

Jürgen Lenz, Institut für Meereskunde an der Universität Kiel,
Abteilung Marine Planktologie

Planktologische Untersuchungen am Eisrand und im Treibeis der Arktis

Auf der Basis wirtschaftlicher und politischer Interessen haben ähnlich wie in der Antarktis auch in der Arktis die Forschungsaktivitäten in den letzten 10 Jahren sehr stark zugenommen. Im Vordergrund stehen die Prospektion und Ausbeutung von fossilen Brennstoffen, vor allem von Öl, aber auch der Ausbau der militärischen Sicherheit. Denn in der Arktis stehen sich die beiden großen Machtblöcke, USA und Sowjetunion, am nächsten gegenüber. Man hat wohl auch bald erkannt, daß die sogenannte angewandte Forschung in diesem nur unzureichend bekannten Terrain einer massiven Unterstützung durch die Grundlagenforschung bedurfte.

Vor diesem Hintergrund wurde Anfang der 80er Jahre von den USA das Forschungsprogramm MIZEX ins Leben gerufen und zu einem internationalen Vorhaben erklärt. MIZEX ist das Acronym für 'Marginal Ice Zone Experiment', die Erforschung der Eisrandzone. Entsprechend der beidseitigen Begrenzung des nordamerikanischen Einflußbereiches unterscheidet man zwischen MIZEX-EAST mit dem Aktivitätszentrum Ostgrönlandsee im Nordatlantik und MIZEX-WEST mit dem Bering Meer im Nordpazifik.

Der Schwerpunkt des MIZEX-Programms liegt auf der Erforschung der besonderen Verhältnisse am Eisrand, wo sich die physikalischen Eigenschaften der Meeresoberfläche durch den Übergang vom Wasser zum Eis schlagartig ändern. Sie üben damit einen großen Einfluß auf den Wärmehaushalt und die Zirkulation der Atmosphäre, die Bewegung der Wassermassen und auf auch biologische Vorgänge im Meer aus. So arbeiten hier Meteorologen, Glaziologen sowie physikalische, chemische und biologische Ozeanographen eng zusammen. Die Organisation des MIZEX-Programms liegt in den Händen des Office of Naval Research in den USA. Die amerikanische Marine ist dafür bekannt, daß sie ein weitgefächertes Programm der Grundlagenforschung im Meer fördert.

Mit dem Bau der 'Polarstern' bot sich für die Meeresforscher der Bundesrepublik die willkommene Gelegenheit, sich an dem neuen Arktis-Programm zu beteiligen. 'Polarstern' fiel auch gleich die Rolle des Flaggschiffes und der Kommandozentrale der bisherigen beiden MIZEX-Expeditionen zu. Sie wurden mit zahlreichen Forschungsschiffen und Flugzeugen in den zwei aufeinanderfolgenden Sommern 1983 und 1984 durchgeführt.

Das ausgewählte Expeditionsgebiet, die Framstraße, die zwischen Ostgrönland und Spitzbergen liegt, zeichnet sich in zweifacher Hinsicht vor anderen Polargebieten aus. Erstens ist hier das ganze Jahr über Eis anzutreffen. Zweitens sorgen zwei entgegengesetzte Stromsysteme für sehr unterschiedliche Verhältnisse auf beiden Seiten dieser rund 500 km breiten Meeresstraße, die die wichtigste Verbindung für den Wasseraustausch zwischen Nordpolarmeer und Atlantischem Ozean darstellt.

Im Grenzgebiet der Strömungen kann man auf einer Strecke von nur wenigen Meilen eine Zu- oder Abnahme der Oberflächentemperatur um bis zu 5 °C antreffen. Denn auf der Ostseite strömt warmes Nordatlantikwasser, das noch auf der Höhe von 80° N eine Temperatur von 4 °C aufweist - daher die weitgehende Eisfreiheit Westspitzbergens - nach Norden, wo es unter das eisbedeckte Oberflächenwasser des Polarmeeres abtaucht. Auf der Westseite der Framstraße dagegen transportiert der Ostgrönlandstrom die eiskalten Wassermassen des Polarmeeres mit riesigen Treibeisfeldern nach Süden. Die meist scharf ausgeprägte Grenzzone zwischen beiden Stromsystemen, die Polarfront, fällt häufig recht genau mit der Eiskante zusammen.

Die Eiskantenregion bietet nicht nur den Physikern wegen der scharfen Gegensätze ein hochinteressantes Forschungsfeld, sondern gibt auch den Biologen viele Rätsel auf. Das auffälligste Phänomen ist die hohe Produktivität der eisnahen Wassermassen. Das gilt sowohl für die Arktis als auch für die Antarktis. Hier tummeln sich die Rest-

bestände der von den Menschen über Jahrhunderte dezimierten Meeressäuger zusammen mit großen Scharen von Seevögeln. Kleine Fische und Planktonkrebse - vorwiegend Copepoden und Euphausiaceen (Krill) - bilden den Hauptbestandteil ihrer Nahrung. Die hohen Konzentrationen dieser kleinen Krebse - in der Framstraße handelt es sich hauptsächlich um Copepoden - gehen wiederum auf ein reiches Angebot an Phytoplankton zurück. Der Schlüssel für das Verständnis dieser Lebensfülle an der Eiskante liegt daher in der Planktonverteilung und den Produktionsbedingungen für diese kleinen Lebewesen.

Das Ziel unserer Arbeit besteht nun darin, die Ursachen und Mechanismen für diese auffallende Organismenkonzentration an der Eiskante aufzuklären. Dazu arbeiten wir mit zahlreichen Kollegen aus dem hiesigen Institut für Polarökologie, dem Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung, der Universität Hamburg, der Technischen Hochschule Aachen und befreundeten Biologen aus USA zusammen. Gleichzeitig hoffen wir dazu beizutragen, die noch recht bruchstückhaften Kenntnisse über das arktische Ökosystem zu vervollständigen.

Das spezielle Interesse der Kieler Planktologen - unsere Arbeitsgruppe umfaßt außer dem Verfasser zur Zeit die beiden Doktoranden K.-G. Barthel und R. Gradinger - richtete sich zunächst auf folgende zwei Themen: erstens auf die horizontale und vertikale Verbreitung der Planktonorganismen in Relation zu der Eisbedeckung und zu den vorherrschenden Wassermassen und zweitens auf den Energietransfer von den Primärproduzenten, den einzelligen Algen des Phytoplanktons, zu den in diesem Gebiet vorherrschenden Sekundärproduzenten, den herbivoren Copepoden.

Die erste Frage nach der Verteilung und Herkunft der Planktonorganismen gewinnt besonders in der Framstraße, die von zwei so verschiedenen Stromsystemen beherrscht wird, große Bedeutung. Denn die hydrographischen Verhältnisse üben einen starken Einfluß auf die jeweilige Artenzusammensetzung der Planktongemeinschaften aus. Das Artenspektrum kann seinerseits wiederum Auskunft über die Herkunft und den Vermischungsgrad der Wassermassen geben.

Von besonderem Interesse, da noch wenig erforscht, ist natürlich das Leben unter dem Eis und ebenso auch im Packeis mit seinen offenen Wasserflächen, den 'Leads' und 'Polynyas'. Die ersteren tragen den Charakter von Gräben und Kanälen zwischen den oft viele km großen Eisschollen, während die letzteren weite freie Wasserflächen bilden, die man mit Seen im Eis vergleichen kann.

Die zweite Frage nach dem Energietransfer zwischen den beiden ersten Nahrungsstufen soll zur Erklärung für die hohen Organismenkonzentrationen in der Eiskantenregion beitragen. Normalerweise verstreichen in den hohen Breiten mindestens mehrere Wochen, bis auf die Frühjahrsblüte des Phytoplanktons die Biomasse des Zooplanktons ihren Gipfel erreicht. Ein Teil des Phytoplanktons wird infolgedessen nicht genutzt und sinkt zu Boden. Dort kommt es den Tieren, die vom sedimentierten Material leben, zugute. Für die Zooplanktonkrebse beginnt auf dem Gipfel ihrer Entwicklung aber bereits die Nahrung knapp zu werden.

Unsere Arbeitshypothese ging daher zunächst von der Vorstellung aus, daß die zeitliche Versetzung der Planktonentwicklung in den Wassermassen des Ostgrönland- und Nordatlantikstromes bei ihrem Zusammentreffen, nämlich in der Eiskantenregion, zu einer effizienteren Energieübertragung von Phyto- zum Zooplankton führt, als es sonst der Fall ist. Denn in dem kalten Polarwasser setzt die Frühjahrsblüte des Phytoplanktons infolge der sich nur langsam verstärkenden Eisschmelze erst im Mai/Juni ein, während sich im warmen, eisfreien Nordatlantikwasser zu diesem Zeitpunkt die Zooplanktonpopulation bereits auf dem Höhepunkt ihrer Bestandsentwicklung befindet. In der Vermischungszone würde daher das Zooplankton in Form der unerwarteten Phytoplanktonblüte ein besonders reichliches Nahrungsangebot antreffen.

Ob diese These allerdings stimmt, ist durchaus fraglich. Denn es sind noch andere Mechanismen denkbar, die diese auffällige Anreicherung der Copepoden in der Eisrandzone erklären können. Die Tiere überwintern nämlich in größeren Tiefen, meist zwischen 500 - 1 000 m tief. Von dort steigen sie im Frühjahr in die algenreichen, oberflächennahen

Wasserschichten auf. Vielleicht bildet die Eisrandzone, unterstützt durch die dort besonders intensiven hydrographischen Vorgänge wie Auftriebsbewegungen und tiefgreifende Wirbelbildungen, eine bevorzugte Region für den Frühljahrsaufstieg der Copepoden. Die Lösung dieser Frage steht also noch aus.

Der Energietransfer von Phyto- zum Zooplankton wird mit Hilfe von Fütterungsexperimenten bestimmt. Den dominanten Copepodenarten wird die natürlich vorkommende Nahrungskonzentration angeboten. Aus der Freßrate, der Phyto- und Zooplanktonkonzentration im freien Wasser und Angaben über den Verwertungsgrad der aufgenommenen Nahrung kann man dann die Höhe des Energietransfers berechnen. Dieses Verfahren stellt natürlich eine starke Vereinfachung der wirklichen Verhältnisse dar, aber es liefert zumindest die richtige Größenordnung für den erwünschten Wert.

Die erste Bestandsaufnahme der Planktonverteilung in der Framstraße hat zwar im einzelnen ein recht kompliziertes, in den großen Linien aber doch gut deutbares Bild ergeben. Wie erwartet, traten die Biomasse-maxima überwiegend in der Eisrandregion auf. Hier findet sich auch die größte Artenzahl des Mikrozooplanktons, das sich im wesentlichen aus Ciliaten und Jugendstadien der Copepoden zusammensetzt. Deutlich ist auch, daß das Nordatlantikwasser einen größeren Artenreichtum als das arten- und individuenarme Polarwasser aufweist.

Ähnliche Unterschiede traten auch in der Phytoplanktonverteilung hervor. Die verschiedenen Phasen der jahreszeitlichen Entwicklung lassen sich klar erkennen. Unter dem Eis dauert der Winterzustand mit einer minimalen Biomasse und dem Vorherrschen sehr kleiner, heterotropher Flagellaten an. In einer großen Polynya auf dem ostgrönländischen Schelf hatte zu derselben Zeit Ende Juni/Anfang Juli die Frühljahrsblüte, die typischerweise aus neritischen (küstennahen) Diatomeenarten bestand, gerade ihren Höhepunkt überschritten. Die Phytoplanktonblüte in der Eiskantenregion setzte sich dagegen aus Hochseearten zusammen, die für die Zeit nach der Frühljahrsblüte charakteristisch sind.

Während die großen Copepodenarten eifrig den Phytoplanktonblüten zusprachen und die Weibchen zahlreiche Eier erzeugten, befanden sich die unter dem Eis angetroffenen Tiere noch in der Phase der tiefen Winterruhe, in der keine Nahrung aufgenommen wird. Die Eisbedeckung wirkt als Verlängerung der Polarnacht, und die unter Umständen erst im Hochsommer stärker einsetzende Eisschmelze bedeutet für die Planktonorganismen Frühjahrsbeginn. Eine interessante Frage, die noch näher bearbeitet werden muß, ist nun, wie sich die einzelnen Arten in ihrem Lebenszyklus auf eine solche Verschiebung der Jahreszeiten eingestellt haben.

Unsere zukünftige Arbeit erhält einen neuen Impuls durch die nächste 'Polarstern'-Reise im Sommer 1987 in die Framstraße. Zusammen mit der Mehrzahl der oben pauschal aufgeführten Kollegen soll ein biologisches Schwerpunktprogramm in der Eiskantenregion durchgeführt werden. Wir werden uns dann noch intensiver mit der Suche nach den Ursachen für die Organismenanreicherung beschäftigen. Vorgesehen ist eine ausführliche, engskalige Aufnahme der Frontenregionen, um Auftriebsvorgänge und die Auswirkungen von Wirbelbildungen auf die Planktonverteilung im Strömungsfeld besser erkennen zu können.

Ein weiterer Schwerpunkt, speziell für unsere Arbeitsgruppe, wird die Beschäftigung mit den Stoffwechselraten des Zooplanktons in verschiedenen Größenklassen sein, angefangen von den kleinen heterotrophen Flagellaten über das Mikrozooplankton bis hin zu den vergleichsweise großen Copepoden. Aus den Stoffwechselraten läßt sich, soweit sie unter möglichst natürlichen Bedingungen gemessen werden, gemäß physiologischer Gesetzmäßigkeiten ebenfalls die Produktionsrate abschätzen. Die ausgeschiedenen Stickstoff- und Phosphorverbindungen spielen als limitierende Nährstoffe eine große Rolle für die Aufrechterhaltung der Phytoplanktonproduktion.

Die Stoffwechsellmessungen werden von Fütterungsexperimenten begleitet. Sie sollen zeigen, ob die jeweils vorherrschenden Algenarten unterschiedslos gefressen werden oder ob die Zooplanktonarten eine Nahrungs-

selektion vornehmen, die sich dann unter Umständen negativ auf die Energietransferrate auswirken würde.

Die dargelegten Fragestellungen beleuchten nur einen kleinen Ausschnitt aus der Vielfalt der Lebensvorgänge und biologischen Prozesse, die sich hier trotz Eisbedeckung und extrem niedriger Wassertemperaturen erfolgreich vollziehen. Die Anpassungsmechanismen an diese Umwelt können besonders gut in einem Gebiet der großen Gegensätze, wie es die Framstraße darstellt, studiert werden.

Die Erforschung des arktischen Ökosystems ist vor dem Hintergrund bevorstehender ökonomischer Eingriffe mit negativen Einwirkungen dringend notwendig. Sie besitzt aber zugleich einen hohen Stellenwert in der reinen Grundlagenforschung. Denn viele grundsätzliche Probleme der Ökosystemforschung, wie zum Beispiel die Sukzession und Populationsdynamik der dominanten Arten und die Signale und Auslösemechanismen für das jahreszeitlich richtige Erscheinen der Arten usw., lassen sich bekanntlich wesentlich besser in einem artenarmen und extremen Umweltbedingungen ausgesetzten Lebensraum studieren als in einem lebensfreundlichen Klimagebiet mit einer unübersehbaren Artenfülle. Insofern haben terrestrische und marine Polarforschung viele Gemeinsamkeiten. Aber auch der Wüstenbiotop könnte als Vergleich dienen.

Die Arktisforschung bietet ferner die Möglichkeit, sehr interessante Vergleiche zu den entsprechenden Verhältnissen der Antarktis zu ziehen. Neben vielen Parallelerscheinungen gibt es aber auch eine Reihe von grundlegenden Unterschieden, deren Bedeutung erst aus dem Vergleich beider Ökosysteme richtig ersichtlich wird.

Zum Schluß sei betont, daß wir unsere Untersuchungen nur dank der großzügigen finanziellen Unterstützung der Deutschen Forschungsgemeinschaft und der aufopfernden logistischen Hilfestellung des Alfred-Wegener-Instituts für Polar- und Meeresforschung durchführen konnten. Wir möchten beiden Institutionen auch an dieser Stelle unseren Dank für die stetige Förderung aussprechen.