

DVD Meeresplankton

Dieter Fiege¹ & Hans-Uwe Dahms²

¹ Forschungsinstitut und Naturmuseum Senckenberg, Senckenberganlage 25, D-60325 Frankfurt/Main

² Hong Kong University of Science and Technology, Department of Biology, Kowloon, Coastal Marine Laboratory, Clearwater Bay, Hong Kong, SAR China

Abstract

Das Meeresplankton setzt sich aus einer Vielzahl von meist kleinen Organismen zusammen, die unterschiedlichsten Tier- und Pflanzengruppen angehören. Ihnen allen gemeinsam ist die mangelnde aktive Fortbewegungsfähigkeit gegenüber Wellen und Strömungen. Neben Arten, die ihren gesamten Lebenszyklus im freien Wasser des Pelagials verbringen, finden sich auch viele Larven von benthisch lebenden Tieren im Plankton. Indem sie durch Strömungen verdriftet werden, dienen sie der Verbreitung der Art. Durch die photosynthetische Primärproduktion der einzelligen Algen und die sich von ihnen ernährenden Zooplankter bildet das Plankton die Basis des marinen Nahrungsnetzes. Die vorliegende DVD stellt diese Lebensgemeinschaft mikrobieller, pflanzlicher und tierischer Organismen an typischen Beispielen vor.

Kapitel 1. Marine Lebensgemeinschaften

Innerhalb der marinen Organismen können einzelne Gruppen aufgrund ihres Lebensstiles unterschieden werden. Im Pelagial, dem freien Wasser, begegnen wir dem Plankton und dem Nekton. Während zum Plankton (griech. das Dahintreibende) meist kleine Organismen zählen, die sich nicht aus eigenem Antrieb gegen Wellen und Strömungen fortbewegen können, versteht man unter Nekton aktiv und kräftig schwimmende Formen, wie z.B. Fische, die von Wellen und Strömungen weitgehend unabhängig sind. Als Benthos wird die Lebensgemeinschaft der Organismen bezeichnet, die auf dem Meeresgrund, dem Benthos, lebt.

1.1 Plankton

Planktonische Organismen werden bereits bei Plato (*429 v.Chr.) erwähnt, der von Schirmqualen berichtet. Auch Aristoteles (*389 v. Chr.) meinte wahrscheinlich das Plankton, wenn er von „Fischbrut“ bzw. „Schaum des Meeres“ sprach. Der Begriff Plankton wurde allerdings erst 1887 von dem Kieler Physiologen Viktor Hensen geprägt. Obwohl die meisten Vertreter des Planktons mikroskopisch klein sind, zählen auch einige größere Tiere wie z.B. Quallen dazu. Aufgrund ihres hohen Wassergehaltes schweben sie nahezu schwerelos im Meer und werden von den Strömungen verdriftet.

► **C 12700:** Planktonprobe

1.2 Nekton

Als typische Anpassung zeigen Vertreter des Nektons (Fische, Robben, Wale, Kopffüßer) meist eine ausgeprägte Stromlinienform, die hohe Schwimgeschwindigkeiten ermöglicht und sie von Wellen und Strömungen weitgehend unabhängig macht.

► **C 12701:** Schwarm von Brassens (*Diplodus* sp.)

1.3 Benthos

Typische Formen des Benthos sind z.B. Seesterne oder Krabben. Einige Tierklassen mit überwiegend benthischer Lebensweise haben ihre größten Vertreter im Plankton, wie z.B. die Ostracoda (*Gigantocypris* sp.) und die Amphipoda (*Thaumatops* sp.). Beide Lebensgemeinschaften, Benthos und Plankton, sind durch die Entwicklung und Verbreitung freischwimmender Larven benthischer Eltern und durch die photosynthetische Produktion organischen Kohlenstoffs in den oberen Wasserschichten sowie dessen Transport in die Tiefe eng miteinander verbunden.

►C 12702: Seestern (*Astropecten* sp.); unbestimmte Krabbe

Kapitel 2. Nahrungsbeziehungen

Die Grundlage mariner Nahrungsnetze bilden einzellige Algen (Phytoplankton), die sich durch ihre Fähigkeit zur Photosynthese autotroph ernähren (Primärproduzenten). Die heterotrophen Zooplankter ernähren sich als Primär- und Sekundärkonsumenten direkt oder indirekt vom Phytoplankton und bilden selbst die Nahrung für größere Tiere. Die Ausscheidungen des Zooplanktons bilden zusammen mit anderem organischen Material den sogenannten Meeresschnee (Seston), der ebenfalls von einigen Organismen als Nahrung genutzt wird. Unter den Nahrungsbeziehungen des Planktons kommt auch Parasitismus vor.

2.1 Phytoplankton, Primärproduzenten

Das Phytoplankton setzt sich ganz überwiegend aus einzelligen Algen (Diatomeen, Dinoflagellaten, Coccolithophoriden etc.) zusammen, die sich unter günstigen Bedingungen durch Zweiteilung rasant vermehren können (Phytoplankton-Blüte). Da die Algen vom Sonnenlicht abhängig sind, ist die Tiefenverteilung des Phytoplanktons auf die lichtdurchflutete (euphotische) Zone des Wasserkörpers beschränkt.

►C 12703: Phytoplanktonprobe

2.2 Zooplankton, Primär- u. Sekundärkonsumenten

Das heterotrophe Zooplankton ist wesentlich heterogener zusammengesetzt als das Phytoplankton, oftmals dominieren allerdings einzelne Gruppen. So stellen die Crustaceen und hier insbesondere die Copepoden in der Regel das dominante Taxon einer Planktonprobe. Vertreter nahezu aller Tierstämme verbringen entweder ihren gesamten Lebenszyklus oder doch zumindest bestimmte Entwicklungsphasen im freien Wasser und werden demgemäß als Holo- bzw. Meroplankton bezeichnet.

►C 12704: Zooplanktonprobe; Jungfische fressen Copepoden

Die dem Meroplankton zuzurechnenden Larven ähneln oftmals kaum den erwachsenen Tieren, die meist durch eine Metamorphose aus ihnen hervorgehen (indirekte Entwicklung). Da der Lebenszyklus der meisten Arten zunächst unbekannt war, sind die Larven oft unter einem eigenen Namen beschrieben worden. Ein evolutionärer Vorteil dieser indirekten Entwicklung mit freischwimmenden Larven ist sicher ihr Beitrag zur Verbreitung der Art. Für sogenannte teleplane Larven sind Entwicklungszeiten im Plankton von mehreren Monaten nachgewiesen. Sie können mit Hilfe von Meereströmungen (z.B. Golfstrom) Ozeane und Meeresteile überqueren. Die bekanntesten Beispiele hierfür finden sich bei

den Prosobranchiern (Gastropoda). Ein Nachteil der planktonischen Entwicklung ist eine hohe Mortalitätsrate durch widrige abiotische und biotische Umweltbedingungen.

2.3 Parasitismus

Das als Microoniscium bezeichnete zweite Larvenstadium einiger Isopoden (z.B. der Bopyridae = Epicaridea) heftet sich als Parasit an Copepoden an und ernährt sich von der Hämolymphe des Wirtes.

►C 12705: Microoniscium (Isopoda: Bopyridae = Epicaridea)

2.4 Fäces

Auch die Ausscheidungen von Planktonorganismen dienen anderen als Nahrung, so z.B. den Nauplius-Larven von *Paramphiascella* sp., eines benthischen Copepoden.

►C 12706: Fäces; Larven von *Paramphiascella* sp. (Harpacticoida: Copepoda) auf Fäces

2.5 Seston (Meeresschnee, POM = particulate organic matter)

Miteinander verklumpte organische Partikel bilden Agglomerate, die vergleichsweise schnell absinken und den tiefen Meeresboden in wenigen Tagen erreichen können. Durch diesen Partikelregen wird organische Substanz aus der euphotischen Zone in tiefe Wasserschichten bzw. zum Meeresboden transportiert und dort zumindest teilweise für lange Zeit dem Kreislauf entzogen. Diesen Mechanismus, der auch als „carbon sink“ oder „biologische Kohlenstoff-Pumpe“ bezeichnet wird, kommt daher eine besondere Bedeutung bei der Regulation des globalen CO₂-Haushaltes zu.

►C 12707: Meeresschnee (Seston)

Kapitel 3. Lokomotion

Die Organismen des Planktons sind definitionsgemäß nur eingeschränkt zu Ortsveränderungen aus eigenem Antrieb in der Lage. Basierend auf der großen Formenvielfalt haben sich sehr unterschiedliche Fortbewegungsweisen entwickelt, ebenso wie zahlreiche morphologische und physiologische Anpassungen zur Aufrechterhaltung des Schwebezustandes.

3.1 Auftriebshilfen

Da das spezifische Gewicht der meisten Planktonorganismen höher ist als das des Wassers, sind Gewichtsreduktion, Ausbildung von Schwebefortsätzen und die Einlagerung von Ölen und Gasen weitverbreitet, um ein Absinken ohne größere eigene Schwimmleistung, d.h. ohne großen Energieaufwand, zu verhindern.

►C 12708: Schwebefortsätze der Copepoda (Crustacea); Kettenbildung bei *Chaetoceros* sp. (Bacillariophyta)

Die Körper vieler Planktonorganismen tragen Anhänge in Form von Borsten und Schwebefortsätzen zur Erhöhung des Formwiderstandes (z.B. Radiolarien, einige Dinoflagellata, viele Crustacea) bzw. zeigen eine langgestreckte oder scheibenförmige Gestalt, wie z.B. *Ceratium fusus* (Dinoflagellata) oder die Phyllosoma-Larve v. *Palinurus* sp.. Derartige Formen werden auch als Rhabdo- bzw. Discoplankton bezeichnet.

►C 12708: Rhabdoplankton, z.B. *Ceratium fusus* (Dinoflagellata)

Zur Verbesserung des Auftriebes dienen auch Gewichtsreduktionen etwa durch die Rückbildung von Schalen (Carinariidae und Pterotracheidae unter den Heteropoda), Kalkreduktion, Gallertbildungen und Erhöhung des Wassergehaltes sowie der Austausch schwerer Ionen durch leichte. Eine andere Möglichkeit den Auftrieb zu erhöhen, ist die Einlagerung von Ölen und Gasen (z.B. Siphonophora und Fischeier). Einigen Copepoden dienen eingelagerte Lipidtröpfchen als zusätzliche Reserve für Perioden mit ungünstiger Nahrungsversorgung.

►C 12708: Lipidtröpfchen (Crustacea: Copepoda); Gallerthülle (Wirbellosen-Ei); Öleinlagerung (Fisch-Ei)

3.2 Wimpern

Zur Fortbewegung nutzen viele kleine Planktonorganismen und v.a. Larven Wimpern (Cilien), die in Feldern oder Bändern angeordnet sind. Der Körper der sogenannten Müllerschen Larve der Turbellaria ist vollständig mit Cilien besetzt. Neben der Fortbewegung erfüllen diese Cilienbänder bei Larven meist noch eine weitere Funktion: das Herbeistrudeln von Nahrung und den anschließenden Transport zum Mund.

Zum einen kann dies geschehen, indem Nahrungspartikel mit der Schlagrichtung der Cilien und damit in Richtung der Fortbewegung herbeigestrudelt werden. Die Nahrungspartikel werden in einer durch längere seitliche Cilien begrenzten Futterrinne konzentriert und zur Mundöffnung transportiert („downstream feeding“, z.B. bei Trochophora und Veliger Larven). Ein anderes Prinzip wird als „upstream feeding“ bezeichnet. Beim Kontakt mit Nahrungspartikeln kommt es hier zur Schlagumkehr der Cilien und die Partikel werden entgegen der Schwimmrichtung eingesammelt (Larven der Echinodermata und Enteropneusta).

►C 12709: Actinotrocha-Larve der Phoronida; Müllersche Larve der Turbellaria

3.3 Wimperplatten

Bei den Ctenophoren sind Cilien miteinander zu Wimperplättchen verklebt und in 8 Reihen um die Körperlängsachse herum angeordnet. Die Wimperplättchen dieser Längsreihen schlagen synchron von der Mundöffnung zum apikalen Pol, sodaß die Rippenqualle mit der Mundöffnung voran durch das Wasser geschoben wird.

►C 12710: Rippenqualle, *Pleurobrachia pileus* (Ctenophora); Wimperplättchen

3.4 Rückstoß

Eine weitere Methode zur effektiven Fortbewegung ist das Rückstoßschwimmen, das nicht nur von den Kopffüßern (= Cephalopoda), sondern vor allem von Medusen genutzt wird, indem sie durch rhythmische Muskelkontraktionen den Schirmrand zusammenziehen und das unter der Schwimglocke vorhandene Wasser ausstoßen.

►C 12711: *Obelia* sp. (Cnidaria: Hydrozoa)

3.5 Extremitäten

Viele Planktonorganismen schwimmen mit Hilfe ihrer Extremitäten wie z.B. die Crustaceen-Nauplien oder die Copepoden. Hierzu sind die

Extremitäten oft abgeflacht oder anderweitig modifiziert. So ist z.B. der Fuß der holoplanktonischen Mollusken (Gastropoda: Heteropoda und Thecosomata) zu paddelartigen Flossen umgebildet.

►C 12712: Nauplius v. *Temora* sp. (Calanoida: Copepoda)

3.6 Wanderungen, Verbreitung

Manche Planktonorganismen sind in der Lage, kleinräumige Ortsveränderungen durchzuführen. Oftmals schließen sie sich dabei zu Schwärmen zusammen. Viele Zooplankter wandern bei Einbruch der Dunkelheit aus tieferen Wasserschichten, wo sie sich tagsüber aufhalten, zur Oberfläche und bei Tagesanbruch wieder zurück (tagesperiodische Vertikalwanderungen). Die dabei zurückgelegten Distanzen können bis zu einigen hundert Metern betragen. Vertikale Verteilungsmuster variieren von Art zu Art, nach Jahreszeit, Geschlecht, Entwicklungsstadium bzw. Altersstruktur der Populationen.

►C 12713: Mysidaceen-Schwarm (Crustacea: Malacostraca)

Kapitel 4. Einzellige Planktonorganismen

Zu den einzelligen Planktonorganismen zählen neben den Bakterien vor allem Algen, insbesondere die Kieselalgen (Diatomeen) und Panzergeißler (Dinoflagellaten), die in großer Formenvielfalt in allen Meeren vorkommen und durch ihre Fähigkeit zur Photosynthese als Primärproduzenten dominieren. Unter den Protozoen sind vor allem Radiolarien, Foraminiferen und einige Ciliaten vertreten.

4.1 Bakterien (Ultramikroplankton)

Die kleinsten und häufigsten Organismen im Plankton sind die Bakterien. Aufgrund ihrer geringen Größe werden sie auch als Ultramikroplankton (< 2 µm) klassifiziert. Sie leben frei im Wasser, aber auch auf Detrituspartikeln oder anderen Planktonorganismen. Bakterien zeichnen sich nicht durch eine große Formenvielfalt aus, sondern beeindrucken insbesondere durch ihre Stoffwechselleistungen, mit deren Hilfe sie sich ein breites Nahrungsspektrum erschließen. Sie tragen dadurch erheblich zum Abbau und Recycling von organischem Material bei.

►C 12714: Übersicht Bakterien; Bakterien mit degenerierender Alge; Bakterien an Copepodenleiche

4.2 Pilze (Fungi)

Neben Bakterien, Tieren und Pflanzen kommen im Plankton auch Pilze (Fungi) vor, die z.T. schlauchförmige Hyphen bilden. Sie ernähren sich von abgestorbenem organischen Material (Detritus) oder parasitisch, indem sie z.B. ihrem Wirt Körperflüssigkeit entziehen.

►C 12715: Übersicht Pilze

4.3 Algen (Pflanzliche Organismen)

Unter den pflanzlichen Einzellern des Planktons dominieren Kieselalgen (Diatomeen) und Dinoflagellaten (Panzergeißler). Sie kommen in allen Meeren vor und auf ihrer Photosyntheseleistung beruht ein Großteil der Primärproduktion. In manchen Gruppen finden sich neben photoautotrophen auch heterotrophe Formen, sowie als mixotroph bezeichnete Übergangsformen. Die Massenvermehrung einiger Dinoflagellaten kann sogenannte „Harmful Algal Booms“ („HABs“ oder

„Red Tides“) hervorrufen. Manche Diatomeen-Arten produzieren Toxine, die durch Anreicherung in der Nahrungskette zu schweren Vergiftungserscheinungen führen können.

Grünalgen (Chlorophyta)

Die Grünalge *Dunaliella* sp. ist ein einzelliger Flagellat (Chlorophyceae: Volvocales), der unter bestimmten Bedingungen auch Kolonien bilden kann. Die Zellen sind nackt, d.h. sie besitzen keine Gehäuse oder massiven Zellwände wie z.B. die Dinoflagellata. Mit Hilfe ihrer beiden peitschenartigen Geißeln (Flagellen) bewegen sie sich durch das Wasser. *Dunaliella* sp. ist extrem salztolerant und gehört aufgrund ihrer geringen Größe zum Nanoplankton. Durch einen Pigmentfleck (Augenfleck) ist sie in der Lage Licht wahrzunehmen und sich dorthin zu orientieren (positive Phototaxis).

►C 12716: *Dunaliella* sp.; Einzelindividuum

Die Gruppe der Flagellata beinhaltet Übergangsformen zwischen Pflanzen und Tieren. Hier finden sich Organismen mit und ohne photosynthetische Pigmente, die sich je nachdem durch Photosynthese autotroph oder durch Nahrungsaufnahme heterotroph ernähren können. Auch Zwischenformen (mixotroph) sind bekannt.

Kieselalgen (Bacillariophyta)

Diatomeen (Kieselalgen) sind meist relativ große Einzeller (0,1 – 0,5 mm), die auch Kolonien bilden können. Die Zellwände bestehen überwiegend aus Kieselsäure und sind wenig elastisch. Jede Zelle besitzt zwei Schalenhälften: eine kleinere Hypotheka und eine größere Epitheka, die wie die Hälften einer Camembert-Schachtel ineinander passen. Der Formenreichtum der Schalen ist erheblich.

►C 12716: *Coscinodiscus* sp. im Phasenkontrast; Übersicht *Coscinodiscus* sp.

Die einzelligen Diatomeen (Kieselalgen) sind im Phytoplankton aller Meere in großer Arten- und Formenvielfalt vertreten und dominieren häufig als Primärproduzenten. Ihre maximale Entwicklung tritt in gemäßigten und kalten Breiten im Frühjahr auf. Es wird geschätzt, daß sie etwa 25% der gesamten Primärproduktion des Meeres erbringen. Vertreter aus der Gruppe der radiärsymmetrischen Centrales (z.B. *Coscinodiscus* sp.), lassen die Morphologie der Zellen gut erkennen. Die Schalen sind recht widerstandsfähig und bilden in borealen Breiten typische Sedimente, die als „Diatomeenschlamm“ bezeichnet werden.

►C 12716: Diatomee *Coscinodiscus* sp., Detail

Die Chloroplasten, d.h. die Zellorganellen mit Photosynthespigmenten, befinden sich vorzugsweise direkt unter den Oberflächen der Schalen. In der Zeitrafferaufnahme ist die Bewegung der Chloroplasten zu erkennen. Sie erscheinen braun, da

das grüne Chlorophyll durch das Pigment Fucoxanthin maskiert wird.

►C 12716: *Coscinodiscus* sp., Chloroplastenbewegung

Andere Diatomeen bilden Kolonien in Form von Sternen oder Ketten, indem die Zellen nach der Teilung zusammenbleiben, wie z.B. bei *Phaeodactylum tricornutum* und den Gattungen *Thalassiosira* oder *Bacillaria*. Die pennaten Diatomeen (Pennales) zeichnen sich im Gegensatz zu den zentrischen Formen durch eine langgestreckte Schale aus. Sie leben vorwiegend benthisch im Gegensatz zu den überwiegend planktonischen Centrales.

►C 12716: *Phaeodactylum tricornutum*; Diatomeensterne, Übersicht, Detail; *Thalassiosira* sp.; *Bacillaria* sp.

Bei Massenaufreten der kettenbildenden Formen wie *Chaetoceros* oder *Thalassiosira* kann es zu mechanischer Verstopfung von Kiemen bei Fischen oder Muscheln und anderen Filtrierern kommen. Andere Diatomeen-Arten produzieren Gifte, die sich in der Nahrungskette anreichern und zu schweren Vergiftungserscheinungen bei Mensch und Tier führen können.

Prymnesiomonada (Haptophyta)

Die Vetreter der Gattung *Phaeocystis* (Prymnesiomonada) bilden einen wichtigen Bestandteil des Phytoplanktons und besitzen eine enorme Vermehrungsrate. Sie treten sowohl als Einzelindividuen auf, bilden aber auch gelatinöse Kolonien von bis zu 1 mm Durchmesser. Bei Massenvermehrungen bilden diese Kolonien einen klebrigen Schleim, weshalb sie auch als Schaumalgen oder „stinking water“ bezeichnet werden. Einige *Phaeocystis*-Arten produzieren Dimethylsulfid (DMS), das dem atmosphärischen Treibhauseffekt entgegenwirken kann. *Phaeocystis antarctica* scheidet ein Pigment in die Schleimhülle der Kolonien ab, das UV-Strahlung absorbiert.

►C 12716: *Phaeocystis* sp., gelatinöse Kolonie; Einzelzellen

Panzergeißler (Dinoflagellata)

Nach den Diatomeen stellen die Dinoflagellaten die zweite große Gruppe des Phytoplanktons. Unter ihnen finden sich sowohl photoautotrophe und heterotrophe Formen, als auch solche, die z.B. gelöste Stoffe aus dem Wasser aufnehmen können, und daher als mixotroph bezeichnet werden (z.B. *Peridinium* sp.). Die meisten Gattungen besitzen eine charakteristische Zellhülle, die aus mehreren Membranen besteht, mit porösen Zellulose-Platten verstärkt sein kann (thekate Formen), und oft lange Schwefortsätze trägt. Die Dinoflagellaten schwimmen mittels zweier ungleich gebauter Geißeln. Durch Massenaufreten einiger Arten kann es zu brauner bis roter Verfärbung der Wasseroberfläche, zu den sogenannten ‚Harmful Algal Blooms (HABs)‘ oder ‚Red Tides‘, kommen, die meist mit Sauerstoffzehrung und Toxinausscheidungen verbunden sind .

►C 12716: *Peridinium* sp.

Zu den athekaten Formen ohne Zellulose-Panzer zählt die Gattung *Noctiluca*, deren Vertreter das Meeresleuchten erzeugen. Dieses auch als Biolumineszenz bezeichnete Phänomen beruht auf einer enzymatischen Reaktion, bei der Luciferin durch das Enzym Luciferase in einer sauerstoff- und energieabhängigen Reaktion gespalten und dabei Licht freigesetzt wird.

►C 12716: *Noctiluca* sp.

Noctiluca ist mit ca. 1 mm Durchmesser für einen Dinoflagellaten recht groß. Da *Noctiluca* mangels Chloroplasten nicht zur Photosynthese befähigt ist, ernährt dieser Dinoflagellat sich heterotroph von kleinen Zooplanktern, wobei die langen Tentakel zum Beutefang benutzt werden. Cytoplasmastränge, die die Gallertkugel durchqueren, transportieren die Nahrungsvesikel.

►C 12716: *Noctiluca* sp., Einzelindividuum; *Noctiluca* mit Einschluß; *Noctiluca*, Bewegung Einschluß

4.4 Strahlentierchen (Radiolarien)

Die Radiolarien sind eine rein marine, ausschließlich planktonische Tiergruppe. Die Mehrzahl der Arten lebt in Tiefen bis 350 m. Die Grundform der Zelle ist kugelig mit einer Zentralkapsel, die von einem lockeren Ektoplasma (Extrakapsulum) umgeben wird, das die Pseudopodien und die Nadeln oder Gitter des Kieselsäureskelettes bildet. Oftmals sind zudem symbiontische Zooxanthellen und Öltröpfchen eingelagert, letztere zur Erhöhung des Auftriebs. Die Skelette der Radiolarien sind als „Radiolarienschlamm“ in einigen Meeresregionen sedimentbildend.

►C 12716b: Radiolarie, Einzelindividuum; verschiedene Radiolarien

Kapitel 5. Mehrzellige Planktonorganismen

Das heterotrophe Zooplankton ist wesentlich heterogener zusammengesetzt als das Phytoplankton. Vertreter nahezu aller Tierstämme verbringen entweder ihren gesamten Lebenszyklus oder doch zumindest bestimmte Entwicklungsphasen im freien Wasser des Meeres und werden demgemäß als Holo- bzw. Meroplankton bezeichnet. Die dem Meroplankton zuzurechnenden Larven ähneln oftmals kaum den erwachsenen Tieren, die meist mittels einer Metamorphose aus ihnen hervorgehen (indirekte Entwicklung).

5.1 Nesseltiere (Cnidaria)

Die Cnidaria sind im Plankton neben verschiedenen Larvenformen vor allem durch Einzelindividuen in Form von Medusen und die Tierstöcke der Siphonophoren repräsentiert. Die aufgrund der meist stark entwickelten Schirmgallerte allgemein als Quallen bezeichneten Scyphomedusen gehören zu den größten Planktonorganismen. Ihre Medusen werden als Ephyren in einem als Strobilation bezeichneten Vorgang scheibenartig vom sessilen Polypen abgeschnürt. Alle diese Formen bewegen sich vorzugsweise durch Rückstoßschwimmen fort.

Hydrozoa

Der Lebenszyklus vieler Hydrozoen ist durch einen Generationswechsel charakterisiert, wobei sich eine festsitzende, asexuelle Phase (Polyp) mit einer freischwimmenden, sexuellen

Phase (Meduse) abwechseln (Metagenese). Manche Medusen sind allerdings auch zu asexueller Vermehrung durch Knospung in der Lage. Diese Medusenknospen können am Manubrium (wie bei dem hier gezeigten Exemplar von *Podocoryne* sp.), aber auch am Schirmrand, an der Schirmunterseite oder den Tentakeln gebildet werden. Die meisten Hydromedusen sind relativ klein. Ihr Schirmdurchmesser variiert zwischen einigen Milli- bzw. Zentimetern. Nach der Form, der Lage der Gonaden und anderen Merkmalen unterscheidet man zwischen Antho-, Lepto, Trachy- und Narcomedusen. Sie treten vorwiegend im Epipelagial auf (0-200 m Tiefe).

►C 12717: *Podocoryne* sp.

Die Staatsquallen (Siphonophora) bilden innerhalb der Hydrozoa ein eigenes Taxon von Tierstöcken, die z.T. recht groß werden können und deren Einzelindividuen stark spezialisiert sind. Die Portugiesische Galeere (*Physalia physalis*), eine der bekanntesten Arten, kommt hauptsächlich in den Tropen und Subtropen vor und segelt mit Hilfe eines gasgefüllten Auftriebskörpers (Pneumatophor) auf der Meeresoberfläche vor dem Wind. Sie ist damit ein typischer Vertreter des Pleustons.

►C 12717: *Physalia physalis*

Scyphozoa

Die Scyphomedusen, wie z.B. die Kompaßqualle (*Chrysaora hysoscella*), werden aufgrund der meist kräftig entwickelten Schirmgallerte allgemein als Quallen bezeichnet und gehören zu den größten Organismen im Plankton. Bei einigen Arten kann der Schirmdurchmesser bis zu 1 m betragen. Wie bei den Hydrozoa ist ihr Lebenszyklus ebenfalls durch einen metagenetischen Generationswechsel charakterisiert. Die Medusen entwickeln sich allerdings nicht als Einzeltiere an einem Polypen, sondern werden als sogenannte Ephyren in einem als Strobilation bezeichneten Vorgang scheibenartig, eine nach der anderen, freigesetzt.

►C 12717: Kompaßqualle (*Chrysaora hysoscella*)

Dieses scheibenförmige Ephyra-Stadium wird manchmal auch als Larve bezeichnet, obwohl es keine typischen Larvalorgane besitzt, d.h. Organe, die nur in der Larvalphase ausgeprägt sind und bei der Umwandlung (Metamorphose) in das Adulttier um- oder abgebaut werden. Bei der Ephyra sind um den Magenstiel (Manubrium) mit der Mundöffnung 4 Gastralfilamente angeordnet. In den Buchten zwischen den äußeren Flügellappen finden sich Sinneskörper, die der Rezeption von Schwerkraft und Licht dienen. Die Ephyra wächst im Laufe ihrer planktonischen Phase zu einer juvenilen Qualle heran.

►C 12717: Ephyra der Ohrenqualle (*Aurelia aurita*); juvenile Qualle (unbestimmt)

5.2 Rippenquallen (Ctenophora)

Die Ctenophora erinnern in ihrer gallertigen Beschaffenheit und Transparenz an Medusen, besitzen aber u.a. eine biradiale

Körpersymmetrie. Auf der Körperoberfläche verlaufen acht Reihen von Ruderplättchen (Rippen) vom apikalen Pol zur Mundöffnung, mit deren Hilfe die Fortbewegung erfolgt. Rippenquallen ernähren sich räuberisch. Ihre Entwicklung verläuft über das sogenannte Cydippe-Stadium. Die Seestachelbeere *Pleurobrachia pileus* erinnert an die gelatinösen Medusen der Cnidaria. Gemeinsam mit diesen werden die Ctenophoren im englischen Sprachraum auch als „gelatinous zooplankton“ bezeichnet. Die Körpergrundgestalt der Ctenophora ist überwiegend kugelig bis birnenförmig. Sie kann aber auch durch die Ausbildung von Lappen verändert (z.B. bei den Lobata) oder sogar bandförmig sein (Venusgürtel, *Cestus veneris*). Die Tentakel- und die Schlundebene stehen senkrecht aufeinander und kreuzen sich in der vertikalen Hauptachse, die durch die Mundöffnung und den aboralen Pol verläuft. Am apikalen Pol befindet sich das Scheitelorgan (Apikalorgan), das die Lageregulierung koordiniert. Wie die Medusen sind auch die Rippenquallen Räuber. *Pleurobrachia* ernährt sich vorwiegend von planktonischen Krebsen und Larven, die sie mit Hilfe von Klebzellen (Kolloblasten) ihrer beiden Tentakeln fängt. Die Tentakel sind lang ausstreckbar und tragen seitliche Verzweigungen, an denen die Kolloblasten angeordnet sind. Trotz ihrer Länge können die Tentakeln vollständig in zwei Taschen zurückgezogen werden, die sich in der Nähe des aboralen Poles befinden. Die Entwicklung der Rippenquallen verläuft über das sogenannte Cydippe-Stadium, bei dem es sich ähnlich wie bei der Ephyra der Scyphozoen ebenfalls nicht um eine Larve sondern ein Jugendstadium handelt. Die Körperorganisation entspricht dem Adultus, die Körperform ist birnenförmig. Die Cydippe ist natürlich kleiner und die Längsreihen der Wimperplättchen sind dementsprechend kürzer, aber bereits in acht Reihen angelegt. Das Apikalorgan ist deutlich sichtbar. Mit zunehmendem Alter entwickelt sich die Körperform des Adultus.

►C 12718: *Pleurobrachia pileus*; *Pleurobrachia pileus* Beutefang; Cydippe; ältere Cydippe

5.3 Strudelwürmer (Turbellaria)

Unter den Turbellaria entwickeln sich lediglich einige marine Polycladida über planktonische Larven. Aus einer zunächst Trochophora-ähnlichen Larve entwickelt sich durch die Ausbildung von 8 cilientragenden Lappen die sogenannte Müllersche Larve, die gelegentlich mit feinmaschigen Phytoplanktonnetzen gefangen wird.

Diese Larvalphase dauert nur einige Tage und in der Folge geht aus ihr der junge Strudelwurm hervor. Dieser ist ebenfalls noch komplett mit Cilien besetzt und hin und wieder in Planktonproben zu finden bevor er zum benthischen Leben übergeht.

►C 12719: frühes Larvenstadium; Müllersche Larve; jg. Wurm

5.4 Schnurwürmer (Nemertini)

Die Nemertini sind ein Tierstamm mit recht unterschiedlichen Entwicklungsabläufen und dementsprechend verschiedenen Larven. Die wohl bekannteste Larve ist das Pilidium (Fechterhut-Larve) vieler Heteronemertini, die sich von kleineren Planktonorganismen ernährt (planktotroph). Die Larve ist helmförmig mit seitlich heruntergezogenen Lappen und einem apikalen Wimperschopf. Entlang des Randes verläuft

ein Wimperband, durch dessen Cilienschlag die Larve umherschwimmt, wobei sie häufig um die eigene Achse rotiert. Zahlreiche Abwandlungen dieser Grundform kommen vor. Die Mundöffnung liegt ventral in der Mitte und führt in einen blind endenden Darm. Im Zuge der komplizierten Metamorphose wird der Darm von Imaginalscheiben umwachsen, und in dem so entstehenden Hohlraum (Amnion) entwickelt sich der juvenile Wurm.
►C 12720: Pilidium-Larve

5.5 Rädertiere (Rotatoria)

Rotatoria sind im Süßwasser in großer Zahl und Formenvielfalt zu finden. Im marinen Plankton kommen dagegen nur relativ wenige Arten vor. Sie sind recht klein (meist < 1 mm) und bestehen relativ konstant aus etwa 1000 Zellen (Zellkonstanz = Eutelie). Der Körper ist von einem Panzer (Lorica) aus keratinartigen Proteinen umgeben und teilweise mit Dornen bewehrt. Charakteristisch ist das Räderorgan am Vorderende des Körpers, das mit seinen Cilien sowohl der Fortbewegung als auch der Nahrungsaufnahme dient. Der hintere Abschnitt des Pharynx ist zu einem Kaumagen, dem Mastax, mit komplex angeordneten Hartteilen differenziert. Er dient der Zerkleinerung der Nahrung. Der am Hinterende inserierende Fuß ist sehr beweglich und wird beim Schwimmen zum Steuern benutzt. Er kann bei pelagischen Arten fehlen.
►C 12721: Räderorgan; Kauapparat

5.6 Schnecken (Gastropoda)

Nur wenige der etwa 70000 marinen Gastropoda sind zur holoplanktonischen Lebensweise übergegangen, wie z.B. die Kielfüßer (Heteropoda) und die Flügelschnecken (Pteropoda). Neben diesen holoplanktonischen Formen findet sich im Plankton vor allem die Larve vieler benthischer Schnecken, der Veliger, der auch in der Entwicklung der holoplanktonischen Formen auftritt. Das namensgebende Schwimmorgan des Veligers ist eine paarige, seitliche Ausfaltung des Kopfes, das Velum.

Holoplanktonische Schnecken (Gastropoda)

Unter den Vorderkiemerschnecken (Prosobranchia) sind die holoplanktonischen Heteropoda mit etwa 30 Arten vertreten. Nur sehr wenige Formen werden größer als einige Zentimeter (z.B. *Carinaria cristata* mit 50 cm Länge). Die Heteropoden haben den vorderen Abschnitt des Fußes zu einer unpaaren Flosse umgebildet. Da der Schwerpunkt des Körpers nicht zuletzt durch die Schale bestimmt wird, schwimmen die Tiere mit der Ventralseite nach oben, daher der Name „Kielfüßer“.
►C 12722: *Atlanta* sp. (Heteropoda)

Unter den Hinterkiemerschnecken (Opisthobranchia) leben die etwa 100 Arten umfassenden Flügelschnecken (Pteropoda) ebenfalls holoplanktonisch und zeigen typische Anpassungen an das pelagische Milieu, wie z.B. die Reduktion der Schale bzw. ihre Umwandlung in eine langgestreckte Form sowie die Abwandlung des Kriechfußes in zwei laterale Parapodien („Flossen“, „Flügel“).

Die Fortbewegung erfolgt durch flügelartiges Schlagen dieser Parapodien. Innerhalb der Pteropoda werden zwei unterschiedliche Entwicklungslinien angenommen, die zu den Thecosomata (beschaltete Formen, z.B. *Creseis* sp.) und zu den Gymnosomata (schalenlose Formen, z.B. *Pneumodermopsis paucidens*) geführt haben. Die Thecosomata strudeln ihre Nahrung mit Hilfe von Wimperfeldern herbei oder sezernieren Schleimnetze und können demzufolge als Sammler und Fallensteller bezeichnet werden.
► **C 12722:** *Creseis* sp. (Thecosomata) Flossenschlag, Detail; *Creseis acicula* Übersicht

Die leeren Schalen dieser Tiere konzentrieren sich in manchen Regionen auf dem Meeresboden zum sogenannten Pteropodenschlamm.
► **C 12722:** Pteropodenschlamm

Aufgrund der fehlenden Schale, der Anordnung der „Flossen“ in der Körpermitte und der eher stromlinienförmigen Form sind die Gymnosomata recht gute Schwimmer und ernähren sich hauptsächlich räuberisch, indem sie ihre Beute mit Saugnäpfen ergreifen.
► **C 12722:** unbestimmter Vertreter der Gymnosomata; *Pneumodermopsis paucidens*

Veliger-Larven

Sowohl die erwähnten holoplanktonischen Formen als auch viele benthische Proso- und Opisthobranchier mit planktonischer Entwicklung besitzen den gleichen Larventyp, den Veliger. Das namensgebende Schwimmorgan dieser charakteristischen Larve ist eine paarige, seitliche Ausfaltung des Kopfes, das Velum (lat: velum = das Segel), das entlang seines Randes ein Cilienband trägt. Durch den Schlag dieser Cilien bewegt sich der Veliger nicht nur fort, sondern es werden gleichzeitig auch Nahrungspartikel in die sich auf der Rückseite des Velums anschließende Futterrinne befördert und dort zur Mundöffnung transportiert. Das Velum zeigt typische Anpassungen an die Länge der planktonischen Entwicklung der einzelnen Arten. So sind bei Arten mit langer planktonischer Phase die Anzahl und Länge der Velarlappen erhöht. Durch das damit verbesserte Schwimmvermögen können die Larven viele Monate im Plankton verbringen und dabei durch Strömungen weit verdriftet werden (sog. Long-distance Veliger). Mittels im Innern verlaufender Muskelfasern kann das Velum in die Schale zurückgezogen werden. Der Druck der Hämolymphe wirkt beim Erschlaffen der Muskeln als Antagonist, um das Velum wieder auszustülpen. Die transparente, wenig verkalkte Larvalschale (Protoconch) geht meist in die Adultschale (Teloconch) über.
► **C 12722:** unbestimmter Prosobranchia-Veliger; Veliger von *Mangelia* sp. (Prosobranchia); Veliger von *Archidoris pseudoargus* (Opisthobranchia)

Bei den Bivalvia (Muscheln) tritt eine ähnliche Larve auf, der Rotiger. Er unterscheidet sich vom Veliger der Gastropoda aber deutlich u.a. durch eine zweiklappige Schale und ein rundes, ungegliedertes Velum.

Bei adulten benthischen Gastropoden entwickelt sich im Zuge des Überganges zum Bodenleben aus dem freischwimmenden Veliger zunächst die Veliconcha. Sie ist aufgrund der Entwicklung des Fußes zu kriechender aber mit Hilfe des Velums auch zu schwimmender Fortbewegung fähig. Diese Ambivalenz erweist sich als vorteilhaft hinsichtlich der Suche nach einem geeigneten Habitat, wobei auch Sinnesorgane, wie z.B. das cephal Sinnesorgan oder die Tentakel eine Rolle spielen. Während der anschließenden Metamorphose wird das Velum sukzessive resorbiert oder abgeworfen.

►C 12722: unbestimmte Veliconcha-Larve (Prosobranchia)

5.7 Spritzwürmer (Sipuncula)

In der indirekten Ontogenese (Individualentwicklung) der Sipuncula folgt auf eine Trochophora-Larve eine an die planktonische Lebensweise angepasste Sekundärlarve, die Pelagosphaera. Ihr Körper besteht aus einer vorderen Kopfregion, einer mittleren Region mit dem metatrochen Cilienband und dem Rumpf. Kopf und mittlere Körperregion können in den Rumpf zurückgezogen werden.

►C 12723: Pelagosphaera-Larve im Licht- und Elektronenmikroskop (REM)

5.8 Borstenwürmer (Polychaeta)

Die Polychaeta, eine der dominanten Tiergruppen des marinen Benthos, haben auch das Pelagial als Lebensraum erobert. Von den etwa 10000 bis heute bekannten Polychätenarten sind aber nur etwa 140 holoplanktonisch lebende bekannt. Neben diesen finden sich im Plankton vor allem die Larven vieler benthischer Borstenwürmer mit planktonischer Entwicklung, die in der Regel über eine Trochophora als Primärlarve und morphologisch sehr unterschiedliche Sekundärlarven erfolgt.

Adulte Formen

Die beiden artenreichsten Familien unter den holoplanktonischen Borstenwürmern sind die Alciopidae und Tomopteridae. Ihre Vertreter sind nahezu vollständig transparent. Sie bewegen sich vorzugsweise durch Schlangelschwimmen fort, ihre Parapodien sind dazu paddelartig abgeflacht und bei den Tomopteridae sind die Borsten fast vollständig reduziert. Lediglich die langen Parapodialcirren tragen interne Stützborsten (hier durch die Fixierung spiralförmig aufgerollt). Die Alciopidae zeichnen sich durch große Linsenaugen und einen ausstülpbaren Rüssel (Pharynx) aus, was auf eine räuberische Lebensweise schließen läßt.

►C 12724: *Tomopteris* sp. (Tomopteridae); *Rhynchonerella* sp. (Alciopidae) (unvollständiges Exemplar)

Larven

Die Trochophora stellt die ursprüngliche Larve der Polychäten dar. Nach der Trochophora-Theorie wird sie auch als primäre Larve einer Reihe weiterer Tiergruppen angesehen (z.B. Mollusca, Sipuncula), die aufgrund der Orientierung der Teilungsspindeln während der frühen Furchungsstadien als Spiralia bezeichnet werden. Die anfängliche Kugel- oder Walzengestalt der Trochophora wird durch zwei umlaufende Cilienbänder (Proto- und Metatroch) in die cephalen Epi- und caudale Hyposphaere gegliedert. Diese Cilienbänder treiben die Larve in spiralförmigen Bögen durchs Wasser. Am apikalen Pol befindet sich eine Scheitelplatte, die mit sensorischen Zellen und einem Wimpernschopf versehen ist. Die Trochophora besitzt einen durchgehenden Verdauungstrakt. Die Mundöffnung liegt ventral zwischen Proto- und Metatroch. Der terminal gelegene Anus wird von einem als Telotroch bezeichneten Cilienband umgeben.

►C 12724: unbestimmte Trochophora

Die wurmförmige Körpergrundgestalt der Polychaeta entwickelt sich mit der sukzessiven Bildung ursprünglich gleichförmiger Körperabschnitte (Segmente) in der präanaln Sprossungszone. Aus der Episphaere bildet sich die Kopfregion (Prostomium) des späteren Adultus. Entsprechend der Anzahl der gebildeten Segmente wird die Larve in der weiteren Entwicklung als Metatrochophora bzw. mit zunehmender - auch funktionaler - Ausstattung mit Parapodien und Borsten als Nectochaeta bezeichnet, wobei die Grenze zwischen beiden Stadien fließend ist.

►C 12724: unbestimmte Metatrochophora; späte Metatrochophora

Vor allem die älteren Larven der Polychäten zeigen eine reiche Formenvielfalt, die z.T. aus unterschiedlichen Anpassungen an die planktonische Lebensweise resultiert. So bildet die Aulophora-Larve von *Lanice* sp. (Terebellidae) zur Verbesserung ihres Auftriebs eine gallertige Röhre, in der sich die mit 3-5 Tentakeln ausgestattete Larve frei bewegen kann. Sie stützt sich dabei mit ihren Borsten an der Innenwand der Röhre ab.

►C 12724: Aulophora-Larve v. *Lanice* sp. (Terebellidae)

Während der Entwicklung der Mitraria-Larve der Oweniidae wird die Episphaere vergrößert, und dementsprechend das Cilienband des Prototrochs verlängert, um die Schwimmfähigkeit der Gewichts- und Größenzunahme anzupassen. Die Mitraria trägt an der Unterseite der Episphaere sehr lange caudal gerichtete Borsten, die spatelförmig abgeflacht sein können. Die Segmente des eigentlichen Wurmkeimes (Hyposphaere) entwickeln sich als Einstülpung in die Episphaere (Faltenkeim, Endolarve), wodurch die positiven Schwimmeigenschaften einer Kugel zunächst erhalten bleiben. Aufgrund ihrer etwa 4-wöchigen Entwicklung ist die Mitraria - wie auch die Aulophora - relativ lange im Plankton und wird aus dem Küstenbereich auch auf die Hochsee verdriftet. Sie trägt somit zur weiten Verbreitung der Art bei.

►C 12724: Mitraria-Larve (Oweniidae), Übersicht, Detail

Die Larve von *Chaetopterus* zeichnet sich durch einen sehr großen Mund und eine variable Anzahl von Wimperkränzen aus, die der Fortbewegung dienen. Je nach Alter sind die Tentakeln und eine unterschiedliche Anzahl von Segmenten entwickelt.

►C 12724: Larve von *Chaetopterus* (Chaetopteridae)

5.9 Krebse (Crustacea)

Die Crustacea sind in nahezu jeder Planktonprobe vertreten und stellen meist den größten Teil der Biomasse. Unter den holoplanktonischen Krebsen finden sich Vertreter aus unterschiedlichen systematischen Gruppen, so z.B. der Blattfußkrebse (Branchiopoda), Ruderfußkrebse (Copepoda), Schwebgarnelen (Mysidacea) und Leuchtkrebse (Euphausiacea). Hinzu kommt eine Vielfalt meroplanktonischer Larven vieler weiterer Taxa, von denen viele aus historischen Gründen mit eigenen Namen bezeichnet werden. Hier verdienen die Larven der Zehnfüßigen Krebse (Decapoda), deren typisches Schlüpfstadium die Zoëa ist, besondere Erwähnung.

Euphausiaceen kommen in großen Schwärmen vor und stellen als „Krill“ die Hauptnahrung einiger Bartenwale (z.B. Blau- und Finwal). Während *Euphausia superba* in der antarktischen Region die dominierende Art des Krill bildet, wird diese Rolle in der arktischen Region von *Meganyctiphanes norvegicus* übernommen („nördlicher Krill“).

Adulte Formen

Die Phyllopoda sind nur mit etwa 10 Arten im marinen Milieu vertreten. Es handelt sich um überwiegend kleine Formen, die sich räuberisch oder mit Hilfe ihrer blattartig ausgebildeten Beine als Mikrofiltrierer ernähren. Einige Arten, wie z.B. *Penilia* sp. besitzen einen unverkalkten, zweiklappigen Carapax, der den Körper mit den 6 Beinpaaren umschließt. Diese Art tritt saisonal vor allem im küstennahen Plankton des Mittelmeeres in großen Mengen auf.

►C 12725: *Penilia* sp., Nahrungsfiltrierung

Zwischen Carapax und Rumpfrücken besitzen die Phyllopoda einen Brutraum, in dem sich die relativ kleinen Eier entwickeln. Während die 1. Antennen klein sind, sind die 2. Antennen gut entwickelt und dienen der Fortbewegung.

►C 12725: *Penilia* sp., Brutraum

Im Gegensatz zu *Penilia* handelt es sich bei *Podon* und *Evadne* um räuberische Arten. Der Carapax ist bei ihnen reduziert und nur als Brutraum erhalten. Auch bei diesen Arten dienen die 2. Antennen der Fortbewegung. Auffallend ist das große, bewegliche Facettenauge. Oberhalb des thorakalen Brutraumes ist das schlagende Herz zu erkennen.

►C 12725: *Evadne* sp.

Marine Wasserflöhe (Phyllopoda: Cladocera) können sich im Sommer durch Jungfernzeugung (Parthenogenese) sehr schnell vermehren. Wie bei den verwandten Arten im Süßwasser (z.B. *Daphnia* sp.) tritt auch hier ein Wechsel zwischen einer parthenogenetisch und einer bisexuell erzeugten Generation auf,

der als Heterogonie bezeichnet wird. Im Gegensatz zu den parthenogenetisch erzeugten Subitaneiern können die bisexuell erzeugten Latenzeier ungünstige Umweltbedingungen (Frost, Sauerstoffmangel, Salinitätsschwankungen) überdauern. In Abhängigkeit von Umweltfaktoren (z.B. Temperatur) bilden die parthenogenetischen Generationen limnischer Arten u. a. unterschiedliche Körperformen und -anhänge aus (Cyclomorphose).

►C 12725: *Podon* sp. mit Embryonen

Die Ruderfüßer (Copepoda) stellen die dominierende Tiergruppe in vielen Planktonproben. Aufgrund der enormen Individuenzahlen, die nach Ansicht einiger Autoren die Anzahl aller anderen Metazoen auf der Erde zusammengenommen übertreffen, bilden sie einen wichtigen Teil der marinen Nahrungskette. Sie ernähren sich überwiegend von den einzelligen Algen des Phytoplanktons, und sind selbst für viele Fische, aber auch für Bartenwale eine wichtige Proteinquelle. Ihre Ausscheidungen und Häutungshüllen spielen wiederum als Bestandteil des Sestons (Meeresschnee) eine wichtige Rolle für den Transport organischen Materials in tiefere Wasserschichten. Der Körper der meisten Arten umfaßt eine konstante Anzahl von Segmenten (10) und gliedert sich in einen breiten Cephalothorax und ein schmaleres Abdomen. Bei planktonischen Arten ist das erste Antennenpaar meist sehr lang und teilweise mit fiederartigen Anhängen versehen. Sie werden als Schwebefortsätze weit ausgebreitet, um das Absinken der Tiere zu verlangsamen. Die Fortbewegung erfolgt allerdings gleichmäßig oder in Sprüngen durch die Beinpaare des Thorax. Die Antennen werden dabei kurzzeitig angelegt.

►C 12725: Übersicht Copepoden

Die Weibchen der meisten Copepoden tragen die befruchteten Eier auf der Ventralseite des Abdomens.

►C 12725: *Pseudocalanus* sp. mit Eisack

Der Cephalothorax der Copepoden trägt in der Regel ein einzelnes Naupliusauge. Bei räuberischen Arten wie *Sapphirina*, *Corycaeus* oder *Copilia* sind jedoch stark vergrößerte, paarige Ocellen ausgebildet, deren Linsensystem aus einer großen vorderen (Cornealinse) und einer kleineren hinteren Linse (Kristallkegel) besteht, die von einer kegelförmigen Membran umschlossen werden. Durch rhythmisches seitliches Oszillieren der hinteren Linsen, werden Objekte zeilenweise abgetastet.

►C 12725: *Corycaeus* sp. (Copepoda)

Die garnelenartigen Mysidaceen (Schwebgarnelen) sind vorwiegend neritisch, d.h. sie leben im Küstenplankton. Sie bilden häufig Schwärme, die sich tagsüber in Bodennähe aufhalten und nachts in die Wassersäule aufsteigen. Typisch für Mysidaceen ist ein Paar Statocysten an der Basis der Uropoden. Uropoden und das unpaare mediane Telson bilden gemeinsam einen Schwanzfächer.

Larven

Der Nauplius ist die typische Primärlarve der Crustaceen. Aus ihm gehen je nach systematischer Gruppe im Zuge der weiteren Entwicklung unterschiedliche Sekundärlarven hervor, die taxonspezifische Merkmale tragen. Die Sekundärlarven können wiederum durch Häutungen in verschiedene Stadien untergliedert sein. Der Nauplius kann aber auch ohne Metamorphose, durch eine Serie von Häutungen und einer damit verbundenen Zunahme von Segmenten und den zugehörigen Extremitäten, zum Adultus heranwachsen (regelmäßige Anamerie) (z.B. Anostraca, Cephalocarida).

►C 12725: Nauplien von Rankenfußkrebse (Cirripedia)

Der Nauplius besitzt nur 3 Extremitätenpaare (1. und 2. Antenne und Mandibeln), von denen die beiden hinteren als Spaltfüße ausgeprägt sind. Die Extremitäten dienen sowohl der Nahrungsaufnahme als auch der Fortbewegung. Typisch ist außerdem das unpaare Naupliusauge. Die Rumpfssegmente werden erst während der weiteren Entwicklung zum Metanauplius angelegt.

►C 12725: Nauplius eines Copepoden (Cyclopoida)

Obwohl es sich beim Nauplius um eine ursprüngliche Larve handelt, kann die Körperform stark variieren und durch spezifische Merkmale die systematische Zuordnung bereits erkennbar sein. So zeichnen sich z.B. die Nauplien der Rankenfußkrebse (Cirripedia) durch lange, stachelartige Anhänge aus.

►C 12725: Nauplius der Facetotecta (Thecostraca); Nauplius von *Lepas* sp. (Cirripedia)

Auch der Nauplius des norwegischen Krills (*Meganyctiphanes norvegicus*) besitzt lange, beborstete Extremitäten. Am Hinterleib sind hier die Ansätze weiterer Extremitäten zu erkennen.

►C 12725: Nauplius von *Meganyctiphanes norvegicus* (Euphausiacea)

Bei vielen Crustaceen-Taxa schlüpfen die Larven aber auch erst in einem weiter entwickelten Stadium, z.B. bei den Decapoda als Zoëa-Larven. Im Zuge einer solchen, meist mit Brutpflege verbundenen Entwicklungsverkürzung, werden bereits alle Segmente in der Eihülle angelegt (Epimerie). Innerhalb der Malacostraca zeigen nur wenige Gruppen noch freischwimmende Nauplien, so z.B. die Euphausiaceen, die Penaeidae und einige Sergestidae. Insgesamt bringen die Crustaceen eine große Vielfalt unterschiedlicher Larvenformen hervor.

►C 12725: *Solenocera membranacea* Zoëa II (Decapoda)

Die Alima (Pseudozoëa-Larve) von *Squilla* (Stomatopoda) zeichnet sich durch einen transparenten, stark dorso-ventral abgeplatteten und zudem mit diversen Stacheln versehenen Cephalothorax aus, der die Schwebfähigkeit verbessert. Die Segmente und Pleopoden des Abdomens sind bereits weit entwickelt und funktionsfähig

(Schwimmen) während im Cephalothorax die meisten Segmente und Extremitäten noch recht klein sind (unregelmäßige Anamerie). Das 2. Maxillipeden-Paar (2. Paar Thoracopoden) ist allerdings bereits zum typischen Fangbein dieser Fangschreckenkrebsse differenziert. Die Komplexaugen der Alima-Larve sind lang gestielt und können in verschiedene Richtungen bewegt werden.

►C 12725: Alima-Larve (Pseudozoöa) von *Squilla* sp. (Stomatopoda); Auge

Bei der Antizoöa (Erichthus-Larve), die der Pseudozoöa in der Entwicklung der Stomatopoden vorausgeht, sind die Komplexaugen noch nicht gestielt und das 2. Maxillipeden-Paar ist noch nicht als Fangbein entwickelt.

►C 12725: Erichthus-Larve (Antizoöa) (Stomatopoda)

Die als Zoöa bezeichnete Larve ist das typische Schlüpfstadium der Zehnfüßigen Krebse (Decapoda). Meist sind die Maxillipeden (Kieferfüße) noch als Schwimmbeine tätig, während die späteren Peraeopoden (Schreitbeine) erst als stummelförmige Anlagen vorhanden sind. Mit der Metamorphose ist somit auch ein Funktionswandel der Maxillipeden verbunden. Typisch für die Zoöen der Krabben (Brachyura) sind die starken Stachel am Carapax und das untergeschlagene Abdomen.

►C 12725: Brachyuren-Zoöa (Decapoda)

Die auch als Postlarve bezeichnete Megalopa der Kurzschwanzkrebse (Brachyura) kann noch im Plankton gefunden werden. Sie ist ein Übergangsstadium zum jungen Adultus und hat bereits Scherenfüße entwickelt. Die Kieferfüße sind nun als Mundgliedmaßen funktionell. Die Fortbewegung erfolgt durch die Pleopoden (Schwimmen) oder durch die Peraeopoden (Schreitbeine). Mit der Entwicklung zur juvenilen Krabbe geht auch ein Wechsel von der planktonischen zur benthischen Lebensweise einher.

►C 12725: Brachyuren-Megalopa (Decapoda)

5.10 Pfeilwürmer (Chaetognatha)

Chaetognathen ernähren sich überwiegend räuberisch von Copepoden, die sie mit ihren seitlich am Kopf angeordneten Greifhaken und Zähnen packen. Ihr langgestreckter, nahezu vollständig transparenter Körper ähnelt mit den seitlich ansetzenden Flossen einem Pfeil. Durch dorsoventrale Oszillation der Muskulatur können Chaetognathen blitzschnell zustoßen. Ihre systematische Stellung ist bis heute ungeklärt, da sie viele eigenständige Merkmale besitzen.

►C 12727: Kopf von *Sagitta* sp.

5.11 Tentaculata

Die Actinotrocha der Hufeisenwürmer (Phoronida) ist eine der eigenartigsten und faszinierendsten Wirbellosen-Larven im marinen Plankton. Durch einen hufeisenförmigen Kranz von bewimperten Tentakeln wird sie in eine cephalere Epi- und eine caudale Hyposphaere

untergliedert. Die Metamorphose verläuft sehr rasch und ist in etwa 15 Minuten abgeschlossen.

Die Episphaere wölbt sich schirmartig über die Mundöffnung und trägt eine apikale Scheitelplatte. Bei einigen Arten ist vor der Scheitelplatte ein zweites Nervenzentrum entwickelt, das bei der Substratbeurteilung im Zusammenhang mit der Metamorphose und dem damit verbundenen Übergang zur benthischen Lebensweise eine Rolle spielt. Das Hinterende ist durch ein circumanales Wimperband (Telotroch) charakterisiert, das hauptsächlich für die Fortbewegung verantwortlich ist.

Die Metamorphose zum wurmförmigen Adultus wird durch das Ausstülpen des sogenannten metasomalen Blindsacks eingeleitet, der sich ventral in der Hyposphaere kurz hinter dem Tentakelkranz entwickelt. Die Larvaltentakel und die Episphaere dienen dabei als erste Mahlzeit des juvenilen Wurms.

►C 12726: Actinotrocha-Larve

5.12 Stachelhäuter (Echinodermata)

Die adult pentaradiären und ganz überwiegend benthisch lebenden Echinodermata entsenden sehr charakteristische, bilateralsymmetrische Larven ins Plankton, die sich alle auf die sogenannte Dipleurula-Larve als Urform zurückführen lassen. Sie bewegen sich mit Hilfe von Cilienbändern fort. Die Larven der See- und Schlangensterne (Echinoidea, Ophiuroidea) besitzen teilweise lange Anhänge, die durch Skelettelemente aus Calciumcarbonat gestützt werden.

Seesterne (Asteroidea)

Die Bipinnaria der Seesterne zeichnet sich durch das Vorhandensein von zwei Cilienbändern aus. Ein präorales Band umgibt die Region vor der Mundbucht (präorales Feld), während das postorale Cilienband ventral die Mundbucht begrenzt, meist deutlich länger ist und in weiten Schleifen über die Larve verläuft. Die Bipinnaria besitzt keine Skelettelemente. Aufgrund der Transparenz sind der schlanke, relativ lange Pharynx, der annähernd kugelförmige Magen und der Enddarm deutlich zu erkennen, ebenso die Anlagen des Hydro- und Somatocoels.

►C 12728: ältere Bipinnaria-Larve

Nur bei wenigen Seesternen metamorphosiert die Bipinnaria direkt zum jungen Adultus. Bei den meisten geht aus ihr die komplexe Brachiolaria-Larve hervor. Bei ihr sind die Schleifen des Cilienbandes zu armartigen Anhängen ausgezogen, und die Larve kann mit bis zu 3 cm sehr groß werden. Typisch sind drei apikale Brachiolaria-Arme, die bei der Beurteilung des Substrates und dem Übergang zur benthischen Lebensweise eine Rolle spielen (Metamorphose).

►C 12728: Brachiolaria-Larve

Schlangensterne (Ophiuroidea)

Die Ophiopluteus-Larve besitzt einige Ähnlichkeit mit dem Echinopluteus der Echinoidea (Seeigel). Es sind jedoch nur 4 Armpaare entwickelt, die allerdings deutlich länger und stärker gespreizt sind. Sie werden von Skelettstäben aus Calciumcarbonat

gestützt. Über die Arme verläuft ein geschlossenes Cilienband, das sowohl für das Herbeistrudeln von Nahrungspartikeln als auch für die langsame Fortbewegung mit der Mundöffnung voran zuständig ist.

►C 12728: Ophiopluteus-Larve

Seegurken (Holothuroidea)

Die Auricularia-Larve der Seegurken (Holothuroidea) erscheint der Bipinnaria der Seesterne sehr ähnlich. Bei der Auricularia bilden die Cilien allerdings ein einzelnes, zusammenhängendes Band, das den rundlichen Ausbuchtungen des Körpers folgt und mit zunehmender Größe und Gewicht der Larve an Komplexität zunimmt. Im Gegensatz zur Bipinnaria finden sich in den hinteren, seitlichen Ausbuchtungen älterer Auricularia-Larven Ansätze eines Larv skeletts in Form kleiner Kalkrädchen (Ossikel).

►C 12728: Auricularia-Larve

5.13 Eichelwürmer (Enteropneusta)

Die Tornaria-Larve der Enteropneusta ähnelt auf den ersten Blick der Bipinnaria- oder Auricularia-Larve der Echinodermen, die Cilienbänder sind aber, v.a. in älteren Stadien, noch stärker gewunden und bilden komplizierte Lappen und Sättel. Sie dienen vorwiegend dem Herbeistrudeln von Nahrungspartikeln, während die Fortbewegung durch das charakteristische circumanale Wimperband (Telotroch) erfolgt. Die Tornarien einiger Arten können mehrere Millimeter groß werden und lange Zeit im Plankton verbringen.

►C 12729: Tornaria-Larve, Übersicht, Schwimmen

5.14 Chordatiere (Chordata)

Zu den Chordaten zählen neben den Appendicularien, Seescheiden (Ascidacea) und Salpen (Thaliacea) auch die Wirbeltiere (Vertebrata). Letztere sind nur mit Eiern und Fischlarven im Plankton vertreten. Die Appendicularien und Salpen sind in Anpassung an die pelagische Lebensweise vollständig transparent und ernähren sich von Kleinstplankton, das sie mit Hilfe eines hoch effektiven Filtrationsmechanismus anreichern.

Appendicularia

Die Appendicularien (oder Larvacea) sind überwiegend kleine, wenige Millimeter große Tunicata (Manteltiere), die zeitlebens einen deutlich vom Rumpf abgesetzten und um 90° aus der Körperlängsachse verschobenen Schwanz mit zentraler Chorda besitzen. Sie haben einen einzigartigen Mechanismus der Nahrungsaufnahme entwickelt. Obwohl sie keinen Kiemendarm zur Nahrungsanreicherung durch Filtration haben, wie z.B. die Thaliacea (Salpen), ernähren sie sich dennoch von kleinsten Flagellaten und Protozoen (Nanoplankton). Die Funktion des Kiemendarmes ist bei den Appendicularien in ein gallertiges, durchsichtiges Gehäuse verlagert, das von den Tieren sezerniert wird und sie in den meisten Fällen vollständig umgibt. Durch die schlagenden Bewegungen des Schwanzes wird Wasser durch dieses Gehäuse gepumpt und Nahrungspartikel in einem

Filterapparat zurückgehalten. Die Filtrationsrate liegt bei einigen hundert Millilitern pro Stunde wobei das Nanoplankton nahezu quantitativ zurückgehalten wird. Die Gehäuse können bei einigen Arten sehr groß werden (bis zu 1 m Durchmesser), sind aber sehr fragil und werden beim Fang mit dem Planktonnetz zerstört. Sie können allerdings innerhalb weniger Minuten neu gebildet werden.
►C 12730: *Oikopleura* sp.

In der Detailansicht sind neben der Ansatzstelle des Schwanzes auch die inneren Organe des Rumpfes gut zu erkennen, wie z.B. die noch schwach entwickelten Gonaden (Eier), das schnell schlagende Herz, der Magen, der Oesophagus mit dichtem Cilienbesatz und die dorsal (hier ventral) davor gelegene Statocyste.
►C 12730: *Oikopleura* sp., Rumpf

Die vom Filterapparat zurückgehaltenen Nahrungspartikel werden mit Hilfe von Cilien über die Mundöffnung in den Verdauungstrakt transportiert. Auffällig ist das schnell schlagende Herz und das am hinteren oberen Ende des Rumpfes gelegene Ovar mit Eiern.
►C 12730: *Oikopleura* sp., Einstrudeln v. Nahrungspartikeln;
Detail

Seescheiden (Ascidiacea)

Die Seescheiden besitzen Larven, die entfernt an Kaulquappen erinnern. Diese besitzen einen Ruderschwanz mit zentral gelegener Chorda und einem Flossensaum, der von der transparenten Tunica gebildet wird. Am Vorderende verfügen sie über Papillen, mit denen sie sich beim Übergang zum Bodenleben festheften können.
►C 12730: Ascidienlarve

Salpen (Thaliacea)

Der nur wenige Millimeter lange, tonnenförmige Körper der Salpen der Gattung *Doliolum* ist an beiden Enden weit offen und wird von Muskelbändern faßreifenartig umgeben. Diese Salpen sind vollkommen transparent und ernähren sich von Phytoplankton, das mit Hilfe des Kiemendarmes aus dem Wasser gefiltert wird. Durch rhythmische Kontraktionen der Muskelreifen können sich die Tiere nach dem Rückstoßprinzip fortbewegen. Ihre Fortpflanzung zeichnet sich zudem durch einen sehr komplizierten Generationswechsel aus.
►C 12730: *Doliolum* sp.

Wirbeltiere (Vertebrata)

Obwohl die meisten adulten Fische typische Vertreter des Nektons sind, zählen ihre Eier und Larven zum Plankton. In den Eihüllen sind die Embryonen bei entsprechend fortgeschrittener Entwicklung gut zu erkennen. Zur Verbesserung des Auftriebs haben manche Eier Öltröpfchen eingelagert (z.B. Sardine, Makrele etc.). Die aus dem Ei schlüpfenden Larven tragen zunächst noch einen Dottersack und besitzen ein spezifisches Muster an Chromatophoren. Bei den Plattfischen sind die frühen Larven noch

streng bilateralsymmetrisch. Erst mit der Metamorphose wandern die Augen auf die zukünftige Oberseite. Untersuchungen über Zusammensetzung und geografische Verteilung der sogenannten Fischbrut (Eier) spielen bei der Klärung fischereibiologischer Fragen eine wichtige Rolle. Im Gegensatz zu den planktonischen Fischlarven zählen die Jungfische zum Nekton.

►C 12730: unbestimmte Fischeier; Jungfische

Kapitel 6. Methodik

Die vertikale und horizontale Verteilung des Planktons im Meer hängt von zahlreichen Faktoren ab und ist in der Regel sehr inhomogen. Die lokale Zusammensetzung variiert zudem mit dem Tagesverlauf. Einige Formen erscheinen nur bei Tag, andere nur bei Nacht. Die meisten Planktonorganismen reagieren sehr empfindlich auf Temperaturschwankungen und Sauerstoffmangel. Die Untersuchung lebender Organismen muß daher zügig erfolgen.

6.1 Planktonfang

Durch Wasserbewegungen, Verteilung von Nährstoffen und Sauerstoff, Temperaturgradienten und die Wanderungen der Organismen ist die Verteilung des Planktons über den Wasserkörper sehr inhomogen („patchiness“). Die tropischen Meere werden auch als „Blaue Wüste“ bezeichnet, da sie wegen der geringen Schwebfracht und Planktonarmut blau erscheinen. Mit Hilfe spezieller Netze aus feinmaschiger Gaze, die mit 1-2 Knoten geschleppt werden, wird das Plankton bei der Probenahme konzentriert. Die verwendete Maschenweite bestimmt die Größenzusammensetzung der gefangenen Organismen.

Die Verwendung eines grobmaschigen Netzes schließt natürlicherweise den Fang kleiner Formen aus. Umgekehrt gilt entsprechendes, da die Filtrationsrate eines kleinmaschigen Netzes zu gering ist, um große, schnell bewegliche Plankter zu fangen. Zudem baut sich vor der Netzöffnung ein Staudruck auf, der die Tiere verscheucht, insbesondere wenn das Netz zu schnell geschleppt wird oder schlecht gereinigt ist. Die vom Netz erfassten Organismen werden in einem Becher am hinteren Ende des Netzes konzentriert. Je nach Zielsetzung unterscheidet man bei den Fängen zwischen Vertikal-, Schräg- oder Horizontalholts. Durch Verwendung von sogenannten Schließnetzen können bestimmte Wassertiefen separat beprobt werden.

►C 12731: Netzfang

6.2 Nachtfang

Aufgrund tagesperiodischer Wanderungen ist die Zusammensetzung des Planktons einer bestimmten Wassertiefe bei Tag und Nacht unterschiedlich. In der Dunkelheit werden Planktonorganismen durch Licht angelockt, so daß sie an der Oberfläche leicht mit einem kleinen Netz gefangen werden können.

►C 12732: Nachtfang

6.3 Labor

Die Untersuchung lebenden Planktons muß sofort nach dem Fang erfolgen, da Temperaturveränderungen, Sauerstoffmangel und erhöhte Lichtintensität schnell zum Absterben vieler Planktonorganismen führen.

►C 12733: Untersuchung im Labor; Übersicht Planktonprobe

Danksagung

Wir danken Herrn Prof. Dr. Albrecht Fischer (Universität Mainz) für den Anstoß und Herrn Dr. Walter Stickan (IWF) für die vielfältige Hilfe und sein Entgegenkommen bei der Erstellung der DVD, sowie Frau Katharina Engeling für die redaktionelle Mitarbeit und Herrn Jürgen Kaeding (beide IWF) für die Zusammenstellung der Szenen Dr. Ruth Barnich und Helga Kapp (Forschungsinstitut Senckenberg, Frankfurt bzw. Hamburg), Dr. Ulrich Hoeger (Universität Mainz), Dr. Vasily Radashevsky (Institut für Meeresbiologie, Wladiwostock) und Dr. Fernando Netto (CEBIMAR, Universität Sao Paulo) haben bereitwillig Bildmaterial beigesteuert. Sven Tränckner (Forschungsinstitut Senckenberg, Frankfurt) hat mit exzellenter Bildbearbeitung viele Einzelbilder aufgewertet.

Weiterführende Literatur

- Fioroni, P.: Einführung in die Meereszoologie. Wissenschaftliche Buchgesellschaft, Darmstadt 1981.
- Fioroni, P.: Evertebratenlarven des marinen Planktons. Bibliothek Natur & Wissenschaft Bd. 12. Verlag Natur & Wissenschaften, Solingen 1998.
- Fraser, J.: Treibende Welt. Eine Naturgeschichte des Meeresplanktons. Verständliche Wissenschaft Bd. 85, Springer Verlag, Berlin 1965.
- Hardy, A.: The open sea: its natural history. Part I: The world of plankton (3rd edition). Houghton Mifflin Co., Boston 1970.
- Hausmann, K., Hülsmann, N. & Radek, R.: Protistology (3rd edition). E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart 2003.
- Pflugfelder, O.: Lehrbuch der Entwicklungsgeschichte und Entwicklungsphysiologie der Tiere (2. Aufl.) G. Fischer Verlag, Stuttgart 1970.
- Steuer, A.: Leitfaden der Planktonkunde. B.G. Teubner, Leipzig 1911.
- Storch, V. & Remane, U.: Systematische Zoologie (6. Aufl.) Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, 2004.
- Tardent, P.: Meeresbiologie. G. Thieme Verlag, Stuttgart 1979.
- Todd, C.D. & Laverack, M.S.: Coastal marine zooplankton: A practical manual for students. Cambridge University Press, Cambridge 1991.
- Trégouboff, G. & Rose, M.: Manuel de Planctonologie Méditerranéenne. Tome I: Texte. Tome II: Illustrations. Centre National de la Recherche Scientifique, Paris 1957.
- Westheide, W. & Rieger, R. (Hrsg.): Spezielle Zoologie. Erster Teil: Einzeller und Wirbellose Tiere. G. Fischer Verlag, Stuttgart 1996.

Young, C.M. (ed.): Atlas of marine invertebrate larvae. Academic Press, New York 2002.

Wimpenny, R.S.: The Plankton of the Sea. Faber & Faber Ltd., London 1966.

DVD Meeresplankton

Systematische Stellung der vorgestellten Organismen

Einzellige Planktonorganismen

PROKARYOTA

Bacteria (Bakterien)

EUKARYOTA

Opisthokonta

Fungi (Pilze)

Viridiplantae

Chlorophyta (Grünalgen)

Chlorophyceae

Dunaliella sp.

Chromista

Heterokonta

Bacillariophyta (Diatomeae, Kieselalgen)

Coscinodiscus sp.

Phaeodactylum tricornutum

Thalassiosira sp.

Chaetoceros sp.

Bacillaria sp.

Prymnesiomonada (Haptophyta)

Phaeocystis sp.

Alveolata

Dinoflagellata (Panzergeißler)

Peridinium sp.

Noctiluca sp.

Actinopoda

Radiolaria (Strahlentierchen)

indet. Radiolaria

Mehrzellige Planktonorganismen

Cnidaria (Nesseltiere)

Hydrozoa

Hydroida

Athecatae - Anthomedusae

Podocoryne sp.

Siphonophora

Cystonectida

Physalia physalis

Scyphozoa

Chrysaora hysoscella (Kompaßqualle)

Ephyra von *Aurelia aurita* (Ohrenqualle)

indet. Scyphozoa (juvenil)

Ctenophora (Rippenquallen)

Pleurobrachia pileus (Seestachelbeere)

indet. Cydippe

Turbellaria (Strudelwürmer)

Müllersche Larve

indet. Turbellaria (juvenil)

Nemertini (Schnurwürmer)

Pilidium-Larve

Aschelminthes (Rundwürmer)

Rotatoria (Rädertiere)
indet. Rotatoria

Mollusca (Weichtiere)

Gastropoda (Schnecken)
Prosobranchia (Vorderkiemer)
indet. Veliger-Larve
Veliger von *Mangelia* sp.
indet. Veliconcha
Heteropoda (Kielfüßer)
Atlanta sp.
Opisthobranchia (Hinterkiemer)
Veliger von *Archidoris pseudoargus*
Thecosomata (Flügelschnecken mit Schale)
Creseis sp.
Creseis acicula
Gymnosomata (Flügelschnecken ohne Schale)
indet. Gymnosomata
Pneumodermopsis paucidens

Sipuncula (Spritzwürmer)

Pelagosphaera-Larve

Annelida (Ringelwürmer)

Polychaeta (Borstenwürmer)
indet. Trochophora-Larve
indet. Metatrochophora-Larve
Tomopteridae
Tomopteris sp.
Alciopidae
Rhynchonerella sp.
Terebellidae
Aulophora-Larve von *Lanice* sp.
Oweniidae
Mitraria-Larve
Chaetopteridae
Larve von *Chaetopterus* sp.

Arthropoda (Gliedertiere)

Crustacea (Krebse)
Branchiopoda
Phyllopoda (Blattfußkrebse)
Penilia sp.
Evadne sp.
Podon sp.
Maxillopoda
Copepoda (Ruderfußkrebse)
Pseudocalanus sp.
Corycaeus sp.
Cyclopoida
indet. Nauplius-Larve
Cirripedia (Rankenfußkrebse)
indet. Nauplien
Nauplius v. *Lepas* sp.
Nauplius der Facetotecta

Malacostraca
 Mysidacea
 indet. Mysidacea
 Euphausiacea (Leuchtkrebse)
 Nauplius von *Meganyctiphanes
 norvegicus*
 Stomatopoda (Fangschreckenkrebe)
 Alima-Larve von *Squilla* sp.
 Erichthus-Larve
 Decapoda (Zehnfüßige Krebe)
 Zoëa-Larve der Penaeoidea: *Solenocera
 membranacea* (Zoëa II)
 Zoëa-Larve der Brachyura
 Megalopa der Brachyura

Chaetognatha

Sagitta sp.

Tentaculata

Phoronida (Hufeisenwürmer)

Actinotrocha-Larve

Echinodermata (Stachelhäuter)

Asteroidea (Seesterne)

Bipinnaria-Larve

Brachiolaria-Larve

Ophiuroidea (Schlangensterne)

Ophiopluteus-Larve

Holothuroidea (Seegurken)

Auricularia-Larve

Hemichordata

Enteropneusta (Eichelwürmer)

Tornaria-Larve

Chordata (Chordatiere)

Urochordata (Tunicata, Manteltiere)

Appendicularia

Oikopleura sp.

Ascidiacea (Seescheiden)

Ascidienlarve

Thaliacea (Salpen)

Doliolum sp.

Vertebrata (Wirbeltiere)

Osteichthyes (Fische)

Fischeier

Jungfische