

Biodiversität rund um den Nordpol

Ein Zensus des Marinen Lebens in der Arktis

BODIL A. BLUHM | ROLF GRADINGER | FALK HÜTTMANN |
RUSS R. HOPCROFT | ANDREY GEBRUK | BORIS I. SIRENKO

Das Erdklima wandelt sich – was sich besonders dramatisch in der Arktis bemerkbar macht. Doch was lebt eigentlich alles im nördlichen Eismeer? Eine internationale Gruppe von Forschern hat sich zum Ziel gesetzt, der Unkenntnis über die marine Fauna und Flora in der Arktis ein Ende zu setzen. Seit dem Jahr 2004 stellen sie im Rahmen des Netzwerkes „Census of Marine Life“ (Zensus des Marinen Lebens) Bekanntes zusammen und versuchen, Unbekanntes zu ergründen.

Der „Census of Marine Life“ (CoML) ist ein weltweites Netzwerk von mehreren hundert Forschern aus über 80 Ländern, mit dem Ziel, die Vielfalt, Verteilung und Häufigkeit der marinen Organismen in den Weltmeeren abzuschätzen und zu erklären – und zwar für die Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft. Gesteuert von einer internationalen Wissenschaftlergruppe begann dieses Unterfangen im Jahr 2000 und wird 2010 enden. Das wahrlich gigantische Projekt reicht von den Tropen bis zu den Eismeer, von der Küste bis in die Tiefsee und umfasst das gesamte marine Leben von Bakterien bis zu Walen (Tabelle 1). Mehr über das Gesamtprojekt erfahren Sie im Internet unter www.coml.org.

Zeit, Arbeitskraft sowie finanzielle und technologische Mittel sind auch bei diesem ehrgeizigen Projekt begrenzt. Deshalb begann jedes Einzelprojekt mit der Klärung von drei Fragen: a) Was wissen wir?, b) Was können wir in zehn Jahren erreichen? und c) Was würden wir gerne wissen, aber ist nicht erforschbar? 16 Projekte und eine übergreifende Datenbank wurden gestartet, die auf das fokussieren, was wir mit heutigen modernen Methoden abschätzen und modellieren können.

Die drei zentralen Fragen von CoML lauten: Was lebte in den Weltmeeren (vor der Fischerei, vor dem Walfang und vor dem vom modernen Menschen beein-



ABB. 1 Das ArcOD-Logo zeigt die drei Lebensräume Meereis, Wassersäule und Meeresboden mit Beispielen typischer Fauna: Polardorsch, Qualle und Schlangensterne. Das Logo wurde von der Malerin Susan Farnham aus Fairbanks gestaltet.

flussten Klimawandel), was lebt heute in den Ozeanen – und was wird in der Zukunft in den Meeren leben? Ungewöhnlicherweise sind bei CoML auch Historiker eingebunden, die Quellen über die Verteilung von Meerestieren nutzen, welche die meisten Meeresforscher nicht zu Rate ziehen, beispielsweise Daten aus alten Restaurant-Speisekarten, Kirchenbücher, Steueraufkommen etc. So konnte beispielsweise der Verlauf der Anlandungen von Meeresfrüchten anhand von Preisen auf Speisekarten bis zum Beginn des 19. Jahrhunderts zurückverfolgt werden. Aus historischen und gegenwärtigen Trends werden wertvolle Schlüsse über die Zukunft mariner Populationen – insbesondere von kommerziellen Arten – gezogen.

Arctic Ocean Diversity (ArcOD) Was ist ArcOD?

Das Arctic Ocean Diversity (Diversität des arktischen Ozeans; Abbildung 1) Projekt ist ein Zusammenschluss von Wissenschaftlern aus sechs Nationen mit dem Ziel, die Biodiversität im arktischen Meereis, der Wassersäule und am Meeresboden von den Schelfmeeren bis in die tiefen zentralen Becken zu erfassen. Dabei wurden drei Schwerpunkte in den Vordergrund gestellt:

1. Bereits existierende Daten aus wissenschaftlichen Publikationen, Forschungsberichten, aber auch aus unveröffentlichten Notizen, werden zusammengetragen, in ein einheitliches Datenbank-Format gebracht und per Internet kostenlos verfügbar gemacht (siehe unten).
2. Bereits gesammelte Proben werden taxonomisch besser aufgearbeitet, zum Beispiel werden Proben,

die nur in grobe Gruppen sortiert waren, soweit möglich bis auf das Artniveau identifiziert.

3. Neue Sammlungen werden durchgeführt, die spezifische taxonomische, zeitliche und geografische Lücken füllen. Beispielsweise ist die Barentssee von Nord-Norwegen deutlich besser untersucht als die zentralen Becken der Arktis; das Crustaceen-Plankton ist besser bekannt als gelatinöses Plankton usw.. Mit diesem „Zensus“ sollen wissenschaftliche und angewandte Fragen besser beantwortet werden, zum Beispiel: Wie sieht das biologische Ausgangsinventar aus, gegen das Klimawandel, invasive Arten etc. operieren? Gibt es Biodiversitäts-Hotspots in der Arktis, und wenn ja, wo? Ist die Arktis wirklich verarmt an Arten, verglichen mit beispielsweise borealen und tropischen Meeresregionen? Was sind biogeografische Barrieren für die Verteilung von atlantischen, pazifischen, kosmopolitischen und arktisch-endemischen Arten? Wie hängen Produktivität, Nahrungsnetzstruktur und Biodiversität zusammen? Wie groß ist der Einfluss des Menschen in der Arktis bereits?

Wer ist ArcOD?

Am Anfang stand ein Planungstreffen, bei dem 28 Wissenschaftler im Sommer 2003 zusammenkamen und die Ansatzpunkte für ein solches Projekt diskutierten [8]. ArcOD begann offiziell im Juli 2004 mit seinem Hauptbüro an der University of Alaska Fairbanks (Abbildung 2). Weitere Zentren sind am P. P. Shirshov Institut in Moskau und am Zoologischen Institut in St. Petersburg in Russland. ArcOD wird von einer internationalen Wissenschaftlergruppe beraten, die einmal im Jahr zusammentrifft.

Über 40 Wissenschaftler, Techniker und Studenten in mehr als sechs Ländern tragen mit ihrer Arbeit und/oder ihren Daten zu den Zielen von ArcOD bei. Das Datenbankteam besteht aus einem GIS-Modellierungs- und Metadatenpezialisten, Programmierern und Assistenten für Dateneingabe und Qualitätsüberprüfung.

ArcOD, wie jedes andere CoML Projekt, erhält finanzielle Unterstützung von der amerikanischen Alfred P. Sloan Foundation für Projekt-Management, Arbeitstreffen und ähnliches. Die Förderung für neue Feldforschungs-Projekte, die den Zielen von ArcOD dienen, kommt von anderen nationalen oder internationalen Geldgebern. ArcOD betreibt recht intensive Öffentlichkeitsarbeit, beispielsweise durch Zeitungsartikel, Radio- und TV-Sendungen, öffentliche Vorträge, Arbeit mit Schulklassen etc. mit Unterstützung des CoML-Pressebüros am Office of Marine Programs an der University of Rhode Island. ArcOD arbeitet mit anderen CoML-Projekten zusammen, beispielsweise dem Zooplankton Zensus (CMarZ) und dem Antarktischen Zensus (CAML).

Wieviele Arten sind bekannt?

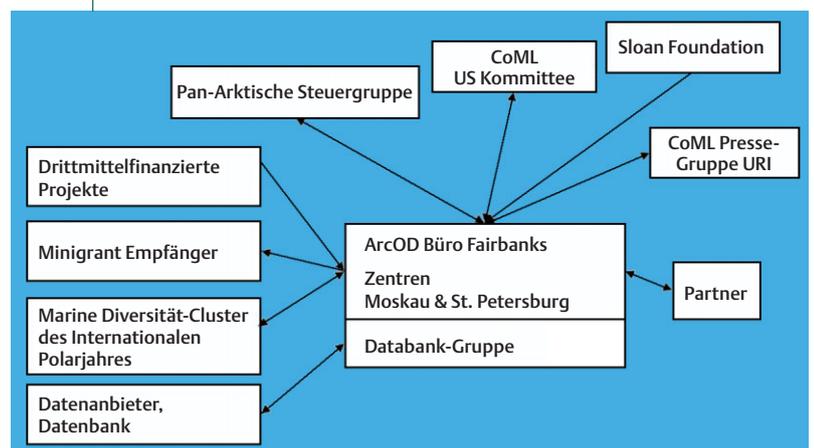
Folgt man der gegenwärtigen Diskussion über die Auswirkungen der weltweiten Erwärmung auf die arktische Meeresdecke, so wird die Arktis oft als eine weiße Wüste mit vereinzelt vorkommenden Eisbären dargestellt. Dieses Bild ist offensichtlich eine unzulässige Vereinfachung. Die besten Angaben über die tatsächliche marine Artenvielfalt stammen aus der relativ gut erforschten russischen Arktis, wo bereits allein die Zahl der freilebenden wirbellosen Arten auf derzeit knapp 5000 geschätzt wird [13]. 1994 kannte man noch 1000 Arten weniger (Tabelle 2). Der Artenreichtum an marinen Fischen inklusive anadromer Fische (Wanderfische, die zum Laichen vom Meer flussaufwärts schwimmen) liegt bei etwas mehr als 400 [2]. Im Reich der

TAB. 1
ÜBERSICHT ÜBER ALLE CENSUS OF MARINE LIFE-PROJEKTE

Name des Projektes	Lebensraum
Natural Geography in Shore Areas (NaGISA)	Menschenbeeinflusste Zone
Census of Coral Reefs (CReefs)	Menschenbeeinflusste Zone
Pacific Ocean Shelf Tracking (POST)	Menschenbeeinflusste Zone
Gulf of Maine Area Program (GOMA)	Menschenbeeinflusste Zone
Continental Margins Ecosystem (CoMargE)	Küstenferner Ozean
Census of Diversity of Abyssal Marine Life (CeDAMar)	Küstenferner Ozean
Census of Marine Zooplankton (CMarZ)	Zentrale Gewässer
Tagging of Pacific Pelagics (TOPP)	Zentrale Gewässer
Patterns and Processes of Ecosystems in the Northern Mid-Atlantic (MAR-ECO)	Zentrale Gewässer
Census of Seamounts (CenSeam)	Regionen mit besonderer Geologie
Biogeography of Chemosynthetic Ecosystems (ChEss)	Regionen mit besonderer Geologie
Arctic Ocean Diversity (ArcOD)	Eismeer
Census of Antarctic Marine Life (CAML)	Eismeer
International Census of Marine Microbes (ICOMM)	Mikrobielle Komponente der Meere
History of Marine Animal Populations (HMAP)	Übergreifend
Future of Marine Animal Populations (FMAP)	Übergreifend
Ocean Biogeographic Information System (OBIS)	Übergreifend

Verändert nach [11].

ABB. 2 | ORGANISATION VON ARCOD



TAB. 2

ANZAHL DER BEKANNTEN FREILEBENDEN WIRBELLOSEN ARTEN FÜR MEHRERE ARKTISCHE SCHELFMEERE

Referenz	Gesamt-Artenzahl der aufgeführten Meere	Weißes Meer	Barents-see	Kara-see	Laptew-see	Ost-Sibirische See	Tschuktschen-see
Zenkevitch 1963 [18]	Nicht angegeben	1015	1851	1432	522	Nicht angegeben	820
Sirenko & Piepenburg 1994 [14]	3746	1100	2500	1580	1337	962	946
Sirenko 2001 [13]	4784	1817	3245	1671	1472	1011	1168

Kleinstlebewesen existieren die besten Abschätzungen für Mikroalgen des Meereises und Planktons (über 400), wohingegen die Diversität der Bakterien und sonstiger Protisten noch nahezu unbekannt ist. Die Anzahl von Makroalgen wird auf circa 150 geschätzt [16]. 16 Arten von Robben und Walen nutzen die Arktis zumindest einige Monate im Jahr [7].

Der steile Anstieg in der Artenzahl der Wirbellosen in den vergangenen Jahrzehnten ist vor allem durch intensive Forschungsprogramme zu erklären, wie beispielsweise das langjährige russisch-deutsche Laptewsee-Programm. Diese Zunahme in der Anzahl bekannter arktischer Arten stellt die Annahme, dass in der Arktis weniger Arten vorkommen als in niedrigeren Breiten in Frage und zeigt sehr deutlich, dass wir noch entfernt davon sind, alle Arten zu kennen. ArcOD leistet hier seinen Beitrag zum Erkenntnisgewinn – so wurden seit 2004 mindestens 30 unbeschriebene Arten in der Arktis neu entdeckt, von denen etwa ein Drittel der-

zeit wissenschaftlich beschrieben wird. Für weitere 30 Arten wurde die bekannte Verbreitung erweitert, d.h. Arten, die bislang nur aus dem Atlantik oder Pazifik oder einem Teil der Arktis bekannt waren, wurden in (weiteren Teilen) der Arktis dokumentiert. Die Zahl der bedrohten oder verschwundenen Arten ist zur Zeit nicht bekannt.

Wozu ein Zensus in der Arktis?

Ein Zensus in der Arktis ist von besonderer Dringlichkeit aufgrund der Auswirkungen des globalen Klimawandels in dieser Region. Insbesondere die Veränderung im arktischen Meereisregime mit seinen assoziierten physikalischen Auswirkungen, beispielsweise im Wärmehaushalt der Arktis (und temperierten Regionen), im Albedo und im Lichtklima wird bereits weitreichende Folgen beispielsweise für die Primärproduktion haben.

Wärmeres Wasser könnte auch dazu führen, dass pazifische und atlantische Arten weiter nördlich existieren können. Einige ArcOD-Projekte dokumentierten bereits biologische Veränderungen in manchen Teilen der Arktis. Erweiterungen in der Verbreitung sind beispielsweise während einer Reise im Rahmen des RUSALCA Projektes (Russian-American Long-Term Census of The Arctic) 2004 für zwei Krabbenarten (*Oregonia gracilis*, *Thelmessus cheiragonus*), eine Muschel (*Pododesmus macrobisma*) und eine Käferschnecke (*Leptochiton assimilis*) in der Tschuktschensee nördlich der Beringstraße dokumentiert worden. Doch der unzureichende Kenntnisstand über das faunistische Inventar in vielen arktischen Regionen erschwert die Interpretation dieser Beobachtungen. Wurden diese Arten bislang aufgrund eines zu geringen Probenumfangs übersehen, oder sind sie tatsächlich neu eingewandert?

Andere Studien dokumentierten die Bestandsabnahme von benthischen Amphipoden der Familie Ampeliscidae in der nördlichen Beringsee mit eventuell weitreichenden ökologischen Folgen, da diese Krebstiere u.a. auch den Großteil der Nahrung von Grauwalen stellen.

Wen kümmert es, ob der eine oder andere Wurm vorkommt oder ob etwas weniger Krebse in der Arktis leben als früher? Solche faunistischen Änderungen können nützliche Anzeiger für Klimawandel sein. Außer-

MORPHOLOGISCHE UND MOLEKULARE TAXONOMIE

Taxonomie befasst sich mit der Klassifizierung von Organismen aufgrund ihrer verwandtschaftlichen Beziehungen in einem hierarchischen System. Das klassische System von Linné basiert auf der Morphologie, während die molekulare Taxonomie molekulare Sequenzen verwendet. Morphologische Artbeschreibung beinhaltet detaillierte Zeichnungen und eine genaue Beschreibung der Struktur und Form einer Art, sowie Vergleiche mit verwandten Arten; sie erfordert auch die Archivierung des Typenmaterials. In ihren Projekten haben Census of Marine Life (CoML)-Forscher bereits mehr als 5000 neue Arten entdeckt, von denen bisher circa 80 in wissenschaftlichen Zeitschriften beschrieben wurden. Die geringe Anzahl an erfahrenen und bezahlten Taxonomen weltweit führt dazu, dass weniger Arten wissenschaftlich beschrieben werden können, als international entdeckt werden. Seit einigen Jahren gibt es Bemühungen, weltweit alle Arten mit einem „Barcode of Life“ zu versehen, d. h. einer kurzen DNA-Sequenz von einer standardisierten und abgestimmten Position im Genom. In BIUZ 1/06, S. 40ff. ist ein ausführlicher Artikel zum Thema erschienen. Weitere Projekte versuchen, möglichst komplette Arten-Listen für bestimmte Regionen zu erstellen, um die marine Biodiversität mit Namen zu versehen.

dem sind bestimmte einwandernde Arten auch von Interesse für eine mögliche wirtschaftliche Nutzung, beispielsweise die Schneekrabbe (*Chionoecetes opilio*) und der Alaska-Seelachs (*Theragra chalcogramma*).

Neu einwandernde Arten, unter anderem auch Mitreisende im Ballastwasser von Schiffen, können toxische Algenblüten auslösen – eine mögliche Konsequenz von Temperaturanstieg und mehr Schifffahrt in einer bald wahrscheinlich während der Sommermonate eisfreien Arktis. Veränderungen im verfügbaren Nahrungsspektrum werden auch Auswirkungen auf höhere trophische Ebenen haben. Der amerikanische Ornithologe George Divoky stellte beispielsweise einen Rückgang des Bruterfolges der Gryllteiste (*Cepphus grylle*) auf einer kleinen Insel im Beaufort Meer fest. Ursache ist vermutlich die veränderte Verbreitung des wichtigsten Beutefisches – dem Polardorsch (*Boreogadus saida*) – aufgrund der sich zurückziehenden Eiskante. Außerdem dokumentierte Divoky erstmalig neu eingewanderte Seevögel, welche bisher nie in diesen Teilen der Hocharktis brüteten.

Drei Lebensräume: Meereis, Wassersäule, Meeresboden

Satellitenbeobachtungen im Zeitraum von 1979-2000 zeigten eine mittlere Ausdehnung des arktischen Meereseises von etwa 7 Mio km² im Sommer und 14 Mio km² im Winter. Im September 2007 war die Eisdecke auf ein Rekord-Minimum von 4.13 Mio km² geschrumpft, berichtete das „National Snow and Ice Data Center“

DAS ARKTISCHE MEEREIS SCHRUMPT

Anhand von Satelliten- und U-Boot-Beobachtungen wurde ein Rückgang der arktischen Meereseisenausdehnung von 2,8 % pro Jahrzehnt seit 1979 dokumentiert. Die mittlere Eisdicke lag in den 1990er Jahren unterhalb von 2 m, und damit über 1 m geringer als zwei bis vier Jahrzehnte zuvor. Im September 2007, und vorher im September 2005, war die Meereseisenausdehnung so niedrig wie noch nie seit ihrer Erfassung. Modellrechnungen auf Grundlage verschiedener Szenarien sagen das Verschwinden des sommerlichen Meereseises vor Ende dieses Jahrhunderts voraus, d. h. den völligen Verlust von mehrjährigem Eis, das bisher als charakteristisch für die Arktis galt und endemische Arten beherbergt. Konsequenzen können die Zunahme von Schiffsverkehr, das Einwandern von Tier- und Pflanzenarten, drastische Veränderungen im Lebensstil der arktischen Ureinwohner etc. sein, wobei viele mögliche Effekte noch nicht einmal abschätzbar sind.

(<http://nsidc.org/>). Eisdicken variieren von wenigen Dezimetern in der südlichen Beringsee bis zu mehreren Metern in den zentralen arktischen Becken (siehe Infobox). Mit dem Eis assoziierte (sympagische) Lebewesen bewohnen das zumeist mikroskopisch kleine Netzwerk von feinen, mit Sole gefüllten Kanälen, die das Eis wie ein Labyrinth durchziehen. Die Lebensformen im Eis sind daher sehr klein, überwiegend < 1 mm, und werden von Bakterien, einzelligen Algen (insbesondere Kieselalgen) und Protozoen (beispielsweise

TAB. 3

ANZAHL DER BEKANNTEN ZOOPLANKTONARTEN WELTWEIT UND IN DER ARKTIS

Stamm	Gruppe	Bekannte Arten weltweit	Gesamte Arktis vor 2002	Zentrale Arktis vor 2002	Kanadisches Becken 2002/5
Cnidaria	Hydrozoa: Hydromedusen	650	156	56	16
	Hydrozoa: Siphonophoren	190	8	5	7
	Scyphozoen	150	7	1	4
Ctenophora		80	6	0	9
Nemertini		97			1
Annelida	Polychaeten	120	2	0	1
Molluska	Heteropoden	35	0	0	0
	Pteropoden	160	3	0	2
	Cephalopoden	370	8	6	2
Crustacea	Cladoceren	8	4	0	1
	Ostracoden	169	9	8	0
	Copepoden	2000	156	97	>45
	Mysidazeen	700	33	13	0
	Amphipoden	400	10	8	~10
	Euphausazeen	86	7	3	1
Chaetognatha		80	13	10	4
Tunicata	Appendikularien	64	5	2	4
	Pyrosomen	8	0	0	0
	Dolioiden	17	0	0	0
	Salpen	45	0	0	0

Das Kanadische Becken ist ein Teil der zentralen Arktis. Während zweier ArcOD-Expeditionen in den Jahren 2002 und 2005 konnte die Anzahl der bekannten Arten im Kanadischen Becken in einigen Gruppen erhöht werden, zum Teil durch die Entdeckung unbeschriebener Arten und zum Teil durch die Entdeckung von Arten, die bislang nur aus anderen arktischen oder südlicheren Gebieten bekannt waren.

Ciliaten), Turbellarien, Nematoden, Rädertieren und Copepoden dominiert (Abbildung 3), [5].

Größere Eisbewohner, insbesondere Amphipoden, leben an der Eisunterseite in Dichten von bis über 100 Individuen pro Quadratmeter Unter eisfläche und stellen ein wichtiges Bindeglied in der mit dem Eis assoziierten Nahrungskette zwischen Eisalgen und dem Polardorsch (*Boreogadus saida*) dar, der wiederum die Hauptnahrung einiger Seevögel, Robben und Wale aus-

macht. Im Flachwasser der arktischen Küsten wandern zusätzlich, überwiegend im Frühjahr, Larven benthischer Arten (beispielsweise Polychaeten und Schnecken) ins Eis ein. Die Eisalgen bieten eine reichhaltige Nahrung zu einem Zeitpunkt, zu dem in der darunterliegenden Wassersäule kaum Primärproduktion stattfindet.

Obwohl schon Fridtjof Nansen vor über einem Jahrhundert über algengefärbtes Eis schrieb [11], ist vom

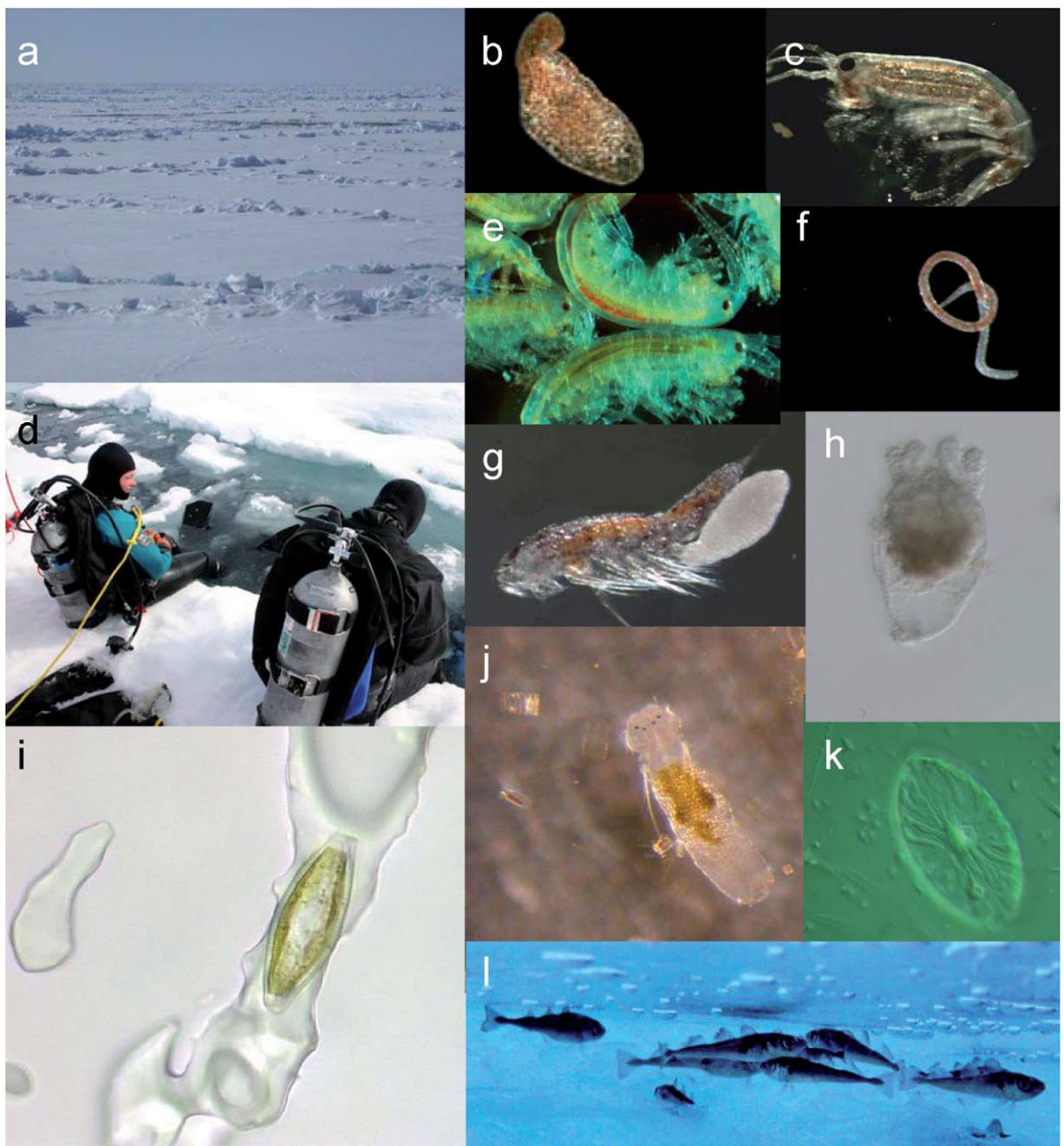


ABB. 3 Leben im Eis: a) Arktisches Meer, b) Turbellar, c) *Apherusa glacialis*, d) Eistaucher im Kanadabecken, e) junge *Gammarus wilkitzkii*, f) Nematode, g) *Mikrosetella* sp., h) unbeschriebene Hydroidenart, i) Diatomeen in einer Soletasche im Meer, j) juveniler *Scolelepis squamata*, k) Diatomee, l) *Boreogadus saida*. Bilder: Bodil Bluhm, University of Alaska Fairbanks (UAF) (b-f), Rolf Gradinger, UAF (a, g, h, j, k), Paul Nicklen (l), Christopher Krembs, Applied Physics Laboratory (i).

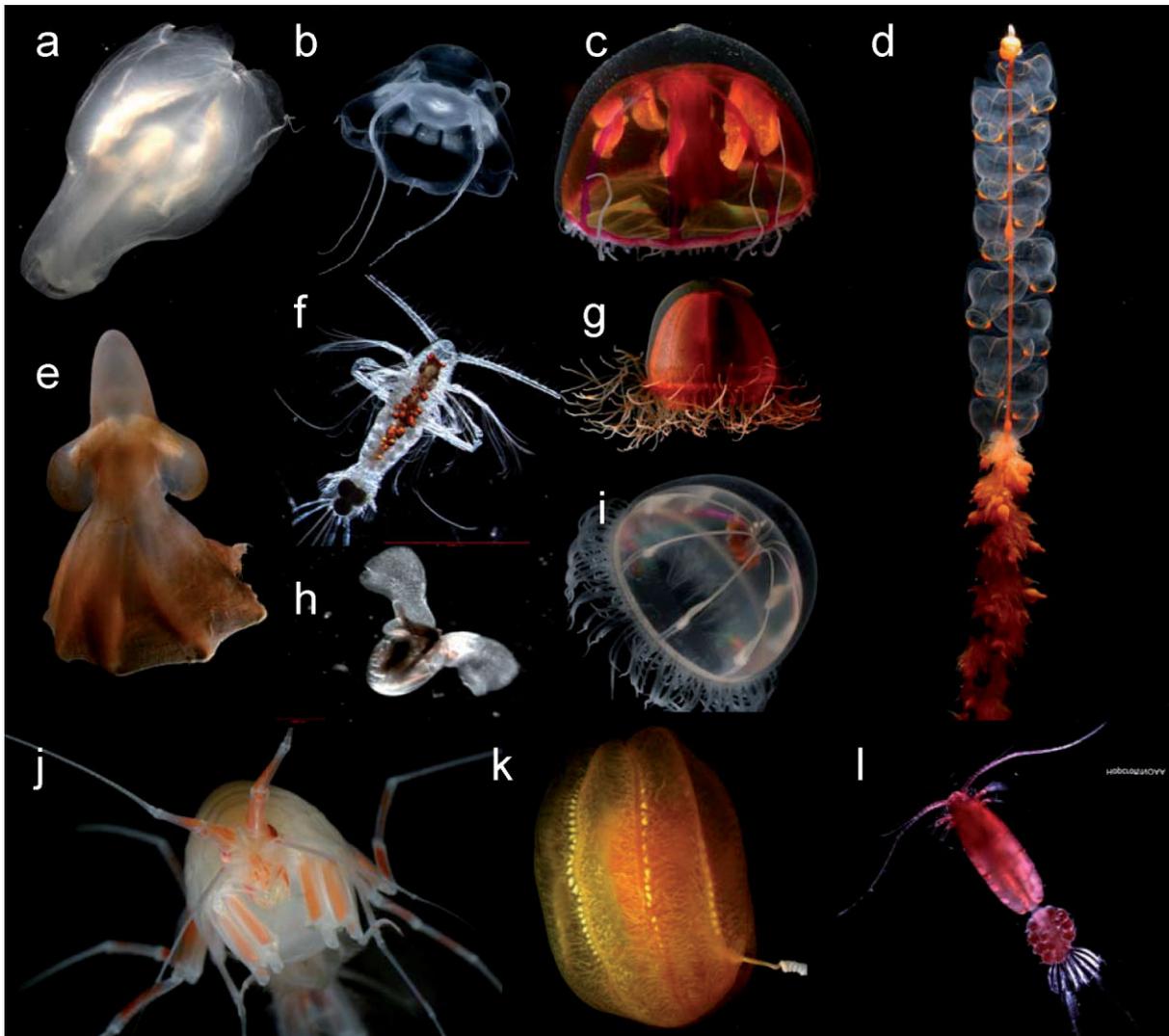


ABB. 4 Vertreter des arktischen Zooplanktons: a) unbeschriebene Rippenqualle, b) unbeschriebene Narcomeduse, c) *Crossota millsae*, d) *Marrus orthocanna*, e) *Cirroteuthis muelleri*, f) *Euaugaptilus hyperboreus*, g) *Crossota norvegica*, h) *Limacina helicina*, i) *Benthocodon* sp., j) *Eusirus holmii*, k) *Aulacoctena* sp., l) *Euchaeta barbata*. Bilder: Russ Hopcroft, UAF (f, h, l), Kevin Raskoff, Monterey Peninsula College (a-e, g, i, k).

Artenreichtum im Meereis bis heute wenig berichtet worden. Wir wissen inzwischen aber, dass allein zwei Eiskerne in der Tschuktschensee über 200 Arten von Kieselalgen beherbergten [15]. Die genaue Anzahl der pflanzlichen und tierischen Flagellaten ist bis heute nicht bekannt. Die Beschreibung einiger neuer Ciliatenarten in den vergangenen 20 Jahren lässt jedoch auf eine bisher unbekannt Vielfalt schließen.

Der Artenreichtum der Mehrzeller im Meereis wurde bisher ebenfalls nicht systematisch erfasst. Ein weiteres Beispiel für eine Neuentdeckung ist die Erstbeschreibung von eislebenden Hydrozoen: Im Rahmen von ArcOD beschrieben Bluhm und Mitarbeitende das Vorkommen einer bis dahin unbekannt Hydroiden-Art und -Gattung anhand von Proben im küstennahen Festeis von Barrow, Alaska [3]. Trotz circa 50 Studien

zur arktischen Meereismeiofauna war dabei niemals von Cnidariern (Nesseltieren) berichtet worden.

Das Eisvorkommen schränkt die Pflanzenentwicklung in der Wassersäule ein. Schnee- und Eisbedeckung sowie die ausgeprägte Saisonalität hoher Breiten begrenzen Phytoplanktonblüten in der Arktis auf eine relativ kurze Zeit, typischerweise April bis September mit einem einzigen Maximum im Juni/Juli. Die durch Eisschmelze hervorgerufene stabile Wasserschicht, besonders in der Eisrandzone, macht diese zu einer der produktivsten arktischen marinen Regionen. Kieselalgen und die koloniebildende Haptophyce *Phaeocystis pouchetii* spielen generell eine wichtige Rolle im voll marinen arktischen Phytoplankton. In den ausgeprägten arktischen Ästuaren spiegeln Änderungen in der Zusammensetzung des Phytoplanktons (von Süß-

INTERNATIONALES POLARJAHR

Das Internationale Polarjahr (IPY) ist das zurzeit größte internationale und interdisziplinäre Wissenschaftsprogramm mit Schwerpunkt in der Arktis und Antarktis von März 2007 bis März 2009. Es wird vom International Council for Science und der World Meteorological Organisation organisiert (www.ipy.org). IPY-Schwerpunkte sind

- Status der polaren Umwelt,
- arktisch-globale Verbindungen,
- Grenzen der Polarforschung,
- Entwicklung von Observatorien,
- Wandel in Umwelt und Gesellschaft und
- kulturelle, historische und soziale Prozesse.

In diesem Rahmen untersuchen tausende von Teilnehmern in über 200 Projekten in 60 Nationen eine große Bandbreite von physikalischen, biologischen und sozialen Fragen. Die IPY-Projekte wurden daher in thematische Gruppen gegliedert. Für die Gruppe „Arktische Marine Biodiversität“ wurde ArcOD vom IPY Joint Committee als führendes Projekt ausgewählt. <http://classic.ipy.org/development/eoi/proposal-details.php?id=333>.

wasserarten bis zu voll marinen Arten) die enormen Gradienten im Salzgehalt des Wassers wider.

Aufgrund ihrer Häufigkeit – und weil sie leicht zu fangen sind – gehören die großen Copepoden (Ruderfußkrebse) wohl zu den am besten untersuchten arktischen Zooplanktonarten [10]. Viele weitere Tiergruppen sind ebenfalls im arktischen Plankton vertreten, beispielsweise Hydro- und Scyphozoen, pelagische Schnecken und Chaetognathen (Tabelle 3, Abbildung 4). Insbesondere das gelatinöse Zooplankton war bis vor kurzem quasi ignoriert worden, weil es schwierig zu fangen und zu fixieren ist. Erst der Einsatz von Tauchrobotern (so genannten ROVs = Remotely Operated Vehicles) und der regional teilweise dramatische Anstieg an Quallen beispielsweise in der Beringsee während des vergangenen Jahrzehnts hat diesen Tiergruppen mehr Aufmerksamkeit gebracht.

Die Kombination von traditionellen Netzfängen mit ROV-Videobeobachtung ermöglichte es ArcOD-Mitarbeitern, im Laufe von nur zwei Expeditionen ins hocharktische Kanadische Becken die Anzahl der bekannten Arten in der zentralen Arktis in mehreren Gruppen mehr als zu verdoppeln. Einzelne Gruppen wurden sogar erstmals in der zentralen Arktis beobachtet: dies gilt beispielsweise für pelagische Schnecken. Die Anzahl der bekannten Ctenophoren-Arten etwa stieg von null auf neun, die der Scyphozoen von 1 auf 4 (Tabelle 3). Entdeckungen dieser Art verändern unser Bild vom Artenreichtum, vom arktischen Nahrungsnetz und Stoffumsatzwegen.

Auch am arktischen Meeresboden begrenzt nicht nur die geringe Wassertemperatur, sondern vor allem auch die saisonale Nahrungsverfügbarkeit das Wachs-

tum und die Häufigkeit von Meerestieren, dem Benthos. In manchen arktischen Schelfmeeren, wie in der Tschuktschensee, sinken allerdings große Mengen an organischem Material zum Meeresboden und ermöglichen damit hohe Produktion und Biomasse. Neben Nahrungsverfügbarkeit und biotischen Interaktionen strukturieren Korngrößen und Salzgehalt ganz wesentlich die bodenlebenden Gemeinschaften. Typischerweise kommen als arktische Makrofauna vor allem Polychaeten, Muscheln und Krebse, insbesondere Amphipoden, im Weichboden vor. Die überwiegend epibenthisch lebende Megafauna wird dominiert von Schlangennestern, die Dichten bis zu mehreren hundert Individuen pro Quadratmeter erreichen können [12]. Auch Seegurken und Seeigel sind mancherorts häufig. Etwa 90 % der bekannten arktischen Wirbellosen-Arten leben am Meeresboden, davon kommen circa 400 in der zentralen arktischen Tiefsee vor (Abbildung 5). Besonders artenreich sind Polychaeten und Crustaceen. Während der beiden Expeditionen in das Kanadische Becken entdeckten ArcOD Wissenschaftler drei neue Polychaeten- und einige neue Crustaceenarten.

Aus allen drei Lebensräumen der Arktis zusammen sind knapp über 400 marine und diadrome Fischarten bekannt [2], von denen die meisten am Meeresboden leben. Die dominanten Familien sind Gadidae, Zoarcidae, Liparidae, Cottidae und Salmonidae. Wie oben erwähnt, ist der Polardorsch (*Boreogadus saida*), der nördlichste Vertreter der Dorsche, ein extrem wichtiges Bindeglied zwischen den niedrigeren trophischen Ebenen und anderen Vertebraten. Insbesondere subarktische Regionen (beispielsweise die südlicheren Bering- und Barentsseen) werden zur kommerziellen Fischerei massiv genutzt, nicht aber die Hocharktis. Dementsprechend gibt es keine Fangstatistiken für diese Region und oft nicht einmal Basiswissen der vorkommenden Arten und ihrer Verbreitung. Bis heute ist es schwierig, in eisbedeckten Gewässern Netze für wissenschaftliche Bestandserfassungen von Fischen einzusetzen. ArcOD-Mitarbeiter arbeiten an der Dokumentation des Fischvorkommens der Tschuktschen- und nördlichen Beringsee und überprüfen die Artbestimmung anhand von Museumsbeständen und neuen Fängen [9].

Sieben marine Säugerarten bewohnen die arktischen Meere zu allen Jahreszeiten: Grönlandwal, Beluga (Weißwal), Narwal, Walross, Bartrobbe, Ringelrobbe und Eisbär [8]. Hinzu kommen neun saisonal ziehende Arten wie beispielsweise Grau-, Finn- und Zwergwal. Die marinen Säuger spielen eine wesentliche Rolle sowohl als Nahrungsgrundlage für menschliche Bewohner arktischer Küsten sowie als Top-Prädatoren im Nahrungsnetz. Zwar sind die vorkommenden Arten allgemein bekannt, jedoch gibt es noch große Lücken in unserem Wissen über ihre Habitatpräferenz zu verschiedenen Jahreszeiten, in der Bestandsabschätzung,

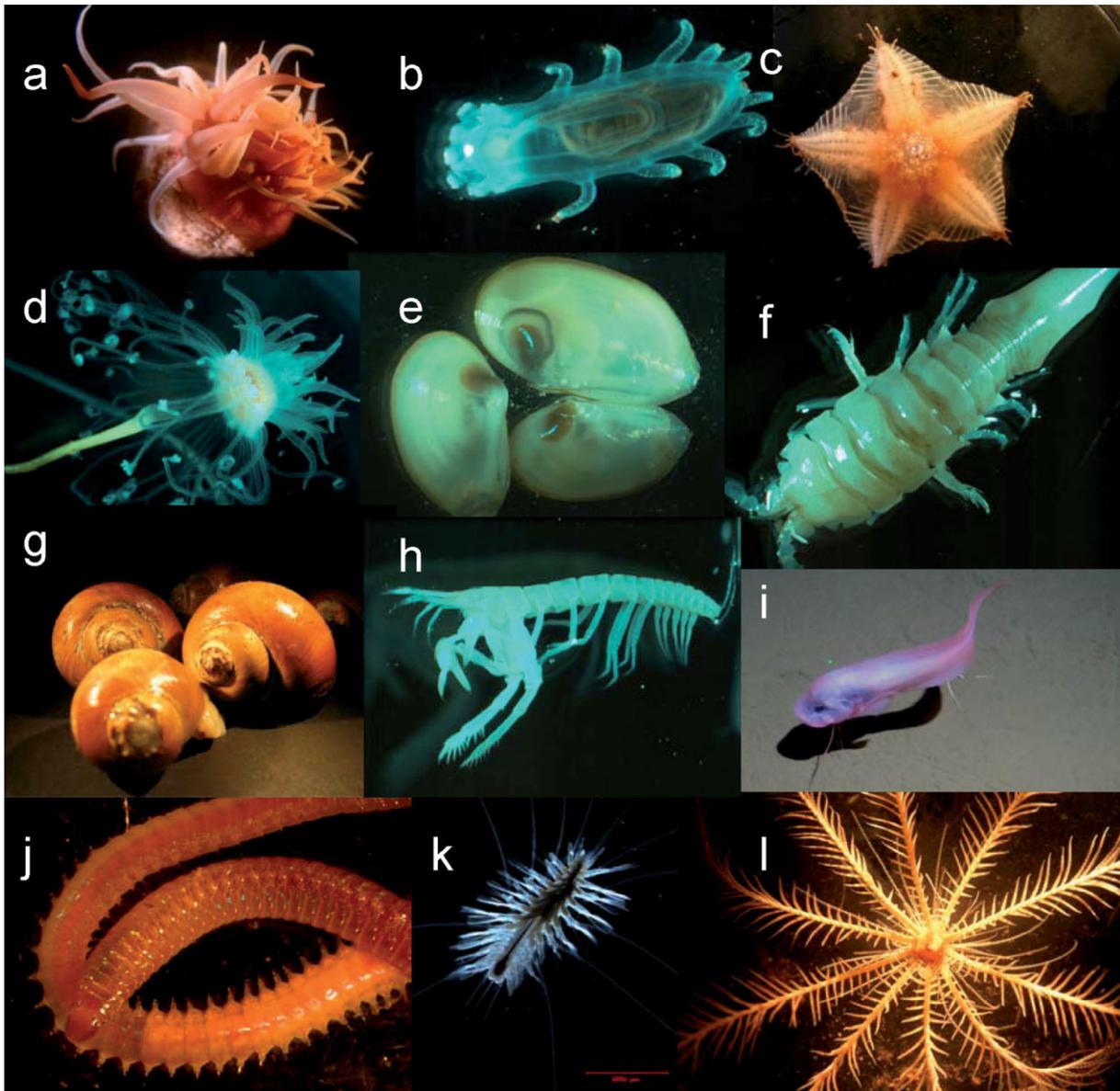


ABB. 5 Fauna vom Meeresboden des Kanadischen Beckens in der Hocharktis: a) Unidentifizierte Anemone, b) *Kolga hyalina*, c) *Hymenaster pellucidus*, d) unidentifizierte Hydrozoe, e) Muschel, f) *Saduria sabini*, g) *Cryptonatica affinis*, h) Tanaidazee, i) *Rhodichthys regina*, j) Polychaet, k) *Bathypolaria carinata*, l) Crinoide. Bilder: Bodil Bluhm/Katrin Iken, UAF (a-h, j, l), Russ Hopcroft, UAF (k), ROV Global Explorer (i).

Nahrungsökologie, Physiologie, Demographie etc. Ein ganzer Sonderband der Zeitschrift „Ecological Applications“ (Januar 2008) befasst sich mit dem Themenkomplex „arktische marine Säuger und Klimawandel“; aber noch viel mehr muss hierüber verstanden werden, um Veränderungen besser abschätzen zu können und dann entsprechend zu reagieren.

Eine kostenlose Datenbank für arktische Fauna und Flora

Der freie Zugang zu wissenschaftlichen Daten (Open Access) ist ein Kernthema des gegenwärtigen Internationalen Polarjahres 2007/2008. Daher lautet ein Ziel

von ArcOD, eine (sich noch im Aufbau befindliche) offen zugängliche Datenbank über arktische marine Fauna und Flora zu erstellen (<http://ak.aos.org/op/data.php?region=AK&name=obis>). Die Datensätze umfassen bereits das Vorkommen und die Verbreitung von Meeresalgen, Phytoplankton, Zooplankton, Zoo-benthos, Fischen und Vögeln mit derzeit etwa 80.000 Datenpunkten (welche mindestens den taxonomisch korrekten Artnamen, sowie geografische Länge und Breite des Fundortes angeben, aber oft noch viel mehr Information zeigen). Diese Datensätze benutzen standardisierte taxonomische Fachbegriffe und die Klassifizierung aus dem „World Register of Marine Species“

(WoRMS) und dem „Integrated Taxonomic Information System“ (ITIS). Die Datensätze stammen von verschiedenen historischen und neueren Expeditionen, sowie von Museumssammlungen aus sechs Nationen. Zahlreiche weitere wertvolle Datensätze werden derzeit bearbeitet und innerhalb der nächsten Monate online sein.

Die Arktis hat damit bereits ihr Image als biologische „Datenwüste“ verloren. Das langfristige Ziel von ArcOD lautet, bis 2010 mindestens 150.000 Datenpunkte online und kostenfrei zugänglich zu machen. ArcOD hat seine Datenbankstruktur für die während des laufenden Internationalen Polarjahres innerhalb des Marinen Biodiversitäts-Clusters generierten Daten vorgeschlagen.

Zum freien Austausch von Daten zwischen Datenbanken und Nutzern wurden internationale Standards entwickelt. Die ArcOD-Daten folgen dem mittlerweile weltweit bewährten *Darwin Core*-Standard für Biodiversitätsdaten, der auch von der 1992 in Rio de Janeiro unterzeichneten „Convention on Biological Diversity“ unterstützt wird. Eine weltweite Datenauswertung ist daher möglich. Der Stellenwert der daraus resultierenden Anwendungen ist noch nicht voll abschätzbar, aber eine Investition in eine nachhaltige Zukunft. Schließlich werden alle Daten auch von Metadaten im zumindest in den USA akzeptierten Standardformat des „Federal Geographic Data Committee“ begleitet, das das „Wer, wann, wo, warum und wie“ aller Datensätze im Detail beschreibt und ihre sinnvolle und weitreichende Verwendung damit erst ermöglicht. Die ArcOD-Datenbank ist Bestandteil des Alaska Ocean Observing System (www.aoos.org), einem Modul des Globalen Ocean Observing Systems zum Erd-Monitoring. ArcOD-Daten sind auch über das Webportal des Ocean

Biogeographic Information Systems (OBIS) zugänglich (www.iobis.org), wo sie via Internet vom AOOS-Server abgefragt werden. OBIS ist die offizielle CoML Datenbank und eines der wichtigsten Produkte von CoML [4]; sie besitzt zurzeit 13,6 Millionen Einträge über 800.000 marine Arten weltweit. Zusätzlich sind ArcOD-Daten auch abrufbar über die Global Biodiversity Information Facility (www.gbif.org), also die terrestrische und marine Arten umfassende globale Datenbank der Vereinten Nationen, welche aus dem Rio Earth Summit 1992 heraus resultierte.

Die ArcOD-Datenbank soll für die interessierte Öffentlichkeit genauso wie für Internetnutzer, Wissenschaftler, Manager und Entscheidungsträger gleichermaßen nützlich sein. Die Daten stehen in Rohform und teilweise als in wissenschaftlichen Zeitschriften publizierte Artikel zur Verfügung. Vorhersage-Modelle stellen ein gutes Beispiel für mögliche Produkte dar. Weitere Datenprodukte, die digitale Datenquellen sinnvoll zusammenfassen, befassen sich beispielsweise mit aktualisierten Populationsabschätzungen und dynamisch optimierten Ausweisungsempfehlungen für Marine Schutzgebiete und Nationalparks.

Zusammenfassung

Arctic Ocean Diversity (ArcOD) ist ein Projekt des internationalen Zensus des Marinen Lebens (CoML). Es hat zum Ziel, die Kenntnis über Vorkommen, Verbreitung, Häufigkeit und ökologische Funktion der marinen Arten im arktischen Meereis, in der Wassersäule und am Meeresboden zu verbessern. Dazu werden existierende und neue Daten von Mikroalgen bis zu Wirbeltieren – vom Flachwasser bis in die Tiefsee – in einer der Öffentlichkeit frei zugänglichen Datenbank zusammengetragen, Proben auf Artniveau identifiziert und neue Sammlungen unternommen, um Wissenslücken zu füllen. Diese Bemühungen sind aufgrund des weltweiten Klimawandels und seiner Auswirkungen in der Arktis besonders dringend.

Literatur

- [1] ACIA, Impacts of a warming Arctic: Arctic Climate Impact Assessment. Cambridge University Press, Cambridge, UK, 2005.
- [2] A. P. Andriashev, N. V. Chernova, Annotated list of fishlike vertebrates and fish of the Arctic Seas and adjacent waters, *J. Ichthyol.* 1995, 35, 81-123.
- [3] B. A. Bluhm, R. Gradinger, S. Piraino, First record of sympagic hydroids (Hydrozoa, Cnidaria) in Arctic coastal fast ice, *Polar Biol.* 2007, 30, 1557-1563.
- [4] M. J. Costello, E. V. Berghe, Ocean biodiversity informatics: a new era in marine biology research and management, *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 2006, 316, 203-214.
- [5] R. Gradinger, Sea ice, a unique realm for microorganisms. (Hrsg.: G. Bitten), *Encyclopedia of Environmental Microbiology*, Wiley, 2002, 2833-2844.
- [6] P. D. N. Hebert, A. Cywinska, S. L. Ball, J. R. deWaard, Biological information through DNA barcodes, *Proc. Biol. Sci.* 2003, 270, 313-321.

KONTAKTE UND MITMACHEN

Wenn Sie Interesse daran haben, mit ArcOD zusammenzuarbeiten, Daten beizutragen oder über ArcOD zu berichten – oder wenn Sie ArcOD anderweitig unterstützen wollen – nehmen Sie bitte Kontakt zu unserem Büro in Fairbanks auf. Wir freuen uns, von Ihnen zu hören:
Arctic Ocean Diversity Project Office
University of Alaska Fairbanks
School of Fisheries and Ocean Sciences
P. O. Box 757220
Fairbanks Alaska 99775-7220
ArcOD@ims.uaf.edu

Internetadressen:
www.arcodiv.org
<http://ak.aoos.org/op/data.php?region=AK&name=obis>
<http://classic.ipy.org/development/eoi/proposal-details.php?id=333>
www.coml.org
<http://nsidc.org/>
www.zin.ru/projects/arccoml/eng/index.html

- [7] K. Iken, B. Konar (Hrsg.), Proceedings of the Arctic Biodiversity Workshop, new Census of Marine Life Initiative. Alaska Sea Grant College Program, 2003.
- [8] S. E. Moore, H. P. Huntington, Arctic marine mammals and climate change: impacts and resilience, Ecological Applications, 2008 (im Druck).
- [9] C. W. Mecklenburg, T. A. Mecklenburg, B. A. Sheiko, N. V. Chernova, Arctic marine fish museum specimens. Database in MS Access submitted to ArcOD, University of Alaska, by Point Stephens Research, Auke Bay, Alaska USA, 2006.
- [10] N. Mumm, H. Auel, H. Hanssen, W. Hagen, C. Richter, H.-J. Hirche, Breaking the ice: Large-scale distribution of mesozooplankton after a decade of Arctic and transpolar cruises, Polar Biol. 1998, 20, 189-197.
- [11] F. Nansen, In Nacht und Eis. Leipzig, Brockhaus, 1897.
- [12] D. Piepenburg, Recent research on Arctic benthos: common notions need to be revised, Polar Biol. 2005, 28, 733-755.
- [13] B. I. Sirenko, List of species of free-living invertebrates of Eurasian Arctic Seas and adjacent deep waters, Explorations of the Fauna of the Seas 2001, 51, 1-129.
- [14] B. I. Sirenko, D. Piepenburg, Current knowledge on biodiversity and faunal zonation patterns of the shelf of the seas of the Eurasian Arctic, with special reference to the Laptev Sea, Rep. Polar Res. 1994, 144, 69-74.
- [15] C. v. Quillfeldt, W. Ambrose, L. Clough, High number of diatom species in first year ice from the Chukchi Sea, Polar Biol. 2003, 12, 806-818.
- [16] C. Wiencke, M. N. Clayton, I. Gomez, K. Iken, U. H. Lüder, C. D. Amsler, U. Karsten, D. Hanelt, K. Bischof, K. Dunton, Life strategy, ecophysiology and ecology of seaweeds in polar waters, Rev. Environ. Sci. Biotechnol. 2007, 6, 95-126.
- [17] K. Yarincik, R. O'Dor, The Census of Marine Life: goals, scope and strategy, Sci. Mar. 69 (suppl 1) 2005, 201-208.
- [18] L. Zenkevitch, Biology of the seas of the USSR, Allen and Unwin, London, 1963.



Russ Hopcroft ist Associate Professor an der University of Alaska Fairbanks, wo er über Gemeinschaftsökologie, Wachstumsraten und Taxonomie von arktischem und tropischem Zooplankton arbeitet. Er promovierte an der University of Guelph in Kanada und hat über 500 Tage auf See verbracht und an 100 Tauchboot-Tauchgängen teilgenommen.



Falk Hüttmann promovierte an der University of New Brunswick in Kanada und ist derzeit Assistant Professor an der University of Alaska Fairbanks. Seine Arbeitsschwerpunkte befassen sich mit der Ökologie von Seevögeln, Wildtier-Management und -Nachhaltigkeit, GIS-Modellierung von Wildtierbeständen und ihren Lebensräumen, Metadaten und Datenbank-Management. Er unternahm bereits mehr als 20 internationale Expeditionen von Papua-Neuguinea über Costa Rica bis Kamtschatka.



Andrey Gebruk promovierte an der staatlichen Universität von Moskau und habilitierte sich am P. P. Shirshov Institut für Ozeanologie, Russische Akademie der Wissenschaften in Moskau, wo er derzeit die Abteilung „Marine Benthische Fauna“ leitet. Seine Forschungsinteressen umfassen Seegurken und biologische Gemeinschaften der Tiefsee sowie die Ökologie und Biogeographie von hydrothermalen Quellen und Cold Seeps. Er hat an 18 wissenschaftlichen Seereisen und 13 Tauchboot-Tauchgängen teilgenommen.



Boris Sirenko leitet die Abteilung „Marine Forschung“ am Zoologischen Institut, Russische Akademie der Wissenschaften, in St. Petersburg, Russland, wo er promovierte und sich habilitierte. Sein Arbeitsschwerpunkte sind die Taxonomie, Phylogenie, Zoogeographie und Ökologie von Gastropoden und Käferschnecken sowie die Gemeinschaftsökologie von arktischem und antarktischem Benthos. Dr. Sirenko bearbeitet und bereist die Polargebiete seit mehreren Jahrzehnten.

Die Autoren



Bodil Bluhm ist Research Assistant Professor an der University of Alaska Fairbanks, USA, wo sie an der Gemeinschafts- und Nahrungsnetzökologie von arktischen benthischen und sympagischen Systemen arbeitet. Sie promovierte an der Universität Bremen/Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung in Bremerhaven und arbeitet seit zehn Jahren in den Polarregionen.



Rolf Gradinger ist Associate Professor an der University of Alaska Fairbanks, wo er über biologische Prozesse und Lebensgemeinschaften im arktischen Meereis und Phytoplankton arbeitet und unterrichtet. Er promovierte und habilitierte sich an der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel und hat an mehr als 15 Expeditionen in beide Polargebiete teilgenommen.

Korrespondenz:

Dr. Bodil Bluhm
Arctic Ocean Diversity Project Office
University of Alaska Fairbanks
School of Fisheries and Ocean Sciences
P. O. Box 757220
Fairbanks Alaska 99775-7220
Email: bluhm@ims.uaf.edu