

Zeitschrift: Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaften beider Basel
Herausgeber: Naturforschende Gesellschaft Basel ; Naturforschende Gesellschaft Baselland
Band: 6 (2002)

Artikel: Formen des Planktons im Benguelastrom vor der Küste von Swakopmund (Namibia)
Autor: Senn, David G.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-676629>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 05.05.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Formen des Planktons im Benguelastrom vor der Küste von Swakopmund (Namibia)

DAVID G. SENN

Zusammenfassung: Während des südlichen Frühlings (August und September 2000) wurden Proben von Phytoplankton und Zooplankton aus dem Benguelastrom vor der Küste von Swakopmund (Namibia) gewonnen. Die enorme Menge an Diatomeen (speziell *Coscinodiscus wailesii*) und Dinoflagellaten (im Besonderen *Ceratium furca*) zeigt, dass es in diesem Gebiet eine respektable Primärproduktion gibt. Im Zooplankton dominieren die Qualle *Aurelia aurita* und gewisse Crustaceen, so Copepoden und *Podon* (Cladoceren).

Abstract: Samples of phytoplankton and zooplankton were taken from the Benguela current along the coast off Swakopmund (Namibia) during the southern spring season (August und September 2000). An immense abundance of some diatom (*Coscinodiscus wailesii*) and dinoflagellate species (*Ceratium furca*) indicates a significant primary production. Zooplankton is mainly represented by the jellyfish *Aurelia aurita* and crustaceans, namely copepods and the cladoceran *Podon*.

Einleitung

Der Benguela-Strom gehört zu jenen Meeresströmungen, die für eine besonders hohe Produktivität bekannt sind. Es ist zu erwarten, dass die dahintreibenden, meistens mikroskopisch kleinen Organismen besonders vielfältig und mengenmässig überwiegen sind. Der Benguela-Strom (Shannon und Pillar 1986) führt relativ kaltes Wasser aus dem zirkumantarktischen Ozean und zieht nordwärts entlang der Westküste Afrikas. Die Strömung fliesst an den Küsten Südafrikas, Namibias und Angolas vorbei, um im subäquatorialen Bereich nach Westen abzubiegen. Während des nördlichen Verlaufs entlang der südwestafrikanischen Küste vermischt sich der Oberflächenstrom mit kaltem Wasser, das aus der Tiefe am Kontinentalabhang aufsteigt (Upwelling Current). Dies sind die Voraussetzungen für eine hohe Produktivität (Fraser 1965, Shannon und Pillar 1986); das heisst, das nährstoffreiche Tiefenwasser ermöglicht, an die durchlichtete Oberfläche gelangt, eine enorme Vermehrung des Phytoplanktons (Primärproduktion).

In der vorliegenden Studie wird zunächst versucht, einen Überblick über die Formenvielfalt und den Reichtum des Phytoplanktons

zu geben. Wir erwarten zahlreiche Diatomeen (Kieselalgen) und Dinoflagellaten in den Planktonproben. Ein zweites Anliegen wird es sein, die Vielfalt des Zooplanktons zu erfassen, welches vom Phytoplankton abhängt. Allerdings sind beim tierischen Plankton zwei Kategorien zu unterscheiden: einerseits das *Holoplankton*, bei welchem alle Lebensstadien in der Strömung des offenen Meeres dahintreiben. Andererseits gibt es das *Meroplankton*, zu dem die vielen dahintreibenden Larvenstadien (Fioroni 1998) gehören, aus denen sich Tiere entwickeln, die im Fortpflanzungsalter andere Lebensräume besiedeln, beispielsweise den Meeresgrund. Die meisten benthonischen Tiere, das heisst jene, die auf dem Meeresgrund leben (die festsitzenden Formen eingeschlossen), pflanzen sich über eine planktonische Larvenphase fort. Es handelt sich eigentlich um die typische Fortpflanzungsweise der Meerestiere; wir beobachten sie bei Schwämmen, Korallen, Röhrenwürmern, Krebsen, den meisten Mollusken, Moostierchen, Stachelhäutern und Knochenfischen.

Dem Plankton kommt auch eine zentrale Bedeutung in den grossen ozeanischen Nahrungsketten zu. Das kalte Wasser, das durch aufsteigendes Tiefenwasser mit Nährstoffen angereichert wird und viel gelöstes CO₂ enthält,

ist für eine *Primärproduktion* optimal. In der durchlichteten (photischen) Zone leistet das Phytoplankton Photosynthese und vermehrt sich enorm. In der Nahrungskette stellt dieses Phytoplankton die Nahrungsgrundlage für kleines Zooplankton, grösseres Zooplankton und Nekton (Fische, Kalmare, Robben und Wale) dar (Senn 1997).

Vom Geschehen im Plankton hängen auch die grossen Kreisläufe des Kohlenstoffs ab. Weltweit bilden sich durch die Atmung aller Organismen, vor allem aber durch menschliche Aktivitäten wie Verbrennung von Holz und fossilen Brennstoffen, enorme Mengen an Kohlendioxid (CO₂). Seit Beginn des industriellen Zeitalters ist der CO₂-Gehalt in der Atmosphäre massiv angestiegen. Alles Leben ist auf die Photosynthese und der damit verbundenen Bindung von Kohlenstoff durch Pflanzen angewiesen. Weil die Landpflanzen angesichts unserer Waldzerstörungen immer weniger zur Gesamt-Photosynthese beitragen, sind wir zunehmend auf die Photosynthese des ozeanischen Phytoplanktons angewiesen.

Material und Methoden

Um Plankton zu sammeln, wurden meterlange Netze mit einem Einlass von 20 cm Durchmesser verwendet. Die Proben wurden von einem Fischerboot aus, etwa 1–1,5 km vor der Küste von Swakopmund, zwischen 7 und 9 Uhr vormittags (im August 2000) genommen. Die Netze wurden jeweils 5–10 Minuten bei einer Geschwindigkeit von etwa 0,5 Knoten gezogen.

Es kamen zwei verschiedene Netze zur Anwendung, eines für Phytoplankton (Maschenweite 45 µm) und eines für Zooplankton (Maschenweite 500 µm).

Die Laborarbeit wurde im neu gebauten Meeresinstitut der UNAM (University of Namibia) in Henties Bay ausgeführt.

Für die mikroskopischen Beobachtungen wurde ein Wild-M-11-Mikroskop benützt. Das Plankton wurde teils lebendfrisch, teils in Formalin 5% fixiert, studiert. Teils wurden auch Tusche-Zeichnungen angefertigt.

Der Benguelastrom

Nicht nur umfangreiche Wassermassen, sondern auch dahintreibende und schwimmende Organismen bewegen sich im Benguelastrom nordwärts. Damit wird der Strom zum Lebensraum von umfassenden ozeanischen Nahrungsketten. Sie beginnen mit dem Phytoplankton (Diatomeen und Dinoflagellaten), das mit seiner Photosynthese Primärproduktion¹ betreibt. Das Phytoplankton stellt in der Nahrungskette die Stufe I dar und verkörpert ein praktisch unbeschränktes Nahrungsangebot für kleines Zooplankton (z.B. Copepoden, Polychaeten-Larven, Veliger-Larven von Mollusken). Danach wird kleines Zooplankton (das die Nahrungsstufe II darstellt) von grösserem Zooplankton (Stufe III) gefressen; dazu gehören pelagische Garnelen und Salpen. Die nächste Nahrungsstufe (IV) wird durch das kleine Nekton² verkörpert; dazu gehören Fische wie Sardinen und Sardellen sowie junge Kalmare. Diese wiederum stellen eine Nahrungsquelle für grösseres Nekton (Stufe V) wie Kleinwale, Robben und Pinguine dar. Schliesslich kann noch eine Stufe VI, jene der Endkonsumenten, folgen; bekannt sind der Schwertwal oder der Grosse Weisse Hai. Immerhin läuft die Nahrungskette nicht immer nach dieser «vollständigen» Stufenfolge ab; es gibt zahlreiche Abwandlungen und Abkürzungen. Beispielsweise ernähren sich die

¹ In der *Primärproduktion* bilden pflanzliche Organismen (Landpflanzen auf den Kontinenten; Phytoplankton und küstenbewohnende Algen im Meer) aus anorganischen Komponenten wie Wasser, Kohlendioxid und Mineralien mit Hilfe von Sonnenlicht organische Verbindungen (Zucker, Stärke, Öl). Diese autotrophe Ernährungsweise ist tyisch für das pflanzliche Leben.

² Unter *Nekton* verstehen wir Tiere, die sich aus eigener Muskelkraft fortbewegen und über geographisch bedeutsame, grosse Strecken durch den Ozean wandern. Zum Nekton gehören schwarmbildende Heringsfische, Thunfische, Pinguine, Robben und Wale.

grossen Bartenwale (Stufe VI) direkt von Krill (Stufe III); dieser wiederum überspringt eine Stufe und filtert Diatomeen.

Der dreidimensionale Aufbau des Benguela ist etwas kompliziert (Shannon und Pillar 1986). Es gibt eine wichtige Überlappung von zwei Wasserbewegungen. Die Hauptbewegung ist jene von Süden nach Norden. Dazu kommt die Aufstiegsströmung (Upwelling) von Tiefenwasser entlang des Kontinentalabhangs nach oben in die durchlichtete Zone. Das nährstoffreiche kalte Tiefenwasser vermischt sich mit dem horizontal fließenden Strom und ermöglicht das Wachstum des Phytoplanktons.

Die Bedingungen, die im August 2000 angetroffen wurden, sahen folgendermassen aus: Bei oft nebligem Wetter und Lufttemperaturen von 12 bis 15°C betrugen die Wassertemperaturen (an der Oberfläche) 9,5–14°C. Eine konstante Dünung bewirkte starken Wellengang auf den Sandstränden.

Vormittags, wenn jeweils die Planktonproben genommen wurden, sah das Oberflächenwasser etwas trüb aus (erst die spätere mikroskopische Überprüfung ergab, dass die Trübungen auf einen ausserordentlich dichten Gehalt an Phytoplankton zurückzuführen sind). Auch makroskopisches Zooplankton fiel bei jeder Ausfahrt auf: Zahlreich «pulsierten» kleine, etwa 1 cm grosse Medusen: junge *Aurelia aurita*.

Resultate

Es sei betont, dass die im Folgenden vorgestellten Planktonformen nicht als vollständige Liste aufzufassen sind. Die hier dargestellte Vielfalt ist zeitlich und räumlich beschränkt. Sie wurde im August 2000 (eine produktive Zeit des Südfrühlings) beobachtet und stammt aus dem Küstenabschnitt bei Swakopmund (Namibia). Immerhin sollen die Beschreibungen und Zeichnungen helfen, einen Teil des Planktons anderer Benguela-Regionen zu bestimmen.

Phytoplankton

Im Vergleich mit Proben aus anderen Regionen, etwa im Ostpazifik oder Mittelmeer (Tré-

gouboff 1957), nimmt sich die systematische Vielfalt des Phytoplanktons eher bescheiden aus. Es finden sich im Benguela-Strom weniger Arten, von denen einige allerdings quantitativ extrem zahlreich sind. Allein schon aufgrund einer Schätzung (Farbe des Wassers in den Proben; Planktonmenge, die pro Zeiteinheit ins Netz gerät) darf die Biomasse als sehr hoch eingestuft werden. Das Phytoplankton setzt sich aus Diatomeen (Kieselalgen, Phylum *Bacillariophyta*) und Dinoflagellaten zusammen. In den vorliegenden Proben liessen sich keine Coccolithophoriden finden. Im Folgenden werden die Diatomeen und Dinoflagellaten (Tomas 1997) systematisch aufgelistet.

Diatomeen

Diatomeenzellen bestehen aus einem äusseren Gehäuse aus Kieselsäure und einem inneren Zytoplasma, in welchem die Photosynthese-aktiven Chloroplasten liegen. Das Gehäuse setzt sich aus zwei Hälften zusammen; die leicht grössere Epitheca überlappt die etwas kleinere Hypotheca (Smith und Johnson 1996, Tomas 1997). Diatomeen zeigen eine enorme Formenvielfalt, was sich in den verschiedenen Zellformen ausdrückt. Manche Kieselalgen leben als Einzeller; andere bilden kettenförmige Kolonien (Smith und Johnson). Aufgrund der Struktur der Gehäuse lassen sich zwei Untergruppen von Diatomeen unterscheiden: Die *zentrischen Diatomeen* sind rundlich und radiär gebaut. Die *pennaten Diatomeen* sind oft schiffchen-, feder- oder nadelförmig.

In den Proben der vorliegenden Untersuchung waren zentrische Diatomeen extrem zahlreich (sie dürften bestimmt 95% der ganzen Diatomeenmasse ausmachen); pennate Diatomeen traten gelegentlich auf.

Centrische Diatomeen

Bacteriosira sp. regelmässige Ketten kleiner Zellen (die Zellen sind dicht angeordnet, Abb. 1B); einige verschiedene Arten, die sich in den Zellgrössen unterscheiden. Manchmal sehr häufig in den Proben.

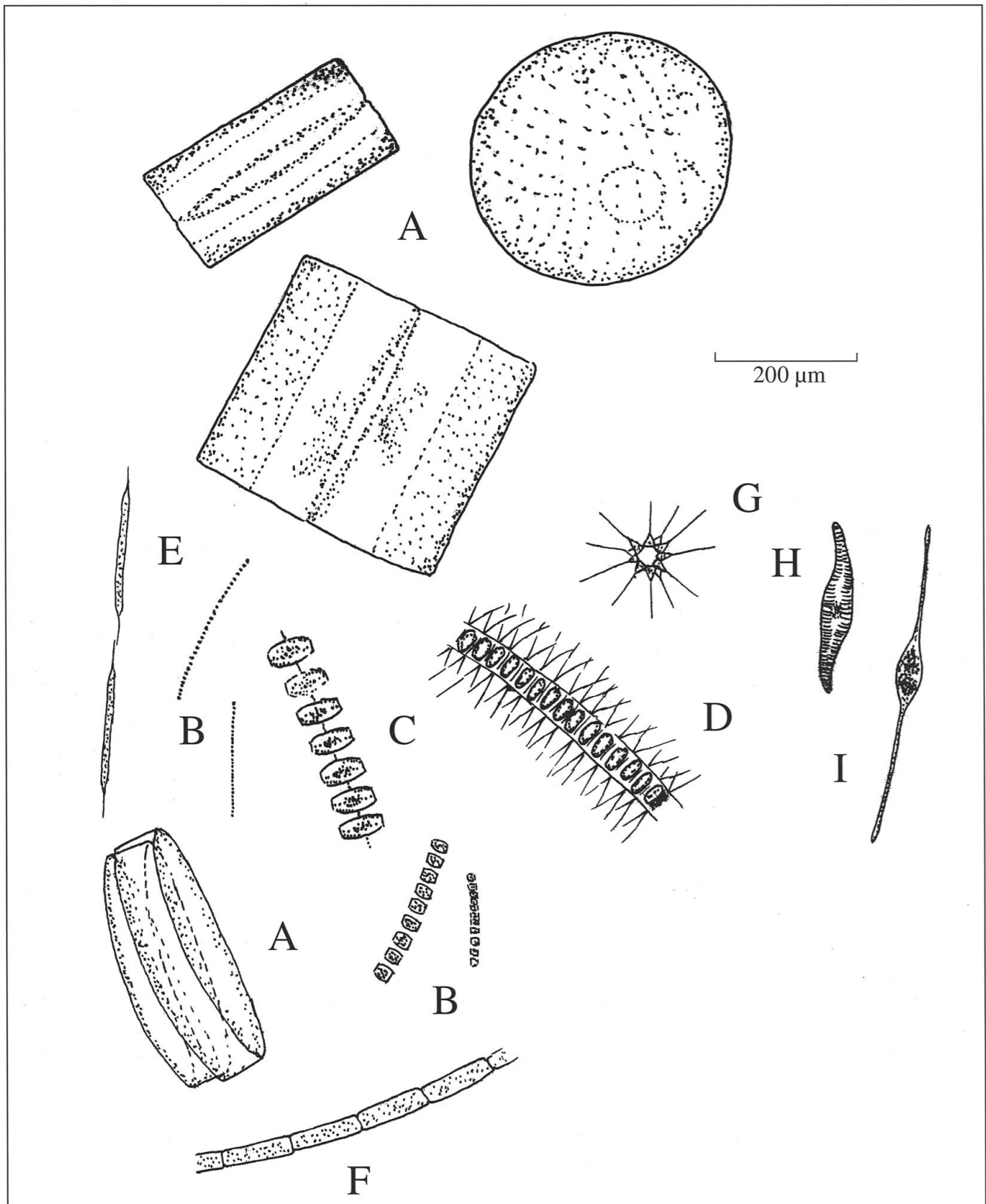


Abb. 1: Verschiedene Diatomeen. A: *Coscinodiscus walesii*, zentrische Kieselalge in der Form einer Pe-trischale (Grösse 200–300 µm) B: *Bacteriosira* sp., Ketten von dicht angeordneten Zellen (Breite < 30µm) C: *Thalassiosira* sp. (Grösse < 50 µm) D: *Chaetoceros* sp., Ketten von Zellen mit lateralen Schwebefortsätzen. E: *Rhizosolenia* sp. F: *Leptocylindrus* sp. Die folgenden sind pennate Diatomeen: G: *Asterionellopsis* sp. H: *Pleurosigma* (*Navicula*) I: *Cylindrotheca closterium*

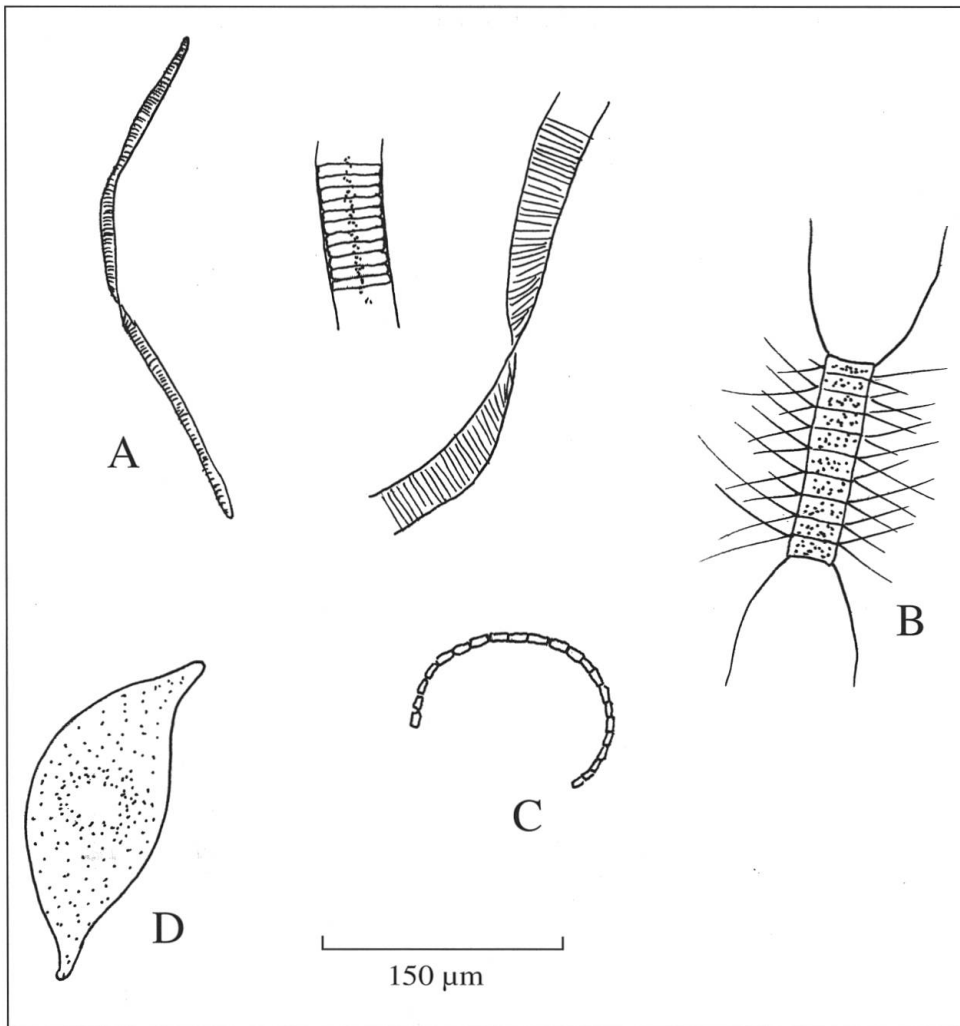


Abb. 2: Diatomeen.
 A: *Fragilariopsis*,
 Kolonien von leicht
 verdrehten Bändern
 (pennate Diatomeen).
 B: *Chaetoceros* sp.
 (centrische Kieselalge).
 C: *Guinardia* sp., gebo-
 gene Kette von zylind-
 rischen Zellen.
 D: *Rhaphoneis* sp.,
 seltene pennate Kie-
 selalge.

Coscinodiscus wailesii: zylindrische Zellen, die in der Seitenansicht von flach bis hoch variieren. Durchmesser bis 400 µm (Abb. 1A). *Coscinodiscus* hat die Form einer Petrischale; die Epitheca überlappt die Hypotheca. In einigen Proben extrem häufig.

Thalassiosira sp.: Ketten von kleinen zentralen Diatomeen (Querdurchmesser: ca. 40 µm). Im Mikroskop ist *Thalassiosira* leicht daran zu erkennen, dass die Zellen einen Abstand voneinander haben (Abb. 1C). Die Zellen sind in eine Schleimstruktur eingebettet; in der Kette sind sie durch einen sehr dünnen Zentralfaden verbunden; dieser ist nur bei starker Vergrößerung erkennbar. Die Gattung ist durch mehrere Arten vertreten, die Durchmesser von 5 bis 15 µm aufweisen.

Chaetoceros sp.: kettenförmige Kolonien, die dicht angeordnet sind (Abb. 1D und 2B); von den Zellen gehen seitliche Schwebefortsätze aus. Querdurchmesser etwa 30 µm. Gelegentlich.

Guinardia sp.: gebogene Kolonien von regelmässig angeordneten Zellen (Abb. 2C). Selten.

Rhizosolenia sp. wurde gelegentlich gefunden (Abb. 1E).

Leptocylindrus besitzt längliche zylindrische Zellen; die Ketten sind regelmässig gestaltet (Abb. 1F)

Pennate Diatomeen:

Asterionellopsis sp.: Zellen basal dreieckig und mit einer langen dünnen Nadel. Viele Zellen bilden eine Kolonie; die basalen Teile hängen

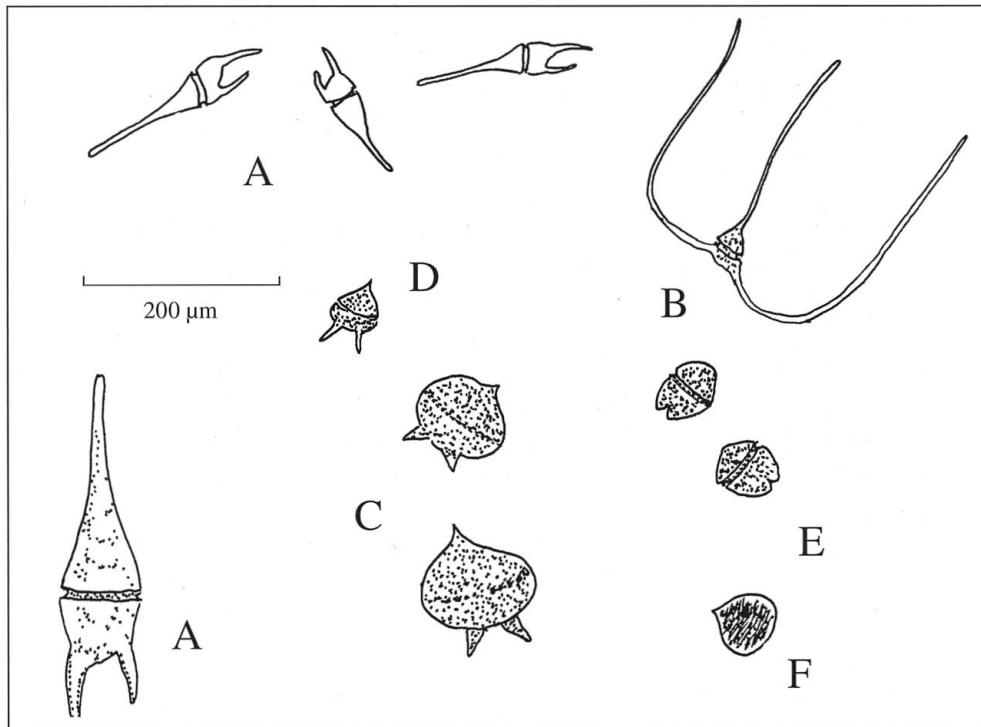


Abb. 3: *Dinoflagellaten*. A: *Ceratium furca*, der häufigste Dinoflagellat (Länge 150 µm). B: *Ceratium trichoceros*, seltene Form. C: *Protoperidinium pellucidum*. D: *Protoperidinium oblongum*. E: *Gymnodinium mikimotoi*. F: *Alexandrium* sp.

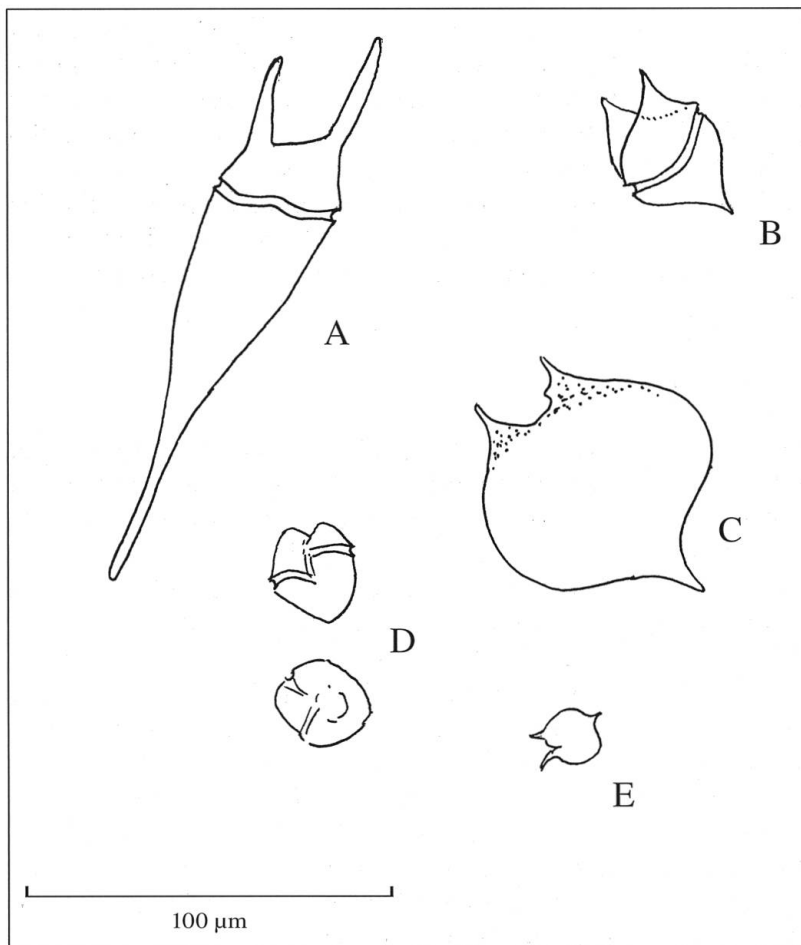


Abb. 4: *Dinoflagellaten*. A: *Ceratium furca*. B: *Protoperidinium* sp. C: *Protoperidinium pellucidum*. D: *Gymnodinium mikimotoi*. E: *Protoperidinium oblongum*.

zusammen, die «Nadeln» werden sternförmig ausgestreckt (Abb. 1G). Selten.

Pleurosigma sp.: eine der Gattungen, die früher als *Navicula* bezeichnet wurden. Schiffchenförmig mit stumpfen Enden (Abb. 1H). Gelegentlich.

Cylindrotheca closterium: weltweit verbreitete pennate Kieselalge. Zelle extrem dünn und lang, in der Mitte verdickt (Abb. 1I). Gelegentlich.

Fragilariopsis (wahrscheinlich): breite und kurze Zellen, in Bändern angeordnet, die leicht verdreht sind (Abb. 2A). Gelegentlich.

Rhaphoneis sp., etwa 150 µm lang. Sieht einem gebogenen Blatt ähnlich. Selten.

Dinoflagellaten:

Dinoflagellaten sind Einzeller, deren Oberfläche durch ein ornamental gestaltetes Gehäuse begrenzt ist. Letzteres besteht aus einer Theca aus Zellulose und setzt sich aus einzelnen Platten zusammen (Newell und Newell 1977, Spector 1984). Charakteristisch sind zwei Geisseln, von denen eine in einer Längsfurche, die andere in der Quersfurche verläuft. Dinoflagellaten enthalten Chlorophyll a und leisten Photosynthese.

In den untersuchten Proben wurde eine begrenzte Formenvielfalt gefunden. Darunter waren ausschliesslich sehr kleinzellige Arten. Am häufigsten liess sich *Ceratium furca*, eine kleine «gehörnte» Form, finden. Diese Art trat in allen Proben in einer extremen Dichte auf. Auch winzige Dinoflagellaten machten einen beträchtlichen Anteil des Phytoplanktons aus, so *Gymnodinium mikimotoi* (Abb. 3E, 4D), eine 20–30 µm grosse Form. Auch das winzige, rundliche *Alexandrium* war reichlich vorhanden.

Die folgenden Dinoflagellaten wurden beobachtet:

Ceratium furca: Die Gattung *Ceratium* (gehörnte Dinoflagellaten) gelten als die auffälligsten Dinoflagellaten. Die Zellen besitzen drei längliche und gebogene «Hörner», welche als Schwebefortsätze dienen. Aufgrund der Länge und Biegung der Hörner werden verschiedene Arten unterschieden. *Ceratium furca* ist eine kleine Form; die Zellen messen

etwa 150 µm. Die Hörner sind sehr kurz (Abb. 3A, 4A). Die Zellen erscheinen gelblich bis braun. Diese Art ist bei weitem die häufigste Form im Phytoplankton vor der Küste von Swakopmund.

Ceratium trichoceros: Zelle mit verlängerten und gebogenen Hörnern (Abb. 3B). In den vorliegenden Planktonproben selten.

Protoperidinium pellucidum: Zellen (Abb. 3C, 4C) rundlich bis birnförmig, 40–50 µm gross. Das apikale Horn ist kurz und spitz. Die basalen Hörner sind winzig.

Gymnodinium mikimotoi und *Gymnodinium sanguineum*: kleine Zellen (20–25 µm), sehr häufig.

Alexandrium sp. winzig und rundlich (Abb. 3E, 2D), 10–15 µm.

Zooplankton

Die Vielfalt des Zooplanktons ist nicht überwältigend. Es gibt einen klaren Schwerpunkt von kleinen Crustaceen. Speziell calanoide Copepoden sind häufig anzutreffen. Ferner sind Nauplius-Larven und Cladoceren (Wasserflöhe) zahlreich. Unter den Protozoen dominiert der Flagellat *Noctiluca scintillans*. Auch tintinnide Ciliaten sind recht häufig zu finden. Erstaunlich ist auch die Häufigkeit von Rädertierchen.

Protozoa

Der häufige Flagellat *Noctiluca scintillans* zeigt sich als rundliche, mindestens 400 µm grosse Zelle mit einem kurzen dicken Flagellum (Abb. 5A). *Noctiluca* ist hauptsächlich für das nächtliche Meeresleuchten im Oberflächenwasser von gemässigten Meeren verantwortlich.

Gelegentlich liessen sich in den Proben Radiolarien finden. Es dürfte sich um die rundliche *Orbulina* mit ihren radiären Schwebefortsätzen handeln (Abb. 5B).

Trompetentierchen (Ciliata), wahrscheinlich *Parafavella*, waren sehr zahlreich (Abb. 5C). Sie sind am konischen Körper zu erkennen. Für die Fortbewegung benützen sie den Cilienring am Vorderende des Körpers.

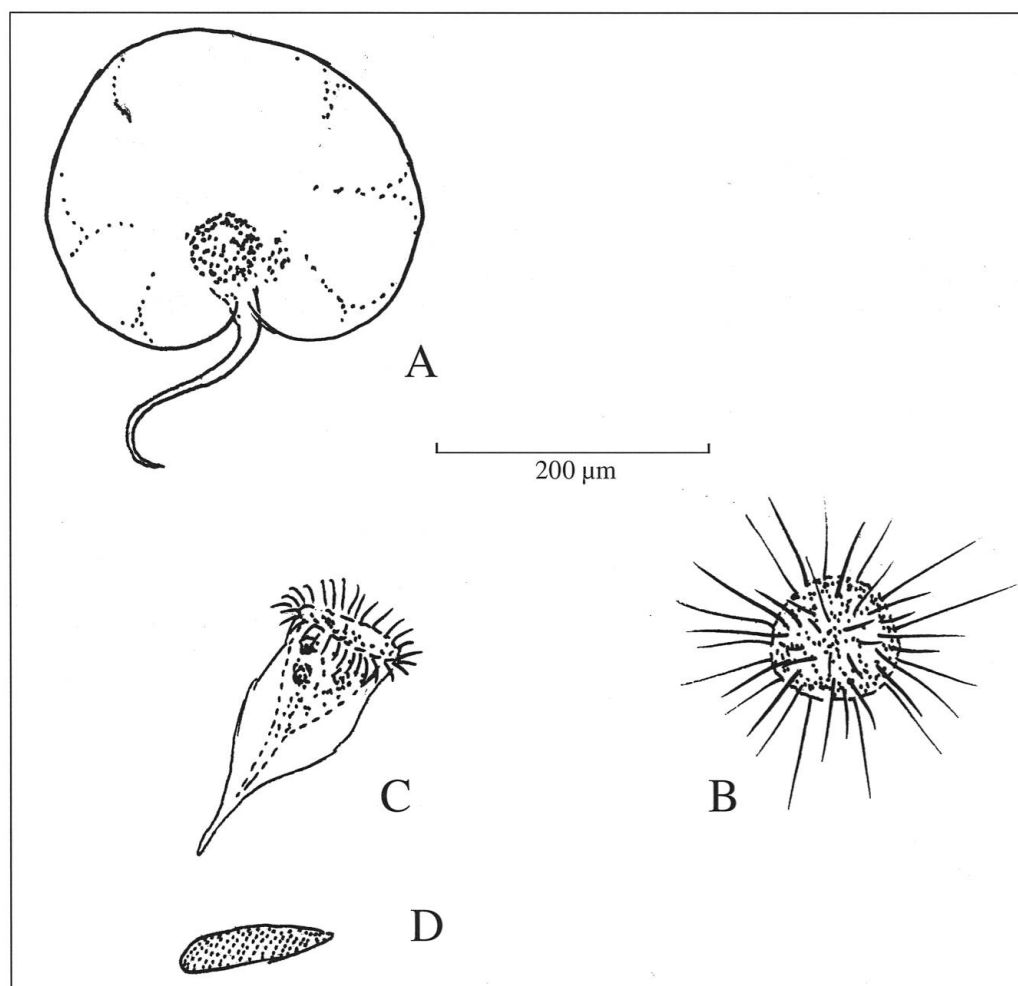


Abb. 5:
Protozoen.
A: *Noctiluca scintillans* ist der häufigste tierische Einzeller; Durchmesser der runden Zelle etwa 400 µm. B: Radiolarie (wahrscheinlich *Orbulina*). C: Trompetentierchen, ein *Tintinnide* (200 µm), sind häufig. D: Kleiner unidentifizierter Ciliat.

Wenige sich schnell fortbewegende kleine Ciliaten (Abb. 5D) gleichen in der Gestalt der Zelle den Süßwasser-Pantoffeltierchen (*Paramecium*).

Cnidaria

Schon während der Entnahme von Planktonproben vom Boot aus fiel auf, dass kleine Medusen in sehr grosser Dichte dahintrieben. Die Quallen wiesen alle einen Schirmdurchmesser von etwa 1 cm auf; mit dem Schirm vollführten die Tiere rhythmisch pulsierende Bewegungen. Es handelt sich um ein junges Stadium der Ohrenqualle *Aurelia aurita* (Abb. 6). Die Kante des Schirms zeichnet sich durch doppelte Lappen, Tentakel und Ocellen aus. Das Manubrium besteht aus vier radiär

angeordneten Teilen (Campbell 1992). *Aurelia* gilt als weltweit verbreitete pelagische Qualle.

In einigen Proben fanden sich meroplanktonische Leptomedusen: *Obelia* (Abb. 7, Schirmdurchmesser etwa 300 µm). Es handelt sich um die Geschlechtsgeneration, welche Planula-Larven hervorbringt. Später werden sich Planulae auf dem Untergrund festsetzen und sich zu einem Hydrozoen-Polypen entwickeln. Polypen strobilieren im Sinne einer ungeschlechtlichen Fortpflanzung; so werden junge Leptomedusen ins freie Wasser entlassen.

Würmer

Als häufigste Würmer im Plankton des Benguela präsentierten sich die Rädertierchen (*Rotifera*). Bei den konisch geformten, etwa 0,5 mm grossen

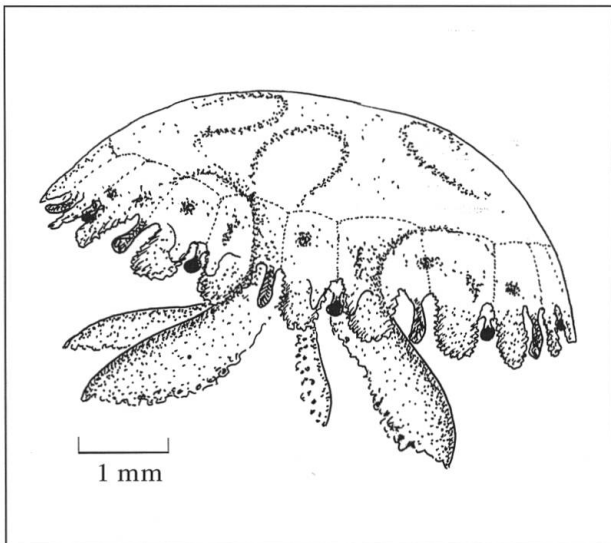


Abb. 6: Ohrenqualle *Aurelia aurita*. Die jungen Medusen (Schirmdurchmesser etwa 1 cm) traten in Massen auf. *Aurelia* gehört zur Gruppe der Echten Quallen (Klasse *Scyphozoa*).

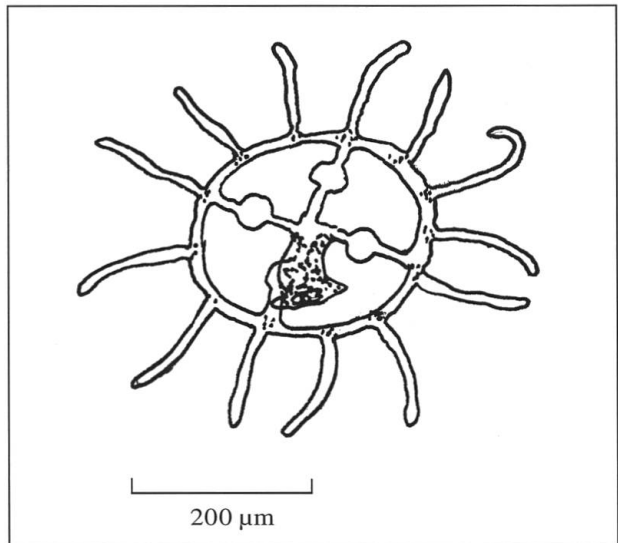


Abb. 7: *Obelia*. Die kleine Meduse gehört in die Klasse der *Hydrozoa* und stellt innerhalb des Lebenszyklus die geschlechtliche Generation dar.

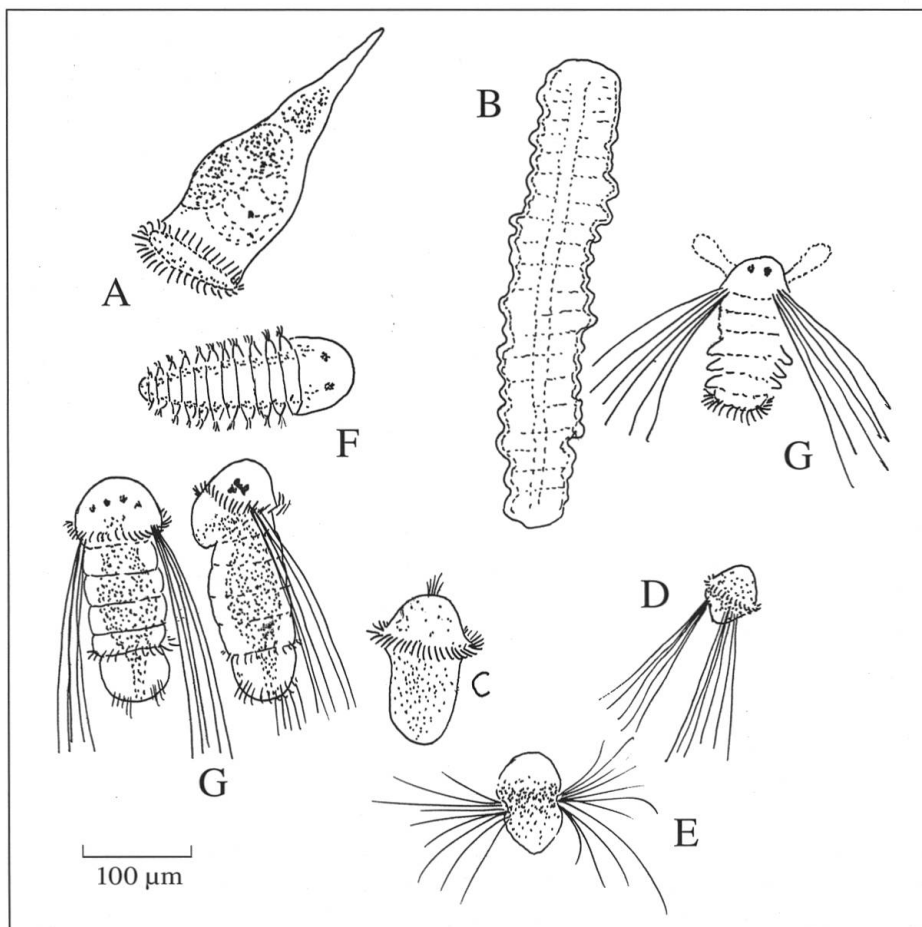


Abb. 8: Planktonische Würmer. A: Rädertierchen (*Rotifera*), konisch gestaltet und etwa 500 µm lang; eine Corona mit Cilien markiert das vordere Ende des Wurms. B: unidentifizierter Sipunculide oder Nemertine. C: Junge Polychaeten-*Trochophora*. D & E: *Metatrochophora*, wahrscheinlich Larven von *Sabellariidae*. F & G: ältere *Metatrochophora*-Larven von (wahrscheinlich) Sabellarien, Polychaeten (300 µm).

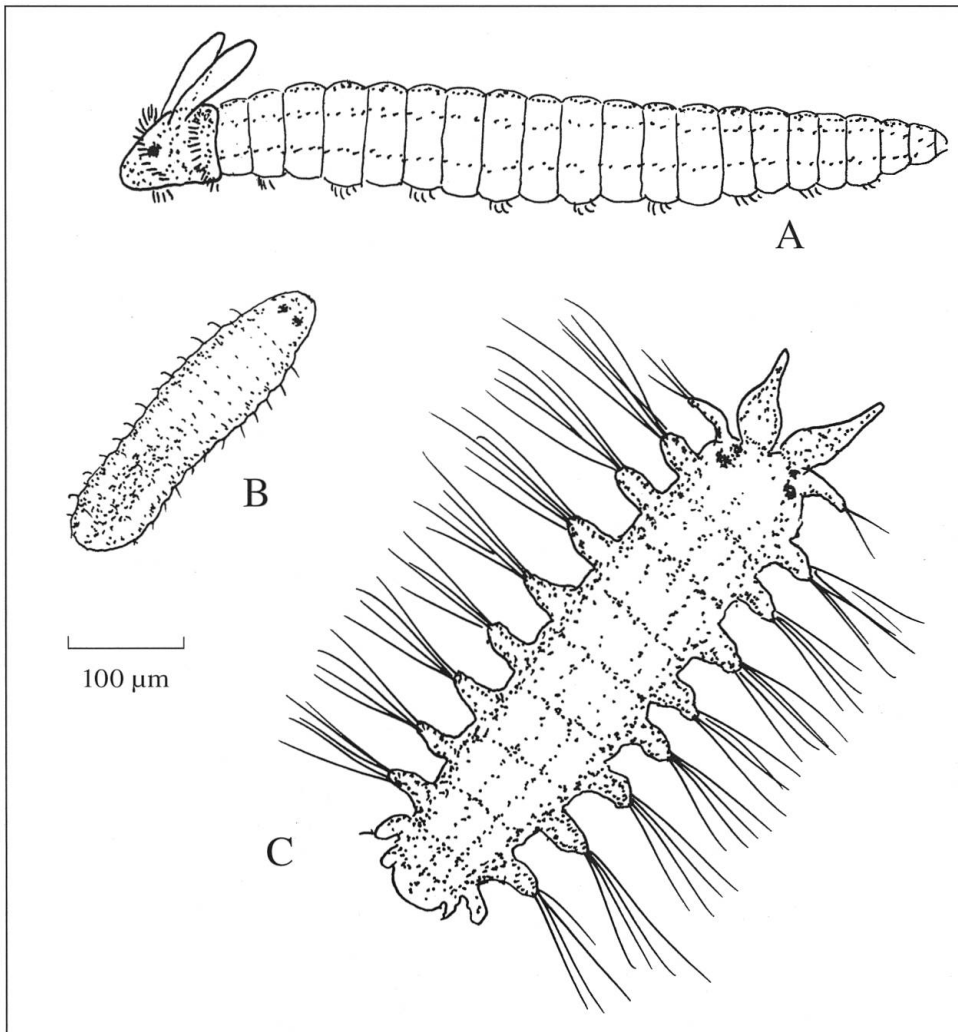


Abb. 9: Polychaeten.
 A: eine mm-grosse, metamorphosierende Polychaeten-Larve; die Cilien um den Kopf markieren den noch larvalen Zustand.
 B: kleiner Polychaet mit Ocellen und kurzen seitlichen Borsten.
 C: mm-lange *Meta-trochophora* mit langen Borsten, die von den lateralen Parapodien abstehen.

Tieren dürfte es sich um die Gattung *Synchaeta* (Abb. 8A) handeln. Am Vorderende fällt die Corona aus Cilien auf. Angesichts der schlagenden Cilien gleicht die Corona einem Rad, das zu drehen scheint. Das Hinterende eines Rädertierchens ist konisch geformt (Smith und Johnson 1996).

Es gelang bis jetzt nicht, einen rosaroten, sich langsam biegenden Wurm (Abb. 8B) zu identifizieren. Der unsegmentierte Wurm misst 0,3–1,5 mm und könnte ein Vertreter der Sipunculiden oder von Nemertinen in einem jungen Stadium sein.

Einige andere Würmer (Abb. 8F, G und 9A–C) zeigen eine markante Segmentierung; die Segmente sind mit Parapodien und seitlich abstehenden Borsten ausgestattet. Schnell schlagende Cilien zeigen aber, dass es sich immer um Larven handelt.

Viele Wurmlarven gehören dem *Trochophora*-Typ (Polychaeten) an. Die Abbildungen 8C–G zeigen *Trochophora* und spätere Stadien, *Metatrochophora*, wie sie zu Würmern metamorphosieren. Die älteren Stadien lassen die charakteristische Segmentierung der Polychaeten erkennen (Abb. 8F–G, 9A–C). Jene *Trochophora*-Larven, welche zwei Büschel von sehr langen Borsten besitzen, dürften sich zu Kalkröhrenwürmern (Sabellarien) entwickeln (Riedl 1983).

Crustaceen

Wie in den meisten Planktonproben, die irgendwo in der Welt gesammelt werden, dominieren innerhalb des Zooplanktons die Copepoden. Die meisten Tiere aus den vorliegenden Proben messen 1–1,5 mm (Abb. 10A, B) und

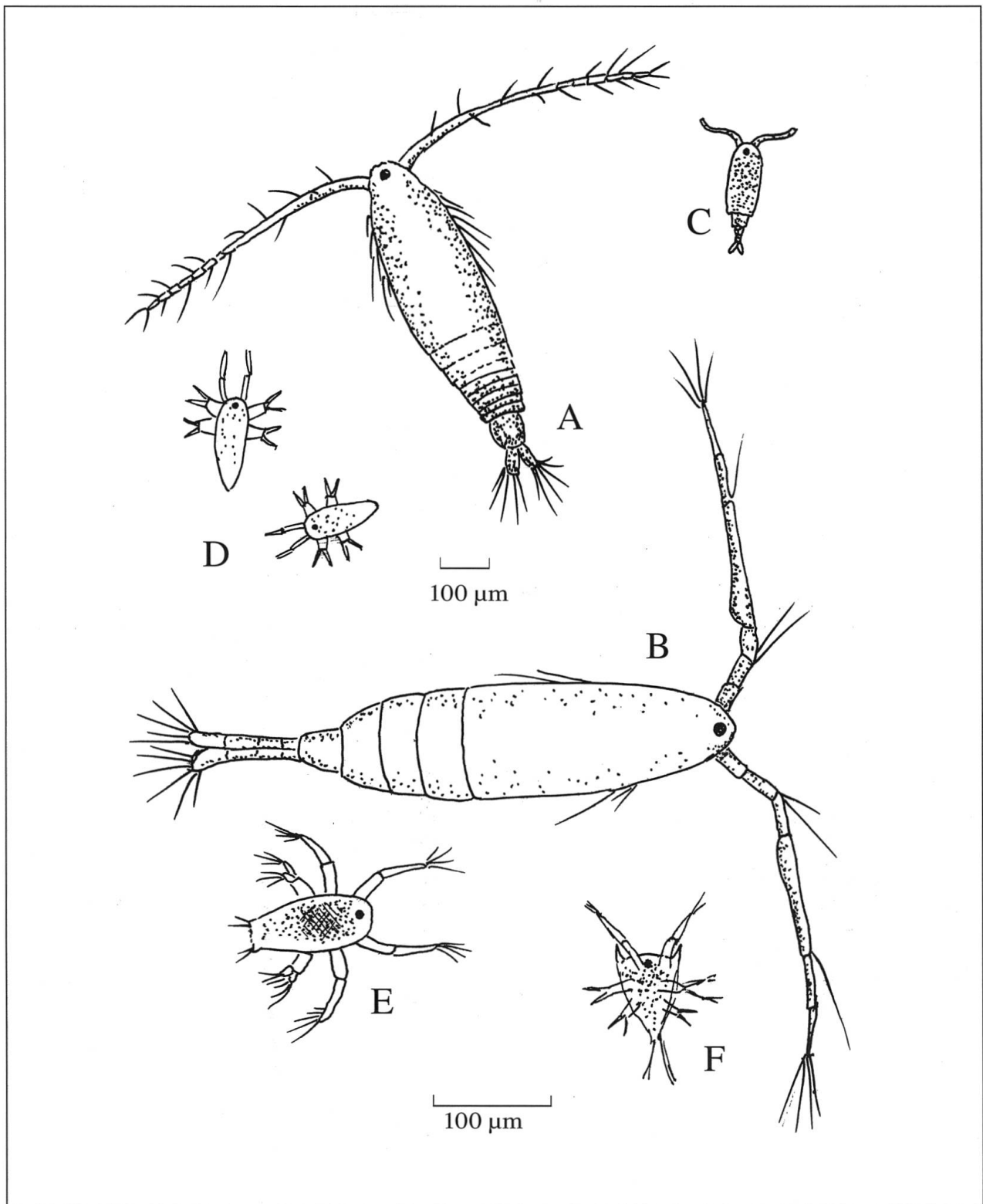


Abb. 10: Planktonische Entomostraca. A: Calanoider Copepode (1 mm). B: Calanoider Copepode (1,5 mm). C: Cyclopoider Copepode (400 µm). D: junge *Nauplius* Stadien (<100 µm), wahrscheinlich Larven von Copepoden. E: älteres *Nauplius*-Stadium. F: *Nauplius*-Larve, wahrscheinlich von einer Seepocke.

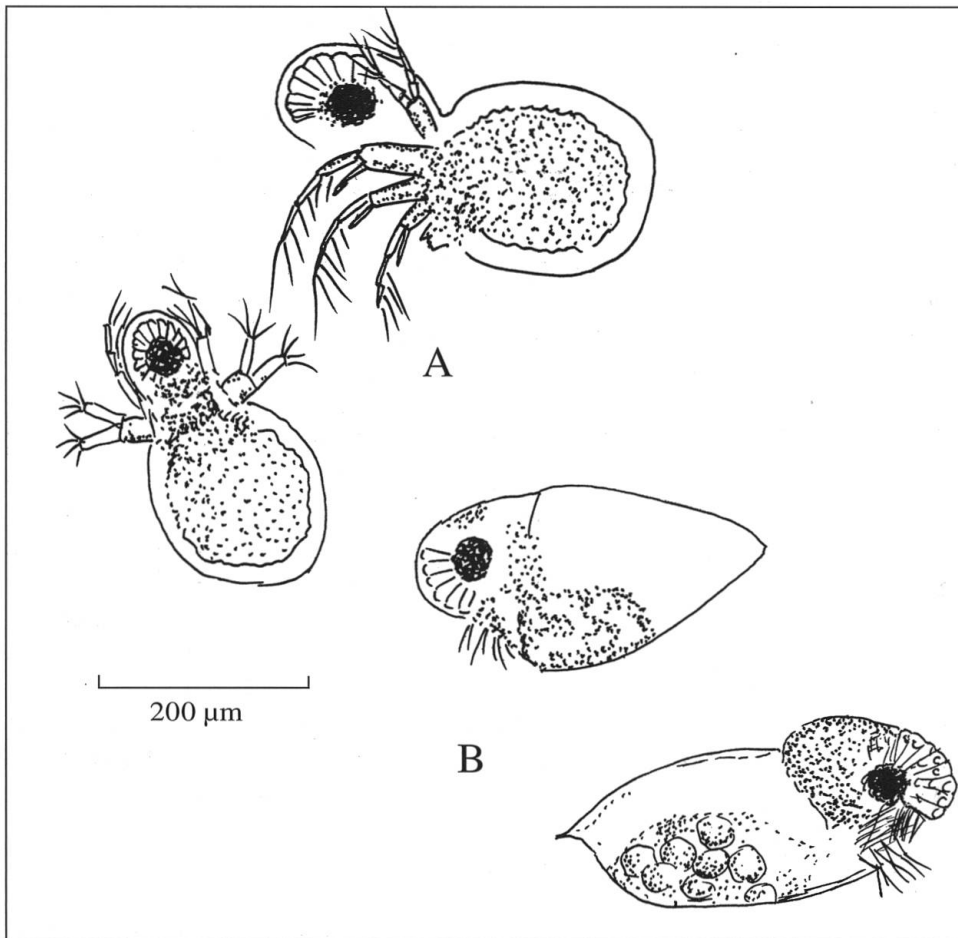


Abb. 11: Planktonische Cladoceren (Wasserflöhe). A: *Podon* sp. (von lateral und dorsal); das unpaare Komplexauge ist markant. *Podon* war in allen Planktonproben sehr häufig. B: *Evadne* sp. ist am spitzen Carapax zu erkennen; eher selten. Weibchen (rechts unten) trägt befruchtete Eier innerhalb der Carapax. Grössen: *Podon*: 350–450 µm; *Evadne*: > 400 µm.

gehören zur Ordnung der Calanoida. Sie sind an den langen, lateral abstehenden Antennen zu erkennen. Mit den Antennen vollführen die Copepoden ihre ruckartig springende Fortbewegung. Copepoden besitzen ein unpaares zusammengesetztes Auge. Gelegentlich (aber deutlich seltener) wurde ein zweiter Copepoden-Typ gefunden (Smith und Johnson 1996); Vertreter der Ordnung der *Cyclopoida*, die an ihren kurzen Antennen zu erkennen sind (Abb. 10C).

Zahlreich sind die *Nauplius*-Larven. Die meisten dieser winzigen Krebse (Abb. 10D–F) massen 100µm oder weniger. Das unpaare Auge und die drei Paare von Spaltfüssen sind charakteristisch für *Nauplius*-Larven. Die meisten der reichlich gefundenen Nauplius-Stadien dürften die Larven von calanoiden Copepoden sein. Die beobachteten Larven entsprechen verschiedenen Altersstadien.

Cladocera (Wasserflöhe) sind im Benguela-Plankton sehr gut vertreten. Die Ordnung ist sonst von den süsswasserbewohnenden Daphnien bekannt. Hier im Ozean finden wir vor allem *Podon* (Abb. 11A). Der Kopf wird durch das markante unpaare Auge geprägt; es handelt sich um ein Komplexauge. Der Körper ist rundlich.

Weniger häufig ist ein mit *Podon* verwandter Cladocere, die *Evadne*. Auch sie besitzt das markante unpaare Komplexauge, ist jedoch am spitz gestalteten Rumpf zu erkennen (Abb. 11B). Männchen und Weibchen lassen sich gut unterscheiden; Weibchen tragen oft befruchtete Eier in ihrem Carapax, der als Brutraum funktioniert. Alle hier gefundenen Cladoceren sind 350–450 µm gross.

Vertreter der Klasse der *Malacostraca* (Höhere Krebse) gab es in den vorliegenden Proben nur sporadisch. Immerhin liessen sich *Amphipoda*, *Cumacea* und *Zoea*-Larven von Decapoden finden.

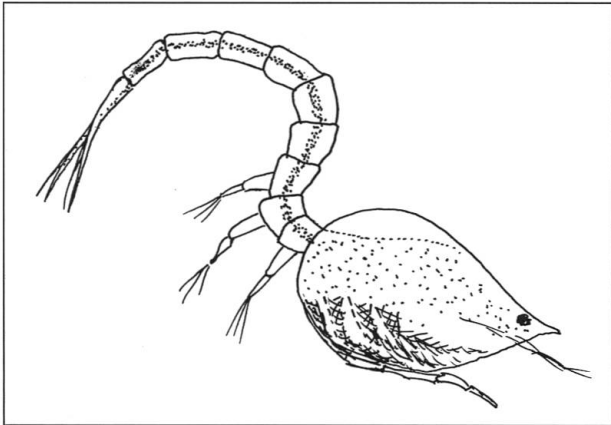


Abb. 12: Cumaceen-Krebs. Länge: 1,5 mm.

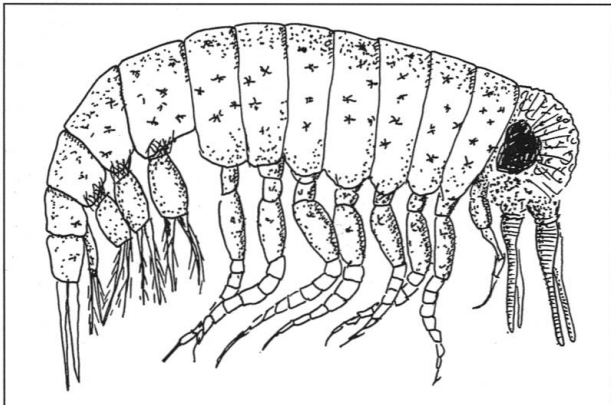


Abb. 13: Flohkrebs (Amphipode), wahrscheinlich *Hyperia* sp. Länge 4,5 mm.

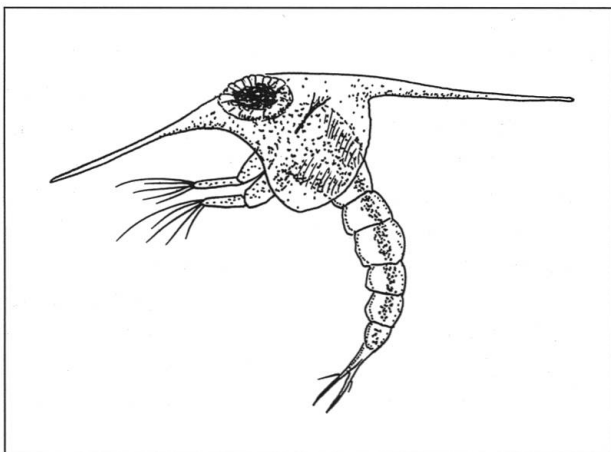


Abb. 14: Zoea-Larve. Vom Carapax gehen nach vorne und hinten zwei Schwefortsätze aus. Schwabend kann dieser Krebs in der photischen Zone verbleiben. Die Larve gehört zu einem decapoden Malacostracen. Grösse: 1,5 mm.

Ein Cumaceen-Krebs (Abb. 12), erkennbar am sehr schlanken Abdomen und massigen Cephalothorax, war dabei. Die paarigen Augen sind winzig. Cumaceen leben primär auf dem Meeresgrund (Smith und Johnson 1996).

Ein Flohkrebs (wahrscheinlich *Hyperia*) war 4,5 mm lang. Der Kopf dieses Amphipoden (Abb. 13) zeigt ein Paar gut entwickelter Komplexaugen und zwei Antennenpaare, die nach ventral gerichtet sind. Die Segmente des Cephalothorax heben sich leicht von den dünneren Segmenten des Abdomens ab. Der Körper der Amphipoden ist typischerweise bilateral abgeplattet. Smith und Johnson (1996) erwähnen, dass *Hyperia* oft mit der Ohrenqualle *Aurelia aurita* assoziiert ist.

Die Ordnung der Decapoda ist im Plankton durch Zoea-Larven vertreten. Allerdings sind sie eher selten zu finden. Eine Larve (Abb. 14, Länge: 1,5 mm) gehört entweder zur Gruppe *Anomura* (Einsiedlerkrebse) oder *Brachyura* (Echte Krabben). Der Carapax zeigt nach vorn und hinten je einen dünnen Schwefortsatz. Die paarigen Komplexaugen sind stark entwickelt.

Mollusken

In den Proben gab es immer wieder einige Larven von Schnecken (*Gastropoda*) und Muschel (*Bivalvia*). Die Veliger-Larven zeichnen sich grundsätzlich dadurch aus, dass ein bewimpertes Velum den Schwebezustand aufrechterhält und Nahrung herbeistrudelt. Die Veliger-Larven zeigen sich manchmal mit ausgestrecktem und flimmerndem oder mit eingezogenem Velum. An der larvalen Schale lassen sich die Schneckenveliger (Abb. 15A, B) und Muschelveliger (Abb. 15C–E) unterscheiden. Die Muschelveliger dürften meistens zur Gattung *Mytilus* gehören; diese Muschel ist auf dem Grund des Litorals und Sublitorals sehr häufig. Ältere Muschelveliger, die schon den Fuss ausstrecken können (Abb. 15C, D) aber noch immer über ein kleines Velum verfügen, werden auch als *Pediveliger* bezeichnet (Smith und Johnson 1996).

Chordaten

Chordaten waren in den vorliegenden Benguelaproben recht selten anzutreffen. Gelegentlich

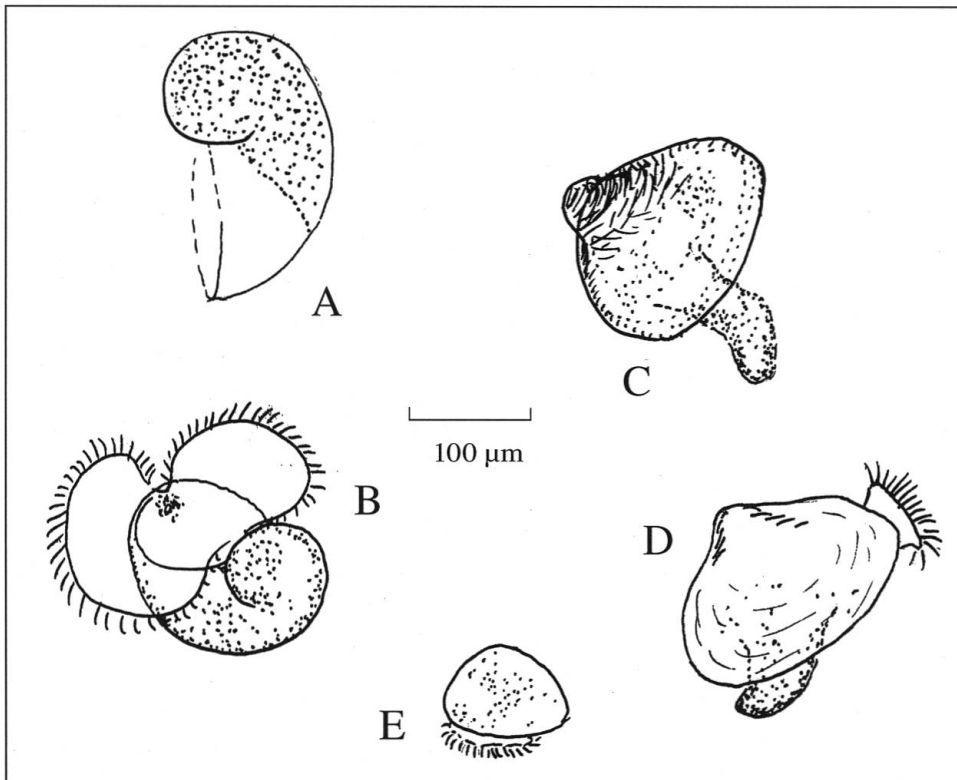


Abb. 15: Veliger-Larven von Schnecken und Muscheln. Schnecken-Veliger (links) sind an der spiraligen Larvalschale und am bewimperten Velum zu erkennen. Muschel-Veliger (rechts) waren meistens im Stadium des *Pediveligers*; der ausstreckbare Fuss ist gut erkennbar. Schnecken- und Muschel-Veliger messen meistens etwa 200 µm. Der kleine Muschel-Veliger (E) ist kleiner als 100 µm.

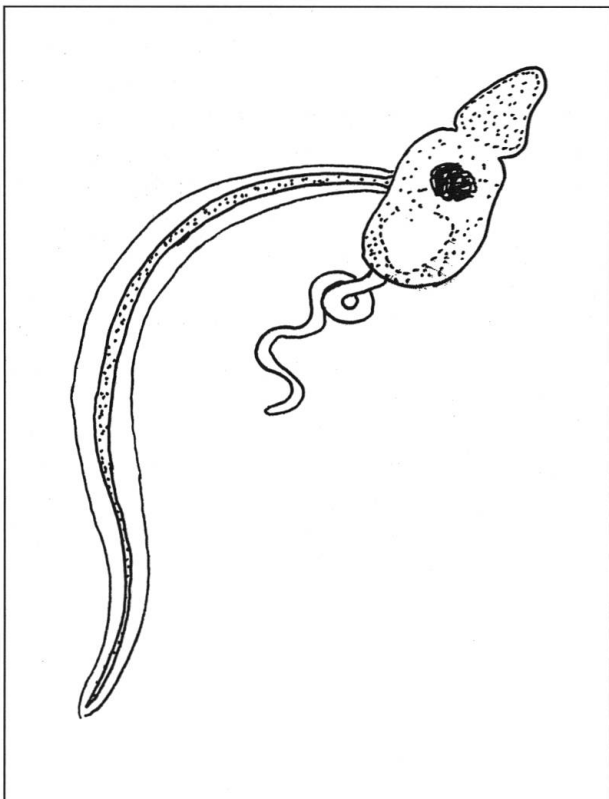


Abb. 16: *Fritillaria*, eine Appendicularie. Länge: 700 µm.

war *Fritillaria*, eine Appendicularie (Klasse *Larvacea*, *Tunicata*), zu finden. Appendicularien (Abb. 16) sind jene Tunicaten, die dem Holoplankton angehören. Der «Kopf» mit dem Kiemfilter wird von einem schlängelnden, durch eine Chorda gestützten Schwanz fortbewegt.

Nur wenige Teleostier-Larven wurden zurzeit festgestellt. Eine Larve (Abb. 17), 3,5 mm lang, liess sich nicht identifizieren.

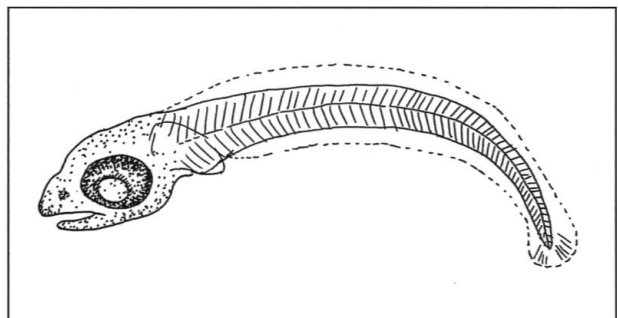


Abb. 17. Teleostier-Larve. Länge: 3,5 mm.

Diskussion

In allen fünf Proben, die auf Ausfahrten etwa 1,5 km ausserhalb der Küste von Swakopmund (Namibia) im August/September 2000 gesammelt wurden, überwog das Phytoplankton quantitativ bei weitem. Der Anteil des Zooplanktons ist relativ klein. Dies ist ein Hinweis darauf, dass Photosynthese und Primärproduktion die hiesigen Lebensprozesse dominieren. Bei der gemessenen Temperatur von 9,5–14 °C ist das Wasser des Benguelastroms genügend kalt, um viel von dem für die Photosynthese notwendigen gelösten CO₂ zu enthalten. Das Phytoplankton lässt sich so charakterisieren, dass verhältnismässig wenige Arten so zahlreich sind, dass sie eine enorme Biomasse darstellen.

Das Phytoplankton setzt sich aus Diatomeen (Kieselalgen) und Dinoflagellaten zusammen (Tomas 1997). Jede dieser Gruppen zeigt 2–3 sehr häufige Arten und dann noch einige, die nicht so zahlreich sind. Unter den Diatomeen herrschen *Coscinodiscus wailesii* und verschiedene Arten der Gattungen *Thalassiosira* und *Bacteriosira* vor. Sie gehören zur Untergruppe der centrischen Diatomeen. Andere, gelegentlich beobachtete centrische Kieselalgen sind *Chaetoceros* und *Rhizosolenia*. In geringer Zahl wurden auch einige pennate Diatomeen gefunden, so *Asterionellopsis*, *Navicula*, *Fragilariopsis*, *Rhaphoneis* und *Cylindrotheca closterium*.

Bei den Dinoflagellaten gibt es eine absolut vorherrschende Art: *Ceratium furca*. Ferner sind einige winzige Dinoflagellaten sehr häufig, so *Protoperidinium pellucidum* (Grösse 60–70 µm), *Protoperidinium oblongum* (40–50 µm), *Gymnodinium mikimotoi* (25–30 µm) und *Alexandrium sp.* (20 µm).

Auffälliges Makroplankton war schon während der Bootsausfahrten von blossen Auge zu erkennen. Myriaden von zentimetergrossen Medusen bewegten sich rhythmisch pulsierend im Wasser. Es handelt sich um ein junges Sta-

dium der Ohrenqualle *Aurelia aurita*, die vom Reichtum an Diatomeen profitierten.

Eine mikroskopische Analyse des Zooplanktons³ zeigt die besondere Häufigkeit an Copepoden. Diese Krebse sind im Plankton vieler Meere vorherrschend (Newell und Newell 1977). Die meisten hier gefundenen Copepoden gehören der Ordnung der *Calanoida* an. Sehr zahlreich sind auch *Nauplius*-Stadien, die in der Regel Copepoden-Larven sein dürften. Unter den Crustaceen gibt es auch erstaunlich viele Cladoceren (Wasserflöhe). Besonders häufig ist *Podon*, der an seinem riesigen unpaaren Komplexauge erkennbar ist (Trégouboff 1957, Newell und Newell 1977).

Eine Frage, die in jeder Untersuchung an marinem Plankton wichtig ist, betrifft den Unterschied zwischen *Holoplankton*³ und *Meroplankton*. Während das *Holoplankton*³ jene Organismen umfasst, die alle Lebensphasen in der Hochsee treibend durchlaufen, besteht das *Meroplankton* aus Larvenstadien (Fioroni 1998), die dahintreiben, um sich später in einer Metamorphose anatomisch und funktionell zu verändern und sich im angestammten Lebensraum (z.B. Meeresgrund oder Litoral) anzusiedeln. Im untersuchten Plankton des Benguelastroms macht das *Meroplankton* nur einen sehr kleinen Anteil aus. Nur zwei der Proben enthielten viele *Trochophora*-Larven von Polychaeten. In allen Proben gab es einige Mollusken-*Veliger* (Schnecken und Muscheln). Die meisten *Veliger* dürften von *Mytilus* (Miesmuscheln) stammen. Vor der namibischen Küste gibt es umfangreiche Miesmuschelbänke.

Gewisse Tiergruppen fehlten im untersuchten Benguela-Plankton gänzlich. So gab es keine Chaetognathen und Staatsquallen (Siphonophoren). Es wurde auch keine einzige Echinodermlarve gefunden.

³ Die meisten Planktonformen gehören zum *Holoplankton*, so das Phytoplankton und viele Formen des Zooplankton wie Copepoden und Cladoceren. Die ganzen Lebenszyklen finden ausschliesslich planktonisch, das heisst in der Hochsee treibend, statt.

Danksagungen

Herrn Prof. Dr. Alan Critchley (University of Namibia) bin ich für die Vorbereitungen und die Ausrüstung des Instituts in Henties Bay dankbar verbunden. Der Universität von Namibia (UNAM) danke ich für die grosszügige Gastfreundschaft in der neu eröffneten Meeresstation. Brigit Bänziger, meiner Frau, danke ich herzlich für die vielseitige Hilfe während des Forschungsaufenthalts im August 2000. Jacques Gooser (Henties Bay) steuerte das Fischerboot beim Sammeln der Planktonproben. Mikroskopische und photographische Ausrüstungen wurde in grosszügiger Weise von Dr. Adolf Sigg†, Michaela Frey und Christof Bucheli zur Verfügung gestellt.

Literatur

- Baumann, K. (1999): Composition, Distribution and Succession of Phyto- and Zoo-Plankton in the Laurentian Channel Head Region of the lower St. Lawrence Estuary, Canada. Diplomarbeit, Universität Basel.
- Bold, H. C. & Wayne, M. J. (1985): Introduction to the Algae. Prentice Hall, Englewood Cliffs, N.J., 076 32.
- Campbell, E. (1992): A Guide to the World of the Jellyfish. Monterey Bay, Monterey.
- Corso, W. & Joyce, P.S. (1995): Oceanography. Springhouse Corporation, Springhouse.
- Drebes, G. (1974): Marines Phytoplankton. Thieme, Stuttgart.
- Fioroni, P. (1998): Evertebratenlarven des marinen Planktons. Verlag Natur & Wissenschaft, Solingen.
- Fraser, J. (1965): Treibende Welt. Springer, Berlin.
- Hustedt, F. (1956): Kieselalgen. Kosmos-Verlag, Franckh-Stuttgart.
- Newell, G. E. & Newell, R. C. (1977): Marine Plankton, a Practical Guide. Hutchinson, London.
- Omori, M. & Ikeda, T. (1984): Methods in Marine Zooplankton Ecology. John Wiley, New York.
- Riedl, R. (1983): Fauna und Flora des Mittelmeeres. Paul Parey, Hamburg.
- Round, F. E., Crawford, R.M. & Mann, D.G. (1992): The Diatoms. Cambridge University Press, Cambridge.
- Senn, D. G. (1997): Durch Wasser, Wind und Wellen. Eine Naturgeschichte der ozeanischen Wirbeltiere (R + R Verlag, Aarau).
- Shannon, L. V. & Pillar, S. C. (1986): The Benguela Ecosystem, Part III. Plankton. Oceanograph. Mar. Biol. Ann. Rev. 24: 65–170.
- Smith, D. L. & Johnson, K. B. (1996): A Guide to Marine Coastal Plankton and Marine Invertebrate Larvae. Kendall/Hunt Publishing Company, Dubuque, Iowa.
- Sommer, U. (1998): Biologische Meereskunde. Springer, Berlin.
- Spector, D. L. (ed.) (1984): Dinoflagellates. Academic Press, Orlando.
- Taylor, F. J. R. (1987): The Biology of Dinoflagellates. Blackwell Scientific Publications, Oxford.
- Tardent, P. (1993): Meeresbiologie. Georg Thieme, Stuttgart.
- Tomas, C. R. (1997): Identifying Marine Phytoplankton. Academic Press, San Diego.
- Trégouboff, G. (1957): Manuel de Planctonologie Méditerranéenne. 2 vols. (CNRS, Paris)

*Prof. Dr. David G. Senn
Institut für Zoologie
Rheinsprung 9
4051 Basel*