von 21,3% auf 8,3% ab. Bei dem Versuch **8/Chf.** ist die relative Einbaurrate in die Triglyceride mit durchschnittlich 2,2% sehr gering (Tab. 18). Bei dem Kurzzeitexperiment **8k/Chf.** nimmt die relative Einbaurrate im Verlaufe des Versuchs sowohl bei den Triglyceriden von 30,6% auf 9,0%, als auch bei den Phospholipiden von 46,5% auf 29,1% ab. Dagegen steigt die relative Einbaurrate bei den Wachsestern von 22,9% auf 61,9% an und erreicht damit fast den gleichen Wert der auch in dem Langzeitversuch **8/Chf.** nach einem Tag festgestellt wurde.

Tab. 18: *Calanus hyperboreus* f.: Relative  $^{14}\text{C}$ -Inkorporationsraten in die verschiedenen Lipidklassen

Versuch 7/Chf. Tage	Wachsester	Lipidklasse Triglyceride %	Phospholipide
1	47,9	30,7	21,3
2	63,0	23,2	13,6
4	36,9	43,8	19,1
7	53,6	35,0	11,2
11	67,5	24,1	8,3
<b>8/Chf.</b>			
1	66,7	8,8	24,4
2	73,1	1,3	25,6
4	69,4	0	30,6
7	73,3	0	26,7
11	58,6	0	41,4
<b>8k/Chf. Stunden</b>			
1	22,9	30,6	46,5
2	27,2	26,4	46,4
3	42,2	19,6	38,2
5	27,4	16,3	56,2
8	52,4	13,8	33,8
12	59,7	9,9	30,4
18	61,9	9,0	29,1

#### 4.4.3 *Calanus hyperboreus*: Einbau von $^{14}\text{C}$ in die Fettsäuren und Alkohole

Bei dem Versuch zum Einbau von  $^{14}\text{C}$  in die Fettsäuren und Alkohole bei *C. hyperboreus* f. aus dem Spätsommer ist die  $^{14}\text{C}$ -Einbaurrate in den ersten 4 Tagen sehr gering (Abb. 38), danach wird ein starker linearer Anstieg der Aktivität beobachtet. Das Verhältnis an  $^{14}\text{C}$  von Fettsäuren zu Alkoholen in den Gesamtlipiden beträgt durchschnittlich  $1,94 \pm 0,28$ . Bei den Experimenten der Expedition ARK VIII nimmt der  $^{14}\text{C}$ -Gehalt in den Fettsäuremethylestern und Alkoholen zu Beginn sehr schnell zu (Abb. 38). Bei dem Langzeitversuch beträgt das Verhältnis der Aktivität

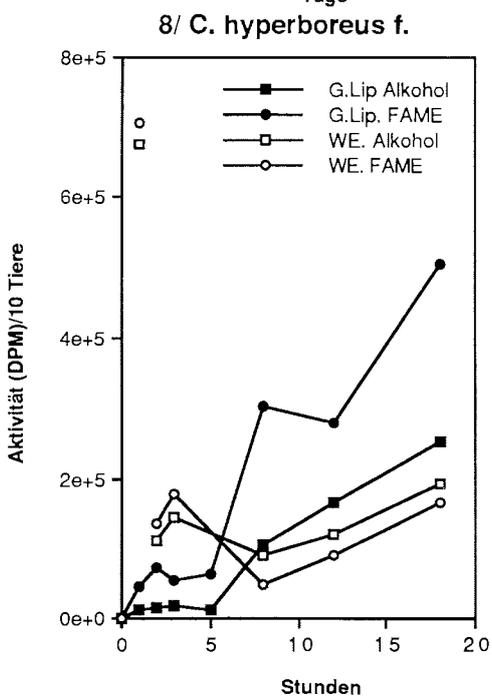
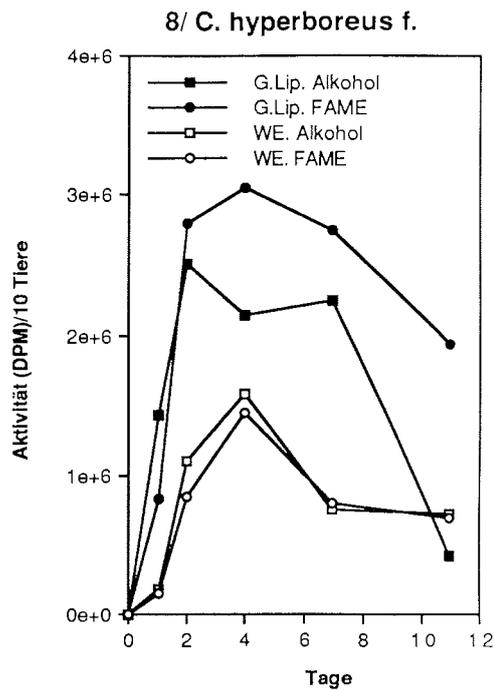
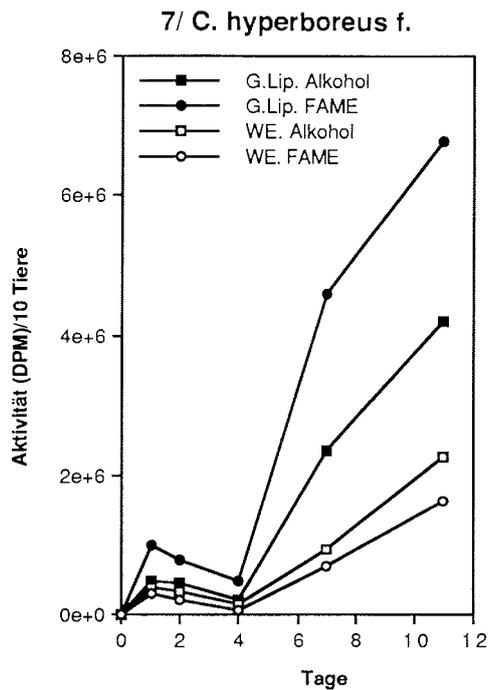


Abb. 38: *Calanus hyperboreus* f.: Einbau von  $^{14}\text{C}$  in die Fettsäuren und Alkohole der Gesamtlipide und der Wachsester

der Fettsäuren zu den Alkoholen der Gesamtlipide nach dem ersten Tag 0,57 und erhöht sich im weiteren Verlauf des Versuchs auf durchschnittlich  $1,77 \pm 1,6$ . Während des Kurzzeitexperiments beträgt das Verhältnis  $3,4 \pm 1,5$ , wobei das Verhältnis der Aktivität in den Fettsäuren in den ersten 5 Stunden deutlich erhöht ist. In der, aus den Gesamtlipiden isolierten, Wachsesterfraktion ist das Verhältnis des  $^{14}\text{C}$ -Einbaus zwischen Fettsäuremethylestern und Alkoholen eins. Bei dem Kurzzeitversuch ist die Aktivität in den Fettsäuren und Alkoholen der Wachsesterfraktion in den ersten 5 Stunden wesentlich höher als die der Gesamtlipide. Diese Werte sind offensichtlich falsch und daher nicht mit der Zunahme der Aktivität in den Gesamtlipiden zu korrelieren. Danach wird bis zum Ende des Versuchs ein linearer Anstieg der Aktivität beobachtet.

#### 4.4.4 *Calanus finmarchicus*: Einbau von $^{14}\text{C}$ in die Gesamtlipide

Bei dem Experiment mit *Calanus finmarchicus* V aus dem Spätsommer (7/CfV) wird der größte Teil der Aktivität in die Lipidfraktion eingebaut. Die Tiere für diesen Versuch stammen aus dem atlantischen Wasser des West-Spitzbergenstroms. Der Wachsestergehalt liegt bei 73,2% und der Gesamtlipidgehalt bei  $42,8 \mu\text{g Tier}^{-1}$  und ist im Vergleich zu den anderen beiden Versuchen recht hoch (Tab. 19).

Tab. 19: *Calanus finmarchicus* f. u V: Versuchsnummer, Stationsnummer, Wachsester- und Gesamtlipidgehalt und Jahreszeit.

Versuch	Station	Ges. Lipid/Tier [ $\mu\text{g}$ ]	Mol%-Wachsester	Jahreszeit
7/CfV	162a	$\bar{x}$ 42,8 (n=5)	$\bar{x}$ 73,2 (n=5)	Spätsommer
8/Cff.	001	$\bar{x}$ 11,7 (n=4)	$\bar{x}$ 42,0 (n=4)	Frühsommer
8k/Cff.	035	$\bar{x}$ 23,9 (n=7)	$\bar{x}$ 61,6 (n=7)	Frühommer

Die Gesamtproduktion an Kohlenstoff beträgt im Durchschnitt  $1,9 \mu\text{gCTier}^{-1}\text{Tag}^{-1}$  (Tab. 20). Die relative Einbaurrate in die Lipidfraktion beträgt nach 11 Tagen 80%. Die Gesamtproduktion an Lipidkohlenstoff beträgt durchschnittlich  $1,3 \mu\text{gCTier}^{-1}\text{Tag}^{-1}$ . Die spezifische Aktivität der Lipidfraktion (Aktivität / Gesamtlipid / Tier) beträgt nach 11 Tagen  $1,0 \times 10^{-3} \mu\text{Ci} \mu\text{Ges.Lip.}^{-1}\text{Tier}^{-1}$  (Tab. 20).

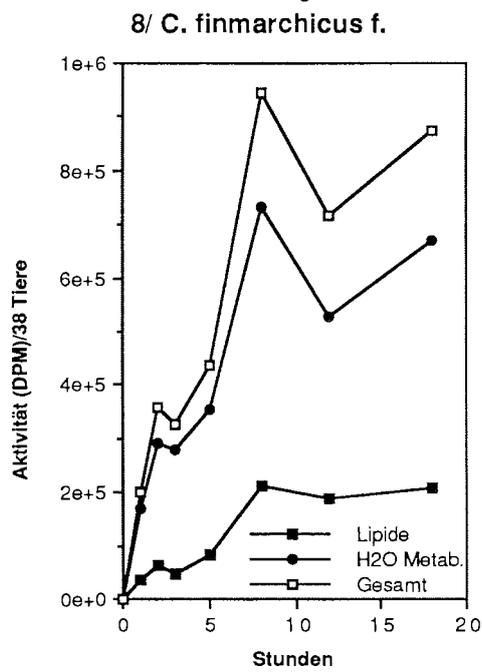
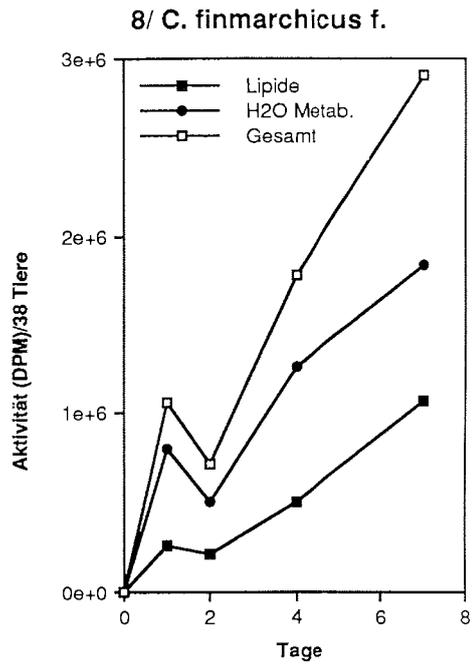
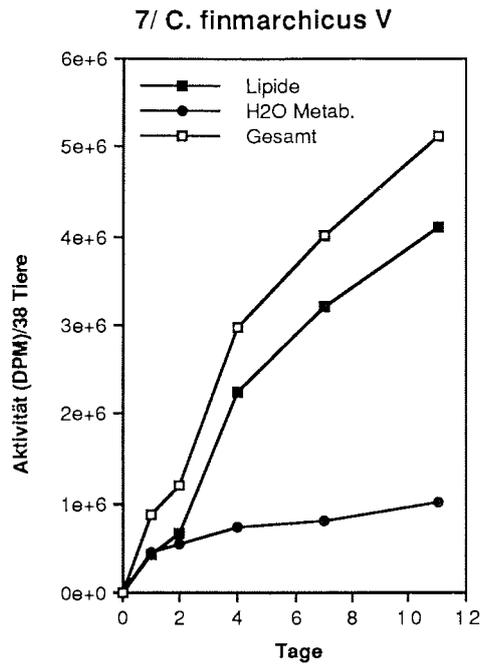


Abb. 39: *Calanus finmarchicus* f.: <sup>14</sup>C-Zunahme in den wasserlöslichen Metaboliten und in den Gesamtlipiden

Bei dem Langzeitversuch (8/Cff.) ist sowohl der Gesamtlipid- ( $11,7\mu\text{gTier}^{-1}$ ) als auch der Wachsestergehalt (42,0%) der Tiere sehr niedrig (Tab. 20). Die durchschnittliche Gesamtproduktion liegt bei  $2,2\mu\text{gCTier}^{-1}\text{Tag}^{-1}$ , die Gesamtproduktion an Lipidkohlenstoff bei  $0,6\mu\text{gCTier}^{-1}\text{Tag}^{-1}$  und die spezifische Aktivität nach 7 Tagen bei  $4,9 \times 10^{-4} \mu\text{Ci}\mu\text{gGes.Lip.}^{-1}\text{Tier}^{-1}$  (Tab. 20). Die relative Einbaurrate beträgt 36,8% (Abb. 39) und erreicht damit einen vergleichbaren Wert wie bei dem Versuch 7/CfV. Im Kurzzeitversuch 8k/Cff. mit Tieren aus dem Frühsommer ist der Anteil der Aktivität in den Lipiden geringer als in den wäßrigen Metaboliten. Der prozentuale Anteil an Aktivität in den Lipiden beträgt nach 18 Stunden 23,7% ( $m = 2,24 \times 10^4$ ). Bei diesem Versuch liegt die durchschnittliche Lipidkohlenstoffproduktion bei  $0,09\mu\text{gCTier}^{-1}\text{h}^{-1}$  (Tab. 20) und die spezifische Aktivität nach 18 Stunden bei  $1,21 \times 10^{-4} \mu\text{Ci}\mu\text{gGes.Lip.}^{-1}\text{Tier}^{-1}$  (Tab. 20).

Tab. 20: *Calanus finmarchicus* f. u V: Gesamtproduktion, Gesamtproduktion an Lipiden, spezifische Aktivität und spezifische Lipidsyntheserate

Versuch	Gesamtproduktion [ $\mu\text{gC/Tier}$ ]	Gesamtproduktion Lipid [ $\mu\text{gC/Tier}$ ]	Spezifische Aktivität [ $\mu\text{Ci}/\mu\text{g}$ Ges.Lip.Tier]
7/CfV			
Tage			
1	2,6	1,2	2,33E-04
2	3,6	1,9	1,78E-04
4	8,8	6,6	5,58E-04
7	11,9	9,5	7,39E-04
11	15,2	12,1	1,00E-03
Mw./Tag	1,9	1,3	
8/Cff.			
Tage			
1	4,0	0,9	2,08E-04
2	2,7	0,8	1,40E-04
4	6,8	1,9	4,84E-04
7	10,9	4,0	4,87E-04
Mw./Tag	2,2	0,6	
8k/Cff.			
Stunden			
1	0,9	0,1	1,55E-05
2	1,5	0,3	4,08E-05
3	1,4	0,3	2,18E-05
5	1,9	0,4	4,37E-05
8	4,0	0,9	1,01E-04
12	3,0	0,8	7,84E-05
18	3,7	0,9	1,21E-04
Mw/Std.	0,05	0,09	

Bei diesem Versuch verläuft die exponentielle Zu- bzw. Abnahme der Aktivität nicht so ideal wie bei dem Versuch 8/Chf. mit *Calanus hyperboreus*. Hier beträgt die Geschwindigkeitskonstante  $k=8,9 \times 10^{-3}$ .

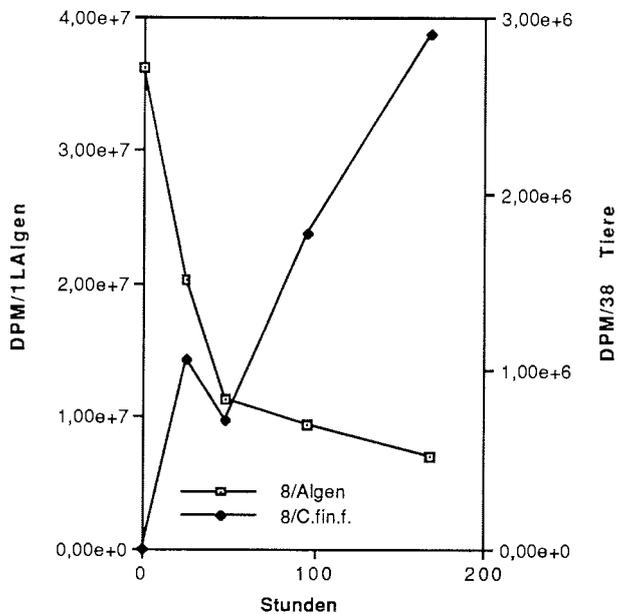


Abb. 40: Gesamtaktivität bei *Calanus finmarchicus* und Gesamtaktivität in 1L radioaktiv markierter Phytoplanktonkultur

#### 4.4.5 *Calanus finmarchicus*: Einbau von $^{14}\text{C}$ in die Lipidklassen

Die Verteilung von  $^{14}\text{C}$  in den verschiedenen Lipidklassen ist ebenfalls durch jahreszeitliche Unterschiede gekennzeichnet. In der Abbildung 41 ist die Aktivität in den verschiedenen Lipidklassen gegen die Zeit dargestellt. Bei dem Copepoditstadium V aus dem Spätsommer (7/CfV) ist die relative Aktivität in den Wachsestern am höchsten im Vergleich zu den anderen beiden Versuchsreihen. Die Steigung der Korrelationsgeraden beträgt  $m=2,64 \times 10^5$ . Die relative  $^{14}\text{C}$ -Inkorporationsrate in die Wachsester ist über den gesamten Versuchszeitraum nahezu konstant. Bei dieser Lipidklasse liegt die relative Einbaurrate bei durchschnittlich 61,6% (Tab. 21). Bei den Triglyceriden und Phospholipiden verläuft die Zunahme an Aktivität

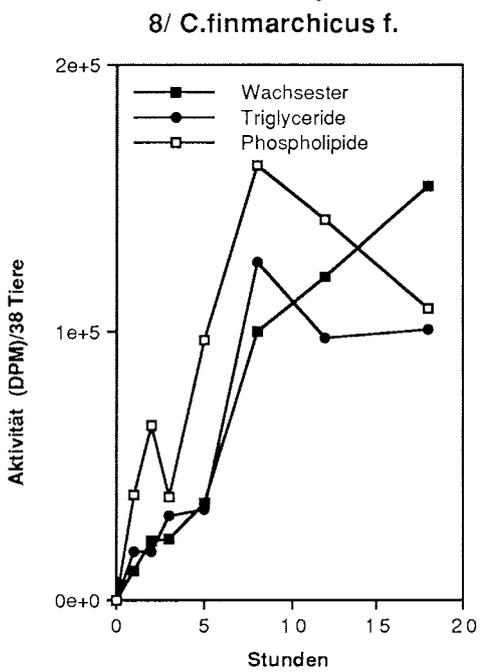
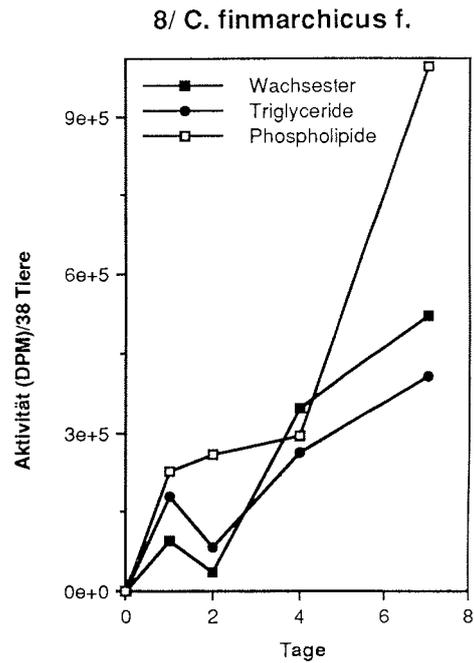
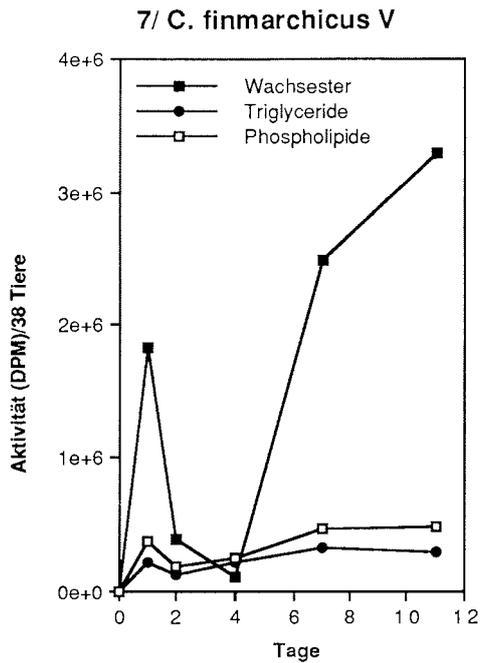


Abb. 41: *Calanus finmarchicus* f.: Einbau von  $^{14}\text{C}$  in die verschiedenen Lipidklassen

parallel, hier liegen die relativen Einbauraten im Durchschnitt bei 16,1% bzw. 22,3% (Tab. 21). Bei dem Langzeitversuch mit *C. finmarchicus* f. aus dem Frühsommer (8/Cff.) wird die größte Zunahme der Aktivität in den Phospholipiden beobachtet (Abb. 41) mit einer relativen Einbaurrate von 49,6% (Tab. 21). Die lineare Regression ergibt für die Steigung den Wert  $m=1,27 \times 10^5$  (Tab. 21). Im Vergleich zwischen Triglyceriden und Wachsestern ist der Einbau von  $^{14}\text{C}$  in die Wachsesterfraktion zunächst geringer als in die der Triglyceride. Die relativen  $^{14}\text{C}$ -Einbauraten liegen bei Versuchsbeginn für die Wachsester bei 19,3% und für die Triglyceride bei 35,6% (Tab. 21). Die Wachsester erreichen aber nach 4 Tagen mit 27,1% höhere Inkorporationsraten als die Triglyceride (21,2%). Bei dem Kurzzeitversuch (8k/Cff.) zeigt sich ein linearer Anstieg der Aktivität in allen drei Lipidklassen (Abb. 41). In den ersten 8 Stunden ist die Zunahme an  $^{14}\text{C}$  in den Phospholipiden am stärksten. Auch die relative Einbaurrate ist hier zu Beginn des Experiments größer als bei den übrigen Lipidklassen. Die relative Inkorporationsrate in dieser Lipidklasse beträgt in den ersten 5 Stunden durchschnittlich 54,7%, danach sinkt der Wert bei Versuchsende auf 29,9% (Tab. 21). Nach 18 Stunden ist sowohl der Anteil an  $^{14}\text{C}$  in der Phospholipidfraktion als auch in der Triglyceridfraktion niedriger als in den Wachsestern. Der prozentuale Anteil der Aktivität bei den Wachsestern steigt im Verlauf des Versuchs von 15,8% auf 42,3% an (Tab. 21).

Tab. 21: *Calanus finmarchicus* f. u. V: Relative  $^{14}\text{C}$ -Inkorporationsraten in die verschiedenen Lipidklassen

Versuch	Lipidklasse		
	Wachsester	Triglyceride %	Phospholipide
7/CfV			
Tage			
1	76,1	8,9	1,5
2	75,7	8,8	15,3
4	19,7	37,2	43,1
7	75,7	9,9	14,4
11	80,6	7,4	12,0
8/Cff.			
1	19,3	35,6	45,1
2	9,1	22,0	68,9
4	38,3	29,1	32,6
7	27,1	21,2	51,7
8k/Cff.			
Stunden			
1	15,8	26,7	57,5
2	20,8	17,4	61,8
3	24,6	34,0	41,4
5	21,8	20,1	58,1
8	25,8	32,5	41,7
12	33,4	27,2	39,4
18	42,3	27,6	29,9

#### 4.4.6 *Calanus finmarchicus*: Einbau von $^{14}\text{C}$ in die Fettsäuren und Alkohole

Die Zunahme der Aktivität in den Fettsäuren und Alkoholen, den Biosynthesevorstufen der Wachsester, erfolgt in ähnlicher Weise wie bei *Calanus hyperboreus* f.. Bei allen Versuchen mit *Calanus finmarchicus* f. ist der Anstieg der Aktivität in den Fettsäuren am höchsten (Abb. 42). Das Verhältnis der Aktivität von Fettsäuren zu Alkoholen beträgt bei den beiden Langzeitversuchen **7/CfV** und **8 Cff.**, durchschnittlich  $1,4 \pm 0,32$  bzw.  $4,8 \pm 1,6$ . Das bedeutet, daß die Aktivität bei dem Versuch **8/Cff.** in den Fettsäuren deutlich höher ist als in den Alkoholen (Abb. 42). Bei dem Kurzzeitexperiment beträgt das Verhältnis des  $^{14}\text{C}$ -Gehalts in den Fettsäuren zu dem in den Alkoholen im Durchschnitt  $6,2 \pm 1,9$ . In den ersten 8 Stunden dieser Versuchsreihe ist die Aktivität in den Fettsäuren deutlich höher als in den Alkoholen.

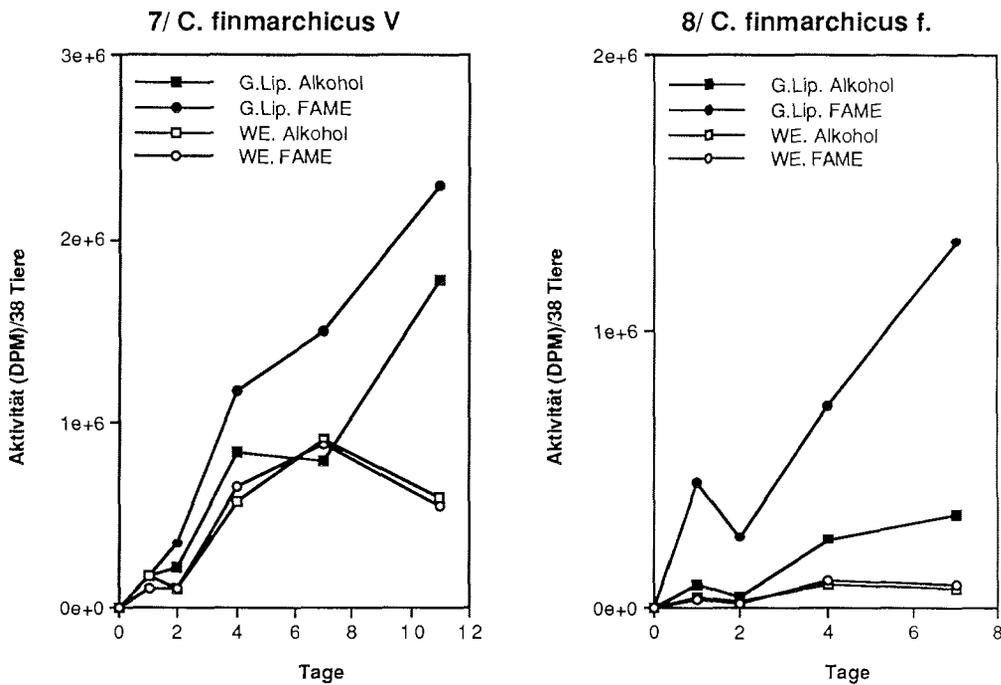


Abb. 42: *Calanus finmarchicus* f.: Einbau von  $^{14}\text{C}$  in die Fettsäuren und Alkohole der Gesamtlipide und der Wachsester

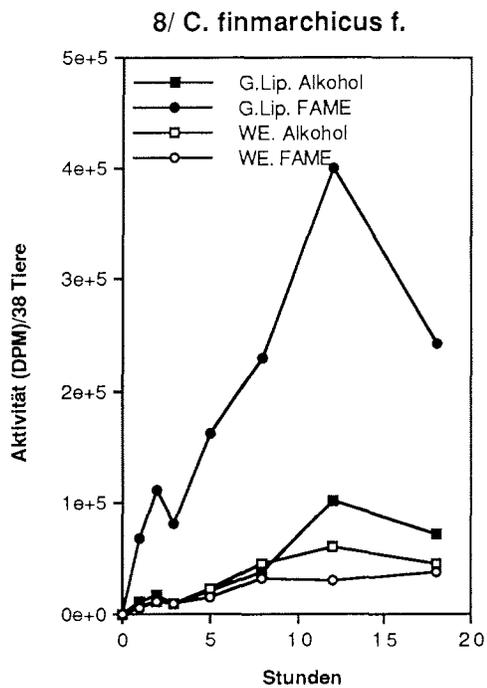


Abb. 43: *Calanus finmarchicus* f.: Einbau von  $^{14}\text{C}$  in die Fettsäuren und Alkohole der Gesamtlipide und der Wachsester

Vergleichend dazu wurde die Wachsesterfraktion untersucht, um die Einbauraten in die Fettsäuren bzw. Alkohole der Wachsester festzustellen. Der  $^{14}\text{C}$ -Gehalt in den Fettsäuren und in Alkoholen nimmt über den gesamten Versuchszeitraum gleichmäßig zu. Der Anteil der Aktivität in den Fettsäuren und Alkoholen beträgt in dieser Lipidklasse ca. 50%. Dieses Verhältnis stellt sich auch schon nach sehr kurzer Versuchsdauer ein.

## 4.5 Lipidverteilung in benthischen Organismen

Die Ergebnisse geben die Zusammensetzung der Lipide ausgewählter benthischer Organismen wieder. Insgesamt wurden 66 Proben, 21 verschiedener Spezies unterschiedlicher Taxa oder separat entnommene Organe untersucht. Der Schwerpunkt der Untersuchungen war die Bestimmung der Lipidklassen (Neutrallipide) und die Identifizierung möglicher Fettsäuremarker aus dem Phytoplankton. Die Ergebnisse der Fettsäureanalysen mit der Darstellung sämtlicher identifizierter Fettsäuren und Alkohole sind in den Tabellen (49-57) im Anhang dargestellt.

### 4.5.1 Decapoda

#### *Hyas coarctatus*

Die Seespinne *Hyas coarctatus* wurde im Bereich des West-Spitzbergenstroms gefangen. Von einem Tier wurden der Verdauungstrakt, die Beine und die Eier analysiert. Von einem zweiten Tier wurden die Gonaden und ebenfalls der Darmtrakt entnommen und deren Lipidzusammensetzung untersucht. An dieser Stelle sei Dieter Piepenburg und Michael Schmidt vom IPÖ in Kiel für die Bestimmung der Tiere und der Präparation der Organe herzlichst gedankt.

Die Lipide der Extremitäten und der Gonaden bestehen bis auf Spuren anderer Lipidklassen fast ausschließlich aus Phospholipiden (Tab. 22). Die Hauptfettsäuren in diesen beiden Proben sind unterschiedlich verteilt. Während in den Extremitäten die Fettsäuren 20:5 (32,0%) und 22:6 (17,1%) dominieren, sind die Hauptfettsäuren in den Gonaden 20:5 und 18:1(n-9), deren Anteile 33,7% bzw. 17,5% betragen (Tab. 23).

Die *Hyas coarctatus* Eier enthalten neben Phospholipiden auch Triacylglyceride (21,2%), sowie geringe Mengen an Steroiden (1,1%) (Tab. 22). Neben den Hauptfettsäuren 20:5 (22,4%) und 18:1(n-9) (15,9%) sind in dieser Probe erhöhte Anteile der Fettsäure 16:1(n-7) mit 10,8% zu beobachten (Tab. 23). Die Darmtrakte beider Individuen zeigen eine unterschiedliche Verteilung der Lipidklassen. Der eine enthält fast ausschließlich Phospholipide, während der andere zum Teil auch Triacylglyceride enthält (11,6%) (Tab. 22). Bei beiden Proben sind 16:0, 18:1(n-9) und 20:5 die dominanten Fettsäuren, die bei ersterer Probe zusammen 56,0% der Gesamtfettsäuren ausmachen (Tab. 23). Die zweite Probe enthält neben den genannten Hauptfettsäuren, die bei dieser Probe

49,8% der Gesamtfettsäuren ausmachen, die Fettsäure 18:1(n-7) mit einem Anteil von 10,4% (Tab. 23).

#### *Sclerocrangon ferox*

Die Lipide des adulten *Sclerocrangon ferox* Weibchens, einer Tiefseegarnele, setzen sich aus Phospholipiden (56,3%), Triacylglyceriden (30,8%) und Steroiden (12,9%) zusammen (Tab. 22). Die Hauptfettsäuren dieses Individuums sind 20:5, 22:6 und 16:0, deren Anteile 25,2%, 20,5% bzw. 18,4% betragen (Tab. 23). Die dominanten Lipidklassen in dem juvenilen *Sclerocrangon ferox* dagegen sind Phospholipide (85,2%) und nur geringe Anteile an Triacylglyceriden (8,6%) sowie Steroiden (6,1%) (Tab. 22). Die Zusammensetzung der Fettsäuren ist wenig variabel und wird dominiert von den Fettsäuren 22:6 (25,6%), 20:5 (25,1%) und 18:1(n-9) (15,2%) (Tab. 23).

Die *Sclerocrangon ferox* Eier enthalten neben den Phospholipiden mit durchschnittlich 62,2% auch Triacylglyceride in etwas höheren prozentualen Anteilen (36,5%) als bei *Hyas coarctatus* (Tab. 22). Die Hauptfettsäure ist 16:1(n-7). Sie macht durchschnittlich 18,3% der Gesamtfettsäuren aus. Weitere dominante Fettsäuren sind 20:5 (18,8% ± 1,8), 16:0 (11,6% ± 0,6) und die stellungsisomeren Fettsäuren 18:1(n-9) (16,9% ± 0,9) und 18:1(n-7) (13,2% ± 2,4), die etwa mit gleichen Anteilen vorliegen. Eine weitere wichtige Fettsäure ist 22:6 mit einem durchschnittlichen Anteil von 8,7% ± 1,5 (Tab. 23).

Die Gonaden mit nicht ausgereiften Eiern enthalten als wichtigste Lipidklassen Phospholipide und Triacylglyceride. Ihre Anteile betragen 55,2% bzw. 44,8% (Tab. 22). Die Hauptfettsäuren dieser Probe sind 20:5 (23,4%), 22:6 (21,4%) und 16:0 (17,5%) (Tab. 23). Bei dieser Probe ist eine gleichmäßige Verteilung der Isomeren 18:1(n-9) und 18:1(n-7) zu beobachten mit je ca. 10%. Die Lipide des Hinterleibmuskels sind bei *S. ferox* zu 90,7% aus Phospholipiden und 9,3% aus Steroiden zusammengesetzt (Tab. 22). Als dominante Fettsäuren enthält das Gewebe 26,0% der 20:5 Fettsäure, 14,6% der 16:1 Fettsäure und 14,1% der 18:1(n-9) Fettsäure (Tab. 23).

Die Mitteldarmdrüse enthält als dominante Lipidklassen Phospholipide (83,7%), daneben einige Triacylglyceride (13,1%) und Steroide (3,2%) (Tab. 22). Die Zusammensetzung der Gesamtfettsäuren wird von der 20:5 (17,4%) und den stellungsisomeren Fettsäuren 18:1(n-9) (16,3%) und 18:1(n-7) (18,1%) beherrscht (Tab. 22). Das Hirngewebe enthält nur Phospholipide mit der Hauptfettsäure 20:5 (19,3%). Die Anteile der Fettsäuren 16:0 und 16:1(n-7) sind etwa gleich (14,7% bzw. 13,6%), während die Stellungsisomeren von 18:1 sogar fast identische Anteile an den Gesamtfettsäuren haben (14,6%) (Tab. 23).

### *Spirontocaris gaimardi*

Die Lipide des *Spirontocaris gaimardi* Weibchens, einer Decapodenart, weisen einen hohen Gehalt an Phospholipiden (96,8%) sowie geringe Anteile an Steroiden (3,2%) auf (Tab. 22). Bei dem Weibchen sind die dominanten Fettsäuren 20:5 (27,1%), 16:0 (15,5%) und 22:6 (15,3%) (Tab. 23).

Die separat untersuchten Eier enthalten ebenfalls neben Phospholipiden nur geringe Mengen an Triacylglyceriden (2,7%) (Tab. 22). Die 20:5 Fettsäure (23,4%) und die 16:1(n-7) Fettsäure (22,5%) dominieren die Gesamtfettsäuren. Weitere wichtige Fettsäuren sind 16:0 und 18:1(n-9), wohingegen bei den Eiern dieser Spezies das 18:1(n-7) Isomer in geringeren Anteilen vorkommt als bei *Sclerocrangon ferox* (Tab. 23).

Die Männchen hingegen weisen hohe Triacylglyceridgehalte auf, wobei der höchste Wert bei 59,8% liegt (Tab. 22). Dominante Fettsäuren sind 20:5, 18:1(n-9) und, im Gegensatz zu den Weibchen, die 16:1 Fettsäure. Diese Fettsäuren machen im Durchschnitt 25,6% (20:5), 14,2% (18:1 (n-9)) und 17,5% (16:1) der Gesamtfettsäuren aus (Tab. 23).

Das juvenile Tier, vor Spitzbergen gefangen, enthält zu 95,3% Phospholipide und zu 4,7% Triacylglyceride (Tab. 22). Seine Hauptfettsäuren sind 20:5 (22,5%), 18:1(n-9) (17,9%) und 16:0 (13,8%) (Tab. 23). Desweiteren sind geringe Anteile der 22:6 und der 16:1(n-7) Fettsäure zu identifizieren mit einem Anteil von 7,5% bzw. 6,1%.

### *Sabinea septemcarinata*

Die Lipidklassenanalyse der Weibchen dieser Garnelenart ergibt hohe Anteile an Phospholipiden (74,3%) sowie geringe Mengen an Steroiden und Triacylglyceriden mit durchschnittlich 17,4 bzw. 17,0 % (Tab. 22). Es dominieren die mehrfach ungesättigten Fettsäuren 20:5 und 22:6 mit durchschnittlich 22,8% bzw. 16,7%. Der Anteil der 16:0 Fettsäure beträgt bei den beiden Weibchen im Schnitt 13,7%. Die beiden Stellungsisomeren Fettsäuren 18:1(n-9) und 18:1(n-7) liegen etwa zu gleichen Teilen vor. Ihr Anteil beträgt im Mittel 10,7% bzw. 12,0% (Tab. 23).

Die Lipidanalyse verschiedener Reifestadien von *Sabinea septemcarinata* Eiern zeigt eine homogene Zusammensetzung der Lipidklassen. Sowohl bei den drei einzelnen, am weitesten entwickelten

Tab. 22: Lipidklassenverteilung der Decapoda (Crustacea)

Station	Probe Nr.	Spezies	PL %	Chol %	FFA %	TG %	WE %
<i>Hyas coarctatus</i>							
161	B16/ARK6	Verdauungstrakt	92,60	7,30	0,00	0,00	0,00
161	B17/ARK6	4 Beine	97,40	2,10	0,00	0,30	0,00
161	B18/ARK6	Eier	77,64	1,13	0,00	21,24	0,00
161	B20/ARK6	Verdauungstrakt	88,42	0,00	0,00	11,58	0,00
161	B21/ARK6	Eierstock	94,30	5,70	0,00	0,00	0,00
<i>Sclerocrangon ferox</i>							
158	B2/ARK6	subadult, total	85,20	6,10	0,00	8,60	0,00
101	B6/ARK7	Eier	66,90	0,80	0,00	32,20	0,00
86	B8/ARK8	Eier	63,50	1,70	0,00	34,70	0,00
86	B9/ARK8	Eier	56,30	1,00	0,00	42,60	0,00
101	B14/ARK7	Gonaden mit Eiern	55,20	0,00	0,00	44,80	0,00
86	B10/ARK8	Hirn	99,90	0,00	0,00	0,00	0,00
101	B12/ARK7	Hinterleibsmuskel	90,70	9,30	0,00	0,00	0,00
101	B13/ARK7	Mitteldarmdrüse	83,70	3,20	0,00	13,10	0,00
101	B11/ARK7	Weibchen, total	56,30	12,92	0,00	30,77	0,00
<i>Spirontocaris gaimardi</i>							
160	B4/ARK6	subadult, total	95,30	0,00	0,00	4,70	0,00
101	B1/ARK7	Eier	97,30	0,00	0,00	2,70	0,00
101	B2/ARK7	Weibchen, total	96,80	3,20	0,00	0,00	0,00
101	B3/ARK7	Männchen, total	86,70	1,80	0,60	10,90	0,00
101	B4/ARK7	Männchen, total	93,70	2,20	1,20	2,30	0,00
101	B7/ARK7	Männchen, total	40,22	0,00	0,00	59,78	0,00
<i>Sabinea septemcarinata</i>							
101	B8/ARK7	Weibchen, total	62,46	19,19	0,00	18,35	0,00
101	B9/ARK7	Weibchen, total	86,23	15,46	0,00	15,77	0,00
40	B1/ARK8	3 Eier	99,99	0,00	0,00	0,00	0,00
40	B2/ARK8	Eipacket	99,99	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Sclerocrangon boreas</i>							
161	B10/ARK6	subadult, total	81,00	6,40	0,00	12,50	0,00
161	B11/ARK6	Hinterleibsmuskel	99,99	0,00	0,00	0,00	0,00
161	B12/ARK6	Hinterleibsmuskel	99,99	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Pandalus borealis</i>							
225	B24/ARK7	Weibchen, Eier entfernt	74,40	19,10	0,00	6,50	0,00
225	B20/ARK7	Männchen, total	62,23	14,00	0,00	23,77	0,00
225	B21/ARK7	Männchen, total	64,90	13,90	0,00	21,20	0,00
225	B22/ARK7	Eier	57,90	1,60	0,00	40,50	0,00
225	B23/ARK7	Eier	52,10	6,20	0,00	41,70	0,00
40	B4/ARK8	6 Augen	99,99	0,00	0,00	0,00	0,00

Eiern, als auch bei dem Eipaket, mit Eiern eines relativ frühen Entwicklungsstadiums, sind nur Phospholipide nachzuweisen (Tab. 22). Den größten Anteil der Fettsäuren bei den reiferen Eiern machen 16:1 (n-7) mit 16,7% und 22:6 (20,7%) aus. Eine weitere Hauptkomponente ist 18:1(n-9), wobei das Isomere 18:1(n-7) nur in geringen Mengen vorkommt (Tab. 23). Bei den "jüngeren" Eiern ist die Zusammensetzung der Fettsäuren unterschiedlich. Dort dominieren die Fettsäuren 16:1(n-7) mit 23,2% und 18:1(n-9) mit 15,8%. Die 22:6 Fettsäure hat mit 10,2% einen weitaus geringeren Anteil als bei den reiferen Eiern (Tab. 23).

#### *Sclerocrangon boreas*

Die Lipide dieser Art enthalten hohe Phospholipidanteile (75,6%) und erhöhte Mengen an Steroiden (24,4%) (Tab. 22). Die dominanten Fettsäuren sind 16:0 (15,0%), 20:5 (26,1%) und 22:6 (17,2%) (Tab. 24).

Das Muskelgewebe enthält erwartungsgemäß nur Phospholipide, andere Lipidklassen sind nur in Spuren festzustellen (Tab. 22). Die Verteilung der Fettsäuren in diesem Gewebe ist nicht sehr variabel, es dominieren die Fettsäuren 16:0, 20:5 und 22:6. Sie bilden zusammen durchschnittlich 60,3% der Gesamtfettsäuren (Tab. 24).

#### *Pandalus borealis*

Die *Pandalus borealis* Proben, auch als "Shrimps" bekannt, stammen aus dem polaren Wasser der Grönlandsee. Bei dem adulten Weibchen, das sich in der Reproduktionsphase befand, sind höhere Phospholipidanteile (74,4%) und geringere Anteile an Triacylglyceriden (6,5%) zu beobachten als bei den Männchen (Tab. 22). Die dominanten Fettsäuren dieser Probe sind 20:5 (20,5%), 22:6 (16,9%) und 16:0 (13,6%). Neben diesen Fettsäuren hat die Fettsäure 18:1(n-9) einen Anteil von 11,3% an den Gesamtfettsäuren. Zusätzlich sind geringe Mengen der 20:1(n-9) und 22:1(n-11) Fettsäure zu identifizieren mit prozentualen Anteilen von 4,7% bzw. 5,1% (Tab. 24).

Die Männchen haben einen etwas größeren Neutrallipidanteil mit durchschnittlich 22,4% an Triacylglyceriden. Der Rest wird von Phospholipiden (63,6%) und Steroiden (14,0%) gebildet (Tab. 22). Der Anteil der mehrfach ungesättigten Fettsäuren ist geringer als bei den Weibchen. Die Hauptfettsäuren bei den Männchen sind 20:5 und 16:0, mit durchschnittlichen, prozentualen Anteilen von 22,0% und 12,7%. Interessant ist bei diesen Proben eine unterschiedliche Verteilung der Stellungsisomeren 18:1(n-9) und 18:1(n-7). Bei der einen Probe macht der Anteil an 18:1(n-7) 14,7% aus, während bei der anderen Probe nur geringe Mengen dieser Fettsäure festzustellen sind. Auch bei den

Tabelle 23: Hauptfettsäuren der Decapoda (Crustacea)

Proben Nr.	Art	HAUPTFETTSÄUREN									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
B16/ARK6	<i>Hyas coarctatus</i>	20:5	23,4	18:1 (n-9)	12,8	16:0	12,5	22:6	10,9	18:1 (n-7)	7,2
B17/ARK6	Verdauungstrakt	20:5	32,0	22:6	17,1	18:1 (n-9)	13,2	16:0	12,8	18:1 (n-7)	8,0
B18/ARK6	4 Beine	20:5	22,4	18:1 (n-9)	15,9	16:0	15,4	22:6	12,8	16:1 (n-7)	10,8
B20/ARK6	Verdauungstrakt	20:5	22,2	18:1 (n-9)	15,2	16:0	12,4	22:6	12,2	18:1 (n-7)	10,4
B21/ARK6	Eierstock	20:5	33,7	18:1 (n-9)	17,5	22:6	11,8	16:0	10,9	18:1 (n-7)	6,7
<i>Sclerocrangon ferox</i>											
B2/ARK6	subadult, total	20:5	25,1	22:6	15,6	18:1 (n-7)	15,2	16:1 (n-7)	13,9	18:0	10,3
B6/ARK7	Eier	16:1	18,3	18:1 (n-9)	18,0	20:5	17,4	16:0	12,3	22:6	10,0
B8/ARK8	Eier	16:1	20,4	20:5	18,0	18:1 (n-9)	16,3	18:1 (n-7)	15,5	16:0	11,3
B9/ARK8	Eier	20:5	20,9	18:1 (n-9)	16,5	16:1 (n-7)	16,2	18:1 (n-7)	13,4	16:0	11,4
B14/ARK7	Gonaden mit Eiern	20:5	23,4	22:6	21,4	16:0	17,5	18:1 (n-7)	10,5	18:1 (n-9)	9,5
B10/ARK8	Hirn	20:5	19,4	18:1 (n-9)	14,7	18:1 (n-7)	14,6	16:0	14,7	16:1 (n-7)	13,6
B12/ARK7	Hinterleibsmuskel	20:5	26,0	16:1 (n-7)	14,6	18:1 (n-9)	14,1	16:0	12,1	18:1 (n-9)	9,2
B13/ARK7	Mitteldarmdrüse	18:1 (n-7)	18,1	20:5	17,1	18:1 (n-9)	16,3	16:1 (n-7)	9,4	16:0	8,7
B11/ARK7	Weibchen, total	20:5	20,2	18:1 (n-7)	13,7	18:1 (n-9)	13,6	16:0	13,2	22:6	10,0
<i>Spirontocaris gaimardi</i>											
B4/ARK6	subadult, total	20:5	35,3	18:1 (n-9)	18,0	16:0	10,8	22:6	7,5	16:1 (n-7)	6,1
B1/ARK7	Eier	20:5	23,4	16:1 (n-7)	22,5	18:1 (n-9)	14,7	16:0	12,1	18:1 (n-7)	8,4
B2/ARK7	Weibchen, total	20:5	27,2	16:0	15,5	22:6	15,3	18:1 (n-9)	12,0	18:1 (n-7)	11,0
B3/ARK7	Männchen, total	20:5	23,7	16:1 (n-7)	18,0	18:1 (n-9)	14,6	16:0	12,9	18:1 (n-7)	10,4
B4/ARK7	Männchen, total	20:5	28,9	16:0	15,6	16:1 (n-7)	13,0	18:1 (n-9)	11,3	18:1 (n-7)	9,5
B7/ARK7	Männchen, total	20:5	24,1	16:1 (n-7)	18,8	18:1 (n-9)	16,7	16:0	11,6	22:6	8,7
<i>Sabinea septemcarinata</i>											
B8/ARK7	Weibchen, total	20:5	25,9	22:6	16,5	16:0	14,4	18:1 (n-7)	12,1	18:1 (n-9)	9,4
B9/ARK7	Weibchen, total	20:5	19,6	22:6	16,9	16:0	13,0	18:1 (n-7)	11,9	18:1 (n-9)	11,9
B1/ARK8	3 Eier	22:6	20,7	16:1 (n-7)	16,7	18:1 (n-9)	15,8	20:5	14,1	16:0	12,5
B2/ARK8	Eipacket	16:1 (n-7)	23,2	18:1 (n-9)	15,8	20:5	13,5	16:0	13,3	22:6	10,2

Tabelle 24: Hauptfettsäuren der Decapoda (Crustacea) (Fortsetzung)

Proben Nr.	Art	HAUPTFETTSÄUREN									
		1	Gew.-%	2	Gew.-%	3	Gew.-%	4	Gew.-%	5	Gew.-%
	<i>Sclerocrangon boreas</i>										
B10/ARK6	subadult, total	20:5	26,1	22:6	17,2	16:0	15,0	18:1(n-9)	12,7	18:1(n-7)	9,1
B11/ARK6	Hinterleibsmuskel	20:5	25,2	22:6	20,5	16:0	18,4	18:1(n-9)	17,7	18:1(n-7)	8,6
B12/ARK6	Hinterleibsmuskel	20:5	21,8	16:0	20,6	18:1(n-9)	14,7	22:6	14,0	16:1(n-7)	6,2
	<i>Pandalus borealis</i>										
B24/ARK7	Weibchen, Eier entfernt	20:5	20,5	22:6	16,9	16:0	13,6	18:1(n-9)	11,3	18:1(n-7)	9,6
B20/ARK7	Männchen, total	20:5	21,4	16:1(n-7)	12,7	16:0	12,5	18:1(n-9)	12,2	22:6	12,2
B21/ARK7	Männchen, total	20:5	22,5	18:1(n-7)	14,7	16:0	12,8	16: (n-7)	12,7	22:6	11,0
B22/ARK7	Eier	20:5	22,6	16:1(n-7)	19,0	18:1(n-9)	12,7	18:1(n-7)	12,0	16:0	11,5
B23/ARK7	Eier	20:5	25,7	16:1(n-7)	18,3	16:0	12,1	18:1(n-9)	11,4	18:1(n-7)	10,0
B4/ARK8	6 Augen	20:5	26,6	22:6	21,7	16:0	18,2	18:1(n-9)	10,8	18:1(n-7)	7,5

92

Tabelle 25: Hauptfettsäuren Pantopoda, Isopoda, Amphipoda und Cirripeda (Crustacea)

Proben Nr.	Art	HAUPTFETTSÄUREN									
		1	Gew.-%	2	Gew.-%	3	Gew.-%	4	Gew.-%	5	Gew.-%
	<i>Chaetonymphon hirtipes</i>										
B28/ARK7	Körperscheibe	16:1(n-7)	41,7	20:5	15,6	16:0	12,0	14:0	5,4	18:1(n-9)	5,4
B29/ARK7	Körperscheibe	20:5	32,3	16:0	15,0	22:6	11,2	16:1(n-7)	7,9	18:1(n-7)	7,4
	<i>Arcturus baffini</i>										
B26/ARK7	total	20:5	25,6	16:1(n-7)	24,2	16:0	13,1	22:6	8,6	18:1(n-9)	5,6
B5/ARK8	total	20:5	25,6	18:1(n-9)	17,5	22:6	11,4	16:0	11,0	16:1(n-7)	4,9
B11/ARK8	<i>Anonyx nugax f.</i>	20:1(n-9)	18,7	22:1(n-11)	14,2	18:1(n-9)	13,4	16:0	11,1	16:1(n-7)	9,8
B10/ARK7	<i>Stegocephalus inflatus f.</i>	20:5	19,4	18:1(n-9)	14,7	18:1(n-7)	14,6	16:0	14,6	16:1(n-7)	13,6
B19/ARK6	<i>Balanus crenatus</i>	20:5	31,4	22:6	13,1	16:0	11,3	16:1(n-7)	9,8	18:4	9,7

Männchen sind geringe Mengen der langkettigen Fettsäuren 20:1 und 22:1 zu identifizieren (Tab. 24).

Die dominanten Lipidklassen der *Pandalus borealis* Eier sind Phospholipide und Triacylglyceride. Ihr Anteil beträgt im Durchschnitt 55,0% bzw. 41,1% (Tab. 22). Steroide sind ebenfalls in geringen Mengen vorhanden. Die Hauptfettsäuren sind 16:1(n-7) (18,7%), 20:5 (24,2%) und die beiden Stellungsisomeren 18:1(n-9) und 18:1(n-7). Sie liegen zu etwa gleichen Teilen vor. Ihr Anteil an den Gesamtfettsäuren beträgt zusammen durchschnittlich 23,0% (Tab. 24). Die separat untersuchten *Pandalus borealis* Augen enthalten als Hauptfettsäuren 16:0 (18,2%), 20:5 (26,6%) und 22:6 (21,7%) (Tab. 24). Sie bestehen ausschließlich aus Phospholipiden (Tab. 22).

#### 4.5.2 Cirripedia

##### *Balanus crenatus*

Als dominante Lipidklassen treten bei der Seepocke *Balanus crenatus* Phospholipide (52,9%) und Steroide (47,0%) auf (Tab. 26). Der Steroidanteil ist der höchste aller untersuchten Proben. Die Hauptfettsäuren dieser Spezies sind 16:0 (11,3%), 20:5 (31,4%) und 22:6 (13,1%). Auffällig ist der relativ hohe Anteil an 18:4 Fettsäure mit 9,7% sowie der der 16:1(n-7) Fettsäure mit 9,8% (Tab. 25).

#### 4.5.3 Pantopoda

##### *Chaetonymphon hirtipes*

Die Lipide bei *Chaetonymphon hirtipes*, einer Asselspinnenart, setzen sich hauptsächlich aus Phospholipiden und Triacylglyceriden zusammen. Die beiden untersuchten Tiere unterscheiden sich jedoch in ihrem Neutrallipidanteil, der bei dem einen Tier 48,0% und bei dem anderen 19,6% beträgt (Tab. 26). Die Verteilung der Fettsäuren ist auch unterschiedlich. Das "fettreiche" Tier enthält als dominante Fettsäuren 16:1(n-7) (41,7%), 20:5 (15,6%) und 16:0 (12,0%). Darüberhinaus ist ein geringer Anteil der 14:0 Fettsäure (5,4%) festzustellen. Das andere Individuum enthält dagegen als Hauptbestandteile die Fettsäuren 20:5 (32,3%), 16:0 (15,0%) und 22:6 (11,2%) (Tab. 25).

#### 4.5.4 Isopoda

##### *Acturus baffini*

Von den beiden untersuchten Isopoden (Asseln) stammt der eine aus dem polaren Wasser der Nordostwasser-Polynya und der andere aus der Barentssee. Bei letzterem sind nach der Neutrallipidtrennung nur Phospholipide zu identifizieren, während das vor Ost-Grönland gefangene Individuum auch geringe Mengen an Triacylglyceriden enthält (13,4%) (Tab. 26). Die Fettsäureverteilung der beiden Individuen ist ebenfalls unterschiedlich. Bei dem Tier, das Triacylglyceride enthält, dominieren die 16:1 (24,2%) und 20:5 Fettsäuren (25,6%), während bei dem "dünnere" Isopoden die Fettsäuren 18:1(n-9) und 20:5 den größten Anteil der Fettsäuren ausmachen. In dieser Probe beträgt der Anteil von 16:1(n-7) nur 4,8% (Tab. 25).

Tab. 26: Lipidklassenverteilung Pantopoda, Isopoda, Amphipoda, Cirripeda (Crustacea)

Station	Probe Nr.	Art	PL %	Chol %	FFA %	TG %	WE %
<i>Chaetonymphon hirtipes</i>							
228	B28/ARK7	Körperscheibescheibe	52,01	0,00	0,00	48,00	0,00
228	B29/ARK7	Körperscheibescheibe	80,37	0,00	0,00	19,63	0,00
<i>Arcturus baffini</i>							
205	B26/ARK7	total	84,50	2,00	0,00	13,40	0,00
40	B5/ARK8	total	99,99	0,00	0,00	0,00	0,00
45	B11/ARK8	<i>Anonyx nugax f.</i>	31,18	0,00	0,00	68,82	0,00
101	B10/ARK7	<i>Stegocephalus inflatus f.</i>	38,59	6,84	0,00	54,58	0,00
161	B19/ARK6	<i>Balanus crenatus</i>	52,92	47,08	0,00	0,00	0,00

#### 4.5.5 Amphipoda

##### *Anonyx nugax*

Die Lipidklassenanalyse des Amphipoden (Flohkrebs) *Anonyx nugax* zeigt hohe Triglyceridgehalte (68,8%) und geringere Mengen an Phospholipiden (Tab. 26). Bemerkenswert bei dieser Probe ist der große Anteil der langkettigen Fettsäure 20:1(n-9), deren Anteil 18,7% der Gesamtfettsäuren beträgt (Tab. 25). 16:0 (11,1%), 18:1(n-9) (13,4%) und 20:5 (14,2%) gehören zu den weiteren Hauptfettsäuren dieser Probe.

#### *Stegocephalus inflatus f.*

Bei diesem Individuum bestehen die Lipide ebenfalls hauptsächlich aus Triacylglyceriden (54,6%) und Phospholipiden (38,6%). Außerdem sind geringe Mengen von Steroiden (6,8%) nachzuweisen (Tab. 26). Die Hauptfettsäuren des *Stegocephalus inflatus* Weibchen sind 20:5 (22,5%), 18:1(n-9) (18,0%) und 22:6 (17,6%). Neben der 16:0 Fettsäure mit 10,8% sind die langkettigen Fettsäuren 20:1 und 22:1 in geringen Mengen vorhanden (Tab. 25).

#### 4.5.6 Ophiuroidea

##### *Ophiacantha bidentata*

Bei diesem Schlangensterne, der im atlantischen Wasser vor Spitzbergen gefangen wurde, sind hauptsächlich Phospholipide und geringe Mengen an Triacylglyceriden festzustellen (Tab. 27). Die dominanten Fettsäuren sind 16:0 (10,1%), 18:1(n-9) (11,1%) und 20:5 (32,8%). Weiterhin sind geringe Mengen der 20:1 Fettsäure und der extrem niedrige Gehalt der 22:6 Fettsäure (2,0%) auffällig. Neben den beiden Isomeren 18:1(n-9) und 18:1(n-7) ist ein weiteres Isomer (n-x) zu beobachten (Tab. 29).

##### *Ophiopholis aculeata*

Von dieser Spezies, einer weiteren Schlangensterneart, wurden drei Individuen im Bereich des West-Spitzbergenstroms gefangen. Bei zweien sind nach der Neutrallipidtrennung nur Phospholipide zu identifizieren (B5 und B7), während bei der Probe B8 neben Phospholipiden auch Triacylglyceride nachzuweisen sind (10,3%) (Tab. 27). Die drei untersuchten Exemplare weisen mit der 20:5 Fettsäure nur eine gemeinsame, dominante Fettsäure auf. Ihr Anteil beträgt durchschnittlich 28,6%. Die weiteren Hauptfettsäuren sind je nach Probe verschieden. Bei der Probe B5, die aus ca. 200m Tiefe stammt, hat die 20:1 Fettsäure mit 14,8% den zweitgrößten Anteil. Bei den beiden anderen Proben treten besonders die 18:4 Fettsäure (Probe B7) mit 24,4% sowie die 16:0 Fettsäure (Probe B8) auf, deren Anteil 10,0% beträgt (Tab. 29).

##### *Ophiopleura borealis*

Die Proben B 32 und B1 des Schlangensterne *Ophiopleura borealis* stammen aus dem polaren Wasser vor Ost-Grönland sowie die Probe B6 aus dem West-Spitzbergenstrom. Bei der Probe B32 ist der höchste Gehalt an Triacylglyceriden mit 15,4% zu beobachten. Die anderen

Proben bestehen bis auf geringe Mengen an Triacylglyceriden hauptsächlich aus Phospholipiden (Tab. 27).

Die dominanten Fettsäuren sind bei allen Individuen unterschiedlich. Die Probe B1 besitzt hohe Anteile der Fettsäuren 16:0 (10,7%), 16:1(n-7) (12,7%) und 20:5 (27,5%). Die Anteile der beiden Isomeren der 18:1 Fettsäure betragen zusammen 14,4%, jedoch mit einem größeren Anteil an 18:1(n-7) Fettsäure (9,2%). Die langkettigen Fettsäuren 20:1 und 22:1 haben einen Anteil von 4,4% bzw. 8,0% an den Gesamtfettsäuren, wobei die Isomeren (n-9)/(n-7) bei der 20:1 bzw. (n-11)/(n-9) bei der 22:1 Fettsäure mit gleichen Anteilen zu beobachten sind. Den größten Teil der Fettsäuren der Probe B32 machen die Fettsäuren 16:0 (15,2%), 16:1(n-7) (14,4%) und 22:1(n-9) Fettsäure (15,3%) aus. Einen weiteren Hauptbestandteil bildet die 20:5 Fettsäure mit 9,6%. Bemerkenswert ist ein sehr geringer Anteil der 22:6 Fettsäure, der nur 1,9% beträgt. Die dritte Probe (B6) von *Ophiopleura borealis* zeigt einen sehr hohen Anteil der 20:1(n-9) Fettsäure. Auch bei dieser Probe gehört die 20:5 Fettsäure mit 15,6% zu den dominanten Komponenten der Gesamtfettsäuren. Die langkettige Fettsäure 22:1 hat mit beiden Stellungisomeren zusammen einen Anteil von 13,1% in dieser Probe (Tab. 29).

#### *Ophiura sarsi*

Die *Ophiura sarsi* stammt aus dem West-Spitzbergenstrom. Die Lipidklassenanalyse dieses Schlangensterne ergibt einen Anteil von 96,3% an Phospholipiden und 3,7% an Triacylglyceriden (Tab. 27). Die Hauptfettsäure ist 20:5 mit einem Anteil von 23,7%. Auffällig ist der hohe Anteil der 14:0 Fettsäure mit 11,4%, sowie der Anteil von 9,7% der 22:1 Fettsäure. Zusätzlich ist ein geringer Prozentsatz der 18:4 Fettsäure festzustellen (Tab. 29).

Tab. 27: Lipidklassenverteilung der Ophiuroidea (Echinodermata)

Station	Probe Nr.	Art	PL %	Chol %	FFA %	TG %	WE %
160	B3/ARK6	<i>Ophiacantha bidentata</i>	93,70	0,00	0,00	6,30	0,00
160	B5/ARK6	<i>Ophiopholis aculeata</i>	99,99	0,00	0,00	0,00	0,00
161	B7/ARK6	<i>Ophiopholis aculeata</i>	99,99	0,00	0,00	0,00	0,00
161	B8/ARK6	<i>Ophiopholis aculeata</i>	89,68	0,00	0,00	10,32	0,00
		<i>Ophiopleura borealis</i>					
195	B32/ARK7	Körperscheibe ø 1,2cm	84,61	0,00	0,00	15,39	0,00
84	B6/ARK8	Körperscheibe ø 4,0cm	99,13	0,00	0,00	0,87	0,00
158	B1/ARK6	Körperscheibe, ø 2,3cm	99,99	0,00	0,00	0,00	0,00
86	B7/ARK8	<i>Ophiura sarsi</i>	96,28	0,00	0,00	3,72	0,00

#### 4.5.7 Crinoidea

##### *Heliometra glacialis*

Die Proben dieses Haarsterns wurden im polaren Wasser vor Ost-Grönland gefangen. Dominante Lipidklassen bei *Heliometra glacialis* sind Phospholipide (89,5%) und Steroide (6,4%) (Tab. 28). Eine der Proben enthält geringe Mengen an Triacylglyceriden (8,5%). Die Fettsäureverteilung ist in beiden Proben unterschiedlich. Als dominante Fettsäuren sind 20:5, 16:0 und 16:1 zu beobachten. Die Anteile der Fettsäure 20:5 sind in den beiden Proben unterschiedlich. Der Prozentwert beträgt bei der Probe, die Triacylglyceride enthält, 27,7% und bei der anderen 37,7%. Auffällig ist bei beiden Proben der geringe Anteil der 18:1(n-9) Fettsäure, der durchschnittlich 4,4% beträgt. Bei der "dickeren" *Heliometra glacialis* (B5) treten die Fettsäuren 20:1 (8,6%) und 22:1 (10,7%) auf. Die andere Probe enthält diese Komponenten nur in Spuren. In beiden Proben wird die mehrfachungesättigte Fettsäure 18:4 in Spuren beobachtet (Tab. 30).

Tab. 28: Lipidklassenverteilung der Crinoidea u. Echinoidea (Echinodermata)

Station	Probe Nr.	Art	PL %	Chol. %	FFA %	TG %	WE %
		<i>Heliometra glacialis</i>					
101	B5/ARK7	Körperscheibe 2,0cm	85,50	6,40	0,00	8,50	0,00
228	B25/ARK7	Körperscheibe 2,4cm	93,60	6,40	0,00	0,00	0,00
		<i>Strongylocentrotus pallidus</i>					
161	B22/ARK6	Eierstock	97,79	0,00	0,00	2,21	0,00
161	B23/ARK6	Innereien	97,78	2,22	0,00	0,00	0,00

#### 4.5.8 Echinoidea

##### *Strongylocentrotus pallidus*

Von dieser Seeigelspezies wurden die Gonaden und der Magen-Darmtrakt untersucht. Das Individuum stammt aus dem atlantischen Wasser südlich von Spitzbergen. Die Analyse der Lipidklassen bei den Gonaden ergibt eine Dominanz der Phospholipide (97,8%) und geringe Mengen an Triacylglyceriden (Tab. 28). Die dominierenden Fettsäuren der Gonaden sind 20:5 (29,6%), 18:1(n-9) (15,3%) und 22:6 (12,6%) (Tab. 30). Der

Tabelle 29: Hauptfettsäuren der Ophiuroidea (Echinodermata)

Proben Nr.	Art	HAUPTFETTSAUREN									
		1	2	3	4	5	6	7	8		
B3/ARK6	<i>Ophiacantha bidentata</i>	20:5	32,8	18:1(n-9)	11,1	16:1(n-7)	10,1	16:0	9,5	18:0	7,6
B5/ARK6	<i>Ophiopholis aculeata</i>	20:5	33,1	20:1(n-9)	14,8	18:1(n-7)	9,0	16:1(n-7)	7,7	18:0	7,6
B7/ARK6	<i>Ophiopholis aculeata</i>	18:4	24,4	20:5	22,1	14:0	9,3	16:0	7,6	18:0	7,6
B8/ARK6	<i>Ophiopholis aculeata</i>	20:5	30,5	14:0	13,7	16:0	10,0	18:0	9,1	18:1(n-7)	8,8
	<i>Ophiopleura borealis</i>										
B32/ARK7	Körperscheibe ø 1,2cm	22:1(n-9)	15,3	16:0	15,2	16:1(n-7)	14,4	20:5	9,7	18:1(n-9)	19,5
B6/ARK8	Körperscheibe ø 4,0cm	20:1(n-9)	22,3	20:5	15,6	16:0	8,2	16:1(n-7)	17,3	14:0	7,2
B1/ARK6	Körperscheibe, ø 2,3cm	20:5	27,4	16:1(n-7)	12,7	16:0	10,7	18:1(n-7)	9,2	18:0	6,3
B7/ARK8	<i>Ophiura sarsi</i>	20:5	23,7	16:0	11,5	14:0	11,4	20:1(n-9)	9,7	22:6	8,5

Tabelle 30: Hauptfettsäuren der Crinoidea u. Echinoidea (Echinodermata)

Proben Nr.	Art	HAUPTFETTSAUREN									
		1	2	3	4	5	6	7	8		
B5/ARK7	<i>Heliometra glacialis</i>	20:5	27,3	16:1(n-7)	9,9	16:0	9,0	22:6	8,4	22:1(n-9)	6,9
B25/ARK7	Körperscheibe 2,0cm	20:5	37,7	16:0	10,3	16:1(n-7)	10,2	22:6	9,5	18:0	6,1
	<i>Strongylocentrotus pallidus</i>										
B22/ARK6	Eierstock	20:5	29,6	18:1(n-9)	15,3	22:6	12,6	16:0	10,9	18:1(n-7)	10,0
B23/ARK6	Innereien	20:5	26,6	20:4	24,3	16:0	8,8	22:6	6,7	18:0	5,5

Magen-Darmtrakt enthält ebenfalls große Mengen an Phospholipiden, jedoch mit geringen Mengen an Steroiden (Tab. 28). Ungewöhnlich ist die Zusammensetzung der Fettsäuren. Sie werden von den Fettsäuren 20:4 und 20:5 dominiert. Diese Fettsäuren machen zusammen über 50% der Fettsäuren in dieser Probe aus (Tab. 30).

#### 4.5.9 Actinaria

##### *Anthosactis jan mayeni*

Die von dieser Seeanemone untersuchten Proben stammen aus der Nordostwasser-Polynya und wurden alle an der gleichen Station gefangen. Die Verteilung der Lipidklassen der einzelnen Proben ist sehr variabel. Sie enthalten neben hohen Anteilen an Phospholipiden (34,5-65,2%) in einzelnen Proben auch Wachsester (1,7-32,6%). Darüber hinaus enthalten einige Proben hohe Anteile an Triacylglyceriden (40,4%) und Steroiden (46,3%) (Tab. 31). Als dominante Fettsäuren sind 16:0 (9,6% ± 2,2), 20:5 (24,9% ± 3,9) und 22:5 (8,9% ± 2,1) zu beobachten. Bemerkenswert sind die relativ hohen Gehalte der 20:1 und der 22:1 Fettsäure, deren Anteile 9,1% ± 3,4 (Σ der Stellungsisomeren) bzw. 11,6% ± 2,6 (Σ der Stellungsisomeren) betragen. Der Phytoplanktonmarker 18:4 ist nur in sehr geringen Mengen zu beobachten (Tab. 32). Die Proben, die Wachsester enthalten, zeigen neben den kurzkettigen Alkoholen 14:0, 16:0 auch die langkettigen Alkohole 20:1 und 22:1.

Tab. 31: Lipidklassenverteilung der Actinaria

Station	Probe Nr.	Art	PL %	Chol. %	FFA %	TG %	WE %
		<i>Anthosactis jan mayeni</i>					
222	B15/ARK7	1 Stck. total	35,38	46,27	11,63	6,70	1,70
222	B16/ARK7	1 Stck. total	36,54	8,01	15,03	40,50	0,00
222	B17/ARK7	1 Stck. total	65,22	5,56	0,00	0,00	29,22
222	B18/ARK7	4 Stck. total	55,83	20,58	0,00	0,00	32,60
150	B30/ARK7	Actinaria indef.	82,63	2,41	0,00	14,96	0,00
150	B31/ARK7	Actinaria indef.	85,60	3,47	0,00	10,93	0,00
161	B24/ARK6	Actinaria indef. 1/4	56,20	0,00	0,00	6,00	37,80
40	B3/ARK8	Actinaria indef.	61,74	7,49	1,18	18,70	10,44
45	B13/ARK8	Actinaria indef. 1Stck.	95,79	2,83	0,00	0,00	1,38
45	B15/ARK8	Rest v.13	91,72	0,00	0,00	0,00	8,28

Tabelle 32: Hauptfettsäuren der Actinaria

		HAUPTFETTSÄUREN									
		1	Gew. %	2	Gew. %	3	Gew. %	4	Gew. %	5	Gew. %
	Anthosactis jan mayeni,										
B15/ARK7	1 Stck. total	20:5	29,2	16:0	13,1	22:5	9,1	22:6	7,9	18:1(n-9)	14,9
B16/ARK7	1 Stck. total	20:5	19,9	22:6	10,5	16:0	9,6	22:1(n-11)	7,3	16:1(n-7)	7,3
B17/ARK7	1 Stck. total	20:5	25,3	22:5	8,7	22:6	8,5	16:0	8,4	22:1n-9	27,0
B18/ARK7	4 Stck.total	20:5	24,9	22:5	11,5	16:1(n-7)	19,1	16:0	8,0	22:6	6,4
B30/ARK7	Actinaria indef.,	20:5	16,8	22:6	16,3	18:1(n-9)	13,4	22:1(n-11)	11,7	20:1(n-9)	7,8
B31/ARK7	Actinaria indef.	22:6	15,6	20:5	15,1	22:1(n-11)	11,6	18:1(n-9)	10,2	20:1(n-9)	8,1
B24/ARK6	Actinaria indef., 1/4	20:5	28,4	16:1(n-7)	18,8	22:6	9,3	16:0	8,7	20:1(n-9)	6,2
B3/ARK8	Actinaria indef.,	20:5	18,0	18:1(n-9)	12,9	20:1(n-9)	12,8	16:0	11,1	22:6	9,5
B13/ARK8	Actinaria indef., 1Stck.	20:5	20,6	22:6	17,6	16:0	9,0	22:5	8,9	18:1(n-9)	8,5
B15/ARK8	Rest v.13	20:5	17,1	20:1 n-	12,9	18:1(n-9)	12,1	22:6	9,7	22:1n-11)	7,8

Tabelle 33: Hauptfettsäuren der Molusca, Polychaeta

		HAUPTFETTSÄUREN									
Proben Nr.	Art	1	Gew. %	2	Gew. %	3	Gew. %	4	Gew. %	5	Gew. %
	<i>Chlamys islandica</i>										
B13/ARK6	Schließmuskel	22:6	32,3	20:5	24,8	16:0	22,4	18:0	4,7	18:1(n-9)	3,9
B14/ARK6	Verdauungstrakt	20:5	21,9	16:0	17,7	22:6	16,2	18:4	11,1	16:1(n-7)	10,8
B15/ARK6	Kiemen	22:6	40,4	16:0	19,4	20:5	17,0	20:4	4,8	18:0	4,6
B6/ARK6	<i>Onuphis conchilega</i>	20:5	35,3	16:0	18,0	18:1(n-7)	10,8	18:0	7,5	16:1(n-7)	6,1

#### *Actinaria indef.*

Von den Actinaria (Seeanemonen) unbekannter Art enthalten fast alle Proben außer der Hauptlipidklasse, den Phospholipiden ( $78,9\% \pm 16,2$ ), auch Anteile an Wachsesteren ( $9,6 \pm 14,5$ ), wobei der Anteil der Probe B 24 von Station 161 mit nahezu 40% herausragt (Tab. 31). Als weitere bedeutende Lipidklasse sind Triacylglyceride zu beobachten und machen einen durchschnittlichen Anteil von  $9,1\% \pm 7,0$  aus. Die Verteilung der Fettsäuren ist sehr variabel. Dominierend ist in allen Proben die 20:5 Fettsäure mit einem durchschnittlichen Anteil von  $19,3\% \pm 4,8$  (Tab. 32). Eine weitere Hauptfettsäure ist 22:6, deren Anteil durchschnittlich  $13,5\% \pm 3,8$  beträgt und die 18:1 Fettsäure, deren Gehalt im Durchschnitt  $14,\% \pm 3,6$  ausmacht. Die langkettigen Fettsäuren 20:1 und 22:1 sind bei allen Proben in relativ großen Mengen zu identifizieren. Der Anteil der 20:1 Fettsäure (n-9)/(n-7) beträgt durchschnittlich  $10,2\% \pm 4,4$  und der der 22:1 Fettsäure (n-11)/(n-9) zusammen  $10,7\% \pm 4,3$ .

#### 4.5.10 Bivalvia

##### *Chlamys islandica*

Die getrennt untersuchten Organe der Jakobsmuschel, der Schließmuskel, die Kiemen und der Verdauungstrakt, zeigen eine unterschiedliche Lipidklassenverteilung. Bis auf den Darmtrakt enthalten alle untersuchten Organen hauptsächlich Phospholipide (Tab. 34). Neben den Phospholipiden enthält der Schließmuskel zusätzlich geringe Mengen an Steroiden (6,2%) (Tab. 34). Der Verdauungstrakt enthält darüberhinaus freie Fettsäuren (13,7%) und Triacylglyceride (3,9%). Die Hauptfettsäuren des Schließmuskels sind 16:0 (22,4%), 20:5 (24,8%) und 22:6 (32,3%). Die Anteile dieser Fettsäure in den Kiemen betragen 19,4% (16:0), 17,0% (20:5) und 40,4% (22:6) (Tab. 33). Die dominanten Fettsäuren des Verdauungstrakts sind die gleichen wie bei den anderen Organen, jedoch sind hier relativ große Anteile der mehrfach ungesättigten Fettsäure 18:4 und der Fettsäure 16:1(n-7) zu beobachten, mit 11,1% bzw. 16,2%.

Tab. 34: Lipidklassenverteilung der Mollusca und Polychaeta

Station	Probe Nr.	Art	PL %	Chol. %	FFA %	TG %	WE %
		<i>Chlamys islandica</i>					
161	B13	Schließmuskel	93,80	6,20	0,00	0,00	0,00
161	B14	Verdauungstrakt	79,20	3,10	13,70	3,90	0,00
161	B15	Kiemen	91,30	0,00	0,00	8,70	0,00
161	B6	<i>Onuphis conchilega</i>	95,8	0,00	0,00	4,2	0,00

#### 4.5.11 Polychaeta

##### *Onuphis conchilega*

Die Hauptlipidklasse bei *Onuphis conchilega*, einem Borstenwurm, sind die Phospholipide (95,8%) und geringe Mengen an Triacylglyceriden (4,2%) (Tab. 34). Das Fettsäuremuster hat ebenfalls eine recht einfache Struktur mit den Fettsäuren 16:0 (18,0%), 18:1(n-9) (10,8%) und 20:5 (35,3%). Neben geringen Mengen der langkettigen Fettsäuren 20:1 und 22:1 sind auch Spuren von Fettalkoholen zu identifizieren (Tab. 33).

## 5. Diskussion

Die Produktivität des arktischen Ökosystems unterliegt, durch die jahreszeitlichen Unterschiede des Lichtangebots bedingt, einer ausgeprägten Saisonalität. Durch Energiespeicherung in Form von Lipiden kann das herbivore Zooplankton die starken Schwankungen im Nahrungsangebot kompensieren. LEE et al. (1971b) stellten die Hypothese auf, daß die Akkumulation von Wachsestern in arktischen herbivoren Copepoden einen wichtigen Mechanismus darstellt, um in der kurzen Periode des Nahrungsangebots innerhalb kürzester Zeit Nahrungsreserven anzulegen. Wichtig dabei ist die Umwandlung von Proteinen und Kohlenhydraten zu Fettsäuren und Alkoholen; letztere können unter anderem mit Fettsäuren aus der Nahrung zu Wachsestern umgesetzt werden. Durch diesen besonderen Biosyntheseschritt wird eine Feedback-Hemmung der Fettsäuresynthese verhindert. Dadurch sind die herbivoren Copepoden in der Lage, in sehr kurzer Zeit ein maximales Energiepotential an Speicherlipiden aus der ihnen zur Verfügung stehenden Nahrung zu synthetisieren (SARGENT & HENDERSON, 1986)

Seit Einführung der modernen, hochauflösenden Gaschromatographie und den damit verbundenen methodischen Entwicklungen wurde damit begonnen, die Lipide der herbivoren Copepoden systematisch zu untersuchen. Es konnte eine Beziehung zwischen den Phytoplanktonfettsäuren und den Fettsäuren in den Lipiden der herbivoren Copepoden festgestellt werden (LEE et al., 1971; PARADIS & ACKMAN, 1977; SARGENT & WHITTLE, 1981; SARGENT & HENDERSON 1986). Die Fettsäuren pflanzlichen Ursprungs können weitgehend unverändert innerhalb der Nahrungskette weitergegeben werden und können deshalb als Nahrungsmarker ("food chain marker") fungieren (LEE et al., 1971b; SARGENT et al., 1976; SARGENT & WHITTLE, 1981; SARGENT et al., 1981; FALK-PETERSEN, 1990).

Ein wichtiger Aspekt dabei ist die Aufnahme der 16:1(n-7) Fettsäure und von Fettsäuren der (n-3) Familie. Dazu gehören unter anderem die 18:4(n-3), 20:5(n-3) und 22:6(n-3) Fettsäuren, die für bestimmte Phytoplanktonarten charakteristisch sind (KATES & VOLCANI, 1966; ACKMAN et al., 1968; POHL & ZURHEIDE, 1979). Diese Fettsäuren treten bei den Herbivoren mit sehr großen Anteilen besonders in den Membranlipiden auf (20:5 und 22:6 Fettsäure), können jedoch auch mit großen Anteilen in den Speicherlipiden vorkommen (SARGENT & WHITTLE, 1981; FRASER et al., 1985; FARKAS, 1988; KATTNER et al., 1989). Durch die Analyse dieser Fettsäuremarker ist es möglich, Beziehungen innerhalb der Nahrungskette festzustellen (LEE et. al.,

1971b; FRASER et al., 1989; FALK-PETERSEN et al., 1987; SARGENT & HENDERSON, 1986).

### 5.1 Die Fettsäureverteilung im Phytoplankton

Die Analyse der Fettsäuren des partikulären Materials gibt Aufschluß über die Verteilung der Fettsäuren dominanter Phytoplanktonarten (KATTNER et al., 1983a; MORRIS, 1984; MORRIS, 1985). Die partikulär gebundenen Lipide (PARRISH, 1987a; PARRISH, 1988) und die Verteilung von dominanten Fettsäuren im partikulären Material ist mit dem Auftreten von Phytoplanktonblüten korreliert (GOUTX & SALIOT, 1980; KATTNER et al., 1983a; MORRIS, 1984; MAYZAUD et al., 1989). So stellten KATTNER et al. (1983a) während zweier Phytoplanktonblüten eine Korrelation zwischen dominanten Phytoplanktonarten und den für die jeweilige Planktonart typischen Fettsäuren fest. Bei ersterer dominierten Diatomeen (*Chaetoceros sp.*) mit einem erhöhten Anteil von 14:0, 16:1(n-7) und 20:5 Fettsäuren, bei der zweiten bestand das Phytoplankton hauptsächlich aus Dinoflagellaten, und es traten deutlich höhere Gehalte der 18:4 und 22:6 Fettsäuren auf. Jedoch kann die Fettsäurezusammensetzung des partikulären Materials durch die saisonale Entwicklung des Phyto- und Zooplanktons, die durch Licht und Nährstoffangebot sowie durch Stratifizierung der Meeresoberflächenschicht bestimmt wird, beeinflusst werden.

Nach der Phytoplanktonblüte kann der Anteil an Mikrozooplankton (z.B. Copepodite, Nauplien und Tintinniden) (GOUTX & SALIOT, 1980; SALIOT et al., 1982) und Detritus (z.B. Kotballen) (KATTNER, 1982) im partikulären Material erhöht sein und dadurch der Anteil vor allem der C<sub>18</sub> mehrfachungesättigten Fettsäuren vermindert sein.

Durch Fettsäureanalysen läßt sich das Phytoplankton hauptsächlich in die Planktonklassen Diatomeen und Dinoflagellaten unterteilen. Den Hauptanteil der Fettsäuren bei Diatomeen bilden 16:1(n-7) und 20:5 (KATES & VOLCANI, 1966), und bei Dinoflagellaten 18:4 und 22:6 (HARRINGTON et al., 1970; SARGENT et al., 1985). Eine Unterscheidung einzelner Gattungen oder Arten läßt sich durch die gegenwärtigen Analysemethoden nicht erreichen.

**Grönlandsee.** Die Charakterisierung des Phytoplanktons mit Hilfe von typischen Fettsäuremarkern wurde an solchen Stationen durchgeführt, an denen eine drastische Änderung der Phytoplanktongemeinschaft zu beobachten war. Generell läßt sich ein Trend in der Verteilung der Markerfettsäuren von West nach Ost feststellen. An der Station 98, die

im Ost-Grönlandstrom lag, dominierten eindeutig die Fettsäuren 16:1(n-7) und 20:5, die Hauptbestandteile der Fettsäuren in Diatomeen sind (KATES & VOLCANI, 1966; SARGENT et al., 1985). An dieser Station wurde das Phytoplankton von Diatomeen dominiert, insbesondere von *Chaetoceros*- und *Flagillaria* Arten. An den weiteren Stationen im Verlaufe des Schnitts vom Ostgrönland- zum Westspitzbergenscheif nahm der Gehalt der 16:1(n-7) Fettsäure stetig ab. Das stimmte überein mit der Phytoplanktongemeinschaft, die an den Stationen vor Spitzbergen von Flagellaten und Ciliaten dominiert wurde.

Invers zu dem Trend, der bei der 16:1(n-7) Fettsäure beobachtet wurde, verhalten sich die Gehalte der 18:4 Fettsäure, einem Fettsäuremarker in Dinoflagellaten (HARRINGTON et al., 1970; SARGENT et al., 1985). An den Stationen 134-147, die im Westspitzbergenstrom lagen, wurden im Vergleich zu den übrigen Stationen, deutlich höhere Gehalte der 18:4(n-3) Fettsäure gemessen. Zusätzlich waren die Anteile der 22:6(n-3) Fettsäure, ebenfalls ein Hauptbestandteil in Dinoflagellaten, an den Stationen im Einflußbereich des atlantischen Wassers eindeutig höher als an der Station 98, an der Diatomeen 66% der Phytoplanktonbiomasse ausmachten (TILLMANN, pers. Mitteilung.).

Die sehr hohen Chlorophyllgehalte im West-Spitzbergenstrom und der relativ hohe Flagellatenanteil von 83% der Phytoplanktonbiomasse (TILLMANN, pers. Mitteilung.) deuten auf die Entwicklung einer zweiten Planktonblüte hin. KATTNER et al. (1983a) stellten ebenfalls während der Entwicklung einer zweiten Planktonblüte in der Nordsee eine Dominanz von Dinoflagellaten und damit verbunden einen Anstieg der Fettsäuren 18:4(n-3) und 22:6(n-3) im Plankton fest.

An den Stationen 108 bis 132 im Grönlandseewirbel läßt sich das Phytoplankton mit Hilfe der Fettsäuremarker nicht eindeutig den verschiedenen Phytoplanktonklassen zuordnen. In diesem Bereich wurde neben einer geringen Chlorophyllkonzentration ein verstärktes Auftreten von Detritus (faecal pellets) und Mikrozooplankton (Nauplien, Copepodite) im partikulärem Material festgestellt. In Verbindung mit sehr geringen Nitratkonzentrationen in der euphotischen Zone (KATTNER, pers. Mitteilung) sind diese Stationen durch eine typische "post bloom"-Situation im Phytoplankton zu charakterisieren.

Der zum Teil relativ hohe Anteil der Fettsäuren 16:0, 20:5 und 22:6 im partikulären Material ist eindeutig auf den erhöhten Anteil von Nauplien und Copepoditen zurückzuführen. Sie enthalten nur in geringen Mengen Speicherlipide (KATTNER & KRAUSE, 1987; HAGEN, 1988), so daß durch eine erhöhte Biomasse dieser Organismen der Anteil der typischen Membranbestandteile, die 16:0, 20:5 und 22:6 Fettsäuren, im partikulären Material eindeutig erhöht ist. GOUTX & SALIOT (1980)

stellten bei Untersuchungen im Mittelmeer den Einfluß von kleinen Zooplanktonorganismen auf die Verteilung der Fettsäuren des partikulären Materials fest, der durch einen erhöhten Anteil von ungesättigten Verbindungen im Bereich von 20-22 Kohlenstoffatomen gekennzeichnet war.

Die Konzentration an Gesamtlipiden ist sehr heterogen verteilt und ist nicht mit dem Chlorophyll-Gehalt und der Verteilung der Fettsäuren korreliert. Die extrem hohen Werte an den Stationen 109 und 132 sind durch einen erhöhten Anteil an Mikrozooplankton bedingt.

**Nordostwasser-Polynya und Framstraße.** In der Framstraße zeigt sich ein ähnlicher Trend wie in der Grönlandsee. An den Stationen 191-178, im Einflußbereich des arktischen Zwischenwassers, dominierten die Fettsäuren 16:1 und 20:5 das Muster der Lipide des partikulären Materials. Diese Stationen wurden eindeutig von Diatomeen-Arten geprägt. Weiter östlich, an den Stationen 163-174 im West-Spitzbergenstrom, war dagegen der Anteil dieser Fettsäuren etwas geringer, und es wurden größere Anteile der 16:0 und 22:6 Fettsäure beobachtet. Trotz der Dominanz von Diatomeen-Arten mit einer Biomasse an der Oberfläche von 170,2µg C/L (Station 163) bzw. 103,5µg C/L (Station 174) (TILLMANN, pers. Mitteilung) sind die Fettsäuremarker für Diatomeen nicht dominant. Eine Erniedrigung der Anteile der typischen Diatomeenfettsäuren an diesen beiden Stationen kann möglicherweise durch Alterungsprozesse der Diatomeen oder eine Nitratlimitierung begründet sein (LEWIN, 1962; KATTNER et al., 1983a; MORRIS, et al., 1984; SARGENT et al., 1985).

Die Chlorophyllkonzentrationen waren in der Framstraße heterogen verteilt mit erhöhten Werten an den Stationen 163-180; hier wiederum wurden an den Stationen 174 und 180 die höchsten Chlorophyllwerte gemessen. Beide Stationen liegen in der Nähe der Eisrandzone, in deren Bereich durch die besonderen hydrographischen Gegebenheiten, eine hohe Phytoplanktonproduktion stattfindet (JOHANNESSEN et al., 1983; GRADINGER, 1986; BAUMANN, 1990). Der Gesamtlipidgehalt zeigt an der Station 178 in der Nähe der Eisrandzone ebenfalls ein Maximum. Ein Anstieg des Lipidgehaltes ist durch die erhöhte Produktion an Phytoplanktonbiomasse an diesen Stationen begründet. Auch KATTNER et al. (1983a) stellten in der Nordsee einen Anstieg der Fettsäurekonzentrationen während einer Planktonblüte fest. An den weiteren Stationen in der Framstraße ist der Gesamtlipidgehalt relativ homogen verteilt.

In der Nordostwasser-Polynya wurden die Fettsäuren des Phytoplanktons im Gegensatz zur Framstraße von der 16:0 Fettsäure

dominiert, obwohl an der Mehrzahl der Stationen *Chaetoceros* sp. die Phytoplanktonbiomasse dominierte.

Besonders in der südlichen Polynya an den Stationen 201-210 auf 80°N wurden mit 38,7-56,7% besonders hohe Anteile der 16:0 Fettsäure gemessen. Hier machten Diatomeen 72,6% bzw. 62,1% der Phytoplanktonbiomasse aus (TILLMANN, pers. Mitteilung). In dieser Region wurden außerdem nur sehr geringe Anteile mehrfachungesättigter Fettsäuren festgestellt. Geringere Chlorophyll-Gehalte an diesen Stationen, als an den nördlicheren Polynya-Stationen, verbunden mit einer Nitratlimitierung an der Oberfläche deutet darauf hin, daß die Sukzession des Phytoplanktons in dieser Region schon weiter fortgeschritten war.

In der nördlichen Polynya, auf ca. 81°N, wurden vor allem an den Stationen 212 und 214 die höchsten Anteile der für Diatomeen typischen Fettsäuren 16:1 und 20:5 beobachtet. Hier wurden auch erhöhte Anteile von Detritus und Kotpillen im partikulären Material registriert. Wie BARTHEL (1986) feststellte, enthalten die Copepoden-Kotpillen teilweise unversehrte Schalen von hartschaligen Phytoplanktonorganismen wie z.B. von Diatomeen und beschalten Dinoflagellaten. Wenn das Nahrungsangebot sehr groß ist, können diese Organismen offenbar unzerkaut die Mundwerkzeuge passieren. Anhand von eigenen Messungen an Kotpillen wurde nachgewiesen, daß diese zum Teil hohe Anteile an Phytoplanktonmarkern enthalten.

An den Stationen 218 und 216 wurden im Vergleich zu den übrigen Stationen dieser Region relativ hohe Chlorophyllwerte ermittelt. Dort dominierten wiederum Diatomeen mit 75% bzw. 88% die Phytoplanktonbiomasse. Dieses Bild spiegelt sich jedoch nicht in der Fettsäureverteilung des partikulären Materials wider. An beiden Stationen dominiert die 16:0 Fettsäure. Die Diatomeen-Fettsäuremarker 16:1(n-7) und 20:5 traten nur an der Station 218 auf. An der Station 216 wurden dagegen keine mehrfachungesättigte Fettsäuren registriert.

Aufgrund der Zusammensetzung der Fettsäuren des partikulären Materials der Polynya ist zu überlegen, inwieweit ein hoher Anteil von abgestorbenem partikulären Material, gekennzeichnet durch die gesättigte Fettsäure 16:0, von einer Phytoplanktonblüte mit erhöhten Anteilen an Diatomeenmarkern überlagert wird. BARTHEL (1986) gibt die Relation zwischen ingestiertem Kohlenstoff und der Primärproduktion in der Nordostwasser-Polynya mit 1% an. Das heißt, daß möglicherweise ein großer Teil der Fettsäuren des partikulären Materials, insbesondere die mehrfachungesättigten Fettsäuren, einem Abbauprozess in der Wassersäule unterliegen und so eine Anreicherung der gesättigten Fettsäuren im partikulären Material stattfindet. Ein

hoher Anteil der 16:0 und 18:1 Fettsäuren wurde z.B. in Sinkstoffallenmaterial gefunden (WAKEHAM, 1982; REEMTSMA, 1988; KÖRTZINGER, 1991).

## 5.2 Verteilung der Fettsäuren und Alkohole im Zooplankton

In diesem Kapitel soll die Zusammensetzung der Fettsäuren des Zooplanktons im Bereich der Grönlandsee/Framstraße zusammen mit den Ergebnissen der Fettsäureanalysen des partikulären Materials diskutiert werden. KATTNER et al. (1989) führten eine umfassende Untersuchung zur Verteilung von Fettsäuren und Alkoholen in den dominanten herbivoren Copepoden *Calanus finmarchicus* und *C. hyperboreus* im Bereich der Grönlandsee/Framstraße durch. Die Informationen über Art und Menge der Nahrungsmarker bezogen sie hauptsächlich aus einer mikroskopischen Analyse des Phytoplanktons.

Sie stellten bei den beiden Spezies *Calanus hyperboreus* und *C. finmarchicus* sowohl eine speziesabhängige, als auch eine von den jeweiligen Lebensbedingungen abhängige Zusammensetzung der Fettsäuren in den Copepoden fest. Insbesondere das Nahrungsangebot und die Ernährungsweise beeinflussen das Fettsäuremuster (KATTNER et al., 1989), wodurch teilweise speziespezifische Unterschiede überlappt werden (KATTNER & GRAEVE, 1991; GRAEVE & KATTNER, 1992).

Inwieweit das regionale Nahrungsangebot und die Selektivität bei der Nahrungsaufnahme die Zusammensetzung der Fettsäuren in Tieren über die natürliche Variabilität hinaus beeinflussten, zeigten die Untersuchungen von 20 einzelnen *Calanus hyperboreus* Weibchen von der Station 218. Sowohl die Fettsäuremarker des regionalen Phytoplanktons, als auch die neusynthetisierten langkettigen Fettsäuren und Alkohole zeigten bei allen Individuen eine gleichmäßige Verteilung. Besonders bei den Fettsäuren 16:0, 20:5(n-3) und 22:6(n-3) sowie bei den *de novo* synthetisierten Alkoholen zeigten sich nur geringe Standardabweichungen. Man kann daher davon ausgehen, daß die im folgenden diskutierte Verteilung der Fettsäuren und Alkohole in den Copepoden der Grönlandsee/Framstraße die Bedingungen an den jeweiligen Stationen weitgehend widerspiegelt.

**Grönlandsee.** In der Grönlandsee lassen sich die Ergebnisse der Fettsäureanalysen der beiden Copepodenarten *Calanus finmarchicus* und *C. hyperboreus* sehr gut miteinander vergleichen, da die atlantisch boreale Art *C. finmarchicus* durch Strömungen teilweise bis zum Ostgrönlandschelf verdriftet sein kann (z.B. HIRCHE et al., 1991). Der Wachsestergehalt in *Calanus finmarchicus* steht offensichtlich mit den

unterschiedlichen Wassermassen dieser Region in Bezug. Er erreichte seinen höchsten Wert im polaren Wasser vor Ostgrönland und war im "wärmeren" Westspitzbergenstrom am geringsten. KATTNER et al. (1989) ermittelten ebenfalls für *C. finmarchicus* im atlantischen Wasser niedrigere Wachsestergehalte als im Einflußbereich des polaren Wassers bzw. des arktischen Zwischenwassers. Bei *C. finmarchicus* steht der Wachsestergehalt mit der Eiproduktion in Beziehung, und die wiederum ist an das Nahrungsangebot gekoppelt. Der Wachsestergehalt ist daher an den Stationen geringer, an denen die Eiablage bereits erfolgt war. Im Gegensatz dazu war der Wachsestergehalt bei *C. hyperboreus* an allen Stationen der Grönlandsee, die im Einflußbereich des polaren Wassers und des arktischen Zwischenwassers lagen, relativ homogen verteilt. Es wurden teilweise auch extrem hohen Gehalte von über 90% erreicht, wie sie auch von KATTNER et al. (1989) beschrieben wurden.

Der Gesamtlipidgehalt, der aus der Addition der identifizierten Fettsäuren und der Alkohole bestimmt wurde, ist bei *Calanus finmarchicus* und bei *C. hyperboreus* relativ gleichmäßig verteilt. Für *C. finmarchicus* wurden leicht erhöhte Gesamtlipidkonzentrationen an den Stationen im polaren Wasser und im Bereich des Westspitzbergenstroms ermittelt. Bei *C. hyperboreus* ragte der Gesamtlipidgehalt an der Station 100 heraus. Vergleicht man die Gesamtlipidkonzentrationen mit denen von *C. hyperboreus* aus der Framstraße, so ist nicht auszuschließen, daß es sich an dieser Station um eine andere Population handelt, deren Tiere eventuell mit dem Ost-Grönlandstrom verdriftet wurden und somit wesentlich "dicker" sind.

Die Zusammensetzung der Fettsäuren bei *Calanus finmarchicus* und *C. hyperboreus* in der Grönlandsee zeigte typische spezies-spezifische Unterschiede. *C. finmarchicus* enthält größere Anteile der kurzkettigen Fettsäuren und Alkohole 14:0 und 16:0 gegenüber *C. hyperboreus*, der verstärkt die langkettigen Fettsäuren 20:1 und 22:1, sowie die entsprechenden langkettigen Alkohole biosynthetisiert. Gemeinsam werden beide Spezies durch das regionale Phytoplanktonregime beeinflusst, wie frühere Arbeiten bereits gezeigt haben (PASCAL & ACKMAN, 1976; SARGENT & WHITTLE, 1981; SARGENT & HENDERSON, 1986; KATTNER et al., 1989; KATTNER & GRAEVE, 1991).

Bei beiden Copepodenarten fällt besonders die Variabilität der typischen Phytoplanktonmarker-Fettsäuren 16:1(n-7), 16:4 und 18:4(n-3) auf. Diese Fettsäuren zeigen einen eindeutigen Trend im Verlauf des Schnitts von Westen (St. 100) nach Osten (St. 147). An den von Diatomeen beeinflussten Stationen ist der Gehalt der Fettsäure 16:1(n-7) und 16:4 eindeutig erhöht. Im Gegensatz dazu ist der Anteil der 18:4(n-3) und der 22:6(n-3) Fettsäure an den Stationen im

Grönlandseewirbel und im Westspitzbergenstrom größer. Dieser Trend wurde ebenso bei der Zusammensetzung der Phytoplanktonfettsäuren beobachtet. Es zeigt sich damit ein deutlicher Einfluß der regionalen Phytoplanktongemeinschaft auf die Zusammensetzung der Fettsäuren in den Copepoden.

Betrachtet man die Zusammensetzung der Fettsäuren an den einzelnen Stationen etwas genauer, so fällt besonders der hohe Gehalt der Fettsäuren 16:1(n-7) und 16:4 an den Stationen 100-104 und der große Anteil der 20:5 Fettsäure an der Station 100 auf. Die gleichzeitige Untersuchung des Phytoplanktons zeigte, daß an den Stationen 98-103 Diatomeen dominant waren, zusammen mit der für Diatomeen charakteristischen Zusammensetzung der Fettsäuren.

Die Anteile der Fettsäuren 16:0 und 20:5, die als Hauptbestandteile in Phospholipiden vorkommen, wo sie unter anderem die Fluidität der Membranen gewährleisten (FARKAS et al., 1988; FARKAS & KATTNER, in Vorbereitung), sind relativ gleichmäßig verteilt. Eine Ausnahme bildet die Station 100. Hier wurde bei *Calanus hyperboreus* ein hoher Anteil der 20:5 Fettsäure festgestellt, der auf eine überwiegende Ernährung mit Diatomeen zurückschließen läßt. Die Fettsäureanalyse des Phytoplanktons ergab ebenfalls einen hohen Anteil der 20:5 Fettsäure, da Diatomeen den Hauptbestandteil des Phytoplanktons ausmachten.

Bei der Fettsäure 22:6, die ebenfalls ein Hauptbestandteil in Phospholipiden ist, zeigt sich ein etwas anderes Bild. Die Anteile dieser Fettsäure nehmen sowohl in *Calanus finmarchicus*, als auch in *C. hyperboreus* von West nach Ost zu. Bei *C. hyperboreus* scheint diese Tendenz auf die zunehmende Ernährung mit Flagellaten hinzuweisen, da an den östlicheren Stationen im Bereich des arktischen Zwischenwassers bei *C. hyperboreus* auch erhöhte Anteile der 18:4 Fettsäure festgestellt wurden, die besonders an Station 132 im Eisrandbereich einen extrem hohen Wert erreichte. Bei *C. finmarchicus* ist der Anteil der 18:4 Fettsäure bei den westlichen Stationen (100-113) erhöht, dann an den Stationen 114-132 etwas geringer und zeigt die höchsten Gehalte an den Stationen im atlantischen Wasser. Der regional unterschiedliche Anteil der 22:6 Fettsäure in *C. finmarchicus* ist möglicherweise nicht auf die Unterschiede in der Nahrung zurückzuführen, sondern auf eine Abnahme der Speicherlipide und ein dadurch bedingtes verstärktes Auftreten von typischen Membranfettsäuren, die besonders an den Stationen im atlantischen Wasser dominierten. Diese Annahme wird durch die abnehmende Tendenz der Wachsestergehalte von Westen nach Osten bestärkt.

Die *de novo* synthetisierten langkettigen Fettsäuren 20:1 und 22:1 sind sowohl bei *Calanus finmarchicus* als auch bei *C. hyperboreus* im

gesamten Untersuchungsgebiet gleichmäßig verteilt. Gleiches gilt auch für die Verteilung der neusynthetisierten langkettigen Alkohole, die keine signifikanten regionalen Unterschiede, jedoch spezieabhängige Unterschiede zeigten. KATTNER et al. (1989) beobachteten eine prozentuale Zunahme der langkettigen Fettsäuren bei Copepoden aus der Packeiszone, verursacht durch eine Reduzierung der Fettsäuren, die aus der Nahrung stammen. In der vorliegenden Untersuchung waren die Anteile der langkettigen Fettsäuren und Alkohole aus dem Packeis etwa genau so hoch wie die der Proben aus dem offenen Wasser. *C. hyperboreus* befand sich offenbar kurz vor der Wanderung in die Tiefe zum Überwintern, wie auch die hohen Wachsestergehalte vermuten lassen.

**Nordostwasser-Polynya und Framstraße.** In der Grönlandsee können die Ergebnisse der Fettsäureanalysen der beiden Copepodenarten, *Calanus finmarchicus* und *C. hyperboreus* nicht direkt miteinander verglichen werden, da ihre Reproduktionsgebiete an unterschiedliche Wasserkörper gebunden sind (vergl. Kapitel 2.3). Der Wachsestergehalt bei *C. finmarchicus* in der Framstraße ist mit durchschnittlich 63,2% geringer als bei den Tieren, die aus dem atlantischen Wasser der Grönlandsee stammen (68,6%). Bei *C. hyperboreus* dagegen sind die Wachsestergehalte sowohl in der Grönlandsee als auch in der Nordostwasser-Polynya/Framstraße etwa gleich hoch.

Der Gesamtlipidgehalt bei *Calanus finmarchicus* im Bereich des atlantischen Wassers der Framstraße ist mit durchschnittlich 37,8µg/Tier etwas niedriger als für den gleichen Wassermassenbereich in der Grönlandsee, für den 48,3µg/Tier ermittelt wurden. *C. hyperboreus* enthält in diesem Seegebiet sehr hohe Gesamtlipidkonzentrationen von durchschnittlich 1960µg/Tier. Dieser Gehalt ist etwa doppelt so hoch wie der in der Grönlandsee, wo im polaren Wasser 839,7µg/Tier festgestellt wurden. Es ist anzunehmen, daß die Tiere unterschiedlich lange Lebenszeiten hinter sich haben, und die älteren Tiere daher geringere Gesamtlipidgehalte aufweisen, wie DIEL (1989) bei zwei physiologisch unterschiedlich aktiven Formen der Copepodit-Stadien IV und V von *C. hyperboreus* fand.

Die Ergebnisse der Fettsäureanalysen bei *Calanus finmarchicus* zeigen nur geringe Anteile der Fettsäuremarker 16:1, 16:4 und 18:4. Besonders hohe Werte erreichten die hauptsächlich in Membranlipiden vorkommenden Fettsäuren 16:0, 20:5 und 22:6. Ein geringer Wachsester- und Gesamtlipidgehalt in Verbindung mit geringen Anteilen der typischen Phytoplanktonmarker läßt vermuten, daß die Tiere ihre Lipidreserven verstärkt für die Reproduktion verbraucht hatten (HIRCHE,

1983). Die meisten der aussortierten Individuen enthielten kaum sichtbare Ölsäcke.

Bei *Calanus hyperboreus* waren die 16:0 und die 22:6 Fettsäure relativ homogen verteilt. Die Anteile der 16:1, 16:4 und der 18:4 Fettsäuren, sowie im Gegensatz zur Grönlandsee auch die 20:5 Fettsäure, zeigten einen Einfluß durch das regionale Phytoplanktonregime. An den Stationen westlich der Polarfront zeigte sowohl die Zusammensetzung der Fettsäuremarker des Phytoplanktons als auch die von *C. hyperboreus* hohe Anteile der 16:1 und 20:5 Fettsäuren.

In der nördlichen Polynya wurden bei *Calanus hyperboreus* größere Anteile der 16:4 und 20:5 Fettsäuren beobachtet, als die der 16:1 Fettsäure. Gegensätzlich dazu zeigt sich an den südlichen Polynyastationen ein erhöhter Anteil der 16:1 Fettsäure, jedoch geringere Anteile der 16:4 und der 20:5 Fettsäure. Gleichzeitig ergaben die Analysen des Phytoplanktons für die südlichen Polynyastationen niedrigere Anteile an mehrfachungesättigten Fettsäuren als in der nördlichen Polynya. An den nördlichen Stationen wurden höhere Chlorophyllgehalte, aber auch wesentlich mehr Detritus und Kotpillen beobachtet, während an den südlichen Polynyastationen eine geringe Chlorophyllkonzentration und höhere Diatomeenanteile festgestellt wurden. Der geringere Anteil der mehrfachungesättigten Fettsäuren in *C. hyperboreus* an den südlichen Stationen scheint auf einen erhöhten Umsatz dieser Fettsäuren im Zooplankton zu deuten.

In der Polynyaregion wurde nur ein geringer Anteil an Dinoflagellaten im Phytoplankton festgestellt, was durch die relativ homogene Verteilung der beiden Fettsäuren 18:4 und 22:6 bei *Calanus hyperboreus* bestätigt wird.

Die Anteile der langkettigen Fettsäuren bei *Calanus hyperboreus* weisen ebenfalls eine relativ homogene Verteilung auf, liegen aber im Durchschnitt etwas unterhalb der Werte, die in der Grönlandsee beobachtet wurden, obwohl dort geringere Wachsesteranteile festgestellt wurden. Auch in der Framstraße sind die typischen speziesabhängigen Unterschiede in der Zusammensetzung der *de novo* synthetisierten langkettigen Fettsäuren und Alkohole zu beobachten.

### **5.3 Der Einfluß der Nahrungsumstellung auf das Fettsäuremuster der Copepoden**

Die Felduntersuchungen lassen nur indirekt einen Zusammenhang zwischen den Nahrungsfettsäuren und den Copepodenfettsäuren

erkennen. Um festzustellen, ob sich das Fettsäuremuster der Copepoden durch Zugabe von bestimmten Fettsäuremarkern beeinflussen läßt und in welchem Zeitrahmen dieses erfolgt, wurden Fütterungsversuche mit verschiedenen Algenarten durchgeführt.

***Calanus hyperboreus***. Bei der Umstellung der Ernährung von Diatomeen auf die Dinophycee *Amphidinium carterae* veränderte sich das Fettsäuremuster des Copepoditstadiums V von *C. hyperboreus* innerhalb von 12-35 Tagen. Es wurden zwischen 6,3% und 16,1% der Fettsäure 18:4(n-3) akkumuliert, während gleichzeitig bei der 16:1(n-7) Fettsäure, des Fettsäuremarkers für Diatomeen, eine Abnahme der Anteile zwischen 10,7% und 3,2% zu beobachten war.

Anhand der Steigungen der Regressionsgeraden wird der Austausch der Fettsäuremarker besonders deutlich (Abb. 26). Die Regressionsgeraden der Fettsäuren 18:4(n-3) und 22:6(n-3), die für Dinoflagellaten typisch sind, weisen eine positive Steigung auf, während die Steigungen der Diatomeen-Fettsäuremarker 16:1(n-7) und 20:5(n-3) negativ sind. Die Anteile der 16:0 Fettsäure blieben weitgehend stabil. Bei den Parallelversuchen dagegen sind die Steigungen der Regressionsgeraden bis auf die der 16:1(n-7) Fettsäure positiv. Da bei allen drei Versuchen die Wachsestergehalte gleichmäßig um ca. 18% abnehmen, ist der unterschiedliche Einbau der Fettsäuremarker bei den drei Versuchen nicht allein auf Verminderung der Speicherlipide zurückzuführen.

FRASER et al. (1989) stellten bei Tankexperimenten mit gemischtem Zooplankton während einer Planktonblüte eine Zunahme der 18:4(n-3) Fettsäure um 5% innerhalb von 4 Tagen fest. Anschließend beobachteten sie eine Abnahme des 18:4(n-3) Anteils von 13% auf 5% in 20 Tagen, zusammen mit einer Reduzierung dieser Fettsäure im Phytoplankton um 12%. Darüberhinaus konnten sie eine Anreicherung dieser Komponente in höheren Organismen feststellen.

Der jahreszeitliche Einfluß auf die Akkumulation von Fettsäuremarkern wird anhand des Versuchs deutlich, der Mitte Juli durchgeführt wurde. Die Tiere befanden sich möglicherweise kurz vor der Vertikalwanderung in tiefere Wasserschichten, wo sie sich zur Überwinterung aufhalten (RUDYAKOV, 1983; MUMM, 1991). Bei diesem Versuch ist die Anreicherung von Fettsäuremarkern äußerst gering bzw. verläuft in gegensätzlicher Richtung. Das heißt, es wurde eine Zunahme der 16:1(n-7) Fettsäure, und eine leichte Abnahme der 18:4(n-3) und der 22:6(n-3) Fettsäuren beobachtet. Da die Beprobung der Versuchsansätze auf der Expedition ARK VII in kürzeren Abständen erfolgte, ist die Variabilität der Fettsäureanteile sehr hoch. Zu Versuchsbeginn war die Aufnahme des Phytoplanktons und damit die Umsetzung der Planktonmarker-Fettsäuren recht unterschiedlich.

Bei der Fütterung von *Calanus hyperboreus* f. mit *Prorocentrum micans* war ebenfalls eine Veränderung der Markerfettsäuren festzustellen, jedoch ist die Zunahme der 18:4(n-3) Fettsäure geringer als bei der Fütterung mit *Amphidinium carterae*. Die 18:5(n-3) Fettsäure, ein Hauptbestandteil dieser Alge (JOSEPH, 1975), nahm ebenfalls nur geringfügig zu.

Durch den stetig sinkenden Wachsestergehalt ist ersichtlich, daß *Prorocentrum micans* wahrscheinlich nicht in dem Maße aufgenommen wird wie *Amphidinium carterae* und daher eine geringere Akkumulation von Fettsäuremarkern erfolgt. Da beide Algenarten etwa im gleichen Größenbereich liegen, sind möglicherweise chemosensorische Auswahlkriterien bei der Nahrungsaufnahme von Bedeutung. Wie CANNON (1990) feststellte, kann *P. micans*, besonders in hohen Zellkonzentrationen, toxisch wirken. DONAGHAY & SMALL (1979) zeigten, daß *Acartia clausi* aus einer Mischung zweier *Thalassiosira*-Arten und Plastik Kügelchen selektiv die Phytoplankter fraß und die Plastik Kügelchen selbst dann mied, wenn es die größeren Teilchen waren.

Für alle Fütterungsversuche mit Dinoflagellaten während der Expedition ARK VIII besteht, mit Ausnahme des Versuchs A3 ( $p=0,05$ ), eine hoch signifikante, positive Korrelation zwischen der 18:4(n-3) und der 22:6(n-3) Fettsäure. Zusätzlich besteht bei diesen Versuchen mit Ausnahme des Versuchs A4 eine hoch signifikante, negative Korrelation zwischen der 16:1(n-7) und der 22:6(n-3) Fettsäure. Diese Korrelationen bestätigen eindeutig den Austausch des Diatomeen-Fettsäuremarkers 16:1(n-7) bei der Fütterung mit Dinoflagellaten. Weiterhin ist bei dem Versuch ARK VIII/A4 anhand der signifikant negativen Korrelation zwischen der 18:4(n-3) und der 20:5(n-3) Fettsäure zu erkennen, daß auch die 20:5(n-3) Fettsäure durch die Umstellung der Nahrung von Diatomeen auf Dinoflagellaten beeinflußt wird.

Die entgegengesetzte Umstellung von Dinophyceen auf Diatomeen wurde mit Copepoden aus dem Spätsommer durchgeführt. Daher befanden sich die Copepoden in der Phase, in der der Lipidstoffwechsel zur Überwinterung umgestellt wird und nur eine geringe Aufnahme von Fettsäuremarkern stattfindet. Die Beprobungsabstände waren relativ kurz, so daß dadurch bedingt, die Variabilität der Fettsäureanteile relativ hoch war. Aufgrund der Ergebnisse der Fütterungsversuche der Expedition ARK VII/2 wurde auf der folgenden Expedition der Beprobungsabstand verlängert.

Aus den Regressionsgeraden wird ersichtlich, daß die Umstellung von Dinoflagellaten auf Diatomeen bei dem Versuch ARK VII/A1 noch am

besten erfolgte. Hier sind die Steigungen der Regressionsgeraden der 18:4(n-3) und der 22:6(n-3) Fettsäuren negativ und die der 16:1(n-7) und der 20:5(n-3) Fettsäure positiv. Die Anteile der 18:4(n-3) und der 22:6(n-3) Fettsäure nahm ab, während die Anteile der 16:1(n-7) und 20:5(n-3) Fettsäuren innerhalb von 30 Tagen geringfügig zunahmen. Die Anteile der 16:0 Fettsäure dagegen sind bei dieser Nahrungsumstellung relativ konstant geblieben.

Einen ontogenetischen Vergleich lassen die beiden Versuchsreihen mit *Calanus hyperboreus* Weibchen bzw. mit dem Copepoditstadium V zu. Die Ergebnisse der Nahrungsumstellung waren in beiden Fällen nicht so eindeutig wie bei dem zuvor beschriebenen Versuch.

Die Nahrungsumstellung scheint die unterschiedlichen Entwicklungsstadien der Copepoden nicht zu beeinflussen; offensichtlich hatten die Copepoden ihren Stoffwechsel schon auf die Überwinterungsperiode umgestellt. *Calanus hyperboreus* kann sowohl als Weibchen, als auch als Copepoditstadium V und IV, vielleicht sogar als Stadium III überwintern. Dieser Prozeß wird möglicherweise von einer biologischen Uhr kontrolliert und durch Hormone gesteuert (HIRCHE, 1983).

Alle Fütterungsversuche mit Diatomeen zeigen eine hoch signifikante Korrelation zwischen der 16:0 und 20:5(n-3) Fettsäure. Außerdem wurden weitere einzelne Korrelationen festgestellt. Diese Korrelationen lassen jedoch keinen Zusammenhang mit der Nahrungsumstellung erkennen, sondern stehen eher mit einer Abnahme der Speicherreserven in Zusammenhang.

***Calanus glacialis*.** Die *Calanus glacialis* Weibchen zeigten sowohl bei der Fütterung mit der Grünalge *Dunaliella tertiolecta* als auch mit *Amphidinium carterae* eine starke Abnahme der Wachstergelände, die zwischen 65%-78% lag. Dadurch bedingt ist vor allem die Zunahme derjenigen Fettsäuren, die unter anderem bei den calanoiden Copepoden Hauptbestandteile der Membranlipide sind (FARKAS et al., 1988). Auch die Abnahme der 16:1(n-7) Fettsäure, die innerhalb von 48 Tagen zwischen von 65% und 78% betrug, ist möglicherweise auf eine verstärkte Reduzierung der Speicherlipide zurückzuführen und nicht auf den bevorzugten Einbau als Fettsäuremarker aus der Nahrung. Bei der Fütterung mit *D. tertiolecta* liegt die Abnahme der Speicherlipide daran, daß *C. glacialis* die Alge *Dunaliella tertiolecta* nicht fraß. Wahrscheinlich ist das durch die Größe der Zellen begründet. Die *Calanus*-Arten nehmen Zellen nur bis zu einer Größe von ca. 8µm auf (HIRCHE, pers. Mitteilung). Die Tatsache, daß *C. glacialis* auch die Fettsäuremarker von *Amphidinium carterae* im Gegensatz zu *C.*

*hyperboreus* nicht eingebaut hat, läßt sich möglicherweise mit der unterschiedlichen Selektivität in der Nahrungsaufnahme der beiden Copepodenarten begründen. BARTHEL (1986) stellte fest, daß sich weder die Tiere unterschiedlicher Arten auf einer Station im Selektionsverhalten gleichen, noch die Tiere derselben Art auf verschiedenen Stationen.

Während die Nahrungsumstellung bei den *Calanus glacialis* Weibchen eine starke Reduzierung der Wachsester verursachte, ist die Abnahme der Wachsester bei dem Copepoditstadium V etwas geringer und beträgt 27%. Das gleiche Bild zeigt sich bei den Fettsäuremarkern, deren Anteile sich über die gesamte Versuchsdauer kaum veränderten. Die Abnahme des Wachsestergehaltes bei *C. glacialis* Weibchen ist stark mit der Eiproduktion gekoppelt (HIRCHE & BOHRER, 1987; HIRCHE et al., 1991). Während die *C. glacialis* Weibchen aus dem Frühsommer ihre Lipide für die Reproduktion gebrauchen, beginnen die Copepoditstadien V zusammen mit der Phytoplanktonblüte einerseits mit der Akkumulation von Speicherlipiden und andererseits mit Häutungsprozessen, die nur in geringem Maße Energiereserven verbrauchen.

Für alle Versuche mit *Calanus glacialis* besteht eine signifikante bzw. hoch signifikante, negative Korrelation zwischen der 16:1(n-7) Fettsäure und den Fettsäuren 16:0, 20:5(n-3) und 22:6(n-3). Das bestätigt eindeutig den Abbau des Fettsäuremarkers 16:1(n-7), der typischerweise in Diatomeen vorkommt und eine Zunahme der Fettsäuren, die Bestandteile der Phospholipide sind.

***Calanus finmarchicus***. Der Einfluß der Nahrungsumstellung zeigt besonders bei dem Versuch ARK VIII/A9 einen idealen Verlauf. In dem Maße, in dem die Fettsäuremarker für Dinophyceen, 18:4 und 22:6, abgebaut werden, werden die Diatomeenfettsäuren 16:1(n-7) und 20:5 Fettsäure eingebaut. Beide Versuchsreihen zeigen keinen Abbau von Wachsestern. Das bedeutet, daß anscheinend nur die Fettsäuremarker ausgetauscht werden. Anhand der Versuche zeigt sich auch, daß der Einbau relativ kontinuierlich erfolgte. Bei dem längerem Versuch wurde auch etwa die doppelte Menge der Fettsäuremarker ausgetauscht.

Bei beiden Versuchen besteht eine hoch signifikante, negative Korrelation zwischen der 16:1(n-7) und der 18:4(n-3) Fettsäure, die den Austausch der Fettsäuremarker bestätigt. Die signifikante, positive Korrelation zwischen der 18:4 und der 22:6 Fettsäure bestätigt eindeutig die Abnahme dieser beiden Dinoflagellaten-Fettsäuremarker.

In der getrennt untersuchten Wachsesterfraktion zeigt sich der Einfluß der Nahrungsumstellung in gleichem Maße, wie bei den Gesamtlipiden.

Da gleiches auch bei *Calanus hyperboreus* beobachtet wurde, ist der Einfluß der Phytoplanktonnahrung in der Wachsesterfraktion offensichtlich unabhängig von der Spezies. Ein Vergleich der Nahrungsaufnahme beider Spezies ist anhand der Versuchsreihen nur bedingt möglich. Es scheint aber, daß die Anreicherung von Fettsäuremarkern aus dem Phytoplankton bei *C. finmarchicus* etwas schneller verläuft als bei *C. hyperboreus*.

#### 5.4 Akkumulation von $^{14}\text{C}$ in den Lipiden der Copepoden

Der Einsatz von radioaktiven Isotopen in Freßexperimenten stellt eine gute Möglichkeit dar, um z.B. den Transfer von Kohlenstoff innerhalb der Nahrungskette zu ermitteln. Im Vordergrund stehen dabei die Ermittlung von Parametern, wie z.B., Freßrate, Grazingrate und Assimilierung von Kohlenstoff im Organismus (LAMPERT, 1977; PETERS, 1984; COPPING & LORENZEN, 1980). Weiterhin ist die Verwendung von radioaktiven Isotopen bei Untersuchungen zum Lipidstoffwechels nützlich. Mit Hilfe von markierten organischen Molekülen z.B., Natrium- $^{14}\text{C}$ -Acetat, sowie  $^{14}\text{C}$ -Palmitin-, Stearin- und Ölsäure wurde der Einbau von Aktivität in die verschiedenen Lipidfraktionen gemessen. Außerdem konnte durch Bestimmung der Aktivität in Fettsäuren unterschiedlichen Sättigungsgrades die möglichen Biosynthesewege für Fettsäuren in den Copepoden untersucht werden (FARKAS et al., 1973; MORENO et al., 1979a u. b; FARKAS et al., 1981; SARGENT, 1986).

Die vorliegenden Untersuchungen stellen eine Ergänzung zu den Fütterungsexperimenten mit den Fettsäuremarkern dar und sollen im wesentlichen dazu beitragen, die Größenordnung der umgesetzten Lipidmenge festzustellen. Es hatte sich nämlich während der Expedition ARK VII/2 bei einigen Fütterungsversuchen gezeigt, daß nur eine sehr geringe Akkumulation der Fettsäuremarker stattfand. Daher wurden für die  $^{14}\text{C}$ -Versuche zunächst relativ lange Inkubationszeiten gewählt. Um Verluste durch Respiration und Egestion zu vermeiden, schlägt LAMPERT (1977) eine sehr kurze Inkubationsdauer vor. Unter diesen Voraussetzungen sind daher die ermittelten biologischen Parameter, wie Freßrate und Ingestionsrate mit gewissen Einschränkungen zu diskutieren. Allerdings wurde dort nicht die Akkumulation von  $^{14}\text{C}$  in der Lipidfraktion untersucht.

Bei dem Versuch 8/Chf. zeigt sich sehr gut der Zusammenhang zwischen der Abnahme der volumenbezogenen  $^{14}\text{C}$ -Konzentration in den Algen und der Aufnahme von  $^{14}\text{C}$  durch die Copepoden. Die Ab- bzw. Zunahme der Aktivität verläuft in beiden Fällen exponentiell. Unter der Annahme einer Reaktion erster Ordnung wurde die Geschwindigkeitskonstante  $k_A$

für die Abnahme der Aktivität in den Algen ermittelt. Die Geschwindigkeitskonstante für die Zunahme der Aktivität in den Lipiden wurde durch nichtlineare Korrelation nach Newton ermittelt (EBERT & EDERER, 1985). Der Größenunterschied zwischen beiden Konstanten dürfte durch den Einbau der Aktivität in die wasserlöslichen Metaboliten und durch den Verlust an Aktivität durch Respiration und Ausscheidung in Form von Kotpillen verursacht werden. Die Zellkonzentration sank bis zum Ende des Versuchs von 21549 Zellen/mL auf 1,9 Zellen/mL. Unter der Annahme, daß bei Lichtausschluß kein Phytoplankton in den Reaktionsgefäßen nachwächst, wurde nach Frost (1972), eine Filtrationsrate von  $3,5 \text{ ml Tier}^{-1} \text{ h}^{-1}$  und eine Ingestionsrate von  $8161 \cdot 10^3 \mu\text{m}^3 \text{ Tier}^{-1} \text{ h}^{-1}$  für diesen Versuch berechnet.

Bei den Copepoden vom Spätsommer stieg die Aktivität erst nach 4 Tagen stark an. Die Ursache für die verzögerte Aufnahme könnte ein erhöhter Lichteinfall auf die Kulturgefäße gewesen sein, der das Freßverhalten der Copepoden möglicherweise beeinträchtigte, denn nach konsequenter Abdeckung stieg die Aktivität in den Proben nach 4 Tagen linear an. Setzt man somit den Startpunkt für diesen Versuch auf den 4. Tag, so ergeben sich etwas veränderte durchschnittliche Werte für den  $^{14}\text{C}$ -Einbau. Die Gesamtproduktion an Lipiden beträgt durchschnittlich  $11,8 \mu\text{g C Tier}^{-1} \text{ Tag}^{-1}$  und liegt ca. doppelt so hoch, wie bei den Versuchen mit Tieren aus dem Frühsommer. Der durchschnittliche Anteil an der Gesamt-Kohlenstoffproduktion in den Copepoden beträgt 56% im Spätsommer und 47% im Frühsommer. Gegensätzlich wurde bei den Fütterungsversuchen mit verschiedenen Algenarten im Spätsommer eine nur geringe Akkumulation von Fettsäuremarkern beobachtet. Wahrscheinlich unterliegen die Fettsäuren in den Tieren im Spätsommer einem größeren Umsatz (turnover), so daß in dem Maße wie Fettsäuren aufgenommen werden, entsprechend Fettsäuren wieder abgebaut werden. Daher erfolgte auch nur eine schwache Anreicherung mit Fettsäuremarkern.

Bei dem Kurzzeitversuch wird der größere Anteil der Aktivität in die wasserlöslichen Metaboliten eingebaut. Der Anteil der Produktion an Lipidkohlenstoff beträgt nur 25%. Wie auch bei den Markierungsversuchen mit Phytoplanktonkulturen festgestellt wurde, wird möglicherweise zu Beginn verstärkt  $^{14}\text{C}$  in die kleineren, zum überwiegenden Teil wasserlöslichen Metabolite eingebaut und erst mit zunehmender Inkubationsdauer auch in die höhermolekularen Komponenten (TILLMANN, 1987).

Die Gesamtproduktion an Lipiden ist bei *Calanus finmarchicus* im Durchschnitt um das ca. 10-fache geringer als bei *C. hyperboreus*. Das Copepoditstadium V, das Hauptüberwinterungsstadium von *C. finmarchicus* (MARSHALL & ORR, 1955; Hirche, 1983), hatte eine etwa

doppelt so hohe Gesamtlipidproduktion wie die sehr "dünnen" Weibchen des Versuchs 8/Cff., die nur noch etwa 11,7% Wachsester enthielten. Das macht bei dem Copepoditstadium V etwa 68% bzw. bei den Weibchen 27% der durchschnittlichen Gesamt-Kohlenstoffproduktion der Copepoden aus.

Auch bei diesem Versuch mit *Calanus finmarchicus* wurde eine exponentielle Abnahme der Aktivität in den Algen festgestellt. Die Geschwindigkeitskonstante  $k_L$  für die Zunahme an Aktivität in den Lipiden der Copepoden konnte nicht ermittelt werden, da aufgrund des Kurvenverlaufs ein Näherungsverfahren nicht anwendbar war. Die Filtrationsrate betrug  $F = 0,08 \text{ ml Tier}^{-1} \text{ h}^{-1}$  und die Ingestionsrate  $I_1 = 158610^3 \mu\text{m}^3 \text{ Tier}^{-1} \text{ h}^{-1}$ .

Die spezifische Aktivität bei *Calanus hyperboreus* lag bei den Langzeitversuchen im Früh- und Spätsommer nach 11 Tagen bei etwa gleichen Werten. Unter Berücksichtigung des hohen Lipidgehalts bei dem Spätsommerversuch ist deutlich zu erkennen, daß die Akkumulation von Lipiden wesentlich größer ist. Interessant ist bei den Versuchen aus dem Frühsommer, daß die spezifische Aktivität des Kurzzeitversuchs nach 18 Stunden etwa den gleichen Wert erreicht, wie die des Langzeitversuchs nach 24 Stunden. Die Tiere von beiden Versuchsreihen stammen von der gleichen Station und wurden mit demselben Phytoplankton markiert, dadurch wird ein Versuchszeitraum von 1 Stunde bis 11 Tagen abgedeckt.

Das Copepoditstadium V von *Calanus finmarchicus* aus dem Spätsommer zeigte am Versuchsende nach 11 Tagen die höchste spezifische Aktivität. Sie ist um das ca. doppelte höher als bei *C. finmarchicus* aus dem Frühsommer.

Die Akkumulation von  $^{14}\text{C}$  erfolgt bei *Calanus hyperboreus* am stärksten in der Wachsesterfraktion. Anhand der Ergebnisse des Kurzzeitversuchs ist jedoch ersichtlich, daß der Anteil der Aktivität in der Wachsesterfraktion in den ersten 5 Stunden zunächst geringfügig niedriger war als der in den Phospholipiden und erst nach ca. 7 Stunden höhere Aktivitäten erreichte. Die relativen  $^{14}\text{C}$ -Inkorporationsraten in die Wachsesterfraktion nehmen von 22,9% auf 61,9% zu und die in die Phospholipidfraktion von 46,5% auf 29,1% ab. Die Aktivität in den Triacylglyceriden steigt zwar in den ersten 8 Stunden leicht an, aber die relative  $^{14}\text{C}$ -Inkorporationsrate in diese Lipidklasse sinkt von 30,6% auf 9,0%. Ob dieses ein genereller Trend ist oder die Variabilität der Aktivität innerhalb der Proben in den ersten Stunden sehr groß ist, müssen weitere Versuche zeigen. FARKAS et al. (1973) zeigte bei Versuchen mit *Calanus pacificus*, der 24 Stunden in Seewasser mit  $^{14}\text{C}$ -Acetat gehältert wurde, daß die spezifische Aktivität in der

Reihenfolge Phospholipide > Freie Fettsäuren > Wachsester > Triglyceride abnahm. Bei *C. hyperboreus* wird zunächst ebenfalls ein geringerer Teil des  $^{14}\text{C}$  in die Wachsester eingebaut. Jedoch nach ca. 7 Stunden werden durch den geringeren Turnover in dieser Lipidklasse verglichen mit den Phospholipiden verstärkt markierte Komponenten akkumuliert.

Die Langzeitversuche mit Tieren aus dem Früh- und Spätsommer zeigen einen unterschiedlichen Anteil der Aktivität in den Triacylglyceriden und Phospholipiden, haben aber beide hohe  $^{14}\text{C}$ -Gehalte in den Wachsestern. Während bei dem Spätsommerversuch die relative  $^{14}\text{C}$ -Inkorporationsrate in die Phospholipide nach 11 Tagen 8,3% beträgt, macht sie im Frühsommer 41,4% aus. Ob dieser Unterschied durch die Aufnahme von Triacylglyceriden aus dem Phytoplankton bedingt ist oder ob die Ursache eventuell ein jahreszeitlich bedingter, unterschiedlicher Metabolismus ist, läßt sich nicht feststellen.

Bei *Calanus finmarchicus* wird bei dem Versuch mit dem Copepoditstadium V aus dem Spätsommer die höchste Akkumulation von  $^{14}\text{C}$  in den Wachsestern beobachtet. Hier liegt die  $^{14}\text{C}$ -Inkorporationsrate in die Wachsester zwischen 76,1 und 80,6%. Zusätzlich unterstreicht der relativ hohe Anteil an Gesamtlipiden und an Wachsestern eine verstärkte Akkumulation von Lipiden. Das Copepoditstadium V ist das Hauptüberwinterungsstadium bei *C. finmarchicus* (HIRCHE, 1983; DIEL, 1989). Daher werden bis zur Abwanderung in tiefere Wasserschichten, zwischen Ende Juli bis Mitte August, möglichst viele Nahrungsreserven in Form von Lipiden akkumuliert.

Die *Calanus finmarchicus* Weibchen aus dem Frühsommer bauten  $^{14}\text{C}$  dagegen verstärkt in die Phospholipidfraktion ein, verdeutlicht durch eine  $^{14}\text{C}$ -Inkorporationsrate zwischen 57,5% und 29,9%. Eine mögliche Erklärung ist, daß die Tiere aus dem Frühsommer sich in der Reproduktionsphase befinden und sie daher zum einen die vorhandenen Lipidreserven für die Entwicklung der Gonaden mobilisieren (Hirche, 1989) und zum anderen, daß sie verstärkt Phospholipide für die Eier produzieren, die wie GATTEN et al. (1980) zeigten, keine Wachsester enthalten. Niedrige Wachsester- und Gesamtlipidgehalte zeigen, daß die Tiere nach der Reproduktion sehr ausgezehrt sind, so daß die Tiere vermutlich ihren Lebenszyklus beendet haben und absterben.

In den Fettsäuren des Gesamtextrakts von *Calanus hyperboreus* f. wurde ein etwa doppelt so hoher Anteil an Aktivität wie in den Alkoholen beobachtet. Bei dem Experiment über 18 Stunden betrug der Anteil an Aktivität in den Fettsäuren sogar das etwa 3,5-fache der Aktivität in den Alkoholen. Dieser große Anteil an Aktivität in den Fettsäuren läßt

auf eine relativ hohe Aufnahme von Fettsäuren aus der Nahrung schließen, die nicht nur zur direkten Veresterung der *de novo* gebildeten Alkohole genutzt werden, sondern auch zum Einbau in andere Lipidbestandteile. MORENO et al. (1979b) zeigten mit Hilfe der radioaktiv markierten Fettsäuren 16:0, 18:0 und 18:1(n-9), die sie dem Wasser einer *Paracalanus parvus*-Kultur hinzufügten, daß die Copepoden gesättigte und einfachungesättigte Fettsäuren aufnehmen, aber nicht in mehrfachungesättigte Fettsäuren umgewandelt können. Normalerweise besitzen Tiere ein Typ I Fettsäure-Synthetasesystem, eine  $\Delta 9$ -,  $\Delta 6$ -,  $\Delta 5$ - und  $\Delta 4$ - Desaturase und Kettenverlängerungsenzyme (MORENO et al., 1979b). Die Synthese der Monoenfettsäuren erfolgt ausgehend von Acetyl-Coenzym A in  $C_2$ -Einheiten zur 16:0 und 18:0 Fettsäure. Bei den calanoiden Copepoden erfolgt darüberhinaus eine Verlängerung zur 20:0 und teilweise auch zur 22:0 Fettsäure. Der Einbau der Doppelbindung erfolgt mit Hilfe einer  $\Delta 9$ -Desaturase, welche die gesättigte Fettsäure am Carboxylende bindet und deren aktives Zentrum genau zwischen  $C_9$  und  $C_{10}$  lokalisiert ist. Als Produkte resultieren 18:1(n-9) und 20:1(n-11) Fettsäuren, die anschließend zur 20:1(n-9) und 22:1(n-11) Fettsäure verlängert werden können. In geringen Mengen erfolgt auch eine doppelte Verlängerung der 18:1(n-9) Fettsäure zu 22:1(n-9) Fettsäure (Abb. 44).

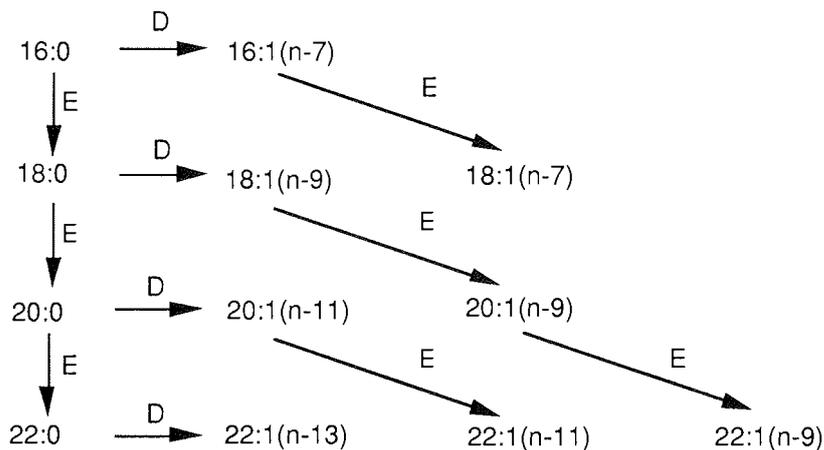


Abb. 44: Mögliche Biosynthesewege der einfachungesättigten Fettsäuren in calanoiden Copepoden (SARGENT & HENDERSON, 1986). D=Einführung einer Doppelbindung; E=Kettenverlängerung

Bei Zugabe von radioaktiv markierter 18:3(n-3) Fettsäure wurde jedoch eine geringe Menge an Markierung in den Fettsäuren 20:5(n-3) und 22:6(n-3) gefunden (MORENO et al., 1979a), so daß ein geringer Teil der mehrfachungesättigten Fettsäuren mit Hilfe von  $\Delta 6$ -,  $\Delta 5$ -,  $\Delta 4$ -

Desaturasen und Verlängerungssystemen in 20:5(n-3) und 22:6(n-3) Fettsäuren überführt wird (MORENO et al., 1979a) (Abb. 45).

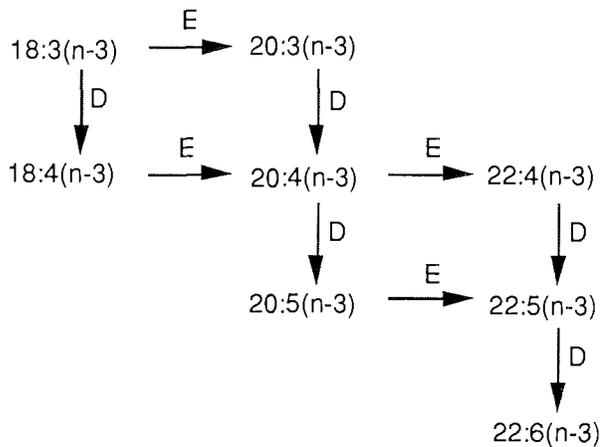


Abb. 45: Möglicher Biosyntheseweg der mehrfach ungesättigten Fettsäuren der (n-3)-Familie (SARGENT & WHITTLE, 1981).  
D=Einführung einer Doppelbindung; E=Kettenverlängerung

Es besteht ein hoher Bedarf an mehrfach ungesättigten Fettsäuren, um die Fluidität der Membranen bei den vorherrschenden Umgebungstemperaturen zu gewährleisten. Daher werden vor allem die mehrfach ungesättigten Fettsäuren der (n-3)-Familie, wie die 20:5(n-3) und 22:6(n-3), die molekulare Bestandteile der Phospholipide sind und die Fluidität gewährleisten (FARKAS et al., 1988), zum wahrscheinlich überwiegenden Teil aus der Nahrung aufgenommen. Inwieweit z.B. 18:4(n-3) Fettsäure, die zum Teil mit hohen Anteilen im Sommerphytoplankton vorkommt, in ausreichenden Mengen zu 20:5(n-3) und 22:6(n-3) Fettsäure umgesetzt werden kann, ist noch nicht eindeutig geklärt (SARGENT et al., 1986).

Die Aktivität in den Alkoholen, in dem Gesamtlipidextrakt und in den Wachsesterfraktionen sollte jeweils die gleichen Anteile aufweisen. Jedoch liegt der Anteil der Aktivität in den Alkoholen aus der Wachsesterfraktion bei allen Markierungsversuchen unter dem aus dem Gesamtlipidextrakt. Durch die Präparation der Wachsester, sowie durch die Extraktion der Fettsäuremethylester und Alkohole bedingt, sind Verluste an Material und damit an Aktivität nicht vollkommen zu vermeiden. Daher läßt der Anteil der Aktivität in den Fettsäuren und Alkoholen der Wachsester keine absolute Quantifizierung von umgesetzten Kohlenstoffanteilen zu. Die Fettsäuren und Alkohole der Wachsesterfraktion weisen sowohl bei *Calanus hyperboreus*, als auch bei *C. finmarchicus* nach sehr kurzer Inkubationsdauer eine gleichmäßige Markierung von jeweils ca. 50% in

jedem Wachsesterbestandteil auf. Damit wurde die Hypothese, die zu Beginn der Versuche aufgestellt worden war, widerlegt. Sie besagte, daß die Markierung bei sehr kurzer Inkubation der Tiere bevorzugt in den Fettsäuren zu finden sein müßte, wenn die Fettsäuren aus dem Phytoplankton direkt in die Wachsester übernommen werden.

Die Ergebnisse dieser Arbeit zeigen, daß bei der Synthese von Wachsestern die vollständige *de novo*-Synthese von Fettsäuren und Alkoholen, ausgehend von Proteinen und Kohlenhydraten, der geschwindigkeitsbestimmende Schritt der Wachsestersynthese ist. Das heißt, um eine molare Stöchiometrie zwischen markierten Fettsäuren, die zum Teil aus der Nahrung stammen, und *de novo* synthetisierten Alkoholen zu gewährleisten, wie SARGENT et al. (1986) vorschlagen, müßten auch die Alkohole relativ schnell aus Proteinen und Kohlenhydraten Aktivität aufnehmen. Damit die Aktivität in den Wachsesterkomponenten in gleichen Anteilen vorliegt, käme nur eine Verknüpfung von markierten neusynthetisierten Fettsäuren und Alkoholen, sowie die Kombination einer markierten Fettsäure aus der Nahrung und einem markierten, *de novo* synthetisierten Alkohol in Frage.

FARKAS et al. (1973) fanden bei Versuchen mit *Calanus pacificus*, dessen Lipide mit <sup>14</sup>C-Acetat markiert wurden, ca. 40% der Aktivität in den Alkoholen der Wachsester. Nicht berücksichtigt wurde dort der Anteil der Markierung, der aus den Fettsäuren der Nahrung stammt.

## 5.5 Lipidverteilung in benthischen Organismen

Das benthische Ökosystem der arktischen, eisbedeckten Ozeane ist bis heute noch wenig erforscht. Besonders über die Lipide dieser Organismen gibt es nur sehr wenige Untersuchungen. Die Nahrungsversorgung des Benthos wird zum Großteil von der pelagischen Primärproduktion geliefert. BARTHEL (1986) stellte fest, daß nur ca. 10% der Primärproduktion durch pelagische Konsumenten gefressen wird. Daher ist davon auszugehen, daß sich bestimmte Fettsäuremarker, die im Phytoplankton enthalten sind, auch in den Lipiden benthischer Organismen anreichern. Um eine Übersicht über die Lipidverteilung der in dem Untersuchungsgebiet vorkommenden benthischen Organismen zu bekommen, wurde an einigen, für diese Region typischen Organismen Lipidanalysen durchgeführt. Mit Hilfe von Fettsäuremarkern wurden die Fettsäuren der benthischen Organismen auf eine eventuelle trophische Beziehungen zwischen Pelagial und Benthos untersucht. In der folgenden Diskussion der Untersuchungsergebnisse soll nicht auf jede Spezies im einzelnen eingegangen werden, sondern hauptsächlich Unterschiede innerhalb der verschiedenen Klassen beleuchtet werden.

**Crustacea.** Die decapoden Krebse, die als ganze Individuen untersucht wurden, weisen als dominante Lipidklassen Phospholipide, Triacylglyceride und in geringen Mengen Steroide auf. Die adulten Tiere enthalten teilweise einen erheblich höheren Anteil an Triacylglyceriden, als die jüngeren Tiere. HOPKINS (1990) stellte bei 12 bzw. 24 Monate alten *Pandalus borealis* einen Unterschied im Triglyceridgehalt von ca. 30% fest. Die Fettsäureanalysen der decapoden Krebsen zeigen keine großen Variabilitäten im Fettsäuremuster der verschiedenen Spezies. Sie enthalten ein relativ einfaches Fettsäuremuster, das durch die mehrfachungesättigten Fettsäuren 20:5 und 22:6, die einfachungesättigten Fettsäuren 18:1(n-9), 18:1(n-7), und 16:1(n-7), sowie die gesättigte Fettsäure 16:0 dominiert wird. Bei *P. borealis* wurden auch die langkettigen Fettsäuren 20:1(n-9) und 22:1(n-11) festgestellt, die auf eine Ernährung mit Zooplankton schließen lassen. Diese Fettsäuren wurden ebenfalls in *P. borealis* in dem nordamerikanischen Teil der Arktis und in einem norwegischem Fjord festgestellt (ACKMAN & EATON, 1967; HOPKINS, 1990).

Die separat untersuchten Körperteile oder Organe enthalten je nach ihrer Funktion im Körper entweder fast ausschließlich Phospholipide oder zum Teil auch geringe Mengen an Triacylglyceriden und Steroiden. Vor allem im Muskel- und Hirngewebe sowie auch in den *Pandalus borealis* Augen wurden fast ausschließlich Phospholipide registriert. Diese Gewebe müssen aufgrund ihrer Funktion besonders strukturiert sein und enthalten die mehrfachungesättigte Fettsäuren 20:5 und 22:6 in sehr hohen Anteilen (FARKAS et al, 1988; BELL & DICK, 1991; CRAWFORD, 1992). Die Verdauungstrakte enthielten zum Teil Triacylglyceride, die wahrscheinlich aus möglichen Überresten der Nahrung stammen. Die Tiere dieser Crustaceen-Klasse ernähren sich überwiegend räuberisch (PIEPENBURG, 1988), können aber auch aus dem Sediment abgestorbene Partikel sammeln (GORNÝ, pers. Mitt.).

In den Gewebeproben wurden ebenfalls nur wenige dominante Fettsäuren festgestellt. Die Fettsäuren 20:5, 18:1(n-9), 16:0 und 22:6 waren bei den meisten der untersuchten Proben die Hauptkomponenten. Davon abweichend machte in der Mitteldarmdrüse des *Sclerocrangon ferox* (Decapoda) die 18:1(n-7) Fettsäure den größten Teil der Fettsäuren aus. Der Hinterleibsmuskel dieses Tieres, der fast ausschließlich aus Phospholipiden besteht, enthielt mit 14,6% einen hohen Anteil der Fettsäure 16:1(n-7). Normalerweise wird die 16:1(n-7) Fettsäure nicht in diesen hohen Anteilen in Phospholipiden beobachtet (FARKAS et al., 1988; HOPKINS et al., 1990). Ob der Anteil der 16:1(n-7) Fettsäure auf eine Adaptation der Spezies an die niedrigen Umgebungstemperaturen zurückzuführen ist oder ob hier ein Einfluß durch die Nahrung vorliegt, müssen weitere Untersuchungen zeigen.

Die hier untersuchten Eier der verschiedenen Decapoden-Arten enthalten relativ hohe Triglyceridgehalte, ausgenommen die der beiden Spezies *Spirontocaris gaimardi* und *Sabinea septemcarinata*. Deren Eier waren zum Teil schon etwas weiter entwickelt, so daß möglicherweise eine Reduzierung der Speicherlipide durch die Nahrungsaufnahme der Larven eingetreten war. Das Fettsäuremuster der Eier wird von der 16:1(n-7) Fettsäure und der 20:5 Fettsäure dominiert.

Von beiden Pantopoden der Spezies *Chaetonymphon hirtipes* wurden nur die Rumpfteile untersucht. Die Lipidklassenverteilung weist für beide Tiere die Triacylglyceride als wichtigste Neutrallipide aus, jedoch mit unterschiedlichen Anteilen. Das etwas "dickere" Tier enthielt ca. 30% mehr Triacylglyceride. Dieser hohe Anteil an Neutrallipiden spiegelte sich auch bei der Verteilung der Fettsäuren wider. Das Tier mit dem höheren Neutrallipidanteil zeigte einen höheren Anteil der 16:1(n-7) Fettsäure als das andere Tier. Zusätzlich enthielt ersteres Tier die 14:0 Fettsäure als eine der Hauptfettsäuren. Bei dem "dünnere" Tier wurden als Hauptfettsäuren die typischen Phospholipid-Fettsäuren festgestellt. Wie sich schon bei den Dekapoden zeigte, scheint die 16:1(n-7) Fettsäure ein typischer Bestandteil der Triacylglycerid-Fettsäuren zu sein.

Auch bei den zwei Isopoden der Spezies *Arcturus baffini* zeigt sich dieser Zusammenhang. Das Tier mit dem größeren Neutrallipidanteil hatte auch ca. 20% mehr an 16:1 Fettsäure. Das Fettsäuremuster bei *A. baffini* ist relativ unvariabel und zeigt keinen Einfluß von Phytoplanktonfettsäuren.

Interessant ist der Vergleich der beiden Amphipoden. Beide enthalten mit ca. 55-69% einen relativ hohen Anteil an Triacylglyceriden. Der *Stegocephalus inflatus* enthält im Fettsäuremuster neben der 20:5 Fettsäure, 18:1(n-9) und 18:1(n-7) in fast gleichen Anteilen. Wie auch bei den Copepoden erfolgt die Synthese der einfachungesättigten Fettsäuren ausgehend von Acetyl-Coenzym A in C<sub>2</sub>-Einheiten zur 16:0 und 18:0 Fettsäure. Der Einbau der Doppelbindung erfolgt wiederum mit Hilfe einer  $\Delta^9$ -Desaturase, wodurch als Endprodukt hauptsächlich 18:1(n-9) resultiert (Abb. 46). Die relativ großen Mengen an 18:1(n-7) bei dieser Spezies resultieren anscheinend aus der Kettenverlängerung der 16:1(n-7) Fettsäure, die hauptsächlich aus dem Phytoplankton stammt und von Organismen höherer trophischer Stufen über die Nahrungskette aufgenommen wird. Die 16:1 Fettsäure wird in tierischen Organismen nicht oder nur in sehr geringen Mengen synthetisiert (MORENO et al., 1979b).

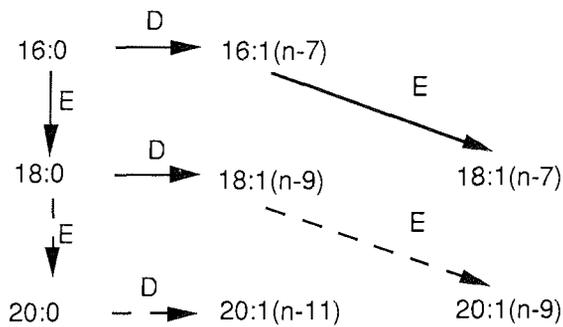


Abb. 46: Mögliche Biosynthesewege der monounsättigten Fettsäuren in tierischen Organismen. D=Einführung einer Doppelbindung; E=Kettenverlängerung

Bei *Anonyx nugax* wurden in relativ hohen Anteilen die 20:1(n-9) und die 22:1(n-11) Fettsäure mit zusammen 32,9% beobachtet. Offensichtlich wurden von diesem Amphipoden calanoide Copepoden in großen Mengen als Beuteorganismen aufgenommen.

Der Einfluß von Phytoplankton-Fettsäuremarkern zeigt sich sehr gut bei der Seepocke *Balanus crenatus* (Cirripeda), die als wichtigste Lipidklassen Phospholipide und Steroide enthält, durch den relativ hohen Anteil von 9,7% der 18:4 Fettsäure. Das Tier nimmt seine Nahrung durch aktives Filtrieren auf und ist damit besonders auf Material angewiesen, das zum Boden sedimentiert (PIEPENBURG, pers. Mitt.). Die geringe Fangtiefe von 70-80m bedeutet, daß z.B. Phytoplanktonmaterial, und damit insbesondere die mehrfach ungesättigten Fettsäuren, in relativ kurzer Zeit zum Boden sedimentieren und daher nur eine geringe Zersetzung des Materials stattfindet.

**Echinodermata.** Die Stachelhäuter, vor allem die Schlangensterne (Ophiuroidea), dominieren die benthische Fauna in dem Untersuchungsgebiet (PIEPENBURG, 1988). Die Lipide sind im wesentlichen aus Phospholipiden und Triacylglyceriden zusammengesetzt. Der Neutrallipidanteil ist nicht nur innerhalb der verschiedenen Spezies unterschiedlich, sondern auch bei den Individuen einer Art. Das Fettsäuremuster der Schlangensterne läßt den Einfluß der Fettsäuremarker aus dem Pelagial, vor allem an den flacheren Stationen, gut erkennen. Bei *Ophiopholis aculeata* wurden relativ hohe Anteile der Fettsäuremarker 18:4(n-3) und 20:1(n-9) festgestellt. Die Tiere wurden in Tiefen zwischen 70 und 200m gefangen. Jedoch aufgrund der unselektiven, omnivoren Ernährungsweise (PIEPENBURG, 1988) kann nicht genau bestimmt werden, ob die 18:4 Fettsäure mit dem

Phyto- oder dem Zooplankton aufgenommen wurde, da auch das herbivore Zooplankton die 18:4 Fettsäure mit hohen Anteilen enthalten kann (KATTNER et al, 1989). Die langkettigen Fettsäuren 20:1(n-9) und 22:1(n-9) stammen offensichtlich aus den calanoiden Copepoden.

Die Schlangensterne *Ophiopholis aculeata*, *Ophiopleura borealis* und *Ophiura sarsi*, die aus dem West-Spitzbergenstrom stammen, zeigen teilweise relativ hohe Gehalte der 14:0 Fettsäure (13,7-7,2%). DEMBITSKY (1980) fand für *Ophiura sarsi* ähnlich hohe Werte für die 14:0 Fettsäure. Da die 14:0 Fettsäure eine der Hauptfettsäuren in *Calanus finmarchicus* ist, ist nicht auszuschließen, daß in den flachen Schelfgebieten im Einflußbereich des West-Spitzbergenstroms, *C. finmarchicus* ein wichtiger Bestandteil der Nahrung der Schlangensterne ist. Zu berücksichtigen ist jedoch, daß die 14:0 Fettsäure auch ein Produkt der Fettsäuresynthese der Tiere selbst sein kann (z.B. SARGENT & WHITTLE, 1981).

Sowohl der Haarstern *Heliometra glacialis* (Crinoidea) als auch die separat untersuchten Organe des Seeigels *Strongylocentrotus pallidus* (Echinoidea) enthalten nur relativ geringe Mengen an Neutrallipiden, die im wesentlichen aus Steroiden und Triacylglyceriden zusammengesetzt sind. Bei einem der Haarsterne wurden erhöhte Anteile der 20:1(n-9) Fettsäure beobachtet, die möglicherweise auf die Ingestion von Zooplankton hinweisen. Die Haarsterne sind aktive Filtrierer und sind somit auf sedimentierendes Material angewiesen (PIEPENBURG, 1988). Bei den Organen des Seeigels *S. pallidus* wurde kein Einfluß von Fettsäuremarkern aus dem Pelagial festgestellt. In den Innereien jedoch wurde mit 24,3% ein ungewöhnlich großer Anteil der 20:4(n-3) Fettsäure beobachtet. ALLEN (1968) stellte in dem Seeigel *Echinus esculensis* im Darm ebenfalls relativ hohe Gehalte der 20:4 Fettsäure fest. Es ist nicht auszuschließen, daß die 20:4 Fettsäure für die Funktion des Darmgewebes von Bedeutung ist.

**Actinaria, Mollusca und Polychaeta.** Die hier untersuchten Actinien der Spezies *Anthosactis jan mayeni* sind relativ seltene Exemplare, die aus dem Ost-Grönlandstrom stammen. Sie enthalten, wie auch die nicht genauer identifizierten Actinien, Wachsester zum Teil in relativ hohen Anteilen. Es wurden aber auch Steroide und Triacylglyceride festgestellt. Bei den Exemplaren mit hohen Wachsesteranteilen wurden die langkettigen Fettsäuren 20:1(n-9) und 22:1(n-11) sowie die entsprechenden langkettigen Alkohole ebenfalls in relativ hohen Anteilen gefunden. Auch bei den Actinien zeigte sich, besonders an den flacheren Stationen, der Einfluß von Fettsäuremarkern aus dem Pelagial. Es ist anzunehmen, daß die Wachsester und damit auch die langkettigen Fettsäuren und Alkohole aus dem Zooplankton stammen. Jedoch ist nicht auszuschließen, daß die Wachsester von den

Organismen selbst synthetisiert werden, wie HOOPER & ACKMAN (1971) feststellten. Bei *Anthosactis jan mayeni* trat darüber hinaus die Fettsäure 22:5 mit erhöhten Anteilen auf. Sie scheint für diese Art charakteristisch zu sein, da sie in den übrigen Plankton- und Benthosproben nur in geringen Mengen festzustellen war. Weiterhin traten innerhalb der verschiedenen Actinien-Arten Unterschiede in der Fettsäurezusammensetzung auf.

Die verschiedenen Körperteile der Jakobsmuschel *Chlamys islandica* (Bivalvia) zeigten eine aufgrund ihrer Funktion typische Verteilung der Lipidklassen und der Fettsäuren. Die Lipide des Schließmuskels und der Kiemen enthielten fast ausschließlich Phospholipide mit den dafür typischen Fettsäuren. Der Verdauungstrakt enthielt als dominierende Lipidklasse in relativ hohen Anteilen freie Fettsäuren. Hier wurde jedoch neben den Phospholipidfettsäuren auch die Fettsäure 18:4 (11,1%) beobachtet, die als Fettsäuremarker den Einfluß von Phytoplanktonfettsäuren widerspiegelt.

Der Borstenwurm *Onuphis conchilega* enthielt in geringen Mengen Triacylglyceride. Es wurden die Fettsäuren 20:1(n-9) und 22:1(n-11) in geringen Anteilen im Fettsäuremuster festgestellt. Sie lassen auf einen möglichen Einfluß durch die Nahrung schließen, die der Borstenwurm aktiv aus dem herabsedimentierenden Material fangen kann.

## 5.6 Fazit und Ausblick

Die Untersuchungen in dieser Arbeit haben die trophische Beziehung zwischen der regionalen Phytoplanktongemeinschaft, dem herbivoren Zooplankton und zum Teil auch den benthischen Organismen aufgezeigt. Dieser Zusammenhang wurde durch die Übereinstimmung bestimmter Fettsäuremarker in den Organismen festgestellt, die durch die Analyse der Fettsäurezusammensetzung in den Organismen ermittelt wurden.

Der Bezug zwischen den ersten beiden Gliedern der pelagischen Nahrungskette, dem Phytoplankton und dem herbivoren Zooplankton, konnte durch gaschromatographische Untersuchungen der Fettsäuren bestätigt werden, indem das Zooplankton unter Verwendung von unialgalen Phytoplanktonkulturen in seiner Ernährung umgestellt wurde. Dabei zeigte es sich, daß sich durch die Wahl der Futteralgen die Nahrungsmarker im Fettsäuremuster der Copepoden gezielt beeinflussen lassen. Darüberhinaus gaben Experimente mit <sup>14</sup>C-markiertem Phytoplankton Aufschluß über den kurzfristigen Einbau von <sup>14</sup>C in die Gesamtlipide sowie in verschiedene Lipidfraktionen. Durch diese Methode konnte eine genaue Abschätzung des Umsatzes an

Lipidkohlenstoff in den dominanten Copepodenarten im Bereich der Grönlandsee/Framstraße erreicht werden.

Die Art und Weise der Akkumulation und des Umsatzes von Lipiden im herbivoren Zooplankton in arktischen Lebensräumen ist wichtig für die Überwinterung und die Reproduktion. Das lipidreiche Zooplankton wiederum hat vor allem eine Bedeutung für die höheren Organismen in der arktischen marinen Nahrungskette von den Fischen bis hin zu den Warmblütern, wie z.B. den Robben, Eisbären und Walen. Letztere bauen ihre großen Fettreserven durch die Ernährung mit Plankton auf. Die Lipidreserven des Zooplanktons und die in ihm enthaltenen essentiellen Fettsäuren sind nicht nur im Hinblick auf die Organismen der arktischen Breiten interessant. Die Grönlandsee/Framstraße ist ein bedeutendes Fischereigebiet, daher sind die essentiellen Fettsäuren, die über die arktische marine Nahrungskette in den Lipiden der Fische angereichert werden, auch für die menschliche Ernährung von Bedeutung.

Bei dieser Untersuchung konnten einige Aspekte zum Umsatz und zur Verteilung von Lipiden aus methodischen und zeitlichen Gründen nicht bearbeitet werden und bilden daher die Grundlage für weitere Forschungen auf dem Gebiet der marinen Lipide.

Neben der Bestimmung des Umsatzes von  $^{14}\text{C}$  in den verschiedenen Lipidklassen ist die Bestimmung der Akkumulation von  $^{14}\text{C}$  in einzelnen Fettsäuren und Alkoholen ein weiterer interessanter Punkt, der mit Hilfe der  $^{14}\text{C}$  Methode ermittelt werden kann. So lassen sich mögliche Unterschiede in der Anreicherung von  $^{14}\text{C}$  in diesen Komponenten ermitteln, die dazu dienen, z.B. Rückschlüsse über die *de novo* Synthese der Wachsester und Umsatz von Nahrungsfettsäuren zu gewinnen.

Die Wachsester haben eine große Bedeutung als Energiequelle der arktischen Copepoden und sind die Vorstufe von Triacylglyceriden, die in den Lipiden der meisten kommerziell genutzten Fische im Gebiet der Grönlandsee/Framstraße und den angrenzenden Gewässern vorkommen. Trotz der Bedeutung der Wachsester für das arktische marine Ökosystem ist nur wenig über die biochemischen und die enzymatischen Bildungsmechanismen der Wachestersynthese bekannt. Unter Anwendung molekularbiologischer Methoden sollte es möglich sein, das Gen, welches für die Wachstersynthese verantwortlich ist, zu isolieren. In weiteren Schritten wäre es dann möglich, das Wachstersynthese-Enzym zu synthetisieren und für biotechnologische Prozesse verfügbar zu machen.

## 7. Literatur

- Aagaard, K. (1982). Inflow from the Atlantic Ocean to the Polar Basin. In: Rey, L. (ed.), *The Arctic Ocean*. Wiley & Sons, N.Y., 69-81.
- Aagaard, K. & Coachman, L.K. (1968b). The East Greenland Current north of Denmark Strait: Part II. *Arctic*, 21: 267-290.
- Ackman, R.G. (1981). Flame ionization detection applied to thin layer chromatography on coated quartz rods. *Methods in Enzymology*, 72: 205-252.
- Ackman, R.G. & Eaton, C.A. (1967). Fatty acid composition of the decapod shrimp, *Pandalus borealis*, in the relation to that of the euphausiid, *Meganyctiphanes norvegica*. *J. Fish. Res. Can.*, 24: 467-471.
- Ackman, R.G., Tocher, C.S. & McLachlan, J. (1968). Marine phytoplankter fatty acids. *J. Fish. Res. Board Can.*, 25: 1603-1620.
- Allen, W.V. (1968). Fatty acid synthesis in Echinoderms: *Asterias rubens*, *Echinus esculentus* and *Holothuria forskati*. *J. Mar. Biol. Assoc. U.K.*, 48: p. 521.
- Barthel, K.-G. (1986). Die Stellung dominanter Copepoden-Arten im Nahrungsgefüge typischer Wasserkörper der Grönland-See. *Ber. Inst. Meereskunde Kiel*, 158: 107pp.
- Baumann, M. (1990). Untersuchung zur Primärproduktion und Verteilung des Phytoplanktons der Grönlandsee mit Kulturexperimenten zum Einfluß des Lichtes und der Temperatur auf Wachstum und Photosyntheseleistung arktischer Diatomeen. Dissertation, RWTH Aachen: 129pp.
- Becker, V. (1987). Laboruntersuchungen zum Einfluß der Lichtintensität auf die Primärproduktion von *Thalassiosira rotula* (Meunier)- Ein Methodenvergleich. Diplomarbeit RWTH Aachen: 130pp.
- Bell, M.V. & Dick, J.R. (1991). Molecular species composition of the major diacylglycerophospholipids from muscle, liver, retina and brain of cod (*Gadus morhua*). *Lipids*, 26: 565-573.

- Bell, M.V., Henderson, R.J., Sargent, J.R. (1986). The role of polyunsaturated fatty acids in fish. *Comp. Biochem. Physiol.*, 83B: 711-719.
- Bourke, R.H., Newton, J.L., Paquette, R.G. & Tunnicliffe, M.D. (1987). The westward turning branch of the West Spitsbergen Current. *J. Geophys. Res.*, 93: 14065-14077.
- British Nutritional Foundation (1992). Unsaturated fatty acids. Nutritional and physiological significance. The report of the British Nutritional Foundation's task force. Chapman & Hall, London, 206pp.
- Buckley, J.R., Gammelrød, T., Johannessen, J.A., Johannessen, O.M. and Røed, L.P. (1979). Upwelling: Oceanic structure at edge of the Arctic ice pack in winter. *Science*, 203: 165-167.
- Cannon, J.A. (1990). Development and dispersal of red tides in the Port River, South Australia. In: Granéli, E., Sundstrøm, B., Edler, L., Anderson, D.M. (eds.), *Toxic marine phytoplankton*. Elsevier, Amsterdam, 110-115.
- Coachman, L.K. and Aagaard, K. (1974). Physical oceanography of Arctic and Subarctic seas. In: Hermann, Y. (ed.), *Marine geology and oceanography of Arctic seas*. Springer, New York, 1-72.
- Conover, R.J. (1967). Reproductive cycle, early development, and fecundity in laboratory populations of the copepod *Calanus hyperboreus*. *Crustaceana*, 13: 61-72.
- Copping, A.E. & Lorenzen, C.J. (1980). Carbon budget of a marine phytoplankton-herbivore system with carbon-14 as tracer. *Limnol. Oceanogr.*, 25(5): 873-882.
- Crawford, M.A. (1992). The role of dietary fatty acids in biology: their place in the evolution of the human brain. *Nutrition Reviews*, 50: 3-11.
- Cuhel, R.L., Ortner, P.B. & Lean, D.R.S. (1984). Night synthesis of protein by algae. *Limnol. Oceanogr.*, 29: 731-744.
- Dawson, J.K. (1978). Vertical distribution of *Calanus hyperboreus* in the central Arctic Ocean. *Limnol. Oceanogr.*, 23: 950-957.
- Dembitsky, V.M. (1980). Lipids of marine origin. A study in *Ophiura sarsi* phospholipids. *Bioorg. Chem.*, 6: 249.

- Diel, S., (1989). On the life history of the dominant copepod species (*Calanus finmarchicus*, *C. glacialis*, *C. hyperboreus*, *Metridia longa*) in the Fram Strait. Ber. Polarforsch., 88: 113pp.
- Donaghay, P.L. & Small, L.F. (1979). Food selection capabilities of the estuarine copepod *Acartia clausi*. Mar. Biol., 52: 137-146
- Ebert, K. & Ederer, H. (1985). Computeranwendungen in der Chemie, Verlag Chemie, Weinheim, 457pp.
- Fahl, K. (1991). Chromatographische Untersuchungen der Lipide ausgewählter Organismen und Habitate des Weddellmeeres (Antarktis). Diplomarbeit, Uni. Bremen: 59pp.
- Falk-Petersen, S., Sargent, J.R. & Tande, K.S. (1987). Lipid composition of zooplankton in relation to the Sub-Arctic food web. Polar Biol., 8: 115-120.
- Falk-Petersen, S., Hopkins, C.C.E. & Sargent, J.R. (1990). Trophic relationships in the pelagic arctic food web. In: Barnes, M. & Gibson, R.N. (eds.), Trophic relationships in the marine environment. Proc. 24<sup>th</sup> Europ. Mar. Biol. Symp., Aberdeen University Press, Aberdeen, 315-334.
- Farkas, T., Nevenzel, J.C. & Benson, A.A. (1973). Lipid labelling with P-32 orthophosphate and C-14 acetate in marine copepod. Lipids, 8: 728-731.
- Farkas, T., Kariko, K. & Csengeri, I. (1981). Incorporation of [1-<sup>14</sup>C] acetate into fatty acids of the crustaceans *Daphnia magna* and *Cyclops strenus* in relation to temperature. Lipids, 16: 418-422.
- Farkas, T., Storebakken, T., Bhosle, N.B. (1988). Composition and physical state of phospholipids in calanoid copepods from India and Norway. Lipids, 23: 619-622.
- Folch, J., Lees, M. & Sloane-Stanley, G.H. (1957). A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. J. biol. Chem., 226: 497-509.
- Fraser, A.J., Tocher, D.R. & Sargent, J.R. (1985). Thin-layer chromatography-flame ionization detection and quantitation of marine neutral lipids and phospholipids. J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 88: 91-100.

- Fraser, A.J., Sargent, J.R. Gamble, J.C. & Seaton, D.D. (1989). Formation and transfer of fatty acids in an enclosed marine food chain comprising phytoplankton, zooplankton and herring (*Clupea harengus* L.) larvae. *Mar. Chem.*, 27: 1-18.
- Frost, B.W. (1972). Effects of size and concentration of food particles on the feeding behavior of the marine planktonic copepod *Calanus pacificus*. *Limnol. Oceanogr.*, 17(6): 805-815.
- Gammelsrød, T.M., Mork, E. & Røed, L.P. (1975). Upwelling possibilities at an ice edge, homogenous model. *Mar. Sci. Comm.*, 1: 115-145.
- Gargas, G. (1975). A manual for phytoplankton primary production studies in the Baltic. The Baltic marine biologist in cooperation with the Danish agency of environmental protections, Gargas (ed.).
- Gascard, J.C., Kergomard, C., Jeanin P.F. & Fily, M. (1988). Diagnostic study of Fram Strait marginal ice zone during summer from 1983 and 1984 Marginal Ice Zone Experiment Lagrangian observations. *J. Geophys. Res.*, 93: 361-364.
- Gatten, R.R., Sargent, J.R., Forsberg, T.E.V., O'Hara, S.C.M., Corner, E.D.S. (1980). On the nutrition and metabolism of zooplankton. *J. mar. biol. Ass. U.K.*, 60: 391-399.
- Goutx, M. & Saliot, A. (1980). Relationship between dissolved and particulate fatty acids and hydrocarbons, chlorophyll a and zooplankton biomass in Villefranche Bay, Mediterranean Sea. *Mar. Chem.*, 8: 299-318.
- Gradinger, R. (1986). Die Phytoplanktonverteilung in der Framstraße zwischen Grönland und Spitzbergen. Diplomarbeit, Universität Kiel: 94pp.
- Graeve, M. & Kattner, G. (1992). Species-specific differences in intact wax esters of *Calanus hyperboreus* and *C. finmarchicus* from Fram Strait/Greenland Sea. *Mar. Chem.*, im Druck.
- Grainger, E.H. (1963). Copepods of the genus *Calanus* as indicators of eastern Canadian waters. In: v. Dunbar, M.J. (ed.), *Marine Distributions*. Univ. Toronto Press, Toronto, 68-94.
- Gray, J.S. (1984). *Ökologie mariner Sedimente*, Springer, Berlin: 193pp.
- Guillard, R.R.L. & Ryther, J.H. (1962). Studies of marine planktonic diatoms. *Can. J. Microbiol.*, 8: 229-239.

- Hagen, W. (1988). Zur Bedeutung der Lipide im antarktischen Zooplankton. Ber. Polarforsch., 49: 129pp.
- Harrington, G.W., Beach, D.H., Dunham, J.E. & Holz, G.G. Jr. (1970). The polyunsaturated fatty acids of dinoflagellates. J. Protozool., 17: 213-219.
- Helland-Hansen, B. & Nansen, F. (1909). The Norwegian Seas: Its physical oceanography based upon the Norwegian researches 1900 - 1904. Rep. Norw. Fish. Mar. Investl, 2, (1(2)): 390pp.
- Hirche, H.-J. (1983). Overwintering of *Calanus finmarchicus* and *Calanus helgolandicus*. Mar. Ecol. Progr. Ser., 11: 281-290.
- Hirche, H.-J. (1989). Egg production of the Arctic copepod *Calanus glacialis*: laboratory experiments Mar. Biol., 103: 311-318.
- Hirche, H.-J. & Bohrer, R.N. (1987). Reproduktion of the Arctic copepod *Calanus glacialis*: in Fram Strait. Mar. Biol., 94: 11-17.
- Hirche, H.-J., Bauman, M.E.M., Kattner, G., Gradinger, R. (1991). Plankton distribution and the impact of copepod grazing on primary production in Fram Strait, Greenland Sea. J. Mar. Syst., 2: 477-494.
- Hooper, S.N. & Ackman, R.G. (1971). Trans-6-hexadecenoic acid and the corresponding alcohol in the lipids of the sea anemone, *Metridium dianthus*. Lipids, 7: p. 341.
- Hopkins, C.C.E., Sargent, J.R. & Nilssen, E.M. (1990). Total lipid content, and lipid and fatty acid composition of the deep-water prawn *Pandalus borealis* from Balsfjord, northern Norway: growth and feeding relationships. International Council for the Exploration of the Sea, Shellfish Committee, CM 1990/K:10.
- Jahnke, J. (1982). Laborversuche zur Beziehung zwischen Wachstums und Photosyntheserate von sechs planktischen, marinen Diatomeenarten. Dissertation, RWTH Aachen: 169pp.
- Jaschnov, V.A. (1970). Distribution of *Calanus* species in the seas of the northern hemisphere. Int. Revue Ges. Hydrobiol., 55: 197-212.
- Johannessen, O.M. (1986). Brief overview of the physical oceanography. In: Hurdle, B.G. (ed.), The Nordic Seas, Springer Verlag, New York, 103-127.

- Johannessen, O.M., Johannessen, J.A., Morison, J., Farrelly, B.A. & Svendsen, E.A.S. (1983). Oceanographic conditions in the marginal ice zone north of Svalbard in early fall 1979 with emphasis on mesoscale process. *J. Geophys. Res.* 88 (C5): 2755-2769.
- Joseph, J.D. (1975). Identification of 3,6,9,12,15-octadecapentaenoic acid in laboratory-cultured photosynthetic dinoflagellates. *Lipids* 7: 395-403.
- Kates, K. & Volcani, B.E. (1966). Lipid components of diatoms. *Biochim. Biophys. Acta*, 116: 264-278.
- Kattner, G. (1982). Analyse von Lipiden und Fettsäuren während des Frühjahrsplanktonwachstums in der nördlichen Nordsee (FLEX 1976). Dissertation Uni Hamburg: 105pp.
- Kattner, G. & Fricke, H.S.G. (1986). Simple gas-liquid chromatographic method for the simultaneous determination of fatty acids and alcohols in wax esters of marine organisms. *J. Chromatogr.*, 361: 263-286.
- Kattner, G. & Krause, M. (1987). Seasonal variations of lipids (wax esters, fatty acids and alcohols) in calanoid copepods from the North Sea. *Mar. Chem.*, 26: 261-275.
- Kattner, G. & Graeve, M. (1991). Wax ester composition of the dominant calanoid copepods of the Greenland Sea/Fram Strait region. *Polar Res.*, 10: 479-487.
- Kattner, G., Gercken, G. & Eberlein, K. (1983a). Development of lipids during a spring plankton bloom in the northern North Sea. I. Particulate fatty acids. *Mar. Chem.*, 14: 149-162.
- Kattner, G., Hirche, H.-J. & Krause, M. (1989). Spatial variability in lipid composition of calanoid copepods from Fram Strait, the Arctic. *Mar. Biol.*, 102: 473-480.
- Killiworth, P.D. (1979). On "chimney" formations in the ocean. *Journal of Physical Oceanography*, 9: 531-554.
- Krause, G. (1991). The Expedition ARKTIS VII of RV "Polarstern" in 1990. Report of leg ARK VII/2. *Ber. Polarforsch.*, 93: 55pp.
- Krause, G., Meinke, J. & Schwarz, H.J. (1991). Scientific cruise reports of Arctic expeditions ARK VI/ 1-4 of RV "Polarstern" in 1989. *Ber. Polarforsch.*, 87: 110pp.

- Körtzinger, A. (1991). Identifizierung von Fettsäuren in partikulärem organischen Material mit Hilfe der Gaschromatographie/Massenspektrometrie. Diplomarbeit Uni Kiel: 91pp.
- Koltermann, K.P. & Lüthje, H. (1989). Hydrographic atlas of the Greenland and northern Norwegian seas (1979-1987). Deutsches Hydrographisches Institut, Nr. 2328: 274pp.
- Lampert, W. (1977). Studies on the carbon balance of *Daphnia pulex* as related to environmental conditions. I. Methodological problems of the use of  $^{14}\text{C}$  for the measurement of carbon assimilation. Arch. Hydrobiol., 48: 287-309.
- 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. & Paffenhöfer, G.A. (1971b). Importance of wax esters and other lipids in the marine food chain: phytoplankton and copepods. Mar. Biol., 9: 99-108.
- Lewin, R.A. (1962) Physiology and biochemistry of algae. Academic Press, New York, 929pp.
- Marschall, S.M. & Orr, A. P. (1955). The biology of a marine copepod *Calanus finmarchicus* (Gunnerus). Oliver & Boyd, Edinburgh, 195pp.
- Malins, D.C. & Wekell, J.C. (1970). The lipid biochemistry of marine organisms. Prog. Chem. Fats Lipids, X: 339-363.
- Mayzaud, P., Chanut, J.P. & Ackman, R.G. (1989). Seasonal changes of the biochemical composition of marine particulate matter with special reference to fatty acids and sterols. Mar. Ecol. Prog. Ser., 56: 189-204.
- Moreno, V.J., de Moreno, J.E.A. & Brenner, R.R. (1979a). Fatty acid metabolism in the calanoid copepod *Paracalanus parvus*: 1. Polyunsaturated fatty acids. Lipids, 14: 314-317.

- Moreno, V.J., de Moreno, J.E.A. & Brenner, R.R. (1979b). Fatty acid metabolism in the calanoid copepod *Paracalanus parvus*: 2. Palmitate, stearate, oleate and acetate. *Lipids*, 14: 318-322.
- Morris, R.J. (1984). Studies of a spring phytoplankton bloom in an enclosed experimental ecosystem. II. Changes in the component fatty acids and sterols. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 75: 59-70.
- Morris, R.J., McCartney, M.J., Joint, I.J. & Robinson, G.A. (1985). Further studies of a spring phytoplankton bloom in an enclosed experimental ecosystem. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 86: 151-170.
- Mumm, N. (1991). Zur sommerlichen Verteilung des Mesozooplanktons im Nansenbecken, Nordpolarmeer. *Ber. Polarforsch.*, 92: 146pp.
- Niebauer, H.J. (1982). Wind and melt driven circulation in a marginal sea ice edge frontal system: A numerical model. *Cont. Shelf Res.* 1 (1): 29-78.
- Paquette, R.G., Bourke, R.H., Newton, J.F. & Perude W.F. (1985). The east Greenland polar front in autumn. *J. Geophys. Res.*, 90: 4866-4882.
- Paradis, M. & Ackman, R.G. (1977). Influence of ice cover and man on odd-chain hydrocarbons and fatty acids in the waters of Jeddore harbor, Nova Scotia. *J. Fish. Res. Board Can.*, 34: 2156-2163.
- Parrish, C.C. (1987b). Time series of particulate and dissolved lipid classes during spring phytoplankton blooms in Bedford basin, a marine inlet. *Mar. Ecol. Progr. Ser.*, 35: 129-139.
- Parrish, C.C. (1988). Dissolved and particulate marine lipid classes: a review. *Mar. Chem.*, 23: 17-40.
- Pascall, J.C. and Ackman, R.G. (1976). Long chain monoethylenic alcohol and acid isomers in lipids of copepods and capelin. *Chem. Phys. Lip.*, 16: 219-223.
- Peters, R.H. (1984). Methods for the study of feeding, grazing and assimilation by zooplankton. In: Downing, J.A. & Rigler, F.H. (eds.), *A manual on methods for the assessment of secondary productivity in fresh waters*, Blackwell Scientific Publications, 336-412.
- Piepenburg, D. (1988). On the composition of the Benthic Fauna of the Western Fram Strait. *Ber. Polarforsch.*, 52: 118pp.

- Pohl, P. & Zurheide, F. (1979). Fatty acids and lipids of marine algae and their control of biosynthesis by environmental factors. In: Hoppe, H.A. et al. (eds). Marine algae in pharmaceutical science, Walter de Gruyter, Berlin: 473-523.
- Quadfasel, D. & Meinke, J. (1987). Note on the thermal structure of the Greenland Sea gyres. *Deep Sea Res.*, 34 : 1883-1888.
- Quadfasel, D., Gascard, J.C. & Kolterman, K.P. (1987). Large scale oceanography in Fram Strait during the 1984 Marginal Ice Zone Experiment. *J. Geophys. Res.* 92 (C7): 6719-6728.
- Reemtsma, T. (1988). Was macht das Fett im Meer? Die Analytik der Fettsäuren und ihre Anwendung auf partikuläres Material aus dem Bereich des nord-westlichen Indischen Oceans. Diplomarbeit Uni Hamburg: 103pp.
- Røed, L.P. & O'Brien, J.J. (1983). A coupled ice-ocean model of upwelling in the marginal ice zone. *J. Geophys. Res.* 88 (C5): 2863-2872.
- Rudiyakov, Y.A. (1983). Vertical distribution of *Calanus hyperboreus* (Copepoda) in the central Arctic Basin. *Oceanology*, 23: 249-254.
- Saliot, A., Goutx, M., Fevrier, A., Tusseau, D. and Andrie, C. (1982). Organic sediment in the water column in the Arabian Sea: Relationship between the lipid composition of small and large-size, surface and deep particles. *Mar. Chem.*, 11: 257-278.
- Sargent J.R. (1978). Marine wax esters. *Sci. Prog. Oxf.*, 65: 437-458.
- 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.
- Sargent, J.R. & Falk-Petersen, S. (1988). The lipid biochemistry of calanoid copepods. *Hydrobiologia*, 167/168: 101-114.
- Sargent, J.R. & Henderson, R.J. (1986). Lipids. In: Corner, E.D.S. & O'Hara, S.C.M. (eds.), *The biological chemistry of marine copepods*. Clarendon Press, Oxford, 59-108.
- Sargent, J.R., Gatten, R.R. & Henderson, R.J. (1981). Lipid biochemistry of zooplankton from high latitudes. *Oceanis*, 7: 623-632.

- Sargent, J.R., Lee, R.F. & Nevenzel, J.C. (1976). Marine waxes. In: Kolattukudy, P. (ed.), Chemistry and biochemistry of natural waxes, Elsevier, Amsterdam, 50-91.
- Sargent, J.R., McIntosh, R., Bauermeister, A. & Blaxter, J.H.S. (1979). Assimilation of the wax esters of marine zooplankton by herring (*Clupea harengus*) and rainbow trout (*Salmo gairdnerii*). Mar. Biol., 51: 203-207.
- Sargent, J.R. & Whittle, K.J. (1981). Lipids and hydrocarbons in the marine food web. In: Analysis of marine ecosystems. Longhurst, A. (ed.), Academic Press, London, 491-533.
- Smith, D.C., Morison, J.H., Johannessen, J.A., Untersteiner, N. (1984). Topographic generation of an eddy at the edge of the East Greenland Current. J. Geophys. Res., 89: 8205-8208.
- Smith, S.L. (1988). Copepods in Fram Strait in summer: Distribution, feeding and metabolism. J. Mar. Res., 46: 145-181.
- Smith, S.L. (1990). Egg production and feeding by copepods prior to the spring bloom of phytoplankton in Fram Strait, Greenland Sea. Mar. Biol., 106: 59-69.
- Smith, W.O., Baumann, M.E.M., Wilson, D.L. & Aletsee, L. (1987). Phytoplankton biomass and productivity in the marginal ice zone of the Fram Strait during summer, 1984. J. Geophys. Res., 92: 6777-6786.
- Spilhaus, A.F. Jr., (1968). Observation of light scattering in sea water. Limnol. Oceanogr., 13: 418-422.
- Stahl, E. (1967). Dünnschichtchromatographie ein Laboratoriumshandbuch, Stahl, E. (ed.), Springer Verlag, Berlin.
- Stosch, H.A.v. & Drebes, G. (1964). Entwicklungsgeschichtliche Untersuchungen an zentrischen Diatomeen IV. Die Plankton-diatomee *Stephanophyxis turris*, ihre Behandlung und Entwicklungsgeschichte. Hellgoländer wiss. Meeresunters., 11: 209-257.
- Strickland, J.D.H. & Parsons, T.R. (1972). A manual of seawater analysis. Bull. Fish. Res. Bd. Canada , 125: 185pp.

- Swift, J.H. & Aagaard, K. (1981). Seasonal transition and water mass formation in the Iceland and Greenland seas. *Deep Sea Res.* 28A: 1107-1129.
- Tillmann, U. (1987). Versuche zur Abhängigkeit des Fett- und Proteingehaltes arktischer Diatomeen von Temperatur und Licht in statischen Kulturen. Diplomarbeit, RWTH Aachen: 100pp.
- Vinje, T.E. (1977). Sea ice conditions in the European sector of the marginal seas of the Arctic, 1966-1975. In: Lundquist, K.Z. (ed.), *Norsk Polarinstitut Arbok 1975*, Norsk Polarinstitut Oslo, 163-174.
- Wadhams, P. (1981). The ice cover in Greenland and Norwegian Seas. *Rev. Geophys.* 19 (3): 345-393.
- Wadhams, P. (1983). Sea-ice thickness distribution in Fram Strait. *Nature* 305: p. 5930.
- Wadhams, P. & Squire, V.A. (1983). An ice-water vortex at the edge of East Greenland Current. *J. Geophys. Res.* 88 (C5): 2770-2780.
- Wakeham, S.G. (1982). Organic matter from a sediment trap experiment in the equatorial North Atlantic: Wax esters, steryl esters, triacylglycerols and alkyldiacylglycerols. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 46: 2239-2257.

## 8. Anhang

Tabelle	1-9	Phytoplanktonproben ARK VII/2, Stationen Grönlandsee/Framstraße
Tabelle	10-12	Einzelbestimmungen von <i>Calanus hyperboreus</i> f.
Tabelle	13-30	Zooplanktonproben ARK VII/2, Stationen Grönlandsee/Framstraße
Tabelle	31-36	Fütterungsversuche ARK VII/2
Tabelle	37-48	Fütterungsversuche ARK VIII/1u.2
Tabelle	49-50	Benthosproben ARK VI/4
Tabelle	51-55	Benthosproben ARK VII/2
Tabelle	56-57	Benthosproben ARK VIII/2



Tab. 1: Phytopankton ARK 7/2, p40-p41

Fettsäuren	6/St.98 0m	St 98/p40 20m	St 108/p41 0m	11/St.109 0mC.	St 115/p3 Cili	22/St.134 0m	26/St.147 20m
Tiere							
std	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
12 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
14 : O	10,21	10,73	7,79	7,29	7,54	11,32	10,34
15 : O	0,00	1,04	1,31	0,00	1,20	0,85	1,34
16 : O	18,71	33,28	21,25	15,34	17,53	15,67	17,45
16 : 1(n-7)	33,47	35,79	13,40	18,45	12,68	4,66	2,43
16 : 1(n-5)	0,59	0,31	1,65	1,35	1,25	0,00	0,63
16 : 2(n-6)	0,82	1,57	0,00	0,27	0,00	0,38	0,63
16 : 3(n-3)	0,39	1,85	0,00	0,44	0,00	0,58	0,79
16 : 4(n-3)	1,93	3,39	0,00	0,75	0,00	0,19	0,79
18 : O	2,09	8,97	4,21	2,04	3,25	2,54	3,04
18 : 1(n-9)	1,68	3,07	3,77	4,15	4,08	4,72	4,96
18 : 1(n-7)	0,92	0,00	4,33	1,38	1,43	1,04	1,42
18 : 2(n-6)	1,80	0,00	2,74	1,70	2,16	3,39	2,74
18 : 3(n-3)	0,39	0,00	2,40	1,20	1,27	3,33	2,42
18 : 4(n-3)	1,95	0,00	6,70	4,13	5,24	10,66	8,60
18 : 5(n-3)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 1(n-9)	0,00	0,00	0,00	6,51	0,00	11,99	11,83
20 : 1(n-7)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 2(n-6)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 3(n-3)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 4(n-6)	0,39	0,00	0,00	0,48	0,00	0,19	0,00
20 : 5(n-3)	21,52	0,00	11,28	13,72	10,95	12,63	11,04
22 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
22 : 1(n-11)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
22 : 1(n-9)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
22 : 5(n-3)	0,00	0,00	0,00	0,26	0,00	0,00	0,00
22 : 6(n-3)	3,14	0,00	19,19	20,52	31,42	15,88	19,54

Alkohole

14 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
16 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
16 : 1(n-7)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
18 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
18 : 1(n-9)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
18 : 2(n-6)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 1(n-9)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
22 : 1(n-11)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Ges. Gehalt ug	166,00	75,00	75,00	566,00	397,00	33,00	19,00
GG ug/L	41,50	18,80	18,80	141,50	99,30	8,25	4,75
Chlorophyll ug/L	0,23	0,13	0,13	0,16	0,12	0,55	1,20

Tab. 2: Phytoplankton ARK 7/2, p42-p47

Fettsäuren	St. 109/p42 0m	St. 109/p43 10m	St.120/p45 0m	St. 120/p46 20m	St. 132/p47 0m
Tiere					
std	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
12 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
14 : O	6,13	6,44	5,55	7,95	8,55
15 : O	1,10	1,05	1,69	1,95	2,01
16 : O	16,61	19,98	17,74	19,27	22,20
16 : 1(n-7)	11,29	5,76	8,13	9,33	5,84
16 : 1(n-5)	0,97	2,25	0,98	1,00	0,99
16 : 2(n-6)	0,69	0,00	0,76	0,88	0,99
16 : 3(n-3)	0,00	0,00	0,41	0,74	0,55
16 : 4(n-3)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
18 : O	3,66	2,60	4,19	5,09	8,34
18 : 1(n-9)	4,14	4,67	3,94	3,71	11,75
18 : 1(n-7)	4,28	3,06	9,03	6,69	2,42
18 : 2(n-6)	2,46	1,88	1,11	0,86	2,83
18 : 3(n-3)	2,17	2,02	0,95	0,83	1,08
18 : 4(n-3)	4,46	6,01	3,11	3,21	4,22
18 : 5(n-3)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 1(n-9)	7,32	11,75	5,03	5,19	7,12
20 : 1(n-7)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 2(n-6)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 3(n-3)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 4(n-6)	0,78	0,66	0,60	0,48	0,30
20 : 5(n-3)	13,95	13,06	14,61	11,82	8,79
22 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
22 : 1(n-11)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
22 : 1(n-9)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
22 : 5(n-3)	0,54	0,76	1,07	1,07	0,73
22 : 6(n-3)	19,44	18,03	21,12	19,94	11,35

Alkohole

14 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
16 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
16 : 1(n-7)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
18 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
18 : 1(n-9)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
18 : 2(n-6)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 1(n-9)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
22 : 1(n-11)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Ges. Gehalt ug	52,00	45,00	27,00	4,00	15,00
GG ug/L	13,00	11,30	6,80	1,00	3,80
Chlorophyll ug/L	0,16	0,28	0,06	0,12	0,10

Tab. 3: Phytoplankton ARK 7/2, p48-p54

Fettsäuren	St.134/p48 30m	St. 134/p49 0m	St. 140/p51 0m	St. 140/p52 20m	St. 147/p53 0m	St. 147/p54 20m
Tiere						
std	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
12 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
14 : O	8,53	10,77	10,48	9,39	8,89	8,34
15 : O	1,72	0,86	0,54	0,66	0,83	1,16
16 : O	19,99	14,93	13,45	12,06	13,19	14,86
16 : 1(n-7)	4,33	6,64	4,62	5,67	5,21	4,36
16 : 1(n-5)	1,51	0,38	0,50	0,67	0,92	0,81
16 : 2(n-6)	0,84	0,42	0,00	0,44	0,29	0,46
16 : 3(n-3)	0,48	0,29	0,59	0,54	0,51	0,68
16 : 4(n-3)	0,00	0,85	0,59	1,12	0,67	0,71
18 : O	5,82	2,71	1,42	1,39	1,64	2,95
18 : 1(n-9)	9,19	7,12	6,97	3,84	6,03	5,91
18 : 1(n-7)	1,19	1,41	1,57	0,98	1,35	0,96
18 : 2(n-6)	2,35	3,11	3,38	2,63	2,87	2,64
18 : 3(n-3)	1,78	3,08	2,77	2,82	2,83	2,54
18 : 4(n-3)	5,88	7,56	8,55	10,05	8,83	8,27
18 : 5(n-3)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 1(n-9)	10,00	10,06	12,88	12,75	11,89	11,28
20 : 1(n-7)	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 2(n-6)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 3(n-3)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 4(n-6)	0,31	0,64	0,35	0,40	0,30	0,30
20 : 5(n-3)	9,89	12,89	11,03	14,34	12,58	12,60
22 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
22 : 1(n-11)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
22 : 1(n-9)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
22 : 5(n-3)	1,33	1,05	0,69	0,76	0,74	0,97
22 : 6(n-3)	14,82	15,24	19,61	19,48	20,39	20,19
Alkohole						
14 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
16 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
16 : 1(n-7)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
18 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
18 : 1(n-9)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
18 : 2(n-6)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 1(n-9)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
22 : 1(n-11)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ges. Gehalt ug	16,00	22,00	78,00	61,00	34,00	19,00
GG ug/L	4,00	5,50	19,50	15,30	8,50	4,80
Chlorophyll ug/L	0,81	0,55	0,85	0,85	1,06	1,20

Tab. 4: Phytoplankton ARK 7/2, PPL3

Fettsäuren	27/St.153 0+20	St 163/p13 0m	St 170/p15 0m	St 170/p14 20m	43/St.174 0m
Tiere					
std	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
12 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
14 : O	24,28	22,74	37,14	27,66	11,84
15 : O	0,00	2,01	0,00	0,00	0,22
16 : O	61,76	30,16	47,39	53,04	20,23
16 : 1(n-7)	0,85	7,59	0,00	0,00	17,52
16 : 1(n-5)	0,00	0,87	0,00	0,00	0,88
16 : 2(n-6)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
16 : 3(n-3)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
16 : 4(n-3)	0,00	2,39	0,00	0,00	1,28
18 : O	13,12	7,02	15,46	19,31	2,51
18 : 1(n-9)	0,00	3,22	0,00	0,00	12,50
18 : 1(n-7)	0,00	1,16	0,00	0,00	1,10
18 : 2(n-6)	0,00	2,30	0,00	0,00	1,96
18 : 3(n-3)	0,00	0,52	0,00	0,00	2,25
18 : 4(n-3)	0,00	2,26	0,00	0,00	4,14
18 : 5(n-3)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 1(n-9)	0,00	0,00	0,00	0,00	4,12
20 : 1(n-7)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 2(n-6)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 3(n-3)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 4(n-6)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 5(n-3)	0,00	10,44	0,00	0,00	10,56
22 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
22 : 1(n-11)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
22 : 1(n-9)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
22 : 5(n-3)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
22 : 6(n-3)	0,00	7,33	0,00	0,00	8,88

Alkohole

14 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
16 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
16 : 1(n-7)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
18 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
18 : 1(n-9)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
18 : 2(n-6)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 1(n-9)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
22 : 1(n-11)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Ges. Gehalt ug	16,00	30,00	6,00	22,00	85,00
GG ug/L	4,00	7,50	1,50	5,50	21,25
Chlorophyll ug/L	0,17	0,76	0,41	1,44	0,53

Tab. 5: Phytoplankton ARK 7/2, PPL4

Fettsäuren	St174/p8 20m	St178/p5 0m	St178/p4 20m	St180/p6 0m	St 184/p2 0m
Tiere					
std	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
12 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
14 : O	23,72	6,61	13,32	10,59	10,09
15 : O	1,98	0,61	1,03	0,53	0,70
16 : O	36,34	15,95	34,96	19,01	18,73
16 : 1(n-7)	5,16	17,17	12,49	21,03	27,33
16 : 1(n-5)	0,00	0,81	0,00	1,10	0,28
16 : 2(n-6)	0,00	0,00	0,00	0,82	0,58
16 : 3(n-3)	0,00	0,00	0,00	0,63	0,46
16 : 4(n-3)	3,34	2,90	0,00	3,50	1,28
18 : O	9,38	2,03	6,74	1,31	1,55
18 : 1(n-9)	3,08	3,51	12,60	3,85	3,24
18 : 1(n-7)	0,00	1,11	14,81	1,16	1,24
18 : 2(n-6)	0,00	2,30	1,65	2,15	2,61
18 : 3(n-3)	1,93	0,69	0,00	0,91	0,77
18 : 4(n-3)	0,00	1,98	2,42	2,76	2,05
18 : 5(n-3)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 1(n-9)	0,00	9,88	0,00	3,01	0,00
20 : 1(n-7)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 2(n-6)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 3(n-3)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 4(n-6)	0,00	0,87	0,00	1,69	4,45
20 : 5(n-3)	8,19	16,26	0,00	17,42	19,41
22 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
22 : 1(n-11)	0,00	9,08	0,00	0,00	0,00
22 : 1(n-9)	0,00	1,75	0,00	0,00	0,00
22 : 5(n-3)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
22 : 6(n-3)	6,88	6,49	0,00	8,51	5,22
Alkohole					
14 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	15,31
16 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	29,94
16 : 1(n-7)	0,00	0,00	0,00	0,00	11,50
18 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
18 : 1(n-9)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
18 : 2(n-6)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 1(n-9)	0,00	43,88	0,00	0,00	21,25
22 : 1(n-11)	0,00	56,12	0,00	0,00	22,00
Ges. Gehalt ug	15,00	344,00	60,00	121,00	121,00
GG ug/L	3,80	86,00	15,00	30,25	30,25
Chlorophyll ug/L	0,58	1,07	0,77	0,84	0,13

Tab. 6: Phytoplankton ARK 7/2, PPL5

Fettsäuren	St 184/p1 20m	St 190/p18 0m	St 190/p19 20m	St 191/p20 0m	St 191/p21 20m
Tiere					
std	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
12 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
14 : O	11,93	9,34	7,93	11,27	10,67
15 : O	0,68	0,56	0,00	0,39	1,00
16 : O	19,77	19,55	18,38	18,59	19,93
16 : 1(n-7)	29,85	27,74	23,56	27,30	22,85
16 : 1(n-5)	1,35	0,00	0,00	0,24	0,00
16 : 2(n-6)	1,01	0,00	0,00	0,77	1,03
16 : 3(n-3)	1,49	0,00	0,00	0,33	1,28
16 : 4(n-3)	2,86	1,41	1,52	2,30	2,19
18 : O	1,38	2,53	2,99	1,11	2,86
18 : 1(n-9)	2,21	2,48	2,99	1,93	2,37
18 : 1(n-7)	0,61	1,29	1,32	0,93	1,46
18 : 2(n-6)	1,56	2,14	2,43	2,87	1,98
18 : 3(n-3)	0,00	0,98	1,36	0,96	0,00
18 : 4(n-3)	1,78	2,17	2,71	2,84	2,43
18 : 5(n-3)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 1(n-9)	0,00	0,00	0,00	1,32	1,73
20 : 1(n-7)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 2(n-6)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 3(n-3)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 4(n-6)	2,25	0,00	0,00	22,25	0,00
20 : 5(n-3)	18,40	24,44	28,47	0,00	21,82
22 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
22 : 1(n-11)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
22 : 1(n-9)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
22 : 5(n-3)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
22 : 6(n-3)	2,86	5,37	6,34	4,60	6,41

Alkohole

14 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
16 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
16 : 1(n-7)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
18 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
18 : 1(n-9)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
18 : 2(n-6)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 1(n-9)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
22 : 1(n-11)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Ges. Gehalt ug	65,00	72,00	71,00	130,00	63,00
GG ug/L	16,30	18,00	17,80	32,50	15,80
Chlorophyll ug/L	2,08	0,16	0,44	0,67	0,66

Tab. 7: Phytoplankton ARK 7/2, PPL6

Fettsäuren	St 199/p26 0m	St 199/p27 20m	St 201/p28 0m	St 203/p30 0m	St 208/p9 20m
Tiere					
std	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
12 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
14 : O	35,66	32,43	11,14	27,96	27,57
15 : O	0,00	1,21	0,75	1,10	0,00
16 : O	59,69	61,50	38,70	56,68	53,62
16 : 1(n-7)	0,00	0,00	35,07	7,25	9,06
16 : 1(n-5)	0,00	0,00	0,19	0,00	0,00
16 : 2(n-6)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
16 : 3(n-3)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
16 : 4(n-3)	0,00	0,00	1,35	0,00	0,00
18 : O	4,65	4,86	1,88	2,56	3,00
18 : 1(n-9)	0,00	0,00	1,04	0,71	0,00
18 : 1(n-7)	0,00	0,00	0,37	0,36	0,00
18 : 2(n-6)	0,00	0,00	0,75	0,00	0,00
18 : 3(n-3)	0,00	0,00	0,35	0,18	0,00
18 : 4(n-3)	0,00	0,00	1,24	0,18	0,00
18 : 5(n-3)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 1(n-9)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 1(n-7)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 2(n-6)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 3(n-3)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 4(n-6)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 5(n-3)	0,00	0,00	6,24	3,02	5,87
22 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
22 : 1(n-11)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
22 : 1(n-9)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
22 : 5(n-3)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
22 : 6(n-3)	0,00	0,00	0,91	0,00	0,87
Alkohole					
14 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
16 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
16 : 1(n-7)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
18 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
18 : 1(n-9)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
18 : 2(n-6)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 1(n-9)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
22 : 1(n-11)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ges. Gehalt ug	54,00	38,00	196,00	104,00	36,00
GG ug/L	13,50	9,50	49,00	26,00	9,00
Chlorophyll ug/L	0,47	0,24	0,54	0,22	2,00

Tab. 8: Phytoplankton ARK 7/2, PPL7

Fettsäuren	St 210/p31 0m	St 210/p32 20m	St 212/p33 0m	St 214/p35 0m	St 214/p36 20m
Tiere					
std	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
12 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
14 : O	23,03	25,07	16,90	14,26	8,15
15 : O	1,52	1,39	0,70	0,48	0,50
16 : O	47,48	44,18	26,61	24,75	14,92
16 : 1(n-7)	7,01	9,28	23,39	21,65	19,01
16 : 1(n-5)	0,00	0,00	0,37	0,00	1,02
16 : 2(n-6)	0,00	0,00	0,73	0,00	1,12
16 : 3(n-3)	0,00	0,00	0,50	0,00	1,47
16 : 4(n-3)	0,00	2,84	1,78	1,29	3,24
18 : O	7,01	3,60	1,43	1,67	1,56
18 : 1(n-9)	5,20	1,94	2,42	2,24	2,28
18 : 1(n-7)	0,00	0,00	0,59	1,24	0,89
18 : 2(n-6)	0,32	0,00	1,24	0,95	1,18
18 : 3(n-3)	0,32	0,00	0,00	0,00	0,00
18 : 4(n-3)	0,00	0,00	1,87	1,72	1,78
18 : 5(n-3)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 1(n-9)	0,00	0,00	0,00	0,00	2,93
20 : 1(n-7)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 2(n-6)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 3(n-3)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 4(n-6)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 5(n-3)	6,69	9,76	17,47	23,13	27,45
22 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
22 : 1(n-11)	0,00	0,00	0,00	0,00	4,21
22 : 1(n-9)	0,00	0,00	0,00	0,00	1,95
22 : 5(n-3)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
22 : 6(n-3)	1,42	1,94	3,99	6,63	6,35

Alkohole

14 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
16 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
16 : 1(n-7)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
18 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
18 : 1(n-9)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
18 : 2(n-6)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 1(n-9)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
22 : 1(n-11)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Ges. Gehalt ug	69,00	44,00	154,00	120,00	99,00
GG ug/L	1703,00	11,00	38,50	30,00	24,80
Chlorophyll ug/L	0,30	2,77	0,56	0,10	1,41

Tab. 9: Phytoplankton ARK 7/2, PPL8

Fettsäuren	69/St.216 0m	St 218/p38 0m
Tiere		
std	0,00	0,00
12 : O	0,00	0,00
14 : O	26,17	16,59
15 : O	0,00	0,50
16 : O	39,45	33,18
16 : 1(n-7)	25,73	15,49
16 : 1(n-5)	0,54	0,00
16 : 2(n-6)	0,00	0,00
16 : 3(n-3)	0,00	0,00
16 : 4(n-3)	0,00	4,46
18 : O	4,03	2,71
18 : 1(n-9)	1,90	2,06
18 : 1(n-7)	0,54	0,00
18 : 2(n-6)	1,63	1,00
18 : 3(n-3)	0,00	0,00
18 : 4(n-3)	0,00	1,50
18 : 5(n-3)	0,00	0,00
20 : O	0,00	0,00
20 : 1(n-9)	0,00	0,00
20 : 1(n-7)	0,00	0,00
20 : 2(n-6)	0,00	0,00
20 : 3(n-3)	0,00	0,00
20 : 4(n-6)	0,00	0,00
20 : 5(n-3)	0,00	15,94
22 : O	0,00	0,00
22 : 1(n-11)	0,00	0,00
22 : 1(n-9)	0,00	0,00
22 : 5(n-3)	0,00	0,00
22 : 6(n-3)	0,00	6,57

Alkohole

14 : O	0,00	0,00
16 : O	0,00	0,00
16 : 1(n-7)	0,00	0,00
18 : O	0,00	0,00
18 : 1(n-9)	0,00	0,00
18 : 2(n-6)	0,00	0,00
20 : O	0,00	0,00
20 : 1(n-9)	0,00	0,00
22 : 1(n-11)	0,00	0,00

Ges. Gehalt ug	32,00	58,00
GG ug/L	8,00	14,50
Chlorophyll ug/L	1,07	2,15

Tab. 10: ARK 7/2, St. 218 C.hyp.

Fettsäuren	1	2	3	4	5	6
Tiere	1	1	1	1	1	1
std	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
12 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
14 : O	3,06	3,54	2,58	4,33	3,18	3,66
15 : O	0,00	0,00	0,00	0,08	0,00	0,08
16 : O	3,33	4,60	2,93	4,03	3,22	3,85
16 : 1(n-7)	19,21	16,49	10,85	19,94	13,85	20,99
16 : 1(n-5)	0,16	0,00	0,00	0,35	0,30	0,31
16 : 2(n-6)	1,21	1,03	1,19	1,07	1,13	1,13
16 : 3(n-3)	1,67	1,78	1,59	1,36	1,94	1,50
16 : 4(n-3)	4,04	4,97	6,35	3,99	6,07	3,37
18 : O	0,15	0,00	0,27	0,08	0,00	0,27
18 : 1(n-9)	1,41	1,48	1,59	2,54	2,11	1,71
18 : 1(n-7)	1,28	1,22	0,88	1,02	0,87	1,02
18 : 2(n-6)	0,57	0,52	0,57	0,95	0,54	0,66
18 : 3(n-3)	0,15	0,00	0,14	0,24	0,15	0,18
18 : 4(n-3)	1,62	1,57	1,69	1,88	1,93	1,52
18 : 5(n-3)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 1(n-9)	8,69	7,37	8,86	8,19	8,70	7,45
20 : 1(n-7)	2,95	1,97	1,40	2,14	1,97	2,54
20 : 2(n-6)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 3(n-3)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 4(n-6)	1,40	1,43	0,96	1,59	0,89	1,14
20 : 5(n-3)	30,75	36,15	37,19	29,80	35,08	31,41
22 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
22 : 1(n-11)	8,58	5,47	11,57	6,67	8,63	7,58
22 : 1(n-9)	3,88	2,21	2,65	3,50	3,64	3,28
22 : 5(n-3)	2,31	2,25	2,58	2,05	1,69	2,11
22 : 6(n-3)	3,60	5,96	4,17	4,19	4,11	4,24

Alkohole

14 : O	4,16	4,35	4,28	3,83	4,32	3,73
16 : O	6,67	7,47	6,35	6,41	6,47	6,16
16 : 1(n-7)	2,82	2,12	1,70	1,69	2,01	1,81
18 : O	0,22	0,00	0,00	0,00	0,00	0,23
18 : 1(n-9)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
18 : 2(n-6)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : O	0,29	2,30	0,38	1,02	0,40	0,29
20 : 1(n-9)	25,59	36,07	26,80	28,91	29,16	24,18
22 : 1(n-11)	60,26	47,69	60,48	58,14	57,65	63,60

Wachsester %	79,90	87,40	94,10	89,20	90,90	88,00
Ges. Lip. ug/Tier	2592,00	1533,00	2281,00	2447,00	3391,00	2912,00

Tab. 11: ARK 7/2, St. 218 C.hyp.

Fettsäuren	7	8	9	10	11	12
Tiere	1	1	1	1	1	1
std	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
12 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
14 : O	2,61	4,30	4,14	3,83	3,61	3,25
15 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
16 : O	2,72	4,11	3,14	3,59	3,22	3,70
16 : 1(n-7)	11,03	20,08	15,56	17,59	19,63	16,18
16 : 1(n-5)	0,12	0,29	0,16	0,20	0,00	0,14
16 : 2(n-6)	1,06	1,24	1,20	1,11	1,26	0,93
16 : 3(n-3)	1,54	1,68	1,76	1,91	1,05	1,32
16 : 4(n-3)	6,55	3,57	4,24	4,06	4,19	3,97
18 : O	0,00	0,00	0,00	0,08	0,19	0,83
18 : 1(n-9)	2,13	1,65	2,14	1,62	2,15	2,80
18 : 1(n-7)	0,56	1,37	1,20	0,95	1,82	1,06
18 : 2(n-6)	0,57	0,67	0,89	0,65	0,50	2,80
18 : 3(n-3)	0,25	0,29	0,23	0,17	0,00	0,35
18 : 4(n-3)	1,78	1,46	1,25	1,82	0,89	1,76
18 : 5(n-3)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 1(n-9)	10,45	8,26	11,14	7,20	12,49	8,00
20 : 1(n-7)	1,67	2,30	1,79	3,22	1,77	2,46
20 : 2(n-6)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 3(n-3)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 4(n-6)	0,86	1,27	1,33	1,77	0,97	1,34
20 : 5(n-3)	35,80	30,31	30,84	28,75	29,37	31,76
22 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
22 : 1(n-11)	11,11	8,14	7,44	10,66	8,98	8,04
22 : 1(n-9)	3,38	3,34	5,13	4,40	2,48	3,40
22 : 5(n-3)	2,11	1,90	2,03	2,68	1,59	1,99
22 : 6(n-3)	3,68	3,76	4,39	3,73	3,82	3,92

Alkohole

14 : O	4,64	3,60	4,41	3,29	4,82	4,11
16 : O	6,61	6,58	6,75	5,43	8,08	6,83
16 : 1(n-7)	1,86	2,47	2,08	1,75	2,30	1,83
18 : O	0,15	0,00	0,00	0,10	0,00	0,00
18 : 1(n-9)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
18 : 2(n-6)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : O	0,51	1,17	0,79	0,61	0,92	0,85
20 : 1(n-9)	26,48	23,70	29,22	24,76	31,89	27,36
22 : 1(n-11)	59,75	62,47	56,75	64,06	51,99	59,02

Wachsester %	89,50	92,40	92,70	88,90	94,00	87,00
Ges. Lip. ug/Tier	2507,00	2529,00	2065,00	2655,00	2166,00	2737,00

Tab. 12: ARK 7/2, St. 218 C.hyp.

Fettsäuren	13	14	15	16	17	18	19	70 Chf
Tiere	1	1	1	1	1	1	1	
std	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
12 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
14 : O	3,21	4,04	3,44	3,17	3,53	3,55	5,23	5,47
15 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08
16 : O	3,33	4,70	3,38	3,33	3,37	3,04	4,86	5,74
16 : 1(n-7)	14,18	15,81	15,86	15,85	15,69	18,16	12,85	19,24
16 : 1(n-5)	0,21	0,00	0,21	0,24	0,23	0,10	0,18	0,14
16 : 2(n-6)	1,31	1,38	0,99	0,92	0,94	1,18	1,26	1,02
16 : 3(n-3)	1,94	1,77	1,44	1,47	1,14	1,91	1,07	1,58
16 : 4(n-3)	6,33	3,56	4,22	3,84	4,14	4,58	2,71	4,77
18 : O	0,11	0,00	0,09	0,25	0,19	0,10	0,16	0,27
18 : 1(n-9)	3,06	2,68	2,50	1,97	2,17	2,09	2,52	1,99
18 : 1(n-7)	1,10	1,26	1,18	1,21	0,99	0,95	1,19	1,19
18 : 2(n-6)	0,70	0,88	0,63	0,78	0,85	0,80	1,59	0,62
18 : 3(n-3)	0,33	0,36	0,22	0,18	0,21	0,10	0,45	0,27
18 : 4(n-3)	2,89	1,44	1,65	1,96	1,79	1,78	1,18	1,31
18 : 5(n-3)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 1(n-9)	9,27	11,87	11,19	9,10	11,10	8,07	12,85	9,04
20 : 1(n-7)	1,95	2,39	2,40	3,35	2,57	2,17	2,11	2,41
20 : 2(n-6)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 3(n-3)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 4(n-6)	1,04	1,24	1,20	1,76	1,35	1,63	1,34	0,61
20 : 5(n-3)	32,00	28,83	36,16	31,46	29,79	31,68	24,47	28,50
22 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
22 : 1(n-11)	7,98	7,59	6,28	9,20	11,38	9,08	8,47	8,83
22 : 1(n-9)	2,84	3,30	2,54	3,30	3,36	3,17	6,87	3,41
22 : 5(n-3)	1,44	1,15	0,99	2,03	1,79	2,40	0,82	1,34
22 : 6(n-3)	4,77	5,74	3,42	4,63	3,42	3,47	7,75	2,25

## Alkohole

14 : O	3,63	3,65	5,29	4,74	4,24	5,25	2,12	5,57
16 : O	6,29	6,55	9,17	7,18	6,43	7,80	4,16	9,09
16 : 1(n-7)	1,67	1,65	2,46	2,78	1,99	3,18	0,74	1,95
18 : O	0,00	0,00	0,00	0,27	0,29	0,00	0,22	0,00
18 : 1(n-9)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,75
18 : 2(n-6)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : O	0,65	1,65	0,75	1,07	0,52	0,70	2,04	0,16
20 : 1(n-9)	30,33	33,67	36,97	29,15	28,39	25,03	31,47	27,69
22 : 1(n-11)	57,42	52,83	45,36	54,82	58,14	58,04	59,25	54,81

Wachsester %	93,40	88,60	83,80	81,60	85,20	86,50	89,80	92,90
Ges. Lip. ug/Tier	2729,00	2656,00	2591,00	2288,00	3013,00	2535,00	1671,00	1412,00

Tab. 13: ARK 7/2, St. 100-101 Zooplankton

Fettsäuren	Station 100				Station 101			
	zoo146/ Chf	zoo147/ ChV	zoo148/ Cff	zoo149/ CfV	zoo142/ Chf	zoo143/ ChV	zoo144/ Cff	zoo145/ CfV
Tiere	10	12	24	20	10	12	20	20
std	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
12 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
14 : O	2,63	2,98	16,26	16,74	3,23	3,11	20,15	21,35
15 : O	0,00	0,00	0,73	0,78	0,12	0,00	1,01	1,03
16 : O	3,25	3,37	9,43	9,42	4,30	4,73	10,41	11,06
16 : 1(n-7)	19,16	23,14	11,30	8,71	16,49	21,76	10,20	9,82
16 : 1(n-5)	0,15	0,22	0,73	0,66	0,30	1,10	0,82	0,71
16 : 2(n-6)	0,96	1,10	0,91	0,74	1,21	1,55	0,88	0,98
16 : 3(n-3)	1,03	1,27	1,23	1,08	1,00	1,39	1,16	0,00
16 : 4(n-3)	3,84	4,08	2,19	2,34	2,65	2,99	1,87	2,38
18 : O	0,24	0,30	0,69	0,76	0,38	0,46	0,84	0,98
18 : 1(n-9)	1,37	1,40	3,35	3,31	2,23	2,55	4,09	4,73
18 : 1(n-7)	1,28	1,34	0,78	0,55	1,36	1,49	0,63	1,43
18 : 2(n-6)	0,55	0,53	0,91	0,90	0,72	0,95	1,28	1,29
18 : 3(n-3)	0,22	0,12	0,63	0,86	0,31	0,44	0,90	0,87
18 : 4(n-3)	1,81	1,67	2,57	4,64	1,58	3,04	3,75	4,97
18 : 5(n-3)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 1(n-9)	12,42	11,77	12,40	10,13	17,91	14,69	9,04	8,81
20 : 1(n-7)	3,29	1,93	1,07	1,07	2,53	1,48	1,13	1,30
20 : 2(n-6)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 3(n-3)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 4(n-6)	0,57	0,41	0,64	0,86	0,70	0,61	0,84	0,81
20 : 5(n-3)	26,27	26,29	14,97	16,56	11,82	10,61	12,74	10,39
22 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
22 : 1(n-11)	11,89	10,69	11,99	12,78	14,08	16,75	10,51	10,02
22 : 1(n-9)	3,06	2,11	1,07	0,89	6,42	2,33	1,13	0,66
22 : 5(n-3)	1,77	1,75	0,00	0,00	2,18	1,12	0,48	0,54
22 : 6(n-3)	4,25	3,52	6,16	6,21	8,50	6,84	6,12	5,84

## Alkohole

14 : O	2,37	5,91	1,39	1,30	1,39	3,26	0,91	1,78
16 : O	5,53	11,23	6,05	6,76	4,24	8,95	6,40	6,77
16 : 1(n-7)	0,97	5,29	4,32	3,52	0,45	3,72	2,87	4,49
18 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
18 : 1(n-9)	0,68	1,00	2,67	3,42	0,95	1,29	3,67	3,73
18 : 2(n-6)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 1(n-9)	29,63	28,23	38,66	36,89	25,05	23,80	38,18	36,52
22 : 1(n-11)	60,82	48,33	46,91	48,12	67,92	58,98	47,97	46,70

Wachsester %	91,40	81,41	83,50	90,83	89,20	92,05	92,50	94,50
Ges. Lip. ug/Tier	2167,00	1551,00	80,00	96,00	458,00	307,00	71,00	73,00

Tab. 14: ARK 7/2, St. 103-104 Zooplankton

Fettsäuren	Station 103				Station 104				
	zoo133/ Cff	zoo134/ Cfv	zoo140/ Chf	zoo141/ Chv	zoo135/ Chf	zoo136/ Chv	zoo137/ Cgf	zoo138/ Cff	zoo139/ Cfv
Tiere	12	20	4	10	10	10	8	20	20
std	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
12:0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
14:0	17,65	23,01	3,25	3,64	3,55	2,89	10,53	14,13	14,20
15:0	1,01	1,24	0,00	0,00	0,00	0,00	0,44	0,83	0,58
16:0	10,60	11,29	4,15	4,49	5,49	4,10	9,85	10,47	9,15
16:1(n-7)	9,93	9,44	20,06	28,45	11,58	13,69	15,69	8,26	8,69
16:1(n-5)	1,32	1,12	1,13	0,35	1,15	0,64	0,58	1,50	1,33
16:2(n-6)	0,99	0,86	1,17	1,35	1,55	1,67	0,85	1,16	1,70
16:3(n-3)	1,25	0,73	0,52	0,93	1,81	1,80	0,36	1,50	1,56
16:4(n-3)	2,33	0,97	1,72	2,26	3,34	5,63	0,88	2,15	4,48
18:0	1,08	0,96	0,38	0,51	0,52	0,51	0,68	0,83	0,65
18:1(n-9)	4,27	4,75	2,62	2,11	2,91	2,43	4,32	4,37	8,94
18:1(n-7)	0,77	0,51	1,78	1,84	1,60	1,26	1,77	0,81	0,69
18:2(n-6)	1,74	1,24	0,70	0,98	0,85	0,92	1,22	0,92	0,74
18:3(n-3)	0,71	1,23	0,25	0,30	0,45	0,60	0,70	0,71	0,60
18:4(n-3)	3,27	3,72	0,75	1,79	2,81	5,76	2,12	3,22	4,24
18:5(n-3)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20:0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20:1(n-9)	7,71	9,51	13,59	11,24	17,44	14,12	15,01	12,56	9,03
20:1(n-7)	0,97	1,13	2,08	1,66	1,85	1,19	0,90	1,00	0,73
20:2(n-6)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20:3(n-3)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20:4(n-6)	0,60	0,84	0,33	0,48	0,75	0,78	0,34	0,79	0,69
20:5(n-3)	14,55	9,15	13,97	11,89	12,37	16,32	12,20	15,26	12,12
22:0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
22:1(n-11)	9,57	12,09	20,11	15,72	16,71	13,84	9,72	10,44	11,73
22:1(n-9)	0,63	0,74	2,80	3,07	3,22	2,51	1,34	0,98	0,70
22:5(n-3)	0,00	0,00	0,91	1,02	1,01	1,51	0,00	0,00	1,67
22:6(n-3)	9,05	5,48	7,73	5,91	9,04	7,85	10,48	8,10	5,78
Alkohole									
14:0	1,29	0,64	2,49	3,78	1,39	3,66	1,38	0,92	0,74
16:0	7,44	5,77	6,67	9,45	4,48	9,48	5,24	6,24	6,05
16:1(n-7)	3,55	2,08	1,00	4,79	0,75	1,72	2,28	3,10	1,51
18:0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
18:1(n-9)	4,04	3,64	1,07	0,89	1,56	1,86	2,13	3,94	2,31
18:2(n-6)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20:0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20:1(n-9)	36,27	39,47	26,51	21,33	25,60	28,68	50,76	40,31	36,61
22:1(n-11)	47,41	48,40	62,26	59,76	66,22	54,60	38,20	45,48	52,79
Wachsester %	84,10	93,75	79,10	91,87	88,50	92,42	84,80	90,70	95,91
Ges. Lip. ug/Tier	42,00	75,00	469,00	291,00	373,00	330,00	121,00	64,00	97,00

Tab. 15: ARK 7/2, St. 105-108 Zooplankton

Fettsäuren	Station 105				Station 108				
	zoo104/ Chf	zoo105/ ChV	zoo106/ Cff	zoo107/ CfV	zoo108/ Chf	zoo109/ ChV	zoo110/ ChIV	zoo111/ Cff	zoo112/ CfV
Tiere	10	10	26	29	10	10	16	26	33
std	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
12 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
14 : O	3,75	3,51	12,46	13,31	3,29	3,12	2,25	16,08	17,06
15 : O	0,00	0,00	0,65	0,63	0,00	0,00	0,00	0,84	0,87
16 : O	4,15	4,35	10,55	12,05	4,14	3,61	4,04	9,65	9,33
16 : 1(n-7)	6,68	6,27	7,58	7,87	6,95	8,22	4,15	5,46	6,05
16 : 1(n-5)	2,48	0,78	0,58	1,21	0,46	0,76	0,35	0,94	1,23
16 : 2(n-6)	0,59	0,62	0,85	0,68	0,69	0,92	0,39	0,57	0,62
16 : 3(n-3)	0,70	0,73	1,20	0,83	0,69	0,73	0,44	0,72	0,89
16 : 4(n-3)	1,17	1,33	1,54	1,04	1,97	3,82	0,98	0,13	1,27
18 : O	0,65	0,98	1,11	1,02	0,57	0,70	1,17	1,00	1,01
18 : 1(n-9)	3,96	4,91	3,57	3,10	3,54	3,92	4,82	4,85	4,34
18 : 1(n-7)	0,96	1,00	0,98	0,72	1,03	1,04	0,59	0,49	0,40
18 : 2(n-6)	1,04	1,93	0,77	0,74	1,34	1,46	1,15	0,88	0,81
18 : 3(n-3)	1,02	1,84	0,52	0,53	1,17	1,31	2,18	1,16	1,21
18 : 4(n-3)	7,94	14,55	3,53	6,78	7,89	11,61	22,43	8,96	12,40
18 : 5(n-3)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 1(n-9)	17,40	13,31	8,37	7,99	16,52	11,16	5,44	6,72	6,72
20 : 1(n-7)	1,48	1,08	0,77	0,72	1,56	1,06	0,72	0,79	0,98
20 : 2(n-6)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 3(n-3)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 4(n-6)	0,97	1,32	0,63	0,62	1,34	1,20	1,60	0,72	1,09
20 : 5(n-3)	11,98	13,64	17,34	14,62	16,65	20,59	21,20	15,62	14,67
22 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
22 : 1(n-11)	18,56	11,86	7,08	9,41	14,92	10,68	4,85	9,08	8,30
22 : 1(n-9)	3,69	2,06	0,88	1,16	3,52	1,63	0,75	0,96	0,88
22 : 5(n-3)	1,01	1,34	0,38	0,43	1,45	1,57	1,31	0,35	0,42
22 : 6(n-3)	9,82	12,61	18,67	14,52	10,32	10,91	19,20	14,05	9,43
Alkohole									
14 : O	1,64	4,56	1,57	1,56	1,60	5,41	6,38	1,50	1,34
16 : O	4,01	11,51	7,48	7,06	4,61	11,16	14,39	5,58	7,83
16 : 1(n-7)	0,48	1,52	4,26	3,85	0,48	1,39	3,01	1,95	3,05
18 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
18 : 1(n-9)	0,88	1,65	2,99	2,86	0,79	2,06	2,67	3,73	4,09
18 : 2(n-6)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 1(n-9)	28,31	30,89	40,78	37,35	29,03	31,67	28,03	34,42	35,04
22 : 1(n-11)	64,68	49,88	42,92	47,32	63,49	48,32	45,52	52,82	48,66
Wachsester %	91,30	90,20	74,60	78,30	96,70	86,47	83,27	85,20	87,39
Ges. Lip.									
ug/Tier	631,00	436,00	19,00	19,00	940,00	398,00	55,00	58,00	67,00

Tab. 16: ARK 7/2, ST. 109-110 Zooplankton

Fettsäuren	Station 109			Station 110				
	zoo113/ ChIV	zoo114/ Cff	zoo115/ CfV	zoo52/ Chf	zoo53/ ChV	zoo54/ ChIV	zoo55/ Cff	zoo56/ CfV
Tiere	15	20	20	10	10	18	22	35
std	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
12 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
14 : O	3,25	12,74	21,36	3,64	3,07	3,49	18,18	20,30
15 : O	0,00	0,73	1,21	0,21	0,00	0,00	1,11	1,07
16 : O	5,25	10,14	11,62	4,07	3,46	4,59	10,67	10,90
16 : 1(n-7)	4,00	7,45	9,82	8,73	6,27	4,92	7,24	8,12
16 : 1(n-5)	0,84	0,94	2,14	0,28	0,27	0,27	0,54	0,63
16 : 2(n-6)	0,40	0,77	0,87	0,72	0,53	0,39	0,66	0,71
16 : 3(n-3)	0,54	0,60	0,96	0,55	0,54	0,47	0,84	1,01
16 : 4(n-3)	0,66	0,45	0,71	0,83	1,94	0,81	0,54	1,79
18 : O	1,34	1,03	1,03	0,42	0,20	0,86	0,60	0,55
18 : 1(n-9)	5,23	4,87	5,03	3,69	4,38	5,27	4,95	4,28
18 : 1(n-7)	0,60	0,93	0,53	1,16	0,96	0,75	0,51	0,47
18 : 2(n-6)	1,32	0,89	0,94	1,31	1,49	1,17	0,81	0,69
18 : 3(n-3)	2,03	0,69	1,05	1,02	1,36	1,71	0,60	0,79
18 : 4(n-3)	20,54	3,28	6,29	7,45	14,26	17,06	3,24	7,44
18 : 5(n-3)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 1(n-9)	5,29	10,94	7,09	15,35	11,90	6,50	9,93	7,92
20 : 1(n-7)	0,67	0,90	1,02	1,78	0,64	0,55	0,62	0,91
20 : 2(n-6)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 3(n-3)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 4(n-6)	1,70	0,67	1,00	1,41	1,08	1,40	0,52	0,84
20 : 5(n-3)	19,50	13,67	8,95	16,11	20,91	17,52	8,78	11,25
22 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
22 : 1(n-11)	5,20	11,37	8,84	13,40	9,50	6,54	13,92	8,61
22 : 1(n-9)	0,78	1,28	0,92	5,10	2,34	1,61	1,94	1,27
22 : 5(n-3)	1,18	0,30	0,00	1,03	1,27	1,09	0,00	0,44
22 : 6(n-3)	19,69	15,37	8,62	11,74	13,64	23,05	13,80	9,99

## Alkohole

14 : O	7,15	0,89	0,79	1,52	4,83	6,94	0,68	1,26
16 : O	16,31	4,58	7,45	3,88	11,59	16,29	4,21	7,44
16 : 1(n-7)	3,07	2,59	2,74	0,49	2,22	2,53	2,08	3,15
18 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
18 : 1(n-9)	3,02	3,13	4,76	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
18 : 2(n-6)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 1(n-9)	28,19	38,35	38,73	27,62	29,68	27,00	34,84	43,13
22 : 1(n-11)	42,25	50,46	45,52	66,48	51,67	47,25	58,19	45,02

Wachsester %	74,50	83,70	90,01	96,90	89,13	80,63	88,40	87,78
Ges. Lip. ug/Tier	36,00	36,00	46,00	781,00	363,00	33,00	28,00	40,00

Tab. 17: ARK 7/2, St. 113-114 Zooplankton

Fettsäuren	Station 113					Station 114				
	zoo45/ CfV	zoo46/ Cff	zoo57/ Chf	zoo58/ ChV	zoo59/ ChIV	zoo47/ Chf	zoo48/ ChV	zoo49/ ChIV	zoo50/ Cff	zoo51/ CfV
Tiere	26	21	10	10	15	16	10	24	18	43
std	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
12 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
14 : O	28,70	16,71	4,43	4,23	7,69	4,34	3,60	3,64	18,64	22,43
15 : O	1,95	1,18	0,00	0,00	0,44	0,00	0,00	0,00	1,15	1,47
16 : O	13,80	11,01	5,10	4,49	7,10	4,12	4,06	5,68	10,23	10,46
16 : 1(n-7)	8,25	4,21	8,56	7,65	5,15	10,00	9,87	9,92	7,43	7,59
16 : 1(n-5)	0,96	0,56	0,00	0,36	0,41	0,00	0,26	0,36	0,62	0,76
16 : 2(n-6)	0,69	0,00	0,58	0,64	0,00	0,67	0,68	0,74	0,67	0,58
16 : 3(n-3)	0,00	0,00	0,49	0,39	0,56	0,82	0,41	0,49	0,74	0,70
16 : 4(n-3)	0,00	0,00	0,00	1,48	0,34	1,05	2,04	1,77	0,16	0,67
18 : O	0,58	0,98	0,46	0,39	0,71	0,00	0,38	0,55	0,73	0,43
18 : 1(n-9)	6,24	5,42	4,46	4,51	6,17	3,87	4,46	5,46	4,91	4,63
18 : 1(n-7)	0,34	0,58	1,26	1,13	0,78	1,38	1,18	1,05	0,72	0,42
18 : 2(n-6)	1,05	0,93	1,50	1,95	1,17	1,38	1,57	1,40	1,09	0,96
18 : 3(n-3)	0,69	0,49	1,04	1,17	1,32	0,60	0,97	1,31	0,67	0,91
18 : 4(n-3)	4,50	2,74	7,13	10,01	12,69	5,97	9,24	10,18	2,11	4,59
18 : 5(n-3)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 1(n-9)	5,95	7,58	17,29	11,93	9,70	15,05	10,51	6,67	7,57	7,31
20 : 1(n-7)	1,03	0,00	1,83	0,88	0,48	1,60	0,79	0,76	0,77	1,16
20 : 2(n-6)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 3(n-3)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 4(n-6)	0,78	0,00	1,10	1,04	1,13	1,02	1,43	1,56	0,79	1,28
20 : 5(n-3)	9,44	13,24	12,19	19,60	14,69	15,77	20,58	21,37	13,25	11,73
22 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
22 : 1(n-11)	6,91	10,59	12,28	10,26	8,01	14,45	10,02	5,37	10,23	10,01
22 : 1(n-9)	0,85	2,23	4,51	2,57	1,61	4,85	2,31	1,50	1,80	1,18
22 : 5(n-3)	0,00	0,00	1,00	1,19	0,90	1,16	1,92	1,66	0,20	0,36
22 : 6(n-3)	7,29	21,55	14,79	14,14	18,97	11,91	13,72	18,58	15,52	10,38
Alkohole										
14 : O	1,23	1,06	1,88	5,63	6,65	2,20	5,80	9,59	0,98	0,69
16 : O	8,42	3,66	5,45	12,65	9,84	4,64	11,97	18,42	5,22	6,13
16 : 1(n-7)	2,14	0,71	0,00	2,29	1,98	0,73	2,84	5,72	2,09	2,06
18 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
18 : 1(n-9)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
18 : 2(n-6)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 1(n-9)	39,01	33,65	28,81	30,86	36,18	28,47	29,10	24,81	39,28	37,16
22 : 1(n-11)	49,20	60,92	63,86	48,57	45,34	63,96	50,29	41,46	52,42	53,96
Wachsester %	87,85	67,60	91,50	82,19	70,33	91,80	87,59	76,67	75,60	96,56
Ges. Lip. ug/Tier	28,00	23,00	558,00	266,00	29,00	481,00	399,00	38,00	33,00	49,00

Tab. 18: ARK 7/2, ST. 117-120 Zooplankton

Fettsäuren Tiere	Station 117					Station 120		
	zoo37/ Chf	zoo38/ ChV	zoo39/ ChIV	zoo40/ Cff	zoo41/ CfV	zoo116/ Chf	zoo117/ ChV	zoo118/ ChIV
	10	10	25	20	60	6	14	30
std	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
12 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
14 : O	4,00	3,51	3,09	13,79	22,23	3,70	4,13	3,16
15 : O	0,21	0,00	0,00	0,98	1,45	0,00	0,00	0,08
16 : O	4,25	4,22	7,80	11,04	12,08	4,40	5,28	5,77
16 : 1(n-7)	5,82	6,26	4,44	6,40	7,80	6,96	5,65	3,21
16 : 1(n-5)	0,28	0,31	0,00	0,58	0,79	0,92	0,72	0,53
16 : 2(n-6)	0,47	0,55	0,00	0,57	0,73	0,48	0,43	0,15
16 : 3(n-3)	0,49	0,52	0,00	0,00	0,87	0,57	0,55	0,63
16 : 4(n-3)	0,22	1,41	0,45	0,00	0,55	0,37	0,37	0,00
18 : O	0,38	0,88	1,29	1,14	0,62	0,84	1,19	1,35
18 : 1(n-9)	4,50	5,32	6,08	6,11	5,37	4,13	5,32	5,40
18 : 1(n-7)	1,15	1,02	0,63	0,77	0,43	1,06	0,99	0,62
18 : 2(n-6)	1,44	1,53	1,65	1,37	1,20	1,12	1,63	1,15
18 : 3(n-3)	1,02	1,50	1,85	0,63	0,85	1,02	1,53	1,62
18 : 4(n-3)	8,06	13,46	15,10	1,74	4,22	8,50	12,39	14,37
18 : 5(n-3)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 1(n-9)	16,60	10,25	4,64	10,56	7,20	16,97	12,87	7,81
20 : 1(n-7)	1,68	0,85	0,47	0,56	0,97	1,68	1,10	0,66
20 : 2(n-6)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 3(n-3)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 4(n-6)	1,41	1,42	1,64	0,39	0,91	1,07	1,14	1,35
20 : 5(n-3)	13,49	20,19	19,88	11,36	9,98	13,45	14,72	18,16
22 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
22 : 1(n-11)	16,47	9,16	5,07	13,69	9,50	15,80	12,06	8,69
22 : 1(n-9)	4,94	1,96	1,49	1,56	1,04	3,17	1,77	0,99
22 : 5(n-3)	0,67	1,38	1,49	0,00	0,29	1,09	1,12	1,39
22 : 6(n-3)	12,42	14,29	22,94	16,77	10,92	12,68	15,06	22,92
Alkohole								
14 : O	1,92	5,41	8,67	0,76	0,91	1,78	4,36	4,58
16 : O	4,62	13,18	20,52	2,71	6,51	4,87	12,90	13,67
16 : 1(n-7)	0,32	2,42	2,12	1,45	2,49	0,78	1,41	1,52
18 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
18 : 1(n-9)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,61	1,38	2,20
18 : 2(n-6)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 1(n-9)	31,34	30,76	26,88	35,47	36,53	30,81	29,47	27,53
22 : 1(n-11)	61,80	48,23	41,80	59,61	53,56	61,15	50,48	50,49
Wachsester %	90,50	85,98	64,38	85,80	87,97	93,10	89,10	81,48
Ges. Lip. ug/Tier	1002,00	329,00	27,00	36,00	34,00	569,00	213,00	41,00

Tab. 19: ARK 7/2, St. 126-132 Zooplankton

Fettsäuren	Station 126					Station 132			
	zoo119/ Chf	zoo120/ ChV	zoo121/ ChIV	zoo122/ Cff	zoo123/ CfV	zoo126/ ChV	zoo127/ ChIV	zoo128/ Cff	zoo129/ CfV
Tiere	10	14	25	22	37	18	25	36	40
std	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
12 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
14 : O	3,83	3,73	2,48	17,73	23,09	2,91	3,63	12,08	18,94
15 : O	0,17	0,00	0,00	0,94	1,59	0,00	0,23	0,76	1,26
16 : O	4,88	5,58	6,28	9,59	12,93	3,82	5,14	12,40	10,60
16 : 1(n-7)	8,86	6,42	2,89	4,56	7,84	4,07	2,24	2,62	4,86
16 : 1(n-5)	1,55	1,00	0,64	1,59	1,14	0,53	0,00	0,79	1,48
16 : 2(n-6)	0,70	0,45	0,31	0,50	0,62	0,37	0,00	0,42	0,39
16 : 3(n-3)	0,55	0,58	0,76	0,00	0,76	0,47	0,58	0,44	0,71
16 : 4(n-3)	0,69	0,99	0,31	0,00	0,00	0,88	0,40	0,00	0,00
18 : O	0,62	1,21	1,46	0,99	1,09	1,40	1,51	1,76	1,57
18 : 1(n-9)	3,93	5,07	5,25	4,37	5,97	4,53	5,37	5,29	6,38
18 : 1(n-7)	1,14	0,96	0,67	0,66	0,48	0,82	0,54	0,58	0,35
18 : 2(n-6)	1,48	2,06	1,39	1,13	1,54	2,21	1,88	1,52	1,28
18 : 3(n-3)	1,00	1,70	1,77	0,33	1,06	1,67	1,72	0,78	1,12
18 : 4(n-3)	5,63	12,27	13,59	1,01	3,28	12,76	13,64	1,99	7,51
18 : 5(n-3)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 1(n-9)	17,39	8,48	5,18	11,93	6,94	10,63	8,26	9,03	9,44
20 : 1(n-7)	1,79	0,96	0,64	0,58	1,15	0,98	0,76	0,47	0,96
20 : 2(n-6)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 3(n-3)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 4(n-6)	1,15	1,38	1,46	0,41	0,85	1,38	1,44	0,42	0,90
20 : 5(n-3)	14,13	19,03	20,53	11,88	8,62	19,04	19,65	16,36	12,01
22 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
22 : 1(n-11)	14,03	9,62	7,02	14,43	10,65	11,40	8,06	8,39	9,68
22 : 1(n-9)	4,21	1,43	0,78	1,49	0,65	1,48	0,76	1,17	0,99
22 : 5(n-3)	1,00	1,31	1,20	0,00	0,00	1,44	1,30	0,00	0,36
22 : 6(n-3)	11,27	15,79	25,39	15,86	9,74	17,20	22,88	22,73	9,20
Alkohole									
14 : O	2,01	5,29	6,26	0,99	0,77	5,30	5,66	0,00	1,38
16 : O	5,09	14,09	16,65	2,43	4,56	12,55	14,51	2,76	6,01
16 : 1(n-7)	0,87	1,77	1,61	0,48	1,64	1,17	0,94	0,00	1,07
18 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
18 : 1(n-9)	0,81	1,80	2,47	2,00	3,66	1,71	2,18	2,76	3,79
18 : 2(n-6)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 1(n-9)	30,21	25,31	22,46	33,00	36,60	28,95	27,21	35,86	39,50
22 : 1(n-11)	61,01	51,73	50,54	61,09	52,76	50,33	49,51	58,62	48,25
Wachsester %	87,70	82,98	72,94	81,50	95,46	86,80	82,01	64,00	88,06
Ges. Lip. ug/Tier	556,00	209,00	25,00	25,00	32,00	336,00	51,00	26,00	90,00

Tab. 20: ARK 7/2, St. 140-147 Zooplankton

Fettsäuren	Station 140		Station 147	
	zoo124/ Cff	zoo125/ CfV	zoo130/ Cff	zoo131/ CfV
Tiere	40	40	31	27
std	0,00	0,00	0,00	0,00
12 : O	0,00	0,00	0,00	0,00
14 : O	11,22	16,80	13,76	17,84
15 : O	1,23	0,78	1,44	0,87
16 : O	12,35	9,44	14,00	9,65
16 : 1(n-7)	3,75	3,65	4,73	2,77
16 : 1(n-5)	0,86	1,26	1,92	1,38
16 : 2(n-6)	0,44	0,43	0,58	0,38
16 : 3(n-3)	0,70	0,74	0,74	0,52
16 : 4(n-3)	0,34	1,30	0,21	0,66
18 : O	1,09	1,06	1,12	1,03
18 : 1(n-9)	5,07	3,72	5,49	3,78
18 : 1(n-7)	0,44	0,28	0,49	0,22
18 : 2(n-6)	1,25	1,11	1,40	1,21
18 : 3(n-3)	1,42	1,32	1,56	1,46
18 : 4(n-3)	8,60	13,83	6,51	14,91
18 : 5(n-3)	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : O	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 1(n-9)	5,75	5,61	5,35	5,34
20 : 1(n-7)	1,26	1,33	0,97	1,25
20 : 2(n-6)	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 3(n-3)	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 4(n-6)	1,22	1,09	1,19	1,05
20 : 5(n-3)	20,54	16,98	17,31	15,05
22 : O	0,00	0,00	0,00	0,00
22 : 1(n-11)	5,71	8,56	6,22	9,80
22 : 1(n-9)	0,46	0,32	0,42	0,28
22 : 5(n-3)	0,61	0,67	0,56	0,60
22 : 6(n-3)	15,69	9,73	14,03	9,96

Alkohole

14 : O	1,59	1,59	1,78	1,34
16 : O	10,10	8,53	10,06	7,41
16 : 1(n-7)	2,01	2,15	1,92	1,23
18 : O	0,00	0,00	0,00	0,00
18 : 1(n-9)	4,72	3,45	4,69	3,16
18 : 2(n-6)	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : O	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 1(n-9)	42,82	35,66	40,73	31,86
22 : 1(n-11)	38,76	48,62	40,81	55,00

Wachsester %	74,10	85,60	67,80	86,67
Ges. Lip. ug/Tier	60,00	94,00	59,00	124,00

Tab. 21: ARK 7/2, St. 153-166 Zooplankton

Fettsäuren	Station 153	Station 166			
	zoo132/ CfV	zoo100/ Cff	zoo101/ CfV	zoo102/ Cff	zoo103/ CfV
Tiere	19	30	30	22	30
std	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
12 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
14 : O	11,04	12,31	16,05	6,98	17,33
15 : O	0,47	1,46	1,05	0,81	0,81
16 : O	9,17	14,45	12,72	16,41	9,24
16 : 1(n-7)	7,54	3,30	2,76	3,59	4,03
16 : 1(n-5)	0,70	0,93	0,79	0,45	1,04
16 : 2(n-6)	0,64	0,38	0,00	0,00	0,39
16 : 3(n-3)	0,88	0,61	0,00	0,00	0,55
16 : 4(n-3)	2,04	0,00	0,47	0,00	1,22
18 : O	0,79	1,38	1,59	2,03	1,27
18 : 1(n-9)	4,01	5,35	4,15	4,32	3,64
18 : 1(n-7)	0,71	0,87	0,52	1,02	0,28
18 : 2(n-6)	2,55	1,44	1,63	1,42	0,98
18 : 3(n-3)	1,10	1,33	1,30	0,95	1,20
18 : 4(n-3)	13,04	5,54	11,73	1,97	13,06
18 : 5(n-3)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 1(n-9)	12,16	5,57	3,87	3,87	5,23
20 : 1(n-7)	2,00	0,97	1,68	0,00	1,33
20 : 2(n-6)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 3(n-3)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 4(n-6)	0,99	1,16	0,99	0,77	1,10
20 : 5(n-3)	14,78	18,89	17,59	25,38	18,51
22 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
22 : 1(n-11)	6,61	5,80	6,09	3,25	7,69
22 : 1(n-9)	0,98	0,38	0,31	0,45	0,40
22 : 5(n-3)	0,78	0,00	0,46	0,23	0,67
22 : 6(n-3)	7,01	17,90	14,26	26,08	10,04

Alkohole

14 : O	4,04	0,77	1,68	0,00	1,76
16 : O	14,41	9,34	11,45	9,75	8,85
16 : 1(n-7)	3,37	1,53	1,73	0,91	1,89
18 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
18 : 1(n-9)	2,50	3,94	4,10	8,11	4,87
18 : 2(n-6)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 1(n-9)	43,65	41,39	32,77	39,38	36,73
22 : 1(n-11)	32,03	43,03	48,27	41,84	45,90

Wachsester %	80,38	66,20	78,32	39,70	83,48
Ges. Lip. ug/Tier		44,00	31,00	16,00	51,00

Tab. 22: ARK 7/2, St. 174-178 Zooplankton

Fettsäuren	Station 174			Station 178	
	zoo97/ Cff	zoo98/ CfV	zoo99/ ChIV	zoo95/ Cff	zoo96/ CfV
Tiere	30	38	27	40	28
std	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
12 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
14 : O	13,21	15,97	4,80	9,96	16,68
15 : O	0,97	0,67	0,00	0,73	0,86
16 : O	13,62	8,68	5,46	12,32	9,78
16 : 1(n-7)	4,78	5,39	9,66	4,86	4,52
16 : 1(n-5)	1,23	0,51	0,00	0,71	0,77
16 : 2(n-6)	0,50	0,46	0,72	0,44	0,13
16 : 3(n-3)	0,30	0,68	0,18	0,56	0,51
16 : 4(n-3)	0,00	1,78	3,53	0,24	0,85
18 : O	1,32	1,00	0,92	1,13	0,96
18 : 1(n-9)	5,34	4,06	3,97	3,65	3,58
18 : 1(n-7)	0,81	0,36	1,01	0,90	0,39
18 : 2(n-6)	1,64	1,07	2,10	1,54	1,33
18 : 3(n-3)	1,10	1,03	0,88	0,90	1,04
18 : 4(n-3)	3,17	12,61	6,20	4,53	14,07
18 : 5(n-3)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 1(n-9)	8,52	8,01	9,12	7,49	6,75
20 : 1(n-7)	0,90	1,30	0,85	0,85	1,56
20 : 2(n-6)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 3(n-3)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 4(n-6)	0,91	1,00	1,20	0,78	1,47
20 : 5(n-3)	17,08	16,93	29,23	19,63	17,41
22 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
22 : 1(n-11)	6,80	9,65	7,58	6,43	7,76
22 : 1(n-9)	0,81	0,58	1,01	0,78	0,38
22 : 5(n-3)	0,00	0,52	1,38	2,92	0,47
22 : 6(n-3)	16,96	7,72	10,21	18,65	8,74

Alkohole

14 : O	0,63	1,96	7,99	0,55	1,29
16 : O	6,01	8,11	15,20	6,12	9,11
16 : 1(n-7)	2,01	2,44	2,92	1,69	1,94
18 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
18 : 1(n-9)	3,84	3,47	2,29	3,20	3,89
18 : 2(n-6)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 1(n-9)	43,65	37,61	26,36	41,27	39,88
22 : 1(n-11)	43,87	46,42	45,25	47,17	43,90

Wachsester %	65,20	87,70	88,13	60,90	87,97
Ges. Lip. ug/Tier	31,00	95,00	42,00	38,00	107,00

Tab. 23: ARK 7/2, St. 180-184 Zooplankton

Fettsäuren	Station 180				Station 184			
	zoo82/ Chf	zoo83/ ChV	zoo84/ Cff	zoo85/ CfV	zoo86/ Chf	zoo87/ ChV	zoo88/ Cgf	zoo89/ CgV
Tiere	5	10	23	31	8	11	9	17
std	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
12 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
14 : O	2,79	2,77	14,59	19,79	2,82	2,64	7,07	6,79
15 : O	0,00	0,00	0,65	0,95	0,00	0,00	0,00	0,08
16 : O	3,37	3,60	9,69	10,30	3,21	2,88	5,73	5,96
16 : 1(n-7)	9,90	8,97	9,27	8,52	18,37	22,48	25,84	23,62
16 : 1(n-5)	s	1,28	0,78	1,01	0,36	0,20	0,00	0,32
16 : 2(n-6)	0,85	0,77	0,87	0,76	1,13	1,19	0,83	0,66
16 : 3(n-3)	0,90	0,91	1,00	1,09	1,52	1,57	1,11	1,06
16 : 4(n-3)	5,22	4,51	2,33	2,23	5,10	4,26	1,60	2,83
18 : O	0,00	0,54	0,69	0,74	0,00	0,40	0,19	0,47
18 : 1(n-9)	1,71	2,45	3,40	3,77	1,49	1,55	2,21	1,68
18 : 1(n-7)	1,12	1,10	0,83	0,54	1,11	1,16	1,24	0,78
18 : 2(n-6)	0,77	1,55	0,91	1,13	0,65	0,74	0,91	0,57
18 : 3(n-3)	0,00	0,72	0,61	0,84	0,30	0,21	0,00	0,08
18 : 4(n-3)	2,43	6,46	3,17	5,75	1,65	1,78	2,32	2,49
18 : 5(n-3)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 1(n-9)	11,41	13,07	10,59	8,38	8,69	8,29	8,24	7,74
20 : 1(n-7)	1,87	0,92	1,33	1,04	2,50	1,79	1,24	0,60
20 : 2(n-6)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 3(n-3)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 4(n-6)	0,74	0,84	0,67	0,82	0,50	0,47	0,56	0,39
20 : 5(n-3)	32,81	25,98	18,24	15,24	33,61	32,32	28,94	31,43
22 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
22 : 1(n-11)	13,12	12,94	11,76	10,12	7,47	7,90	4,01	5,44
22 : 1(n-9)	2,72	2,09	0,93	0,76	2,18	1,71	1,34	0,83
22 : 5(n-3)	1,94	1,40	0,50	0,48	2,20	2,08	1,06	1,17
22 : 6(n-3)	6,34	7,11	7,20	5,74	5,15	4,41	5,57	5,00

## Alkohole

14 : O	3,12	6,03	1,51	1,86	3,96	6,52	4,14	4,85
16 : O	5,74	11,07	5,88	7,46	6,91	10,34	11,74	12,49
16 : 1(n-7)	1,08	1,11	3,31	3,76	1,32	6,47	13,61	13,76
18 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
18 : 1(n-9)	1,36	1,36	2,49	2,86	0,95	0,99	2,07	1,53
18 : 2(n-6)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 1(n-9)	28,87	29,02	39,96	37,12	31,82	27,32	45,57	39,57
22 : 1(n-11)	59,83	51,41	46,85	46,94	55,04	48,36	22,87	27,81

Wachsester %	90,80	81,65	83,90	90,09	87,00	83,89	70,70	69,09
Ges. Lip. ug/Tier	711,00	345,00	60,00	63,00	1997,00	1349,00	326,00	286,00

Tab. 24: ARK 7/2, St. 190-191 Zooplankton

Fettsäuren	Station 190				Station 191			
	zoo74/ Chf	zoo75/ ChV	zoo76/ Cgf	zoo77/ CgV	zoo78/ Chf	zoo79/ ChV	zoo80/ Cgf	zoo81/ CgV
Tiere	6	6	15	17	9	11	14	20
std	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
12 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
14 : O	2,76	2,86	8,04	6,77	3,20	2,76	7,64	7,08
15 : O	0,00	0,00	0,19	0,15	0,00	0,00	0,19	0,00
16 : O	3,57	3,82	6,11	5,74	3,68	3,33	5,58	6,14
16 : 1(n-7)	33,86	34,90	30,98	29,99	30,49	32,26	28,90	30,81
16 : 1(n-5)	0,21	0,32	0,37	0,28	0,18	0,09	0,30	0,11
16 : 2(n-6)	1,13	1,23	0,89	0,85	1,11	1,13	0,97	0,78
16 : 3(n-3)	1,45	1,40	1,11	1,28	1,37	1,47	1,17	1,28
16 : 4(n-3)	2,35	1,25	2,01	2,90	2,56	2,37	2,27	2,26
18 : O	0,27	0,49	0,57	0,40	0,19	0,41	0,53	0,47
18 : 1(n-9)	1,41	1,30	2,05	1,52	1,41	1,34	1,91	1,80
18 : 1(n-7)	1,49	1,50	1,14	0,95	1,52	1,43	1,11	0,94
18 : 2(n-6)	0,63	0,71	0,69	0,49	0,73	0,97	0,54	0,77
18 : 3(n-3)	0,22	0,00	0,33	0,22	0,24	0,31	0,27	0,00
18 : 4(n-3)	2,20	1,98	2,78	2,48	2,11	3,29	2,38	3,48
18 : 5(n-3)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 1(n-9)	6,90	5,23	6,50	7,14	6,86	6,52	8,08	7,69
20 : 1(n-7)	4,07	1,89	1,29	1,26	3,49	2,24	1,15	0,74
20 : 2(n-6)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 3(n-3)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 4(n-6)	0,55	0,37	0,46	0,33	0,49	0,47	0,43	0,43
20 : 5(n-3)	22,61	25,86	25,63	26,37	26,54	24,02	25,80	24,26
22 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
22 : 1(n-11)	6,56	7,43	2,99	4,79	5,32	7,42	4,36	5,44
22 : 1(n-9)	1,79	1,64	0,82	1,08	2,17	1,46	1,04	0,78
22 : 5(n-3)	1,69	1,75	0,84	1,15	2,05	2,50	1,04	0,92
22 : 6(n-3)	4,29	4,08	4,19	3,85	4,31	4,20	4,34	3,81

## Alkohole

14 : O	4,26	8,35	5,78	5,08	4,50	7,46	4,46	4,80
16 : O	8,54	18,30	14,32	13,32	8,61	13,60	12,07	13,47
16 : 1(n-7)	5,05	11,79	18,59	14,04	5,03	10,53	14,72	15,46
18 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
18 : 1(n-9)	0,54	0,92	2,11	1,46	0,64	0,71	1,80	1,49
18 : 2(n-6)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 1(n-9)	24,84	17,54	38,35	37,04	30,50	23,02	40,06	37,06
22 : 1(n-11)	56,78	43,10	20,86	29,06	50,72	44,67	26,89	27,71

Wachsester %	84,50		69,70		83,20		74,70	
Ges. Lip. ug/Tier	3412,00	595,00	427,00	591,00	2237,00	1526,00	467,00	354,00

Tab. 25: ARK 7/2, St. 194-197 Zooplankton

Fettsäuren	Station 194			Station 197					
	zoo71/ Chf	zoo72/ ChV	zoo73/ CgV	zoo15/ Chf	zoo16/ ChV	zoo17/ Cgf	zoo18/ CgV	zoo19/ Cff	zoo20/ CfV
Tiere	6	10	10	10	15	20	17	20	30
std	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
12: O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
14: O	3,24	2,72	7,04	3,72	3,91	10,39	10,30	14,77	22,87
15: O	0,00	0,00	0,45	0,16	0,00	0,30	0,26	0,62	0,98
16: O	4,14	3,56	6,63	4,55	4,49	8,22	8,85	8,77	12,06
16 : 1(n-7)	21,32	21,94	22,56	25,89	28,76	27,05	24,39	15,21	13,40
16 : 1(n-5)	0,22	0,31	0,50	0,12	0,17	0,39	0,34	0,40	0,65
16 : 2(n-6)	1,17	1,22	0,97	1,18	1,10	1,01	0,83	0,73	0,76
16 : 3(n-3)	1,55	1,66	1,24	1,21	1,04	0,86	0,82	0,45	0,44
16 : 4(n-3)	3,73	4,19	3,82	2,97	3,15	2,00	3,90	0,25	0,32
18: O	0,24	0,35	0,39	0,16	0,00	0,15	0,26	0,38	0,47
18 : 1(n-9)	1,47	1,66	2,25	1,83	2,18	3,10	2,66	2,70	4,06
18 : 1(n-7)	1,28	1,37	0,96	1,67	1,72	1,38	0,92	0,55	0,72
18 : 2(n-6)	1,07	1,31	0,61	1,25	2,36	0,93	0,75	0,50	1,08
18 : 3(n-3)	0,32	0,43	0,38	0,33	0,45	0,41	0,43	0,00	0,70
18 : 4(n-3)	3,28	5,67	3,57	3,21	4,50	2,83	3,90	0,87	2,00
18 : 5(n-3)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20: O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 1(n-9)	12,96	11,26	13,91	12,36	9,36	13,82	13,56	8,88	11,47
20 : 1(n-7)	3,77	1,89	0,75	4,31	2,03	1,16	0,48	0,47	0,59
20 : 2(n-6)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 3(n-3)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 4(n-6)	0,63	0,63	0,49	0,88	0,75	0,47	0,48	0,25	0,51
20 : 5(n-3)	18,17	18,12	18,26	14,26	14,88	12,12	14,12	4,44	6,86
22: O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
22 : 1(n-11)	12,10	13,55	8,36	9,86	11,02	6,26	7,33	9,99	16,76
22 : 1(n-9)	3,38	1,72	1,68	3,69	2,31	2,00	1,25	1,33	0,74
22 : 5(n-3)	1,49	1,57	0,92	1,34	1,13	0,44	0,83	0,00	0,18
22 : 6(n-3)	4,48	4,86	4,27	5,07	4,71	4,73	3,34	28,44	2,38
Alkohole									
14: O	3,05	5,50	3,38	3,83	7,52	3,41	4,01	1,06	0,92
16: O	7,04	11,73	11,23	9,22	14,58	12,79	14,82	6,02	4,57
16 : 1(n-7)	2,36	5,36	8,09	2,89	6,80	8,73	7,82	4,33	2,34
18: O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
18 : 1(n-9)	0,83	1,17	1,77	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
18 : 2(n-6)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20: O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 1(n-9)	27,64	25,33	44,79	30,21	24,20	51,17	46,26	38,26	37,33
22 : 1(n-11)	59,08	50,91	30,74	53,86	46,91	23,89	27,09	50,33	54,83
Wachsester %	86,80	87,55	75,42	86,90	83,55	75,70	72,60	72,20	92,85
Ges. Lip. ug/Tier	3943,00	1391,00	376,00	1601,00	829,00	237,00	201,00	111,00	84,00

Tab. 26: ARK 7/2, St. 199-201 Zooplankton

Fettsäuren	Station 199				Station 201			
	zoo90/ Chf	zoo91/ ChV	zoo92/ Cgf	zoo94/ CgV	zoo42/ Cgf	zoo43/ ChV	zoo44/ CfV	zoo93/ CgV
Tiere	8	9	20	20	8	4	21	17
std	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
12 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
14 : O	4,51	3,38	3,69	9,33	10,04	6,54	18,41	9,67
15 : O	0,00	0,00	0,00	0,20	0,00	0,00	0,86	0,18
16 : O	4,93	4,06	4,27	8,31	7,77	7,29	10,95	8,33
16 : 1(n-7)	31,72	28,59	30,39	32,24	33,80	40,24	15,43	31,00
16 : 1(n-5)	0,00	0,15	0,00	0,59	0,33	0,00	0,55	0,56
16 : 2(n-6)	1,60	1,60	1,70	0,74	0,94	1,36	0,69	0,86
16 : 3(n-3)	0,94	1,13	1,20	0,63	0,00	0,89	0,92	1,30
16 : 4(n-3)	2,48	3,58	3,77	1,15	0,54	1,50	1,12	2,77
18 : O	0,00	0,59	0,60	0,82	0,00	0,00	0,54	0,35
18 : 1(n-9)	2,05	1,77	1,82	3,29	2,12	2,66	3,96	2,36
18 : 1(n-7)	1,75	1,60	1,64	1,04	1,02	1,75	0,71	0,88
18 : 2(n-6)	2,08	2,20	2,20	1,45	0,44	0,49	0,93	0,85
18 : 3(n-3)	0,33	0,49	0,00	1,27	0,00	0,00	0,87	0,18
18 : 4(n-3)	2,30	2,88	2,96	4,58	0,72	0,72	2,62	3,10
18 : 5(n-3)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 1(n-9)	8,56	8,23	7,93	8,39	12,48	6,89	9,84	9,95
20 : 1(n-7)	3,14	1,66	1,68	1,19	0,80	1,50	0,87	0,74
20 : 2(n-6)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 3(n-3)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 4(n-6)	0,56	0,53	0,00	0,65	0,00	0,00	0,90	0,58
20 : 5(n-3)	18,18	20,34	19,91	11,50	11,61	11,94	11,00	14,41
22 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
22 : 1(n-11)	4,41	8,41	7,77	4,52	7,23	8,52	10,62	6,09
22 : 1(n-9)	2,50	1,48	1,38	0,86	2,64	3,08	1,61	1,02
22 : 5(n-3)	2,73	0,93	1,34	1,04	0,00	0,75	0,38	0,67
22 : 6(n-3)	5,21	6,39	5,77	6,24	7,51	3,90	6,20	4,16

## Alkohole

14 : O	4,48	7,57	8,35	4,71	2,22	9,52	1,57	5,33
16 : O	9,31	15,18	16,00	17,33	7,93	19,69	6,45	15,80
16 : 1(n-7)	3,06	8,30	8,72	14,38	7,22	7,63	5,31	13,29
18 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
18 : 1(n-9)	0,79	1,04	1,99	2,34	0,00	0,00	0,00	1,84
18 : 2(n-6)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 1(n-9)	32,42	24,04	23,23	36,37	49,02	17,49	34,88	37,17
22 : 1(n-11)	49,95	43,87	41,70	24,86	33,61	45,66	51,79	26,57

Wachsester %	88,50	92,14	91,40	78,87	83,50	95,64	93,03	82,35
Ges. Lip. ug/Tier	1038,00	490,00	222,00	116,00	142,00	147,00	101,00	125,00

Tab. 27: ARK 7/2, St. 203-206 Zooplankton

Fettsäuren	Station 203				Station 206			
	zoo21/ Chf	zoo22/ ChV	zoo23/ Cgf	zoo24/ CgV	zoo25/ Chf	zoo26/ ChV	zoo27/ Cgf	zoo28/ CgV
Tiere	3	16	13	16	4	10	12	19
std	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
12 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
14 : O	3,56	3,24	8,94	7,23	3,13	3,33	8,44	8,71
15 : O	0,00	0,00	0,00	0,13	0,00	0,00	0,00	0,17
16 : O	4,46	3,84	6,84	6,61	3,57	3,21	6,11	7,67
16 : 1(n-7)	26,62	25,25	32,20	27,62	23,38	18,21	31,62	32,28
16 : 1(n-5)	0,00	0,11	0,51	0,35	0,00	0,17	0,33	0,30
16 : 2(n-6)	0,86	0,94	0,97	0,81	0,80	0,75	0,85	0,88
16 : 3(n-3)	1,10	1,18	1,50	1,59	0,95	0,91	1,01	1,56
16 : 4(n-3)	2,26	2,24	2,17	2,91	1,37	1,49	1,44	2,95
18 : O	0,00	0,00	0,00	0,13	0,00	0,29	0,00	0,00
18 : 1(n-9)	1,52	1,70	2,69	1,91	1,89	2,07	2,50	2,23
18 : 1(n-7)	1,45	1,48	1,31	1,07	1,13	1,09	1,51	0,93
18 : 2(n-6)	1,09	1,55	0,78	0,69	2,00	3,19	0,88	0,74
18 : 3(n-3)	0,34	0,43	0,16	0,17	0,64	0,88	0,33	0,25
18 : 4(n-3)	4,10	6,72	3,64	3,93	7,61	10,92	3,20	4,14
18 : 5(n-3)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 1(n-9)	11,32	10,99	9,39	12,03	11,27	10,68	8,63	8,51
20 : 1(n-7)	4,05	2,68	1,46	0,59	3,39	1,84	1,36	0,59
20 : 2(n-6)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 3(n-3)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 4(n-6)	0,88	1,00	0,49	0,81	0,71	1,23	0,92	0,70
20 : 5(n-3)	16,25	15,42	16,61	15,94	16,10	14,44	20,31	16,94
22 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
22 : 1(n-11)	10,82	11,91	4,46	8,92	10,80	14,11	4,46	5,60
22 : 1(n-9)	4,12	3,05	1,23	1,59	4,15	3,43	1,21	0,91
22 : 5(n-3)	1,20	0,91	0,43	0,80	0,80	1,04	0,60	0,65
22 : 6(n-3)	4,01	5,36	4,23	4,15	6,30	6,74	4,29	3,27
Alkohole								
14 : O	4,13	6,14	5,65	4,29	4,00	6,66	4,69	4,93
16 : O	7,85	11,11	14,51	12,13	6,74	9,12	13,28	13,14
16 : 1(n-7)	3,16	6,00	17,56	0,00	2,42	4,29	16,02	15,21
18 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
18 : 1(n-9)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
18 : 2(n-6)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 1(n-9)	29,88	24,40	43,89	42,92	28,49	23,25	44,06	40,70
22 : 1(n-11)	54,98	52,35	18,39	40,66	58,35	56,67	21,96	26,02
Wachsester %	78,90	79,51	71,30	70,08	85,50	83,39	70,60	70,05
Ges. Lip. ug/Tier	2769,00	857,00	331,00	281,00	2794,00	1378,00	370,00	468,00

Tab. 28: ARK 7/2, St. 208-210 Zooplankton

Fettsäuren Tiere	Station 208				Station 210			
	zoo29/ Chf 15	zoo30/ ChV 10	zoo31/ Cgf 6	zoo32/ CgV 20	zoo33/ Chf 11	zoo34/ ChV 9	zoo35/ Cgf 4	zoo36/ CgV 7
std	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
12 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
14 : O	2,78	2,91	9,41	7,86	2,88	2,88	9,85	6,44
15 : O	0,00	0,00	0,17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
16 : O	3,61	3,68	7,07	6,72	3,14	2,67	7,02	5,17
16 : 1(n-7)	31,85	34,64	31,10	30,77	17,49	15,90	26,98	23,16
16 : 1(n-5)	0,00	0,00	0,22	0,19	0,00	0,30	0,68	0,37
16 : 2(n-6)	0,86	1,01	1,00	0,82	1,07	1,10	0,80	0,75
16 : 3(n-3)	1,28	1,18	1,47	1,63	1,18	1,32	1,25	1,47
16 : 4(n-3)	2,06	2,62	2,89	3,33	3,78	3,89	2,53	4,03
18 : O	0,00	0,00	0,22	0,00	0,00	0,29	0,00	0,00
18 : 1(n-9)	1,04	1,20	1,85	1,40	1,81	2,30	2,57	1,45
18 : 1(n-7)	1,66	1,69	1,32	1,07	0,95	1,09	0,68	0,95
18 : 2(n-6)	0,48	0,47	0,37	0,29	0,84	0,82	0,00	0,39
18 : 3(n-3)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,25	0,00	0,00
18 : 4(n-3)	1,55	1,83	1,95	1,89	1,89	1,93	1,43	1,65
18 : 5(n-3)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 1(n-9)	7,91	6,96	6,17	8,51	10,35	10,78	10,78	7,34
20 : 1(n-7)	3,73	2,05	0,89	0,41	2,19	1,70	0,58	0,46
20 : 2(n-6)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 3(n-3)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 4(n-6)	1,01	0,88	0,94	0,78	1,58	1,07	1,01	0,92
20 : 5(n-3)	26,05	23,88	22,18	23,05	33,20	33,45	22,52	31,18
22 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
22 : 1(n-11)	6,81	8,34	3,37	6,14	8,44	9,15	5,61	6,06
22 : 1(n-9)	2,25	1,99	1,24	1,18	2,76	2,70	1,77	1,32
22 : 5(n-3)	1,44	1,28	1,38	0,92	1,40	1,85	0,52	1,06
22 : 6(n-3)	3,61	3,39	4,79	3,04	5,03	4,55	3,42	5,84

## Alkohole

14 : O	4,16	6,86	6,02	5,38	3,59	5,78	7,98	8,70
16 : O	8,68	13,54	16,85	14,34	6,39	8,94	15,53	14,65
16 : 1(n-7)	4,32	9,70	16,99	15,25	2,04	3,48	14,09	11,69
18 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
18 : 1(n-9)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
18 : 2(n-6)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 1(n-9)	29,27	23,32	39,20	36,50	29,30	25,72	45,91	27,68
22 : 1(n-11)	53,58	46,59	20,93	28,53	58,69	56,07	16,50	37,28

Wachsester %	82,90	78,46	64,60	71,57	88,80	80,82	64,30	80,18
Ges. Lip. ug/Tier	1530,00	788,00	258,00	315,00	2135,00	1207,00	261,00	155,00

Tab. 29: ARK 7/2, St. 212-214 Zooplankton

Fettsäuren	Station 212			Station 214			
	zoo60/ Chf	zoo61/ ChV	zoo62/ Cgf	zoo63/ Chf	zoo64/ ChV	zoo65/ CgV	zoo66/ Cgf
Tiere	10	11	15	10	12	11	9
std	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
12 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
14 : O	3,39	2,98	9,86	3,20	2,82	3,95	10,15
15 : O	0,00	0,00	0,27	0,00	0,00	0,00	0,30
16 : O	3,53	3,10	6,74	3,33	2,93	5,95	6,40
16 : 1(n-7)	13,74	14,09	18,65	17,47	19,27	19,66	20,29
16 : 1(n-5)	0,29	0,29	0,68	0,42	0,39	0,82	0,86
16 : 2(n-6)	1,14	1,14	0,94	1,07	1,20	1,05	0,89
16 : 3(n-3)	1,62	1,54	1,20	1,45	1,61	1,55	1,28
16 : 4(n-3)	5,67	4,92	2,51	3,90	4,18	4,54	2,80
18 : O	0,28	0,55	0,51	0,12	0,42	0,47	0,72
18 : 1(n-9)	1,84	2,18	3,59	2,06	2,10	1,49	3,08
18 : 1(n-7)	1,08	0,99	0,98	1,14	1,15	0,89	0,92
18 : 2(n-6)	0,88	0,95	1,16	0,80	0,80	0,54	0,78
18 : 3(n-3)	0,43	0,45	0,62	0,24	0,24	0,19	0,31
18 : 4(n-3)	2,11	2,06	2,37	1,78	1,96	1,65	1,74
18 : 5(n-3)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 1(n-9)	9,49	10,15	13,61	9,69	8,52	6,11	10,04
20 : 1(n-7)	1,96	1,23	1,24	2,51	1,64	0,72	1,29
20 : 2(n-6)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 3(n-3)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 4(n-6)	0,75	0,84	0,40	0,88	0,66	0,57	0,62
20 : 5(n-3)	33,33	34,43	20,78	32,85	33,35	35,87	25,37
22 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
22 : 1(n-11)	9,28	9,47	6,50	7,45	8,06	6,79	4,68
22 : 1(n-9)	2,35	2,32	1,33	2,22	1,74	1,00	1,34
22 : 5(n-3)	1,93	1,69	0,54	2,02	1,81	1,71	0,71
22 : 6(n-3)	4,93	4,63	5,52	5,40	5,15	4,47	5,43

Alkohole

14 : O	4,00	7,44	3,21	4,05	7,08	8,98	4,98
16 : O	6,94	12,49	8,91	6,56	10,78	13,87	11,20
16 : 1(n-7)	0,32	4,47	5,57	2,18	5,58	9,13	10,37
18 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
18 : 1(n-9)	1,07	1,46	2,15	0,85	1,14	1,21	2,33
18 : 2(n-6)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 1(n-9)	26,34	23,99	52,20	29,04	25,89	23,73	44,33
22 : 1(n-11)	61,33	50,16	27,96	57,33	49,53	43,08	26,79

Wachsester %	83,50	82,53	79,40	85,30	81,76	79,29	77,50
Ges. Lip. ug/Tier	1539,00	625,00	366,00	1223,00	1012,00	350,00	394,00

Tab. 30: ARK 7/2, St. 216-218 Zooplankton

Fettsäuren Tiere	Station 216				Station 218			
	zoo67/ Chf 14	zoo68/ ChV 14	zoo69/ Cgf 8	zoo70/ CgV 8	70 Chf 10	zoo10/ ChV 12	zoo11/ Cgf 11	zoo12/ CgV 15
std	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
12 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
14 : O	3,21	2,69	8,17	7,80	5,47	2,69	9,20	8,76
15 : O	0,00	0,00	0,26	0,00	0,00	0,00	0,25	0,20
16 : O	3,17	2,86	6,54	5,55	5,74	2,82	6,46	6,68
16 : 1(n-7)	12,50	16,19	17,77	19,48	19,24	15,32	22,05	22,13
16 : 1(n-5)	0,26	0,34	0,97	0,50	0,14	0,25	0,65	0,49
16 : 2(n-6)	1,09	1,25	0,78	1,05	1,02	1,07	0,85	0,89
16 : 3(n-3)	1,49	1,61	1,40	1,51	1,58	1,60	1,50	1,38
16 : 4(n-3)	5,79	5,35	3,32	4,40	4,77	4,77	3,65	4,15
18 : O	0,22	0,32	0,84	0,42	0,27	0,32	0,49	0,18
18 : 1(n-9)	1,87	2,16	3,26	2,37	1,99	2,08	3,35	2,64
18 : 1(n-7)	0,99	0,94	0,86	0,75	1,19	1,01	1,06	0,83
18 : 2(n-6)	0,67	0,71	0,75	0,51	0,62	0,72	0,61	0,53
18 : 3(n-3)	0,29	0,00	0,36	0,21	0,27	0,22	0,25	0,20
18 : 4(n-3)	2,46	1,77	1,81	1,82	1,31	1,75	2,19	2,00
18 : 5(n-3)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 1(n-9)	10,49	10,42	10,34	10,83	9,04	9,00	10,64	10,99
20 : 1(n-7)	2,17	1,51	1,03	0,56	2,41	1,47	0,99	0,40
20 : 2(n-6)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 3(n-3)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 4(n-6)	0,69	0,60	0,49	0,44	0,61	0,50	0,40	0,26
20 : 5(n-3)	32,67	32,19	26,56	28,41	28,50	36,29	23,76	23,92
22 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
22 : 1(n-11)	9,75	10,07	5,75	6,97	8,83	8,65	4,46	7,03
22 : 1(n-9)	2,83	2,20	1,79	1,16	3,41	2,74	1,64	1,74
22 : 5(n-3)	2,23	2,08	1,10	0,93	1,34	2,09	0,77	0,85
22 : 6(n-3)	5,16	4,75	5,84	4,34	2,25	4,64	4,80	3,74
Alkohole								
14 : O	3,28	6,39	5,06	4,88	5,57	6,55	5,24	4,29
16 : O	5,43	9,89	11,24	10,95	9,09	10,11	13,33	10,99
16 : 1(n-7)	0,31	4,38	11,12	7,87	1,95	4,44	12,12	9,54
18 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
18 : 1(n-9)	1,20	1,21	2,25	1,70	0,75	0,00	0,00	0,00
18 : 2(n-6)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,16	0,00	0,00	0,00
20 : 1(n-9)	31,37	28,21	41,32	40,63	27,69	27,20	44,77	44,26
22 : 1(n-11)	58,42	49,91	29,01	33,97	54,81	51,70	24,54	30,92
Wachsester %	89,40	82,87	75,00	80,60	92,90	81,79	70,80	67,33
Ges. Lip. ug/Tier	1366,00	1634,00	316,00	359,00	1412,00	1099,00	426,00	271,00

Tab. 31: ARK 7/2, A1

Fettsäuren	1 / 12.07.	3 / 14.07.	7 / 16.07.	12 / 18.07.	18 / 20.07.	29 / 24.07.	46 / 28.07.	54 / 31.07.	zo01 / 12.08.
Tiere									7
std	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
12 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
14 : O	5,86	3,72	11,57	7,14	5,93	7,43	8,50	7,11	6,57
15 : O	0,33	0,00	0,00	0,24	0,10	0,00	0,11	0,00	0,36
16 : O	7,76	4,61	13,91	8,16	7,69	9,15	9,33	8,75	8,17
16 : 1(n-7)	8,97	8,60	11,57	7,21	9,52	10,96	8,03	10,27	10,50
16 : 1(n-5)	0,47	0,20	0,00	0,24	0,21	0,43	0,33	0,39	0,36
16 : 2(n-6)	0,75	0,83	0,95	0,49	0,77	0,00	0,67	0,00	0,92
16 : 3(n-3)	0,80	0,87	0,41	0,61	0,68	0,43	0,33	0,58	0,54
16 : 4(n-3)	0,13	2,89	1,09	2,17	4,06	2,13	1,52	1,30	1,46
18 : O	0,41	0,33	0,68	0,49	0,52	0,64	0,57	0,64	0,52
18 : 1(n-9)	3,82	3,54	4,22	4,53	3,59	4,00	3,22	3,98	3,28
18 : 1(n-7)	1,01	1,16	0,82	1,14	1,36	1,28	0,94	1,93	1,12
18 : 2(n-6)	1,16	1,36	1,17	1,53	1,55	1,13	1,56	1,03	0,83
18 : 3(n-3)	1,01	1,17	0,82	1,22	0,94	0,94	0,63	0,91	0,52
18 : 4(n-3)	9,64	8,16	6,48	7,67	7,24	4,49	2,61	5,71	2,76
18 : 5(n-3)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 1(n-9)	15,70	15,82	15,16	19,29	16,91	20,90	22,43	18,64	17,53
20 : 1(n-7)	4,55	1,52	1,63	1,66	2,18	1,92	2,12	1,94	2,49
20 : 2(n-6)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 3(n-3)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 4(n-6)	0,99	1,26	1,36	1,07	0,97	0,87	0,98	0,96	0,74
20 : 5(n-3)	10,42	13,33	7,68	12,06	13,48	10,30	8,22	11,44	11,40
22 : O	0,40	0,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
22 : 1(n-11)	15,70	13,30	9,99	13,10	12,02	13,98	17,23	14,48	19,62
22 : 1(n-9)	4,55	5,42	6,13	5,41	4,62	6,56	6,59	4,79	7,09
22 : 5(n-3)	0,89	1,05	0,82	0,24	0,94	0,64	0,48	0,72	0,51
22 : 6(n-3)	4,67	10,72	3,54	4,34	4,72	1,83	3,60	4,44	2,71
Alkohole									
14 : O	3,01	2,11	4,02	3,23	3,36	2,89	2,59	2,73	2,52
16 : O	7,27	5,76	13,04	7,23	9,90	7,74	7,24	6,73	5,86
16 : 1(n-7)	0,73	0,44	0,56	0,64	1,42	1,12	0,42	0,58	0,57
18 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,45	0,00	0,12	0,15	0,00
18 : 1(n-9)	0,86	1,00	0,56	0,51	1,09	0,67	0,67	0,82	0,00
18 : 2(n-6)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,14	0,87	0,00
20 : 1(n-9)	28,78	29,28	27,00	33,72	31,15	28,53	28,08	30,11	26,25
22 : 1(n-11)	59,34	61,40	54,82	54,67	52,62	59,04	58,73	58,02	64,79
Wachsester %	100,00	85,90	98,40	97,80	98,10	97,40	95,70	93,70	97,10

Tab. 32: ARK 7/2, A2

Fettsäuren	5 / 14.07.	8 / 16.07.	13 / 18.07.	19 / 20.07.	30 / 24.07.	47 / 28.07.	55 / 31.07.	zoo2 / 12.08.
Tiere								4
std	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
12 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
14 : O	3,01	3,61	3,88	3,91	3,76	4,61	4,07	3,66
15 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
16 : O	3,77	4,34	4,81	4,55	4,36	4,93	4,53	3,94
16 : 1(n-7)	23,54	25,75	26,12	26,38	24,85	28,42	27,63	28,40
16 : 1(n-5)	0,10	0,08	0,22	0,10	0,15	0,08	0,22	0,00
16 : 2(n-6)	1,06	1,14	0,83	1,01	0,00	1,13	0,89	0,89
16 : 3(n-3)	1,31	1,49	1,06	1,18	1,58	1,43	1,06	0,91
16 : 4(n-3)	4,14	6,20	3,56	5,54	5,93	3,50	3,28	2,60
18 : O	0,29	0,08	0,43	0,20	0,08	0,21	0,14	0,00
18 : 1(n-9)	1,36	1,17	1,45	1,28	1,41	1,44	1,12	1,20
18 : 1(n-7)	1,34	1,28	1,76	1,29	1,51	1,51	1,39	1,33
18 : 2(n-6)	0,48	0,20	0,44	0,31	0,38	0,36	0,38	0,33
18 : 3(n-3)	0,00	0,00	0,11	0,00	0,00	0,36	0,00	0,00
18 : 4(n-3)	1,52	1,43	1,23	1,43	1,66	1,03	1,06	0,87
18 : 5(n-3)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 1(n-9)	10,28	11,07	15,60	12,95	13,86	13,14	12,14	14,10
20 : 1(n-7)	3,30	2,93	4,92	3,56	3,38	3,63	3,58	4,33
20 : 2(n-6)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 3(n-3)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 4(n-6)	0,42	0,08	0,38	0,41	0,23	0,27	0,35	0,00
20 : 5(n-3)	25,89	24,59	19,79	17,72	18,54	16,23	22,12	17,83
22 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
22 : 1(n-11)	8,92	8,78	8,18	11,45	10,79	10,96	10,35	11,53
22 : 1(n-9)	3,21	2,64	2,87	4,36	4,29	3,88	3,78	4,64
22 : 5(n-3)	2,02	1,53	0,80	0,74	1,38	0,95	0,00	1,07
22 : 6(n-3)	4,06	1,60	1,55	1,63	1,86	1,93	1,90	2,37

## Alkohole

14 : O	3,13	3,59	4,75	4,07	3,39	5,13	4,30	3,51
16 : O	7,34	7,64	9,82	9,11	7,62	10,63	9,14	7,18
16 : 1(n-7)	2,22	1,94	3,36	2,31	2,75	2,76	2,37	1,95
18 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,27	0,00
18 : 1(n-9)	0,91	0,90	0,85	0,75	0,00	0,00	0,72	0,00
18 : 2(n-6)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,73	0,00
20 : 1(n-9)	32,37	37,30	37,47	30,38	29,83	26,52	31,81	29,52
22 : 1(n-11)	54,03	48,63	43,75	53,38	56,42	54,95	50,66	57,84

Wachsester %	83,40	87,90	84,30	88,70	91,10	84,40	88,20	93,00
--------------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

Tab. 33: ARK 7/2, A3

Fettsäuren	9 / 16.07.	4 / 14.07.	20 / 20.07.
Tiere			
std	0,00	0,00	0,00
12 : O	0,00	0,00	0,00
14 : O	11,77	7,94	15,47
15 : O	0,16	0,00	0,28
16 : O	9,02	6,16	11,68
16 : 1(n-7)	23,10	22,87	27,08
16 : 1(n-5)	0,32	0,30	0,27
16 : 2(n-6)	0,67	0,66	0,58
16 : 3(n-3)	1,31	1,22	0,84
16 : 4(n-3)	4,92	3,86	3,02
18 : O	1,00	0,21	0,36
18 : 1(n-9)	1,60	1,75	1,56
18 : 1(n-7)	0,49	0,93	0,60
18 : 2(n-6)	0,65	0,30	0,26
18 : 3(n-3)	0,08	0,13	0,00
18 : 4(n-3)	1,70	1,99	1,07
18 : 5(n-3)	0,00	0,00	0,00
20 : O	0,00	0,00	0,00
20 : 1(n-9)	13,26	13,81	13,84
20 : 1(n-7)	0,40	0,31	0,75
20 : 2(n-6)	0,00	0,00	0,00
20 : 3(n-3)	0,00	0,00	0,00
20 : 4(n-6)	0,32	0,29	0,22
20 : 5(n-3)	16,81	24,03	10,66
22 : O	0,00	0,00	0,00
22 : 1(n-11)	7,60	7,13	9,90
22 : 1(n-9)	0,67	1,36	0,63
22 : 5(n-3)	0,48	0,97	0,27
22 : 6(n-3)	3,68	3,75	0,63

## Alkohole

14 : O	5,32	3,99	6,06
16 : O	13,56	10,15	17,23
16 : 1(n-7)	8,13	10,44	8,39
18 : O	0,00	0,00	0,00
18 : 1(n-9)	1,14	1,04	0,00
18 : 2(n-6)	0,00	0,00	0,00
20 : O	0,00	0,00	0,00
20 : 1(n-9)	42,11	45,93	37,78
22 : 1(n-11)	29,75	28,44	30,54

Wachsester %	81,20	74,40	83,10
--------------	-------	-------	-------

Tab. 34: ARK 7/2, A4

Fettsäuren	15 / 19.07.	23 / 20.07.	32 / 25.07.	49 / 29.07.	58 / 01.08.	67 / 04.08.	zo04 / 12.08.
Tiere							18
std	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
12 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
14 : O	13,38	6,76	12,23	5,22	10,87	8,81	4,38
15 : O	0,00	0,00	0,00	0,38	0,00	0,00	0,20
16 : O	15,33	6,20	12,68	6,09	12,65	8,71	3,95
16 : 1(n-7)	8,50	7,73	9,15	7,42	9,15	9,26	8,48
16 : 1(n-5)	0,20	0,19	0,28	0,18	0,19	0,39	0,20
16 : 2(n-6)	0,39	0,39	0,56	0,61	0,77	0,84	0,72
16 : 3(n-3)	0,39	0,58	0,56	0,62	0,58	0,68	0,53
16 : 4(n-3)	0,30	1,14	2,55	0,67	1,22	2,21	0,51
18 : O	1,26	0,39	0,56	0,52	0,99	0,65	0,41
18 : 1(n-9)	5,31	4,13	4,51	4,12	4,62	4,01	3,67
18 : 1(n-7)	1,30	1,14	1,37	1,19	1,14	1,29	1,07
18 : 2(n-6)	1,08	2,12	1,74	1,34	1,06	1,48	0,94
18 : 3(n-3)	0,79	1,00	1,12	1,03	0,87	0,90	0,76
18 : 4(n-3)	4,72	7,24	5,18	4,95	4,58	5,76	3,83
18 : 5(n-3)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 1(n-9)	18,34	21,31	15,11	21,59	17,74	16,43	18,58
20 : 1(n-7)	1,34	1,97	1,48	2,04	1,62	2,00	1,78
20 : 2(n-6)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 3(n-3)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 4(n-6)	0,00	1,29	1,40	0,96	1,55	0,99	1,02
20 : 5(n-3)	3,86	9,31	8,84	11,71	9,13	11,40	14,71
22 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
22 : 1(n-11)	14,17	18,18	13,38	14,21	13,11	14,43	19,03
22 : 1(n-9)	5,25	5,70	1,71	6,20	4,10	4,15	6,15
22 : 5(n-3)	0,59	0,77	0,56	0,76	0,39	1,31	0,86
22 : 6(n-3)	3,48	2,45	5,04	8,18	3,66	4,31	8,21

## Alkohole

14 : O	5,30	2,53	5,17	2,02	4,22	3,76	1,56
16 : O	11,22	4,77	12,14	4,54	11,84	8,95	3,52
16 : 1(n-7)	0,33	0,67	0,82	0,50	0,69	0,66	0,23
18 : O	0,00	0,00	0,00	0,08	0,00	0,00	0,00
18 : 1(n-9)	0,00	0,44	0,00	0,57	0,46	0,82	0,00
18 : 2(n-6)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : O	0,00	0,00	0,00	1,10	0,00	0,97	0,00
20 : 1(n-9)	30,19	28,25	32,62	31,94	29,38	29,51	27,58
22 : 1(n-11)	52,96	63,34	49,25	59,25	53,40	55,33	67,10

Wachsester %	75,10	93,10	100,00	87,00	91,20	94,10	94,20
--------------	-------	-------	--------	-------	-------	-------	-------

Tab. 35: ARK 7/2, A5

Fettsäuren	16 / 16.07.	50 / 29.07.	59 / 01.08.	68 / 04.08.	2005 / 12.08.
Tiere					14
std	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
12 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
14 : O	7,32	10,45	11,75	12,19	3,02
15 : O	0,00	0,00	0,39	0,00	0,19
16 : O	9,81	14,82	17,02	15,55	4,50
16 : 1(n-7)	8,22	10,13	6,21	8,37	8,36
16 : 1(n-5)	0,48	0,53	0,39	0,28	0,13
16 : 2(n-6)	0,59	1,05	0,00	0,83	1,53
16 : 3(n-3)	0,80	0,84	0,59	0,55	1,38
16 : 4(n-3)	2,96	1,72	1,58	1,90	3,26
18 : O	0,77	1,26	1,64	1,18	0,38
18 : 1(n-9)	5,43	5,93	5,52	4,43	3,95
18 : 1(n-7)	1,21	1,20	0,78	1,10	1,22
18 : 2(n-6)	1,45	1,35	1,11	1,65	1,09
18 : 3(n-3)	1,45	1,22	1,31	1,65	1,02
18 : 4(n-3)	14,16	8,37	10,40	7,18	8,40
18 : 5(n-3)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 1(n-9)	11,77	11,92	11,93	11,28	12,60
20 : 1(n-7)	0,78	1,26	0,82	1,38	1,02
20 : 2(n-6)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 3(n-3)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 4(n-6)	0,74	1,05	1,00	1,38	0,90
20 : 5(n-3)	12,78	7,09	8,26	8,81	17,36
22 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
22 : 1(n-11)	9,24	11,61	9,92	12,49	14,33
22 : 1(n-9)	2,61	3,41	2,95	2,81	3,45
22 : 5(n-3)	0,68	0,00	0,59	0,55	1,10
22 : 6(n-3)	6,74	4,79	5,86	4,46	10,82
Alkohole					
14 : O	10,39	8,51	10,75	11,31	3,70
16 : O	23,25	23,52	29,78	32,23	10,62
16 : 1(n-7)	2,09	1,37	0,86	1,34	1,73
18 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
18 : 1(n-9)	1,78	1,37	1,36	0,00	0,00
18 : 2(n-6)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : O	0,00	1,37	0,00	0,00	0,00
20 : 1(n-9)	26,32	23,18	22,43	24,54	26,82
22 : 1(n-11)	36,16	40,67	34,82	30,58	57,12
Wachsester %	98,40	99,80	97,30	90,10	85,80

Tab. 36: ARK 7/2, A6-9

Fettsäuren	21 / A6 21.07.	40 / A6 27.07.	zoo6 / A6 12.08.	zoo7 / A7 12.08.	80 / A8 08.08.	zoo8 / A8 12.08.	zoo9 / A9 12.08.
Tiere			40	30		40	45
std	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
12 : O	0,00	0,00	18,25	0,00	0,00	0,00	0,00
14 : O	19,78	43,23	0,71	15,61	14,77	15,40	12,15
15 : O	0,77	2,13	16,54	0,62	1,03	1,08	1,09
16 : O	10,69	26,17	3,83	10,93	14,63	13,34	13,17
16 : 1(n-7)	3,11	1,56	0,00	7,30	4,50	3,79	7,01
16 : 1(n-5)	0,00	0,00	1,47	0,44	0,61	0,00	0,00
16 : 2(n-6)	0,19	0,12	0,00	1,88	0,37	0,55	0,00
16 : 3(n-3)	0,39	0,24	0,31	2,31	0,43	0,23	1,12
16 : 4(n-3)	0,58	0,69	0,84	5,99	0,40	0,12	1,45
18 : O	0,77	1,22	6,72	0,59	0,84	0,83	0,79
18 : 1(n-9)	4,08	2,20	0,39	3,23	5,68	5,71	4,30
18 : 1(n-7)	0,39	0,12	4,18	0,69	0,46	0,50	1,38
18 : 2(n-6)	1,08	0,76	0,50	0,77	2,80	2,99	1,13
18 : 3(n-3)	1,60	1,28	9,70	0,79	6,05	7,61	0,96
18 : 4(n-3)	18,38	6,59	0,00	3,08	6,92	5,62	5,42
18 : 5(n-3)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : O	0,00	0,00	6,82	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 1(n-9)	0,00	2,71	3,83	5,99	6,02	6,24	4,79
20 : 1(n-7)	3,34	0,80	0,00	1,12	1,68	2,17	1,04
20 : 2(n-6)	1,49	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 3(n-3)	0,00	0,00	1,47	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 4(n-6)	1,22	0,36	8,15	0,83	1,05	1,04	0,81
20 : 5(n-3)	16,22	4,11	0,00	19,05	13,14	10,74	18,83
22 : O	0,00	0,00	10,01	0,00	0,00	0,00	0,00
22 : 1(n-11)	4,91	4,09	0,35	8,89	6,79	9,39	6,25
22 : 1(n-9)	0,19	0,48	0,34	0,34	0,53	0,35	0,35
22 : 5(n-3)	0,39	0,00	5,57	0,48	0,00	0,35	0,51
22 : 6(n-3)	10,42	1,15	0,00	9,06	11,29	11,96	17,46

## Alkohole

14 : O	2,35	4,82	1,20	1,51	1,48	0,92	0,99
16 : O	13,21	32,46	12,24	9,65	9,94	9,01	9,10
16 : 1(n-7)	3,51	1,22	1,11	3,63	1,36	1,03	2,63
18 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
18 : 1(n-9)	4,95	3,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
18 : 2(n-6)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : O	0,00	0,21	0,00	0,00	0,50	0,00	0,00
20 : 1(n-9)	34,02	24,14	36,81	35,23	40,76	37,28	35,31
22 : 1(n-11)	41,97	34,15	48,63	49,98	45,96	51,77	51,97

Wachsester %	76,40	71,40	91,60	84,40	72,80	83,60	71,80
--------------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

Tab. 37: ARK 8, A2/Chf

Fettsäuren	2 / 05.06.	11 / 12.06.	21 / 20.06.	28 / 26.06.	37 / 04.07.	66 / 17.07.	82 / 24.07.	90 / 29.07.
Tiere	8	6	6	6	6	6	4	5
Std.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
12 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
14 : O	3,97	4,86	5,07	4,14	3,95	2,67	4,30	2,22
15 : O	0,00	0,00	0,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
16 : O	5,64	5,59	7,12	6,82	7,04	10,83	10,73	9,35
16 : 1(n-7)	16,95	15,41	7,53	18,87	8,98	6,71	11,32	6,68
16 : 1(n-5)	0,00	0,18	0,76	0,52	0,66	0,34	1,99	0,12
16 : 2(n-6)	0,70	1,11	0,51	0,65	0,83	0,70	0,59	0,62
16 : 3(n-3)	0,77	0,64	0,51	0,00	0,79	0,58	0,49	0,44
16 : 4(n-3)	0,98	1,11	0,00	0,00	0,46	0,00	0,00	0,00
18 : O	1,00	0,45	0,98	0,72	0,66	1,06	0,89	0,84
18 : 1(n-9)	3,11	3,23	4,74	3,12	2,68	3,48	4,10	3,48
18 : 1(n-7)	1,48	1,98	1,13	1,83	1,48	1,97	1,81	1,49
18 : 2(n-6)	0,70	0,70	0,83	0,69	0,76	1,27	1,23	1,41
18 : 3(n-3)	0,46	0,00	0,64	0,35	0,46	0,55	0,49	0,58
18 : 4(n-3)	2,63	0,64	1,48	1,30	3,58	3,80	3,99	7,87
18 : 5(n-3)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 1(n-9)	17,20	14,56	20,91	15,68	11,16	10,26	10,73	9,94
20 : 1(n-7)	2,41	2,23	1,03	2,31	1,43	1,03	1,59	0,91
20 : 2(n-6)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 3(n-3)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 4(n-6)	0,00	0,45	0,55	0,52	1,13	0,88	0,84	1,47
20 : 5(n-3)	14,19	17,66	9,14	12,08	19,98	16,53	14,05	16,76
22 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
22 : 1(n-11)	9,78	12,29	15,84	10,66	12,65	7,37	6,97	6,72
22 : 1(n-9)	4,95	4,77	5,69	5,02	4,43	4,62	4,25	3,81
22 : 5(n-3)	0,53	1,02	0,00	0,32	0,48	0,00	0,00	0,58
22 : 6(n-3)	12,54	11,13	15,38	14,41	16,40	25,37	19,64	24,71

## Alkohole

14 : O	2,18	2,30	0,78	2,38	1,83	0,42	1,06	1,62
16 : O	5,15	3,82	2,60	5,80	4,96	3,15	4,62	6,42
16 : 1(n-7)	1,09	1,00	0,00	2,09	0,95	0,00	0,00	0,91
18 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
18 : 1(n-9)	0,00	0,62	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
18 : 2(n-6)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 1(n-9)	30,25	27,90	24,21	29,14	19,03	19,71	34,85	22,26
22 : 1(n-11)	61,32	64,36	72,42	60,58	73,23	76,72	59,47	68,79

Wachsester%	88,14	91,14	76,13	69,63	65,66	42,38	47,25	54,1
-------------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	------

Tab. 38: ARK 8, A3/ChV

Fettsäuren	3 / 05.06.	12 / 12.06.	22 / 20.06.	29 / 26.06.	38 / 04.07.	59 / 10.07.	67 / 17.07.	83 / 24.07.
Tiere	13	10	10	10	8	10	7	8
Std.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
12 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
14 : O	5,02	4,93	4,04	4,13	2,77	1,70	1,97	3,16
15 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
16 : O	6,12	7,80	5,73	6,94	6,15	5,52	6,06	7,89
16 : 1(n-7)	14,80	18,80	12,73	14,10	8,41	4,14	5,92	13,29
16 : 1(n-5)	0,59	0,41	0,59	1,04	0,41	0,00	0,40	0,40
16 : 2(n-6)	0,57	0,75	0,83	0,84	0,80	0,59	0,59	0,90
16 : 3(n-3)	0,00	0,41	0,33	0,37	0,51	0,72	0,46	0,33
16 : 4(n-3)	0,00	0,62	0,24	0,40	0,19	0,00	0,00	0,00
18 : O	0,66	2,01	0,71	1,97	0,73	0,63	0,57	0,71
18 : 1(n-9)	5,71	4,24	3,93	2,94	4,46	4,29	3,21	3,98
18 : 1(n-7)	1,44	1,59	1,31	1,39	1,07	0,76	0,93	1,41
18 : 2(n-6)	1,46	0,85	0,84	0,66	2,12	2,23	1,58	1,89
18 : 3(n-3)	0,94	0,41	0,69	0,28	1,16	1,28	0,83	0,88
18 : 4(n-3)	3,68	0,66	2,06	3,53	9,02	19,84	12,09	6,44
18 : 5(n-3)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 1(n-9)	14,25	11,28	16,03	12,61	10,85	6,68	8,88	9,71
20 : 1(n-7)	1,14	1,14	1,37	1,29	1,31	1,11	1,04	1,12
20 : 2(n-6)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 3(n-3)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 4(n-6)	0,46	0,00	0,60	0,62	1,15	1,59	1,39	1,03
20 : 5(n-3)	10,46	14,39	12,47	17,75	15,51	16,15	15,05	14,84
22 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
22 : 1(n-11)	15,92	14,26	17,34	10,84	10,96	7,76	8,86	8,03
22 : 1(n-9)	3,97	3,85	5,43	4,02	3,53	2,18	3,24	2,38
22 : 5(n-3)	0,64	0,62	0,84	0,90	1,12	1,14	1,14	0,75
22 : 6(n-3)	12,17	10,97	12,11	13,38	17,77	21,70	25,79	20,87
Alkohole								
14 : O	3,56	3,34	2,23	3,96	2,50	31,32	2,26	2,14
16 : O	8,27	6,82	5,21	8,61	8,97	8,86	10,12	7,75
16 : 1(n-7)	1,85	2,99	1,32	2,24	1,54	1,28	1,60	1,81
18 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
18 : 1(n-9)	0,00	0,00	0,76	0,86	1,37	1,48	1,44	0,00
18 : 2(n-6)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 1(n-9)	27,27	23,78	23,27	27,38	22,56	16,83	25,02	27,36
22 : 1(n-11)	59,05	63,07	67,20	56,94	63,06	40,22	59,57	60,95
Wachsester%	85,79	86,07	84,97	67,72	76,55	91,03	65,04	68,6

Tab. 39: ARK 8, A4/ChV

Fettsäuren	5 / 08.06.	14 / 15.06.	25 / 22.06.	32 / 02.07.	45 / 06.07.	72 / 20.07.	87 / 27.07.
Tiere	10	10	10	10	10	8	9
std	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
12 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
14 : O	3,23	3,32	3,47	2,38	2,78	2,51	2,43
15 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
16 : O	3,63	3,57	5,12	4,40	4,40	4,99	6,21
16 : 1(n-7)	14,35	15,24	19,89	15,74	13,09	14,57	11,16
16 : 1(n-5)	0,18	0,41	1,65	0,30	0,22	0,37	0,32
16 : 2(n-6)	1,81	1,76	1,45	1,32	1,45	1,43	1,14
16 : 3(n-3)	1,20	1,28	0,88	1,00	1,12	0,79	0,77
16 : 4(n-3)	5,10	4,82	2,12	2,54	1,82	1,53	0,70
18 : O	0,42	0,28	0,55	0,48	0,55	0,43	0,54
18 : 1(n-9)	1,73	1,72	2,11	2,87	2,98	2,95	3,85
18 : 1(n-7)	1,33	1,50	1,62	1,39	1,30	1,36	1,22
18 : 2(n-6)	0,58	0,48	0,58	1,41	1,45	1,16	2,00
18 : 3(n-3)	0,18	0,00	0,62	0,66	0,75	0,51	0,88
18 : 4(n-3)	1,38	1,02	1,56	7,79	8,65	5,66	9,83
18 : 5(n-3)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 1(n-9)	13,01	12,75	10,41	9,28	9,96	12,23	9,14
20 : 1(n-7)	0,96	1,36	1,19	1,23	1,17	1,16	1,11
20 : 2(n-6)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 3(n-3)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 4(n-6)	0,49	0,40	0,45	0,70	1,00	0,79	0,93
20 : 5(n-3)	21,50	22,38	15,95	15,50	16,29	18,43	14,13
22 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
22 : 1(n-11)	17,28	16,60	15,47	15,72	14,19	12,94	12,40
22 : 1(n-9)	3,14	3,34	3,40	1,90	2,68	2,97	2,80
22 : 5(n-3)	1,62	2,01	1,79	1,53	1,34	1,36	1,25
22 : 6(n-3)	6,88	5,73	9,72	11,89	12,80	11,86	17,19

## Alkohole

14 : O	3,67	4,19	4,60	2,83	3,22	3,35	2,31
16 : O	7,80	7,80	9,53	11,30	10,10	9,49	10,70
16 : 1(n-7)	2,16	2,99	4,97	3,42	2,66	2,72	1,99
18 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
18 : 1(n-9)	1,48	1,71	1,44	1,00	0,94	1,40	0,97
18 : 2(n-6)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 1(n-9)	22,41	25,36	20,98	22,53	23,38	26,67	22,78
22 : 1(n-11)	62,48	57,94	58,48	58,92	59,70	56,36	61,25

Wachsester%	92,67	89,25	78,57	87,12	84,16	78,76	75,31
-------------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

Tab. 40: ARK 8, A4 WE

Fettsäuren	15.06. WE	22.06. WE	02.07. WE	06.07. WE	20.07. WE
Tiere	10 ChV	10 ChV	10 ChV	10 ChV	8 ChV
std					
12 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
14 : O	3,33	3,64	3,05	2,80	2,81
15 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
16 : O	2,73	3,33	2,90	3,54	2,42
16 : 1(n-7)	17,45	25,21	20,52	16,76	18,41
16 : 1(n-5)	0,00	0,45	0,34	0,00	0,00
16 : 2(n-6)	1,93	1,74	1,63	1,73	1,76
16 : 3(n-3)	1,47	1,07	1,20	1,30	1,07
16 : 4(n-3)	5,15	2,07	2,35	1,84	2,03
18 : O	0,42	0,00	0,35	0,37	0,43
18 : 1(n-9)	1,82	2,53	3,27	3,56	3,33
18 : 1(n-7)	1,52	2,38	1,50	1,40	1,27
18 : 2(n-6)	0,48	0,63	1,52	1,53	1,19
18 : 3(n-3)	0,00	0,00	0,67	0,76	0,47
18 : 4(n-3)	1,07	0,45	7,90	9,26	6,50
18 : 5(n-3)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 1(n-9)	14,03	13,76	10,84	12,25	13,76
20 : 1(n-7)	1,42	1,47	1,38	1,29	1,27
20 : 2(n-6)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 3(n-3)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 4(n-6)	0,42	0,45	0,61	0,89	0,80
20 : 5(n-3)	20,35	13,26	13,72	13,86	19,67
22 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
22 : 1(n-11)	17,38	19,48	16,23	16,61	13,65
22 : 1(n-9)	3,77	4,66	2,90	3,33	3,25
22 : 5(n-3)	3,02	1,56	1,44	1,24	1,43
22 : 6(n-3)	2,27	1,85	5,70	5,67	4,49

## Alkohole

14 : O	5,13	4,71	3,70	3,48	4,13
16 : O	9,73	10,04	11,30	11,63	11,12
16 : 1(n-7)	3,65	4,43	3,17	2,86	3,16
18 : O	0,00	0,00	0,24	0,00	0,00
18 : 1(n-9)	1,49	1,33	15,82	1,85	1,53
18 : 2(n-6)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 1(n-9)	23,19	18,60	18,08	21,13	24,31
22 : 1(n-11)	56,81	60,90	47,70	59,06	55,75

Tab. 41: ARK 8, A5/Cgf

Fettsäuren	7 / 10.06.	15 / 15.06.	26 / 22.06.	33 / 02.07.	46 / 06.07.	73 / 20.07.	88 / 27.07.
Tiere	11	10	10	10	10	8	7
Std.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
12 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
14 : O	8,04	8,74	8,47	10,25	7,44	5,43	3,07
15 : O	0,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
16 : O	6,15	6,66	6,66	6,93	7,90	13,94	17,91
16 : 1(n-7)	20,79	22,00	15,05	17,25	18,68	8,17	6,64
16 : 1(n-5)	0,34	0,78	0,95	0,55	0,18	0,32	0,00
16 : 2(n-6)	1,32	0,93	0,97	1,22	1,20	0,64	0,47
16 : 3(n-3)	0,88	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
16 : 4(n-3)	2,67	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
18 : O	0,44	3,44	0,68	0,71	0,79	1,66	4,59
18 : 1(n-9)	3,27	3,07	2,80	3,04	3,23	3,47	5,71
18 : 1(n-7)	1,62	1,57	1,41	1,39	1,52	2,58	3,20
18 : 2(n-6)	0,65	0,56	0,20	0,85	0,93	1,12	1,94
18 : 3(n-3)	0,21	0,00	0,40	0,00	0,35	0,88	0,58
18 : 4(n-3)	1,28	0,00	0,60	0,65	1,59	1,77	2,23
18 : 5(n-3)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 1(n-9)	14,47	15,63	18,00	20,94	19,29	9,81	9,01
20 : 1(n-7)	1,07	0,62	0,40	0,66	0,60	0,45	0,00
20 : 2(n-6)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 3(n-3)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 4(n-6)	0,32	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,30
20 : 5(n-3)	15,48	9,77	16,03	9,50	10,42	17,38	16,04
22 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
22 : 1(n-11)	8,75	13,15	11,00	9,81	8,92	4,08	2,90
22 : 1(n-9)	2,42	3,26	3,22	3,77	2,70	2,87	1,34
22 : 5(n-3)	0,70	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
22 : 6(n-3)	9,02	9,81	13,16	12,47	14,25	25,44	24,07
<b>Alkohole</b>							
14 : O	2,14	0,93	1,32	1,05	0,64	0,00	7,04
16 : O	7,51	5,24	4,71	4,45	4,83	2,08	0,00
16 : 1(n-7)	5,00	2,26	1,68	2,16	1,84	2,08	0,00
18 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
18 : 1(n-9)	2,20	1,19	1,35	1,19	1,08	1,04	0,00
18 : 2(n-6)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 1(n-9)	44,77	52,01	49,80	58,26	56,46	61,56	92,96
22 : 1(n-11)	38,38	38,37	41,14	32,90	35,15	33,23	0,00
Wachsester%	84,17	76,64	71,02	74	71,41	26,53	10,23

Tab. 42: ARK 8, A6/Cgf

Fettsäuren	8 / 11.06.	23 / 20.06.	39 / 04.07.	57 / 10.07.	62 / 13.07.	68 / 17.07.	74 / 21.07.	85 / 25.07.	91 / 27.07.
Tiere	16	10	10	10	10	10	10	10	20
Std.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
12 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
14 : O	8,43	8,25	7,33	4,92	6,57	5,70	4,00	4,97	4,15
15 : O	0,11	0,00	0,00	0,16	0,34	0,24	0,34	0,25	0,00
16 : O	5,35	5,09	5,32	11,63	8,14	11,88	16,93	14,86	13,94
16 : 1(n-7)	32,25	36,41	29,54	13,27	29,62	22,89	12,54	9,07	14,89
16 : 1(n-5)	0,49	0,59	0,35	0,24	0,26	0,94	0,31	0,59	0,20
16 : 2(n-6)	1,23	1,14	1,33	0,77	1,02	0,92	0,76	0,52	0,62
16 : 3(n-3)	0,32	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,22	0,00	0,00
16 : 4(n-3)	0,32	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
18 : O	0,27	0,33	0,72	1,43	1,15	1,30	1,83	2,66	1,34
18 : 1(n-9)	2,88	2,56	1,90	4,32	2,70	3,68	3,56	3,95	3,23
18 : 1(n-7)	1,49	1,77	1,65	4,33	1,88	2,69	3,00	1,75	2,56
18 : 2(n-6)	0,52	0,73	0,27	0,77	0,52	0,74	1,15	1,32	1,16
18 : 3(n-3)	0,16	0,74	0,00	0,33	0,00	0,61	0,64	0,41	0,35
18 : 4(n-3)	0,37	0,00	0,00	0,65	0,34	0,68	1,58	4,23	1,79
18 : 5(n-3)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 1(n-9)	14,12	13,57	18,25	9,10	12,03	15,22	9,37	6,31	7,67
20 : 1(n-7)	0,67	0,93	0,96	0,64	0,34	0,40	0,22	0,16	0,20
20 : 2(n-6)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 3(n-3)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 4(n-6)	0,31	0,00	0,00	0,00	0,00	0,19	0,00	0,33	0,00
20 : 5(n-3)	10,81	9,40	8,75	17,15	10,39	10,25	16,77	17,16	17,50
22 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
22 : 1(n-11)	9,86	7,51	11,16	4,85	9,31	6,77	3,37	4,90	4,03
22 : 1(n-9)	2,27	2,32	3,92	2,28	1,81	2,75	1,69	1,67	1,43
22 : 5(n-3)	0,40	0,58	0,00	0,00	0,00	0,19	0,00	0,00	0,30
22 : 6(n-3)	7,38	8,09	8,59	23,17	13,58	11,96	21,72	24,89	24,65
<b>Alkohole</b>									
14 : O	2,20	1,75	0,98	0,00	1,41	1,42	0,00	3,37	1,86
16 : O	7,77	7,69	4,72	4,72	7,18	6,94	4,31	11,96	7,24
16 : 1(n-7)	6,00	5,95	2,75	0,00	4,26	1,64	0,00	4,72	4,31
18 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
18 : 1(n-9)	1,43	1,32	0,69	0,00	0,66	0,86	0,00	3,54	0,00
18 : 2(n-6)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 1(n-9)	47,41	51,59	54,87	58,76	48,85	59,81	67,07	38,16	53,11
22 : 1(n-11)	35,20	31,70	35,99	36,52	37,64	29,32	28,62	38,25	33,48
<b>Wachsester</b>	<b>90,22</b>	<b>79,22</b>	<b>81,73</b>	<b>25,32</b>	<b>68,84</b>	<b>36,84</b>	<b>12,18</b>	<b>32,49</b>	<b>34,06</b>

Tab. 43: ARK 8, A7/CgV

Fettsäuren	9 / 11.06.	27 / 25.06.	61 / 12.07.	65 / 16.07.	81 / 23.07.	92 / 29.07.
Tiere	15	10	10	7	6	8
Std.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
12 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
14 : O	11,10	12,18	10,21	8,81	11,79	9,81
15 : O	0,46	0,24	0,30	0,43	0,00	0,30
16 : O	7,19	8,44	8,44	11,18	10,80	9,85
16 : 1(n-7)	25,77	29,52	28,90	20,65	24,90	25,78
16 : 1(n-5)	0,58	0,48	0,37	0,44	0,60	0,58
16 : 2(n-6)	1,20	1,33	1,66	1,29	1,12	1,09
16 : 3(n-3)	1,04	0,48	0,69	0,34	0,00	0,00
16 : 4(n-3)	1,82	0,48	0,00	0,00	0,00	0,00
18 : O	0,46	0,72	0,91	1,70	0,95	0,93
18 : 1(n-9)	3,52	3,86	3,14	3,91	3,43	4,08
18 : 1(n-7)	1,17	1,16	1,55	2,81	1,51	1,46
18 : 2(n-6)	0,58	1,09	0,76	0,85	1,08	1,17
18 : 3(n-3)	0,00	2,22	0,58	0,61	0,60	0,61
18 : 4(n-3)	1,04	0,00	0,56	1,05	0,72	1,57
18 : 5(n-3)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 1(n-9)	12,16	13,33	9,37	9,71	8,75	8,37
20 : 1(n-7)	0,67	0,70	0,70	0,56	0,39	0,61
20 : 2(n-6)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 3(n-3)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 4(n-6)	0,46	0,24	0,27	0,00	0,39	0,32
20 : 5(n-3)	10,99	6,61	9,33	11,52	9,82	10,70
22 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
22 : 1(n-11)	9,70	9,12	8,59	6,65	6,91	6,86
22 : 1(n-9)	1,84	2,05	2,17	2,40	1,94	1,83
22 : 5(n-3)	0,58	0,00	0,00	0,00	0,00	0,27
22 : 6(n-3)	7,69	5,76	11,48	15,09	14,31	13,79

## Alkohole

14 : O	3,24	2,55	2,02	1,39	3,23	2,94
16 : O	10,01	9,50	8,84	6,54	12,26	10,68
16 : 1(n-7)	9,51	6,57	6,84	5,08	6,94	6,53
18 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
18 : 1(n-9)	1,47	1,83	1,79	1,64	1,85	0,00
18 : 2(n-6)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 1(n-9)	41,79	47,29	41,94	46,86	40,62	44,16
22 : 1(n-11)	33,99	32,26	38,58	38,50	35,09	35,70

Wachsester%	90,88	89,8	76,68	63,55	65,86	68,63
-------------	-------	------	-------	-------	-------	-------

Tab. 44: ARK 8, A8.CfV

Fettsäuren	20/ 17.06.	31/ 29.06.	48/ 09.07.	64/ 15.07.	75/ 22.07.	93/ 29.07.
Tiere	55	32	42	35	28	30
Std.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
12 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
14 : O	16,06	15,28	14,30	18,86	16,48	17,82
15 : O	0,36	0,47	0,42	0,69	0,45	0,59
16 : O	7,80	8,51	8,19	10,44	9,06	9,84
16 : 1(n-7)	2,73	7,21	9,73	8,54	10,99	14,01
16 : 1(n-5)	0,92	0,64	0,46	0,65	1,09	1,03
16 : 2(n-6)	0,36	1,53	1,89	1,93	2,82	2,79
16 : 3(n-3)	0,36	1,70	1,68	1,29	1,57	1,41
16 : 4(n-3)	0,49	2,14	2,68	1,20	1,47	0,70
18 : O	1,09	0,75	0,73	1,06	0,73	0,74
18 : 1(n-9)	4,27	3,87	3,87	4,72	4,06	4,33
18 : 1(n-7)	0,18	0,47	0,88	0,54	0,74	1,12
18 : 2(n-6)	0,72	0,75	0,76	0,95	0,85	1,05
18 : 3(n-3)	1,97	1,42	1,31	1,58	1,26	1,15
18 : 4(n-3)	21,47	14,82	10,95	8,75	7,34	3,75
18 : 5(n-3)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 1(n-9)	6,47	6,22	5,34	7,97	7,33	7,01
20 : 1(n-7)	0,94	0,80	0,82	0,77	0,66	0,76
20 : 2(n-6)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 3(n-3)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 4(n-6)	1,37	1,07	1,08	1,14	1,00	0,98
20 : 5(n-3)	12,88	15,67	19,27	11,37	13,71	12,67
22 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
22 : 1(n-11)	9,03	8,89	8,69	11,08	11,08	9,91
22 : 1(n-9)	0,54	0,51	0,40	0,60	0,54	0,91
22 : 5(n-3)	0,45	0,68	0,51	0,57	0,36	0,46
22 : 6(n-3)	9,53	6,61	6,02	5,29	6,43	6,96

## Alkohole

14 : O	1,38	1,28	1,14	1,04	0,89	1,22
16 : O	6,57	7,22	7,07	5,60	5,90	6,45
16 : 1(n-7)	1,14	2,40	4,62	1,97	2,88	4,24
18 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
18 : 1(n-9)	3,67	3,85	3,69	3,13	3,39	0,00
18 : 2(n-6)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 1(n-9)	37,87	38,06	34,67	36,86	36,90	37,01
22 : 1(n-11)	49,37	47,20	48,82	51,40	50,04	51,08

Wachsester%	86,35	83,33	82,84	90,08	85,93	79,81
-------------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

Tab. 45: ARK 8, A8 WE

Fettsäuren	17.06. WE	29.06. WE	09.07. WE	15.07. WE	22.07. WE	29.07. WE
Tiere	55 CfV	32 CfV	42 CfV	35 CfV	28 CfV	30 CfV
std						
12 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
14 : O	23,09	19,53	19,77	24,54	22,71	23,76
15 : O	0,00	0,54	0,56	0,64	0,63	0,73
16 : O	7,68	7,46	7,75	9,44	9,26	8,95
16 : 1(n-7)	3,47	8,44	11,43	10,05	13,60	17,15
16 : 1(n-5)	0,59	0,58	0,62	0,69	0,63	0,61
16 : 2(n-6)	0,00	1,64	2,35	2,24	3,15	3,39
16 : 3(n-3)	0,57	2,01	2,18	1,40	1,71	1,54
16 : 4(n-3)	0,00	2,28	2,33	1,22	1,25	0,00
18 : O	0,53	0,48	0,39	0,53	0,52	0,55
18 : 1(n-9)	4,97	4,48	4,40	4,98	4,53	5,39
18 : 1(n-7)	0,80	0,00	0,38	0,36	0,56	0,69
18 : 2(n-6)	0,80	0,77	0,87	0,92	0,83	1,13
18 : 3(n-3)	2,20	1,70	1,45	1,52	1,16	1,23
18 : 4(n-3)	25,47	18,59	13,63	9,96	6,87	3,88
18 : 5(n-3)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 1(n-9)	7,22	6,20	6,43	7,96	8,31	8,08
20 : 1(n-7)	0,91	0,82	0,87	0,71	0,72	0,73
20 : 2(n-6)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 3(n-3)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 4(n-6)	1,19	1,18	1,15	1,05	0,92	0,95
20 : 5(n-3)	9,02	12,02	11,34	8,04	7,69	6,99
22 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
22 : 1(n-11)	9,14	9,04	9,99	12,25	12,87	13,64
22 : 1(n-9)	0,00	0,00	0,33	0,47	0,49	0,00
22 : 5(n-3)	0,21	0,46	0,50	0,00	0,80	0,00
22 : 6(n-3)	2,12	1,79	1,28	1,04	0,81	0,63

## Alkohole

14 : O	1,99	1,73	1,46	0,02	1,02	1,16
16 : O	9,47	9,48	8,79	0,14	6,39	6,97
16 : 1(n-7)	1,40	3,18	4,03	0,07	3,13	4,27
18 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
18 : 1(n-9)	4,16	4,14	4,17	0,07	3,46	3,49
18 : 2(n-6)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 1(n-9)	41,62	37,70	35,22	0,57	37,89	39,46
22 : 1(n-11)	41,37	43,77	46,33	0,75	48,11	44,65

Tab. 46: ARK 8, A9/CIV

Fettsäuren	34/ 03.07.	58/ 10.07.	69/ 17.07.	84/ 24.07.	89/ 27.07.
Tiere	40	34	34	33	13
Std.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
12 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
14 : O	15,49	17,00	17,16	18,09	16,23
15 : O	0,50	0,58	0,56	0,62	0,61
16 : O	8,34	9,33	9,49	10,23	10,41
16 : 1(n-7)	2,54	4,68	6,68	8,93	8,83
16 : 1(n-5)	0,50	0,65	0,77	0,67	0,78
16 : 2(n-6)	0,32	0,80	1,22	1,58	1,68
16 : 3(n-3)	0,30	0,67	1,10	1,58	1,43
16 : 4(n-3)	0,52	0,93	1,38	1,52	1,52
18 : O	1,00	0,89	0,83	0,91	0,99
18 : 1(n-9)	4,51	4,62	4,37	4,80	4,96
18 : 1(n-7)	0,29	0,44	0,66	0,71	0,76
18 : 2(n-6)	0,88	1,02	0,96	1,01	1,10
18 : 3(n-3)	1,95	1,79	1,83	1,66	1,60
18 : 4(n-3)	20,21	15,97	12,51	9,98	9,26
18 : 5(n-3)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 1(n-9)	7,15	6,99	6,99	5,87	6,55
20 : 1(n-7)	1,03	1,04	0,97	0,93	0,84
20 : 2(n-6)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 3(n-3)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 4(n-6)	1,40	1,32	1,27	1,27	1,31
20 : 5(n-3)	13,37	13,68	13,94	13,44	14,76
22 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
22 : 1(n-11)	8,44	8,64	8,99	4,81	8,09
22 : 1(n-9)	0,47	0,51	0,51	4,10	0,81
22 : 5(n-3)	0,53	0,41	0,51	0,38	0,52
22 : 6(n-3)	10,26	8,02	7,30	6,91	6,96

## Alkohole

14 : O	1,61	1,28	1,25	1,17	1,52
16 : O	8,16	7,48	7,56	7,87	8,12
16 : 1(n-7)	1,56	1,80	2,55	3,06	3,34
18 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
18 : 1(n-9)	4,10	3,84	3,85	4,15	3,99
18 : 2(n-6)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 1(n-9)	39,74	39,44	39,40	36,40	39,29
22 : 1(n-11)	44,84	46,16	45,39	47,34	43,75

Wachsester%	84,43	84,83	82,67	84,3	78,4
-------------	-------	-------	-------	------	------

Tab. 47: ARK 8, A9 WE

Fettsäuren	10.07. WE	17.07. WE	24.07. WE	27.07. WE
Tiere	34 CfV	34 CfV	33 CfV	13 CfV
std				
12 : O	0,00	0,00	0,00	0,00
14 : O	20,54	20,90	22,55	19,73
15 : O	0,71	0,71	0,70	0,77
16 : O	8,40	8,50	9,20	10,95
16 : 1(n-7)	5,22	7,45	10,02	10,82
16 : 1(n-5)	0,55	0,56	0,48	0,45
16 : 2(n-6)	0,83	1,32	1,72	1,66
16 : 3(n-3)	0,82	1,35	1,74	1,65
16 : 4(n-3)	0,99	1,53	2,77	1,56
18 : O	0,86	0,65	0,51	0,85
18 : 1(n-9)	4,55	4,99	5,10	5,61
18 : 1(n-7)	0,27	0,36	0,39	0,52
18 : 2(n-6)	1,03	0,99	0,98	1,06
18 : 3(n-3)	1,99	1,81	4,52	1,68
18 : 4(n-3)	18,18	14,79	10,78	10,35
18 : 5(n-3)	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : O	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 1(n-9)	7,95	7,83	6,35	7,77
20 : 1(n-7)	1,17	0,96	0,96	0,90
20 : 2(n-6)	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 3(n-3)	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 4(n-6)	1,36	1,58	1,18	1,26
20 : 5(n-3)	11,70	11,26	9,04	10,02
22 : O	0,00	0,00	0,00	0,00
22 : 1(n-11)	9,15	9,59	8,97	9,75
22 : 1(n-9)	0,82	0,47	0,78	0,45
22 : 5(n-3)	0,74	0,59	0,00	0,65
22 : 6(n-3)	2,19	1,80	1,26	1,55

Alkohole				
14 : O	1,47	1,57	1,63	1,88
16 : O	8,39	9,05	9,92	9,23
16 : 1(n-7)	1,68	2,51	3,80	3,60
18 : O	0,69	0,66	0,60	0,78
18 : 1(n-9)	4,10	4,25	4,86	4,24
18 : 2(n-6)	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : O	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 1(n-9)	39,48	39,10	37,73	37,04
22 : 1(n-11)	44,20	42,87	41,46	43,23

Tab. 48 ARK 8, A10:ChV

Fettsäuren	60/ 10.07.	63/ 14.07.	70/ 18.07.	76/ 22.07.	86/ 26.07.	94/ 29.07.
Tiere	10	10	10	10	8	7
Std.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
12 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
14 : O	4,63	4,05	4,64	3,70	3,25	2,67
15 : O	0,27	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
16 : O	5,05	5,14	5,84	5,77	5,05	5,39
16 : 1(n-7)	15,43	13,95	13,00	8,93	9,70	11,85
16 : 1(n-5)	0,98	0,32	0,68	0,42	1,08	0,28
16 : 2(n-6)	1,05	1,27	1,13	0,71	0,95	0,77
16 : 3(n-3)	0,35	1,03	0,80	0,62	0,74	0,71
16 : 4(n-3)	0,52	2,48	1,52	0,38	1,74	0,59
18 : O	0,63	0,65	0,63	0,72	0,63	0,46
18 : 1(n-9)	4,44	3,46	3,54	4,86	3,55	3,88
18 : 1(n-7)	1,66	1,49	1,66	0,93	1,00	1,08
18 : 2(n-6)	1,35	1,00	1,09	1,70	1,53	1,71
18 : 3(n-3)	0,99	0,48	0,54	0,60	0,66	0,80
18 : 4(n-3)	3,34	4,09	5,97	9,60	9,10	9,21
18 : 5(n-3)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 1(n-9)	19,14	16,55	14,98	15,19	14,09	11,12
20 : 1(n-7)	1,14	1,28	1,11	1,08	1,09	1,11
20 : 2(n-6)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,81
20 : 3(n-3)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	10,66
20 : 4(n-6)	0,70	0,71	0,71	1,14	0,87	0,81
20 : 5(n-3)	9,42	15,20	14,31	13,02	16,25	10,66
22 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
22 : 1(n-11)	15,60	14,19	12,92	11,82	13,35	9,79
22 : 1(n-9)	3,80	3,33	3,32	3,76	3,02	2,53
22 : 5(n-3)	0,47	0,80	0,86	0,53	0,58	0,81
22 : 6(n-3)	9,03	8,56	10,75	14,51	11,77	12,30

## Alkohole

14 : O	2,79	3,62	3,76	2,38	2,66	3,63
16 : O	8,31	8,83	10,12	9,86	10,27	15,20
16 : 1(n-7)	1,80	2,21	2,10	1,57	1,73	3,47
18 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
18 : 1(n-9)	0,89	1,46	1,26	1,41	1,60	0,00
18 : 2(n-6)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 1(n-9)	32,54	30,89	28,09	24,09	29,35	26,22
22 : 1(n-11)	53,68	53,00	54,66	60,69	54,39	51,48

Wachsester%	82,19	85,43	76,66	71,43	75,35	63,12
-------------	-------	-------	-------	-------	-------	-------





Tab. 51: ARK 7/2, B1-6

Fettsäuren	B1	B2	B3	B4	B5	B6
std	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
12 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
14 : O	3,31	1,52	2,91	2,65	2,27	2,26
15 : O	0,41	0,42	0,36	0,25	0,14	0,31
16 : O	12,10	15,46	12,85	15,60	9,85	12,34
16 : 1(n-7)	22,47	7,48	18,00	13,03	8,37	18,26
16 : 1(n-5)	0,32	0,00	0,24	0,00	0,31	0,35
16 : 2(n-6)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,41	0,00
16 : 3(n-3)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
16 : 4(n-3)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,59	0,00
18 : O	0,88	2,99	1,69	2,57	4,68	1,00
18 : 1(n-9)	14,72	11,96	14,59	11,26	6,44	18,00
18 : 1(n-7)	8,38	11,01	10,38	9,50	4,06	10,73
18 : 2(n-6)	1,59	1,38	1,69	0,98	0,49	1,64
18 : 3(n-3)	0,46	0,00	0,53	0,00	0,28	0,42
18 : 4(n-3)	0,75	0,00	0,86	0,00	1,01	0,41
18 : 5(n-3)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 1(n-9)	0,00	0,00	0,00	1,76	5,39	1,48
20 : 1(n-7)	0,00	0,00	0,00	1,18	3,22	0,83
20 : 2(n-6)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 3(n-3)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 4(n-6)	4,26	4,44	3,40	3,73	3,62	2,31
20 : 5(n-3)	23,42	27,15	23,70	28,85	27,28	17,44
22 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
22 : 1(n-11)	0,00	0,00	0,00	0,00	3,80	0,55
22 : 1(n-9)	0,00	0,00	0,00	0,00	6,86	0,31
22 : 5(n-3)	0,51	0,88	0,70	0,00	1,99	1,35
22 : 6(n-3)	6,43	15,31	8,10	8,64	8,95	10,01

## Alkohole

14 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	3,04	0,00
16 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	23,16	0,00
16 : 1(n-7)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
18 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
18 : 1(n-9)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
18 : 2(n-6)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 1(n-9)	0,00	0,00	0,00	0,00	36,10	0,00
22 : 1(n-11)	0,00	0,00	0,00	0,00	37,70	0,00



Tab. 53: ARK 7/2, B13-18

Fettsäuren	B13	B14	B15	B16	B17	B18
std	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
12 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
14 : O	2,01	1,51	1,35	1,59	0,91	1,33
15 : O	0,27	0,45	0,00	0,00	0,17	0,23
16 : O	8,61	17,50	13,07	9,58	8,41	8,03
16 : 1(n-7)	9,38	4,82	4,25	7,26	6,53	9,06
16 : 1(n-5)	0,27	0,00	0,00	0,37	0,43	0,31
16 : 2(n-6)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,38
16 : 3(n-3)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,39
16 : 4(n-3)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,69
18 : O	2,24	2,48	4,62	3,52	3,43	3,00
18 : 1(n-9)	16,33	9,52	4,85	5,09	6,67	5,34
18 : 1(n-7)	18,14	10,53	3,78	5,09	4,23	4,99
18 : 2(n-6)	1,37	1,05	0,54	0,58	0,56	0,72
18 : 3(n-3)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,36	0,29
18 : 4(n-3)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,74	0,98
18 : 5(n-3)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 1(n-9)	4,99	0,60	4,53	7,14	4,62	3,82
20 : 1(n-7)	3,62	0,43	0,00	5,12	6,57	5,02
20 : 2(n-6)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 3(n-3)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 4(n-6)	2,38	3,44	4,01	3,37	3,17	3,52
20 : 5(n-3)	17,14	23,39	29,23	19,94	25,34	24,94
22 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
22 : 1(n-11)	2,53	0,75	4,01	7,28	3,77	3,26
22 : 1(n-9)	1,74	0,59	8,76	7,20	6,98	5,83
22 : 5(n-3)	1,14	1,58	9,13	6,41	8,65	11,46
22 : 6(n-3)	7,83	21,35	7,88	10,47	8,48	6,42

## Alkohole

14 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	13,81	13,18
16 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	57,79	48,65
16 : 1(n-7)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
18 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
18 : 1(n-9)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
18 : 2(n-6)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 1(n-9)	0,00	0,00	0,00	0,00	24,86	18,71
22 : 1(n-11)	0,00	0,00	0,00	0,00	3,54	19,46

Tab. 54: ARK 7/2, B19-24

Fettsäuren	B19	B20	B21	B22	B23	B24
std	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
12 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
14 : O	1,07	2,12	2,21	2,36	2,31	2,55
15 : O	0,24	0,25	0,20	0,33	0,28	0,34
16 : O	8,73	12,47	12,83	11,49	12,12	13,55
16 : 1(n-7)	6,41	12,67	12,71	18,97	18,31	8,66
16 : 1(n-5)	0,37	0,12	0,00	0,11	0,00	0,00
16 : 2(n-6)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
16 : 3(n-3)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
16 : 4(n-3)	0,34	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
18 : O	3,79	2,57	2,12	1,50	1,44	2,09
18 : 1(n-9)	5,33	12,19	8,40	12,65	11,41	11,34
18 : 1(n-7)	4,60	11,23	14,66	12,04	10,00	9,62
18 : 2(n-6)	0,59	1,02	0,77	1,01	1,25	1,01
18 : 3(n-3)	0,26	0,18	0,20	0,00	0,28	0,00
18 : 4(n-3)	0,42	0,20	0,36	0,00	0,31	0,00
18 : 5(n-3)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 1(n-9)	6,02	2,57	2,77	2,39	1,72	4,69
20 : 1(n-7)	5,85	2,18	2,13	1,46	1,22	0,54
20 : 2(n-6)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 3(n-3)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 4(n-6)	4,05	2,21	1,66	2,08	1,91	2,01
20 : 5(n-3)	25,32	21,41	22,49	22,55	25,72	20,53
22 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
22 : 1(n-11)	4,64	2,83	3,02	1,65	1,35	5,12
22 : 1(n-9)	6,82	0,59	0,64	0,32	0,27	0,56
22 : 5(n-3)	8,31	1,05	1,83	1,18	1,48	0,54
22 : 6(n-3)	6,83	12,15	11,00	7,92	8,62	16,85

## Alkohole

14 : O	10,96	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
16 : O	42,59	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
16 : 1(n-7)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
18 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
18 : 1(n-9)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
18 : 2(n-6)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 1(n-9)	19,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
22 : 1(n-11)	26,85	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tab. 55: ARK 7/2, B25-33

Fettsäuren	B25	B26	B28	B29	B30	B31	B32	B33
std	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
12 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
14 : O	1,71	2,88	5,42	1,29	0,20	0,52	4,19	4,16
15 : O	0,00	0,00	0,00	0,21	0,00	0,16	0,88	0,36
16 : O	10,25	13,08	12,03	14,96	4,84	7,05	15,23	12,13
16 : 1(n-7)	10,18	24,21	41,65	7,88	6,60	6,64	14,41	14,80
16 : 1(n-5)	0,32	0,16	0,00	0,00	0,35	0,64	0,00	0,00
16 : 2(n-6)	0,00	0,00	0,75	0,00	0,78	0,00	0,00	0,00
16 : 3(n-3)	0,00	0,00	0,61	0,00	1,04	0,00	0,00	0,00
16 : 4(n-3)	0,00	0,00	0,40	0,00	0,95	1,07	0,00	0,00
18 : O	6,10	2,31	0,61	4,19	1,75	3,13	9,46	2,11
18 : 1(n-9)	4,14	5,61	5,48	4,31	13,41	10,17	9,49	12,28
18 : 1(n-7)	3,81	5,16	3,32	7,37	3,75	3,71	6,06	7,04
18 : 2(n-6)	0,51	0,87	1,09	0,00	1,02	0,91	0,00	1,54
18 : 3(n-3)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,74	0,00	0,89
18 : 4(n-3)	1,22	0,00	1,05	0,00	0,62	0,61	0,00	1,80
18 : 5(n-3)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 1(n-9)	0,65	1,18	3,66	3,02	7,75	8,10	3,63	0,00
20 : 1(n-7)	1,48	2,87	0,65	1,13	1,18	1,44	2,69	0,00
20 : 2(n-6)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 3(n-3)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 4(n-6)	5,24	3,93	0,65	7,14	0,99	0,98	0,00	1,41
20 : 5(n-3)	37,72	25,59	15,63	32,33	16,77	15,12	9,61	33,42
22 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
22 : 1(n-11)	4,97	1,33	2,35	0,88	11,66	11,61	7,12	0,00
22 : 1(n-9)	0,85	0,54	0,40	0,00	2,16	3,11	15,32	0,00
22 : 5(n-3)	1,33	1,64	0,00	4,06	7,88	8,70	0,00	0,88
22 : 6(n-3)	9,54	8,64	4,27	11,24	16,29	15,60	1,90	7,18

## Alkohole

14 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	2,24	15,42	0,00	0,00
16 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	69,67	43,83	0,00	0,00
16 : 1(n-7)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
18 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
18 : 1(n-9)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
18 : 2(n-6)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 1(n-9)	0,00	0,00	0,00	0,00	11,88	12,14	0,00	0,00
22 : 1(n-11)	0,00	0,00	0,00	0,00	16,21	28,62	0,00	0,00

Tab. 56: ARK 8, B1-8

Fettsäuren	B 1	B 2	B 3	B 4	B 5	B 6	B 7	B 8
<b>Tiere</b>								
std	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
12 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
14 : O	1,13	1,27	0,64	1,73	0,50	7,24	11,42	1,59
15 : O	0,00	0,32	0,00	0,00	0,55	0,50	1,17	0,39
16 : O	12,52	13,30	11,11	18,20	10,96	8,24	11,47	11,26
16 : 1(n-7)	16,68	23,17	3,80	3,60	4,86	7,26	5,76	20,39
16 : 1(n-5)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,55	0,00	0,37	0,66
16 : 2(n-6)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
16 : 3(n-3)	0,00	0,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
16 : 4(n-3)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
18 : O	1,37	1,64	4,83	2,88	5,01	4,65	6,71	0,88
18 : 1(n-9)	15,76	15,80	12,87	10,81	17,47	7,22	6,48	16,30
18 : 1(n-7)	3,71	9,02	7,13	7,52	8,57	6,32	4,53	15,50
18 : 2(n-6)	1,17	1,22	0,00	0,97	2,12	0,47	1,17	1,14
18 : 3(n-3)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,12	0,00
18 : 4(n-3)	0,00	0,49	0,00	0,00	0,72	0,55	2,83	0,66
18 : 5(n-3)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 1(n-9)	2,93	2,95	12,78	3,01	3,59	22,32	1,80	1,81
20 : 1(n-7)	3,83	2,43	1,78	0,56	3,76	1,29	0,91	1,70
20 : 2(n-6)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 3(n-3)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 4(n-6)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 5(n-3)	14,12	13,52	18,04	26,59	25,62	15,64	23,71	18,02
22 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
22 : 1(n-11)	1,80	1,62	6,94	1,30	1,39	6,55	9,68	0,22
22 : 1(n-9)	0,78	0,60	4,36	0,19	0,77	6,50	1,38	0,31
22 : 5(n-3)	3,54	1,62	6,19	1,00	2,19	0,31	1,01	2,16
22 : 6(n-3)	20,65	10,22	9,52	21,65	11,37	4,94	8,47	7,00

**Alkohole**

14 : O	0,00	0,00	11,76	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
16 : O	0,00	0,00	32,94	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
16 : 1(n-7)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
18 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
18 : 1(n-9)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
18 : 2(n-6)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 : 1(n-9)	0,00	0,00	27,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
22 : 1(n-11)	0,00	0,00	28,24	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00



