

Berliner paläobiologische Abhandlungen	10	223-228	Berlin	2009-11-11
--	----	---------	--------	------------

Antarktische Schwämme im Zuge des Klimawandels: Die Verbreitung wichtiger Porifera-Taxa im tiefen Weddellmeer

Dorte Janussen

Zusammenfassung: Aus den ANDEEP-SYSTCO-Expeditionen (2002-2008) in das tiefe Weddellmeer wurden bisher insgesamt 76 Porifera-Arten identifiziert. Etwa ein Drittel dieser Arten waren für die Wissenschaft neu und knapp die Hälfte neu für die Antarktis. Besonders viele neue Taxa wurden innerhalb der Calcarea und der Cladorhizidae (carnivore Demospongiae) entdeckt, deren Bedeutung als Faunen-Element der Tiefsee bisher stark unterschätzt wurde. Als unerwartet divers erwiesen sich auch die Hexactinellida des tiefen Weddellmeeres, innerhalb derer bisher 15 Gattungen und fünf Familien vertreten sind. Der antarktische Schelf ist vermutlich Rückzugsgebiet für die heute endemisch im Südpolarmeer lebende, aber ehemals weit verbreitete Gattung *Rossella*. Der Rückgang der polaren Meereis-Gebiete hat auch für die Tiefseefauna dramatische Folgen.

Abstract: From the ANDEEP-SYSTCO cruises (2002-2008) in the deep Weddell Sea, 76 species of the Porifera have been identified so far. About one third of these species were new to science and almost half of them new to the Antarctic. Particularly, many new taxa were discovered within the Calcarea and the Cladorhizidae (carnivore Demospongiae), and their significance as deep-sea faunal elements has been hitherto strongly under-estimated. Unexpected high diversity was recorded also within the Hexactinellida of the deep Weddell Sea, where they are represented with 15 genera and five families. The Antarctic shelf is probably a retreat refugium for the genus *Rossella*, which is endemic to the Southern Ocean today, but earlier was widely distributed. The reduction of the polar shelf ice areas has a drastic impact also on the deep-sea fauna.

Anschrift der Autorin: Forschungsinstitut und Naturmuseum Senckenberg, Senckenberganlage 25, D-60325 Frankfurt am Main. E-mail: Dorte.janussen@senckenberg.de

Einleitung

Im Gegensatz zur Arktis sind die antarktischen Ökosysteme sehr alt, die Entstehung des Weddellmeeres geht auf den oberen Jura (etwa vor 165 Millionen Jahren) zurück. Geographisch gesehen ist das Weddellmeer die südliche Fortsetzung des Südatlantiks. In abyssalen Tiefen unterhalb von 4000 m steht es mit den westatlantischen Becken und dem Kapp-Becken in Verbindung sowie durch das Atlantisch-Indische Südpolarbecken mit dem tiefen Indischen Ozean. So ist die Tiefsee des antarktischen Ozeans mit den Weltmeeren im ständigen Austausch und spielt für die globalen Strömungs- und Klimasysteme eine wichtige Rolle. Die tieferen Zonen des Scotia- und Weddellmeeres gehören zu den wenig erforschten Meeresgebieten der Welt, über die Beschaffenheit von Meeresboden und bodenlebenden Organismen war vor den ANDEEP Programmen (ANTarctic benthic DEEP-sea Biodiversity, 2002-2005) fast nichts bekannt. Dagegen ist der antarktische Schelf relativ gut erforscht. Hier sind die Wassermassen durch die in sich geschlossenen, zirkumpolaren Strömungssysteme vergleichsweise isoliert, und es gibt innerhalb der meisten Tiergruppen einen hohen Anteil an endemischen Arten, die nur im Südpolarmeer vorkommen. Der Kontinentalschelf in der Antarktis unterscheidet sich stark von den Schelf-Gebieten der anderen Ozeane. Aufgrund des Drucks der kontinentalen Eismassen reicht der antarktische Schelf sehr tief, stellenweise bis zu 800 m herunter. Viele Tiergruppen kommen hier in größerer Tiefe vor als anderswo der Fall, und umgekehrt sind in der Antarktis manche Tiefsee-Organismen auch auf dem Schelf zu finden (McClintock et al. 2005).

Ziel des von Angelika Brandt (Zool. Inst. Univ. Hamburg) initiierten ANDEEP-Programms war ein besseres Verständnis der evolutionsbiologischen Prozesse, die zur heutigen geographischen Verbreitung von Organismen geführt haben. Dazu wurde zunächst eine taxonomische und molekulargenetische Bestandsaufnahme der antarktischen Tiefseefauna erforderlich sowie ein Vergleich mit jenen der benachbarten Tiefseebecken und anderen Ozeanen. Während der ANDEEP I-III Expeditionen (Abb. 1) wurden ausgewählte Stationen vor Kap Norvegia, an der Antarktischen Halbinsel, im zentralen Weddellmeer und den benachbarten Becken mit Videokamera untersucht und mit Hilfe verschiedener Benthosgeräte (z. B. Epibenthoschlitten,

Agassiz Trawl, Multi- und Boxcorer) beprobt. Die Proben wurden von den jeweiligen Spezialisten z. T. schon an Bord und dann später ausführlich taxonomisch, zoogeographisch sowie sedimentologisch ausgewertet (z. B. Linse et al. 2007). Das nachfolgende SYSTCO-Programm war der pelago-benthic SYSTEM COUpling im tiefen Südpolarmeer gewidmet. Begonnen wurde dieses momentan noch laufende Forschungsprogramm während des antarktischen Sommers mit der SYSTCO-Expedition (2007-08): Unmittelbar vor und nach der Planktonblüte an der 0°-Meridiane wurden sowohl die Wassersäule als auch der Meeresboden eingehend untersucht und beprobt. Außerdem wurden im tiefen Weddellmeer, nahe der ANDEEP III-Route an ausgewählten Stationen Vergleichsproben geholt.

Die Schwämme des tiefen Südpolarmeers

Aus der Antarktis sind derzeit etwa 510 gültige Arten der Schwämme bekannt, die sich auf die drei Porifera-Klassen wie folgt verteilen: Demospongiae ca. 420 spp., Hexactinellida ca. 60 spp., Calcarea ca. 30 spp. (Brandt et al. 2007, suppl.). Wahrscheinlich spielt die saisonal reiche Nährstoff-Zufuhr durch die Sommerblüte von Eisalgen und Plankton und durch das Hochquellen nährstoffreicher Tiefenwässer kombiniert mit niedrigen Wassertemperaturen, für die einmalige Vielfalt und Abundanz der Schwämme im Südpolarmeer eine wichtige Rolle. Berühmt sind die Hexactinelliden auf dem antarktischen Schelf (Abb. 2), wo sie Körpergrößen von über 1 m und sehr hohes Alter erreichen können (Barthel & Tendal 1989, 1994, Gatti 2002). Über die antarktische Benthos-Fauna der Tiefsee gibt es jedoch nur sporadische Dokumentation, derzeit sind aus Tiefen unterhalb von 100 m schätzungsweise insgesamt etwa 100 antarktische Poriferen-Arten beschrieben.

Im Rahmen der ANDEEP-SYSTCO-Programme (ANDEEP) untersucht die Autorin (in Kooperation mit der AG Prof. Dr. G. Wörheide, Univ. München) die Diversität und Phylogeographie der Poriferen im tiefen Weddellmeer. Von den ANDEEP I-III-Expeditionen wurden bisher 76 Poriferen-Arten bestimmt, die aus Tiefen von 800-5000 m stammen. Davon fallen 48 spp. auf die Demospongiae, 21 spp. auf die Hexactinellida, und 7 spp. auf die Calcarea. Von diesen 76 Arten sind 18 (22%) neu für die Wissenschaft und 37 (49%) für das Südpolarmeer (Janussen & Tendal 2007). Die Schwammfauna in der antarktischen Tiefsee, bis etwa 2500 m Tiefe, ist erstaunlich eurybath. Es findet sich in bathyalen Tiefen um 1000 m noch ein beachtlicher Anteil an Arten, die eigentlich zur antarktischen Schelffauna gehören (z. B. *Stylocordyla borealis*, *Polymastia invaginata*), darunter auch viele für das Südpolarmeer endemische Arten (z. B. *Myxilla (Ectomyxilla) mariana*, *Isodictya setifer*), während umgekehrt einige abyssale Arten (z. B. der carnivoren Gattung *Asbestopluma*) ebenfalls im antarktischen Bathyal zu finden sind. In diesem Tiefenbereich zwischen 1000-2000 m gibt es somit eine Mischung der typischen Schelf-Arten und der echten abyssalen Tiefsee-Vertreter. Deshalb finden wir hier eine besonders hoch diverse Schwammfauna. Beispielsweise übersteigt die Vielfalt der Familien und Gattungen der Hexactinellida (15 Gattungen, 5 Familien) bei Weitem jene des antarktischen Schelfs (2 Gattungen, 1 Familie), obwohl letztere Taxa durch die Abundanz und den „Gigantismus“ ihrer überwiegend endemischen Arten für die Biomasse und den pelago-benthischen Nährstoff-Austausch vermutlich eine weitaus größere ökologische Rolle spielen. Die Hexactinellida im tiefen Südpolarmeer unterhalb von 3000 m zeigen eine größere Affinität zu den bekannten Schwammfaunen anderer Tiefen-Ozeane, insbesondere dem Atlantik (Janussen et al. 2004).

Die Gattung *Rossella*, der die großen Hexactinelliden-Arten des antarktischen Schelfs angehören (Abb. 3), ist eine für das Südpolarmeer endemische Gruppe. Eine Ausnahme gibt es jedoch, nämlich die nordatlantische Art *Rossella nodastrella*. Nach neuen molekulargenetischen Befunden jedoch fällt diese Art nicht in das Monophylum der antarktischen *Rossella*-Arten, sondern clustert mit anderen rosselliden Gattungen, *Aulosaccus* und *Acanthascus* (Dohrmann et al. 2008, Dohrmann 2009). Die antarktische *Rossella*-Gruppe ist monophyletisch und vorläufige molekulare Divergenzzeit-schätzungen legen nahe, dass die Cladogenese innerhalb dieser Gattung sehr alt ist, demnach geht sie etwa 32,6 MY auf das frühe Oligozän zurück (Dohrmann 2009). Aus der Oberkreide sind jedoch *Rossella*-Arten beschrieben, die sich den erhaltenen Merkmalen nach von jenen rezenter *Rossella*-Vertreter nicht unterscheiden lassen (Brückner 2006, Brückner & Janussen 2005) (Abb. 4). Bei den kretazischen Arten handelt es sich vermutlich um Stammlinienvertreter, die wesentliche morphologische Merkmalskomplexe der rezenten Gattung *Rossella* bereits erworben hatten. Die paläontologische Überlieferung aus dem Känozoikum ist relativ sparsam, aber einige ergiebige Poriferen-Lagerstätten, z. B. aus dem Miozän von Algerien (Pomel 1866-72), lassen vermuten, dass ein Großteil der mesozoischen Hexactinelliden (z. B. fast sämtliche Lychniscosida) erst im Laufe des Tertiärs ausgestorben sind. Wahrscheinlich hängt dieses große Artensterben innerhalb des Taxons Hexactinellida während

des Paläogens mit der dramatischen Einschränkung der als Lebensraum verfügbaren Schelfgebiete im Zuge der allmählichen Abkühlung des Weltklimas zusammen.

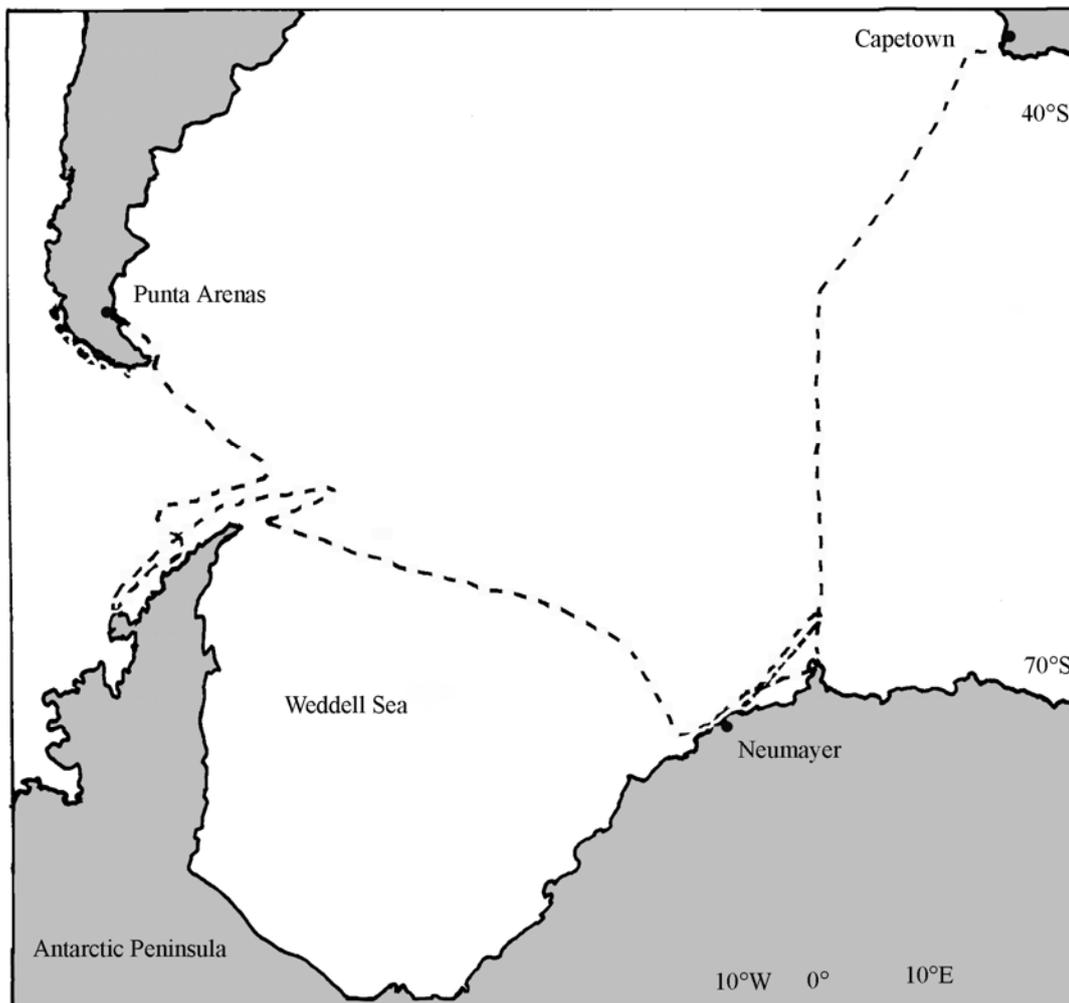


Abb. 1: Die Route der Andep III-Expedition im antarktischen Weddellmeer.

Der Rückzug vieler hexactinelliden Arten aus ihrem ehemaligen Lebensraum auf den Schelfen des Mesozoikums in die heutige Tiefsee dürfte ebenfalls mit den Meeresspiegel-Senkungen nach Ende der Kreidezeit und dem damit verbundenen Rückgang der Schelfgebiete in Zusammenhang stehen (Mehl 1992). Dabei ist es interessant, dass ausgerechnet während des Oligozäns die *Rossella*-Gruppe auf dem antarktischen Schelf eine Radiation durchlaufen hat und zu jener erfolgreichen und berühmten Fauna Meter großer Glasschwämme wurde, die bis heute den Schelf der Südpolarmeere bevölkert.

In der Antarktis beginnt die „echte“ Tiefseefauna erst bei etwa 3000 m Tiefe. Sie zeichnet sich vor allem durch abyssale Vertreter der Hexactinellida aus (z. B. *Caulophacus* spp., Janussen et al. 2004) sowie Demospongiae der Familie Polymastiidae (z. B. *Radiella antarctica*, Plotkin & Janussen 2007 & 2008) und der Familie Cladorhizidae (Raubschwämme, die sich von kleinen Krebsen ernähren). Während der ANDEEP-Programme wurden 18 Arten der Cladorhizidae-Gruppe gefunden, von denen vermutlich 8 bislang noch unbeschrieben und 16 für die Antarktis neu sind (Abb. 5). Aufgrund ihrer häufig geringen Körpergröße werden diese unscheinbaren Schwämme von den Bodentrawls (Maschenweiten meistens 10 mm) in der Regel nicht erfasst, bzw. sie bleiben innerhalb der Fänge z. B. eines Kastengreifens oder Epibenthoschlittens unerkant. Die Cladorhizidae zeigen eine sehr weite regionale bis globale Verbreitung, und ihr Anteil an der Tiefseegemeinschaft ist sicher bisher stark unterschätzt worden.



Abb. 2: Schwämme, überwiegend Hexactinellida, auf dem Larsen-Schelf, Ostseite der Antarktischen Halbinsel (ROV_Foto von Julian Gutt, 2007, ANT XXIII/8-Expedition. Copyright AWI-Bremerhaven, Bild-Nr. 01-22-13-05-19).



Abb. 3: Zwei Exemplare von *Rossella* cf. *nuda*, im Dezember 2007 aus ca. 250 m Tiefe vor dem Neumayer NW Pier mit dem Agassiz Trawl gefangen (ANT XXIII/8-Expedition).

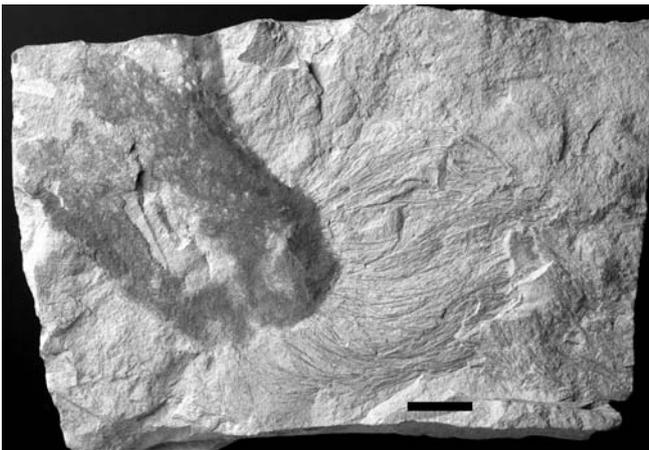


Abb. 4: *Rossella bromleyi* Brückner & Janussen, 2005 aus dem Arnagerkalk von Bornholm (Dänemark). Alter: Oberkreide, Coniac.

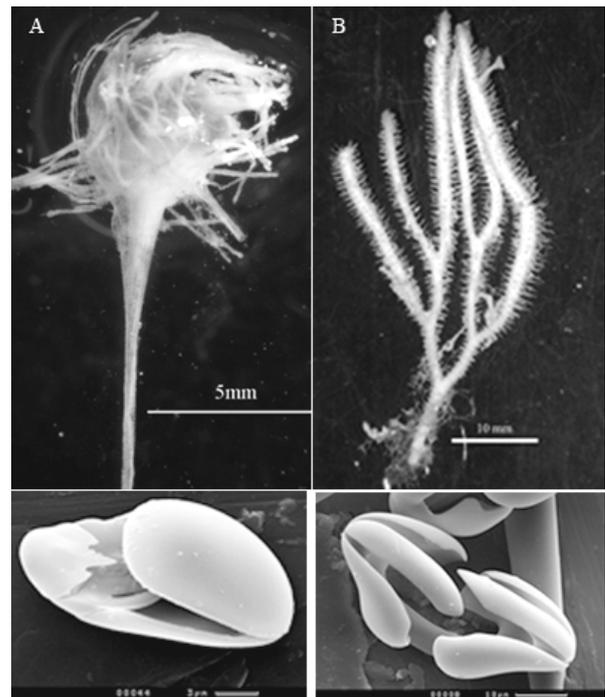


Abb. 5: Neue Cladorhizidae aus dem Weddellmeer. **A:** *Asbestopluma* sp. nov., aus ca. 4600 m (ANDEEP III-Expedition) darunter eine typische Anisocela (REM). **B:** *Abyssocladia* sp. nov., aus 200 m (ANT XXIII/8-Expedition) darunter eine typische Isocele (REM).

Eine weitere Überraschung war die Entdeckung antarktischer Tiefsee-Kalkschwämme (Klasse Calcarea). Bisher gab es aus der Tiefsee der Antarktis keine Calcarea-Funde; als tiefstes Vorkommen galt ein in der Literatur erwähnter, nicht näher bestimmter Kalkschwamm aus 850 m (in Barthel et al. 1997, ohne Tiefenangabe erwähnt). Während der ANDEEP-Expeditionen wurden in Tiefen zwischen 1120 m und 4400 m insgesamt 7 sehr kleine Calcarea-Arten gesammelt, von denen 4 neu sind (Janussen et al. 2003, 2006 und in Vorb.). Obwohl die Calcarea sonst ein typisches Warm- und Flachwasser-Taxon ist, und in der Antarktis auch nicht zahlreich vertreten, handelt es sich offensichtlich um ein konstantes, bisher unerkanntes Element der antarktischen Tiefsee-Fauna. Ob ihre Verbreitung in der Tiefsee und in den Polar-Meeren durch geänderte Meeresströmungen in Folge der globalen Klimaerwärmung begünstigt wird, bleibt abzuwarten. Durch weitere Tiefsee-Expeditionen dürften noch viele, der bisher unbekanntenen Calcarea-Taxa entdeckt werden.

Während der ANT XXIII/8-Expedition (Jan. 2007) wurde erstmalig der seit 2002 eisfreie Larsen-Schelf an der Ostseite der Antarktischen Halbinsel eingehend untersucht und beprobt. Zu den großen Überraschungen gehörte die Entdeckung einer neuen Art des seltenen Cladorhizidae-Taxons *Abyssocladia* (Abb. 5) auf dem ehemaligen Larsen B Eisschelf in nur 200 m Tiefe (Janussen 2008). Diese Gattung wurde bisher nur einmal beschrieben, und zwar aus dem zentralen Pazifik, 3000 m Tiefe. Das Auffinden mehrerer relativ großer Exemplare (die alle Larven enthielten und ca. 8 cm hoch waren), bezeugt, dass diese Schwämme relativ alt sind und sich zu einer Zeit angesiedelt haben dürften, als der Larsen-Schelf noch von Eis-bedeckt war. Auf derselben Station haben wir mehrere Stiele von hexactinelliden Schwämmen einer anderen Tiefsee-Gattung, *Caulophacus*, gesammelt (Janussen 2008). Wahrscheinlich gedeihen im oligotrophen Wasser, unter permanenter Eisbedeckung noch weitere unbekannt Arten der Cladorhiziden und anderer Tiefsee-Organismen auf dem antarktischen Schelf. Der Reichtum an Glasschwämmen in den polaren Meeren hängt aller Wahrscheinlichkeit nach mit der speziellen Nahrungs-Situation unter dem permanenten Polareis zusammen (z. B. der periodischen Nährstoffzufuhr in Verbindung mit der jährlichen Eisalgen-Blüte im antarktischen Sommer). Das Auseinanderbrechen und Abschmelzen großer polarer Eisgebiete hat sicher auch für die Tiefsee-fauna dramatische Folgen, wengleich diese Auswirkungen noch lange nicht bis ins Letzte verstanden sind.

Schlussfolgerungen

- Die Schwammfauna im Antarktischen Ozean ist deutlich reicher und diverser als jene der benachbarten Meere. Dies trifft sowohl für den antarktischen Schelf als auch für die Tiefsee zu.
- Auf Tiefsee-Expeditionen im Südpolarmeer werden viele neue Taxa entdeckt; etwa ein Drittel der auf den ANDEEP-SYSTCO-Expeditionen gesammelten Porifera-Arten waren für die Wissenschaft neu.
- Die endemische Gattung *Rossella* (Hexactinellida), die auf dem antarktischen Schelf durch große Abundanz und Riesenwachstum eine ökologische Schlüsselrolle spielt, ist auch in der Tiefsee reich vertreten, jedoch nur als eine aus 15 hexactinelliden Gattungen.
- Die Antarktis ist vermutlich ein Rückzugsgebiet für die heutigen Arten der Gattung *Rossella*, deren Vertreter, bzw. Stammlinienvertreter, während der Oberkreide weltweit verbreitet waren. Ihre Diversifikation geht wahrscheinlich auf das frühe Oligozän zurück.
- Anteil und Bedeutung mancher Schwamm-Gruppen, insbesondere die Klasse Calcarea und die Familie Cladorhizidae (Demospongiae) innerhalb der Fauna des tiefen Südpolarmeers sind stark unterschätzt.
- Das Aufbrechen großer polarer Meer-Eis Gebiete infolge der globalen Erwärmung hat für die Lebensräume der Schwämme auch in der Antarktis-Tiefsee dramatische Konsequenzen.

Dank

Die Autorin dankt ihren Kollegen der internationalen Porifera-Forschung sowie dem ANDEEP/SYSTCO-Team und der Mannschaft des FS „Polarstern“ für gute Kooperation. Außerdem dankt sie den folgenden Institutionen für finanzielle und logistische Unterstützung ihrer Polarforschung: Deutsche Forschungsgemeinschaft (JA 1063/14-1), SYNTHESYS (DK-TAF 1366, 4492, FR-TAF 5332), CeDAMar, Forschungsinstitut Senckenberg und AWI Bremerhaven.

Literatur

- Barthel, D. & Tendal, O.S. (1989): The sponge fauna of the deep Weddell Sea: Status and the need for further biological and faunistic investigations.- *Deep-Sea Newsletter*, **16**: 8-9.
- Barthel, D. & Tendal, O.S. (1994): Antarctic Hexactinellida.- Synopsis of the Antarctic benthos, **6**: 154 pp.
- Barthel D., Tendal O.S. & Gatti S. (1997): The sponge fauna of the Weddell Sea and its integration in benthic processes.- *Berichte zur Polarforschung*, **249**: 44-52.
- Brandt, A., Gooday, A.J., Brix S.B., Brökeland, 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. & Raupach, M. (2007): The Southern Ocean deep sea: first insights into biodiversity and biogeography. *Nature*, **447**: 307-311.
- Brückner, A. (2006): Taxonomy and paleoecology of lyssacinosan Hexactinellida from the Upper Cretaceous (Coniacian) of Bornholm, Denmark, in comparison with other Postpaleozoic representatives.- *Abhandlungen der Senckenbergischen Naturforschenden Gesellschaft*, **564**: 1-103.
- Brückner, A. & Janussen, D. (2005): The first entirely preserved fossil sponge species of the genus *Rossella* (Hexactinellida) from the Upper Cretaceous of Bornholm, Denmark.- *Journal of Paleontology*, **79**(1): 21-28.
- Dohrmann, M. (2009): "Phylogeny and Evolution of Hexactinellida (Porifera)".- PhD Thesis, University of Göttingen.
- Dohrmann, M., Janussen, D., Reitner, J., Collins, A.G. & Wörheide, G. (2008): Phylogeny and Evolution of Glass Sponges (Porifera, Hexactinellida).- *Systematic Biology*, **57**(3): 388-405.
- Gatti, S. (2002): High Antarctic carbon and silicon cycling – how much do sponges contribute?- Abstr. VI Int. Sponge Conf. 20.09.-5.10.02, p. 76, Rapallo.
- Janussen, D. (2008): Diversity of sponges West and East of the Antarctic Peninsula.- *Reports on polar and marine research*, **569**: 41-48.
- Janussen, D., Rapp, H.T. & Tendal, O.S. (2003): A myth vanished: Calcareous sponges are alive and well at abyssal depths.- *Deep-Sea Newsletter*, **32**: 17-19.
- Janussen, D. & Reischwig, H.M. (2009): Hexactinellida (Porifera) from the ANDEEP III Expedition to the Weddell Sea, Antarctica.- *Zootaxa*, **2136**: 1-20.
- Janussen, D., Tabachnick, K.R. & Tendal, O.S. (2004): Deep-sea Hexactinellida (Porifera) of the Weddell Sea.- *Deep-Sea Research II*, **51**: 1857-1883.
- Janussen, D., Tendal, O.S., Plotkin, A.S. & Rapp, H.T. (2006): Results from the ANDEEP I, II and III expeditions, Antarctica.- Abstract, 11th Symposium on Deep-Sea Biology in Southampton: p. 150.
- Janussen, D. & Tendal, O.S. (2007): Diversity and distribution of Porifera in the bathyal and abyssal Weddell Sea and adjacent areas.- *Deep-Sea Research II*, **54**(16/17): 1864-1875.
- Linse, K., Brandt A., Bohn J., Danis, B., De Broyer, C., Ebbe, B., Heterier, V., Janussen, D., López González, P.J., Schüller, M., Schwabe, E. & Thomson, M.R.A. (2007): Macro- and megabenthic assemblages in the bathyal and abyssal Weddell Sea (Southern Ocean).- *Deep-Sea Research, II*, **54**(16/17): 1848-1863.
- McClintock, J.B., Amsler, C.D., Baker, B.J. & Soest, van R.W.M. (2005): Ecology of Antarctic marine sponges: an overview.- *Integrated Comparative Biology*, **45**: 359-368.
- Mehl, D. (1992): Die Entwicklung der Hexactinellida seit dem Mesozoikum. Paläobiologie, Phylogenie und Evolutionsökologie.- *Berliner geowissenschaftliche Abhandlungen*, **E2**: 1-164.
- Plotkin, A.S. & Janussen, D. (2007): New genus and species of Polymastiidae (Demospongiae: Hadromerida) from the Antarctic deep sea.- *Journal of the Marine Biology Association*, **87**: 1395-1401.
- Plotkin, A.S., & Janussen, D. (2008): Polymastiidae and Suberitidae (Porifera: Demospongiae: Hadromerida) of the deep Weddell Sea, Antarctic.- *Zootaxa*, **1866**: 95-135.
- Pomel, A. (1866-72): Paleontologie on description des animaux fossiles de la province d'Oran. 5^e fasc: Spongiaires.- 256 S. Oran.