

3.11 Marine Biodiversität in den Polarregionen nach der Volkszählung der Meere

ANGELIKA BRANDT

Marine biodiversity in the polar regions after the census of marine life: The present day biodiversity of the Southern Ocean marine faunas is the result of the geologic evolution of the continents, the subsequent change of the hydrography and paleoseaways, the global climate change, faunal extinctions, dispersal capabilities, physiological adaptations, and the zoogeography and evolution of the taxa which result from this geological framework. In very general terms, the biodiversity is slightly lower in the younger Arctic compared to the more ancient Antarctic, but not as much as it had been postulated earlier. Due to the isolation of the Antarctic shelf fauna, the degree of endemism of many taxa is high in the Antarctic, more than 90% for example for fish, Amphipoda and Cumacea. In the Arctic Ocean, the shelves are not isolated, but the deep-sea basins are. However, until now very few biological investigations were performed in the Arctic. Therefore it is not yet possible to present percentages of Arctic deep-sea endemism.

Biodiversität kann definiert werden als die Summe aller Genome, Arten, Gemeinschaften und Ökosysteme in Raum und Zeit. In marinen Lebensräumen umfasst sie alle Gemeinschaften, vom Leben an der Meeresoberfläche, über die eis-assoziierten Fauna und Flora, das Phyto- und Zooplankton in der Wassersäule bis hin zu den Organismen am Meeresboden der Tiefsee. Ein Vergleich aller Taxa und Artenzahlen zwischen Nord- und Südpolarmeer würde den Rahmen dieses Beitrags sprengen. Es wird daher versucht, allgemeine Trends, Gemeinsamkeiten und Unterschiede in der Biodiversität, die hier einfach als Artenreichtum oder Artenzahl beschrieben wird, aufzuzeigen, die sowohl mit der historischen Entwicklung als auch den heutigen physikalischen Faktoren beider Regionen zu tun haben. Arktische und antarktische bodenlebende Gemeinschaften (Benthos) werden in diesem Buch auch von PIEPENBURG & GUTT (Kap. 3.5) behandelt, vor allem im Hinblick auf klimabedingte mögliche ökologische Veränderungen. Eine Beeinflussung der polaren Tiefseeregionen wird erst sehr viel später nachzuweisen sein (BRANDT & GUTT 2011).

Rahmenbedingungen

Die heutige Biodiversität der nord- und südpolaren Regionen ist das Resultat der geologischen Evolution der Kontinente, der damit einhergehenden hydrographischen Veränderungen und der Öffnung und Schließung der Paläoseewege, des globalen Klimawandels, der sukzessiven Extinktion (Aussterben) von Arten sowie der Migrationsfähigkeit der Organismen, ihrer physiologischen Adaptationsfähigkeit, Zoogeographie und Evolution. Diese Zusammenhänge sind besonders augenfällig in der Antarktis. Dort haben Plattentektonik und die sukzessive Entstehung des Zirkumpolarstromes eine Psychrosphäre entstehen lassen, die einerseits die Antarktis nach Norden hin biogeographisch isoliert, andererseits aber das kalte Tiefenwasser der Weltozean

ne speist. Die Ausbildung dieses Strömungsmusters im Oligozän war ein Schlüsselereignis, das die Evolution vieler südpolarer Organismen beeinflusst und vermutlich zu der hohen Biodiversität einiger Taxa geführt hat. Die Tiefenwasserproduktion des Weddell- und Rossmeeres spielt eine bedeutende Rolle für Tiefseeorganismen, denn sie wird als potentieller Mechanismus für die Ausbreitung von Arten aus dem Südpolarmeer über die Tiefsee in die nördlicher gelegenen Ozeane angesehen (Biodiversitätspumpe).

Beide Polarregionen zeichnen sich aus durch permanent extrem niedrige Temperaturen, durch eine starke Saisonalität im Lichtregime und der Primärproduktion und somit durch ein limitiertes Nahrungsangebot für tierische Organismen. Dennoch unterscheiden sich die Arktis und Antarktis hinsichtlich ihrer marinen Biodiversität in den meisten Tiergruppen deutlich. Einer der offensichtlichsten Unterschiede findet man bei den Endgliedern der Nahrungskette (große Räuber): in der Arktis finden wir Eisbären, welche in der Antarktis fehlen, und in der Antarktis leben Pinguine, welche in der Arktis nicht vorkommen (s. Kap. 3.7 - PETER). Dieses liegt an ihrer Evolution. Eisbären leiten sich entwicklungs geschichtlich von Vorfahren der Braunbären der Holarktis ab. Sie haben aus klimatischen Gründen nie die Tropen nach Süden überqueren können. Pinguine hingegen haben sich in der Südhemisphäre entwickelt und ebenfalls die Tropen nie passiert. Würden sie auch in den nördlichen Breiten vorkommen, würden sie von Eisbären sicherlich gejagt.

Im Gegensatz zur Arktis, wo viel terrigenes Material über die großen Flüsse, z.B. Lena und Ob, in das Meer eingetragen wird und potenziell den Organismen als Nahrung zur Verfügung steht, zeichnet sich die Antarktis durch das Fehlen von Flüssen, aber durch breite Eisschelfe aus. Durch die Mächtigkeit des gesamten antarktischen Eisschilds bedingt liegt der kontinentale Schelf der Antarktis mit durchschnittlich ca. 600 m

deutlich tiefer als die randlichen Schelfe des Arktischen Ozeans (Nordpolarmeer) (ca. 200 m). Hinzu kommt, dass der antarktische Schelf durch die umgebende Tiefsee sehr stark von anderen Schelfökosystemen isoliert ist, der arktische hingegen, durch die Landanbindung nach Süden, nicht. Damit einher geht eine lange Evolutionsdauer der südpolaren Schelforganismen in Isolation von mehr als 20 Mio. Jahren. Umgekehrt steht es für die Evolution der Tiefseeorganismen, welche in der Tiefsee der Arktis durch die meist flachen Schwellen der Nebenmeere seit ca. 2.5 Mio. Jahren isoliert sind. In der Antarktis hingegen gibt es überhaupt keine Tiefseebarrieren für die Ausbreitung der Fauna nach Norden von der südpolaren Tiefsee aus. Umso erstaunlicher ist der hohe Artenreichtum in dem atlantischen Sektor des Südpolarmeeres, wo auf 40 Stationen von ca. 1.400 bestimmten Arten mehr als 700 Arten gefunden wurden, die neu für die Wissenschaft waren (BRANDT et al. 2007). DE BROYER & DENIS (2011) stellen am Ende des »Census of Marine Life (CoML)«, der Volkszählung der Meere, die Frage wie viele Arten es im Südpolarmeer gibt. In einem von DE BROYER betreuten Register aller südpolaren Arten (RAMS – Register of Antarctic Marine Species) werden 8.193 valide Art-namen aufgelistet, von denen 88% benthische Arten sind, 11% pelagische und 2% symbiontische. Der hohe Anteil südpolarer Arten kann vor allem auch durch das Vordringen in unbekannte Lebensräume, wie die südpolare Tiefsee (BRANDT et al. 2007, KAISER et al. 2013) erklärt werden.

Biodiversität im Vergleich

Gemeinsamkeiten und Unterschiede beider Polarregionen hinsichtlich Diversität und Zusammensetzung der Lebensgemeinschaften sind von verschiedenen Autoren untersucht worden (z.B. KNOX & LOWRY 1977, DAYTON 1990) (Tab. 3.11-1). Im Allgemeinen wurde dabei die Biodiversität in der Arktis als gering beschrieben, in der Antarktis als deutlich höher. Untersuchungen der letzten Dekade (SIRENKO 2001; PIEPENBURG 2005, 2011) haben gezeigt, dass diese Paradigmen heute zum Teil revidiert werden müssen. SIRENKO (2001) zeigt auf, dass sich die makrobenthischen Artenzahlen in den verschiedenen Becken und küstennahen Regionen des Arktischen Ozeans sehr stark unterscheiden, der Arktische Ozean in seiner Artenvielfalt für einige Taxa in der Vergangenheit unterschätzt wurde und es auch Taxa gibt, die in der Arktis etwas artenreicher sind als im Südpolarmeer (Tab. 3.11-1). 2001 sind für die Eurasische Arktis 4.500 Arten bekannt (SIRENKO 2001). PIEPENBURG et al. (2011) haben für die makro- und megabenthische Fauna 2.636 arktische Arten genannt. Die häufigsten Taxa sind hier die Gliederfüßer mit 847

Arten, die Ringelwürmer mit 668 Arten, die Weichtiere mit 392 Arten und die Stachelhäuter mit 228 Arten. Weitere 501 Arten gehören anderen Tiergruppen an.

In der Antarktis waren nach WHITE (1984) 4.100 Arten bekannt, nach CLARKE & JOHNSTON (2003) waren es ca. 5.000, also etwa 10% mehr als in der Arktis, DE BROYER & DANIS (2011) listen im RAMS 8.193 Arten, und aktuelle Artenzahlen werden von DE BROYER et al. (2013) publiziert. KNOX & LOWRY (1977) waren noch der Ansicht, dass die Antarktis mindestens um 50–100% artenreicher ist als die Arktis. Nach einer Abschätzung von GUTT et al. (2004) gibt es auf dem antarktischen Schelf insgesamt zwischen 11.000 und 17.000 makrobenthische Arten. Mit einem ähnlichen Ansatz gelangen PIEPENBURG et al. (2011) zu einem konservativen Schätzwert von 3.900 bis 4.700 Arten.

Tab. 3.11-1: Artenzahlen ausgewählter Taxa aus dem Südozean und der Eurasischen Arktis, inclusive der Tiefsee (verändert nach CLARKE & JOHNSTON 2003; SIRENKO 2001; KNOX & LOWRY 1977; WHITE 1984; DAYTON et al. 1994; DAYTON 1990; GRIFFITHS et al. 2009; GRADINGER et al. 2010; DE BROYER & DANIS 2011; DOWNEY et al. 2012).

Phylum	Taxon	Anzahl der Arten	
		Antarktis	Arktis
Macroalgae	Rhodophyta	66	130 ¹
	Phaeophyta	26	?
	Chlorophyta	22	?
Porifera	Demospongiae	243	163
	Calcarea	12	?
	Hexactinellida	29	?
Cnidaria	Hydrozoa	260	161
	Anthozoa	127	?
Arthropoda/ Crustacea	Amphipoda	601	1317
	Isopoda	441	102?
	Cumacea	86	59?
	Mysida	38	33?
	Tanaidacea	142	12?
	Ostracoda	234	?
	Decapoda	26	69?
	Cirripedia	44	13?
	Pycnogonida	192	39
Arthropoda/ Chelicerata	Nemertina	2	78
	Sipuncula	14	12
Echiurida	Echiurida	11	2
Annelida	Polychaetes	590	565
	Pogonophora	3	?
Mollusca	Bivalvia	162	140?
	Gastropoda	611	304?
	Cephalopoda	37	8?
	Scaphopoda	6	2?
	Aplacophora	>97	23?
Tentaculata	Bryozoa	318	341
	Brachiopoda	29	9
Echinodermata	Ophiuroidea	129	30 ³
	Asteroidea	208	79?
	Echinoidea	80	11?
	Crinoidea	44	4?
	Holothuroidea	104	26?
Tunicata	Ascidiacea	113	57?
Pisces	mostly	317	415
	Actynopterygii		

¹ alle Taxa = 160; ² alle Taxa = 482; ³ alle Taxa = 151

Im Rahmen des CoML wurde von GUTT et al. (2010) die Biodiversität des Südpolarmeeres mit >8.000 Arten beschrieben, die der Arktis wurde von (GRADINGER et al. 2010) mit ca. 6.000 Arten beziffert, wobei für diesen Lebensraum ca. 60 neue Arten nachgewiesen worden waren.

Bei der Beurteilung dieser Zahlen ist zu bedenken, dass die arktischen und antarktischen Tiefseeregionen weitgehend nicht berücksichtigt sind. So kann als sicher gelten, dass die Biodiversität in der Antarktis zumindest hinsichtlich der Artenzahlen weit unterschätzt ist, da weite Regionen der südpolaren Tiefsee bisher unerforscht sind. Im Rahmen des Projekts ANDEEP (ANtartic benthic DEEP-Sea biodiversity: colonisation history and recent community patterns) wurden auf ca. 40 Stationen, die in der südpolaren Tiefsee beprobt wurden, sehr hohe Artenzahlen (>1.500 Arten) nachgewiesen (BRANDT et al. 2007, 2012; DE BROYER & DANIS 2011; DE BROYER et al. (2013).

Steuerfaktoren der Biodiversität

Unterschiede in der Biodiversität liegen in dem Alter der Ökosysteme sowie in den generellen Unterschieden der beiden Regionen begründet (s. Kap. 3.5 - PIEPENBURG & GUTT), wie z.B. der Tatsache, dass der Arktische Ozean in ozeanographischer Hinsicht ein Mittelmeer und das Südpolarmeer ein Ringozean um einen zentralpolaren Kontinent ist. Aus diesen Eigenschaften folgt, dass das Südpolarmeer nicht die hohen Breiten erreicht wie der Arktische Ozean (90 °N), sondern polwärts nur bis ca. 72 °S reicht und damit, anders als das Nordpolarmeer, in weiten Teilen ein eher boreales Lichtregime mit einer gemäßigten Saisonalität aufweist. Bei den terrestrischen Ökosystemen in Arktis und Antarktis verhält es sich genau umgekehrt.

Weitere Faktoren, die als mögliche Gründe für Biodiversitätsunterschiede zwischen verschiedenen Regionen angenommen werden (z.B. BRANDT 2000), sind, neben biologischen Prozessen wie Konkurrenz oder Koexistenz, z.B. die Produktivität, die wesentlich von der Saisonalität beeinflusst wird und daher ein möglicher Grund für die nachgewiesenen Unterschiede in Arktis und Antarktis ist, sowie die Häufigkeit und Intensität von Störungen, z.B. durch strandende Eisberge (Kap. 3.5 - PIEPENBURG & GUT). Auch die Größe von Organismen hat einen Einfluss: Sie bestimmt die Abun-

danz und somit auch die Diversität, denn ein Quadratmeter bietet z.B. mehr vergleichsweise kleinen Foraminiferenindividuen und –arten Lebensraum als deutlich größeren Zehnfußkrebse oder Fische (GAGE & MAY 1993; MAY 1992).

Des Weiteren wirkt die räumliche Heterogenität biodiversitätsfördernd, auch die, die durch Organismen selbst hervorgerufen wird, z.B. indem sie epibiontische Habitate für andere Lebewesen bieten. Wo solche Organismen eine Vielfalt von Lebensräumen schaffen, können auch viele andere Lebewesen siedeln. Ein Beispiel sind die Hexactinellidae (Glasschwämme), die dafür bekannt sind, dass sie in ihrem Inneren vielen anderen Tieren einen Lebensraum bieten (KUNZMANN 1996). Außerdem werden viele sessile Filtrierer gern von so genannten epizoischen Organismen besetzt, da sie einen Wasserstrom erzeugen, der kleineren, makrobenthischen Lebewesen die Nahrungsaufnahme erleichtern kann, weil sie weniger Stoffwechselenergie für die Filtration aufwenden müssen. So sitzen z.B. die passiven Filtrierer Arcturidae und Antarcturidae (Isopoda) mit

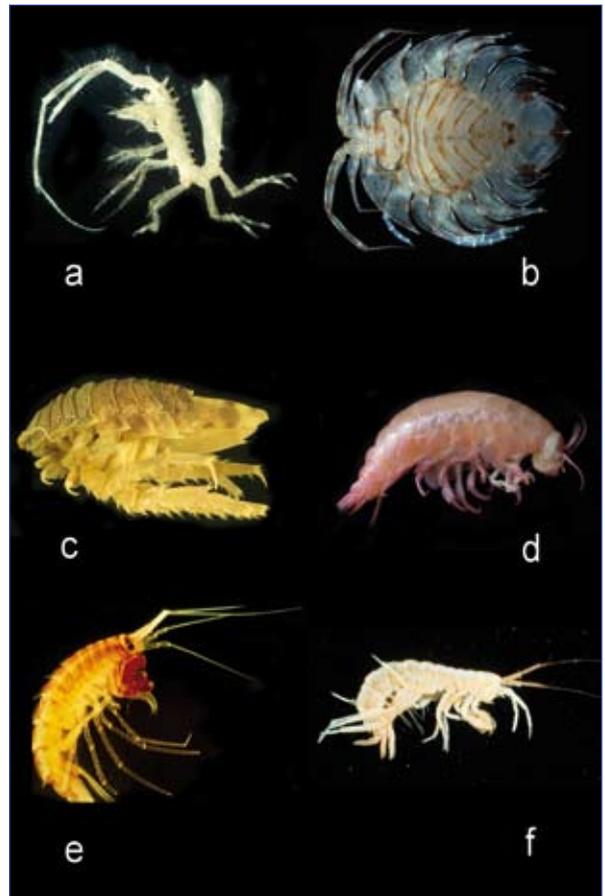


Abb. 3.11-1: Fototafel ausgewählter peracarider Krebse (Isopoda und Amphipoda). a: *Dolichiscus spinosetosus* Brandt, 1999; b: *Ceratoserolis trilobitoides* (Eights, 1833); c: *Glyptonotus antarcticus* Eights, 1853; d: *Eurythenes gryllus* (Lichtenstein, 1822); e: *Eusirus propeperdentatus* Andres, 1979; f: *Paraceradocus gibber* Andres, 1984.

ihren ausgebreiteten Filterextremitäten (*Abb. 3.11-1a*: Foto von *Dolichiscus*) bevorzugt auf Schwämmen, Weichkorallen (Alcyonaria) oder gestielten Haarsterne (Crinoidea). Die Heterogenität ist in der Regel in geographischen Regionen höheren Alters größer, da dort den Organismengruppen eine längere Zeit für ihre Evolution zur Verfügung gestanden hat, in der sie mehr Arten hervorbringen konnten. Dieses ist in der Antarktis z.B. vor Kapp Norvegia der Fall, wo hohe Abundanzen von Suspensionsfressern existieren (ARNTZ & CLARKE 2002; GUTT et al. 2010). Allerdings gibt es auch in der Arktis regional ähnliche Phänomene, z.B. am ostgrönländischen Kontinentalhang, wo sich polares Tiefenwasser bildet und vermutlich organisches Material sehr schnell in tiefere Wasserschichten transportiert (BRANDT 1997; DE BROYER et al. 2013).

Das Alter eines Ökosystems wird häufig mit einer relativen Stabilität in Zusammenhang gebracht, z.B. in der »*Time-Stability-Hypothesis*«, die ursprünglich für die Tiefsee postuliert worden ist (SANDERS & HESSLER 1969; McCANN 2000). Da die klimatischen Verhältnisse in der Antarktis seit dem Oligozän (vor ca. 38 Mio. Jahren) keine wesentlichen Veränderungen erfahren haben und die Antarktis seit weit mehr als 20 Mio. Jahren durch Tiefseebecken von den umgebenden Kontinenten getrennt ist, haben die Organismen dort eine wesentlich längere Zeitspanne für ihre Evolution zur Verfügung gehabt als in der Arktis – eine Bedingung, die sicherlich einen hohen Einfluss auf die Biodiversität der dort lebenden Gemeinschaften hatte. Mit dem Alter der Ökosysteme einher geht auch der Endemismusgrad von

Organismengruppen, d.h. der Anteil der Arten, die (bisher) nur in der jeweiligen Region nachgewiesen worden waren. In der Regel zeichnet sich die Arktis durch niedrige Endemismusgrade aus, die Antarktis durch hohe (70–90%, z.B. für Schwämme, peracaride Krebse und notothenioide Fische) (*Tab. 3.13-2*).

Die Wassertiefe hat ebenfalls einen erheblichen Einfluss auf die Biodiversität. Bei vielen Organismengruppen erfolgt eine Zunahme bis in ca. 3.000 m, in größeren Tiefen dagegen nimmt die Diversität wieder ab, was aber möglicherweise an der geringen Probengröße der sehr tiefen abyssalen und hadalen Stationen liegt (BRANDT et al. 2005; GAGE & TYLER 1991). KRÖNCKE (1998) untersuchte die Makrofaunagemeinschaften der eurasisch-arktischen Tiefsee (Amundsen-Becken, Morris-Jesup-Rücken sowie Yermak-Plateau) und identifiziert insgesamt 108 Taxa auf 17 Stationen. Davon fielen 13 Arten auf die Isopoda. Vergleicht man diese Werte mit Daten aus der Tiefsee des Südpolarmeeres, wo auf 41 Stationen 647 Isopodenarten nachgewiesen worden waren (BRANDT et al. 2007), so ist die Artenzahl in der arktischen Tiefsee sehr gering (BRANDT et al. 1996; BRANDT 1997). POORE & WILSON (1993) und REX et al. (1993) postulieren eine Abnahme der Biodiversität in der Tiefsee mit zunehmender Breite, vor allem in der nördlichen und deutlich wenig stark ausgeprägt in der südlichen Hemisphäre. KRÖNCKE (1998) allerdings konnte einen solchen Trend in ihren Daten aus der eurasisch-arktischen Tiefsee nicht entdecken. Allgemein gesehen ist die Tiefsee aber noch zu bruchstückhaft untersucht, um genauere Angaben zu Gemeinsamkeiten und Unterschieden der Arktis und Antarktis zu geben. Neue Daten aus der südpolaren Tiefsee werfen Zweifel an der oben genannten Hypothese auf.

Die sukzessive Abkühlung, Vereisung und Isolation des Antarktischen Kontinentes hatten, wie bereits oben erwähnt, einen starken Einfluss auf die Evolution vieler antarktischer mariner Taxa, die heute Schlüsselemente der marinen Fauna sind. Vor allem notothenioide Fische, peracaride Krebse (*Abb. 3.11-1*) und Asselspinnen haben im Südpolarmeer eine Radiation erfahren und einen hohen Artenreichtum entwickelt. Radiationen sind häufig das Resultat einer Evolution in Isolation über lange Zeiträume. Daher bezeichnen WATLING & THURSTON (1989) die Antarktis auch als »evolutionären Brutkasten«. Nach EASTMAN (2005) ist der hohe Endemitenanteil der Notothenioidei sowie ihre adaptive Radiation in der Antarktis von einer ökologischen Diversifikation und einer Änderung ihrer Auftriebsfähigkeit hervorgerufen oder begleitet worden (s. auch Kap. 3.6 - KOCK & v.DORRIEN). Sie konnten so ganz verschiedene Habitate in verschiedenen Tiefen auf dem Schelf und am oberen Kontinentalhang besiedeln.

Tab. 3.11-2: Endemismus ausgewählter Organismen des Südpolarmeeres. Daten nach DAYTON et al. 1994; DAYTON 1990, WHITE 1984; GRIFFITHS et al. 2009 und Persönliche Mitt. DOWNEY et al. 2012.

<i>Tiergruppen</i>	<i>Endemismusgrad</i>
Actiniaria	50
Porifera (Hexactinellida)	68
Porifera (Demospongiae)	38
Porifera (Calcarea)	47
Polychaeta	57
Bivalvia	49
Cephalopoda	60
Gastropoda	79
Pycnogonida	56
Amphipoda	90
Cumacea	95
Isopoda	88
Tanaidacea	29
Echinodermata	73 (Echinoidea 77%)
Bryozoa	53
Ascidiacea	44
Fish	95

Die unwirtlichen, kalten polaren Bedingungen, die sich im Tertiär in mehreren Schüben gebildet haben, haben wahrscheinlich besonders die frühen Lebensstadien von Organismen negativ beeinträchtigt. Dies wird als möglicher Grund angenommen, dass Arten mit Larvalstadien im Südpolarmeer einen selektiven Nachteil hatten, Brutpflege sich hingegen offensichtlich biodiversitätsfördernd auswies. Peracaride Krebse besitzen einen Brutbeutel, sie betreiben Brutpflege und hatten deshalb sehr wahrscheinlich einen bedeutenden evolutionären Vorteil gegenüber Konkurrenten mit freien Larven. Dieser Vorteil bedeutet aber auch, dass ihr Verbreitungspotential in der Regel stärker eingeschränkt ist. Dieses könnte lokale Speziationen hervorgerufen und sukzessive zu den oben beschriebenen adaptiven Radiationen geführt haben, die z.B. für die Epimeriidae und Iphimediidae (Amphipoda) oder Antarcturidae und Serolidae (Isopoda) sowie die Tiefseefamilie Haploniscidae (Isopoda) des Südpolarmeeres bekannt sind (s. auch *Tab. 3.11-2*).

Während decapode Krebse, wie z.B. Kurzschwanzkrebse (Brachyura) und Einsiedlerkrebse (Anomura), wichtige Faunenelemente des patagonischen Schelfökosystems darstellen, fehlen sie auf den Inseln des Scotia-Bogens sowie auf dem antarktischen Schelf und Kontinentalabhang. Die Abwesenheit dieser ökologisch wichtigen Prädatoren könnte die Evolution der peracariden Krebse begünstigt haben. Unlängst sind jedoch die anomuren lithodiden Krabben nach vermuteter Extinktion im Miozän wieder in der Antarktis nachgewiesen worden (THATJE et al. 2005). Nach jüngsten Analysen gibt es jedoch keine Hinweise für ihr Aussterben im Miozän (GRIFFITHS et al. 2013). Es stellt sich die Frage, welche Bedeutung die potenzielle Rückkehr dieser Prädatoren für die Benthosgemeinschaften des Südpolarmeerschelfs in der Zukunft haben und wie sie ihre Biodiversität beeinflussen könnte.

Die artenreichsten Taxa (*Tab. 3.11-2*) des südpolaren Benthos sind Polychaeta (Meeresborstenwürmer), Gastropoda (Schnecken), Bryozoa (Moostierchen), Amphipoda (Flohkrebse), Isopoda (Asseln) und Porifera (Schwämme). Diese meist sessilen Taxa sind vermutlich durch die groben glazial-marinen Substrate und aus dem Schelfeis herausgeschmolzenen »dropstones« im Südpolarmeer bevorteilt und daher hier häufiger und artenreicher als in der Arktis. Andere Taxa der Epifauna haben wiederum Vorteile durch die Häufigkeit der sessilen Taxa. In vielen Regionen des antarktischen Schelfs kommen viele sessile Schwämme, Ascidien, Anemomen, Hydroiden, Gorgonarien, Bryozoen und Crinioden vor, die für den antarktischen Schelf charakteristisch sind und in den Regionen des Einflusses von Eisbergkratzern und Ankereisbildung

vorkommen. Diese Fauna bildet häufig dreidimensional geschichtete Gemeinschaften (ähnlich den Baumkronenregionen tropischer Regenwälder). Assoziiert mit dieser Fauna sind viele vagile Organismengruppen, wie Asselspinnen, Krebse, Schnurwürmer (Nemertini) und Schnecken. In der Arktis kommen prinzipiell die gleichen wirbellosen Taxa vor. Artenreicher als in der Antarktis sind dort Moostierchen, Ringelwürmer, Flohkrebse und Fische (*Tab. 3.11-2*).

Literatur

- ARNTZ, W. E. & A. CLARKE (eds.), (2002): Ecological studies in the Antarctic Sea Ice Zone. Results of EA-SIZ midterm symposium. Springer Verlag, Heidelberg: 1-277.
- BRANDT, A. (2000): Hypotheses on Southern Ocean peracarid evolution and radiation (Crustacea, Malacostraca). *Antarctic Science* 12 (3): 269-275.
- BRANDT, A. (1997): Abundance, diversity, and community patterns of epi- and benthic-boundary layer Crustacea Peracarida at 75°N of East Greenland. *Polar Biology* 17: 159-174.
- BRANDT, A., VASSILENKO, S., PIEPENBURG, D. & M. THURSTON (1996): The species composition of the peracarid fauna (Crustacea, Malacostraca) of the Northeast Water Polynya (Greenland). *Meddelelser om Groenland, Bioscience* 44: 1-30.
- BRANDT, A., ELLINGSEN, K. E. E., BRIX, S., BRÖKE-LAND, W. & M. MALYUTINA (2005): Southern Ocean deep-sea isopod species richness (Crustacea, Malacostraca): influences of depth, latitude and longitude. *Polar Biology* 28: 284-289.
- BRANDT, A., GOODAY, A. J., BRIX, S. B., BRÖKE-LAND, W., CEDHAGEN, T., CHOUDHURY, M., CORNELIUS, N., DANIS, B., DE MESEL, I., DIAZ, R. J., GILLAN, D. C., EBBE, B., HOWE, J., JANUSSEN, D., KAISER, S., LINSE, K., MALYUTINA, M., BRANDAO, S., PAWLOWSKI, J. & M. RAUPACH (2007): The Southern Ocean deep sea: first insights into biodiversity and biogeography. *Nature* 447: 307-311.
- BRANDT, A.; DE BROYER, C.; EBBE, B.; ELLINGSEN, K. E.; GOODAY, A. J.; JANUSSEN, D.; KAISER, S.; LINSE, K.; SCHUELLER, M.; THOMSON, M. R. A.; TYLER, P. A. & A. VANREUSEL (2012): Southern Ocean deep benthic biodiversity. In: *Antarctic Ecosystems: An Extreme Environment in a Changing World, First Edition*. Edited by Alex D. Rogers, Nadine M. Johnston, Eugene J. Murphy and Andrew Clarke. Blackwell Publishing Ltd., pp. 291-334.
- BRANDT, A. & J. GUTT (2011): Biodiversity of a unique environment: the Southern Ocean benthos threat by climate change. In: Zachos, F. & J. C. Habel, *Biodiversity hotspots*, 25, pp. 503-526, Springer Publishers, Heidelberg. DOI 10.1007/978-3-642-20992-5.
- CLARKE, A. & N. M. JOHNSTON (2003): Antarctic marine benthic diversity. *Oceanography Marine Biology Annual Review*, 41: 47-114.
- DAYTON, P. K., MORDIDA, B. J. & F. BACON (1994): Polar marine communities. *American Zoologist* 34: 90-99.
- DAYTON, P. K. (1990): Polar benthos. In: SMITH W.O. (ed) *Polar oceanography, Part B: Chemistry, biology, and geology*. Academic Press, San Diego, pp 631-685.

- DEBROYER, C., B. DANIS with 64 SCAR-MarBIN Taxonomic Editors (including A. Brandt) (2011): How many species in the Southern Ocean? Towards a dynamic inventory of the Antarctic marine species. *Deep-Sea Research II* 58: 5–17.
- DEBROYER, C., KOUUBI, P., GRIFFITHS, H. J., DANIS, B., DAVID, B., GRANT, S., GUTT, J., HELD, C., HOSIE, G., HUETTMANN, F., POST, A., ROPERT-COUDERT, Y. & A. P. VAN DE PUTTE (2013): The CAML/SCAR-MarBIN Biogeographic Atlas of the Southern Ocean. Cambridge: Scientific Committee on Antarctic Research (in Press)
- DOWNEY, R. V., GRIFFITHS H. J., LINSE K & D. JANUSSEN (2012): Diversity and Distribution Patterns in High Southern Latitude Sponges. *PLOS ONE* 7(7): E41672. DOI:10.1371/JOURNAL.PONE.0041672.
- EASTMAN, J. T. (2005): The nature of the diversity of Antarctic fishes. *Polar Biology* 28: 93–107.
- GAGE, J. D & P. A. TYLER (1991): *Deep-sea biology: a natural history of organisms at the deep-sea floor*. Cambridge Univ. Press, 1–504.
- GAGE, J. D. & R. M. MAY (1993): A dip into the deep seas. *Nature*, 365: 609–610.
- GRADINGER, R., BLUHM, B. A., HOPCROFT, R. R., GEBRUK, A. V., KOSOBOKOVA, K., SIRENKO, B. & J. M. WESLAWSKI (2010): Marine Life in the Arctic. In: MCINTYRE, A. D. (Hrsg.), *Life in the World's Oceans: Diversity, Distribution, and Abundance*. Blackwell Publishing Ltd., Oxford, 183–202.
- GRIFFITHS, H. J., BARNES, D. K. A. & K. LINSE (2009): Towards a generalized biogeography of the Southern Ocean benthos. *Journal of Biogeography* (J. Biogeogr.) (2009) 36, 162–177.
- GRIFFITHS, H. J., WHITTLE, R. J., ROBERTS, J. S., BELCHIER, M. & K. LINSE (2013): Antarctic Crabs: Invasion or Endurance? *PlosOne* 8(7): 1–17; e66981. doi:10.1371/journal.pone.0066981.
- GUTT, J., SIRENKO, B. I., SMIRNOV, I. S. & W. E. ARNTZ (2004): How many macrozoobenthic species might inhabit the Antarctic shelf? *Polar Biology* 16(1): 1–6.
- GUTT, J., G. HOSIE & M. STODDART (2010): MARINE LIFE IN THE ANTARCTIC. IN: MCINTYRE, A. D. (Hrsg.), *Life in the World's Oceans: Diversity, Distribution, and Abundance*. Blackwell Publishing Ltd., Oxford, 203–220.
- KAISER, S., BRANDÃO, S. N., BRIX, S., BARNES, D. K. A., BOWDEN, D., INGELS, J., LEESE, F., LINSE, K., SCHIAPARELLI, S., ARANGO, C., BAX, N., BLAZEWICZ-PASZKOWYCZ, M., BRANDT, A., CATARINO, A. I., DANIS, B., DAVID, B., DE RIDDER, C., DUBOIS, P., ELLINGSEN, K. E., GLOVER, A., GRIFFITHS, H. J., GUTT, J., HALANYCH, K., HAVERMANS, C., HELD, C., JANUSSEN, D., LÖRZ, A.-N., PEARCE, D., PIERRAT, B., RIEHL, T., ROSE, A., SANDS, C. J., SOLER, I., MEMBRIVES, A., SCHÜLLER, M., STRUGNELL, J., VANREUSEL, A., VEITH-KÖHLER, G., WILSON, N. & M. YASUHARA (2013): Pattern, process and vulnerability of Southern Ocean benthos - a decadal leap in knowledge and understanding. *Marine Biology* DOI 10.1007/s00227-013-2232-6.
- KNOX, G. A. & J. K. LOWRY (1977): A comparison between the benthos of the Southern Ocean and the north polar ocean with special reference to the Amphipoda and Polychaeta. In: Dunbar, M. J. (ed), *Polar Oceans*, Antarctic Institute of North America, pp. 423–462.
- KRÖNKE, I. (1998): Macrofauna communities in the Amundsen Basin, at the Morris Jesup Rise and at the Yermak Plateau (Eurasian Arctic Ocean). *Polar Biology* 19: 383–392.
- KUNZMANN, K. (1996): Die mit ausgewählten Schwämmen (Hexactinellida und Demospongiae) aus dem Weddellmeer vergesellschaftete Fauna. *Berichte zur Polarforschung* 210: 1–93.
- MAY, R. M. (1992): Bottoms up for the oceans. *Nature* 357: 278–279.
- MCCANN, K. S. (2000): The diversity-stability debate. *Nature*, 405: 228–233.
- PIEPENBURG, D. (2005): Recent research on Arctic benthos: common notions need to be revised. *Polar Biology* doi:10.1007/s00300-005-0013-5.
- PIEPENBURG, D., ARCHAMBAULT, P., AMBROSE J. R., W. G., BLANCHARD, A. L. et al. (2011): Towards a pan-Arctic inventory of the species diversity of the macro- and megabenthic fauna of the Arctic shelf seas. *Marine Biodiversity* (2011) 41:51–70.
- POORE, G. C. B. & G. D. F. WILSON (1993): Marine species richness. *Nature*, 361: 597–598.
- REX, M. A., STUART, C. T., HESSLER, R. R., ALLEN, J. A., SANDERS, H. L. & G. D. F. WILSON (1993): Global-scale latitudinal patterns of species diversity in the deep-sea benthos. *Nature*, London, 365: 636–639.
- SANDERS, H. L. & R. R. HESSLER (1969): Ecology of the deep-sea benthos. *Science* 163: 1419–1424.
- SIRENKO, B. (2001): List of species of free-living invertebrates of Eurasian Arctic Seas and adjacent Deep Waters. Russian Academy of Sciences, Zoological Institute, Explorations of the fauna of the seas 51(59): 1–18.
- THATJE, S., ANGER, K., CALCAGNO, J. A. LOVRICH, G. A., PÖRTNER, H.-O. & W. E. ARNTZ (2005): Challenging the cold: crabs re-conquer the Antarctic. *Ecology*, 86 (3): 619–625.
- WATLING, L. & M. H. THURSTON (1989): Antarctica as an evolutionary incubator: evidence from the cladistic biogeography of the amphipod family Iphimediidae. In: J. A. CRAME (ed.), *Origins and evolution of the Antarctic Biota*. Geological Society Special Publication, Alden Press, Oxford, 47: 253–269.
- WHITE, M. G. (1984): Marine benthos. In Laws, R. M. (ed.), *Antarctic Ecology*, Vol. 2, Academic Press, London, 421–461.

Danksagung

Dr. Huw Griffiths (British Antarctic Survey) wird für Hilfe bei der Ermittlung der aktuellen Endemismusraten gedankt.

Kontakt:

Prof. Dr. Angelika Brandt
Biozentrum Grindel und Zoologisches Museum
Universität Hamburg
abrandt@uni-hamburg.de