

## 3.6 Die Fische des Nord- und Südpolarmeeres

KARL-HERMANN KOCK & CHRISTIAN VON DORRIEN

**Fishes of the North Polar and South Polar Regions:** *The fish faunas of the north and south polar regions show great differences. Whereas on the Antarctic shelf most benthic fish species are endemic (they occur only here), the arctic waters are inhabited by immigrants or close relatives of species from the adjacent temperate seas. Most fish species of the polar regions have low growth and production rates. Their fecundity is low. Egg size is comparatively large. They attain sexual maturity at a late age. A few Antarctic fish species such as Patagonian and Antarctic toothfish are exploited on a commercial scale since the end of the 1960ies. In the high Arctic no commercial fishery currently takes place, but there are concerns that this might change in the future, if the ice coverage is further reduced, caused by global warming. However, any fishery in the polar regions can only be sustainable when enough knowledge about the biology of the fish stocks and the fragile marine environment exists and the precautionary approach is applied.*

Die Fischfaunen des Schelfs und des Kontinentalabhangs des Nord- und Südpolarmeeres können unterschiedlicher nicht sein. Die Bodenfischfauna des Schelfs und des Kontinentalabhangs in der Antarktis wird, was Artenzahl und Biomasse angeht, von den Notothenioidei, einer endemischen (d.h. nur im Südtteil der Südhemisphäre vorkommenden) Unterordnung der Barschartigen (Perciformes), dominiert. Eine hohe Artenzahl ist auch den Familien der Scheibenbäuche (Liparidae) und Aalmuttern (Zoarcidae) gemein, doch ist ihre Biomasse im Vergleich zu der der Notothenioidei verschwindend klein. Die pelagische Fischfauna ist nicht typisch antarktisch und wird in den oberen 500 m der Wassersäule hauptsächlich von Leuchtsardinen (Mycetophiden) gestellt, in der Hochantarktis (im Bereich um den antarktischen Kontinent) auch vom Antarktischen Silberfisch (*Pleuragramma antarcticum*). Erst jenseits von 500 m Tiefe treten eine große Zahl anderer Familien auf, wie z.B. die Bentholagidae, Paralepididae, oder Stomiidae, die häufig eine kosmopolitische Verbreitung haben (DUHAMEL et al. 2013, in press).

Im eigentlichen arktischen Ozean, der ein tiefes Mittelmeer ist und durch seine fast vollständige Bedeckung mit mehrjährigem Packeis über das ganze Jahr hinweg nur eine sehr geringe Produktivität aufweist, kommen nur wenige Fischarten vor. Alle sind nahe Verwandte oder sogar nur Unterarten von am Rande dieses Ozeans vorkommenden Arten, die im Laufe der Erdgeschichte in die arktischen Gebiete eingewandert sind und sich an die arktischen Lebensbedingungen angepasst haben. Die meisten der arktischen Fischarten gehören zu den Familien der Groppen (Cottidae), Aalmuttern (Zoarcidae) und Scheibenbäuche (Liparidae) die vorwiegend benthisch leben (DUNBAR 1982). Als besonders typische Vertreter der arktischen Fischfauna in der freien Wassersäule können der in enger Verbindung zum Packeis lebende Polardorsch (*Boreogadus saida*) sowie aus der Familie der Stinte die Lodde (*Mallotus villosus*) gelten.

In den angrenzenden subarktischen Meeren wie dem Barentsmeer und dem Beringmeer kommen Arten wie z.B. Kabeljau (*Gadus morhua*) und Alaska Seelachs (*Theragra chalcogramma*) vor, deren Hauptverbreitungsgebiete eigentlich in gemäßigten Breiten liegen. Nur in diesen subarktischen Gebieten findet heute eine nennenswerte Fischerei statt, mit teilweise hohen Erträgen.

### Die Fische des Südpolarmeeres Herkunft und Zoogeographie

Fossilien antarktischer Fische sind selten und geben nur ein sehr unvollständiges Bild der Fischarten wider, die im Laufe der letzten 400 Mio. Jahre die Gewässer um die Antarktis bevölkert haben (YOUNG 1991). Im Laufe der Erdgeschichte hat sich die Fischfauna stark verändert, und für viele Perioden fehlen fossile Nachweise ganz. Der starke Endemismus in der Bodenfischfauna, den wir heute sehen, hat sich erst mit der Trennung der Antarktis von Südamerika, der Öffnung der Drake-Passage und der Bildung des zirkumpolaren Stromes um die Antarktis vor 25–22 Mio. Jahren herausgebildet (EASTMAN 1993).

Erste Notothenioidei, die sich später in die 5 antarktischen Familien Nototheniidae, Harpagiferidae, Artedidraconidae, Bathydraconidae und Channichthyidae (Eisfische) aufgegliedert haben, sind wahrscheinlich bald nach der vollständigen Isolierung der Antarktis entstanden. Eine sechste, zu den Notothenioidei zählende Familie, die Bovichtide, haben ihre primäre Verbreitung in temperierten Gewässern der Südhalbkugel und dringen nur in einzelnen Exemplaren ins Südpolarmeer vor. Familien, wie die der Eisfische, die eine Besonderheit im Wirbeltierreich bilden, weil ihnen der rote Blutfarbstoff Hämoglobin fehlt und sie Sauerstoff nur in physikalischer Lösung im transparenten Blut transportieren, sind, je nach Kalibrierung der molekularen Uhren, entweder vor 20–15 Mio. Jahren oder vor 12–8 Mio. Jahren entstanden. Die Aufspaltung vieler

Gattungen und Arten fand vermutlich vor 6–1 Mio. Jahren statt, bei einzelnen Gattungen, wie der Eisfischgattung *Chionodraco*, erst vor weniger als 1 Mio. Jahre.

Das Gros der antarktischen Bodenfische bildet die Unterordnung Notothenioidei, der über 40% der Arten (104) angehören und die in den meisten Gebieten 90–95% der Abundanz bzw. Biomasse ausmachen. Andere Familien, wie Scheibenbäuche und Aalmuttern, sind zwar am Kontinentalabhang mit einer Vielzahl von Arten (125) vertreten, doch ist ihre Biomasse gering. Haie, wie schwarze Dornhaie und Grönlandhaie treten regelmässig in der Peripherie des Südpolarmeeres um South Georgia, Crozet, Kerguelen und Heard und McDonald Inseln auf, während Rochen mit zwei Gattungen (*Amblyraja* und *Bathyraja*) und fast 10 Arten bis an die tiefen Schelfabhänge der Hochantarktis verbreitet sind (GON & HEEMSTRA 1990). Die Fischfauna des Schelfs und des Kontinentalabhangs gliedert sich in zwei große Gruppen:

- Fauna der saisonalen Packeiszone und der periantarktischen Inseln und
- Fauna der Hochantarktis.

Beide Faunen überlappen sich im Bereich der Inseln des südlichen Scotia-Bogens und an der Antarktischen Halbinsel. Inseln weisen manchmal ichthyofaunistische Besonderheiten auf, wie South Georgia mit dem Artedidraconiden *Artedidraco mirus* und das Kerguelen – Heard Plateau mit dem Congiopodiden *Zanclorhynchus spinifer* (KOCK 1992, EASTMAN 1993).

Wegen des starken Drucks des Eises ist der antarktische Schelf mit bis zu 500 m Tiefe wesentlich tiefer als im übrigen Weltmeer, dessen Schelfrand bei 130 m liegt. Flachwasser-Arten, deren Tiefenverbreitung zwischen dem Sublittoral und 300–350 m Tiefe liegt, sind eher selten. Zu ihnen zählen die Harpagiferiden, der Nototheniide *Lepidonotothen nudifrons* und der Bändereisfisch (*Champocephalus gunnari*) (Abb. 3.6-1) in der saisonalen Packeiszone und *Artedidraco skottsbergi*, der Bathydraconide *Cygnodraco mawsoni* und der Nototheniide *Trematomus pennellii* in der Hochantarktis. Viele antarktische Fischarten haben eine eurybathe Verbreitung, die über einen weiten Tiefenbereich (200–900 m) reichen kann und damit einen Teil des Kontinentalabhangs einschließt. Vertreter dieser Gruppe in der saisonalen Packeiszone sind die Gelbe Notothenia (*Gobionotothen gibberifrons*), der Marmorbarsch (*Notothenia rossii*) und der Scotia Sea Eisfisch (*Chaenocephalus aceratus*) und in der Hochantarktis der Bathydraconidae *Racovitzia glacialis*, der Eisfisch *Chionodraco rastrispinosus* und der Nototheniide *Trematomus lepidorhinus*. Arten, die noch tiefer gehen, sind die Eisfische *Cryodraco antarcticus* und *Chiono-*

*bathyscus dewitti* und die beiden Dissostichus Arten, die man bis über 2.000 m Tiefe nachgewiesen hat.

### Anpassungen an den Lebensraum

Notothenioidei haben eine Reihe von Anpassungen entwickelt, die es ihnen erlauben, in einem extremen Lebensraum bei Temperaturen um und deutlich unter dem Gefrierpunkt zu überleben (KOCK 1992):

- Frostschutzsubstanzen (Glycoproteine), die den Gefrierpunkt der Körperflüssigkeiten unter -2,2 °C senken,
- Aglomeruläre Nieren (d.h. Nieren, die keine Glomeruli haben), die die Frostschutzsubstanzen im Blut zurückhalten und ein Ausfiltern durch die Niere verhindern,
- Anpassungen in der Schwimmphysiologie und der Muskelfunktion,
- Zusätzlichen Auftrieb durch die Einlagerung von Lipiden in der Leber, in den Mesenterien und um die Eingeweide sowie die Reduktion der Einlagerung von Kalk in Skelett und Schuppen und des Ersatzes von Kalk durch Knorpel, um die Schwimmfähigkeit zu verbessern (allen Notothenioidei fehlt die Schwimmblase), um so Energie einzusparen,
- Verbesserungen im Sauerstofftransport und der Blutphysiologie,
- Metabolische Kälteadaptation, deren Ausprägung aber stark vom Aktivitätsspektrum der einzelnen Arten abhängt,
- Enzymatische Anpassungen und Anpassungen in der Proteinsynthese,
- Anpassungen in der Neurophysiologie und
- Stenothermie (KOCK 2005).

### Lebensgeschichte

Viele Notothenioidei verbringen die ersten Monate bis Jahre ihres Lebens im Pelagial. Jugendstadien vieler Arten sind deshalb eher aus Beifängen in der pelagischen Krillfischerei als aus den üblichen Grundschleppnetzfängen, nahe dem Grund geschleppten pelagischen Netzen und Langleinen bekannt. Mit zunehmendem Alter werden die meisten Arten sedentärer und verlassen den Boden nur noch temporär (z.B. nachts), um in der Wassersäule Krill und andere häufige Zooplankter zu fressen. Einige Arten der Familie Nototheniidae, wie der antarktische Schwarze Seehecht (*Dissostichus mawsoni*) (Abb. 3.6-2), der antarktische Silberfisch (*Pagothenia borchgrevinkii*), der sich häufig in der Nähe treibenden oder festen Eises und in dessen Spaltensystem aufhält, haben aber – unterstützt durch Lipideinlagerungen im Gewebe, die das spezifische Gewicht verringern – eine weitgehend pelagische Lebensweise beibehalten (KOCK 1992, EASTMAN 1993).

### Fortpflanzung

Die meisten antarktischen Fische erreichen ihre Geschlechtsreife mit 5–8 Jahren, Schwarze Seehechte (*Dissostichus* ssp.) erst mit 8–10 Jahren. Die Reifung der Eizellen dauert in der Regel 2 Jahre. Kurz vor dem Laichen erreichen die weiblichen Gonaden mit wenigen Ausnahmen ein Gewicht von 20–30% des Körpergewichtes, während die Hoden bei den meisten Arten nur 3–4% des Körpergewichtes ausmachen (KOCK & KELLERMANN 1991).

Die absolute Fruchtbarkeit schwankt bei den meisten Notothenioidei zwischen 100 und 20.000 Eiern. Nur bei einigen Nototheniiden, die pelagische Eier haben, kann sie auf mehr als 100–200.000 Eier je Weibchen, bei den beiden Arten der Gattung *Dissostichus* sogar auf 500.000–1.000.000 Eier ansteigen. Die relative Fruchtbarkeit (d.h. die Anzahl der Eier pro g Körpergewicht) liegt bei den meisten Arten zwischen 5 und 20. Die Laichzeit der meisten Arten erstreckt sich über einen Zeitraum von 6–10 Wochen. Bei einer Reihe von Arten, wie dem Bändereisfisch, setzen 10–20% oder mehr der Population in manchen Jahren mit dem Laichen aus (KOCK 1992).

Der Laich wird in einem Schub abgegeben. Die Eier sind von sehr unterschiedlicher Größe. Eisfische haben in der Regel Eier, die 4–5 mm messen. Bathydraconiden haben Eigrößen von 3–4 mm. Die Eier von Harpagiferiden und Artedidraconiden sind in der Regel 2–3 mm groß. Nototheniiden haben sowohl kleine Eier, wie 1,2 mm im Fall der Grauen Notothenia (*Lepidonotothen squamifrons*), oder sehr große Eier, wie der Marmorbarsch mit 4,5–5 mm (KOCK & KELLERMANN 1991). Die Inkubationszeit der Eier ist sehr unterschiedlich: sie kann 2 Monate bei Arten, wie dem Bändereisfisch, in der Peripherie der Antarktis betragen (KOCK & KELLERMANN 1991) oder 10 Monate dauern, wie bei dem Bathydraconiden *Gymnodraco acuticeps* im Ross-Meer (EVANS et al. 2005). Die Eier sind bei einigen Nototheniiden, wie *Notothenia coriiceps*, dem Marmorbarsch und den Schwarzen Seehechten pelagisch (KELLERMANN 1991). Die meisten Arten haben

benthische Eier, und Brutpflege ist häufiger als bisher angenommen. Durch die unterschiedlichen Eigrößen bedingt, schwanken die Längen frischgeschlüpfter Larven zwischen 6–16 mm (KOCK & KELLERMANN 1991).

### Ernährung

Artedidraconiden und Harpagiferiden (soweit es bekannt ist) ernähren sich in erster Linie von bodenlebenden Organismen, wie Gammariden, anderen Amphipoden, Polychaeten und Mysidaceen. Die drei übrigen Familien der Notothenioidei nutzen viel stärker die Wassersäule mit dem Massenvorkommen von antarktischen Krill zur Nahrungssuche: Die bisher untersuchten Bathydraconiden fraßen in erster Linie Krill, Mysidaceen, und Fische. Eisfische ernährten sich fast ausschließlich von Krill und Fischen. Unter den Nototheniiden finden sich Arten, wie z.B. *L. nudifrons* oder die Gelbe Notothenia, die in erster Linie bodenlebende Organismen, wie Polychaeten und Amphipoden fressen, wie auch Arten, z.B. Marmorbarsch und Graue Notothenia, die sich hauptsächlich von Planktonorganismen, wie Krill und Salpen, ernähren (KOCK 1992).

Wie groß die Bedeutung der Fische als Krillkonsumenten ist, ist schwer einzuschätzen. Der Wegfraß an Krill wurde vor Einsetzen der kommerziellen Fischerei um die Inseln des Scotia-Bogens, einem der Hauptfischereigegebiete, auf 5–6 Mio. t jährlich geschätzt (KOCK 1992). Da die Fischerei bis Mitte der 1980er Jahre in erster Linie häufigen, krillfressenden Arten, wie Marmorbarsch und Bändereisfisch, galt, die unter der Nutzung stark dezimiert wurden, ist zu vermuten, dass der Krillkonsum durch Bodenfische in dieser Zeit erheblich zurückgegangen ist. Mit dem Wiedererstarken dieser Bestände ab den 1990er Jahren ist auch der Krillkonsum durch Bodenfische wieder angestiegen.

### Größe, Alter und Wachstum

Die meisten antarktischen Fische sind klein. Artedidraconiden, Harpagiferiden und Bathydraconiden sind nur in Ausnahmefällen länger als 25–30 cm. Eine Reihe von Eisfischen und Nototheniiden werden mehr als



Abb. 3.6-1: Bändereisfisch (*Champscephalus gunnari*).



Abb. 3.6-2: Schwarze Seehecht (*Dissostichus eleginoides*).

50–60 cm lang, der Marmorbarsch sogar 80–90 cm. Die größten Vertreter der antarktischen Bodenfauna sind die beiden Arten der Gattung *Dissostichus*, die mehr als 2 m Länge und ein Gewicht von über 70 kg erreichen (KOCK 1992).

Als sicherste Methode, das Alter antarktischer Fische zu bestimmen, gilt das Lesen von Otolithen (Gehörsteinen). Die Altersbestimmung mit Hilfe von Schuppen führt häufig zu einer Unterschätzung des wahren Alters. Andere Knochenstrukturen, wie der erste Ventralflossenstrahl, haben sich nur bei einzelnen Arten als geeignet für die Altersbestimmung herausgestellt (KOCK 1992).

Wachstumsdaten von kaum mehr als 10 antarktischen Fischarten gelten als gesichert. Über das Wachstum von Artedidraconiden, Harpagiferiden und Bathydraconiden, gibt es – von einzelnen Ausnahmen abgesehen – nur vage Vorstellungen (KOCK 1992, MORALESNIN et al. 2000). Eisfischarten, wie der Bändereisfisch oder der Scotia Sea Eisfisch, oder Nototheniiden, wie der Marmorbarsch und die Gelbe Notothenia, wachsen in den ersten Lebensjahren 6–10 cm pro Jahr. Einzelne Nototheniiden der Gattung *Trematomus* wachsen 4–6 cm pro Jahr in den ersten Lebensjahren. Fast alle Arten haben gemein, dass sich ihr Wachstum bei Erreichen der Geschlechtsreife deutlich verlangsamt. Harpagiferiden werden nicht älter als 9 Jahre (DANIELS 1983). Nototheniiden, Eisfische und der Artedidraconide *Dolloidraco longedorsalis* erreichen ein Lebensalter von 15–20 Jahren. Nur die beiden Schwarzen Seehechtarten erreichen wahrscheinlich ein Alter von 40 bis 50 Jahren (KOCK 1992, MORALESNIN et al. 2000, HORN 2002).

### Kommerzielle Nutzung

Einige antarktische Fischarten werden seit dem Ende der 1960er Jahre von der kommerziellen Fischerei genutzt. Die Fischereien haben über die letzten 35 Jahre einen erheblichen Wandel erfahren. Die erste Zielart der Fischerei war der Marmorbarsch, der von der ex-Sowjetunion gefischt, bei South Georgia und den Kerguelen in den ersten beiden Saisons 500.000 und 200.000 t erbrachte (CCAMLR 1990a). Durch Überfischung dieser Bestände brachen die Fänge dann ein. Neben dem Marmorbarsch waren bei South Georgia der Bändereisfisch und bei den Kerguelen die Graue Notothenia und der Bändereisfisch wichtige Zielarten, die in den ersten 10 Jahren der Fischerei mehrere 10.000 t/Jahr erbrachten (CCAMLR 1990a, KOCK 2005).

Erste Anzeichen einer Veränderung zeigten sich Ende der 1970er/Anfang der 1980er Jahre: Frankreich und Australien erklärten 1978 Ausschließliche Wirt-

schaftszonen (200 sm) um die Kerguelen bzw. um Heard und McDonald Islands. Beide Gebiete wurden für die Fischerei geschlossen (CCAMLR 1990a). Die Fischerei um die Kerguelen wurde ein Jahr später unter einem Lizenzsystem wieder eröffnet, während Heard und McDonald Islands bis 1995 geschlossen blieben. 1982 trat das »Übereinkommen zum Schutz der lebenden Meeresschätze der Antarktis« (CCAMLR) in Kraft. Zur gleichen Zeit (1982–1984) fischte die Sowjetunion 250.000 t Bändereisfisch bei South Georgia (CCAMLR 1990b) (s. auch Abb. 3.6-3). Ab 1985 kontrollierte CCAMLR die Fischerei in zunehmendem Maße. Die Fischerei auf Marmorbarsch wurde 1985 verboten. Die Fischerei um die South Orkney Islands, die South Shetlands Islands und Antarktische Halbinsel, die Ende der 1970er Jahre/Anfang der 1980er Jahre hohe Erträge an Bändereisfisch geliefert hatte, wurde nach der Saison 1989/90 eingestellt. Die Fischerei auf Bändereisfisch bei South Georgia wurde nach der Saison 1990/91 eingestellt und erst Mitte der 1990er Jahre in geringem Umfang von wenigen tausend Tonnen wieder aufgenommen.

Während die Schleppnetzfisherei auf die traditionellen Arten ihre Bedeutung verlor und sich dem Ende zuneigte, entwickelte sich ab 1985/86 bei South Georgia eine Langleinenfischerei auf den Patagonischen Schwarzen Seehecht (*Dissostichus eleginoides*), die bis heute die wichtigste und ökonomisch ertragreichste Fischerei im Südpolarmeer blieb. Sie wurde anfangs ausschließlich von der ex-Sowjetunion betrieben. Anfang der 1990er Jahre nahm Frankreich die Langleinenfischerei auf Patagonischen Schwarzen Seehecht bei den Kerguelen auf (KOCK 1992). Nach dem Rückgang der sowjetischen Fischereiaktivitäten seit 1991/92, als diese, einhergehend mit den politischen Veränderungen in der ex-Sowjetunion, nicht mehr subventioniert wurden, wurden Chile und Argentinien für ein paar Jahre die Hauptfischereinationen im Südpolarmeer. Die Langleinenfischerei blieb bis 1996 auf South Georgia und die Kerguelen beschränkt, weitete sich dann aber innerhalb von einer Saison auf den ganzen Nordteil des Südpolarmees aus. Eine Reihe von Nationen, wie z.B. Großbritannien und Südafrika, stiegen in die Fischerei ein. Ab 1998 entwickelte Neuseeland eine Langleinenfischerei auf Antarktischen Schwarzen Seehecht im Ross- Meer (KOCK 2001).

CCAMLR hatte in der Fischerei auf Schwarze Seehechte über mehr als 10 Jahre mit zwei großen Problemen zu kämpfen:

- der hohe Beifang an im Südpolarmeer brütenden Seevögeln in den Langleinenfischereien innerhalb und außerhalb der Antarktis, und
- das hohe Maß an illegaler Fischerei (»IUU fishing« –

Illegal, Unregulated, Unreported), das die Bestände in einigen Gebieten, z.B. bei den Prince Edward Islands innerhalb von wenigen Jahren auf Bruchteile ihrer ehemaligen Bestandsstärke reduzierte (KOCK 2001).

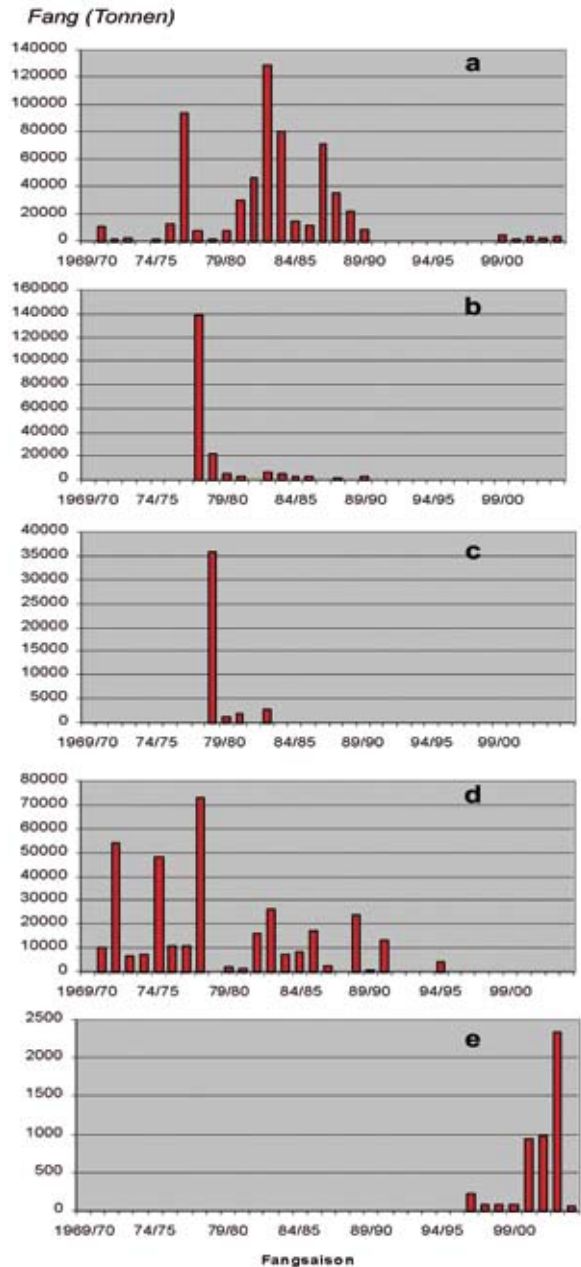
CCAMLR entwickelte eine Reihe von Methoden, den Beifang an Seevögeln zu reduzieren. Ihr konsequenter Einsatz führte im atlantischen Teil des Südpolarmeeres seit dem Jahre 2000 zu einem deutlichen Rückgang der Seevogelbeifänge. Problematischer blieb es um die Kerguelen, wo erst in den letzten 2 Jahren Anzeichen für ein Absinken des Vogelbeifangs zu beobachten sind (CROXALL & NICOL 2004) (s. Kap. 3.7 - PETER).

Dem Handel mit illegal gefangenem Schwarzen Seehecht versuchte man mit einem »Catch Documentation Scheme« (CDS) zu begegnen, das – im Mai 2000 eingeführt – den Weg des Schwarzen Seehechts vom Fang bis zum Verbraucher lückenlos dokumentierte. Kontrollen in den Häfen machten es zusehends unmöglich, illegal gefangenen Fisch anzulanden und auf den Markt zu bringen (CROXALL & NICOL 2004). Illegal gefangener Fisch erzielt deutlich niedrigere Preise als legal gefangener Schwarzer Seehecht.

## Die Fische der Arktis

### Herkunft und Zoogeographie

Da das arktische Mittelmeer im Gegensatz zum antarktischen Ringozean nicht von den angrenzenden Gebieten durch Meeresströmungen oder tiefe Meeresgebiete isoliert ist, wurde nach der Abkühlung im Pleistozän die Einwanderung von Fischarten aus gemäßigten (borealen) Meeresgebieten begünstigt (DUNBAR 1982). Andererseits kommen arktische Arten auch in tiefen und kühlen borealen Gewässern vor. Dies führt dazu, dass die Zahl endemischer Fischarten in der Arktis, also solcher, die nur dort vorkommen, relativ gering ist. Laut einer aktuellen Untersuchung (MECKLENBURG et al. 2011) leben in arktischen Meeren sowie angrenzenden Gewässern im Nordatlantik und Nordpazifik rund 240 Fischarten. Das sind deutlich mehr als die knapp 80 Arten, die EKMAN (1953) beschrieben hat und nur die Hälfte der 416 Arten, die ANDRIASHEV & CHERNOVA (1994) in der Arktis identifiziert haben. Diese Unterschiede beruhen zum einen auf einer größeren Anzahl von Fischfängen in arktischen Gewässern, zum anderen auf den von MECKLENBURG et al. (2011) angewandten modernen genetischen Verfahren zur Identifizierung und Trennung von Fischarten. Die meisten der arktischen Fischarten gehören zu den



**Abb. 3.6-3:** Fänge an Bändereisfisch (*C. gunnari*) in verschiedenen Gebieten der Antarktis: **a)** South Georgia, **b)** South Orkney Islands, **c)** South Shetland Islands, **d)** Kerguelen Islands und **e)** Heard and McDonald Islands. Die Darstellung der Fänge an Bändereisfisch in verschiedenen Gebieten des Südpolarmeeres liefert ein prägnantes Beispiel dafür, wie schnell Bestände antarktischer Fische unter einem starken Fischereidruck überfischt werden können. Dies offenbart sich insbesondere bei den South Orkney Islands und den South Shetland Islands, wo die Bestände an Bändereisfisch innerhalb weniger Jahre so stark überfischt waren, dass sie sich bis heute nicht erholt haben.

Familien der Groppen, Aalmuttern und Scheibenbäuche die vorwiegend benthisch leben (DUNBAR 1982, MECKLENBURG et al. 2011). Unter den Zoarciden stellt die Gattung *Lycodes* die meisten Arten, bei den Cottiden gehören viele Arten zur Gattung *Arteidiellus* (Abb. 3.6-4). Diese Bodenfische haben zwar keine kommerzielle Bedeutung, da sie meist klein bleiben und nur geringe Bestände bilden, sie spielen aber doch eine wichtige Rolle im arktischen Ökosystem.

In subarktischen Gebieten nimmt die Zahl der Fischarten stark zu (DUNBAR 1982). Dies wird am Beispiel des Barentsmeeres deutlich, wo 150 Arten aus 52 Familien beschrieben sind (WESLAWSKI et al. 1990). Ein Großteil dieser Arten sind jedoch boreale Einwanderer, die nicht in den hocharktischen nordöstlichen Gebieten des Barentsmeeres vorkommen. Dazu zählen z.B. Arten wie Hering (*Clupea harengus*), Kabeljau, Schellfisch (*Melanogrammus aeglefinus*) und Seelachs (*Polachius virens*).

Da viele arktische Fischarten weit verbreitet sind, können unterschiedliche Populationen große Unterschiede in ihren Parametern, wie z.B. Größe, Wachstumsraten, Zeitpunkt der Geschlechtsreife, etc. aufweisen. Während über die Fischfauna in den flacheren Gebieten und vor allem in den für die Fischerei interessanten subarktischen Meeren, wie dem Barentsmeer und dem Beringmeer, viele Untersuchungen vorliegen, ist über die Fischfauna der zentralen, tiefen Bereiche immer noch sehr wenig bekannt (MECKLENBURG et al. 2011).

### Anpassung an den Lebensraum

Arktische Fischarten weisen ebenfalls Anpassungen an ihren Lebensraum auf. Die meisten bodenlebenden Arten leben in einem unterkühlten Zustand. Das bedeutet, dass sie bei Temperaturen unterhalb des Gefrierpunktes leben, bei denen ihre Körperflüssigkeiten eigentlich gefrieren würden. Dies geschieht aber nicht, solange sie nicht mit Eis in Berührung kommen. Arten wie der Polardorsch, die direkt in den Höhlen und Spalten des Packeises sowie unterhalb des Eises leben sind dagegen durch Frostschutzproteine in ihren Zellen und im Blut vor dem Gefrieren geschützt. Allerdings handelt es sich hierbei um andere Proteine als bei den antarktischen Fischen, diese Anpassung hat also während der Evolution unabhängig voneinander zweimal stattgefunden. Fast alle arktische Arten können in einem deutlich größeren Temperaturbereich überleben als dies bei den stenothermen antarktischen Fischen der Fall ist. Während die Arten in den zentralen tiefen Bereichen insgesamt mit einer nur knapp vorhandenen Nahrung auskommen müssen, haben sich die Arten in den Bereichen, in denen das Eis im Sommer schmilzt,

daran angepasst, dass die Nahrung während dieser kurzen Zeiten reichhaltig vorkommt, im Winter dagegen nur spärlich ist.

Bemerkenswert sind dabei die Unterschiede in der Anpassung an diese Nahrungsknappheit. Während der im Pelagial und im Eis vorkommende Polardorsch eine agile Art mit einem relativ hohen Grundstoffwechsel ist, verbrauchen die meisten Bodenfische nur wenig Energie im Ruhezustand. Einige dieser Arten sind Lauerjäger, die stundenlang bewegungslos auf vorbeikommende Beute warten. Sie weisen als wechselwarme Tiere dank der tiefen Temperaturen einen Energieverbrauch im Grundstoffwechsel auf, der zu den niedrigsten unter den Fischen zählt. Andere Bodenfische dagegen zeigten in Aquarienversuchen eine deutlich höhere Spontanaktivität, was auf ein aktives Suchverhalten nach Nahrung hinweist. Der dadurch im Vergleich höhere Energieverbrauch wird vermutlich durch einen höheren Erfolg bei der Nahrungssuche ausgeglichen (Von Dorrien 1993).

### Fortpflanzung

Während die meisten Arten Eier und Larven aufweisen, die zumindest einen Teil ihrer Entwicklung in der freien Wassersäule (Pelagial) verbringen, haben Langzeitbeobachtungen in Aquarien bei der Cottiden-Art *Arteidiellus atlanticus* (Abb. 3.6-4) gezeigt, dass die Art Eier legt, die am Boden bleiben. Die Männchen hielten sich sehr dicht bei den Eipaketen auf und nahmen während der Entwicklungszeit der Eier keine Nahrung auf. Bemerkenswert war die sehr lange Entwicklungsdauer bis zum Schlupf der Larven, die mehr als 200 Tage betrug. Die geschlüpften Larven waren sehr weit entwickelt und gingen sofort zum Bodenleben über (VON DORRIEN 1996). Die lange Dauer der Embryonalentwicklung ist vermutlich nicht nur eine Folge der niedrigen Temperatur sondern auch des größeren Durchmessers der Eier und des höheren Entwicklungsstadiums der geschlüpften Larven. Hochentwickelte

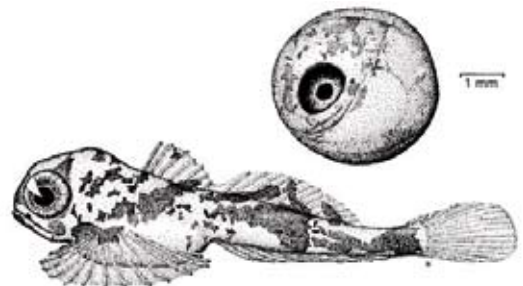


Abb. 3.6-4: Ei und Larve von *Arteidiellus atlanticus*. Die Länge des Balkens entspricht 1 mm (Zeichnung C. Zimmermann).

Larven haben bereits direkt nach dem Schlupf eine größere Reichweite bei der Nahrungssuche, was einen Vorteil in den polaren Gewässern darstellen kann, wo Nahrung nur für kurze Zeit und in geringer Dichte verfügbar ist.

### Ernährung

Der in der Hocharktis lebende und eng mit dem Eis verbundene Polardorsch ernährt sich vor allem von den hier aber auch im Pelagial vorkommenden Krebsen und bildet dadurch eine wichtige Verbindung zwischen dem Eisbezogenen Nahrungsnetz und Robben und Walen (BRADSTREET & CROSS 1982). In den subarktischen Gewässern wie der Beringsee nimmt der Alaska-Seelachs eine ähnlich wichtige Stellung im Nahrungsnetz ein (IANELLI et al. 2011).

Gleiches gilt für die Lodde, die als Zooplanktonfresser mit kleiner Körpergröße vielen anderen Arten von Fischen, Vögeln und Meeressäugern als Hauptnahrung dient und damit ebenfalls ein zentrales Element in den Nahrungsketten der Arktis wie dem Barentsmeer bildet (DOLGOV 2012). Die meisten benthischen Fischarten sind nicht wählerisch und haben ein breites Nahrungsspektrum, das Bodentiere wie Borstenwürmer, Schnecken, Muscheln und bei einigen Arten auch Garnelen und Fische umfasst (ATKINSON & PERCY 1992, VON DORRIEN 1993). Gerade die Bodenfische können sehr lange Zeiten ohne Nahrung auskommen, wohl eine Notwendigkeit in einem Lebensraum der eine nur sehr geringe Produktivität aufweist.

### Größe, Alter und Wachstum

Dank der Nahrungsknappheit und der niedrigen Temperaturen weisen die meisten Bodenfischarten sehr niedrige Wachstumsraten auf und erreichen nur relativ geringe Körpergrößen. Bei zwei untersuchten Arten aus der Familie der Groppen und Aalmutterartigen wurde ein recht hohes Lebensalter bis zu 35 Jahren festgestellt. Die sehr niedrigen festgestellten Wachstumsraten besonders der Weibchen von *Arctiellus atlanticus* mit einem nur geringen Endgewicht von weniger als 50 g gehören zu den niedrigsten bisher bei Fischen festgestellten Werten (VON DORRIEN 1993).

Polardorsche dagegen wachsen zwar bei ausreichend Nahrung schneller, bleiben aber auch eher klein und werden nicht sehr alt. Eine sehr kurze Lebensgeschichte weist die Lodde auf, wo vor allem die Männchen nach dem ersten Laichen im Alter von drei bis vier Jahren sterben, die Weibchen nur 2–3 Jahre älter werden (PETHON 1989).

### Kommerzielle Nutzung

In der Hocharktis sind vor allem Lodde, Polardorsch und Grönlanddorsch (*Gadus ogac*) für die lokale Bevölkerung der Inuit eine wichtige Rolle für die Ernährung. Die meisten genutzten Fischarten weisen ein langsames Wachstum und späte Reife auf und werden von starken Umweltveränderungen beeinflusst.

Eine industrielle Fischerei größeren Stils findet im eigentlichen Arktischen Ozean kaum statt. Das könnte sich allerdings schnell ändern, wenn das Eis, das bisher einen Zugang größerer Schiffe in den zentralen Arktischen Ozean verhinderte, in zunehmendem Maße wegschmelzen sollte. Da so wenig über die dort vorkommenden Fischbestände und deren mögliche Folgen für die hocharktischen Ökosysteme bekannt ist, haben daher z.B. die USA für ihre Gewässer beschlossen, eine kommerzielle Fischerei so lange nicht zu erlauben, bis diese Gebiete wissenschaftlich ausreichend untersucht worden sind.

Dagegen zählen einige der Fischereien in den subarktischen Meeren mit ihren Übergangszonen und Frontensystemen zwischen polaren und wärmeren Wassermassen bereits jetzt zu den größten und ertragreichsten der Welt. In den Gewässern um Grönland findet eine Fischerei auf Tiefseegarnelen (*Pandalus borealis*), Rotbarsch (verschiedene *Sebastes*-Arten) und Schwarzer Heilbutt (*Reinhardtius hippoglossoides*) statt. In der Barentssee werden sowohl Kabeljau als auch andere atlantische Arten wie Schellfisch und Seelachs in großem Maße gefangen. Alleine zwei Drittel der weltweit gefangenen Kabeljau – rund 800.000 t – stammen aus dem Barentsmeer, der Bestand ist mit großem Abstand der größte Kabeljaubestand (Abb. 3.6-5) (BARZ & ZIMMERMANN 2013). Gerade die Bestände der kurzlebigen Lodde im Barentsmeer unterliegen großen Schwankungen von Jahr zu Jahr. So nahm der Bestand der laichreifen Tiere von 2,2 Mio. t im Jahr 2002 auf nur 0,5 Mio. t in 2003 ab, seit 2005 hat der Bestand – auch dank eines verbesserten Fischereimanagements – jedoch stetig zugenommen und beträgt nach den jüngsten Schätzungen für 2012 wieder 2 Mio. t (ICES 2012), so dass bis zu 200.000 t dieser Art gefangen werden können.

Im Beringmeer findet auf den Alaska-Seelachs (Abb. 3.6-6) die zweitgrößte Fischerei weltweit auf einen Fischbestand statt, allein aus dem östlichen Beringmeer betragen die Fänge zwischen 0,8 bis 1,4 Mio. t über die letzten dreißig Jahre (MUETER et al. 2011, BARZ & ZIMMERMANN 2013). Die Hälfte der Fänge der USA und Russlands stammen aus dem Beringmeer. Wissenschaftliche Untersuchungen von IANELLI et al. (2011) haben allerdings gezeigt, dass eine zunehmende Erwärmung in diesem Gebiet aufgrund des Klimawandels sich auf

die Nachwuchsproduktion des Alaska-Seelachs negativ auswirken kann, so dass das Fischereimanagement dann an diese Bedingungen angepasst werden muss.

Aufgrund der in der Arktis bestehenden kurzen Nahrungsketten und der teilweise hohen Schwankungen der Größe der Fischbestände können diese Fischereien erhebliche Auswirkungen auf das Ökosystem haben. Es ist daher wichtig, die Nutzung an diese natürlichen Schwankungen anzupassen und für eine nachhaltige Fischerei den Vorsorgeansatz und ein ökosystembasiertes Fischereimanagement anzuwenden.

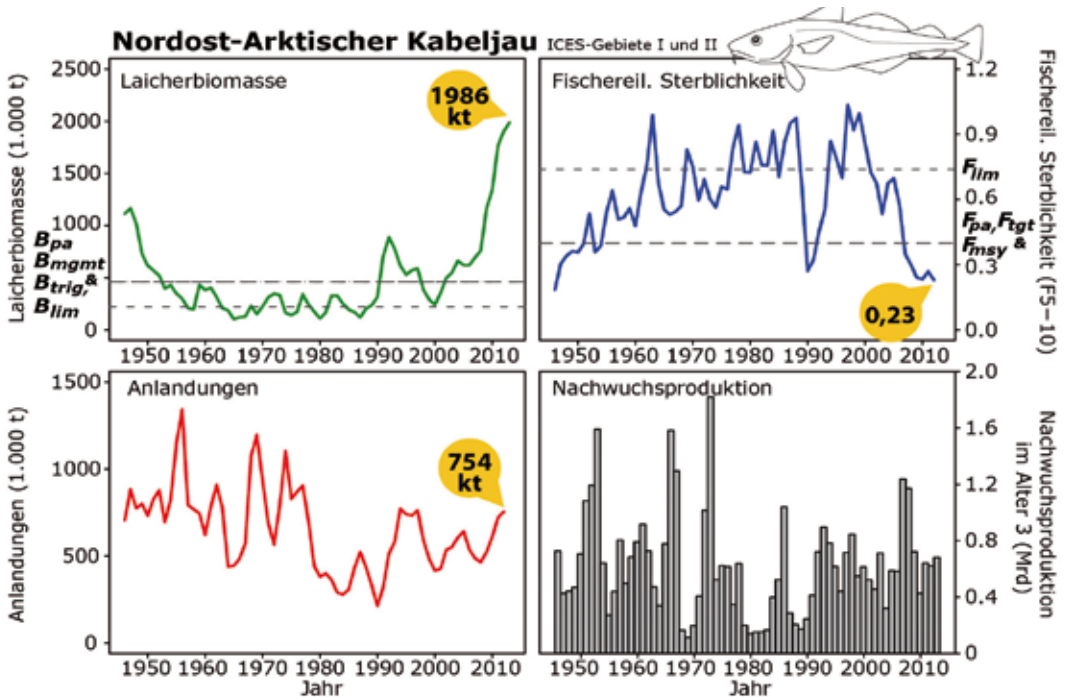
**Schlussbetrachtung**

Da viele Fischarten der Hocharktis und vor allem in der Antarktis nur geringe Produktionsraten haben, in vielen Fällen spät geschlechtsreif werden und eine geringe Fruchtbarkeit aufweisen, ist die Gefahr groß, ihre Bestände zu überfischen. Es bestehen immer noch große Wissenslücken um die Biologie der Fische. Zusätzlich lässt sich der Einfluss von Umweltparametern auf die Entwicklung vieler Fischbestände, besonders in der Subarktis, auch vor dem Hintergrund der Klimaveränderungen, nur unzureichend vorhersagen. Es ist daher gerade in den Polarmeeren sehr wichtig, die Nutzung an diese natürlichen Bedingungen und



**Abb. 3.6-6:** Alaska-Seelachs im Fang (Foto: Alaska Fisheries Science Center, National Marine Fisheries Service, USA).

Schwankungen anzupassen und für eine nachhaltige Fischerei den Vorsorgeansatz anzuwenden. In der Antarktis steht CCAMLR nach anfänglichen Schwierigkeiten seit dem Beginn der 1990er Jahre für diese Art der Nutzung. Und auch in subarktischen Gewässern gibt es viele Beispiele für eine funktionierende nachhaltige Fischerei. In der Hocharktis sollte eine Fischerei – wenn überhaupt – erst dann erfolgen, wenn



**Abb. 3.6-5:** Nordost-Arktischer Kabeljau: Laicherbiomasse, Fischerielle Sterblichkeit der Altersklassen 5–10, Anlandungen sowie Nachwuchsproduktion im Alter 3 in den ICES Fanggebieten I und II.  $B_{mgmt}$ ,  $B_{pa}$ ,  $B_{trig}$ ,  $B_{flim}$ ,  $F_{pa}$ ,  $F_{tgt}$  &  $F_{msy}$  sind Referenzpunkte zur Beschreibung des Zustandes eines Fischbestandes ( $B$ ) bzw. des Einflusses der Fischerei ( $F$ ) (Grafik aus Barz & Zimmermann, 2013; Copyright: Thünen-Institut/Fischbestände online 2013).



ausreichende Kenntnisse über die zu nutzenden Fischbestände vorliegen und ein ökosystembasiertes Fischereimanagement gewährleistet werden kann.

### Literaturverzeichnis

- ANDRIYASHEV, A. P. & N. V. CHERNOVA (1994): Annotated list of fishlike vertebrates and fish of the Arctic seas and adjacent waters. *Voprosi Ichthyologii* 34(4): 435-456. [In Russian]. Engl. translation: 1995, *J. Ichthyol.* 35(1): 81-123.
- ATKINSON E. G. & J. A. PERCY (1992): Diet comparison among demersal marine fish from the Canadian Arctic. *Polar Biology* 11: 567-573.
- BARZ, K. & C. ZIMMERMANN (Hrsg.) (2013): Fischbestände online. Thünen-Institut für Ostseefischerei. Elektronische Veröffentlichung auf [www.fischbestaende-online.de](http://www.fischbestaende-online.de). Zugriff am 10.09.2013.
- BRADSTREET, M. S. M. & W. E. CROSS (1982): Trophic relationships at high Arctic ice edges. *Arctic* 35: 1-12.
- CCAMLR (1990a): Statistical Bulletin, Vol. I. CCAMLR, Hobart, Australia, 61 S.
- CCAMLR (1990b): Statistical Bulletin, Vol. II. CCAMLR, Hobart, Australia, 109 S.
- CROXALL, J. P. & S. NICOL (2004): Management of Southern Ocean fisheries: global forces and future sustainability. *Antarct. Sci.* 16 (4): 569-584.
- DANIELS, R. A. (1983): Demographic characteristics of an Antarctic plunderfish *Harpagifer bispinis antarcticus*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 13: 181-187.
- DOLGOV, A. V. (2012): The role of capelin (*Mallotus villosus*) in the foodweb of the Barents Sea. *ICES Journal of Marine Science*, 59: 1034-1045.
- DORRIEN, C. F. VON (1993): Ökologie und Respiration ausgewählter arktischer Bodenfischarten. *Berichte zur Polarforschung* 125: 1-99.
- DORRIEN, C. F. VON (1996): Reproduction and larval ecology of the Arctic fish species *Arteidiellus atlanticus* (Cottidae). *Polar Biology* 16: 401-407.
- DUHAMEL1, G., HULLEY, P. A., CAUSSE, R., KOUUBI, P., VACCHI, M., PRUVOST, P., VIGETTA, S., IRISSON, J.-O., MORMÈDE, S., JONES, C. D. & J. GUTT (2013): Fisch. In: *Biogeography Atlas of the Southern Ocean* (in press).
- DUNBAR, M. J. (1982): Arctic marine ecosystems. In: Rey, L. (ed.): *The Arctic Ocean*. John Wiley & Sons, New York. 233-260.
- EASTMAN, J. T. (1993): *Antarctic fish biology – evolution in a unique environment*. Academic Press, San Diego, New York. 322 S.
- EKMANN, S. (1953): *Zoogeography of the Sea*. Sidgwick and Jackson Limited, London. 417 S.
- EVANS, C., PACE, L., CZIKO, P., MARSH, A. G., CHENG, C.-H. C. & A. L. DEVRIES (2005): Spawning behaviour and early development in the naked dragon fish *Gymnodraco acuticeps*. *Antarct. Sci.* 17 (3): 319-327.
- GON, O. & P. C. HEEMSTRA (1990): *Fishes of the Southern Ocean*. JLB Smith Institute of Ichthyology, CTP Book Printers. 462 S.
- HORN, P. L. (2002): Age and growth of Patagonian toothfish (*Dissostichus eleginoides*) and Antarctic toothfish (*D. mawsoni*) in waters from the New Zealand sub-antarctic to the Ross Sea, Antarctica. *Fisheries Research* 56: 275-287.
- IANELLI, J. N., HOLLOWED, A. B., HAYNIE, A. C., MUETER, F. J., & N. A. BOND (2011): Evaluating management strategies for eastern Bering Sea walleye pollock (*Theragra chalcogramma*) in a changing environment. *ICES Journal of Marine Science*, 68: 1297-1304.
- ICES (2012): Advice October 2012, Capelin in Subarctic I and II, excluding Division IIa west of 5°W (Barents Sea capelin). *ICES Advice 2012, Book 3*, <http://www.ices.dk/sites/pub/Publication%20Reports/Advice/2012/2012/capbars.pdf>.
- KELLERMANN, A. (1991): Egg and larval drift of the Antarctic fish *Notothenia coriiceps*. *Cybiurn* 15 (3): 199-210.
- KOCK, K.-H. (1992): *Antarctic fish and fisheries*. Cambridge University Press, Cambridge, New York. 359 S.
- KOCK, K.-H. (2001): The direct influence of fishing and fishery – related activities on non – target species in the Southern Ocean with particular emphasis on longline fishing and its impact on albatrosses and petrels – a review. *Rev. Fish Biol. Fish.* 11, 31-56.
- KOCK, K.-H. (2005): Antarctic icefishes (Channichthyidae): a unique family of fishes. A review, Part 1. *Polar Biol.*, 28: 862-895.
- KOCK, K.-H. (2005): Antarctic icefishes (Channichthyidae): a unique family of fishes. A review, Part 2. *Polar Biol.*, 28: 897-909.
- KOCK, K.-H. & A. KELLERMANN (1991): Reproduction in Antarctic notothenioid fish: a review. *Antarct. Sci.* 3 (2): 125-150.
- MECKLENBURG, C. W., MÖLLER P. R. & D. STEINKE (2011): Biodiversity of arctic marine fishes: taxonomy and zoogeography. *Mar Biodiv* 41:109-140.
- MORALESNIN, B., MORANTA, J. & E. BALGUERIAS (2000): Growth and age validation in high-Antarctic fish. *Polar Biol.* 23: 626-634.
- MUETER, F. J., BOND, N. A., IANELLI, J. N. & A. B. HOLLOWED (2011): Expected declines in recruitment of walleye pollock (*Theragra chalcogramma*) in the eastern Bering Sea under future climate change. *ICES Journal of Marine Science*, 68: 1284-1296.
- PETHON P (1985): *Aschehougs store fiskebok*. H. Aschehoug & Co., Stockholm, 447 S. (in norwegisch)
- YOUNG, G. C. (1991): Fossil fishes from Antarctica. In: Tinney, R. J. (Ed.), *The Geology of Antarctica*, Oxford University Press, 538-567.
- WESLAWSKI, J. M., LINKOWSKI T. B. & T. HERRA (1990): Southern Spitsbergen fishes. In: Klekowski R.Z. & J.M.Weslawski (eds): *Atlas of the Marine Fauna of Southern Spitsbergen*. Vol 1. Vertebrates. Polish

### Kontakt:

Dr. Karl-Hermann Kock  
Thünen-Institut für Seefischerei  
[karl-hermann.kock@ti.bund.de](mailto:karl-hermann.kock@ti.bund.de)

Dr. Christian von Dorrien  
Thünen-Institut für Ostseefischerei  
[christian.dorrien@ti.bund.de](mailto:christian.dorrien@ti.bund.de)