

## **Abschlußbericht des Forschungsvorhabens 03PL025A**

**Verbundprojekt: SO-GLOBEC -Saisonale Ernährungsstrategien  
antarktischer Krebse-**

**Teilprojekt 1: Nahrungsaufnahme und Nahrungsverwertung**

**Teilprojekt 2: Nahrungsquellen und Stoffumsatz**

**Teilprojekt 3: Energetische und ernährungsphysiologische  
Anpassungen**

# Schlussbericht des Forschungsvorhaben 03PL025A/1 (Saisonale Ernährungsstrategien antarktischer Krebse)

## Teilprojekt 1: Nahrungsaufnahme und Nahrungsverwertung

Vorgelegt von Dr. Bettina Meyer und Prof. Dr. Ulrich Bathmann

### Aufgabenstellung:

Das Projekt hatte das Ziel, die Ernährungs- und Lebenssituation des antarktischen Krill, *Euphausia superba*, beim Übergang zum Winter zu erfassen, wobei folgende Fragestellungen im Vordergrund standen:

- In welchem physiologischen Zustand befinden sich Larvenstadien sowie adulte *E. superba* beim Übergang zum Winter?
- Was und wie viel wird im antarktischen Herbst von den vorhandenen Larvenstadien sowie adulten Tieren an Nahrung aufgenommen?

Der Krill nimmt im antarktischen Ökosystem eine Schlüsselstellung ein, da er die Nahrungsgrundlage für eine Vielzahl von Warmblütern wie Wale, Robben, Pinguine und Seevögel bildet. Die Überwinterungsstrategie der Larvenstadien und der adulten Tiere ist bis heute umstritten und die Berechnung eines Jahres-Energiebudgets für *E. superba* ist bisher nicht möglich, da keine ausreichenden Datensätze aus den Herbst- und Wintermonaten vorliegen (Daly 1990, Knox 1994). Diese Daten sind aber zur Erstellung populationsdynamischer Modelle und zur Abschätzung des Krillbestandes und damit zur Entwicklung von Strategien zur nachhaltigen Bewirtschaftung von essentieller Bedeutung (Loeb et al. 1997). In diesem Zusammenhang stellt sich als zentrale Frage wie der Krill die Monate im Jahr überdauert, in denen die Primärproduktion gering ist und ein Großteil des antarktischen Ozeans mit Eis bedeckt ist? Forschungsprogramme zur Beantwortung dieser Thematik bilden innerhalb des "Southern Ocean GLOBEC" Programms sogenannte "Key actions" (GLOBEC Report No 7A). Zu den Überwinterungsstrategien des Krill zählen karnivore Ernährung, Fraß von Eisalgen, Reduktion der Körpergröße, Reduktion des Metabolismus, Nutzung von Lipidreserven, wobei jedoch immer nur von einem, bzw. wenigen Mechanismen gleichzeitig berichtet wurde. Was die spezifischen Überwinterungsmechanismen bestimmt, ist bisher nicht bekannt.

In den bisherigen Untersuchungen zur Bioenergetik von *E. superba* wurden nur jeweils einzelne Aspekte wie z. B. Futteraufnahme, Respiration oder Wachstumsraten bestimmt (Quetin und Ross 1991, Quetin, Ross und Clarke 1994). Studien, die alle Aspekte gleichzeitig berücksichtigen, fehlten bisher. Die bestehenden Datensätze beruhen in erster Linie auf

Untersuchungen mit adulten Krill während der Frühjahrs- und Sommermonate, in denen ausreichend Nahrung vorhanden ist. Nur vereinzelt existieren Daten zur Bioenergetik von ausgewachsenem Krill aus Monaten geringer Nahrungsverfügbarkeit (Kawagushi et al. 1986, Huntley et al. 1994, Torres et al. 1994, Hagen et al. 2001, Atkinson et al. 2002, Meyer et al. 2002a) und noch weniger Informationen gibt es über die Larvenstadien (Daly 1990, Frazer 1996, Frazer et al. 1997, Hagen et al. 2001, Meyer et al. 2002).

Die Untersuchungen zur Umsetzung der Vorhabenziele wurden während zweier Antarktisexpeditionen mit dem Forschungsschiff (FS) POLARSTERN im antarktischen Herbst durchgeführt. Das 1. Untersuchungsgebiet war die südwestliche Lazarevsee (ANT XVI/3: 14-20 April 1999), das 2. Untersuchungsgebiet die Bellingshausensee (ANT XVIII/5b 13. April-7. Mai 2002). Beide Expeditionen fanden im Rahmen des IGBP Kern-Projektes „Southern Ocean Global Ocean Dynamics“ (SO-GLOBEC) statt. Weitere Untersuchungen wurden auf der britischen Antarktisstation ROTHERA im antarktischen Sommer (Januar bis April 2000) durchgeführt.

Das gesamte Vorhaben erfolgte in enger Zusammenarbeit mit Dr. Angus Atkinson vom British Antarctic Survey als Kooperationspartner ausserhalb des Verbundes. Weiterhin erfolgte im Rahmen der Enzymanalytik eine enge Zusammenarbeit mit Dr. Reinhard Saborowski und Prof. Dr. Friedrich Buchholz (AWI, Kooperationspartner ausserhalb des Verbundes).

## **Ergebnisse**

Mit Hilfe des Vorhabens konnten wichtige Bausteine zur möglichen Überwinterungsstrategie des Krills geliefert werden, welches eine zentrale Fragestellung innerhalb des SO-GLOBEC Programms darstellt. Die von uns durchgeführten Untersuchungen, speziell die schiffsgebundenen Expeditionen fanden im Rahmen des SO-GLOBEC Programms statt. Die in diesem Vorhaben erhobenen Daten werden in soweit verwertet, dass sie in die Datenbank des SO-GLOBEC Programms einfließen. Mit den sich daraus ergebenden Erkenntnissen ist es angestrebt das bestehende Monitoring -Programm, welches im Rahmen von CCAMELAR durchgeführt wird, neu zu überdenken und auszuführen. Es wird angestrebt Managementpläne zur nachhaltigen Bewirtschaftung des antarktischen Krill, unter Berücksichtigung der Krillkonsumenten wie Wale, Robben, Pinguine, zu entwickeln.

Im Folgenden werden die Ergebnisse, die sich aus den einzelnen Expeditionen sowie den Stationsaufenthalt ergaben zusammengefasst und die erfolgten und geplanten Veröffentlichungen aufgeführt.

## 1. Expedition in die südwestliche Lazarevsee (ANT XVI/3: 14-20 April 1999)

### *Adulter Krill*

Die von Quetin und Ross 1991 aufgestellte Annahme, dass adulter Krill in den Wintermonaten seinen Metabolismus reduziert, konnte durch unsere Untersuchungen im antarktischen Herbst 1999 bestätigt werden (Atkinson et al. 2002). Im Vergleich zu Literaturwerten aus den Sommermonaten (Segawa et al. 1982, Ikeda and Mitchell 1982, Ikeda and Bruce 1986, Ishii et al. 1987) zeigte adulter Krill im Herbst um 30% geringere metabolische Raten. Weiterhin zeigten die im Herbst gemessenen Ingestionsraten, gegenüber Sommerdaten (Atkinson and Snýder 1999), um 50% reduzierte Werte. Auch nach einer 1 wöchigen Adaptationsphase waren die Tiere nicht in der Lage Phytoplanktonkonzentrationen wie sie im Sommer vorherrschen zu nutzen. Die auf Polarstern durchgeführten Fressexperimente, erfolgten in gleicher Art und Weise wie sie von Atkinson and Snýder (2000) im Sommer durchgeführt wurden. Somit war ein direkter Vergleich der Ergebnisse gewährleistet. Es zeigte sich aber in den Freßexperimenten im Herbst eine erhöhte Karnivorie im Vergleich zu Sommeruntersuchungen. Das in Atkinson et al. (2002) aufgestellte Energiebudget zeigt, dass adulter Krill in der Lage ist, mit seinem Lipid- und Proteingehalt über 200 Tage und somit den gesamten Winter ohne Nahrungsaufnahme zu überstehen. Unterstützt werden diese Ergebnisse durch Aktivitätsmessungen der Citratsynthase, ein Schlüsselenzym des Metabolismus, dessen Aktivität im Herbstkrill eine signifikante Reduktion gegenüber dem Sommerkrill zeigte (Meyer et al. 2002a). Es ist bisher völlig unklar was diese metabolische Reduktion auslöst. Zum einen kann dies durch das in dieser Jahreszeit geringe Nahrungsangebot ( $< 0.1 \mu\text{g Chl}a \text{ L}^{-1}$ ) verursacht werden, sogenannte Hungerbedingungen. Die Reduktion des Metabolismus während Hungerphasen, ist innerhalb der Crustaceen weit verbreitet, jedoch wären die Tiere dann in der Lage hohe Futterkonzentrationen, nach einer kurzen Adaptationsphase, zu nutzen, was sich in unseren Untersuchungen aber nicht bestätigte. Eine Hypothese, die sich aus diesen Ergebnissen ableiten wäre, dass die Photoperiode im antarktischen Jahresverlauf als Zeitgeber dient um interne physiologische Prozesse zu initiieren. In Vertebraten sowie Invertebraten, die in gemäßigten Klimazonen leben, wurde gezeigt, dass die Photoperiode die Sekretion des Hormons Melatonin beeinflusst, welches physiologische Prozesse wie Reproduktion oder Diapause etc. auslöst (Vivien-Reols et al. 1984, Vivien-Reols und Pevet 1986). An *E. superba* wurden photoperiodische Untersuchungen bisher noch nicht durchgeführt. Sie können aber in

Zukunft einen entscheidenden Schlüssel zum Überwinterungsverhalten des adulten Krills darstellen.

#### *Die Larvenstadien*

Aufgrund der fortlaufenden Entwicklung der Krilllarven während der Wintermonate (Daly 1990) und der geringen Lipidreserven (Hagen et al. 2001) wird vermutet, dass die Larven stetig Nahrung aufnehmen müssen.

Unsere Untersuchungen im antarktischen Herbst haben gezeigt, dass die metabolischen Raten der Larven vergleichbar sind mit Raten, die in den Sommermonaten gemessen wurden (Meyer et al. 2002, 2003). Die Aktivität der Citratsynthase zeigte bei vergleichbaren Larvenstadien aus dem Sommer – und den Herbstmonaten keine signifikanten Unterschiede (Meyer et al. 2002a). Im Gegensatz zum adulten Krill waren die Larvenstadien aus dem antarktischen Herbst in der Lage hohe Phytoplanktonkonzentrationen sofort zu nutzen. Unsere Untersuchungen zum Fressverhalten der Larven haben ebenfalls gezeigt, dass sie adulte Copepoden > 500µm nicht als Nahrungsquelle verwenden. Die Lipidreserven waren mit 16% der Trockenmasse gegenüber 58 % der Trockenmasse bei adultem Krill gering. Aus diesen Ergebnissen ergab sich die Frage in wieweit die Larvenstadien in der Lage sind lange Hungerperioden zu überstehen (siehe 2. Expedition).

#### **Aus den erhobenen Daten dieser Expedition ergaben sich folgende Veröffentlichungen:**

- Atkinson A, Meyer B, Bathmann U, Stübing D, Hagen W, Schmidt K (2002) Feeding and energy budget of Antarctic krill *Euphausia superba* at the onset of winter. II. Juveniles and adults. *Limnol Oceanogr* 47: 953-966
- Meyer B, Atkinson A, Stübing D, Oetl B, Hagen W, Bathmann U (2002) Feeding and energy budget of Antarctic krill *Euphausia superba* at the onset of winter. I. Furcilia III larvae. *Limnol Oceanogr* 47: 943-952
- Meyer B, Saborowski R, Atkinson A, Buchholz F, Bathmann U (2002a) Seasonal differences in citrate synthase and digestive enzyme activity in larval and postlarval Antarctic krill, *Euphausia superba*. *Mar Biol* 141: 855-862

#### **Stationsaufenthalt: Antarktisstation *Rothera* des British Antarctic Survey auf Adelaide Island, westliche Peninsula (Januar – April 2000)**

Die Untersuchungen im antarktischen Spätsommer, die sich mit der physiologischen Kondition von Krilllarven sowie adulten Tieren aber speziell mit dem Fressverhalten und Wachstum der Larvenstadien befassten sollten als Vergleichswerte für die Untersuchungen im antarktischen Herbst dienen, da sie mit den gleichen methodischen Ansätzen durchgeführt