

DAS MEEREIS ALS LEBENSRAUM

Gotthilf Hempel 1990

Alfred-Wegener-Institut
für Polar- und Meeresforschung
Bremerhaven

1. Einleitung

Wenige Schiffe sind in früheren Jahrzehnten tief ins antarktische Meereis vorgedrungen, die mußten mit ihm driften. Erst in diesem Jahrzehnt gab es umfangreiche biologische Meereisuntersuchungen, u.a. im Rahmen von MIZEX in der Grönland-See und während der USA/UdSSR Expedition der "Somov" im nördlichen Weddellmeer. Mehrere Studien beschäftigten sich mit der Besiedlung des Festeises bei McMurdo und Syowa und mit dem Treibeis im Bereich der Antarktischen Halbinsel (Palmisano, Sullivan 1983, Hoshiai 1977). Die wichtigsten Ergebnisse lieferte FS "Polarstern" ab 1983, vor allem während der Winterreisen WWSP '86 und EPOS I 1988. Die folgenden Ausführungen beziehen sich vor allem auf diese Weddellmeer-Expeditionen (Schnack-Schiel 1987, I. Hempel 1989).

2. Ausdehnung und Zonierung des antarktischen Meereises

Am Ende des Winters ist mehr als die Hälfte des Südpolarmeeres südlich der Antarktischen Konvergenz vom Meereis bedeckt (20 -22 Mio km²), im Sommer schrumpft die Eisdecke auf 4 - 6 Mio km².

Das Gebiet zwischen den Meereisgrenzen im Spätwinter und Spätsommer wird als Saisonale Meereiszone bezeichnet. An sie schließt sich südlich die Permanente Packeiszone an. Die sommerliche und winterliche Meereisgrenze und damit die Breite der Saisonalen Meereiszone schwanken stark von Jahr zu Jahr. Im Weddellmeer liegt das größte zusammenhängende Gebiet perennierenden Packeises der Antarktis.

Der Weddellwirbel hält die Eismassen zusammen. Kilometergroße, mehrjährige Schollen reißen durch Scherkräfte gelegentlich auseinander, an den Rissen und Nahtstellen bilden sich breite überfrierende Waken und andererseits Preßeisrücken. Im Norden geraten die Schollen unter den Einfluß der Dünung, zerbrechen mosaikartig, so daß sich ein Netz kurzlebiger schmaler Rinnen bildet. Erst nahe dem Eisrand zermahlt der Seegang die Schollen, besonders die jungen und stark angeschmolzenen. Die Winddrift verteilt schließlich die Bruchstücke im offenen Wasser als Eisstreifen.

3. Genese und Struktur des Meereises

Meereis kann sich auf zweierlei Weise bilden:

- Im turbulenten Wasser bilden sich kleine Eiskristalle (Körnchen- oder Frazilteis), die sich zu sog. Pfannkuchen zusammenschließen. Anfangs ist das Dickenwachstum sehr schnell (bis 10 cm/d). Die Pfannkuchen wachsen zusammen und überschieben sich zu dicken Schollen, an den Stoßrändern entstehen Wülste und schließlich bei großen Schollen Preßeisrücken (Lange et al. 1989).
- Im ruhigen Wasser (Waken, Schelfeisbuchten) bilden sich glasplattenartige Eisflächen (Nilas), deren Kristallstruktur säulenförmig ist. Säuleneis wächst nach anfangs schnellem Überziehen der Wasserfläche nur langsam (1 cm/d). Eine starke Überschiebung der Platten läßt immer von neuem offene Flächen entstehen, die zu weiterer Eisbildung anregen. (Abb. 1).

Das Meereis des Weddellmeeres ist fast überall ein Konglomerat aus Körnchen- und Säuleneis, oft mehrfach geschichtet durch Überschiebungen (Eicken, Lange 1989). Mehrjähriges Eis legt im Herbst zuerst Körnchen- und im Winter Säuleneis an. Durch Ausfrieren der Lake entstehen senkrechte Kanäle, die sich bei großer Kälte schließen und beim Tauen zu breiten Lakunen erweitern, es entsteht eine Schwammstruktur, besonders an der Unterseite und an der Grenzfläche zwischen dem Eis und der Schneeauflage.

Starke Schneelast drückt die Schollen immer tiefer ins Wasser, die unterste Schicht der Schneedecke wird vom Meerwasser durchnäßt (Infiltrationsschicht). Bei Tauwetter entstehen auf den Schollen Schneematsch und Pfützen - besonders ausgeprägt in der Arktis (Maykut 1985). Sie werden z.T. mit typisch limnischen Mikroorganismen besiedelt (Grau 1904, Nansen 1906).

Die Beleuchtungsverhältnisse im Meereis sind sehr unterschiedlich. Eine dicke Schneedecke verhindert praktisch den Lichteinfall. Dagegen leiten aufrechte und schräggestellte Platten und Laugenkanäle das Licht nach unten, so daß stellenweise viel Licht an die Unterseite des Eises gelangt. Der Wechsel zwischen Waken- und Neueisbildung bedingt starke Schwankungen im lokalen Lichtklima der Wassersäule.

4. Leben in der Wassersäule und am Boden

Die Wassersäule zwischen Meereis und Meeresboden ist außerordentlich klar (40 - 79 m Secchi-Tiefe), nur in den obersten 5 m unter dem Eis liegt eine leichte Trübungswolke, hier beobachtete das ROV auch Copepoden. Unter dickem Packeis ist auch im Frühjahr das Wasser sehr arm an Phytoplankton. Hier fanden sich nur wenige pennate Diatomeen (aus dem Eis), leere Diatomeenschalen und Detritus ($<0.1 \mu\text{g Chl. a/l}$). Zum Eisrand hin nahm das Phytoplankton auf $1 \mu\text{g Chl a/l}$ zu. Vor dem Eisrand wurden Blüten um $5 \mu\text{g Chl a/l}$ mit typisch pelagischen zentrischen Diatomeen festgestellt.

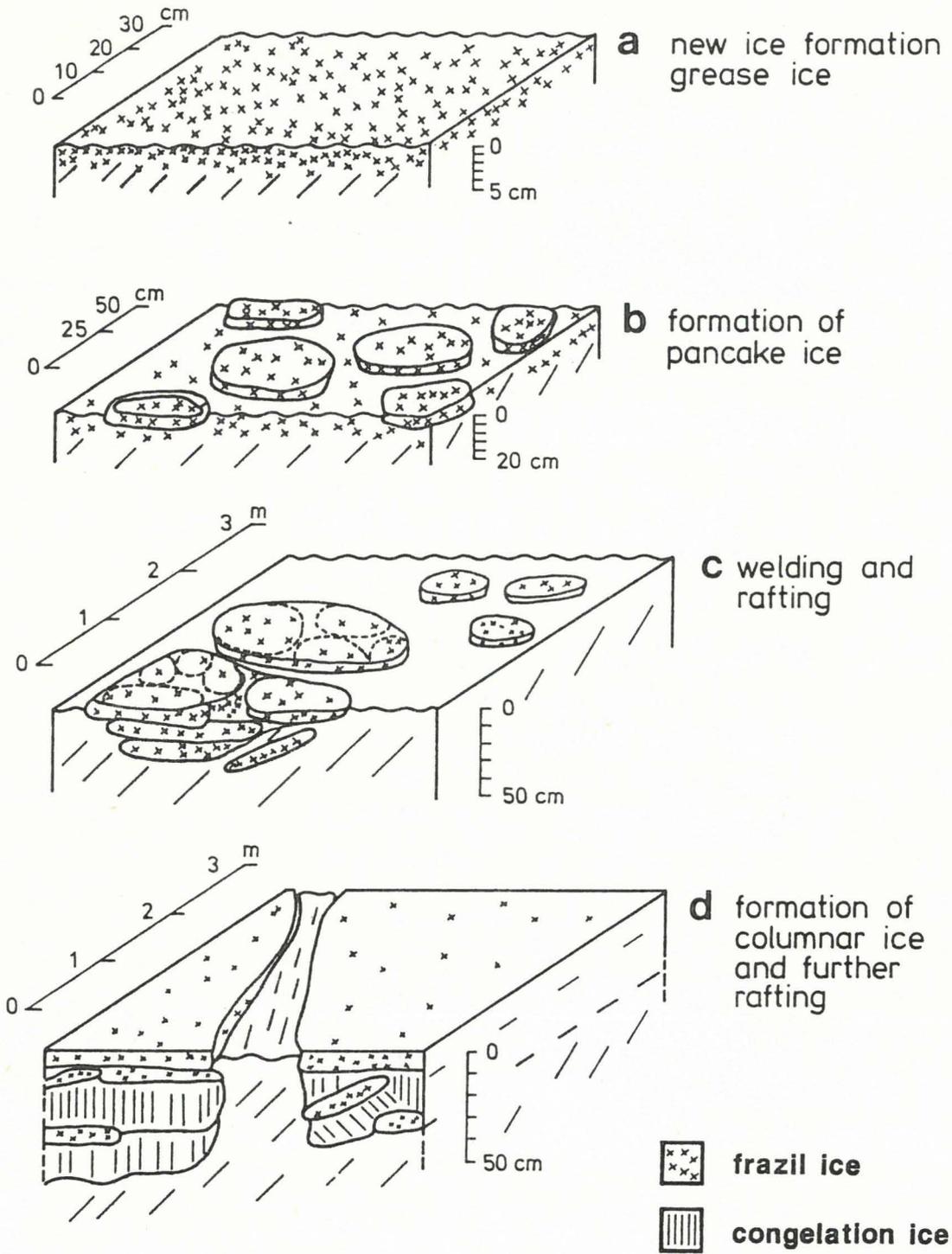


Abb. 1 Bildung von Meereis (aus Spindler 1990)

Zooplankton unter dem Eis ist reich an Arten, aber schlecht ernährt. Copepoden sind im Winter in obersten 300 m sehr selten, im Sommer treten dagegen viele Copepoden in Oberflächennähe auf.

Der Meeresboden ist reich besiedelt, überwiegend mit Suspensionsfressern, die auf gelegentliches Futterangebot warten.

5. Eisalgen

Einzellige Eisalgen, meist pennate Diatomeen wie am Meeresboden von Flachwassergebieten und in geringer Zahl autotrophe Flagellaten, sind die wichtigsten Primärproduzenten der Meereisgebiete. Sie kommen in verschiedenen Gemeinschaften vor (Horner 1985, Horner et al. 1988):

Als braune Flecken (in der Arktis als lange Bärte) an der Unterseite von Jungeis bis 50 cm Dicke, in Schmelzkavernen und an lichtdurchlässigen gekippten Schollen. Zweijähriges Eis ist dagegen unten kahl.

Als Braunwasser im Frazilbrei - meist unter Festeis.

Als interne Lebensgemeinschaft im einjährigen Eis.

Als braune Bänder im mehrjährigen Eis. Diese Algen sind Zeugen der Produktion des vorjährigen Sommers.

Als bräunliche Infiltrationsschicht an der Schnee-/Eisgrenze mit von außen nach innen schnell abnehmenden Algenkonzentrationen.

Die Gesamtproduktion der Eisalgen ist schwer abzuschätzen (Angaben schwanken zwischen 0 und 20% der Gesamtproduktion des südlichen Ozeans), angesichts der hohen Chlorophyllkonzentration ist sie sicher sehr beträchtlich, besonders im Frühjahr. Beim Abtauen fallen plötzlich große Mengen Algen an, z.T. wahrscheinlich als Phytoplankton weiterlebend, vielfach als Klümpchen zum Boden absinkend, wo sie dem Benthos als Nahrung dienen (Spindler 1990).

6. Die Laugenkanäle

Die Laugenkanäle sind ökologisch dem Sandlückensystem des Meeresbodens ähnlich. Hier lebt eine z.T. benthische, z.T. planktische Fauna von Foraminiferen, Ciliaten und Zooflagellaten, aber auch Rotatorien, Nematoden, Turbellarien, Polychaeten, Amphipoden und harpacticoide und cyclopoide Copepoden sowie Fischlarven kommen vor (Carey 1985).

In den weiten Schmelzlakunen wachsen dicke Bakterienrasen vergesellschaftet mit Diatomeen. Dementsprechend sind Phosphat und Nitrat verarmt - aber Ammoniak angereichert. Je älter das Eis, umso höher die Bakteriendichte. Daher nimmt die Bakterienflora im Packeis nach Süden zu. Auch niedere Pilze besiedeln das Meereis.

Die biologische Untersuchung der Eisbiota ist sehr schwierig. Das Auftauen von Eiskernen und -brocken ist meist tödlich (Garrison, Buck 1985). Schonender ist das Abpumpen der Lauge. Die Konzentrationen der Organismen liegen meist 1-3 Zehnerpotenzen über den Freiwasserwerten, bis zu 2000 µg Chl a/l mit geographisch und saisonal stark schwankenden Zahlen (Spindler et al. 1990).

Laborversuche zeigten Anpassungen an die hohen Salzgehalte und niedrigen Temperaturen in den Lösungskanälen. Diatomeen wachsen noch bei -4°C und 80‰ S und überdauern mehrere Wochen -8°C, ohne Schaden zu nehmen (Bartsch 1985). Foraminiferen ertragen gut 50-80‰ S.

7. Krill als Teil des Meereis-Systems

Netzfänge vermitteln den Eindruck, daß Krill die Meereiszone vermeidet. Dies stimmt zwar für die Wassersäule, nicht aber für das Eis selbst. Beim Eisbrechen wurde Krill überall auf die Eisschollen geworfen, allerdings vor allem in der Eisrandzone. Taucherbeobachtungen und -fänge und Videobeobachtungen mit Hilfe eines unbemannten Tauchbootes (ROV) lieferten Detailangaben über die Verbreitung des Krill: Unterseite von Preßeisrücken und junge Schollen mit Algenflecken werden bevorzugt. Ferner fanden sich hohe Krillkonzentrationen teilweise in Laugentaschen und Schmelzhöhlen innerhalb der Schollen und in der aufgeweichten Infiltrationsschicht. Unter altem dicken Eis wurde nur wenig Krill angetroffen. Abends und nachts wanderte der Krill teilweise ins freie Wasser dicht unter dem Eis. Im Frühjahr kommt es dabei zur Bildung kleiner Schwärme als Übergang zu freier Lebensweise.

Der Krill weidet sehr intensiv die Algenrasen ab, lebt aber auch carnivor und kannibalistisch. Die Weidetätigkeit des Krill im Winter und Frühjahr unter dem Eis ist wahrscheinlich ein lebenswichtiges Element in der Nahrungsökologie des Krill. Sie ergänzt das sommerliche Filtrieren (Marschall 1988).

8. Meereis als Habitat für Warmblüter

Die Polargebiete sind gekennzeichnet durch hohe Bestände an Warmblütern. Für die Wale bietet das Meereis die Gefahr von der Luft abgeschnitten zu werden, daher meiden die meisten Warmblüter das Packeis. Andererseits ist das Packeis Ruhe- und Geburtsplatz für Krabbenfresserrobben und Seeleoparden. Dank des Krill und anderer Eisfauna ist das Meereis auch Nahrungsraum für Adeliepinguine und Krabbenfresserrobben sowie nahe der Schelfeiskante für die auf dem Festeis sich fortpflanzenden Kaiserpinguine und Weddellrobben.

9. Ökologische Charakterisierung des Meereises und Ausblick

- a) Das Meereis behindert die im freien Wasser unter seiner Decke lebenden Organismen (geringe Produktion, Hungerformen). Der Meeresboden ist dagegen gut besiedelt mit genügsamen Formen, die sich von gelegentlichem Detritus-Regen und re-suspendiertem organischem Material ernähren.

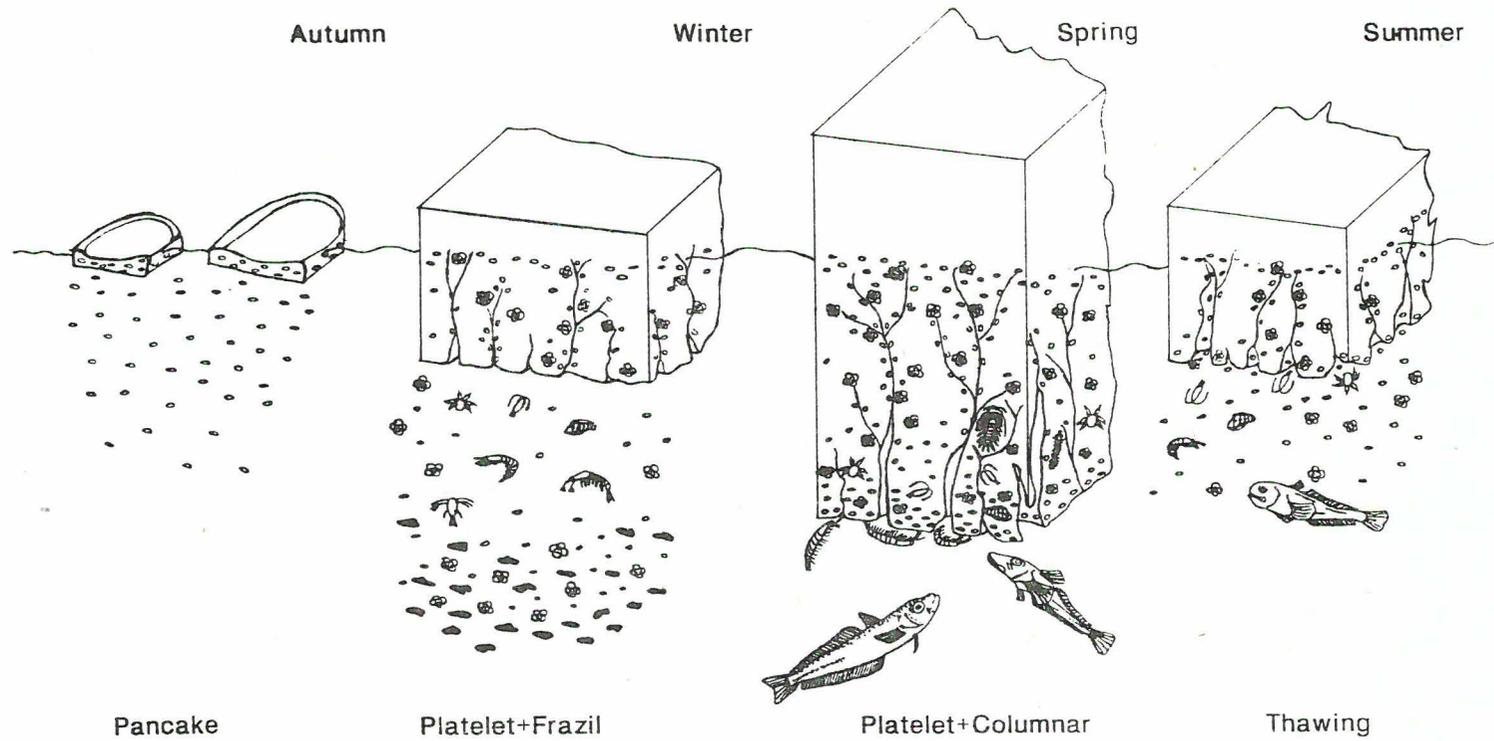


Abb. 2 Aufbau und Vergehen der Meereisgemeinschaft im östlichen Weddellmeer von Herbst bis Frühsommer (aus Spindler 1990).

- b) Das Meereis selbst ist ein günstiger Lebensraum für festsitzende, kriechende oder schreitende Organismen, die hier in hoher Zahl leben und gut produzieren. Die Eisgemeinschaft ist räumlich inhomogen und zeigt starke zeitliche Sukzessionen.
- c) Da das Meereis in der Antarktis größtenteils weniger als ein Jahr besteht, ist die Besiedlung kurzlebig. (Abb. 2). Damit hängt wohl zusammen, daß die meisten Formen nicht eng (stenök) angepaßt sind.

Die Meereiszone ist von wesentlicher Bedeutung im globalen Klimageschehen und CO₂-Haushalt. In den nächsten Jahren werden daher biologische Meereisstudien im Rahmen des Internationalen Geosphäre-Biosphäre-Programmes und der Joint Global Ocean Flux Study eine große Rolle spielen. Die deutsche Polarforschung hat hier dank "Polarstern" eine führende Stellung.

Durch eigene Arbeiten und durch die Bereitstellung der Forschungsmöglichkeiten von FS "Polarstern" für Wissenschaftler aller Länder - auch DDR-Wissenschaftler hatten wir zu EPOS eingeladen -, versucht das Alfred-Wegener-Institut hierzu einen wesentlichen Beitrag zu leisten. Gegenwärtig operiert FS "Polarstern" gemeinsam mit "Akademik Fedorov" im Weddellmeer und untersucht u.a. die Entwicklung der Eislebensgemeinschaften im Winter.

Literatur

- Bartsch A. (1985). Die Eisalgenflora des Weddellmeeres (Antarktis): Artenzusammensetzung und Biomasse sowie Ökophysiologie ausgewählter Arten. Ber. Polarforsch. 63, 1-110.
- Carey AG. (1985). Marine ice fauna: Arctic. In: Sea Ice Biota. R.A. Horner (ed). CRC Press, Inc. Boca Raton, Florida, pp 173-190.
- Eicken H., Lange M.A. (1989). Development and properties of sea ice in the coastal regime of the southeastern Weddell Sea. J. Geophys. Res. 94, 8193-8206.
- Gran H.H. (1904). Diatomacea from the ice-floes and plankton of the Arctic Ocean. In: F. Nansen, Norwegian North Polar Expedition, 1893-1896. Scient. Results Norw. N.Polar Exped. 4,3 - 74.
- Garrison D.O., Buck K.R. (1986). Organism losses during ice melting: A serious bias in sea ice community studies. Polar Biol. 6:237-239.
- Hempel I. (ed) (1989). The Expedition Antarktis VII/1 and 2 (EPOS 1) of RV "Polarstern" in 1988/89. Ber. Polarforsch. 62, 1-185
- Horner R.A. (1985). Sea Ice biota. CRC Press, Inc., Boca Raton, Florida, 215 pp.

- Horner R.A., Syvertsen E.E., Thomas D.P., Lange C. (1988). Proposed terminology and reporting units for sea ice algal assemblages. *Polar Biol.* 8:249-253.
- Hoshiqi T. (1977). Seasonal change of ice communities in the sea ice near Syowa Station, Antarctica. In: *Polar Oceans*, Dunbar M.J. (ed.) 307-317.
- Lange M.A., Ackley S.F., Wadhams P., Dieckmann G.S., Eicken H. (1989). Development of sea ice in the Weddell Sea, Antarctica. *Annals Glaciol.* 12, 92-96.
- Marschall H.P. (1988). The overwintering strategy of Antarctic krill under the pack-ice of the Weddell Sea. *Polar Biol.* 9, 129-135.
- Maykut G.A. (1985). The ice environment. In: *Sea Ice Biota*. Horner R.A. (ed). CRC press, Inc., Boca Raton, Florida. 21-82.
- Nansen R. (1906). Protozoa from the ice-floes of the North Polar Sea. In: *Norwegian North Polar Expedition, 1893-1896*. Nansen F., (ed). *Sci.Res. Norw. N. Polar Exp.* 5, 1-22.
- Palmisano A.C., Sullivan C.W. (1983). Sea ice univobial communities (SIMCO)I. Distribution, abundance, and primary production of ice microalgae in McMurdo Sound, Antarctica in 1980. *Polar Biology* 2, 171-177.
- Schnack-Schiel S. (ed) (1987). Die Winter-Expedition mit FS "Polarstern" in die Antarktis (ANT V/1 - 3), *Ber. Polarforsch.* 39, 1-259.
- Spindler M. (1990). A comparison of Arctic and Antarctic sea ice and the effects of different properties on sea ice biota. *Proc. Workshop Geologic History of Polar Oceans*.
- Spindler M., Dieckmann G.S., Lange M.A. (1990). Seasonal and geographic variations in sea ice community structure of the Weddell Sea, Antarctica. *Proceedings of the Fifth Symposium on Antarctic Biology*, Springer, Heidelberg.