

**Antarktischer Krill:
eine Fallstudie über die Auswirkung der
Fischerei auf das Ökosystem**

im Auftrag der Lighthouse Foundation
von Virginia Gascón und Rodolfo Werner
Antarctic and Southern Ocean Coalition

Puerto Madryn (Argentinien), Oktober 2005

viriniagascon@infovia.com.ar

rodolfo.antarctica@gmail.com



Der Antarktische Krill (*Euphausia superba*) steht im Mittelpunkt der Nahrungskette der Antarktis. Eine wesentliche Komponente des marinen antarktischen Ökosystems bilden die Räuber, die – direkt oder indirekt – vom Gedeihen der Krillpopulationen abhängen. Der Antarktische Krill ist zirkumpolar verbreitet und kommt im Südlichen Ozean in großen Mengen vor.

Seit den späten 70er Jahren bildet der Fang des Antarktischen Krills den größten Anteil der Fischerei im Südlichen Ozean (Croxall u. Nicol 2004). In den letzten Jahren waren meist fast alle Krillfangschiffe in den Küstengebieten des Südwestatlantiks eingesetzt, wo man schon in der Vergangenheit gute Fangergebnisse erzielen konnte. Die Krillfischerei ist weltweit die größte Fischerei von Krustentieren und könnte zur weltweit größten Fischerei überhaupt anwachsen (Nicol u. Endo 1997), vor allem, weil die Verarbeitungstechnik des Krills Fortschritte macht und der Bedarf an Produkten aus Krill zunimmt. Dieser Trend hat Bedenken bezüglich des empfindlichen marinen Ökosystems der Antarktis geweckt, das man immer noch nicht in allen Einzelheiten versteht.

Die Vorstellung reicher Krillbestände könnte größere Investitionen anregen und die Versuche der Politik, den Fischfang zu kontrollieren, verzögern. Das ist von besonderer Wichtigkeit, wenn man die Geschichte der Überfischung der Seetiere im Südlichen Ozean in Betracht zieht. Sie betraf im 19. Jahrhundert die Robben, in der Mitte des 20. Jahrhunderts die großen Wale, in den frühen 70er Jahren den Marmorbarsch (*Notothenia rossii*) und in jüngster Vergangenheit einige Populationen des Schwarzen Seehechts (*Dissostichus eleginoides*).

Das „Übereinkommen über die Erhaltung der lebenden Meeresschätze der Antarktis“ (CCAMLR) stellt ein internationales Abkommen dar, das auch für das Management der Bestände des Antarktischen Krills im Südlichen Ozean verantwortlich ist. Die CCAMLR wurde im Rahmen des Antarktisvertrags ausgehandelt, wobei die Erhaltung der Bestände

des Antarktischen Krills von Beginn an ein wesentlicher Faktor war. Das Abkommen war eines der ersten, das die Notwendigkeit festhielt, im Rahmen eines Fischerei-Managements das *gesamte* Ökosystem zu berücksichtigen.

Wenn auch gegenwärtig die Krillfangmengen im Südlichen Ozean deutlich unter den CCAMLR-Quoten liegen, besteht doch die Gefahr einer lokal extensiven Fischerei in kleinen Regionen, die einen Einfluss auf Arten haben könnte, die insbesondere in der Brutzeit auf Krill als Nahrung angewiesen sind. Die Krillfanggebiete im Südlichen Ozean überschneiden sich weitgehend mit den Brutgebieten der Pinguine und Robben (Constable u. Nicol 2002), man weiß aber immer noch zu wenig über die Futtergebiete und die Fressraten anderer Krillräuber wie Wale, Delfine, Fische, Kalmare oder fliegende Seevögel.

Die CCAMLR hat große Fortschritte bei der Formulierung und Entwicklung eines vorbeugenden und auf einer ökosystemischen Grundlage beruhenden Managements der marinen Ressourcen gemacht, die vollständige Durchsetzung dieser Prinzipien im Südlichen Ozean steht aber immer noch am Anfang. Die Situation wird anhand des Beispiels des Antarktischen Krills sehr deutlich. So werden bei der Feststellung der Quoten für die Krillfischerei für große Gebiete des Südlichen Ozeans zwar die Bedürfnisse der vom Krill abhängigen Arten in Rechnung gestellt, es ist aber dringend erforderlich, die Gesamtfangquoten in Quoten für einzelne, kleinere Regionen aufzuspalten, um damit auch die Beziehungen zu berücksichtigen, die dort zwischen dem Krill und den Tieren bestehen, die ihn fressen.

Die CCAMLR muss auch noch Reformen in die Wege leiten, um die Überwachung und Kontrolle der antarktischen Krillfischerei zu verstärken, die trotz ihres Umfangs und ihrer Bedeutung nämlich noch immer nicht den meisten Überwachungs- und Kontrollmaßnahmen unterliegt, denen sich die anderen Fischereien im Südlichen Ozean unterwerfen müssen.

I. Antarktischer Krill

“Krill” ist ein Begriff, mit dem man über 80 Krustentierarten beschreibt, die im offenen Meer leben. Sie sind als *Euphausiiden* bekannt und zählen in der Mehrzahl zum Plankton (Everson 2000a).

Die folgenden *Euphausiiden* kommen im Südlichen Ozean vor: *Euphausia superba*, *E. vallentini*, *E. triacantha*, *E. frigida*, *E. crystallorophias*, *Thysanoessa vicina* und *T. macrura*. Nur zwei dieser Arten treten gewöhnlich in dichten Schwärmen auf und sind daher für die Fischerei von besonderem Interesse: *E. superba* und *E. crystallorophias*. Alle *Euphausiiden* im Südlichen Ozean kommen zirkumpolar vor, wobei die Häufigkeit der einzelnen Arten weitgehend von der geografischen Breite abhängig ist (Everson 2000a).

E. superba ist die Art, die man üblicherweise als “Antarktischen Krill” bezeichnet. Ihr Verbreitungsgebiet ist groß, und sie wird in bedeutendem Umfang gefischt (Everson 2000a). Die antarktische Konvergenzzone oder Polarfront – das ist die zirkumpolare Front, an der sich das kalte antarktische Oberflächenwasser unter das wärmere subantarktische Wasser schiebt – stellt in etwa die Nordgrenze des Vorkommens von Antarktischem Krill dar. Antarktischer Krill kommt in hoher Konzentration im Südatlantik (Scotia Arc) und in einigen

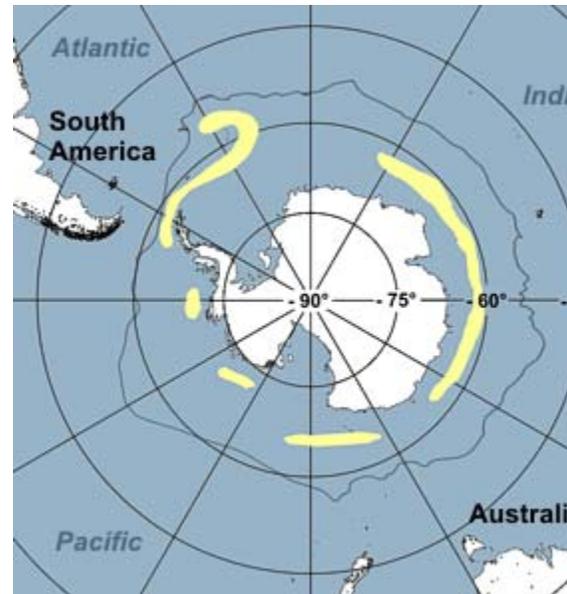


Abb. 1 – Verbreitung des Antarktischen Krills (nach wissenschaftlichen Untersuchungen und nach Angaben der Fischerei). Aus Everson 2000c.

Regionen vor, die im Indischen Ozean nahe des antarktischen Kontinents liegen. Die Gesamtfläche seines Vorkommens beträgt etwa 36 Millionen Quadratkilometer, was ungefähr der 4 ½-fachen Fläche von Australien entspricht.

Der Antarktische Krill gehört zu den häufigsten und erfolgreichsten Tierarten der Erde. Seine Biomasse ist möglicherweise größer als die jeder anderen mehrzelligen Tierart auf unserem Planeten (Nicol 2004). Krill stellt die größte Ansammlung marinen Lebens dar (Macauley *et al.* 1984) und enthält die wirkungsvollsten proteolytischen Enzyme (Proteasen, Peptidasen), die man kennt (Anheller *et al.* 1989).

Der Antarktische Krill ist in erster Linie ein Pflanzenfresser. Im Sommer lebt er von Phytoplankton (mikroskopisch kleinen, im Wasser schwebenden Pflanzen wie Geißel- und Kieselalgen) des Südlichen Ozeans, während er im Winter vorwiegend Algen zu sich nimmt, die auf der Unterseite von Treib- und Packeis leben. Man nimmt an, dass auch das Zooplankton, also kleine Tiere, die zum Plankton gehören, auf dem Speiseplan des Krill stehen.

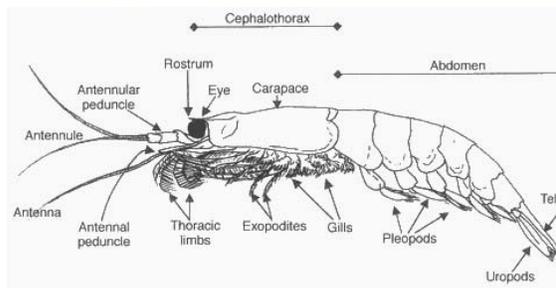


Abb. 2 – Darstellung eines Krills mit den wichtigsten morphologischen Einzelheiten. Aus Everson 2000a.

Ein Krill erreicht ein Alter von 6–7 Jahren. Die weiblichen Tiere sind im Alter von 2 Jahren, die männlichen im Alter von 3 Jahren geschlechtsreif (Siegel 2000). Die Paarung findet 1–2 Monate vor dem Laichen im November statt. Die reifen, erwachsenen Tiere finden sich zu gewaltigen „Schulen“ oder Schwärmen zusammen, wobei viele tausend Tiere pro Kubikmeter zusammengedrängt sind, und das Wasser rot oder orange färben. Diese so genannten Aggregations-Schichten mit

dichten Krillansammlungen zeichnen sich durch eine starke Streuung in akustischen Ortungsgeräten aus. Das Auftreten in Schwärmen, die sich über einige Kilometer erstrecken können, macht den Krill für die kommerzielle Fischerei so attraktiv. Allerdings bleiben die Schwärme während der hellen Stunden des Tages in größerer Tiefe verborgen. Erst in der Nacht kommen sie an die Oberfläche. Vertikale Wanderbewegungen dieser Art finden wir bei vielen Seetieren, sie treten aber beim Antarktischen Krill vielleicht am spektakulärsten in Erscheinung: Sobald der Schwarm an der Oberfläche erscheint, fallen Räuber wie Seevögel, Robben, Kalmare, Fische oder Bartenwale über ihn her (Nicol 2004).

Man weiß immer noch nicht sicher, wie der Krill den antarktischen Winter überlebt. Die Tiere scheinen keine großen Fettreserven anzulegen, sie müssen daher unter dem Eis Nahrung zu sich nehmen, wie etwa die Algen, die auf den Unterflächen des Packeises wachsen, abgestorbene Tier- und Pflanzenreste auf dem Grund des Meeres und andere Meerestiere – oder sie greifen nicht auf Fett, sondern auf andere körpereigene Speicher zurück. Auf das Letztere deuten Laboruntersuchungen hin, bei denen man herausfand, dass der Antarktische Krill eine lange Zeit – bis zu 200 Tage – ohne Nahrung überleben kann. Das gelingt, indem die Tiere schrumpfen und ihren eigenen Körper aufzehren, um den Stoffwechsel aufrecht zu erhalten (Nicol 2004). Aufgrund dieses Ergebnisses nimmt man an, dass die Absenkung der Stoffwechselrate dem Krill auch erlaubt, den Winter ohne Nahrungsaufnahme zu überstehen (Quetin u. Ross 1991). Der Krill wächst wie alle Krustentiere durch Häutung, das heißt, das Tier wirft die alte Schale ab und wächst, während die neue Schale noch weich ist. Das Besondere beim Krill scheint zu sein, dass bei ihm dieser Prozess auch umgekehrt ablaufen kann: Das Tier wächst nicht, sondern schrumpft, wenn es ihm an Nahrung fehlt (Nicol 2004).



Der Riesensturmvogel (*Macronectes giganteus*) gehört zu den Hauptarten unter den Sturmvögeln, die auf Krill als Nahrung angewiesen sind. Foto: © Claudio Suter.

Schätzungen des Krillbestandes in den 60ern, die auf der Menge an Krill beruhen, die durch das Verschwinden des Bartenwals im Südlichen Ozean frei wurde, deuten darauf hin, dass eine nachhaltige Krillfischerei in großem Umfang möglich sein könnte (Ichii 2000). Nach neueren akustischen Untersuchungen umfasst die zirkumpolare Biomasse des Antarktischen Krills zwischen 60 und 155 Millionen Tonnen (Nicol *et al.* 2000). Wegen dieser Häufigkeit und seiner herausgehobenen Position im Nahrungsnetz mit dem mikroskopischen Phytoplankton auf der einen Seite und großen Räubern auf der anderen Seite nimmt der Krill in der Packeiszone und in Teilen der eisfreien antarktischen Gewässer in höheren Breiten unter den Arten eine Schlüsselposition ein (www.ccamlr.org).

Um den Krillbestand (60–155 Millionen Tonnen) in Relation zu setzen, muss man bedenken, dass in allen Meeren der Welt jährlich weniger als 100 Millionen Tonnen an Fisch und Schalentieren gefangen werden. Die Biomasse des Antarktischen Krills könnte also in der Tat die aller anderen mehrzelligen Arten auf unserem Planeten übersteigen (Nicol 2004).

II. Rolle des Krills im antarktischen Nahrungsnetz

Das marine antarktische Ökosystem wird in großem Maße vom Antarktischen Krill als dem wesentlichen Beutetier bestimmt. Die meisten Arten in der Antarktis sind nur eine oder zwei Ernährungsstufen vom Krill entfernt, der den Hauptbestandteil des Speiseplans einer Vielzahl von Arten bildet, wobei viele sogar fast völlig von ihm abhängig sind (Alonzo *et al.* 2003).

Insbesondere im Südatlantik ist der Krill für viele Meeressäuger und Seevögel die reichhaltigste Futterquelle. Die Gebiete mit der höchsten Krillkonzentration liegen oft in der Nähe der Küsten, wo Krill fressende Vögel und Robben ihre Brutkolonien haben (Croxall 2003). Diese Räuber sind auf Krill in der Nähe ihrer Kolonien angewiesen, um ihre Nachkommen im antarktischen Sommer füttern und aufziehen zu können. Es konnten beispielsweise eindeutige Zusammenhänge zwischen den Krillvorkommen und der Vermehrung und dem Überleben der antarktischen Pinguine nachgewiesen werden (Alonzo *et al.* 2003).



Abb. 3: Vereinfachte Darstellung des „krillzentrierten“ Nahrungsnetzes im Südlichen Ozean. Nach Everson 2000b.

Schlüsselarten, die unmittelbar vom Krill als Nahrungsquelle abhängig sind

Seevögel. Im Allgemeinen konsumieren Seevögel große Mengen an Krill, wobei der Jahresbedarf je nach Art und Region verschieden ist.

Die folgenden Pinguinarten sind in hohem Maße auf Antarktischen Krill angewiesen (Croxall 1984): Adéliepinguin (*Pygoscelis adeliae*); Zügel- oder Kehlstreifpinguin (*Pygoscelis antarctica*); Goldschopf- oder Macaronipinguin (*Eudyptes chrysolophus*); Eselspinguin (*Pygoscelis papua*).

Drei Albatrosarten fressen Krill, wobei der Anteil des Krills an der gesamten Nahrungspalette je nach Art differiert. Es handelt sich um die folgenden Arten: Schwarzbraunalbatros (*Diomedea melanophris*); Graumantel-Rußalbatros (*Phoebetria palpebrata*); Graukopfalbatros (*Diomedea chrysostoma*).

Sturmvögel im Allgemeinen fressen sehr viel Antarktischen Krill, wobei auch hier der Anteil je nach Art differiert, bei kleineren Arten aber sehr groß zu sein scheint (Everson 2000b). Die Hauptarten der von Krill abhängigen Sturmvögel sind: Riesensturmvogel (*Macronectes giganteus*); Hallsturmvogel (*Macronectes halli*); Antarktissturmvogel (*Thalassoica antarctica*); Kapsturmvogel (*Daption capense*); Schneesturmvogel (*Pagodroma nivea*); Sturmtaucher (*Pelecanoides* spp; spp = Subspecies); Weißkinnsturmvogel (*Procellaria aequinoctialis*).



Drei Albatrosarten ernähren sich von Krill, darunter der Schwarzbrauen-Albatros (*Diomedea melanophris*). Foto: © Claudio Suter.



Der Eselspinguin (*Pygoscelis papua*) reagiert sehr empfindlich auf Änderungen im Krillangebot. Foto: © Claudio Suter

Für die kleineren Sturmschwalben (u.a. *Oceanites* spp) und Walvögel (*Pachyptila* spp) gehört ein weiteres Spektrum von Krustentieren zu den Beutetieren, wobei das Schwergewicht auf Ruderfußkrebsen (Copepoda ssp) liegt (Prince u. Morgan 1987).

Robben. Alle Arten der antarktischen Robben, ausgenommen der Südliche Seeelefant (*Mirounga leonina*), fressen in einem bestimmten Ausmaß Krill (Laws 1984). Es handelt sich um die folgenden Arten: Krabbenfresserrobbe (*Lobodon carcinophagus*); Seeleopard (*Hydrurga leptonyx*); Weddellrobbe (*Leptonychotes weddelli*); Rossrobbe (*Ommatophoca rossi*); Antarktischer Seebär (*Arctocephalus gazella*).



Die Krabbenfresserrobbe (*Lobodon carcinophagus*) gehört zu den antarktischen Robben, auf deren Speisplan auch der Krill steht. Foto: © Claudio Suter.

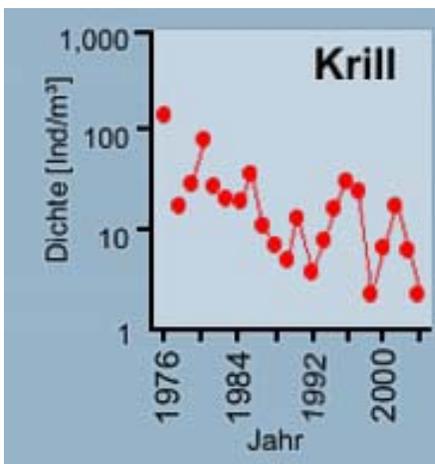
Wale. Die hauptsächlichsten Walarten, die vorwiegend von Krill leben, sind (Everson 2000b): Minkwal (*Balaenoptera acutorostrata*); Blauwal (*Balaenoptera musculus*); Finnwal (*Balaenoptera physalus*); Seiwal (*Balaenoptera borealis*); Buckelwal (*Megaptera novaeangliae*).

Fische. Es gibt klare Hinweise darauf, dass einige Fischarten im Südlichen Ozean von Krill leben (Kock 1992). Das gehäufte Vorkommen einiger Fischarten in bestimmten Gebieten könnte die Populationen von Krill lokal beeinflussen. Der Gesamtverzehr von Krill durch Fische im Südlichen Ozean dürfte aber im Vergleich zu dem der Wale, Robben und Vögel von untergeordneter Bedeutung sein (Everson 2000b).

Kalmare. Man weiß von einigen Kalmaren, die auch im Südlichen Ozean vorkommen, dass sie Krill fressen. Man hat zwar abgeschätzt, dass das Vorkommen von Kalmaren im Südlichen Ozean sehr groß sein könnte, genaue Daten über die derzeitige Population fehlen jedoch (Everson 2000b). Dies macht es unmöglich, den Einfluss der Kalmare auf die Krillbestände abzuschätzen.

III. Auswirkungen der Umweltbedingungen auf die Krillbestände in der Antarktis

Man hat mit Besorgnis festgestellt, dass der Antarktische Krill in den letzten Jahren niedrigere Zuwachsraten aufweist. Hinzu kommt, dass mögliche langfristige Veränderungen wie globale Erwärmung oder Ozonabbau deutliche Auswirkungen auf einzelne Tiere oder die gesamte Population der *Euphausiiden* haben könnte. Im Fall des Antarktischen Krills wäre es denkbar, dass der beobachtete Anstieg der Lufttemperatur über dem Südlichen Ozean, der wiederum die Temperatur des Oberflächenwassers und die Ausbreitung des Meereises beeinflusst, die Fortpflanzung beeinträchtigt und auf lange Sicht seine Bestände verringert. Die UV-B-Strahlung ist ein weiterer Faktor, der die Konzentration von Krill an der Meeresoberfläche beeinflussen und seine Sterberate erhöhen könnte, was ebenfalls den Vermehrungserfolg mindern und die Biomasse an Krill verringern würde (Siegel 2000).



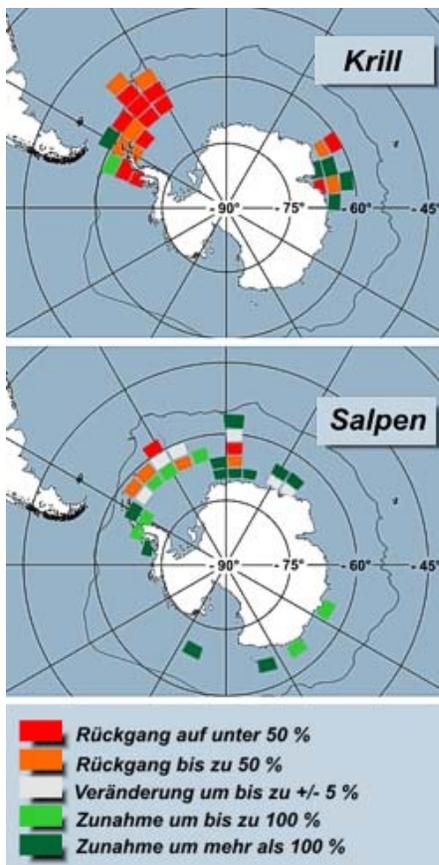
Krilldichte im Südwestatlantik-Sektor (4.948 Stationsmeldungen aus Jahren mit mehr als 50 Stationen) aus: Atkinson et al. 2004.

Ein Zusammenhang zwischen der Krillvermehrung und dem Meereis im Lebensraum des Krills konnte inzwischen nachgewiesen werden. Eine lang anhaltende Bedeckung des Ozeans mit Meereis und dessen räumlich ausgedehnte Erstreckung im Winter sind günstige Bedingungen für eine frühe und erfolgreiche Laichablage. Allgemein sorgen gute Meereisbedingungen für eine frühzeitige Fortpflanzung und somit für eine erfolgreiche Laichablage im Sommer. Der Grund ist vermutlich das Vorkommen von Eisalgen, die den Larven und

Jungtieren des Krills gegen Ende des Winters und zu Beginn des Frühjahrs als Nahrung dienen und ihnen erlauben, ausreichend Energie für einen frühen Beginn des Reproduktionsprozesses zu speichern, was sich wiederum vorteilhaft auf das Überleben der Larven auswirkt. (Siegel u. Loeb 1995). Eisalgen sind Algenkolonien, die unter der

Eisdecke zu finden sind und in der Primärproduktion eine wichtige Rolle spielen. Der Krill kann den grünen Algenteppich von der Unterseite des Eises abernten.

Bei einer Untersuchung, die kürzlich im Südwestatlantik durchgeführt wurde, in dem mehr als 50% der Bestände an Krill im Südlichen Ozean leben, stellte sich heraus, dass in dieser Region seit den 1970ern die Dichte des Krills deutlich abgenommen hat, wobei sich zeigte, dass die Dichte des Krills im Sommer einerseits mit der Dauer, andererseits mit der Ausdehnung der Eisbedeckung des Meeres im vorausgegangenen Winter korreliert. Ausreichendes Wintereis im Bereich der Antarktischen Halbinsel und der südlichen Inseln des Scotia Arc, die zu den bedeutendsten Laich- und Aufzuchtgebieten zählen, beeinflusst



Zeitliche Änderungen der Dichte von Krill und Salpen. Oben: Krilldichte nach 1976 aus Messungen von Forschungsschiffen mit der Angabe zeitlicher Trends. Unten: Zirkumpolares Vorkommen von Salpen 1926–2003 südlich der Südgrenze des antarktischen Zirkumpolarstromes. (aus: Atkinson et al. 2004)

die Krilldichte im gesamten Meeresbecken, eingeschlossen die Regionen nördlich der Seasonal Ice Zone, also des Gebiets, das nicht permanent unter Eis liegt (Atkinson *et al.* 2004).

Die westliche Antarktische Halbinsel zählt zu den Gebieten der Erde, deren Temperatur im Verlauf der globalen Erwärmung am schnellsten ansteigt. Die Dauer winterlicher Vereisung ist dort bereits erheblich verkürzt. Ein wesentliches Forschungsergebnis ist, dass gerade die Schlüsselregionen für das Laichen und das Heranwachsen des Krills besonders heftigen Umweltveränderungen ausgesetzt sind. Man nimmt an, dass Änderungen der Krilldichte in weiten Bereichen des Südlichen Ozeans tief greifende Auswirkungen auf das gesamte antarktische Nahrungsnetz und das Gleichgewicht unter den Räubern haben (Atkinson *et al.* 2004).

Die zunehmenden Auswirkungen des Klimawandels und des Verbrauchs natürlicher Ressourcen muss sorgfältig bedacht werden, wenn man Management-

Modelle für den Krill entwirft. Angesichts der hohen Ungewissheit hinsichtlich der Zusammenhänge zwischen diesen Einflüssen ist es notwendig, das Hauptaugenmerk auf vorbeugende Maßnahmen zu legen.

IV. Die Fischerei des Antarktischen Krills

Seit den späten 1970ern hat die Krillfischerei unter allen Fischereien im Südlichen Ozean den größten Umfang, und es besteht die Aussicht, dass sie zur weltweit größten Fischerei wird (Nicol u. Endo 1997; Croxall u. Nicol 2004).

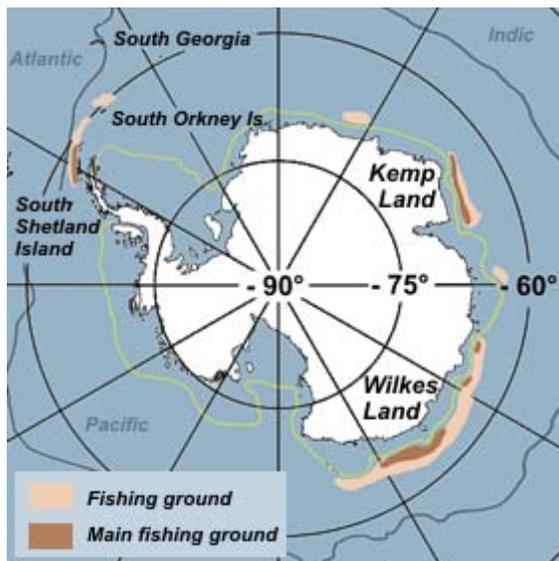


Abb. 5 – Verteilung der Fanggründe des Antarktischen Krills in Relation zum Schelf des antarktischen Kontinents und der Inseln und zum Rand des Packeises im Südsommer. Aus Ichii 2000.

Im Südlichen Ozean existieren die weltweit größten Krillbestände. Diese Tatsache und die Tendenz des Antarktischen Krills, sich in Schwärmen hoher Dichte zu sammeln, machen seinen Fang dort so attraktiv. Normalerweise konzentrieren sich die Fangschiffe auf Ansammlungen von Krill in eng begrenzten Gebieten. Gute Fanggründe findet man gewöhnlich in eisfreien Gebieten, wo der Kontinental- oder Inselschelf abbricht.

Praktisch die gesamte antarktische Krillfischerei scheint innerhalb des CCAMLR-Gebiets stattzufinden. Es ist in drei geografische Hauptregionen gegliedert, in denen schon in der Vergangenheit Krillfischerei betrieben wurde: vor dem Kemp-Land, vor dem Wilkes-Land und im Südwestatlantik (Ichii 2000). In letzter Zeit hat sich die Krillfischerei auf den atlantischen Sektor des Südlichen Ozeans konzentriert, wo man Krillansammlungen am verlässlichsten vorfindet (Miller u. Agnew 2000).

Strategien bei der Fischerei.

Der Antarktische Krill wird von Trawlern mit feinmaschigen Netzen in mittleren Tiefen gefangen. Man benötigt relativ große Schiffe, um an Bord mindestens drei Schälanlagen einrichten zu können und um die Herstellung von 10–12 Tonnen zusätzlichen (im Vergleich zum normalen Verbrauch) Süßwassers für die Verarbeitung des Krills zu ermöglichen.

Die größten Probleme der Krillfischerei sind logistischer Art, da die Fanggebiete weitab von größeren Häfen liegen und höchst unwirtlich sind. Trotz des zirkumpolaren Vorkommens des Krills konzentriert sich daher die Krillfischerei in Bereichen, die in der Nähe anderer Fischereizonen liegen, hauptsächlich vor Südamerika. Wenn sich die Krillfischerei als weniger Gewinn bringend erweist, erlaubt dies den Fangschiffen, auch andere Arten wie Kalmare und Lachs zu fischen (Ichii 2000).

Aufspüren von Krillschwärmen.

Zu den eindeutigen Reizen der Hauptfanggründe des Antarktischen Krills zählt, dass man sich jedes Jahr darauf verlassen kann, Krill in Konzentrationen vorzufinden, die das Fischen profitabel machen. Um Krillschwärme aufzuspüren, greifen die Fangschiffe auf eine Vielzahl von Informationen zurück, wobei an erster Stelle frühere Berichte über gute Fanggebiete stehen. Darüber hinaus wird die Meeresoberflächentemperatur gemessen, um ozeanografische Fronten zu lokalisieren, wo sich der Krill gewöhnlich für längere Zeit in Schwärmen sammelt.

Im Fanggebiet selbst werden Sonargeräte und Echolote benutzt, um Krillschwärme zu lokalisieren. Das Echolot erlaubt zwar das Orten von Schwärmen in fast allen Tiefen direkt unter dem Fangschiff, es hat jedoch nur eine begrenzte horizontale Reichweite (die normalerweise nicht über die Breite des Schiffs hinausgeht). Sonargeräte hingegen überdecken einen weiten horizontalen Bereich, reichen aber nicht weit in die Tiefe.

Im Allgemeinen konzentriert sich die Krillfischerei auf große, dichte Schwärme. Sind die Schwärme lokalisiert, positionieren sich die Trawler, wobei sie mit Sonarmessungen die Operation optimieren. Der mit dem Echolot gemessenen Schwarmtiefe wird die Tiefe des

Schleppnetzes angepasst, die mit einer Netzsonde bestimmt wird, einem Gerät, das die Netztiefe in Relation zur Oberfläche, sowie die Menge der im Netz befindlichen Krills misst (Ichii 2000).

Fangtechniken.

Während des Fangs bewegen sich die Trawler gewöhnlich mit einer Geschwindigkeit von 2 Knoten vorwärts. In den meisten Fällen wird die Fangausbeute weniger vom Krillangebot bestimmt, als von den Verarbeitungsmöglichkeiten des Fangs an Bord und von der Erfordernis, Qualitätsansprüchen gerecht zu werden. Die Schlepp-



Der Krillfang wird an Bord des Trawlers geholt. (Photo: CCAMLR)

zeiten im Verlauf eines Fangs werden so gewählt, dass Produktschäden möglichst vermieden werden. Zudem ist eine Begrenzung der Fangmenge pro Fischzug nötig, um zu verhindern, dass die Tiere unter ihrem eigenen Gewicht zerquetscht werden und um zu garantieren, dass der Fang frisch, d.h. innerhalb von 2–3 Stunden, verarbeitet werden kann. Der Einsatz der Schleppnetze und die Verarbeitung finden rund um die Uhr statt (Ichii 2000).

Auf den letzten CCAMLR-Konferenzen (SC-CCAMLR 2004) wurde über den Einsatz neuer Technologien beim Fang und der Verarbeitung von Krill berichtet. Der Krill wird dabei mit einem Pumpsystem angesaugt, das höhere Fangraten erlaubt und zugleich die Schädigung des Fangs vermindert. Die Wissenschaftler der CCAMLR sehen darin ein Anzeichen für neue ökonomische und technologische Antriebskräfte, die sich durchgesetzt haben und die Fischerei in naher Zukunft in bedeutendem Maße verändern könnten. Der Mangel an umfassenden Informationen über die Eigenschaften und den Einsatz dieser neuen Fangmethoden hindert die zuständigen Gremien der CCAMLR jedoch daran, deren mögliche Auswirkungen auf das marine Ökosystem des Südlichen Ozean abzuschätzen.

Auswahlkriterien beim Fang.

Ein wesentliches Anliegen der antarktischen Krillfischerei gilt der Qualität ihres Produkts, die den Handelswert bestimmt. Die Qualität des Antarktischen Krills wird nach Farbe und Größe des Tieres eingestuft.

Tiere, die sich sehr intensiv von Phytoplankton ernährt haben, nennt man Grünen Krill. Grüner Krill wird normalerweise im frühen Südsommer (Dezember–Januar) gefangen. Zur Herstellung frisch oder gekocht eingefrorener Produkte vermeidet man ihn, weil er auf Grund seines “schmutzigeren” Aussehens, schlechten Geruchs und minderwertigen Geschmacks die Qualität des Produkts mindert (Ichii 2000).

Weißer Krill ist dagegen nahezu durchsichtig. Er hat einen höheren Verkaufwert, weil er fester ist und besser aussieht. Weißer Krill wird häufiger im späten Südsommer gefangen. Rosa Krill wiederum ist Krill von roter oder rosa Farbe, der lasch und leicht zerquetschbar ist. Er ist weniger wertvoll als Weißer Krill.

Ein weiteres Qualitätsmerkmal des Krills ist seine Größe: “LL” bezeichnet Krill von mehr als 45 mm Länge, der leichter geschält werden kann und hochwertig ist. Er wird für den menschlichen Verzehr oder als Köder für Sportfischer verwendet. “L” bezeichnet Tiere von 35–45 mm Länge, “M” Tiere von weniger als 35 mm Länge. Krill der beiden letzten Größenklassen dient ebenfalls als Fischköder, wird aber auch als Fischfutter in Aquakulturen verwendet (Ichii 2000).

V. Geschichte der Krillfischerei

Das Interesse an der Krillfischerei erwachte in den 1960ern, als man eine Gesamtfangmenge von 150 Millionen Tonnen abschätzte, die dem „Krillüberschuss“ entsprach, der durch die starke Reduktion des Bestands an Bartenwalen entstand (Ichii 2000). Ein weiterer wichtiger Faktor bei der Entwicklung der Krillfischerei war die Festlegung von „Exclusive Economic Zones“ (EEZs; 200-Meilen-Wirtschaftszonen) in den späten 1970ern, was zur Folge hatte, dass Fischfangnationen, die in entfernten Gewässern operierten, nun in internationalen Gewässern nach neuen Fischgründen suchten (Nicol u. Endo 1999).

Tabelle 1: Fangraten von Antarktischem Krill in Tonnen innerhalb des CCAMLR-Gebiets (1993/94–2002/03), geordnet nach Ländern. Quelle: CCAMLR 2005. Statistical Bulletin, Bd. 17 (Elektronische Version). www.ccamlr.org

	1993/94	1994/95	1995/96	1996/97	1997/98	1998/99	1999/00	2000/01	2001/02	2002/03
Argentina	-	-	-	-	-	6.524	-	-	-	-
Chile	3.834	-	-	-	-	-	-	-	-	-
United Kingdom	-	-	-	308	634	-	-	-	-	-
India	-	-	6	-	-	-	-	-	-	-
Japan	61.097	63.377	58.769	60.937	67.481	66.076	80.602	67.377	51.079	59.682
Korea	-	-	-	-	2.849	27	7.233	7.525	14.353	21.276
Panama	-	637	-	-	-	-	-	-	-	-
Poland	7.997	12.521	22.104	14.408	19.133	19.167	20.049	13.696	16.365	8.905
Russia	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ukraine	12.613	59.150	10.277	-	-	6.719	-	14.023	32.015	17.715
Uruguay	-	-	-	-	-	3.444	6.477	-	-	-
USA	-	-	-	-	-	-	70	1.561	12.175	10.150
Vanuatu	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
South Africa	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TOTAL	85.544	135.686	91.156	75.653	90.098	101.957	114.430	104.182	125.987	117.728

In den 1970ern wurde die Krillfischerei in der UdSSR durch umfangreiche Subventionen gefördert. Die Krillfischerei der UdSSR wurde damit in dieser Dekade weltweit führend. Die höchsten Fangraten wurden mit über 500,000 Tonnen in den frühen 1980ern erzielt. Probleme bei der Verarbeitung des Krills und ein wachsendes Interesse an Lachs führten in den Fangperioden 1982/83 und 1983/84 zu einem beträchtlichen Rückgang. Von 1986 bis 1991 stabilisierte sich die jährliche Fangrate bei 350,000–400,000 Tonnen. In den darauf

folgenden Fangperioden fiel die Fangrate weiter, weil die sowjetische Fangflotte nach der Auflösung der UdSSR ihre Tätigkeit einstellen musste (Ichii 2000). Die Fangrate des Antarktischen Krills war in der letzten Dekade mit etwa 100,000 Tonnen relativ stabil, ein ansteigender Trend ist aber klar zu erkennen (Tabelle 1).

Die Fangrate der letzten drei Jahre betrug in etwa 120,000 Tonnen. Auf der Grundlage von durch Fischfangnationen eingesandte Absichtserklärungen zur Krillfischerei, haben die

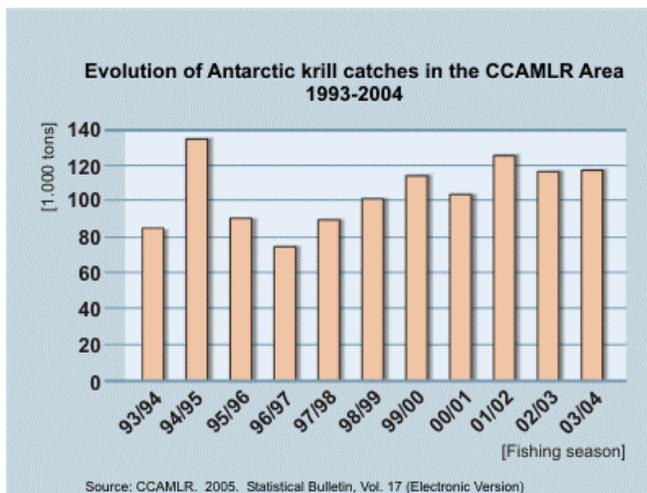


Abb. 6 – Entwicklung des Fangs von Antarktischem Krill im CCAMLR-Gebiet 1993–2004.

Quelle: CCAMLR 2005. Statistical Bulletin, Bd. 17 (Elektronische Version). www.ccamlr.org

zuständigen Gremien der CCAMLR für die Fangsaison 2004/05 eine Fangmenge von etwa 160,000 Tonnen Krill geschätzt, was gegenüber vorangegangener Jahre eine erhebliche Steigerung darstellt. Eine wichtige Tatsache dabei ist, dass die Fischerei von einer wachsenden Zahl von Ländern betrieben wird, zu denen auch Nicht-Mitglieder der CCAMLR gehören, was auf ein steigendes internationales Interesse an der Krillfischerei hindeutet (SC-CCAMLR 2004).

Es sind neue Entwicklungen bei den Aquakulturen und Verbesserungen der Fang- und Verarbeitungstechniken, die zu diesem wachsenden Interesse der Fischereiindustrie führen, große Mengen von Krill im Südlichen Ozean zu fischen. Die CCAMLR steht nun vor der Herausforderung, vorbeugende Maßnahmen zu ergreifen und im Südlichen Ozean Fangquoten festzusetzen, um Auswirkungen der Fischerei auf die marinen antarktischen Arten zu verhindern, *bevor* die Krillfischerei expandiert.

VI. Management des Antarktischen Krills: vorbeugende und ökosystemische Ansätze in der Praxis

Die CCAMLR, die 1982 als Teil der Antarktisverträge in Kraft trat, wurde von den Vertragsstaaten mit dem Ziel ausgehandelt, mit Ausnahme der Wale und Robben den Fang der marinen Arten im Südlichen Ozean zu regeln. Ein Hauptfaktor bei der Aushandlung der CCAMLR war die Notwendigkeit, auf die rasche Expansion der Krillfischerei in den 1970ern zu reagieren, von der man befürchtete, sie könne sich negativ auf die marine Umwelt der Antarktis auswirken (vgl. www.ccamlr.org). Die Verbreitung des Krills bestimmte auch die Festlegung der Grenzen des Gebiets, für das die CCAMLR zuständig ist.

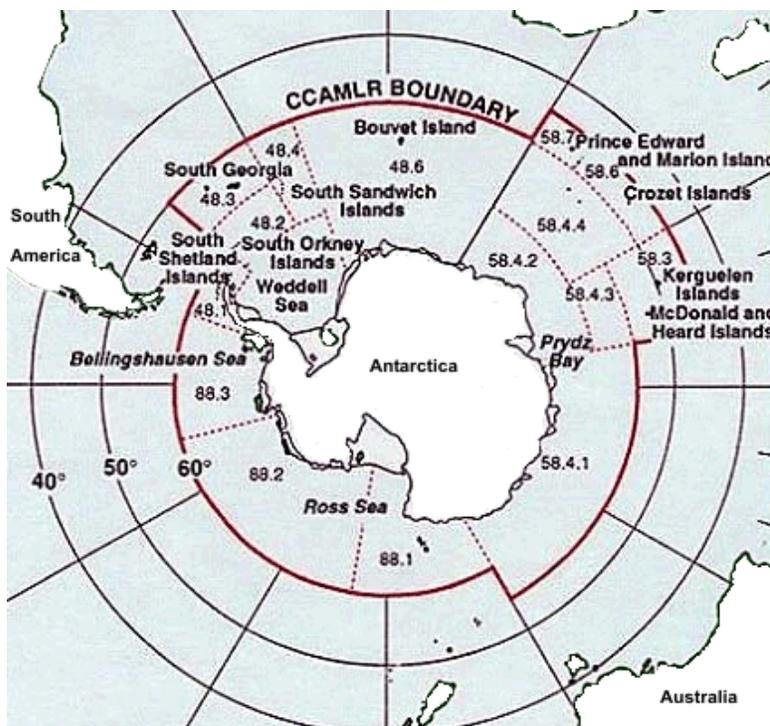


Abb. 7 – Karte des CCAMLR-Gebiets mit den Arealen, Teilarealen und Bereichen, die von der CCAMLR für die Statistik der Fischereidaten definiert wurden.

Quelle: CCAMLR 2005. Statistical Bulletin, Bd. 17 (Elektronische Version). www.ccamlr.org

Die Schlüsselposition, die der Krill im antarktischen Ökosystem einnimmt, spielte bei der Formulierung der Grundprinzipien der CCAMLR eine große Rolle. Nach Artikel II des Abkommens ist sein Ziel die Erhaltung der lebenden Meeresschätze der Antarktis – ihre vernünftige Nutzung eingeschlossen. Die CCAMLR ist das erste internationale

Fischereiabkommen, in dem auch ökosystemische und vorbeugende Ansätze eine Rolle spielen.

Ein ökosystemischer Ansatz konzentriert sich nicht nur auf die jeweils gefischte Art, sondern fordert ein Management, das auch die ökologischen Wechselwirkungen zwischen der Art, die gefangen wird, und den anderen Arten einbezieht. Damit sollen die Auswirkungen der Fischerei auf den Bestand der von den gefischten Arten abhängigen oder mit ihnen verknüpften Arten und damit das Ökosystem als Ganzes so gering wie möglich gehalten werden.

Die weitgehend akzeptierte und häufig zitierte Formulierung eines vorbeugenden umweltpolitischen Ansatzes ist Grundsatz 15 der Deklaration von Rio von 1992: „Besteht die Gefahr von schweren oder irreversiblen Schäden, darf das Fehlen letzter wissenschaftlicher Gewissheit nicht als Argument dienen, kosteneffektive Maßnahmen zur Verhinderung von Umweltschäden hinauszuschieben.“

Für die 1980 unterzeichnete CCAMLR wurde der vorbeugende Ansatz in Artikel II (c) als Auftrag formuliert, Eingriffe in das marine Ökosystem zu vermeiden oder zu verringern, die sich nicht innerhalb von zwei oder drei Dekaden wieder rückgängig machen lassen.

Das Entscheidungsgremium der CCAMLR, die Kommission, besteht aus 24 Mitgliedern, die alle Management-Entscheidungen im Konsens treffen. Die Entscheidungen werden in Form von Umweltschutzmaßnahmen in den verschiedenen Fischereizonen innerhalb des CCAMLR-Gebiets umgesetzt. Die Kommission wird von einem wissenschaftlichen Komitee beraten, das sich wiederum auf die Resultate von Arbeitsgruppen stützen kann. Die „Working Group on Ecosystem Monitoring and Management“ (WG-EMM; Arbeitsgruppe zur Überwachung und zum Management von Ökosystemen) übernimmt die fachspezifischen Arbeiten im Zusammenhang mit der Krillfischerei und hat die Aufgabe, alle für das so genannte „krillzentrierte Ökosystem“ relevanten Daten zu erfassen.

Aufbau eines wirkungsvollen Systems

Die erste Herausforderung, mit der sich die CCAMLR nach ihrem Inkrafttreten 1982, also in einer Zeit, als man mit der schnellen Expansion der Krillfischerei rechnete, konfrontiert

sah, war der Aufbau eines wirkungsvollen Systems, das die Grundprinzipien des Abkommens umsetzen konnte. Schon in den ersten Jahren nach 1982 wurde klar, dass die traditionellen Ansätze für ein Fischerei-Management für die Krillfischerei untauglich waren: Zu den üblicherweise herangezogenen Bestandsdaten *einer* Art mussten *weitere* einbezogen werden, um auch die Belange der vom Krill abhängigen Arten in Rechnung zu stellen (Miller u. Agnew 2000).



Die Entdeckung von Walkot kann dazu beitragen, Gebiete mit im freien Ozean lebenden und Krill fressenden Tieren zu identifizieren. Der Blauwal (*Balaenoptera musculus*) gehört zu den Walen, die sich vorwiegend von Krill ernähren. Foto: © Elsa Cabrera/Centro de Conservación Cetácea.

Das wissenschaftliche Komitee der CCAMLR unternahm große Anstrengungen, um mit Hilfe eines “Krill Yield Model” (KYM; Modell des Krillertrags) die adäquaten Fangquoten von Krill zu simulieren. Die Ausgangsdaten für das KYM waren Abschätzungen der ursprünglichen ungenutzten Biomasse an Krill in dem fraglichen Gebiet, die das internationale Forschungsprogramm “Biological Investigations of Marine Antarctic Systems and Stocks” (BIOMASS; Biologische Untersuchung des marinen antarktischen Systems und der Bestände) lieferte, das zur Untersuchung der antarktischen Krillbestände in den frühen 1980ern eingerichtet worden war (Croxall u. Nicol 2004).

Die CCAMLR versuchte, den ökosystemischen Ansatz in das Fischerei-Management des Antarktischen Krills aufzunehmen und legte fest, welchen Anteil der Biomasse an Krill man jährlich abfischen kann, ohne das Ökosystem zu beeinträchtigen. So wurde der Futterbedarf der Krill-fressenden Arten mit einkalkuliert, indem man einen Biomasse-Abbau in Höhe von 75%, anstatt des normalerweise (bei isolierter Betrachtung der Spezies) ermittelten Werts von 50% festlegte.

Obwohl das Krill-Management der CCAMLR einen bedeutenden Fortschritt im Fischerei-Management darstellt, ist es doch noch weit davon entfernt, den ökosystemischen Ansatz vollständig umzusetzen (Croxall u. Nicol 2004). Es ist daher für die CCAMLR entscheidend, ein „Feedback-Management“ für den Krill zu entwickeln, das die jeweils neuesten Erkenntnisse über das antarktische Ökosystem mit einbeziehen kann, insbesondere über die möglichen Auswirkungen der Krillfischerei auf die Populationen der vom Krill lebenden Tiere.

CEMP: Programm zur Überwachung des Ökosystems

Die Beantwortung der Frage, inwieweit die Krillfischerei in den Bestand der Krillräuber eingreift, ist eine der Hauptaufgaben des „Ecosystem Monitoring Programme“ (CEMP; Programm zur Überwachung des Ökosystems) der CCAMLR, das eingerichtet wurde, um signifikante Änderungen der kritischen Komponenten des Ökosystems festzustellen und aufzuzeichnen. Die Ergebnisse von CEMP sollen in langfristig ausgelegten Management-Verfahren berücksichtigt werden, um die zu fallenden Entscheidungen den neuen Erkenntnissen über das antarktische Ökosystem anzupassen.



Der Adéliepinguin (*Pygoscelis adeliae*) ist in starkem Maß von Krill abhängig und wird fortlaufend vom „Ecosystem Monitoring Program“ der CCAMLR überwacht. Foto: © Claudio Suter.

Die Fangquote in Area 48 (Südatlantik, vgl. Abb. 7), wo die Krillfischerei derzeit hauptsächlich stattfindet, wurde auf 4 Millionen Tonnen festgelegt, die auf die folgenden Teilgebiete aufgeteilt sind: 48.1 mit 1,008 Millionen Tonnen; 48.2 mit 1,104 Millionen Tonnen; 48.3 mit 1,056 Millionen Tonnen und 48.4 mit 0,832 Millionen Tonnen. Die Krillfischerei schöpft derzeit zwar nur einen geringen Anteil dieser Quoten aus – jährlich

werden nur 100,000–160,000 Tonnen gefangen –, es muss jedoch bedacht werden, dass die Fangquoten jeweils für riesige Gebiete des Südlichen Ozeans gelten, während sich die Krillfischerei und auch die Krillbestände in Wirklichkeit in weit kleineren Regionen konzentrieren. So operiert beispielsweise die Krillfischerei im Südwestatlantik nur auf 20% der Fläche, für welche die Quote gilt. Schon in der Vergangenheit fand ein wesentlicher Teil der Krillfischerei in einer kleinen Zahl von Gebieten statt, in denen sich auch ein hoher Prozentsatz des geschätzten Bedarfs der von Krill lebenden Arten im Südlichen Ozean konzentrierte (Hewitt *et al.* 2004). Am wichtigsten ist aber, dass sich in vielen Regionen die Krillvorkommen mit den Jagdgebieten der Krillräuber überlappen. Das birgt das Risiko in sich, dass große, lokal dem Meer entnommene Krillmengen die Bestände dieser Räuber beeinträchtigen. Es ist daher notwendig, ein Krillfischerei-Management für derartige kleinere Regionen zu betreiben und Modelle zu entwickeln, die in angemessener Weise die Beziehungen zwischen den Krillräubern und ihrer Beute berücksichtigen (Croxall u. Nicol 2004).

Im Jahr 2002 hat CCAMLR mit diesem Vorhaben begonnen, indem sie 15 kleinere Management-Gebiete (SSMUs; Small Scale Management Units) für das Krillfischerei-Management im Südatlantik definierte. Die derzeitige Aufgabe besteht darin, für jedes dieser Gebiete Quoten festzusetzen, die den Bedarf der vom Krill abhängigen Arten berücksichtigen. Bevor dies geschehen ist, müssen diesbezügliche Management-Entscheidungen noch ein hohes Maß an Ungewissheit bewältigen, da die vorliegenden Informationen keine genaueren Berechnungen erlauben, wie man sie zur Beantwortung der entscheidenden Fragen braucht: Wie viel Krill wird abgefischt und wie viel verbrauchen die vom Krill abhängigen Arten im Laufe des Jahres in den verschiedenen Gebieten? Welche Zu- und Abwanderungen an Krill verzeichnen die einzelnen Gebiete? Wie könnte eine mögliche Konkurrenz zwischen der Fischerei und den Krillräubern aussehen?

Gleichzeitig muss die CCAMLR auch vorbeugende Management-Ansätze umsetzen, die das Ziel haben, mögliche zukünftige Risiken für das Ökosystem zu minimieren (Croxall u. Nicol 2004).

VII. Ökologische Bedenken

Wie schon erwähnt, führt die zentrale Rolle, die der Krill im marinen antarktischen Ökosystem spielt, zu einigen entscheidenden Fragen über den Einfluss die Krillfischerei auf die Arten, bei denen der Krill wesentlich zur Ernährung beiträgt. Nach den derzeit vorliegenden Informationen findet die Krillfischerei fast ausschließlich in Gebieten statt, die an Bereiche grenzen, in denen Pinguine und Robben zuhause sind, die sich vom Krill ernähren (Constable u. Nicol 2002).



Hohe Krill-Fangraten in kleinen Gebieten, die nahe bei den Kolonien von Tieren liegen, die auf Krill angewiesen sind – wie hier eine Kolonie von Eselspinguinen (*Pygoscelis papua*) – müssen berücksichtigt werden, wenn man die Krillfischerei managen will. Foto: © Claudio Suter.

Neuere Forschungen haben gezeigt, dass der Bedarf an Krill in einigen Regionen des Südwestatlantiks beginnt, das Angebot zu übersteigen, was dazu führt, dass Pinguine und Albatrosse Schwierigkeiten haben, ihren Nachwuchs erfolgreich aufzuziehen. Eine 20 Jahre dauernde Langzeituntersuchung der Seevögel und Robben um South Georgia ergab, dass sich die Jahre häufen, in denen der Krill nicht ausreicht, um die jungen Robben und die Küken der Seevögel zu ernähren. Diese Erkenntnisse werfen ein neues Licht auf das angebliche Überangebot an Krill im gesamten Südlichen Ozean und machen es doppelt notwendig, die Krillfischerei in einer Weise zu managen, die die Bedürfnisse der Krillräuber in den verschiedenen Regionen der Antarktis mit einbezieht (British Antarctic Survey 2002).

Es gibt Erkenntnisse, dass bereits in einigen Regionen die Fangschiffe und die Krillräuber um die Beute konkurrieren. Diese Erkenntnisse stützen sich insbesondere auf den Nahrungsbedarf der Krill fressenden Tiere in bestimmten Gebieten und in Zeiten, die für sie besonders kritisch sind (SC-CCAMLR WG-EMM 2003).

Neuere Forschungen haben gezeigt, dass der Bedarf an Krill in einigen Regionen des Südwestatlantiks beginnt, das Angebot zu übersteigen, was dazu führt, dass Pinguine und Albatrosse Schwierigkeiten haben, ihren Nachwuchs erfolgreich aufzuziehen. Eine 20 Jahre dauernde Langzeituntersuchung der

Der Einfluss hoher Krill-Fangraten in einem kleinen Gebiet und nahe den Kolonien der an Land lebenden Krillräuber muss auch in seiner Abhängigkeit von den Brutzeiten untersucht werden. Extensive Fischerei hat vermutlich dann den größten Einfluss auf den Bruterfolg der Krillräuber, wenn sie in der kritischen Periode der Brutzeit und unmittelbar vor den Kolonien stattfindet. Ein Beispiel ist die Situation um die Antarktische Halbinsel, wo die Fischerei in den gleichen Regionen stattfindet, in denen Pinguine und Robben leben und zur gleichen Zeit, in der diese versuchen, ihre Jungtiere großzuziehen (Constable u. Nicol 2002).

Als die CCAMLR die Fangquoten für die Krillfischerei festsetzte, hat sie auch den Krillbedarf der Räuber abgeschätzt. Anders als ein Management, das nur die Bestände *einer* Art berücksichtigt, erlauben es die neuen Methoden, die Fangquoten weiter herabzusetzen, damit die Krillräuber noch genügend Nahrung vorfinden. Wie erwähnt bezieht sich das Krillfischerei-Management aber trotz dieses fortschrittlichen Ansatzes immer noch auf zu große

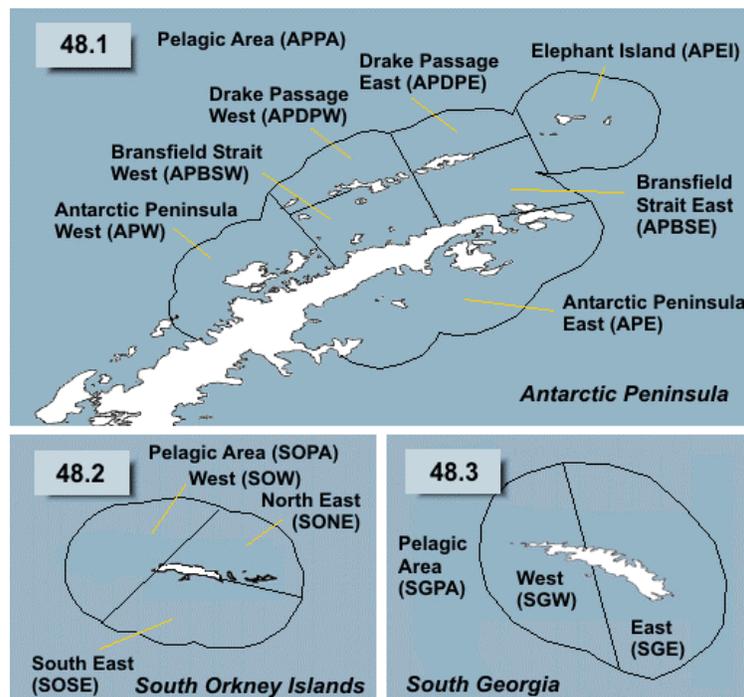


Abb. 8 – Lage der SSMUs. Oben, Teilgebiet 48.1: Antarktische Halbinsel; Unten links, Teilgebiet 48.2: Südliche Orkney-Inseln; Unten rechts, Teilgebiet 48.3: South Georgia. Aus WGEEMM 2003.

Gebiete des Südlichen Ozeans, die in der Regel eine ganze Anzahl von Fanggründen umfassen. Diese Gebiete wurden als „Fangeinheiten“ Harvesting Units definiert. Sie sind ursprünglich auf ein Management zugeschnitten, das sich nur auf *eine* bestimmte Art bezieht und keine der komplexen Wechselwirkungen zwischen Räuber, Beute und Fischerei mit einbezieht, wie sie innerhalb enger umrissener Regionen bestehen (Constable u. Nicol 2002).

Bei den Fangeinheiten hat sich die CCAMLR auf die Statistischen Teilgebiete gestützt, die von der FAO definiert wurden und in gleicher Weise für andere antarktische Fischereien gelten. Im Jahre 2000 hat dann die CCAMLR die schon genannte Unterteilung der Fangquoten für Krill in Area 48 vorgenommen und eine weitere Überprüfung der Fangquoten in lokalen Gebieten angekündigt. Im Fall des Krills ist es besonders notwendig, eine andere Art von Management-Gebiet zu definieren, da eine Fangeinheit unvermeidlicherweise eine ganze Anzahl von Jagdgebieten der Krillräuber einschließt. Um ein Management sicher zu stellen, das sich auf ökologische Grundsätze stützt, ist es wichtig, Räuber-Beute-Fischerei-Systeme festzulegen, die relativ unabhängig voneinander sind. Für sie wurde der Begriff "Predator Unit" (Räubereinheit) geprägt (Constable u. Nicol 2002).

Man hat erkannt, dass das derzeitige Management, das Quoten für ganze Fangeinheiten festsetzt, in sich die Gefahr lokaler Eingriffe in die Bestände der von Krill abhängigen Arten birgt (Constable u. Nicol 2002). Ein solcher Eingriff ist besonders wahrscheinlich, wenn große Teile der Fangquoten für ein großes Gebiet nur in einem kleinen Teilgebiet genutzt werden.

Die CCAMLR hat in der Folge die Teilgebiete im Südatlantik in 15 kleinere Management-Gebiete (SSMUs) unterteilt, die dem genannten Konzept der Predator Units entsprechen. Die Eingrenzung der SSMUs war das Ergebnis eines Prozesses, in dem die Futtergebiete der von Krill abhängigen, an Land lebenden Arten, die Krillverteilung und das Vorgehen der Fischerei berücksichtigt wurden (Hewitt *et al.* 2004). Die nächste Herausforderung für die CCAMLR besteht nun darin, die derzeit in Area 48 und ihren Teilgebieten geltenden Fangquoten auf die SSMUs zu verteilen, um eine lokal allzu extensive Fischerei zu unterbinden, die möglicherweise die Beute im Meer vor den Brutgebieten der Krillräuber zu sehr reduzieren würde. Eine andere Schutzmaßnahme, die von der CCAMLR getroffen wurde, ist die Forderung, die Gesamtfangmenge an Krill im Südlichen Ozean auf 620.000 Tonnen zu beschränken, solange die Unterteilungen der Fangquoten noch nicht vorgenommen sind.

VIII. Überwachung, Kontrolle und Beobachtung: Notwendigkeit einer strengeren Regulierung der Fischerei des Antarktischen Krills

Obwohl man inzwischen dem Krill im Südlichen Ozean eine Schlüsselposition zuerkennt, nimmt die Krillfischerei in Bezug auf die meisten grundsätzlichen Regelungen für die Fischerei im Südlichen Ozean immer noch eine Sonderstellung ein. Das bezieht sich auf einige Aspekte der Fischerei wie die Verpflichtung, Berichte zu erstellen, die Meldung der zukünftigen Fangvorhaben sowie Überwachungs- und Beobachtungsmaßnahmen.



Das Management der Krillfischerei muss alle denkbaren Einflüsse auf vom Krill abhängige Arten, wie hier dem Goldschopf- oder Macaronipinguin (*Eudyptes chrysolophus*), in Betracht ziehen. Foto: © Claudio Suter.

Vor 2002 war die Krillfischerei die einzige CCAMLR-Fischerei, die nicht verpflichtet war, detaillierte Fang- und Ertragsdaten abzugeben. 2002 hat die CCAMLR dann Regeln für ein Datensystem aufgestellt, das auch die Krillfischerei verpflichtete, der Kommission monatlich die Fangerträge zu melden (CCAMLR 2002). Trotz dieser neuen Meldeauflage fehlen weiterhin detaillierte Informationen über die Krillfischerei. Die Wissenschaftler der CCAMLR haben schon wiederholte Male hervorgehoben, dass von der Fischerei Daten von jedem einzelnen Fang benötigt werden,

damit die Trends der Krillverteilung bestimmt werden können und abgeschätzt werden kann, in welcher Weise sich der Operationsraum der Fischerei mit den Futtergebieten der Krill fressenden Arten überlappt. Derartige Daten sind für ein angemessenes Fischerei-Management entscheidend (CCAMLR 1992; 1998). Derzeit wird die Abgabe von detaillierten Daten für jeden einzelnen Fang bereits von fast allen CCAMLR-Fischereien gefordert – nicht aber von der Krillfischerei!

Es gelten CCAMLR-Regeln, nach denen für die meisten Fischereien im Südlichen Ozean ein neuer Teilnehmer gemeldet werden muss, aber auch dies gilt nicht für die Krillfischerei

(Croxall u. Nicol 2004). Das Fehlen vollständiger und verlässlicher Informationen über zukünftige Pläne der Krillfischerei schließt aus, dass die Gremien der CCAMLR Trends der Krillfischerei voraussagen können, die eine Schlüsselrolle bei der Vorbereitung von Management-Entscheidungen spielen (SC-CCAMLR WG-EMM 2003).

Die vielleicht wichtigste Lücke im Regelwerk für die antarktische Krillfischerei ist das Fehlen jeglicher Überwachung der Fangschiffe und die Tatsache, dass sich an Bord dieser Schiffe keine wissenschaftlichen Beobachter aufhalten. Um die Fangflotten zu überwachen, verpflichtet die CCAMLR die entsprechenden Staaten, die Positionen all ihrer Fangschiffe, die die Erlaubnis haben, im CCAMLR-Gebiet zu fischen, über ein automatisches, auf Satelliten gestütztes "Vessel Monitoring System" (VMS) zu bestimmen. Auch diese Forderung gilt wieder für alle Fangschiffe, ausgenommen die Krill-Fangschiffe!

Das VMS ist ein grundlegendes Element der Überwachung, das allen Staaten die Kontrolle erlaubt, ob die Operationen ihrer Fangschiffe in Übereinstimmung mit den Bedingungen der Fischereilizenz stehen und ob kein Fischfang in Regionen stattfindet, wo er verboten ist. Bei der Konferenz von 2004 hat die CCAMLR das VMS gestärkt, indem ein zentralisiertes VMS eingerichtet wurde, über das die Staaten, unter deren Flagge ein Fangschiff fährt, dessen Positionen an das CCAMLR-Sekretariat melden müssen. So ist es möglich, die Positionen durch eine unabhängige Stelle überprüfen zu lassen. Die Tatsache, dass Fangschiffe für Krill nicht von VMS erfasst werden, führt dazu, dass die Krillfischerei kaum geregelt wird und schwierig zu überwachen ist.

Ähnliches gilt auch für die Forderung, wissenschaftliche Beobachter an Bord zu nehmen. Es ist allgemein anerkannt, dass deren Anwesenheit auf allen Fangschiffen nötig ist, um wesentliche Daten über die verschiedenen Aspekte der Fischerei zu erhalten, die für ein adäquates Management eine Schlüsselrolle spielen. Die CCAMLR hat ein solches „Scheme of International Scientific Observation“ aufgestellt, das für die meisten Fischereien die Anwesenheit wissenschaftlicher Beobachter an Bord der Schiffe vorsieht, aber wieder ist die Krillfischerei von dieser Regel ausgenommen.

IX. Der Markt für die Produkte aus Antarktischem Krill

Es gibt keine neueren Studien über die ökonomischen Bedingungen der Krillfischerei, man weiß allerdings, dass sie im Allgemeinen mit hohen Kosten verbunden ist. Es besteht der Bedarf an mehr Informationen über den derzeitigen und künftigen Markt für Krillprodukte, um die kommenden Trends der Krillfischerei besser abschätzen zu können (CCAMLR 2002).



Es besteht wachsender Bedarf an Antarktischem Krill als Futter für Aquakulturen, insbesondere für Lachsfarmen, wie hier die Fischfarm von Loch Eriboll, North Sutherland. Foto: © The Salmon Farm Protest Group. (www.salmonfarmmonitor.org)

Frühere Analysen der Krillfischerei und des Markts für Krillprodukte haben Anzeichen für eine bevorstehende Ausdehnung der Fischerei von Antarktischem Krill ausgemacht. Die hauptsächlich treibende Kraft ist dabei die Erwartung eines größeren Bedarfs an Krillprodukten, die als Futter in Aquakulturen dienen, aber auch für pharmazeutische Zwecke eingesetzt werden (Nicol u. Foster 2003).

Die Entwicklung von Krillprodukten für Aquakulturen und für medizinische Anwendungen zeigte in den vergangenen Jahren den größten Anstieg, was darauf hindeutet, dass der Bedarf an solchen Produkten derzeit wächst. So wurden zum Beispiel 87.5% der Patente für medizinische Präparate aus Krill nach 1988 angemeldet (Nicol u. Foster 2003).

Aus Antarktischem Krill werden auch Produkte für den menschlichen Verzehr hergestellt, wobei angemerkt werden muss, dass es nur aus Japan ausführliche Informationen über diesen Bereich gibt. Ungefähr 40% des japanischen Krillfangs in der Antarktis werden als gekochter und dann gefrorener Krill oder in Form geschälter Krillschwänze, die an Bord in Blöcken gefroren werden, für den menschlichen Verzehr verarbeitet. Früher wurde auch ein

Teil des japanischen Fangs in Form von Krillschwänzen in Dosen auf den Markt gebracht – ein Produkt, das inzwischen nicht mehr angeboten wird (Nicol *et al.* 2000).

Das wichtigste Krillprodukt für den menschlichen Verzehr ist das gefrorene Krillschwanzfleisch. Dazu werden die Schwänze an Bord der Fangschiffe geschält und eingefroren. Sie werden als sehr nahrhaftes organisches Meeresfrüchte-Produkt vermarktet, das mild und ähnlich wie Hummer schmeckt und reich an Omega-3-Fettsäuren, Vitaminen, Mineralstoffen und Antioxidantien ist. Es dient als Pizzabelag und Beigabe zu Salaten, Suppen und Vorspeisen (Sclabos 2003). Ein „Antarctic Krill Concentrate“, das aus geschältem, gefriergetrocknetem Schwanzfleisch besteht, wird als Nahrungsergänzung vermarktet (Nicol *et al.* 2000).



Es besteht wachsender Bedarf an Antarktischem Krill als Futter für Aquakulturen, insbesondere für Lachsfarmen.

Es werden ständig neue Krillprodukte entwickelt, die nicht der Ernährung, sondern pharmazeutischen und industriellen Anwendungen dienen. Die Hauptanwendung ist die Produktion von Chitin und Chitosan aus Krillschalen und von im Krill enthaltenen Enzymen für pharmazeutische und andere Zwecke. Für Chitin und das aus ihm gewonnene Chitosan gibt es eine breite Palette von Anwendungen, die von Lautsprechermembranen bis zu cholesterinsenkenenden Präparaten reichen. Krillöle finden einen expandierenden, lukrativen Markt im Bereich der Nahrungsergänzungsmittel, der Kosmetik-industrie und der Pharmaindustrie (Nicol u. Foster 2003).

Die wirkungsvollen hydrolytischen Enzyme des Krills bergen interessante Möglichkeiten für pharmazeutische Anwendungen, wie die Produktion chemonukleolytischer Stoffe zur Behandlung von Bandscheibenschäden oder von Substanzen zur Behandlung nekrotischer Wunden. Die Forschung konnte ein bestimmtes Enzym des Krills identifizieren, das als

Grundlage für Medikamente zur Behandlung verschiedener Infektionen dienen könnte. Darüber hinaus können Krillenzyme sogar verwendet werden, um Kunstwerke zu restaurieren, was ein weiteres Beispiel für die Entwicklung hochwertiger Krillprodukte darstellt (Nicol *et al.* 2000).

Es wird zwar auch die Ansicht vertreten, dass der Bedarf an diesen Produkten kein Ausmaß erreicht, das die Krillfischerei ökonomisch rechtfertigt, aber zumindest tragen die hochwertigen Nebenprodukte dazu bei, sie profitabler zu machen (Nicol *et al.* 2000).

Der Einsatz von Krill als Futter in Aquakulturen scheint die wichtigste Entwicklung auf dem Markt für Krillprodukte zu sein und Investitionen in die Krillfischerei anzuregen. Den Aquakulturen, insbesondere den Lachsfarmen, fehlt es an ausreichendem Futter. Die Fischfarmindustrie verbraucht bereits rund 75% der Welterzeugung an Fischöl und rund 40% des Fischmehls. Bis 2010 könnten sich diese Zahlen auf 90% bzw. 56% erhöhen, wenn man den Vorhersagen der „International Fish Meal and Fish Oil Manufacturers Association“ (IFOMA) glaubt. Laut FAO werden 2010 allein die Lachse und Forellen in den Fischfarmen 620.000 Tonnen Fischöl verzehren (Staniford 2002). Da die Nachfrage höher ist als das Angebot und die Preise ansteigen, wird Fischöl schon als das „neue blaue Gold“ bezeichnet (Staniford 2001).

Das zu geringe Angebot und die wachsenden Bedenken wegen des Giftgehalts des in Aquakulturen eingesetzten Futters drängen die Industrie dazu, Alternativen zu finden. Der Bedarf an Krill wird vermutlich ansteigen, da er ein hochwertiges Futter (Proteine, wichtige Aminosäuren, hohe Energie) für die Fische und Krustentiere in Farmen darstellt. Andere hervorstechende Eigenschaften von Krill sind sein natürlicher Gehalt an Pigmenten (was insbesondere für Lachsfarmen von Bedeutung ist), sein guter Geschmack, sein geringer Gehalt an Giftstoffen und seine vermutete Fähigkeit, das Überleben von Fischlarven zu fördern. Diese Eigenschaften machen Krill zu einem attraktiveren Futter als mögliche Konkurrenten wie das Mehl aus Kalmaren und Muscheln oder Öl aus Fisch und Artemien (Sclabos 2003).

Eine weitere Eigenschaft, die die Krillnachfrage erhöhen dürfte, ist die hohe Konzentration an Omega-3-Fettsäuren. Der Zusatz von Krill zum Futter erhöht den natürlichen Gehalt an Omega-3 bei den gefütterten Fischen (Sclabos u. Toro 2003).

Zusammenfassend kann man sagen, dass die Nachfrage nach hochwertigem Futter für Aquakulturen (insbesondere von proteinreichem Futter für Lachse) die Krillfischerei beträchtlich profitabler machen könnte. Darüber hinaus werden höchstwahrscheinlich die zunehmenden Beschränkungen der Krillfischerei auf der Nordhalbkugel, die von Tierschützern und Fischerei-Managern gegen die expandierende Krillfischerei lokaler Fischereiiindustrien durchgesetzt werden, den Druck auf die Krillbestände im Südlichen Ozean verstärken. Die antarktischen Gewässer bieten sich als Hauptquelle für Krill förmlich an (Nicol u. Foster 2003). Im Lichte dieser Entwicklungen scheint eine Erweiterung der Krillfischerei in der Antarktis unvermeidlich.

X. Neue Entwicklungen in der Krillfischerei: Expansionspläne

Es gibt deutliche Anzeichen für ein schnell wachsendes Interesse an der Krillfischerei in der Antarktis, da der Markt für Krillprodukte expandiert. Die vermuteten großen Krillbestände im Südlichen Ozean und die zunehmenden Einschränkungen der Krillfischerei auf der Nordhalbkugel sind Faktoren, die den Druck auf die Krillbestände im Südlichen Ozean schon in kurzer Zeit erhöhen könnten (Nicol u. Foster 2003).

Nach der Zeit hoch subventionierter Krillfischerei besonders durch die ehemalige Sowjetunion (durchschnittl. 500.000 Tonnen in den frühen 80er Jahren) und dem Rückgang der Fangmengen in den folgenden Jahren (aufgrund von Problemen in der Krillverarbeitung und wegen fehlender wirtschaftlicher Anreize) (Ichii 2000) trat in den 90er Jahren eine „neue Generation“ der Krillfischerei auf, da in der Fischerei einiger Industrieländer das Interesse an Krill anwuchs, weil der Futtermarkt für Aquakulturen lohnend erschien. Nach Fangmengen zwischen 100.000 und 120.000 Tonnen zeigen die Zukunftspläne der Krill fischenden Nationen, dass die Fangmenge in der Saison 2004/05 bis zu 160.000 Tonnen betragen könnte (SC-CCAMLR 2004). Man kann also ein zunehmendes internationales Interesse an der Krillfischerei als gewinnbringende, zukunftssträchtige Industrie feststellen. Die norwegische Fischereiiindustrie könnte in dieser „neuen Generation“ der Krillfischerei

eine bedeutende Rolle spielen, indem sie große, moderne und höchst effiziente Fang- und Verarbeitungsschiffe für die weit entfernten Gewässer des Südlichen Ozeans baut, um die dort vermuteten „gewaltigen Ressourcen“ (NRK 2005) abzufischen. So hat beispielsweise der norwegische Multi *Aker Seafood* damit begonnen, in der Saison 2003/04 im Südlichen Ozean Krill zu fischen und dabei die *Atlantic Navigator* eingesetzt, eine supermoderne schwimmende Fischfabrik unter der Flagge der Pazifikrepublik Vanuatu (AKER ASA 2004).

Bei der CCAMLR XXIII-Konferenz 2004 wurde deutlich, dass die *Atlantic Navigator* nicht den geltenden CCAMLR-Schutzmaßnahmen entspricht, wozu die zeitnahe und vollständige Meldung der Fangergebnisse gehört (CCAMLR 2004). Des ungeachtet hat Vanuatu für die Saison 2004/05 eine Fangmenge von 60.000 Tonnen Krill angemeldet. Wegen dieser hohen Menge haben die Pläne Vanuatus in der Kommission ernsthafte Bedenken erweckt. Man äußerte Zweifel, ob dieser Staat in der Lage ist, die unter seiner Flagge registrierten Schiffe den gesetzlichen Bestimmungen gemäß zu managen. Es lagen zudem Berichte vor, dass das Schiff unter der Flagge Vanuatus neue Fangtechnologien einsetzte, über die den Gremien des CCAMLR keine detaillierten Angaben vorlagen.

Die *Atlantic Navigator* ist ein großes, modernes Fabrik-Fangschiff, das 1996 gebaut wurde. Es gilt als das fortschrittlichste Schiff seiner Art und als eines der umstrittensten Schiffe der Welt. Es führte zu beträchtlichen Kontroversen, als es in der Mitte der 1990er Jahre in Alaska unter dem Namen *American Monarch* operierte. Danach erregte es den Protest von Umweltschutzgruppen, als es eingesetzt wurde, um in die bereits überfischten Fischgründe Südchiles einzulaufen und dort den Südlichen Wittling (*Micromesistius australis*) und Hoki (*Macrouronus magallanicus*) zu fischen. Damals wurde bekannt, dass das Schiff in der Lage ist, täglich 1.200 Tonnen Fisch zu fangen und zu verarbeiten – mehr als jedes andere Fangschiff der Welt (Greenpeace 1997).

Diese Krillfischerei, die in norwegischem Besitz ist, wird wahrscheinlich künftig unter norwegischer Flagge operieren. Die Investitionen sind mit neuen Technologien für Fang und Verarbeitung von Krill gekoppelt, die den Profit der Fischerei beträchtlich steigern könnten. Wie beim CCAMLR-Treffen von 2004 berichtet wurde, gehört zu diesen neuen Technologien ein System, das den Krill kontinuierlich in das Fangschiff pumpt (CCAMLR

2004). Damit wird vermieden, dass der Krill schnell zerquetscht oder beschädigt wird – einer der Hauptfaktoren, die bislang die Fangkapazität von Krillfangschiffen beschränkt haben. Die Folge könnte sein, dass schon binnen kurzer Zeit die Fang- und Verarbeitungsraten der Krillfangflotten dramatisch expandieren, was wiederum ein rasches Wachsen der Krillfischerei in der Antarktis bewirken könnte, von dem irreversible Schädigungen der auf den Krill angewiesenen Arten im Südlichen Ozean zu befürchten sind. Um dies zu verhindern, müssen vorbeugend und rechtzeitig entsprechende Management-Verfahren vereinbart werden.

Literatur

- Aker ASA. 2004. Prospectus in connection with listing of Aker ASA's A-shares on the Main List of Oslo Børs. Available at: http://www.akerasa.com/_files/aker_asa_prospekt.pdf
- Alonzo, S.H., Switzer, P. V., Mangel, M. 2003. An ecosystem-based approach to management: using individual behavior to predict the indirect effects of Antarctic krill fisheries on penguin foraging. *Journal of Applied Ecology* (2003) 40: 692-702
- Anheller, J.-E, Hellgren, L., Karlstam, B., and Vincent, J. 1989. Biochemical and biological profile of a new enzyme preparation from Antarctic krill *Euphausia superba* Dana suitable for debridement of ulcerative lesions. *Arch. Dermatol. Res.* 281: 105-110.
- Atkinson, A., Siegel, V., Pakhomov, E., and Rothery, P. 2004. Long-term decline in krill stock and increase in salps within the Southern Ocean. *Nature* (Vol. 432): 100-103
- British Antarctic Survey. Annual Report 2000-2001. Natural Environment Research Council, UK.
- CCAMLR. 2005. Statistical Bulletin, Vol. 17 (Electronic Version). www.ccamlr.org
- CCAMLR. 1992. *Report of the Eleventh Meeting of the Commission*, Hobart, Australia, 26 October - 6 November 1992.
- CCAMLR. 1998. *Report of the Seventeenth Meeting of the Commission*, Hobart, Australia, 26 October - 6 November 1998.
- CCAMLR. 2002. *Report of the Twenty-First Meeting of the Commission*, Hobart, Australia, 21 October - 1 November 2002.
- CCAMLR. 2004. *Report of the Twenty-Third Meeting of the Commission*, Hobart, Australia, 25 October- 5 November 2004.
- CCAMLR. 2005. Schedule of conservation measures in force 2004/05. Hobart, Australia
- CCAMLR. Krill Synoptic Survey. Available at: <http://www.ccamlr.org/pu/e/sc/kri-surv-intro.htm>
description of the CEMP available at: <http://www.ccamlr.org/pu/e/sc/cemp/intro.htm>
- Constable, A.J. and Nicol, S. 2002. Defining smaller-scale management units to further develop the ecosystem approach in managing large-scale pelagic krill fisheries in Antarctica. *CCAMLR Science*, Vol. 9: 117-131.
- Croxall, J.P. 1984. Seabirds. In *Antarctic Ecology* (R. Laws, ed.): 531-616. Cambridge University Press, Cambridge
- Croxall, J.P. 2003. *National Geographic News*, August 5
- Croxall, J.P. and Nicol, S. 2004. Management of Southern Ocean Fisheries: global forces and future sustainability. *Antarctic Science* 16 (4): 569-584.
- Everson, I. 2000a. Introducing Krill. In: *Krill: Biology, Ecology and Fisheries* – (I. Everson, ed.) Fish and Aquatic Resources, Series 6. Blackwell Science, Oxford: 1-7.
- Everson, I. 2000b. Role of krill in marine food webs, the Southern Ocean. In: *Krill: Biology, Ecology and Fisheries* – (I. Everson, ed.) Fish and Aquatic Resources, Series 6. Blackwell Science, Oxford: 194-201
- Everson, I. 2000c. Distribution and Standing Stock. In: *Krill: Biology, Ecology and Fisheries* – (I. Everson, ed.) Fish and Aquatic Resources, Series 6. Blackwell Science, Oxford: 63-79.
- Greenpeace. 1997. Greenpeace Archives on the American Monarch. Available at: <http://archive.greenpeace.org/comms/fish/am01.html>
- Hewitt, R.P., Watters, G., Trathan, P.N., Croxall, J.P., Goebel, M.E., Ramm, D., Reid, K., Trivelpiece, W.Z., Watkins, J.L. 2004. Options for allocating the precautionary catch limit of krill among small-scale management units in the Scotia Sea. *CCAMLR Science*, vol. 11: 81-97.

- Ichii, T. 2000. Krill harvesting. In: *Krill: Biology, Ecology and Fisheries* – (I. Everson, eds.) *Fish and Aquatic Resources, Series 6*. Blackwell Science, Oxford: 228-262.
- Kock, K.-H. 1992. *Antarctic fish and fisheries*. Cambridge University Press, Cambridge
- Laws, R.M. 1984. Seals. In: *Antarctic Ecology* (R. Laws, ed.): 531-616. Cambridge University Press, Cambridge
- Macauley, M.C., English, T.S., and Mathisen, O.E. 1984. Acoustic characterisation of swarms of Antarctic krill (*Euphausia superba*) from Elephant Island and Bransfield Strait. *J. Crustacean Biol.* 4 (Vol.1): 16-44.
- Miller, D.G.M. and Agnew, D. 2000. Management of krill in the Southern Ocean. In: *Krill: Biology, Ecology and Fisheries* – (I. Everson, ed.) *Fish and Aquatic Resources, Series 6*. Blackwell Science, Oxford: 300-337
- Nicol S., Endo, Y. 1997. Krill fisheries of the world. *FAO Fish. Techn. Pap.* 367, FAO, Rome.
- Nicol, S, Forster, I., Spence, J. 2000. Products derived from krill. In: *Krill: Biology, Ecology and Fisheries* – (I. Everson, eds.) *Fish and Aquatic Resources, Series 6*. Blackwell Science, Oxford: 262- 283.
- Nicol, S. (2004) In: www.antdiv.gov.au
- Nicol, S., Endo, Y. 1999. Review. Krill fisheries: development, management and ecosystem implications. *Aquat. Living Resour.* 12 (2): 105-120.
- Nicol, S., Forster, I., Spence, J. 2000. Products derived from krill. In: *Krill: Biology, Ecology and Fisheries* – (I. Everson, eds.) *Fish and Aquatic Resources, Series 6*. Blackwell Science, Oxford: 262- 283.
- Nicol, S., Foster, J. 2003. Recent trends in the fishery for Antarctic krill. *Aquat. Living Resour.* 16: 42-45.
- NRK. 2005. Enormous amounts of krill are pulling Norwegian fishing vessels to the Antarctic. Available (in Norwegian) at: <http://www.nrk.no/nyheter/okonomi/4617927.html>
- Prince, P.A. and Morgan, R.A. 1987. Diet and feeding ecology of Procellariiformes. In: *Seabirds. Feeding Ecology and Role in Marine Ecosystems* (J.P. Croxall, ed.): 154-171, Cambridge University Press, Cambridge.
- Quetin, L.B. and Ross R.M. 1991. Behavioral and physiological characteristics of the Antarctic krill *Euphausia superba*. *Am. Zoologist* 31: 49-63.
- SC- CCAMLR WG-EMM. 2003. Report of the Meeting of the Working Group on Ecosystem Monitoring and Management, Cambridge, UK, 18-29 August 2003.
- SC-CCAMLR. 2004. Report of the Twenty-Third Meeting of the Scientific Committee (CCAMLR XXIII), Hobart, Australia, 25-29 October 2004.
- Sclabos, D. 2003. The Krill. Available at: <http://www.aquafeed.com/article.php?id=365>
- Sclabos, D. and Toro, R. 2003. Natural Foods through marine krill meal. Available at: <http://www.aquafeed.com/article.php?id=439>.
- Siegel, V. 2000. Krill (Euphausiacea) life history and aspects of population dynamics. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 57 (Suppl. 3): 130-150.
- Siegel, V. and Loeb, V. 1995. Recruitment of Antarctic krill *Euphausia superba* and possible causes for its variability. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 123, 45-56.
- Staniford, D. 2001. Cage Rage: an inquiry is needed into Scottish fish farming. *The Ecologist*, 22/10/2001.
- Staniford, D. 2002. A big fish in a small pond: the global environmental and public health threat of sea cage fish farming. Paper presented at "Sustainability of the Salmon Industry in Chile and the World". Workshop organized by the Terram Foundation and Universidad de los Lagos in Puerto Montt, Chile, 5-6 June 2002.

Die Autoren

Virginia Gascón González ist marine Koordinatorin bei ASOC. Sie ist Juristin und hat an der Universidad Autonoma (Madrid), der Free University (Brüssel) und der Georgetown University (Washington, DC) studiert. Von 1997 bis 2002 war sie als Beraterin für Umweltfragen und Fischerei des World Wildlife Fund (WWF) International und Nordamerika sowie anderen Umwelt-Organisationen tätig. Zudem verfügt sie über Erfahrungen als Anwältin und Hochschullehrerin. Derzeit koordiniert sie die marine Arbeit des ASOC in Puerto Madryn, Argentinien.

Dr. Rodolfo Werner Kinkelin ist Argentinier und hat sich als Biologe viele Jahre mit dem Studium und dem Schutz der patagonischen Meeresumwelt beschäftigt. Nach dem Biologie-Studium an der Universität Buenos Aires (Argentinien) folgten die Promotion an der Universität München und wissenschaftliche Arbeiten zur marinen Zoologie an der University of Guelph (Canada). Von 1997 bis 2004 war er als Berater zu Fragen des Meeresschutzes, Meeressäuger, Fischerei und Umweltpolitik für den World Wildlife Fund (WWF) International und Nordamerika sowie andere internationale Organisationen tätig. Neben Beiträgen zur Arbeit von ASOC ist er zur Zeit Koordinator des Forums für den Schutz des patagonischen Meeres und davon beeinflusster Gebiete, einer Initiative regionaler und internationaler Organisationen, die sich für den Schutz dieser geografischen Region engagieren.