

## WISSENSCHAFTLICHE VORTRÄGE

Angelika Brandt

Zoologisches Institut und Zoologisches Museum, Hamburg

### Biodiversität in der Tiefsee insbesondere des Benthos der Antarktis

*Tiefsee als  
Lebensraum*

Die Tiefsee ist ein weitestgehend unbekannter Lebensraum, obwohl mehr als 70% der Biosphäre Meer sind und davon wiederum mehr als 90 % auf die Tiefsee beschränkt sind. Unsere Kenntnisse über am Boden lebende Tiefseeorganismen sind allgemein sehr gering. Die dortige Fauna muss an eine Reihe von Faktoren angepasst sein, zu denen unter anderem völliger Lichtmangel, das Fehlen autotropher Pflanzen, Nahrungsarmut, zunehmender Wasserdruck sowie niedrige, relativ gleich bleibende Temperaturen gehören. Allgemeine biologische "Trends" in der Tiefsee sind, dass die Artenzahlen in vielen Tiergruppen bis ca. 3000 m zunehmen und danach langsam abnehmen. Schwämme sind bis ca. 2500 m sehr reich an Biomasse, ab dieser Tiefe dominieren Stachelhäuter wie z. B. Seegurken, Seesterne und Schlangensterne. Borstenwürmer, Sternwürmer, Weichtiere und Krebse hingegen zeigen keine klare Tiefenpräferenz.

Die Tiefsee des Südpolarmeeres ist eine der am wenigsten untersuchten Regionen der Weltmeere, und wir wissen so gut wie nichts über die am Boden lebende Tierwelt. Die bisherige Polarforschung konzentrierte sich auch hier auf die Schelfregion, wo eine Fauna mit außergewöhnlichen Eigenschaften existiert (z. B. Gigantismus, Langlebigkeit, hoher Endemismusgrad, Abwesenheit mancher gewöhnlicher Schelftaxa, z.B. brachyure Krebse). Diese Eigenschaften spiegeln die hydrographische und geographische Isolation wider sowie die evolutionären Anpassungen an die polaren Umweltbedingungen. Die Schelfgebiete sind ein Zentrum der Entstehung von Biodiversität. Die Tiefsee des Südpolarmeeres hingegen setzt sich in die Tiefsee der Weltozeane fort. Es ist unbekannt, ob die Tiefseefauna des Südpolarmeeres sich nicht wesentlich von der der übrigen Tiefseebecken unterscheidet oder ob auch hier eine gesonderte Evolution stattfand.

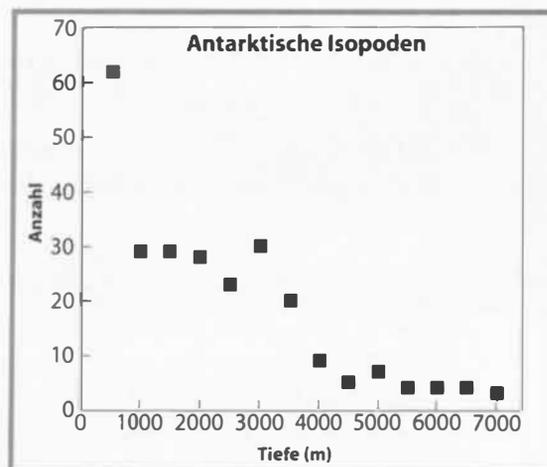
Im Südpolarmeer liegt der kontinentale Schelf durch den Druck der Eismassen mit ca. 500-800 m Tiefe niedriger als die durchschnittliche Tiefe der übrigen Schelfmeere, die bei ca. 200 m Tiefe liegt. Es wird vermutet, dass daher einige Arten Eurybathie zeigen, und dass dadurch Prozesse wie Sub- und Emergenz gefördert werden könnten. Beide Phänomene treten in Abhängigkeit von der Tiergruppe und ihrer Lebensweise auf.

Es wird angenommen, dass aufgrund der Extinktion der Decapoda im Südpolarmeer die Brutpflege betreibenden Ranzenkrebse, zu denen auch die marinen Asseln gehören, eine Radiation erfahren und die frei gewordenen ökologischen Nischen besetzt haben. Von den in der Sub- und Hochantarktis bisher nachgewiesenen Asselarten, welche einen hohen Grad an Endemismen (88%) zeigen, sind 252 Arten auf dem Schelf nachgewiesen worden, in 500 m Tiefe nur noch 62 Arten, danach nimmt die Artenzahl mit zunehmender Tiefe drastisch ab (Abb. 1).

Fast die Hälfte der im Südpolarmeer nachgewiesenen Asselarten gehört in die Unterordnung der Asellota, welche in der Tiefsee der übrigen Weltmeere mit zunehmender Tiefe an Bedeutung und Häufigkeit zunehmen. Die Tatsache, dass die Artenzahlen der Asseln mit zunehmender Tiefe sinken weist nun darauf hin, dass sich die Tiefsee des Südpolarmees entweder von der Tiefsee der Weltozeane sehr stark unterscheidet, oder dass die bisherigen Ergebnisse Artefakte sind, welche auf die geringe Probennahmeintensität in der antarktischen Tiefsee zurückzuführen ist.

*Tiefseeasseln*

Abb. 1: Anzahl antarktischer Isopodenarten in der Tiefsee (Brandt, 2000)



Der geringste marine Bereich der Antarktis ist Schelf. Die Antarktis ist umgeben von weiten Tiefseeebenen, welche keine Barriere zu den anderen Tiefseebecken aufweist. Das im Weddellmeer generierte antarktische Bodenwasser könnte eine Bedeutung als Biodiversitätspumpe für viele Taxa haben. Das nordwärts strömende Bodenwasser ist möglicherweise ein treibender Faktor für die Verbreitung von Tiefseetieren. Es ist auch denkbar, dass Submergenzprozesse von Schelftaxa in die Tiefsee durch das den Hang hinab fließende Tiefenwasser über längere geologische Zeiträume gefördert werden (Abb. 2). Nur der weiß markierte Bereich um die Antarktis ist kontinentale Schelf. Die Bereiche sind Tiefsee von der hellsten (0-1000 m) bis zur dunkelsten Stufe (7-8000 m) dargestellt. Die weitesten Bereiche des Südpolarmees sind Tiefsee.

Die verschiedenen Tiefseeregionen des Südpolarmees weisen ein unterschiedliches geologisches Alter auf. Während die Entstehung der Tiefsee des Weddellmeeres vor ca. 165 Millionen Jahren begann, ist die

*Tiefseeregionen*

kontinentale Verbindung zwischen Südamerika und der Antarktischen Halbinsel erst vor ca. 22-25 Millionen Jahren unterbrochen worden. Es stellt sich die Frage, ob unterseeische Inselketten oder Rückenstrukturen (siehe Karte der Drake Passage und der Untersuchungsgebiete von ANDEEP, s.u. Abb. 3) als Brücke für den Faunenaustausch zwischen Südamerika und der Antarktis dienen.

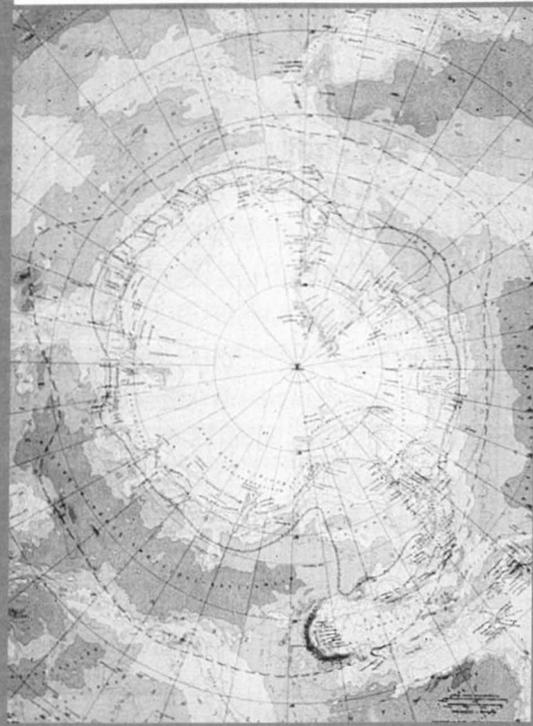


Abb. 2: Tiefenstufen der Meeresgebiete um die Antarktis.

#### ANDEEP

Die ANDEEP Expeditionen gelten der Erforschung der Tiefsee des Südpolarmees. (ANDEEP = Antarctic benthic DEEP-Sea biodiversity: colonisation history and recent community patterns).

Untersuchungs-Region 1, die Shackleton Fracture Zone wurde untersucht, um festzustellen, ob diese Rückenstruktur möglicherweise eine submarine Brücke zwischen Südamerika und der Antarktischen Halbinsel darstellt.

Untersuchungs-Region 2 und 7 bei den Süd Orkney Inseln und Süd Georgien wurde gewählt, da die Schelffauna in diesen Regionen relativ gut bekannt ist. Diese Tatsache erlaubt es der Frage nachzugehen, ob die Schelfarten auch am Kontinentalhang und in der die Inseln umgebenden Tiefsee siedeln und wie der Grad der Endemismen dieser Arten ist.

Untersuchungs-Region 3. Die Gründe für die Wahl dieser Region sind ähnlich wie die für die Regionen 2 und 7, da das Gebiet eine Brücke zwischen dem östlichen Schelf der Antarktischen Halbinsel und der Tiefseeebene des Weddellmeeres darstellt. Diese Region ist jedoch selten beprobbar, da hier im nordwestlichen Weddellmeer aufgrund des Weddellseewirbels in der Regel große Mengen an Packeis liegen.

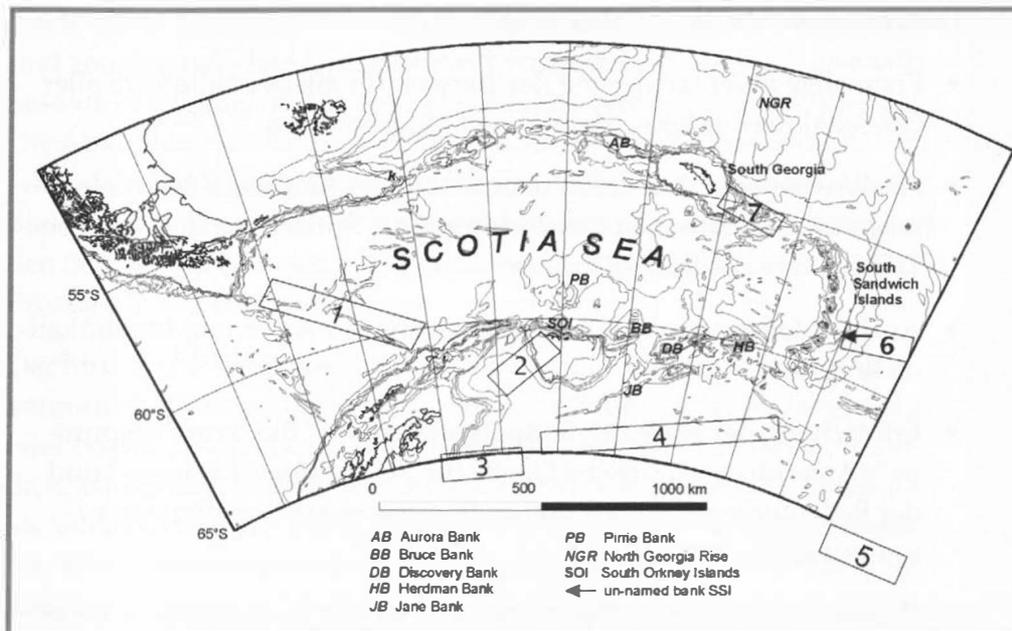


Abb. 3: Untersuchungsgebiete von ANDEEP im Bereich des Scotia Bogens (Karte: John Howe, Oban, UK)

Untersuchungs-Region 4 wurde gewählt, da die Zusammensetzung der Tiefseefauna des Weddellmeeres unbekannt ist. Informationen über Tiefseegemeinschaften in dieser Region können helfen der Frage nachzugehen, ob es im südlichen Atlantischen Ozean latitudinale Gradienten in der Artenzusammensetzung und Biodiversität der Taxa gibt.

Untersuchungs-Region 6 nahe der Süd Sandwich Inseln ist sehr interessant, da diese Region bereits früher von russischen Expeditionen beprobt wurde. Diese Region bietet außerdem die Möglichkeit Gemeinschaften zu untersuchen, welche in tektonisch aktiven Regionen in der Tiefsee siedeln und diese Besiedlungsmuster zu vergleichen mit denen aus den inaktiven Regionen der Tiefseeebenen.

Untersuchungs-Region 5 liegt vor Kapp Norvegia, einer Region, in der die Schelffauna gut untersucht ist. Wie in Regionen 2, 3 und 7 bietet eine Untersuchung dieser Region die Möglichkeit Veränderungen in der faunistischen Zusammensetzung vom Schelf bis in die Tiefsee nachzuweisen.

ANDEEP = Antarctic benthic DEEP-Sea biodiversity: colonisation history and recent community patterns. Es handelt sich hierbei um ein internationales und interdisziplinäres Projekt (Geologie, Sedimentologie, sowie hauptsächlich Biologie) mit Beteiligung aus 13 Nationen, das mit dem Forschungsschiff Polarstern auf zwei Fahrtabschnitten im Südsommer 2002 durchgeführt wurde. Diese Expedition ist Howard Sanders gewidmet.

*Forschungsziele*

Forschungsziele von ANDEEP sind:

- Erstmalige Inventarisierung der Tierwelt für ausgewählte Taxa aller Größenklassen (Meio-, Makro-, und Megabenthos)
- Analyse der evolutionären Prozesse und des Einflusses der geologischen und klimatischen Geschichte auf die Entstehung der rezenten Tiefseefauna des Südpolarmeeres
- Analyse der genetischen Regionalisierung der Arten und Identifikation kryptischer Arten
- Erforschung der Rolle des Südpolarmeeres als "Biodiversitätspumpe" (Antarktis als mögliche Quelle für Taxa anderer Regionen) und der Bedeutung des Antarktischen Bodenwassers für Submergenz- und Ausbreitungsprozesse
- Erfassung der Austauschprozesse der Tierwelt zwischen Schelf, Tiefsee des Südpolarmeeres und der benachbarten Tiefseebecken
- Biogeographische Charakterisierung des südpolaren Abyssals
- Analyse der Abhängigkeit der Besiedlung von Umweltparametern

*Tiefseebiologie*

Moderne Tiefseebiologie begann in den frühen sechziger Jahren, als Howard Sanders und Mitarbeiter auf der Grundlage erster feinmaschiger Epibenthoschlittenfänge postulierten, dass die Artendiversität mit der Tiefe zunimmt, die Dichte und Biomasse der Organismen jedoch abnimmt (z.B. Sanders et al., 1965; Sanders & Hessler, 1969). Seitdem war das Bestreben, die Muster der Verteilung der Tiefseeorganismen zu beschreiben, eines der Hauptziele der biologischen Tiefseeforschung. Auf einer regionalen räumlichen Scala (z. B. Ozeanbecken weit) konnte nachgewiesen werden, dass die Biodiversität sehr stark durch ökologische Faktoren, wie z. B. den Kohlenstofffluss, Sauerstoffkonzentration des Bodenwassers, Strömungsregime und Sedimenttyp, beeinflusst wird (Levin et al., 2001). Es gibt jedoch auch Hinweise darauf, dass Muster in der Biodiversität von Taxa auch auf größeren (globalen) Skalen existieren. Dieses wird insbesondere im Zusammenhang mit der Abnahme der Biodiversität von den Tropen zu den Polen diskutiert (latitudinale Gradienten) (Poore & Wilson, 1993; Rex et al., 1993; Thomas & Gooday, 1996; Rex, 1997; Culver & Buzas, 2000). Nach der Aufarbeitung der Proben von ANDEEP I und ANDEEP II, wird es zum ersten Mal möglich sein, Daten zu vergleichen und zu diskutieren, die die Biodiversität eines Taxons (marine Asseln) beschreiben, welche mit dem gleichen Gerät unter standardisiertem Geräteeinsatz in der Tiefsee verschiedener atlantischer Regionen gewonnen wurden (Brandt & Barthel, 1995), aus dem Europäischen Nordmeer (Brandt, 1995, 1997; Brandt et al., 1996) und von dem Antarktischen Kontinentalhang sowie der Tiefsee des Südpolarmeeres.

Biodiversitätsanalysen im Südpolarmeer, die auf evolutionsbiologischen und zoogeografischen Untersuchungen basieren, sind jedoch ebenfalls besonders wichtig, da das antarktische Ökosystem ein hohes Alter hat. Die Abkühlung des Südpolarmeeres wird auf mindestens 35 Millionen Jahre datiert (Oligozän) (Clarke & Crame, 1992). Aufgrund des Alters dieses Ökosystems stand den Organismen im Südpolarmeer, besonders den Schelforganismen, ein langer Zeitraum für evolutionsbiologische Prozesse zur Verfügung.

Der historische Hintergrund der Entstehung des Südpolarmeeres ist vermutlich die Grundlage für die adaptive Radiation vieler benthischer oder benthopelagischer Taxa (z.B. Notothenioidei, Amphipoda, Isopoda, Gastropoda). Watling & Thurston (1989) beschrieben die Antarktis als 'evolutionary incubator' für die Amphipodenfamilie Iphimediidae. Die Radiationsprozesse sowie die lange Zeitdauer der Evolution in der Isolation erklären vermutlich die hohen Endemismusgrade einiger Taxa, wie den der Schwämme oder Asseln, welche fast 90% erreichen. Dieses Phänomen ist bisher jedoch nur für die Schelffauna beschrieben worden. Ob es auch für die im Südpolarmeer nachgewiesenen bodenlebenden Tiefseeorganismen zutrifft, bleibt zu klären. Für die Amphipodenfamilie Epimeriidae konnte mittels molekulargenetischer Methoden die Radiation der Schelfarten auf die Zeit zwischen 3.8-5.2 Millionen Jahren datiert werden (Lörz, persönliche Mitteilung). Die Entstehungsgeschichte verwandter Tiefseearten ist bisher unbekannt. Die Auswertung der ANDEEP-Expeditionen wird einige dieser Fragen zu klären helfen.

Das ANDEEP-Steering Komitee setzt sich aus den folgenden Wissenschaftlern zusammen (in alphabetischer Reihenfolge):

Angelika Brandt<sup>1</sup>, Claude de Broyer<sup>2</sup>, Andrew J. Gooday<sup>3</sup>, Brigitte Hilbig<sup>1</sup> & Michael R.A. Thomson<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Zoological Institute and Zoological Museum, Martin-Luther-King-Platz 3, 20146 Hamburg, Germany; <sup>2</sup> Institute Royal des Sciences Naturelles de Belgique, Rue Vautier 29, 1040 Bruxelles, Belgium; <sup>3</sup> Southampton Oceanographic Centre, Empress Dock, Southampton SO14 3HZ, UK; <sup>4</sup> ehemals British Antarctic Survey, High Cross, Madingley Road, Cambridge CB3 0ET, UK.

*Literatur*

- Brandt, A., 1995. Peracarid fauna (Crustacea, Malacostraca) of the northeast water polynya off Greenland: documenting close benthic-pelagic coupling in the Westwind Trough. *Marine Ecology Progress Series* 121: 39-51.
- Brandt, A., 1997. Biodiversity of peracarid crustaceans (Malacostraca) from the shelf down to the deep Arctic Oceans. *Biodiversity and Conservation* 6: 1533-1556.
- Brandt, A. and Barthel, D., 1995. An improved supra- and epibenthic sledge for catching Peracarida (Crustacea, Malacostraca). *Ophelia* 43 (1): 15-23.
- 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. 2000. Hypotheses on Southern Ocean peracarid evolution and radiation (Crustacea, Malacostraca). *Antarctic Science* 12 (3): 269-275.
- Clarke, A. and Crame, J.A., 1992. The Southern Ocean benthic fauna and climate change: a historical perspective. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B* 338: 299-309.
- Culver, S.J. and Buzas, M.A., 2000. Global latitudinal species diversity gradient in deep-sea benthic foraminifera. *Deep-Sea Research*
- Etter, R.J., Mullineaux, L.S., 2000. Deep-sea communities. In: M.D. Bertness, S. Gaines, M. Hay (Eds) *Marine Ecology*, Sinauer, Sunderland, MA, pp. 367-393.
- Goodell, H. G., and others. 1973. Marine sediments of the Southern Oceans. *Antarctic Map Folio Series. Folio 17*, American Geophysical Union, Washington, D.C., 1-18.
- Levin, L.A., Etter, R. J., Rex, M.A., Gooday, A.J., Smith, C. R., Pineda, J., Stuart, C.T., Hessler, R.R. and Pawson, D., 2001. Environmental influences on regional deep-sea species diversity. *Annual Review of Ecology and Systematics* 200, 32: 51-93.
- Poore, G.C.B. and Wilson, G.D.F., 1993. Marine species richness (with reply from R.M. May). *Nature* 361: 597-598.
- Rex, M.A., 1997. An oblique slant on deep-sea biodiversity. *Nature* 385: 577-578.
- Rex, M.A., Stuart, C.T., Hessler, R.R., Allen, J.A., Sanders, H.L. and Wilson, G.D.F., 1993. Global-scale latitudinal patterns of species diversity in the deep-sea benthos. *Nature* 365: 636-639.

Sanders, H.L. and Hessler, R.R., 1969. Diversity and composition of abyssal benthos. *Science* 166: 1033–1034.

Sanders, H.L., Hessler, R.R. and Hampson, G.R., 1965. An introduction to the study of deep-sea benthic faunal assemblages along the Gay Head-Bermuda transect. *Deep-Sea Research* 12: 845–867.

Watling, L. and Thurston, M.H., 1989. Antarctica as an evolutionary incubator: evidence from the cladistic biogeography of the amphipod family Iphimediidae. Pp. 297-313 in Crame, J.A. (ed.), *Origins and evolution of the Antarctic biota*. Geological Society Special Publication 47.

Thomas, E., and Gooday, A.J., 1996. Cenozoic deep-sea benthic foraminifers: Tracers for changes in oceanic productivity? *Geology* 24: 355-358.

