

Aus der Schausammlung.

Die Moa.

Mit 2 Abbildungen.

Als bei der Jahresfeier am 27. Mai 1888 Prof. F. C. Noll, der unvergessene Lehrer so vieler aus Frankfurt hervorgegangener Zoologen, seinen Vortrag über: „Veränderungen in der Vogelwelt im Laufe der Zeit“¹⁾ hielt, erwähnte er, daß auch in unserem Museum die ausgestorbenen Riesenvögel Neuseelands vertreten seien, als Geschenke des Neuseeländer Staatsgeologen J. van Haast. Die Skelette zweier Gattungen *Meionornis* und *Palapteryx* konnten einige Zeit nachher montiert werden, und sie gaben immerhin ein Bild dieser merkwürdigen plumpen Vögel. Aber von dem größten Vertreter der Gruppe, der Gattung *Dinornis*, war nur ein Bein vorhanden, das an Höhe die beiden Skelette noch überragte und für lange Zeit die klaffende Lücke in unserer Sammlung erst recht schwer erscheinen ließ. Vergeblich waren die Mühen, von den befreundeten großen Museen Material zur Ergänzung zu erhalten, vergeblich machte unser korrespondierendes Ehrenmitglied A. von Gwinner seinen Einfluß geltend. Die Gelegenheit schien aussichtslos verpaßt, da neue Grabungen an den Fundstellen Neuseelands nicht mehr stattfanden. Da kam die unvermutete Nachricht aus Nordamerika, daß eine dortige Handlung noch ein Skelett besitze, und dieses nahezu vollständige Skelett ist nun durch die hochherzige Schenkung von Sir Edgar Speyer in London in unseren Besitz übergegangen (Fig. 1).

Das auffallendste Merkmal des gewaltigen, straußähnlichen Vogels, der mit seinen 2½ Metern Höhe jeden, auch den größten

¹⁾ Bericht der Senckenb. Naturf. Ges., Frankfurt a. M. 1889 1. Teil S. 77—143.



Fig. 1. Skelett der Moa, *Diornis maximus* Owen.
Geschenk von Sir Edgar Speyer.

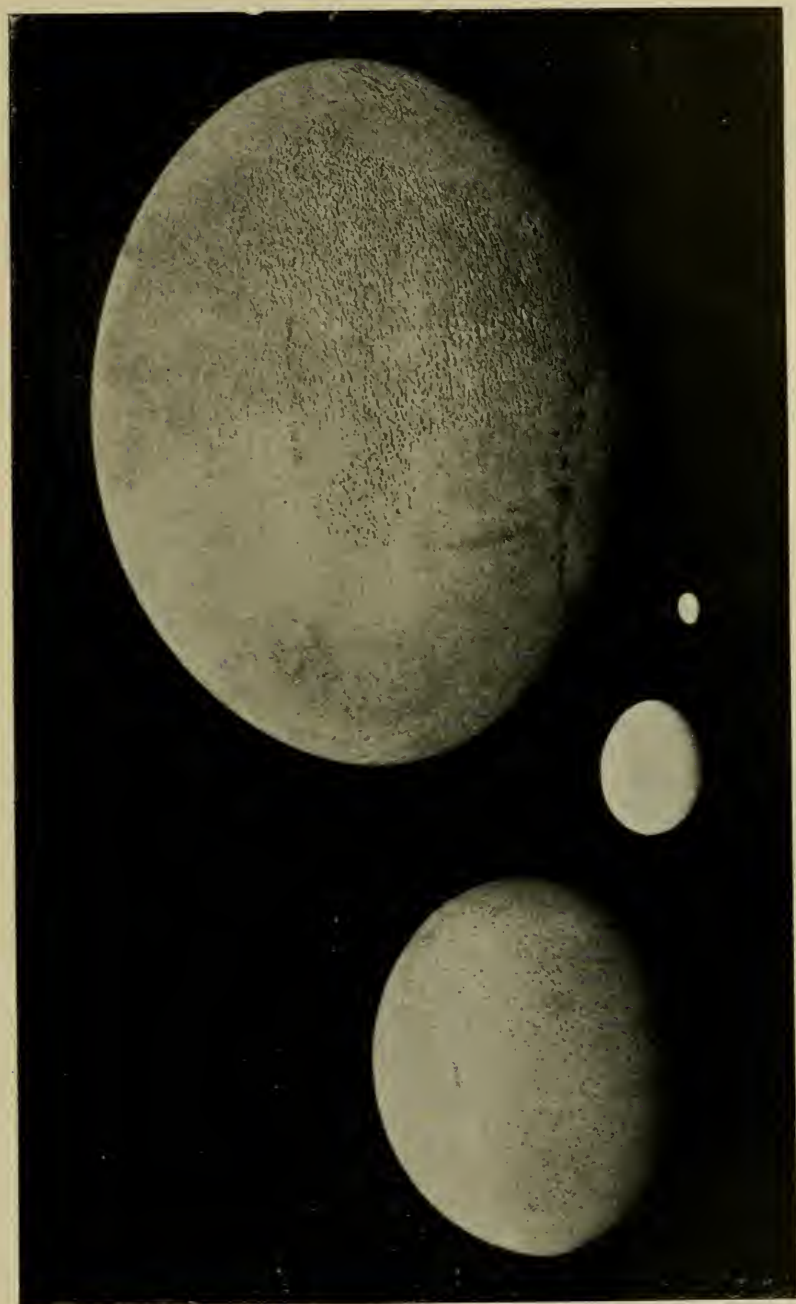


Fig. 2. Eier von a) *Aciproris marinus* Geoffr. von Madagaskar, b) *Sturnio canelas* L. (Strauß),
c) *Gallus domesticus* Briss. (Haushuhn), d) *Nectarinia* spec. (Kolibri).

Strauß überragt, ist das vollständige Fehlen der Flügel, und zwar ist keine Spur der Armknochen vorhanden. Auf kräftigen plumphen Beinen mit drei starken Vorderzehen schritt das mächtige Tier langsam und wuchtig einher, als Riese einer vielgestaltigen Gruppe von Vögeln, zu der kleine und große, schlanke und plumpe Vertreter gehören. Viele Arten sind unterschieden worden, die z. T. wieder angezweifelt wurden; aber es darf auch wohl als schwierige Aufgabe gelten, die zahllosen Knochen, die sich in den Sümpfen Neuseelands dank dem Eifer von Haasts, Hochstetters und anderer gefunden haben, bestimmten Vogelarten zuzuerteilen. Jedenfalls ist hier noch lange keine Einigkeit erzielt, und auch *Dinornis maximus* Owen, unsere Art, wird von manchen Forschern für das Weibchen des *Dinornis robustus* Owen gehalten, während andere beide Formen trennen.

Es ist eigenartig, daß alle diese Vögel auf Neuseeland beschränkt sind. Wahrscheinlich sind ihre unbekannten festländischen Verwandten schon viel früher den Nachstellungen ihrer Feinde erlegen, während sie auf der großen Insel sich länger halten konnten. Auch eine zweite Rieseninsel, Madagaskar, hat einen ähnlichen gewaltigen Vogel beherbergt, den *Aepyornis*. Während hier aber Skelette nur sehr selten vorkommen, werden die mächtigen Eier (Fig. 2a) gelegentlich immer wieder gefunden, und so konnte auch unser Museum vor wenigen Jahren als Geschenk von Geh. Kom.-Rat Dr. L. Gans ein prachtvolles, ganz unversehrtes Exemplar erwerben. Sein Inhalt kommt etwa dem von 150 Hühnereiern oder 6 Straußeneiern gleich!

Über die Zeit, in der diese Riesenvögel auf Neuseeland und Madagaskar gelebt haben, besteht keine Einigkeit. Man kennt von *Dinornis* sogar die Haut, die Federn, Teile des Auges usw., man hat diese Reste in einer Höhle Neuseelands gefunden, wo sie dank der ungewöhnlichen Trockenheit der ganzen Gegend erhalten geblieben waren. Solche Funde scheinen zu beweisen, daß seit der Ausrottung der gewaltigen Tiere noch keine allzulange Zeit verflossen sein kann. Und so nehmen denn in der Tat die meisten Forscher heute an, daß die Maoris sie bald nach ihrer Einwanderung in Neuseeland als bequemste und nutzbringendste Jagdbeute erkannt und durch unablässige Nachstellungen vernichtet haben. Man findet häufig alte Brandstellen mit Feuersteinwaffen und den zerschlagenen Knochen der Moa; ob es aber die Waffen der Maoris oder die ihrer Vorgänger sind, das ist

nicht sicher, und ebensowenig läßt sich die Ansicht beweisen, daß die Menschenfresserei erst nach der Vernichtung der Moas einfach aus Nahrungsmangel entstanden ist. Über *Aepyornis* weiß man noch weniger, aber eins ist ganz sicher: Geologisch gesprochen gehören beide Riesenvögel der Gegenwart an, und so reihen sich das neue *Dinornis*-Skelett und das *Aepyornis*-Ei würdig den beiden Vertretern aus der Vogelwelt an, die erst in geschichtlicher Zeit durch den Menschen ausgerottet worden sind: dem Riesenalk und der Dronte.

F. Drevermann.

Unser Planktonschrank.

IV. Mollusken und Tunikaten.

Mit 12 Abbildungen.

A. Mollusken.

War es für den Binnenländer schon sonderbar genug, daß „Würmer“ an der Meeresoberfläche schwimmen und Eigenschaften von Quallen annehmen, so wird er noch mehr erstaunen, daß Schnecken, für ihn Urbilder der Trägheit und Bodenständigkeit, sich auf freier See als echte Planktontiere herumtreiben. Freilich sind es nicht nahe Verwandte unserer einheimischen Schnecken, sondern Angehörige von Ordnungen, die ganz oder größtenteils marin sind.

Zu den Streptoneuren (Prosobranchiern), einer Legion der Gastropoden, die in unserer Süßwasserfauna nur wenige Vertreter, darunter die großen, gedeckelten Paludinen, zu den ihrer zählt, werden jetzt die Heteropoden oder „Kielfüßer“ gestellt, die früher den Systematikern manches Kopfzerbrechen verursachten. Ihr markantester Vertreter hat den Mittelplatz in unserem Planktonschrank: Es ist *Pterotrachea coronata* Forskål (10; Fig. 28)¹⁾, ein großes Tier, das im Mittelmeer sehr häufig auftritt, manchmal sogar so zahlreich, daß es den Fischern die Netze verstopft. Bei den Zoologen war es, seiner völligen Durchsichtigkeit wegen, als Gegenstand für verschiedenste Untersuchungen seit alters beliebt. Innerhalb ihrer Unterordnung ist *Pterotrachea*

¹⁾ Die vor der Figurennummer stehende Zahl bezeichnet die Nummer des Glases im Planktonschrank (s. Fig. 27 Seite 6).

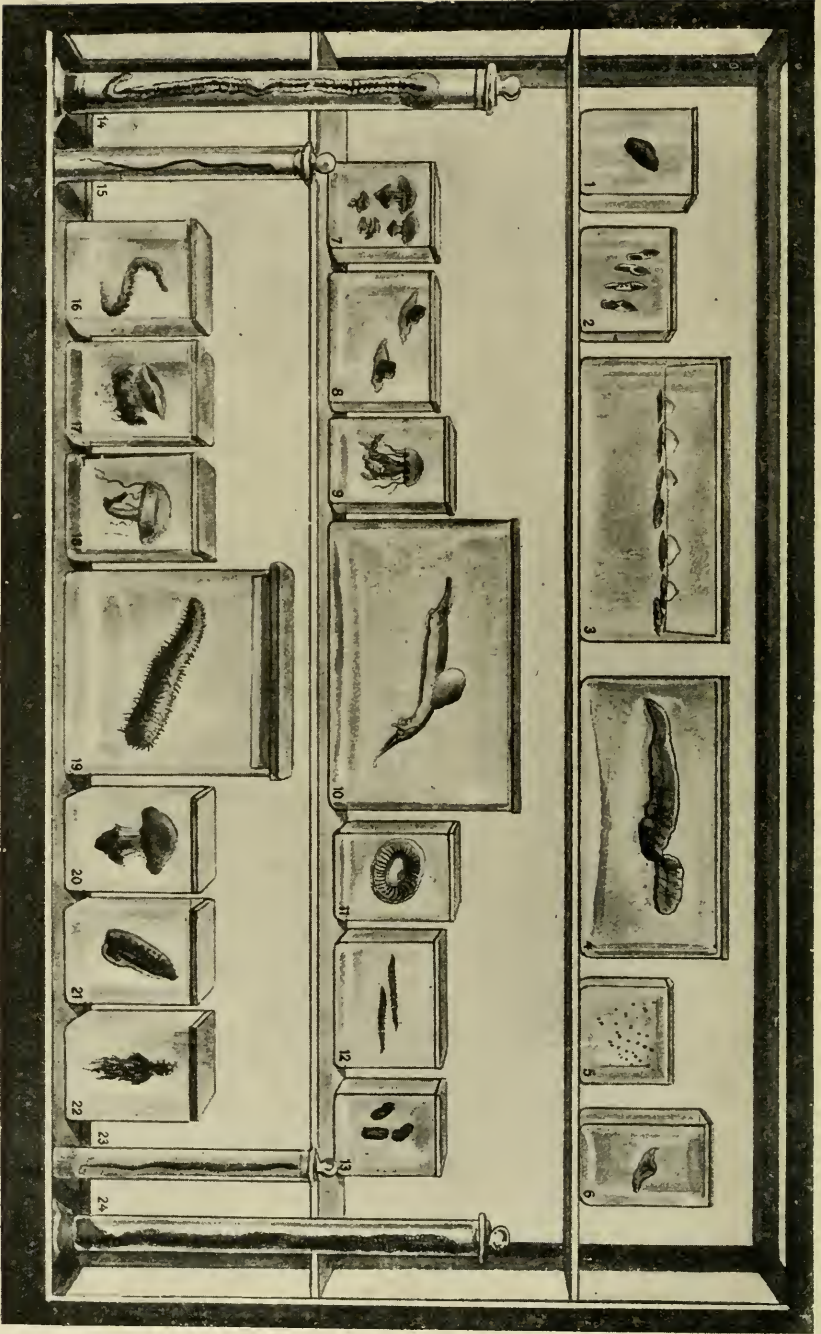


Fig. 27. Unser Planktonschrank. Geschenk von Dr. Hugo Merton.

die am extremsten umgebildete und ganz aus Planktonleben angepaßte Form. Ihre Verwandten tragen noch alle, mehr oder weniger entwickelt, auch dem Laien erkenntliche „Schneckencharaktere“, vor allem eine Schale. Das Gewicht dieser Schale und der unter ihr gelegenen Eingeweide war wohl Ursache, daß die Vorfahren der Heteropoden die eigentümliche Haltung beim Schwimmen annahmen, die alle Kielfüßer zeigen: die Rückenseite mit rudimentärer Schale (wenn sie überhaupt noch vorhanden ist) nach unten, die Bauchseite nach oben gekehrt. Letztere ist bei den kriechenden Formen von einem Fuß eingenommen, einer ausgedehnten Kriechsohle. Bei den pelagischen Heteropoden ist eine Sohle vollständig verschwunden, dafür sitzt auf der Bauchseite eine große rundliche Kielflosse, die von dem lebenden Tier immer nach oben getragen wird. Sie ist nicht etwa einem Fuß gleichwertig; doch findet sich an ihr der letzte Rest dieses charakteristischen Bewegungsorgans unserer Schnecken: Bei dem Männchen von *Pterotrachea* liegt am Außenrande ein kleiner Saugnapf (Fig. 28 sg). Verwandte von *Pterotrachea* haben ihn in beiden Geschlechtern und saugen sich damit am Ufer oder an im Wasser treibenden Gegenständen fest, können sogar noch kurze Strecken damit kriechen (*Atlanta*); bei unserer Form aber dient der Saugnapf nur noch bei der Kopulation. Die große Kielflosse ist dadurch entstanden, daß sich im Laufe der Phylogenie zwischen dem eigentlichen Fuß und dem Mundende ein Teil der muskulösen Körperwand nach außen vorgeschoben und den eigentlichen Fuß vom Körper abgedrängt hat. Das Organ ist beim unverletzten Tiere in ständiger Bewegung. Wenn es ruhig im Wasser schwebt, laufen s-förmige Wellen über die Flosse, einmal von vorn nach hinten und dann wieder umgekehrt. Dies allein genügt, um *Pterotrachea* im Wasser zu halten; nur bei völliger Ruhe der Flosse sinkt sie ganz allmählig. Um vorwärts zu schwimmen, werden Vorder- und Hinterende kräftig nach den Seiten geschlagen und zugleich beginnt die Flosse schneller und energischer zu schlagen, 130 bis 192 mal in der Minute (*Polimanti*), jetzt aber nur von vorn nach hinten. Ist die Bewegung einmal eingeleitet, so arbeitet die Flosse allein, ohne Mitwirkung von Rumpfkrümmungen. Bewegung nach rückwärts wird ebenso eingeleitet, nur läuft dann die Flossenbewegung von hinten nach vorn. Nach beiden Richtungen vermag *Pterotrachea* gleich schnell zu schwimmen. Doch hat die ganze Bewegung etwas ungemein

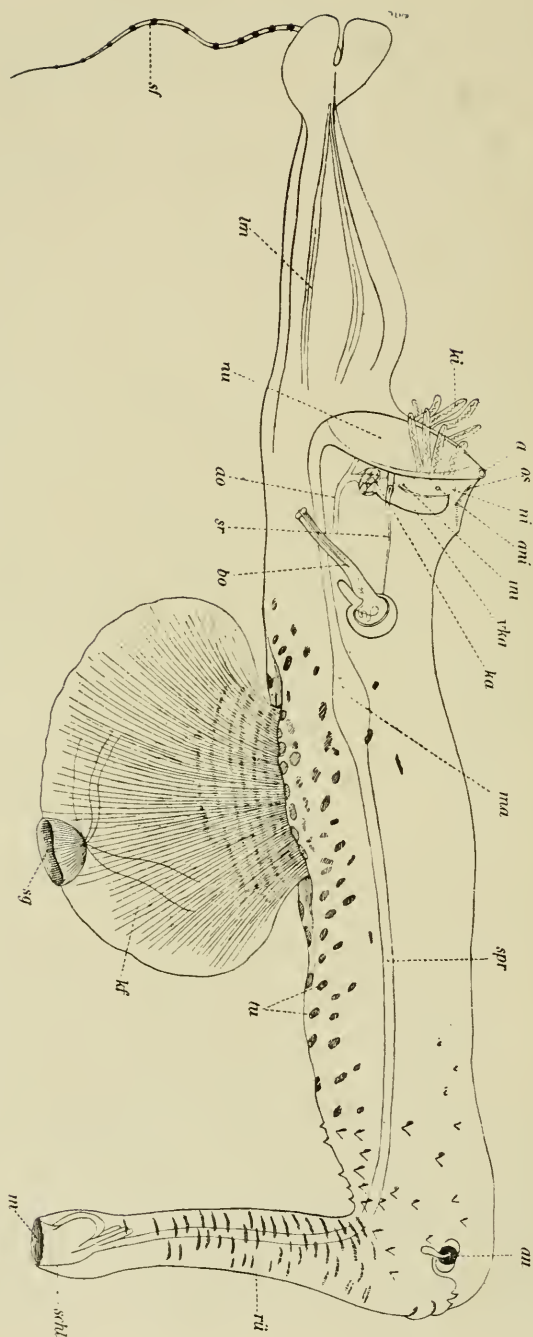


Fig. 28. *Pterotrachea coronata* Forskål ♂. Nach Vayssiére, ergänzt nach Reupsch und Krasucki.

rti Rüssel, *schl* Schlund, *m* Mund, *tu* Tuberkel, *kt* Kiefflosse, *sg* Saugnapf, *bo* Begattungsorgan, *sr* Samenrinne, *ao* Aorta, *nu* Eingeweidekern, *lm* Längsmuskelband, *sf* Schwanzfaden, *ki* Kiemen, *a* After, *os* Oosphradium, *ni* Niere, *ani* äußere-, *ini* innere Nierenöffnung, *vka* Vorkammer des Herzens, *ma* „Magen“, *spr* Speiseröhre, *au* Auge.

Plumpes und Schwerfälliges gegenüber den eleganten und graziösen Schlangenbewegungen der pelagischen Anneliden und stempelt sie richtig zu dem „hilflos“ im Wasser treibenden Angehörigen des Planktons. Dabei schwimmt *Pterotrachea* immer noch besser als ihre mit Schalenrudimenten behafteten Verwandten. Wenn man eine solche, etwa eine *Carinaria*, und eine *Pterotrachea* nebeneinander sieht, so ist man über die Ursache der Schalenrückbildung keinen Augenblick im Unklaren.

Nicht nur das Bewegungsorgan und seine Stellung, auch die ganze Körperform ist höchst sonderbar (Fig. 28). Die Schnecke ist langgestreckt und walzenförmig. Der Rumpf setzt sich nach vorn ohne jede Einschnürung in einen Kopf mit großen Augen fort, der sich seinerseits in einen unförmigen Rüssel verlängert. Dieser erscheint gegen die Körperachse abgeknickt und kann sowohl gegen Bauch- wie gegen Rückenseite getragen werden, ist überhaupt sehr beweglich. Der ganze Rumpf ist, namentlich auf der Bauchseite, mit weißlichen Tuberkeln besetzt. An seinem Hinterende liegt, in die Gallerte eingebettet, ein dunkler, beiderseits zugespitzter, länglicher Körper, der mit einem Ende etwas herausragt. Es ist der Eingeweideknäuel, der „Nucleus“; in ihm sind die Geschlechtsorgane, die Leber und der wichtigste Teil des Verdauungskanal zusammengeballt; dicht davor liegen Herz und Niere; an seinem freien Ende ist er vorn und an der Seite mit Kiemen versehen. Ein Mantel, der bei den typischen Mollusken Kiemen, sowie After und Nierenöffnung in eine Mantelhöhle einschließt, fehlt ganz. Der Umfang des Kerns, in dem sich die lebenswichtigsten Organe vereinen, ist erstaunlich klein im Verhältnis zur Größe des ganzen Körpers. Genau wie bei einer Meduse besteht hier, bei dem Mollusk, der größte Teil des Körpers aus spezifisch leichter Gallerte und somit aus Wasser. Ein ebenso auffallendes Mißverhältnis liegt in der Tatsache, daß gerade dieser Knäuel, von dessen Sicherheit Erhaltung von Individuum und Art abhängt, als dichte Masse am ganzen Tier allein deutlich sichtbar ist, während man die Konturen eines frisch gefangenen Tieres im Schöpfglas wegen seiner hohen Durchsichtigkeit nur mit einiger Mühe feststellt. Er verrät die Tiere natürlich auch den Räubern der See auf ziemliche Entfernung hin, und es ist gar häufig, daß der Forscher Pterotracheen zerfressen und verstümmelt erhält: Der durchsichtige Körper schwimmt noch lebhaft im Wasser herum, der Nucleus aber ist

herausgerissen. Man kann in diesem Falle die Durchsichtigkeit nicht gut als Schutz deuten; sie dürfte, soweit sie bei *Pterotrachea* vorhanden ist, nur Begleiterscheinung des hohen Wassergehaltes der Gewebe sein, der die Tiere voluminös und spezifisch leicht gemacht hat. Freilich läßt sich wenigstens die Tendenz konstatieren, den Eingeweidekern einigermaßen unsichtbar zu machen; er ist bei *Pterotrachea*, einer ausgesprochenen Bewohnerin der oberen Wasserschicht, von einer silberig glänzenden Haut überzogen; Silberglanz aber ist auf der Bauchseite der meisten freischwimmenden Fische vorhanden, und bei *Lelella* erfuhren wir von Luftkammern, die die Scheibe von unten im Wasser gesehen, silberig erglänzen lassen. Es ist dies zugleich die Farbe der Wasseroberfläche innerhalb des Winkels der totalen Reflexion, vom Wasser aus. — Hinter dem Nucleus beginnt der Schwanz, der nur auf der Rückenseite durch eine Vertiefung, in der der Nucleus ruht, gegen den Körper abgesetzt ist. Er trägt jederseits vier, auch beim lebenden Tiere etwas sichtbare Längsmuskelbänder und ist in der Körperrichtung abgeflacht. Nur das hinterste Ende ist senkrecht dazu ausgebreitet und hinten eingekerbt. Die beiden breiten Lappen sind als eine Art Höhensteuer anzusprechen; in der Kerbe entspringt ein eigentümlicher, sehr kontraktiler Schwanzfaden, perlschnurartig aussehend durch eine Reihe schwarzer knopfförmiger Auftreibungen. Er reißt sehr leicht ab und ist daher vielfach auch nicht abgebildet worden. Leuckart sieht in ihm eine Art Lockapparat, ähnlich manchen Körperanhängen vieler Fische.

So häufig *Pterotrachea* eine Beute großer Meerestiere wird, ebensosehr ist sie selbst ein Raubtier von ungeheurer Gefräßigkeit. Wenn sie nicht beunruhigt ist, tastet der lange Rüssel ständig hin und her und sucht Nahrung, die mit Hilfe der Zahnbewaffnung des Mundes gepackt wird. Als Schnecke hat *Pterotrachea* eine Reibplatte mit kräftigen Zähnen, die auf einem muskulösen Zungenwulst sitzt und zu einem sehr zweckmäßigen Fangapparat ausgebildet ist. Wird sie aus dem Munde geschoben, so klappen große seitliche Zähne zangenartig auseinander, um beim Zurückziehen automatisch zusammenzufahren und alles festzuhalten, was dazwischen kommt. Zur Beute wird jedes Tier, das einigermaßen überwältigt werden kann, namentlich kleinere Planktonformen, aber auch Artgenossen und selbst verhältnismäßig große Fische. Aus dem Schlund, in den zwei große

Speicheldrüsen ihr Sekret ergießen, gelangt die Nahrung in eine Speiseröhre, die fast das ganze Tier der Länge nach durchzieht. Eine Erweiterung hinter der Mitte faßte man allgemein als Magen auf; Krasucki sieht darin nur einen Kropf; der Magen selbst ist nach ihm ein ganz unbedeutender Abschnitt zwischen diesem Kropf und dem Nucleus. Dahinter mündet die „Leber“ ein, und hier beginnt der eigentliche Dünndarm, der glatt durch den Eingeweidekern durchzieht und auf seiner Spitze ausmündet. Damit hätte *Pterotrachea* auch in den Abteilungen des Darmrohres Proportionen, die allen üblichen widersprechen. In dem kleinsten Darmteil im Nucleus lassen sich sogar noch mehrere physiologisch verschiedene Abschnitte unterscheiden. In der „Leber“, die ganz dem Eingeweideknäuel angehört, hat Reupsch niemals Nahrungsteile konstatieren können und hält sie für eine wohl ausschließlich sezernierende Drüse. Sie steht damit in scharfem Gegensatz zur Mitteldarmdrüse der meisten darauf untersuchten Gastropoden, die ebenso sehr ein Organ der Nahrungsaufnahme, und zwar durch Phagocytose (Jordan), als ein Sekretionsorgan ist. Vor dem Eingeweideknäuel liegt das Herz. Es besteht aus Kammer und Vorkammer. Aus der muskulösen Kammer tritt eine Aorta, die sofort einen starken Ast in den Nucleus hineintreten läßt. Ein zweiter geht durch den Körper nach vorn und liefert Zweige für Kopf, Flosse usw. Das Blut, eine wasserklare Flüssigkeit mit spärlichen kernhaltigen Blutkörperchen, gelangt aus diesen Arterien in große Körperhöhlräume, Lakunen. Ein rückführendes Gefäßsystem fehlt bei den Heteropoden vollständig, während bei den meisten Schnecken wenigstens eine „Kiemenarterie“ Blut zu den Kiemen führt und eine „Kiemenvene“ von da zur Vorkammer. Zu den Atemorganen gelangt das Blut aus den großen Lakunen; die Kiemen sind lediglich dünnhäutige Ausstülpungen der Körperhaut, etwa 15 bis 20 dicke kurze Fäden, in die sich die Blutlakunen fortsetzen. Von denselben Räumen aus führt eine große Öffnung in die Herzvorkammer. Da die Kiemen in nächster Nähe liegen, wird das meiste durchgeatmete Blut in das Herz zurückgelangen, daneben aber auch Blut, das die Kiemen nicht passiert hat. So ist die Leitung vom Herzen in den Körper wohlausgebildet — eine Rückstauung verhindern Klappen zwischen Kammer und Vorkammer, sowie zwischen Aorta und Kammer, deren Spiel man bei großen Tieren mit bloßem Auge erkennen kann — dagegen fehlt eine geregelte Rück-

leitung. Die Annahme, daß bei Heteropoden nicht nur die Kiemen atmen, sondern, wenigstens in geringerem Maße, die ganze Körperoberfläche an der Atmung teilnimmt, gewinnt durch diese Verhältnisse sehr an Wahrscheinlichkeit. Für die verhältnismäßig untergeordnete Stellung des Herzens spricht auch der Umstand, daß Pterotracheen im Experiment drei bis vier Tage ohne Herz und Herztätigkeit leben können (Ry w o s c h), und daß im Meer gefangenen lebenden Tieren mit dem Nucleus auch das Herz herausgerissen sein kann, ohne daß sie an dieser schweren Verletzung sofort zugrunde gehen. Das Herz ist in einen Herzbeutel eingeschlossen, der mit der Vorkammer in offener Verbindung steht. Mit ihm kommuniziert auch die Niere, ein länglicher, zwischen Herz und äußerem Ende des Nucleus gelegener Sack, der wie das Herz Kontraktionen ausführt. Das Exkretionsorgan mündet vor dem Nucleus auf der rechten Seite nach außen. Eine zweite kleinere Öffnung der Niere durchbricht den Herzbeutel und verbindet Exkretionsorgan und Pericardialsinus. Diese sonderbare Einrichtung der Mollusken ist sofort verständlich, wenn man die Entwicklung des Herzbeutels beachtet. Er ist der einzige Rest einer sekundären Leibeshöhle. Vergewärtigt man sich das Verhalten dieser zum Exkretionsorgan etwa bei den Würmern, z. B. den Alciopiden (siehe 45. Bericht S. 148): In jedes der zahlreichen Coelomsäckchen öffnet sich der Wimpertrichter des Exkretionsorganes. Dieses selbst mündet im nächstfolgenden Segment nach außen. Dasselbe zeigen im Prinzip auch die Mollusken, nur ist das Segmentalorgan bloß einmal vorhanden und von der ganzen Leibeshöhle allein der Herzbeutel übrig. Die Physiologie der Heteropoden-Niere ist mehrfach Gegenstand der Untersuchung gewesen, aber noch nicht ganz geklärt (Joliet, Rywosch, Gegenbaur, Leuckart). Ein Netzwerk von Kanälen in der kaudalen Wand des Sackes spricht Reupsch als Harnkanälchen an, die Exkrete aus den umgebenden Blutlakunen entnehmen. Als möglich wurde auch in Betracht gezogen, daß der kontraktile Sack ständig Wasser aufnimmt und daß dieses durch das Pericard in die Blutbahn gelangt. Eine ältere, von Keferstein angeführte und von Schiemenz neuerdings bestätigte Beobachtung, daß Pterotracheen ihren Körper durch Wasseraufnahme schwellen lassen können, dürfte in dieser Einrichtung mit ihre Erklärung finden; andernteils könnte ein mit Sphinktermuskulatur versehener, von Reupsch gefundener Po-

rus hinter der Schnauzenspitze demselben Zwecke dienen. Der Entdecker selbst nimmt an, daß das durch diese Öffnung ausgestoßene Wasser eine Rückwärtsbewegung des Körpers bewirke. Im Gegensatz zu unseren Landschnecken sind die Heteropoden keine Zwitter, sondern Männchen und Weibchen sind immer getrennt, wie es bei allen Prosobranchiern die Regel ist. Äußerlich erkennbar sind die Männchen der *Pterotrachea* sofort an dem großen Begattungsorgan rechts vom Nucleus, außerdem aber, bei Gastropoden ein seltener Fall, auch an einem sekundären Geschlechtscharakter, dem schon erwähnten Saugnapf in der Mitte der Flosse. Bei den nächstverwandten Gattungen besitzen beide Geschlechter dieses Rudiment einer Kriechsohle, doch ist auch bei *Pterotrachea* das Merkmal vielleicht noch nicht ganz präzise auf die Männchen eingeschränkt; Weibchen mit Saugnapf an der Flosse sind nicht ganz selten gefunden worden; es kann dies freilich auch mit einem ebenfalls nicht sehr seltenen und in diesem Falle sehr weitgehenden äußeren Hermaphroditismus in Verbindung stehen. Die Gonaden selbst bilden, neben der Leber, den größten Teil des Eingeweidekerns. Der Hoden besteht aus zwei langen Lappen, die aus zahlreichen Schläuchen aufgebaut sind. Ein Ausführgang leitet den Samen rechts vom Nucleus nach außen. Hier an der Oberfläche wird er in einer mit Flimmer-epithel ausgekleideten Rinne zum Penis geleitet, einem aus verschiedenen Abschnitten kompliziert aufgebauten Körperanhang, dessen Teile auch neuerdings noch verschiedenste Auslegung erfahren (Krasucki-Reupsch). Das Ovar liegt an derselben Stelle, wie beim Männchen der Hoden. Der gewundene Ausführgang ist in dem Abschnitt, der nicht mehr im Bereiche des Nucleus liegt, zu einer Vagina erweitert; an dieser befindet sich ein bei erwachsenen weiblichen Tieren in der Regel prall mit Samen gefülltes Sammelreservoir, ein Receptaculum seminis, sowie eine große Drüse. In letzterer sind Schalendrüse und Gallertdrüse vereinigt; ihre Hohlräume gehen ineinander über, während die Ausführgänge getrennt in den Eileiter münden. Das Ei durchwandert die Drüsen selbst und tritt daraus in die Vagina, nachdem es seine Hüllen erhalten hat. Die Eiproduktion ist ganz kolossal; die Eier werden in Schnüren, eins hinter dem andern, abgelegt; nach Fol liefert eine *Pterotrachea* pro Tag etwa 1 m zusammenhängende Eischnur, doch löst sich dieser Verband bald in kleinere Stücke. Die Entwicklung geht über eine Metamor-

phose, bei der in sehr bezeichnender Weise „Schneckencharaktere“, wie z. B. eine Schale, auftreten und wieder verschwinden.

Daß pelagische Raubtiere wie *Pterotrachea* Nervensystem und Sinnesorgane gut ausgebildet haben, darf man von vornherein erwarten und findet es ja auch bei den Alciopiden. Das Nervensystem läßt sich auf das typische der Streptoneuren zurückführen. Bei ihnen ist der über den Körper emporgeschobene Bruchsack, der die Eingeweide enthält, im Lauf der phylogenetischen Entwicklung nach vorn umgedreht worden, so daß vorher nach hinten gelegene Organe jetzt nach vorn verlagert sind, wie z. B. die Kiemen. Dabei erlitt ein Nervenstrang, der die paarigen sog. „Pleuralganglien“ verbindet und in dessen Verlauf im Bereich der Eingeweide kleinere Ganglien eingeschaltet sind, die Visceralkommissur, eine eigentümliche Verdrehung zu einer Achterfigur. Von diesem charakteristischen Verhalten weicht das Nervensystem der Heteropoden dadurch ab, daß Verschmelzungen und Rückbildungen eingetreten sind, und daß die einzelnen Stränge infolge der Gesamtform außerordentlich gestreckt erscheinen (Spengel, Pelseneer, Tesch). Von den reizaufnehmenden Organen ist dasjenige, das dem immer hungrigen Tiere die Beute auf optischem Wege zeigt, genau wie bei den räuberischen Alciopiden, am höchsten ausgebildet. Wie jedes Molluskenauge geht auch das Auge der *Pterotrachea* auf eine Epithelblase zurück, die aber im Lauf der Entwicklung sehr komplizierte Ausgestaltung erhalten hat. Man erkennt in dem länglichen Anhang, der auf der Rückenseite (beim schwimmenden Tiere also nach unten) an der Stelle gelegen ist, wo die Schnauze vom Körper abbiegt, eine große kugelige Linse. Sie ist Ausscheidungsprodukt der Innenseite einer Cornea, der durchsichtigen Vorderwand der ganzen Augenblase. Dahinter erscheint eine dunkelpigmentierte Partie, in der fensterartige helle Teile ebenfalls mit bloßem Auge erkennbar sind. Diese Pigmenthaut scheidet nach innen gleichfalls eine lichtbrechende Substanz aus, einen Glaskörper, der die Augenblase hinter der Linse füllt. Im Grunde bildet die Innenschicht eine sonderbar geformte Netzhaut, einen langen Streifen mit sechs Reihen kompliziert gebauter Sinneszellen. Eine Augenhülle bildet vorn die äußere Lage der Cornea, dahinter eine schützende „Sklerotica“. Augenmuskeln bewegen das Organ als Ganzes. Dem Bau und der Anordnung der Retinaelemente nach liefert das Auge dem Tier kein scharfes Bild eines Gegenstandes,

sondern orientiert vielmehr über die verschiedene Entfernung schwimmender Körper, indem nähere Gegenstände andere Retinazellen reizen als entferntere (Hesse). Dadurch erübrigen sich natürlich Akkommodationsvorrichtungen; weder der Durchmesser der Linse, noch die Entfernung zwischen Linse und Retina scheinen geändert werden zu können. Sehr auffallend ist die Gesamtform der Augen, die unwillkürlich an die Teleskopaugen der Tiefseefische und an die Augen mancher Nachtvögel erinnert. Sie müssen ihrem Bau nach, wie die Augen dieser Dunkeltiere, die Aufgabe haben, möglichst viel Licht auf die Retina zu konzentrieren. Dabei leben aber unsere Pterotracheen in den lichterfüllten obersten Schichten des Wassers! Eine sehr merkwürdige Einrichtung erklärt diesen eigenartigen Bau der Augen. Wie schon erwähnt, zeigt die Pigmentwand, deren Aufgabe es ist, störendes Seitenlicht abzuhalten, hier bei *Pterotrachea* Unterbrechungen auf der Ober- und Unterseite. Auf den diesen Fenstern gegenüberliegenden Wänden der Augenblase sind eigentümliche Zellen, sog. „Nebensehzellen“ (Hesse), angereichert. Da keine optischen Hilfsapparate vorhanden sind, kann hier kein Bild, wohl aber einfach Licht, wie etwa von Beutetieren reflektiertes, wahrgenommen werden. Damit würde also die Kielschnecke auch über Gegenstände im Wasser über und unter ihr benachrichtigt, die nicht in des Sehfeld der Retina selbst fallen. Möglicherweise wird, wie bei den Alciopiden von der Nebenretina, hier von den Nebensehzellen ein Reflex ausgelöst, der eine Augenbewegung zur Folge hat, die den betr. Körper in das Retinasehfeld bringt. Jedenfalls aber muß die Durchbrechung der isolierenden Pigmentwand in verhältnismäßig sehr großem Umfang zur Folge haben, daß störendes Nebenlicht in das Augeninnere gelangt. Um diesen Nachteil auszugleichen und trotzdem möglichst viel Licht auf die Netzhaut zu konzentrieren, hat bei diesen durchsichtigen Geschöpfen an der lichterfüllten Meeresoberfläche das Auge als Ganzes die Augenform der Nachttiere erworben.

Sehr bekannt und in allen Lehrbüchern abgebildet ist ein zweites, hochentwickeltes Sinnesorgan, die Statocyste, das Gleichgewichtsorgan. Sie liegt gleich hinter den Augen, aber etwas mehr nach innen, und ist, wenn man das Tier von oben betrachtet, gerade noch als winziges Bläschen sichtbar. Als verhältnismäßig großes, leicht zugängliches Objekt und in einem durch-

sichtigen Tiere gelegen, hat sie eine sehr große Zahl von Arbeiten, darunter grundlegende über statische Organe, hervorgerufen (Leuckart, Gegenbaur, Leydig, Boll, Ranke, Claus, Solger, Retzius, Ilyin, Tschagotin, Polimanti). Bei schwacher Vergrößerung erkennt man eine Blase, in deren Mitte in einer Statolymphe ein sehr hübsch konzentrisch und radiär gestreifter Statolith schwebt. An das Ganze tritt ein Nervus staticus, der sich aufspaltet. Seine Äste laufen wie Meridiane um die kleine Kugel und innervieren auf der Seite, die der Zutrittsstelle gegenüberliegt, eine Macula statica, einen Bezirk von Sinneszellen. Im Epithel der übrigen Blasenwand, in der Antimacula (Tschagotin), treten Zellen auf, von denen je ein großes Wimperbüschel in die Statolymphe hineinragt. Sind diese Wimpern aufgerichtet, so wird der Statolith auf die Macula gedrückt, da die Büschel ungleich lang sind: die der Macula gegenüberliegenden am längsten, die ihr benachbarten am kürzesten. Dadurch wird das Tier über seine Lage im Raum orientiert: Der Druck auf bestimmte Sinneszellen übt einen Reiz aus, der zu den Ganglien weitergeleitet und hier geordnet wird, und dann eventuell adäquate Reflexe auslöst. Das Aufrichten der Wimperbüschel, wodurch der Statolith angedrückt wird, entspricht der Ruhestellung der Wimperzellen, die sie autonom einnehmen, z. B. auch beim toten Tier immer haben. Anscheinend um die Reizbarkeit der Sinneszellen nicht abzustumpfen, wechselt diese Stellung aber in rythmischen Zeitintervallen mit jener, bei der der Statolith in der Mitte schwebt, die Büschel aber, an die Wand niedergebogen, zitternde Bewegungen ausführen. Sie erzeugen so eine Strömung in der Lymphe, die das Konkrement in der Schwebelage hält, etwa wie die Glaskugel im Wasserstrahl in jeder Schießbude. Diese Spannung der Wimperzellen geschieht auf einen Impuls vom Zerebralganglion hin. Die Nervenfasern, die zu den Wimperzellen gehen, sind danach motorisch, während die der Macula sensorisch sind; übrigens verhalten sich beide Arten von Fasern auch färberisch verschieden. Die statischen Nerven kreuzen sich teilweise so, daß in den Gehirnganglien die Reize der medialen Partien der einen Statocyste mit denen von den lateralen Partien der anderen kombiniert werden, sodaß wir hier also ein Seitenstück zur Korrespondenz der Netzhäute der Wirbeltieraugen haben (Tschagotin). Die Hauptfunktion der Statocysten ist natürlich die der Orientierung im Raum; daneben be-

einflussen sie den Tonus der Körpermuskulatur: Zerstörung der Statocysten hat Erschlaffung des sonst prall gespannten Körpers zur Folge. Früher hat man in ihnen, wie in allen statischen Organen, fälschlich Gehörapparate gesehen, doch fehlen diese den Heteropoden vollständig. Dagegen besteht hier ein auch sonst bei Mollusken sehr verbreitetes Organ, das wahrscheinlich für chemische Reize (Geruch, Geschmack) empfänglich ist, das Osphradium, ein Wimperepithelbezirk. Es liegt an der Vorderseite des Nucleus in der Nähe des Afters. Besondere Geschmacksorgane, becherförmige Gruppen von Sinneszellen, sind in der Nähe des Mundes nachgewiesen worden (Boll), auch ist ein besonderes Geschmacksvermögen dargetan (Lang). Sehr in die Augen fallen Organe, die als große, weiße Tuberkeln, namentlich auf der Bauchseite, um den Flossenansatz herum, liegen. Es sind hier sehr reichlich Drüsenzellen angehäuft, und dazwischen liegen bewimperte Stützzellen; aus der Mitte des Hügels ragt öfter ein zarter Faden nach außen; an das Ganze tritt ein Nerv heran. Es ist wahrscheinlich, daß hier Sinnesorgane vorliegen, die vielleicht den Seitenorganen der Fische analog sind, also zur Wahrnehmung von Bewegungen und Druckschwankungen im Wasser dienen, wie Paneth und Eddinger annehmen. Dann treten auf der Haut, die sehr reich innerviert ist, noch eigentümliche nervenreiche Papillen auf, denen sog. „Knorpelzellen“ eine gewisse Steifheit verleihen und an die auch ein Nerv tritt. Besonders auffällig sind mehrere, in individuell verschiedener Zahl auftretende Höcker vor den Augen, in denen man früher Fühler sah. Diese charakteristischen Sinnesorgane der Schnecken aber fehlen bei unserer *Pterotrachea* ganz.

Wie viele pelagische Tiere vermag auch *Pterotrachea* zu leuchten; namentlich der Nucleus strahlt auf den geringsten Reiz hin ein schönes bläuliches Licht aus.

Literatur: Claus, C. Das Gehörorgan der Heteropoden. Arch. mikr. Anat. 12. 1876 — Ders. Über den akustischen Apparat im Gehörorgan der Heteropoden. ib. 15. 1878 — Eddinger, L. Die Endigung der Hautnerven bei *Pterotrachea*. ib. 14. 1877 — Fahringer, I. Über das Vorkommen einer Speicherniere bei *Carinaria mediterranea*. Zool. Anz. 27. 1904 — Fol, H. Études sur le développement des Mollusques: Sur le développement larvaire et embryonnaire des Hétéropodes. Arch. Zool. Exp. 45. 1876 — Gegenbaur, C. Untersuchungen über Pteropoden und Heteropoden. Leipzig 1855. — Grenacher, H. Abhandlungen zur vergleichenden Anatomie des Auges. II. Das Auge der Heteropoden. Abh. Naturf. Ges. Halle 17. 1886 — Grobben,

C. Zur Morphologie des Fußes der Heteropoden. Arb. Zool. Inst. Wien 7. 1888 — Ilyin, P. Das Gehörbläschen als Gleichgewichtsorgan bei den Pterotracheiden. Ctrbl. Physiol. 13. 1899 — Joseph, M. Die vitale Methylenblau-Nervenfärbungsmethode bei Heteropoden. Anat. Anz. 3. 1888 — Keferstein, W. Weichtiere. Bronns Klassen und Ordnungen III. 2 1862-1866. — Krasucki, A. Untersuchungen über Anatomie und Histologie der Heteropoden. Anz. Akad. Wiss. Krakau B. 1911 — Lang, A. Lehrbuch der vergleichenden Anatomie. 1. Lief. Mollusca. Jena 1900. — Leuckart, R. Zoologische Untersuchungen III. Heteropoden. Gießen 1854 — Leydig, F. Anatomische Bemerkungen über *Carinaria*, *Firola* und *Amphicora*. Ztschr. Wiss. Zool. 3. 1851. — Paneth, I. Beiträge zur Histologie der Pteropoden und Heteropoden. Arch. mikr. Anat. 24. 1885. — Pelseneer, P. Le Système nerveux streptoneure des Hétéropodes. C. R. Acad. Sc. Paris 114. 1. 1892. — Polimanti, O. Contributi alla fisiologia del movimento e del sistema nervoso degli animali inferiori. Ztschr. Allg. Physiol. 12. 1911. — Ranke, I. Der Gehörvorgang und das Gehörorgan bei Pterotrachea. Ztschr. Wiss. Zool. 25. 1875. — Retzius, G. Zur Kenntnis des Gehörorgans der *Pterotrachea*. Biol. Untersuchungen N. F. 10. 1902. Reupsch, E. Beiträge zur Anatomie und Histologie der Heteropoden. Ztschr. Wiss. Zool. 102. 1912. — Rywosch, D. Zur Physiologie des Herzens und des Exkretionsorgans der Heteropoden. Arch. Ges. Physiol. 109. 1905. — Schiemenz, P. Die Heteropoden der Planktonexpedition. Erg. Plankton-Exp. 2. F. c. 1911. — Solger, B. Zur Kenntnis des Gehörorgans von *Pterotrachea*. Schriften Naturf. Ges. Danzig N. F. 10. 1899. — Spengel, I. W. Das Geruchsorgan und das Nervensystem der Mollusken. Ztschr. Wiss. Zool. 35. 1881. Souleyet, M. Hétéropodes. Voyage de la „Bonite“ 2. Paris 1852 — Tesch, I. I. Die Heteropoden der Siboga-Expedition. Siboga-Expeditie 51. 1906 — Ders. Das Nervensystem der Heteropoden. Ztschr. Wiss. Zool. 105. 1913. — Tschagotin, S. Die Statocyste der Heteropoden. ib. 90. 1908. — Wackwitz, J. Beiträge zur Histologie der Molluskenmuskulatur, speciell der Heteropoden und Pteropoden. Diss. Breslau 1893. — Vayssiére, A. Mollusques Hétéropodes. Res. Camp. Sc. Monaco 26. 1904.

Wie die eine Legion der Schnecken, die „Streptoneuren“ mit der erwähnten achterförmigen Visceralkommissur im Nervensystem in den Heteropoden eine Unterordnung mit weitgehender Anpassung an pelagisches Leben besitzt, so hat auch die zweite, die der „Euthyneuren“, bei denen jene Kreuzung der Kommissur nicht vorhanden ist, ihre Vertreter draußen auf der Hochsee. Es sind Angehörige verschiedener, nicht einmal direkt verwandter Familien aus der Unterordnung der Opisthobranchier, bei denen Eigentümlichkeiten der Planktontiere so vorherrschend geworden sind und sie soweit von den anderen entfernen, daß sie früher als eigene Unterordnung der „Pteropoden“ gingen, bis neuere Untersucher, vor allem Boas und Pelseneer, ihnen auf Grund vergleichend-anatomischer Untersuchungen ihre Stel-

lung anwiesen. Unser Planktonschrank hat Vertreter von zwei der größten und schönsten Arten aufzuweisen, beide aus der Familie der Cymbuliiden, *Cymbulia peroni* Blainville (8; Fig. 29, 30) und *Tiedemannia neapolitana* Delle Chiaje (6; Fig. 32, 33).¹⁾ Die Stellung der letztgenannten in der Familie entspricht etwa der der *Pterotrachea* unter den Heteropoden: Sie ist, wenigstens



Fig. 29. *Cymbulia peroni* Blainville. Eines der Exemplare des Planktonschrankes von der vorderen, oralen Fläche (beim Schwimmen oben). Natürl. Größe.

in den meisten Merkmalen, die am stärksten modifizierte Gattung, während *Cymbulia* eine Form ist, wie sie ungefähr in der Ahnenreihe der Tiedemannien aufgetreten sein mag, analog den erwähnten, weniger umgebildeten Verwandten der *Pterotrachea* bei den Heteropoden. Beide Formen sind in der Gesamtorgani-

¹⁾ Letzteres ein „Lehrbuchname“, den die Etikette des Schrankes noch aufweist; nach den Regeln der Nomenklatur: *Gleba coronata* Forskål.

sation einander sehr ähnlich; im folgenden mag die primitivere *Cymbulia peroni* zu Grunde gelegt werden. Sie war lange Zeit nur aus dem westlichen Mittelmeer bekannt, bis sie von der Deutschen Tiefsee-Expedition und der Plankton-Expedition auch aus dem Atlantischen Ozean mitgebracht wurde. Das stattliche Tier wird 6—7 cm lang und ist, bis auf die auch hier wieder zu einem Klumpen zusammengeballten Eingeweide, glashell. Es hat die Form eines Kahnes, vorn mit einer abgestumpften, runden Spitze, hinten breit und flach und mit zwei gezähnten seitlichen Fortsätzen. In diesem „Kahn“, einer eigentümlichen, gelatinösen Schale sitzt der Körper. Der Rumpf mit den Eingeweiden ist in seine wasserhelle Grundmasse eingesenkt, und darüber liegt ein Kopfteil, der Fuß und Flosse trägt. Der Fuß steht ganz im Dienst der Nahrungsaufnahme; er ist lediglich ein nach hinten umgebogener Rüssel. Die Flosse liegt dahinter (ventralwärts), eine einheitliche Fläche, die nach rechts und links zwei große, von Muskeln durchsetzte Lappen ausgebildet hat. Davon abgesetzt ist ein nach hinten ragender Mittellappen, der ganz im Bereich des „Kahnes“ bleibt und an dem in einer Kerbe hinten ein langer, tentakelartiger Faden befestigt ist. Die beiden überragenden Flossen sind Bewegungsorgane, die den sonderbaren und doch ungemein reizvollen „Flügel Fußern“ etwas ganz Besonderes geben. Die italienischen Fischer nennen sie „farfalle di mare“, und durch den Flossenschlag und ihr elegantes „Fliegen“ erinnern sie wirklich an Schmetterlinge. Freilich wird man bei genauer Analyse die Bewegung eher der eines schwimmenden Rochens, eines *Trygon* oder einer *Raja*, an die Seite stellen müssen (Polimanti). Die Fläche schlägt nicht als Ganzes von oben nach unten, sondern der Schlag beginnt vorn und läuft als Welle nach hinten. Dadurch kommt ein sehr förderndes, für gewöhnlich horizontal gerichtetes Schwimmen zustande; das zugespitzte Vorderende der Schale durchschneidet dabei das Wasser. Gelegentlich, aber selten, tritt auch eine umgekehrte Schlagrichtung und damit ein Rückwärtsschwimmen ein. Stärkere Arbeit einer Flosse allein ergibt eine Kreisbewegung. Auch in vertikaler Richtung ist Bewegung möglich. Dabei sind die Tiere als echte Planktonorganismen ungemein leicht; von manchen ist bekannt, daß sie durch einfaches Ausspreizen ihrer Flosse in der Schwebelage zu bleiben vermögen. Die spezifisch leichte Gallerte, die bei allen Tieren unserer Zusammenstellung

als Schwebeorgan angehäuft ist, wird hier in der Hauptsache in Gestalt der sog. „Schale“ angelagert. Mit der echten Mollusken- schale, der Schnecken- oder Muschelschale, hat diese nichts zu tun. Einmal ist ihre Entstehung und Lage am Körper ganz an-

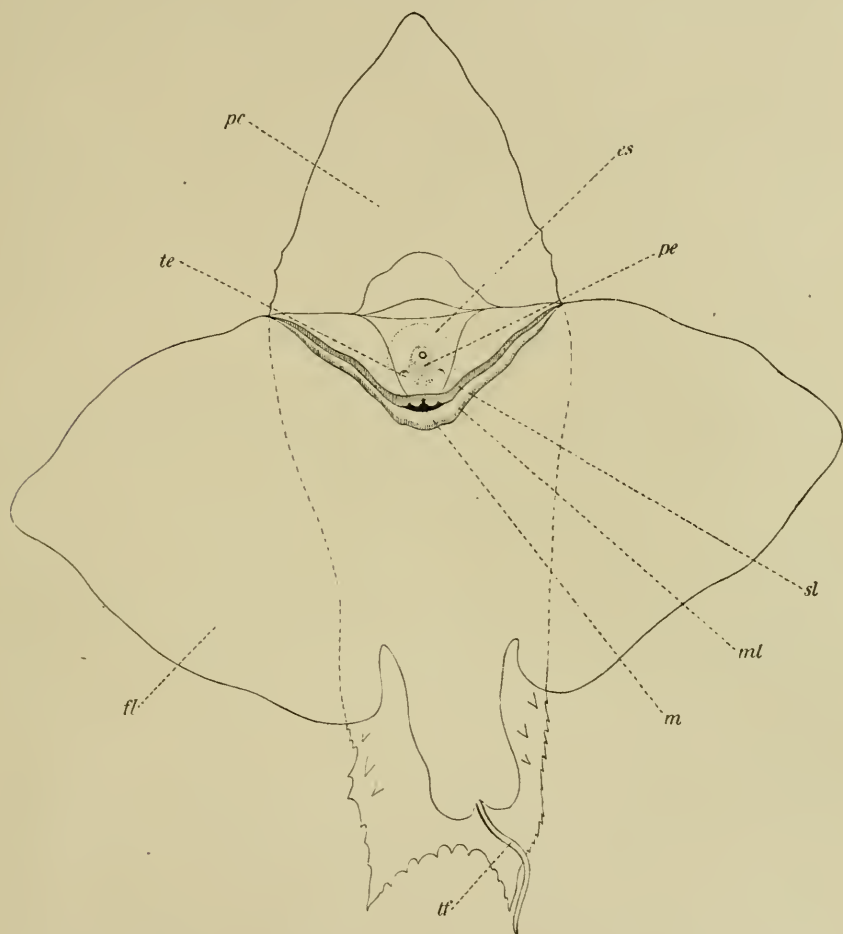


Fig. 30. *Cymbulia peroni* Blainville. Schematische Darstellung von der vorderen, oralen Fläche, nach Meisenheimer.

es Eingeweidesack, pe Penis, sl Seitenlappen ml Mittellappen des Fußes, m Mund, tf tentakelförmiger Fortsatz der Flosse, fl Flosse, te Tentakel, pc Pseudoconcha.

ders; dann aber tritt eine echte Schale in der Entwicklung bei der Larve auf und wird später wieder abgeworfen. Die Cymbu-

liidenschale ist eine Bildung *sui generis*, die nur bei dieser einen Familie vorkommt; sie wird nach innen von der Haut allmählich abgelagert und ist von fast knorpeliger Konsistenz. Die weiche und sehr leicht verletzliche Körperhaut zieht daher über den ganzen großen „Kahn“ hin. Wird das Tier beim Fang oder sonstwie unsanft berührt, so fällt die Schale — um ihren morphologischen Wert zu charakterisieren, hat man sie auch als *Pseudococoncha* bezeichnet — vom Körper ab, und der Pteropod vermag ohne sie weiter zu schwimmen, ohne in seinen Bewegungen oder Verrichtungen merklich gehindert zu sein. Der Körper, der in der *Pseudococoncha* ruht, ist hier wenigstens im Rumpfteil von dem für die Mollusken charakteristischen Mantel umgeben; in dem Raum zwischen diesem und der eigentlichen Körperoberfläche, der Mantelhöhle, münden After und Nierenöffnung — bei Heteropoden ist eine Mantelhöhle bekanntlich nicht vorhanden — und ein bereits bei diesen erwähntes Sinnesorgan, das Osphradium, hat hier wie typisch seinen Platz. Auf der Seite nach der Schale zu ist das Mantelepithel größtenteils zu einer umfangreichen Mantelhöhlendrüse umgebildet, einer Schleimdrüse, über deren Aufgabe Sicheres nicht bekannt ist. Die Mantelhöhle öffnet sich nach hinten, unter dem mittleren Fortsatz der Flossenfläche. Vorn (dorsal) erhebt sich der Fuß, der zu einem Rüssel umgebildet, an seinem Ende den Mund trägt. Er liegt in der Tiefe eines Trichters, der von zwei oberen, in der Mitte verschmolzenen Seitenlappen und einem unpaaren unteren (Mittel-) Lappen gebildet wird. Die Ränder dieser Lappen vereinigen sich und bilden zwei deutlich sichtbare Falten, die seitlich nach dem vorderen Flossenrande hinlaufen. Das Epithel in diesen Falten und auf der ganzen Innenseite des Trichters ist bewimpert; dies ist die einzige Vorrichtung, vermittels deren die Cymbulien Nahrung einfangen können; der Schlag der Cilien ist gegen den Mund gerichtet und strudelt, in derselben primitiven Weise wie die Peristomfelder mancher Protozoen, allerhand kleinste Lebewesen, hauptsächlich einzellige Tiere und Pflanzen, in den Mund. Die Nahrung gelangt durch ein kurzes sog. „Schlundrohr“ erst in die eigentliche Mundhöhle mit nur mäßig entwickeltem Kiefer- und Reibplattenapparat, von da durch einen faltigen, drüsigen Ösophagus in einen Kaumagen mit einer Anzahl harter chitiner Platten, zwischen denen die Nahrung zermahlt und die Kalk- und Kieselpanzer der verschluckten Einzeller zerrieben werden. Dann erst folgt ein

eigentlicher längsgefalteter Magen mit Drüsen, und als besonders reicher Drüsenbezirk hängt ihm die umfangreiche „Leber“ an, hier im Gegensatz zu *Pterotrachea* ein besonderer Teil des Verdauungstraktes, in dessen weite Hohlräume Nahrungspartikel eintreten. Eigentümlich ist den Pteropoden ein in den Magen mündender Blindsack, der außen in der Lebermasse eingebettet liegt. Er liefert ein Sekret, das ständig verbraucht wird; man will in ihm ein dem bekannten Kristallstiel vieler Muscheln analoges Organ sehen, dessen Aufgabe es sein soll, scharfkantige Hartteile der Nahrung mit zähem Schleim zu überziehen, um die zarten Darmwände vor Verletzung zu schützen. Auf den Magen folgen ein gewundener Dünndarm und ein kleiner Enddarm.

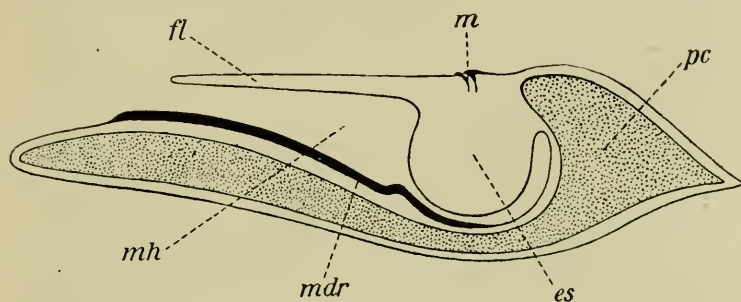


Fig. 31. *Cymbulia peroni* Blainville. Schematischer Durchschnitt, senkrecht zur Fläche der Figur 30, nach Meisenheimer.

m Mund, pc Pseudoconcha, es Eingeweidesack, mdr Mantelhöhlendrüse, mh Mantelhöhle, fl Flosse.

Dorsal legt sich das Herz an den Eingeweideknäuel, äußerlich ungeteilt, innerlich nur unvollkommen durch zwei Längssepten in Kammer und Vorkammer getrennt. Das Blut, eine klare Flüssigkeit mit kernhaltigen Blutzellen, tritt auch hier durch die Arterien in ein System von Lakunen. Kiemen und sonstige Atemorgane fehlen. Der nötige Gasaustausch wird einfach durch die gesamte Oberfläche besorgt; namentlich das dünne, zarte Mantelhöhlenepithel dürfte für die Atmung tätig sein. Ebenso wie das Herz liegt auch die Niere, ein weiter Sack, dem Eingeweideknäuel an. Ob sich, wie normal für Mollusken, auch noch eine innere Öffnung nach dem Pericard (Leibeshöhle; siehe S. 12) findet, ist nicht ganz unbestritten. Nächst dem Darm und seinen Anhängen sind es, wie in der Regel bei Gastropoden, die Ge-

schlechtsorgane, die die Hauptmasse der Eingeweide ausmachen. Wie alle typischen Angehörigen der Legion der Euthyneuren sind auch die Cymbulien Zwitter. Aber für sie ist charakteristisch, daß die Reife, die übrigens schon sehr früh eintritt, sich zuerst nur auf die männlichen Teile erstreckt, und daß erst nachher weibliche Geschlechtsprodukte gebildet werden. Eier und Samen entstehen in ein und demselben Organ, der Zwitterdrüse. Im Innern der Drüse liegen die Eifollikel; die Spermien werden an der Peripherie gebildet. Ein Zwittergang leitet die Genitalzellen nach außen. Das Sperma wird in einem erweiterten Abschnitt, einer Vesicula seminalis, angesammelt. Für eine scharf ausgeprägte Proterandrie spricht, daß nur während der Zeit der männlichen Reife ein stark entwickeltes Begattungsorgan auftritt, zu dem eine Samenrinne führt; während der weiblichen Reife ist der Penis fast ganz verschwunden. *Cymbulia* ist außerordentlich fruchtbar. Nach Fol, der die Tiere in Messina bei der Eiablage beobachtet hat, liefert das erwachsene Tier durchschnittlich pro Tag 1200 Eier. Sie werden in gallertigen Ketten ausgeschieden, jedesmal etwa 40 Eier zusammen, und in jeder großen Kette etwa 10 dieser Einzelklumpen hintereinander.

Wenn man die Art der Ernährung und vor allem den vollständigen Mangel an Angriffs- und Fangwerkzeugen ins Auge faßt, wird es nicht weiter wundern, daß die Sinnesorgane unserer Pteropoden auf einer ungleich tieferen Stufe stehen, als die der räuberischen *Pterotrachea*. Außer dem schon erwähnten Osphradium finden wir auf dem Rüssel zwei kleine Höcker, die „Tentakel“, die an ihrer Spitze je ein ganz rudimentäres Auge tragen; es besteht lediglich aus einer mit Sekret gefüllten Höhle, die als lichtbrechender Apparat in Betracht kommt, und dahinter einer Sinneszellenschicht und einem Ganglienzellager. An diese Augenbildung tritt ein Nerv; auch sind Retraktormuskeln an ihm befestigt. Dazu kommen Statocysten, die ein maubeerförmiges Häufchen von Konkrementen als Statolithen enthalten. Auch die flimmernde Lippenrinne soll ein Sinnesorgan sein, dient aber in der Hauptsache wohl der Nahrungszufuhr. Schließlich ist der bewegliche tentakelförmige Fortsatz des Mittellappens der Flosse zu nennen, nach Meisenheimer unzweifelhaft ein besonderes Sinnesorgan, „dessen reichliche Ausstattung mit Sinneszellen und Nerven für einen hohen Grad von Empfindlichkeit spricht“.

Die zweite Cymbuliide des Schrankes, *Tiedemannia neapoli-*

tana Delle Chiaje (6; Fig. 32, 33) ist der größte und schönste Pteropod, im Leben so durchsichtig, daß ihn nur seine Bewegungen im Wasser verraten. Die Gallertschale ist pantoffelförmig, nicht kahnförmig, und kleiner wie bei *Cymbulia*; sie ist noch empfindlicher als bei jener. Die geringste Verletzung der Haut genügt, um den Verlust der ganzen Schale herbeizuführen. Abgesehen von den Funden der „Valdivia“ und der Plankton-Expe-



Fig. 32. *Tiedemannia neapolitana* Delle Chiaje. In der Ansicht wie Fig. 29. Exemplar des Planktonschrankes, natürl. Größe.

dition im Atlantik ist *Tiedemannia* nur aus den westlichen Teilen Teilen des Mittelmeeres bekannt.

Auf die Organisation dieses wunderschönen Tieres einzugehen, wäre im allgemeinen nur eine Wiederholung des eben für *Cymbulia* Angeführten. Doch haben die Teile, die aus der „Pseudoconcha“ heraussehen, die Flosse und der zum Rüssel umgebildete Fuß, ein ganz anderes Aussehen als dort. Die Flosse ist eine einzige große Scheibe, nach hinten (ventral) ausgebogen und vorn (dorsal) mehr gerade verlaufend. Sie ist bei erwachsenen Exemplaren etwa 8 cm breit und von Muskeln durchsetzt wie die *Cymbulia*flosse. Sehr konstant treten im Seitenrand vier

bis sechs opake Zacken auf, ferner nach innen und weiter nach hinten weiße Flecken, die ebenso wie die Zacken unregelmäßig begrenzte Anhäufungen einzelliger Drüsen sind. Dazu besitzt die Flosse noch Pigmentzellen, die den Reiz des Tieres noch erhöhen können: Bei genauerem Betrachten entdeckt man am lebenden Stück feine schwarze Punkte; beobachtet man das Tier einige Zeit, oder reizt man es durch einen leichten Stich, so fließen die

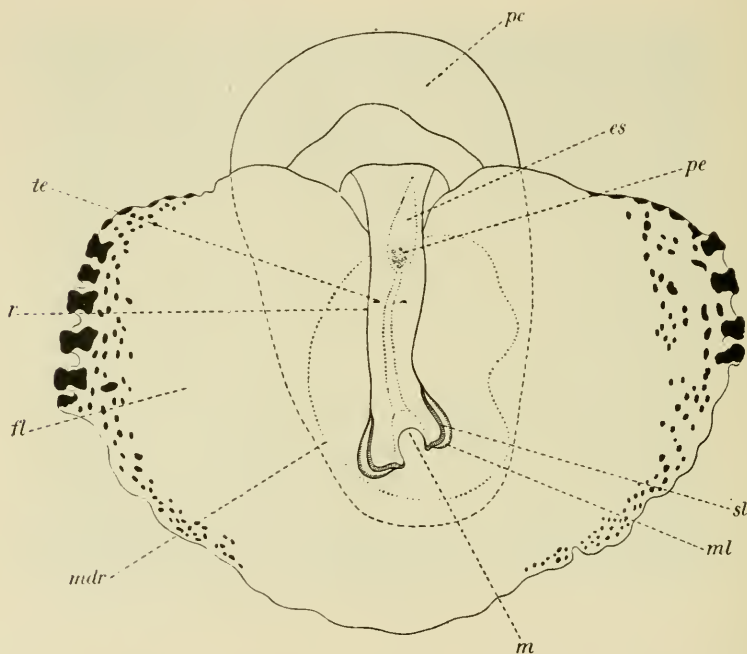


Fig. 33. *Tiedemannia neapolitana* Della Chiaje. Schematische Darstellung, wie Fig. 30, nach Meisenheimer.

pc Pseudoconcha, es Eingeweidesack, pe Penis, sl Seitenlappen ml Mittellappen des Fußes, m Mund, mdr Umriß der Mantelhöhlendrüse, fl Flosse, r Rüssel, te Tentakel.

Punkte auseinander zu großen braunen Flecken. Es sind Chromatophoren, Farbzellen, mit dem Vermögen, ihre Form zu ändern. Ebenso wie sich die Flecken bilden, verschwinden sie wieder; die Kontraktionsdauer der Zellen beträgt nach Gegenbaur zwischen einer halben Minute und drei Viertelstunden. Wird das Tier gereizt, so läßt es nach jeweiligem Ausdehnungszustand die Chromatophoren entweder erscheinen oder verschwin-

den; bei einer verwandten Art (*Gleba chrysosticta* Krohn) führen die Zellen eine schöne goldgelbe Farbe. Der Vorderrand der Flosse ist durch den außerordentlich langen Rüssel eingebuchtet. Für gewöhnlich ist dieser nach hinten umgebogen und auf die Flossenscheibe niedergebeugt. Ist *Tiedemannia* aber gereizt, so wird er in die Höhe gehoben. An seinem Ende sitzt der Mund, wie bei *Cymbulia* in der Tiefe eines innen bewimperten Trichters, der von den beiden vereinigten Seitenlappen oben und dem Mittellappen unten gebildet wird, nur sind hier die äußeren Teile des Seitenlappens durch eine tiefe Ausbuchtung getrennt, und so erscheint das Rüsselende zweilappig. Die Ränder der Lappen

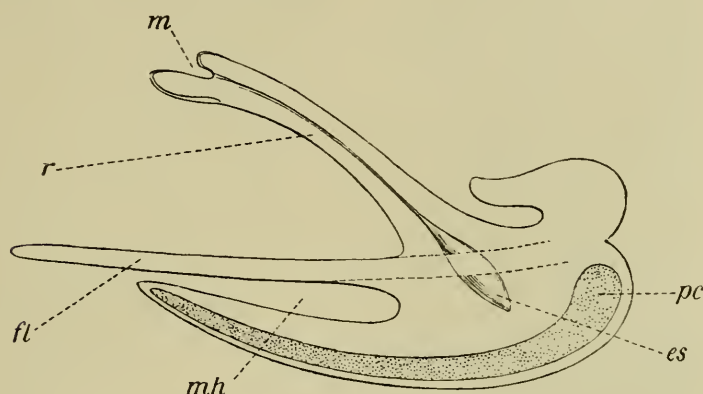


Fig. 34. *Tiedemannia neapolitana* Delle Chiaje. Schematischer Durchschnitt, wie Fig. 31, nach Gegenbaur, etwas geändert.

pc Pseudoconcha, es Eingeweidesack, mh Mantelhöhle fl Flosse,
r Rüssel, m Mund,,

sind auf den Seiten nach hinten ausgezogen und schließen eine wimpernde Rinne ein, die nach hinten über etwa $\frac{1}{3}$ des Rüssels verläuft. Eine von Boas durchgeführte Magenanalyse macht uns mit der Zusammensetzung der eingestrudelten Nahrung bekannt: Foraminiferen, Radiolarien, Ceratien, Tintinnoideen und vereinzelte kleine Krebse. Durch den langen Rüssel läuft ein entsprechend langer Schlund zur eigentlichen Mundhöhle, der bei *Tiedemannia* Kiefer und Radula völlig fehlen. Die Eingeweide zeigen keine besondere Abweichung von *Cymbulia*, und auch die Sinnesorgane sind wesentlich die gleichen; in dem stark bewim-

perten Flossenrand hat Paneth zwischen den feinen Wimpern Tastborsten konstatiert.

Literatur: Boas, I. E. V. *Spolia atlantica*. Dansk. Vidensk. Selsk. Skrifter, 6. Række, naturvid. og math. Afd. 4. Bd. 1886. — Ders. Zur Systematik und Biologie der Pteropoden. Zool. Jahrb. 1. 1886. — Fol, H. Études sur le développement des mollusques. I. Sur le développement des Pteropodes. Arch. Zool. Exp. 4. 1875. — Gegenbaur, C. s. S. (17) — Keferstein, W. s. S. 18. — Lang, A. s. S. 18 — Meisenheimer, J. Pteropoda. Wiss. Erg. D. Tiefsee-Exp. 9 (1911) 1905. — Nekrasoff, A. Untersuchungen über die Reifung und Befruchtung des Eies von *Cymbulia peroni*. Anat. Anz. 24. 1903. Paneth, I. s. S. 18 — Pelseneer, P. Report on the Pteropoda. II. Thecosomata III. Anatomy. Chall. Rep. Zool. 23. 1888. — Ders. Sur le pied et la position systématique des Pteropodes. Ann. Soc. Malacol. Belgique 23. 1888 — Polimanti, O. s. S. 18 — Spengel, I. W. s. S. 18 — Souleyet, M. s. S. 18 — Wackwitz, J. s. S. 18 — Schiemenz, P. Die Pteropoden der Plankton-Expedition. Erg. Plankton-Exp. 2. F. b. 1906.

B. Tunikaten.

Schließlich haben wir noch Vertreter eines Tierstammes im Planktonschrank, der mit den Wirbeltieren in den Grundzügen der Organisation wenigstens in bestimmten Entwicklungsstadien weitgehend übereinstimmt, Vertreter der Tunikaten, der „Manteltiere“. Zwei von ihren drei Klassen, die Appendicularien und die Salpen, enthalten nur planktonische Organismen. Zu letzteren gehört *Salpa maxima-africana* Forskål (16, 21; Fig. 38); die Klasse der Ascidien, der Seescheiden, umfaßt festsitzende Formen, Einzeltiere und Kolonien, mit Ausnahme einer Gruppe, die zum Leben im freien Wasser übergegangen ist. Es sind die Pyrosomen, Ascidien, die in großen Kolonien zusammensitzen und als Leucht-tiere mit intensivstem Licht bekannt sind. Diese „Feuerwalzen“ sind im ganzen zapfen- oder kegelförmig, mit geschlossener Spitze und offenem breitem Ende; man kennt sie bis zu etwa 4 m Länge (in Ausnahmefällen)! Das bei uns aufgestellte *Pyrosoma giganteum* Lesueur (19; Fig. 35) — nach neuerer Auffassung keine eigene Art, sondern nur eine Varietät des *Pyrosoma atlanticum* Péron — erreicht die für Planktontiere recht respektable Länge von 60 cm. Es ist in allen warmen Meeren gefunden worden, am häufigsten zwischen etwa 200 m Tiefe und der Oberfläche. Kleine Stücke fand Chun in Neapel in 1200 m Tiefe. Ganz an die Oberfläche gehen die Pyrosomen fast nur nachts und am häufigsten im Frühjahr; gelegentlich scharen sie sich unter dem Einfluß

von Strömungen zu Schwärmen zusammen, die das wunderbarste Meerleuchten erzeugen können.

Die Einzeltiere lagern im Zapfen von *Pyrosoma giganteum*

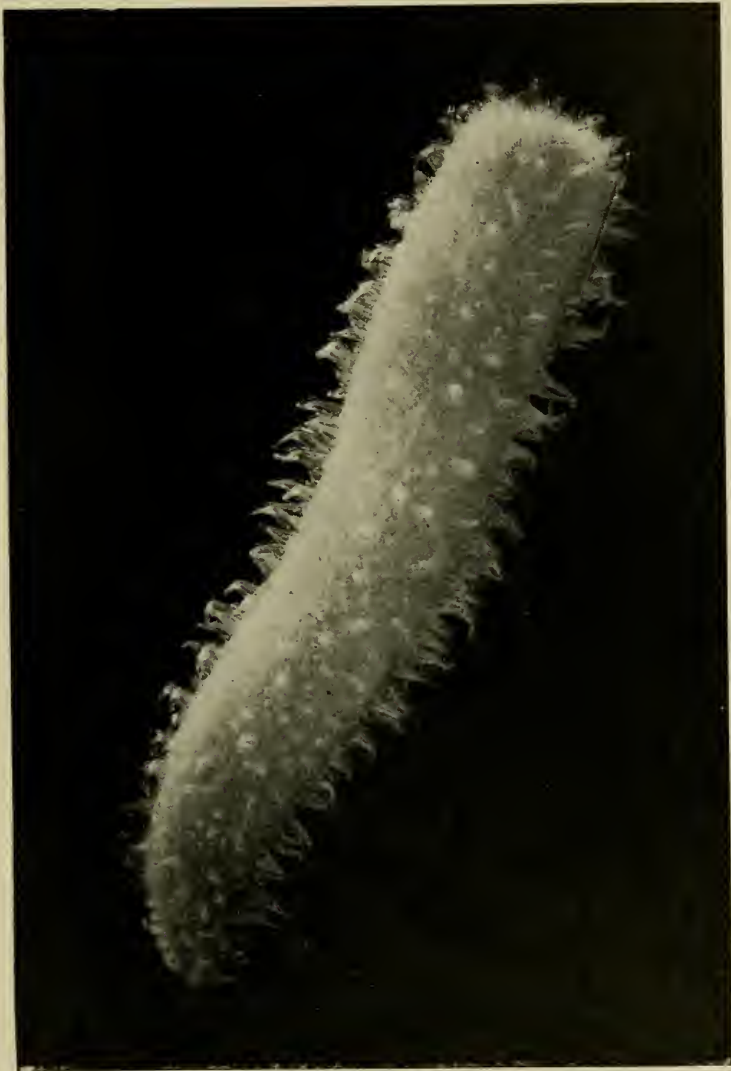


Fig. 34. *Pyrosoma giganteum* Lesueur. Exemplar des Planktonschrankes, etwas vergrößert.

in unregelmäßig staffelförmiger Anordnung aneinander und alle so, daß die Bauchseite nach dem geschlossenen Ende der ganzen Kolonie hinsieht. Sie weisen in den Grundzügen den Bau der solitären Ascidien, jener aus den Seewasseraquarien bekannten Ci-

ona- und Phallusia-Arten auf, neben einer Anzahl charakteristischer, durch das Planktonleben verursachter Abweichungen. Als erste und auffälligste Besonderheit, die mit dem Leben und Schweben im freien Wasser im engsten Zusammenhang zu bringen ist, ist die Koloniebildung selbst zu nennen. Durch sie wurde die zellulosehaltige Mantelsubstanz der einzelnen Ascidienkörper außerordentlich angereichert und konnte die Aufgabe der Gallerte bei den bisher angeführten Planktontieren infolge ihres Wasserreichthums (fast 95%) übernehmen. Ebenfalls als Schweborgan dienen die zahlreichen Erhebungen und Fortsätze, die über diese Mantelgallerte hinausstehen. Bei jungen Kolonien sind sie viel länger als bei alten und dann geradezu als Schwebfortsätze zu bezeichnen. Bei den alten aber dienen sie wohl in der Hauptsache als Schutzorgane, die einmal manche Angreifer vor dem bestachelten Zapfen zurückhalten, dann aber durch ihre Stellung nahe der Mundöffnung eine Art Reuse darstellen, die verhüten soll, daß ungebetene Gäste in den Vorderdarm eindringen. Die Anordnung der Einzeltiere zu einem hohlen Zapfen war auch Bedingung für die eigenartige langsame Fortbewegung der Kolonie. Das Pyrosoma schwimmt durch den Rückstoß des Wassers, das aus der großen Höhle durch eine weite Öffnung am hinteren breiten Ende herausgetrieben wird. Daß Wasserbewohner durch Rückstoß schwimmen, ist weiter nichts Besonderes; man braucht nur unsere *Aeschna*-Larven oder die Tintenfische in Gefangenschaft zu beobachten, oder irgend eine Meduse. Hier bei den koloniebildenden Ascidien ist die Möglichkeit, die Kolonie durch das verbrauchte Atemwasser der Einzeltiere zu bewegen, dadurch ermöglicht, daß die Kloakenöffnungen aller Einzeltiere nach innen, also dem Munde entgegengesetzt gerichtet sind, während bei allen sitzenden Ascidien Mund und After nach derselben Seite gehen. Die Pyrosomenindividuen haben damit eine Eigenschaft erworben, die in ihrer Klasse für die sonst viel mehr, auch als Einzeltiere, an das Leben in der Hochsee angepaßten Salpen charakteristisch ist. Freilich fehlt den Individuen der Ascidienkolonie deren hochentwickelte Muskulatur. Aber dafür können sich hier die Muskeln mehrerer Hundert Individuen summieren. Voraussetzung für einen einigermaßen erheblichen Effekt ist natürlich auch, daß die Tiere alle gleichzeitig und in gleichem Sinne arbeiten. In der Tat machen anatomische Befunde wahrscheinlich, daß sich die

sogenannten „Kloakenmuskeln“ bei allen auf einmal oder wenigstens in einer Folge kontrahieren. Hand in Hand mit der Arbeit der Einzeltiere geht ein wechselndes, langsames Zusammenziehen des ganzen Stockes, ermöglicht durch Muskelfasern innerhalb des Mantels, die entweder zwischen den Einzeltieren oder in Begleitung der Mantelgefäße (s. u.) hinlaufen. Und schließlich ist

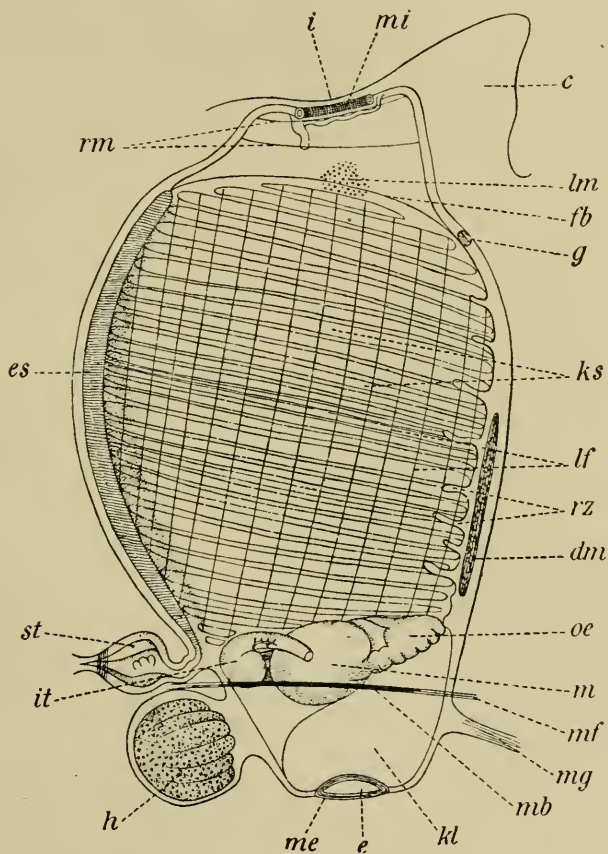


Fig. 36. *Pyrosoma atlanticum* Péron. Einzeltier, schematisch. Nach Seeliger aus Neumann.

i Mundöffnung, mi Muskel der Mundöffnung, c äußerer Cellulosemantel, lm Leuchtorgan, fb Flimmerbogen, g Ganglion, ks Kiemenspalten, lf Längsfalten des Kiemendarms, rz Rückenzapfen, dm dorsale Mesenchymzellengruppe (blutbildendes Organ), oe Oesophagus, m Magen, mf Mantelfaserstrang, mg Mantelgefäß, mb Kloakalmuskel, kl Kloake, e Kloakenöffnung, me Muskel der Kloakenöffnung, h Hoden, it Darm, st Stolo, es Endostyl, rm Ringmuskelszüge.

wohl auch das Diaphragma am offenen Ende der Kolonie, ein aus Mantelsubstanz bestehender Saum mit Muskelfasern, am Zustandekommen der Bewegung beteiligt. Er sieht fast aus wie das Velum einer Hydromeduse (s. Bericht 1913 S. 304, 307, 308) und klappt wie dieses bald nach außen, bald schließt es sich wieder und engt die Öffnung des großen Hohlraumes ein. Für ein Vorwärtskommen ist die Form der Kolonie viel vorteilhafter als die einer Meduse: Das ganze ist in der Richtung der Bewegung gestreckt und am Vorderende verjüngt. Trotz alledem schwimmen die Pyrosomen sehr langsam und schwerfällig. Das beträchtliche Volumen der Gallerte und namentlich die vielen Fortsätze und Stacheln bieten für ein schnelleres Schwimmen zu großen Widerstand.

Der Bau der Einzeltiere (Fig. 36, 37) ist gekennzeichnet durch die entgegengesetzte Lage von Mund und After. Durch den Mund, der durch Muskulatur verschlossen werden kann, tritt Wasser, das Sauerstoff und die Nahrung — kleine Plankton-Lebewesen — enthält, in einem weiten sackförmigen Hohlraum, der den allergrößten Teil des Körpers einnimmt, den Kiemendarm. Das Atemwasser passiert dann eine große Zahl von Kiemenspalten auf beiden Seiten des Körpers und gelangt in einen den Kiemendarm umgebenden, von der Haut aus durch Einstülpung entstandenen „Peribranchialraum“ jederseits. Durch Gewebstränge, die von der Außenwand nach innen vorragen, die Trabekel, werden diese Räume klaffend gehalten. Sie vereinigen sich hinten am Körper zu einem gemeinsamen großen Kloakenraum, in den das verbrauchte Wasser hineinströmt, um durch die Kloakenöffnung in die große innere Öffnung der Kolonie zu gelangen. Die Nahrung, die von dem einströmenden Wasser mitgebracht wird, wird durch eine ganz eigenartige Einrichtung festgehalten und zu den Verdauungsorganen geführt. Mitten auf der Bauchseite der Tiere zieht den ganzen Kiemensack entlang eine kompliziert gebaute Rinne mit einem Wimperapparat, das Endostyl. Hier werden große Mengen Schleim produziert und durch Flimmerung nach vorn (zum Munde hin) geschafft, wo zwei Flimmerbogen den ganzen Umfang des Kiemenkorbcs umgreifen. Der Schleim bewegt sich auf ihnen nach der Rückenseite. Auf diesem Wege verfängt sich in ihm all das Kleinzeug, das mit hereingebracht wurde, um an der Rückenseite entlang zum Schlund befördert werden zu können. Bewimperte Rückenzapfen dürften bei dem Transport behülflich sein. Sobald die Nahrung auf diese Art

den umfangreichen Kiemendarmteil, der durch quer zu den Kiemenpalten ziehende Längsfalten mit Gefäßräumen gegittert erscheint, passiert hat, wird sie von dem verdauenden Teil des Darmes aufgenommen und zerlegt. Ein kurzer Schlund, dessen Wände rötliches Pigment aufweisen, führt in den Magen. Daran schließt eine kurze Enddarmschleife, die sich in den Kloakenraum

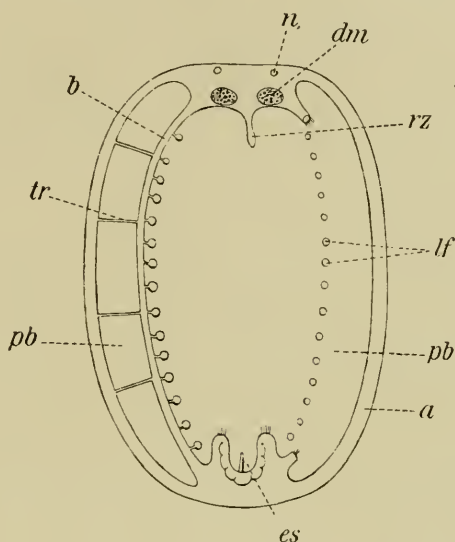


Fig. 37. Schematischer Querschnitt durch ein Pyrosoma in der Region des Kiemenkorb. Nach Seeliger aus Neumann.

n Nerv, dm dorsale Mesenchymzellengruppe, rz Rückenzapfen, lf Längsfalten des Kiemendarms, pb Peribranchialhöhle, a äußere Wand der Peribranchialhöhle, es Endostyl, tr Trabekel, b innere Wand der Peribranchialhöhle.

öffnet. Ihr angelagert ist die „darmumspinnende Drüse“ (Seeliger), ein Organ von nicht ganz geklärter Funktion, das wahrscheinlich verdauende Sekrete in den Magen liefert. Etwas ganz besonderes bietet das Herz aller Tunikaten: Die Kontraktionen, die in Wellen über den länglichen Schlauch hinlaufen, vermögen ihre Richtung zu ändern. Die Blutflüssigkeit wird einmal nach hinten nach den Eingeweiden hingetrieben; dann aber kann, nach einem momentanen Stillstand, die Systole an demselben Ende, an dem sie soeben ausgeklungen ist, wieder beginnen und in umgekehrter Richtung über das Herz laufen. Dabei findet kein

regelmäßiger Wechsel statt, sondern die Zahl der zu den Eingeweiden gerichteten Pulse überwiegt die anderen. Die Bedeutung des sonderbaren Umkehrens liegt darin, daß die Verteilung der Nährstoffe und des Sauerstoffes sich so, wenigstens für bestimmte Körperregionen, besonders günstig gestaltet, wie Untersuchungen aus jüngster Zeit gerade für *Pyrosoma giganteum* dartun (Burghause 1914). Das Blut selbst stellt eine Flüssigkeit mit flottierenden Zellen dar, die in Hohlräumen der primären Leibeshöhle zirkuliert. Die Zellen lösen sich aus Mesenchymzellhaufen im dorsalen Längsgefäß, dem sog. „blutbildenden Organ“. Mit dem Blutgefäßsystem und zwar ebenfalls mit dem dorsalen Sinus stehen die Mantelgefäße, die den Mantel der ganzen Länge nach bis zum Diaphragma durchsetzen, in Verbindung. Sie ernähren die ihnen anliegende Längsmuskulatur, die für die Bewegung des ganzen Stockes von größter Wichtigkeit ist. Ob sie für die Atmung sehr in Frage kommen, bezweifelt Burghause, weil die Flüssigkeit darin wesentlich nur stagniert. Zu den Organen, die durch die Umkehr der Herzperistaltik besser mit Nahrung als mit Sauerstoff versorgt werden, gehören auffallenderweise die Leuchtorgane, Mesenchymzellmassen, die einem um den Mund ziehenden Sinus anliegen; freilich ist hier vor der eigentlichen Kiemenregion die Möglichkeit einer direkten Sauerstoffaufnahme durch die Wand und damit die eines regen Gasaustausches gegeben; denn Leuchtorgane sind, wo sie auch auftreten mögen, stets irgendwie reichlich mit Sauerstoff versorgt. Das wundervolle, überaus glänzende und helle, in der Regel blaugrün gefärbte Licht ist an den Lebensprozeß gebunden und verschwindet beim absterbenden Tier allmählich, indem es nach Rot hin umschlägt. Intakte Pyrosomen leuchten auf den geringsten Reiz hin; der Reiz, den ein Individuum empfängt, wird den Nachbarn mitgeteilt: „Bei den Pyrosomen beginnt das helle, weingelbe Licht ¹⁾ einförmig an dem einen Ende und schreitet mit leise zitternder Wellenbewegung nach dem andern hin vorwärts, stets grube und die Subneuraldrüse. Erstere liegt dicht ventral unter gleich einem weißglühenden Stücke Eisen in lichter Lohe zu flammen scheint. In gleicher Weise schreitet dann diese helle Erleuchtung zurück, bis sie allmählich in vollständiges Dunkel erlischt. Nach einigen Minuten neuer Brand, neues Auflodern,

¹⁾ Die Farbenangaben sind bei den einzelnen Autoren sehr widersprechend.

dem allmähliches Verlöschen folgt“ (K. Vogt). Und Moseley berichtet: “I wrote my name with my finger on the surface of the giant *Pyrosoma* as it lay on deck in a tub at night, and my name came out in a few seconds in letters of fire“. Das Licht der Pyrosomen im Meere ist einzigartig hell und intensiv. Nach Benetts Bericht wurden die Segel des Schiffes erhellt, und man konnte kleine Druckschrift in der Heckkajüte am Fenster lesen (Neumann). Außer von den Organen geht auch von den Ovarien und von den Embryonen Licht aus. Über die biologische Bedeutung des Leuchtens der Pyrosomen besteht keine Klarheit. Die verschiedenen zur Erklärung der tierischen Lumineszenz aufgestellten Theorien sind nicht anwendbar, auch die „Schrecktheorie“, die a priori am wahrscheinlichsten ist, versagt völlig; nach Burghause's Versuchen fressen Fische leuchtende und nicht leuchtende Pyrosomen, auch Krabben lassen sich nicht im geringsten stören. Für eine gegenseitige Anlockung der Individuen, die eine wechselseitige Befruchtung der Eier herbeizuführen zur Folge haben könnte, sind die Eigenbewegungen der Kolonien zu langsam und die Lichtsinnesorgane der Individuen zu schlecht entwickelt.

Die Fortpflanzungsverhältnisse sind wiederum besonders interessant, weil sich Anklänge an die andere pelagische Tunicatenklasse, die Salpen, finden. Wie bei jenen findet sich geschlechtliche und ungeschlechtliche Fortpflanzung. Aber während die Salpen durch den von Adalbert von Chamisso entdeckten Generationswechsel eine gewisse Berühmtheit erlangt haben — ein geschlechtloses Einzeltier erzeugt durch Sprossung eine Kette sich geschlechtlich fortpflanzender Individuen, deren befruchtete Eier wiederum geschlechtslose Ammen ergeben —, ist dieser Generationswechsel bei *Pyrosoma* erst angebahnt. Alle Tiere eines Stockes haben Geschlechtsorgane und zwar Ovar und Hoden, wie ja sämtliche Ascidien Zwitter sind. Sie entstehen aus einer Anlage in einer ventralen Ausstülpung des Körpers. Das Ovar bringt nur ein Ei zur Reife; der Hoden, aus mehreren pigmentierten Lappen bestehend, reift vor den weiblichen Organen, ist aber zu deren Reifezeit noch funktionsfähig, so daß eine Selbstbefruchtung innerhalb der einzelnen Individuen nicht ausgeschlossen ist. Beobachtungen darüber fehlen. Aus dem befruchteten Ei entsteht im Kloakenraum des elterlichen Tieres ein rudimentärer ascidienähnlicher Organismus, das Cyathozoid,

aus dem durch Sprossung die vier ersten Ascidiozoide hervorgehen. Das Cyathozoid ist eine ungeschlechtliche Generation. Während es vollständig zugrunde geht, vermehren sich inzwischen die Ascidiozoide der frei gewordenen Viererkolonie zunächst ebenfalls durch Sprossung; später aber vermögen alle Ascidien des Stockes sich sowohl geschlechtlich wie ungeschlechtlich zu vermehren und verhalten sich darin also ganz anders, wie die Geschlechtsgeneration der Salpen. Die letztgenannte Art der Fortpflanzung vollzieht sich bei den Einzelindividuen so, daß ein Zapfen am Hinterende des Endostyls vor den Geschlechtsorganen Knospen abschnürt, die sich loslösen, in dem Mantel bis an ihren definitiven Platz wandern und heranwachsen. An diesem Stolo, der die Knospen sprossen läßt, beteiligen sich sämtliche Organe des Muttertieres, indem sie Stränge in ihn hineinschicken; Portionen davon werden in jeder Knospe zu entsprechenden Organen. Durch Sprossung bewerkstelligt die Kolonie ihr Wachstum. Gleichzeitig vermehrt sich dadurch die Möglichkeit der geschlechtlichen Fortpflanzung und damit die Möglichkeit, durch Tochterkolonien neues Lebensgebiet zu erobern.

Wie alle Planktonformen aus höher entwickelten Tierklassen haben auch die Pyrosomen Zentralnervensystem und Sinnesorgane wohl ausgebildet. Das „Gehirn“ ist das für alle Tunikaten typische: ein Ganglion auf der Rückenseite des Kiemensackes, nicht weit hinter dem Munde. Von ihm strahlen acht periphere Nervenstränge aus. Daß die Sinnesorgane keine besondere Organisationshöhe erklommen haben, liegt wohl an der Koloniebildung. Tastzellen hat man in der Umgebung des Mundes feststellen können. In dem sog. „Ventraltentakel“ an der Mundöffnung liegt ein für mechanische Reize sehr empfängliches Sinnesorgan vor, das den Besitzer vor dem Eindringen von Feinden und Fremdkörpern schützen könnte. Am hinteren unteren Teil des Ganglions liegt ein Lichtsinnesorgan, aus Pigmentbecher, Retina und einem Augenteil des Gehirns bestehend. Als Sinnesorgane angesprochen werden nach ihrer Entstehung aus der Anlage des Ganglions auch zwei andere eigentümliche Gebilde, die Flimmergrube und die Subneuraldrüse. Erstere liegt dicht ventral unter dem Ganglion; die meisten Zellen, die ihren Hohlraum begrenzen, tragen lange Geißeln. Sie soll ein Geruch- bzw. Geschmacksorgan sein, wird aber von anderer Seite auch als Exkretionsorgan bezeichnet. Die Subneuraldrüse bildet sich auf der Ventral-

wand der Flimmergrube als eine kugelige Zellwucherung. Einschlüsse ihrer Zellen wurden früher Otolithen und das ganze als Otocyste (Statocyste) angesprochen, wahrscheinlich zu unrecht. Außerdem hat man in ihr ebenfalls ein Exkretionsorgan vermutet.

Interesse verdient die Flimmergrube auch aus einem anderen Grunde. Wie schon erwähnt, stellt man die Tunikaten im System in die nächste Nähe der Wirbeltiere. Entwicklung und Organisationsverhältnisse namentlich der primitivsten Klasse, der Appendicularien, zeigen deutliche Beziehungen: Im Gegensatz zu den meisten Wirbellosen liegt das Zentralnervensystem dorsal, das Herz ventral vom Darm. Bei jenen ursprünglichen Formen, aber auch bei den sog. „Appendicularialarven“ der Ascidien, die nach Form und Bau nicht mit Unrecht mit Kaulquappen verglichen werden, tritt dazu unter dem Zentralnervensystem ein entodermal entstandenes Achsenskelett, eine Chorda, die Grundlage der „Vertebra“ der Vertebraten. Schließlich ist die Wand des Vorderdarmes von Kiemenspalten durchbrochen, wie sie bei allen Wirbeltieren angelegt werden und bei den wasseratmenden in Funktion treten. Hier entsteht auf der Ventralseite bei den Vertebraten eine Einsenkung, aus der die Schilddrüse wird. Ihr Homologon ist bei den Tunikaten der Endostyl. Die Flimmergrube aber, über der dorsalen Wand des Kiemendarmes, soll der Hypophyse, dem Gehirnanhang auf der Unterseite des Zwischenhirns der Vertebraten, entsprechen. Auf Grund der Übereinstimmungen gerade mit Amphibienlarven, und der neuerdings namentlich von Jäckel postulierten Ursprünglichkeit landbewohnender vierfüßiger Wirbeltiere will Simroth die Tunikaten sogar von Vorfahren ähnlich den Kaulquappen herleiten, während die herrschende Auffassung nach wie vor in ihnen einen Seitenzweig der Linie sieht, die zu den Vertebraten führte.

Am weitesten zu Planktontieren umgebildet wurden unter den Tunikaten die Salpen, deren Typ uns die im Mittelmeer häufige große *Salpa africana* Forskål (21; Fig. 38) mit einer Kette ihrer Geschlechtsindividuen, der *Salpa maxima* Forskål (16) vor Augen führt. Das treffendste Merkmal ist wieder der außerordentliche Wasserreichtum der Gewebe, vor allem des Mantels und damit in ursächlichem Zusammenhang die gallertige „medusenartige“ Konsistenz und die hohe Durchsichtigkeit aller Gewebe. Das zoologische System der ligurischen Fischer z. B. hat für Medusen und Salpen, die bei ihnen bekanntesten und wenig ge-

schätzten Großplanktonten nur eine Rubrik; „garnasse“, und auch das „gebildete Publikum“ wird im Aquarium keinen Unterschied machen, so sehr drängen sich diese Merkmale dem Auge auf. Wie bei fast allen wasserreichen Organismen ist fast der ganze Körper Schweb- und Bewegungsorgan; die Eingeweide hatten schon bei den Kolonien der Pyrosomen das Bestreben, sich



Fig. 38. *Salpa maxima-africana* Forskål, Amme. Exemplar des Plankton-schranks, etwas verkl.

an einer Stelle zu vereinen. Hier bei den Salpen haben wir das vollendete Gegenstück zu unserer *Pterotrachea*: ein richtiger „Nucleus“ am Hinterende, in der wie bei jener der verdauende Darm und seine Anhangsdrüsen, Herz und Niere zusammengedrängt sind und in dessen Nähe bei den Kettentieren auch die Geschlechtsorgane liegen. Bei jener war er silberglänzend, bei Salpen ist er noch auffallender, z. B. lebhaft rot gefärbt, und gibt

den gleichen Bedenken gegen die Theorie der „Schutzfärbung“ dieser Glastiere Raum. Der ganze Körper ist gestreckt tonnenförmig mit einer breiten Längsfurche auf der Rückenseite. Der breite, von Lippen begrenzte Mund führt in einen weiten Hohlraum, in dem durch fast völligen Schwund des Kiemenkorbes Kiemensack und Peribranchialraum der Ascidien hier bei den Salpen vereinigt sind. In Verbindung mit den Muskelbändern, die die dorsale Hälfte des Körpers umgreifen, dient er der Bewegung: Dem Munde gegenüber öffnet sich, wie bei *Pyrosoma*, die Kloake; bei geschlossenem Mund treibt eine rythmische Kontraktion der Muskeln das Wasser größtenteils zur hinteren Öffnung heraus, und wie eine *Pyrosomen*kolonie oder eine Meduse schwimmt die Salpe durch den Rückstoß, freilich sehr viel gewandter. Auch die Ketten bewegen sich durch die pumpende Tätigkeit der einzelnen Individuen; unwillkürlich erinnert man sich dabei mancher Siphonophoren, auch langer Ketten, die durch die Tätigkeit von Schwimmglocken dahintreiben. Einzelsalpe und Kettensalpe unterscheiden sich übrigens in Größe und Gestalt und vor allem in der Anordnung der Muskelbänder sehr scharf voneinander. Daß man vor der Entdeckung des Generationswechsels beide Formen eines Entwicklungskreises als verschiedene Arten auffaßte und verschieden benannte, war damals durchaus berechtigt, und die Beibehaltung der Namen für Amme und Geschlechtstier in den heute gebräuchlichen Doppelnamen zeigt, wie fest eingewurzelt die alten Bezeichnungen waren. Der größeren Agilität der Salpen gegenüber *Pyrosoma* entspricht natürlich auch eine höhere Ausbildung der Sinnesorgane: das Ganglion ist verhältnismäßig sehr groß; auf ihm sitzt, auf einem birnförmigen Fortsatz, ein großes, im Leben braunrotes, hufeisenförmiges Auge. Um den Mund herum finden sich, wie bei den *Pyrosomen*individuen, Tastzellen. Vor und unter dem Gehirn liegt, wie bei jenen, die auch hier als Sinnes- (Geschmacks-) organ gedeutete Flimmergrube.

Die Grundzüge der Organisation sind überhaupt im wesentlichen die gleichen wie bei den Ascidien. Der wichtigste und sonderbarste Unterschied ist, daß von dem ganzen Kiemenkorb nur je eine lange Kiemenspalte vorhanden ist, so daß die ganze Kiemenwand auf den schmalen Balken reduziert wurde, der von der Rückseite vorn nach der Bauchseite hinten quer durch den großen Hohlraum zieht und auch in der wiedergegebenen Figur deutlich sichtbar ist. Ebenso kommt der Endostyl hier zum Aus-

druck, der, wie bei Ascidien, vorn in die Flimmerbogen übergeht, die hinter dem Mund die Atemhöhle umgreifen. Sie funktionieren wie bei jenen. Durch das lebhaft Pumpen kommt sehr viel Nahrung in den Sack. Salpen gelten als sehr gefräßige Tiere; in planktonreichen Buchten sollen sie geradezu verheerend wirken, wenn sie in Menge auftreten. Sie nehmen gelegentlich auch recht große Brocken zu sich; in Portofino fand ich einmal eine *S. maxima-africana*, in deren Oesophagus (im Nucleus) ein toter Fisch mit dem Kopfe feststeckte; sein Schwanz ragte zum Munde heraus. Der Darmkanal, ganz im Nucleus, gliedert sich wie bei Pyrosoma; konkrementführende Zellen in der Nähe des Darmes sollen Nierenzellen sein. Beim Herzen der Pyrosomen ist dieselbe Umkehr der Peristaltik zu konstatieren wie bei den Ascidien. Vor dem Nucleus, in derselben Vorwölbung der Körperwand, liegt eine dicke, keulenförmige, fettigglänzende Gewebemasse, die nach oben und vorn umbiegt: der sog. Elaeoblast, der ein Depot von Nahrungsstoffen darstellen soll. In der Umgebung des Eingeweideknäuels legt sich bei den Ammen in einer nach außen geöffneten Höhle der Stolo an, an dem durch Knospung zahlreiche in einer Kette vereinigte Individuen entstehen. Die Fruchtbarkeit ist dabei ganz enorm, und es finden sich immer verschiedenalttrige Ansätze mehrerer Ketten, die sich nach einander ablösen und davon schwimmen. Die Ketten bleiben verbunden; die Einzeltiere wachsen heran und können bei *Salpa maxima-africana* die ganz respektable Größe von 15 cm erreichen, was auch für die Amme als Maximum angegeben wird. (Apstein). In dem Nucleus der Kettentiere bilden sich die Geschlechtsorgane, zwittrig, wie bei Pyrosoma. Nur geht hier die weibliche Reife voraus, und das reife Ei wird daher durch das Sperma einer anderen Kette befruchtet. Auch hier wird nur ein einziges Ei in jedem Individuum angelegt; es entwickelt sich in der Wandung des Atemsackes der Mutter und ist durch ein ernährendes Organ, eine „Placenta“, mit ihr verbunden, die auch, nachdem die junge Amme sich losgelöst hat, als kompakter kugelliger Gewebehaufen erhalten und vor dem Nucleus im hinteren Drittel der ventralen Wand sichtbar bleibt. Eine geschwänzte Appendicularia-Larve tritt ebensowenig wie bei Pyrosoma auf. Der Wechsel der beiden Generationen, der geschlechtlichen und der ungeschlechtlichen, wird immer streng eingehalten.

Und nun genug der Fülle von Formen. Es wäre ein Leichtes,

alle Fenster des Saales, in dem unser Schrank steht, mit Planktontieren zu schmücken. Aber sie alle könnten, so verschieden ihre systematische Stellung, so seltsam ihr Äußeres auch sein mag, immer nur wieder dieselben Eigenschaften präsentieren, die sie zu Bewohnern des *πέλαγος* stempeln, und zeigen, wie dieser Lebensbezirk sich seine Lebewelt geschaffen hat.

Literatur: Apstein, C. Die Salpen der Deutschen Südpolar-Expedition. D. Südpolar-Exp. 9. 1. Zool. 1906. — Ders. Salpen der Deutschen Tiefsee-Expedition. Wiss. Erg. D. Tiefsee-Exp. 12. 1906. — Brooks, W. K. The Genus *Salpa*. Mem. Biol. Lab. John Hopkins Univ. 2. 1893. — Burghause, F. Kreislauf und Herzschlag bei *Pyrosoma giganteum* nebst Bemerkungen zum Leuchtvermögen. Ztschr. Wiss. Zool. 108. 1914. — Dahlgrün, W. Untersuchungen über den Bau der Excretionsorgane der Tunikaten. Arch. mikr. Anat. 58. 1901. — Göppert, Untersuchungen über das Sehorgan der Salpen. Morph. Jahrb. 19. 1893. Heine, P. Untersuchungen über den Bau und die Entwicklung der Salpen und der *Ciona intestinalis*. ib. 73. 1903. — Herdman, W. A. Report on the Tunicata. III. Chall. Rep. Zool. 27. 1888. — Julin, Ch. Recherches sur le développement embryonnaire de *Pyrosoma giganteum*. Zool. Jahrb. Suppl. 15. Festschr. Spengel 2. 1912. — Korotneff, A. Zur Embryologie von *Pyrosoma*. Mitt. Zool. Stat. Neapel 17. 1905. — Neumann, G. Die Pyrosomen der Deutschen Tiefsee-Expedition. Wiss. Erg. D. Tiefsee-Exp. 12. 1913. — Ders. Die Pyrosomen. Bronns Klassen und Ordnungen des Tierreichs, 3. Suppl. Tunicata 2. Leipzig 1913. — Nicolai, G. F., Beiträge zur Anatomie und Physiologie des Salpenherzens. Arch. Anat. Physiol. Abt. 1908. Suppl. Salensky, W., Beiträge zur Embryonalentwicklung der Pyrosomen. Zool. Jahrb. Anat. 4. 1890; 5. 1891. Schultze, L. S., Untersuchungen über den Herzschlag der Salpen. Jen. Ztschr. Nat.-wiss. 35. 1901. — Seeliger, O. Die Pyrosomen der Plankton-Expedition. Erg. Plankton-Exp. 2. E. b. 1895. Simroth, H. Ueber die Entstehung der Tunicaten. Verh. D. Zool. Ges. Halle 1912. — Streiff, R. Ueber die Muskulatur der Salpen und ihre systematische Bedeutung. Zool. Jahrb. Syst. 27. 1909.

Manchem, der mit der Aufstellungstechnik für Museen genauer Bescheid weiß, wird die Methode, nach der alle die großen und kleinen Planktontiere unseres Planktonschrankes in ihren Behältern montiert sind, aufgefallen sein. Sie stehen auf zierlichen Gerüsten von dünnen Glasstäben; jede Form ist individuell behandelt. Bei gedämpfter Beleuchtung scheinen die Objekte dadurch völlig zu schweben, und nur bei ganz hellem, durchfallendem Licht können bei manchen die Glasgerüste störend empfunden werden. Wenn die Tiere nach derselben Methode vor weißem oder dunklem Hintergrund stehen, wie dies verschiedentlich in den Wandschränken der Fall ist, ist das Gestell für

den Beschauer kaum zu entdecken. Die in manchen Museen geübte Technik, die „Glastiere“ auf dicken Glasstäben aufzuhängen oder etwa Medusen über Glasbecher zu stülpen, wird durch diese, wahrscheinlich zum ersten Male angewandte Aufstellungsart übertroffen. Der Nachteil der Methode liegt freilich darin, daß die Anfertigung der Gestelle und das Montieren selbst sehr zeitraubend sind und viel Geduld und eine sichere Hand verlangen. Ein Weg, die Glasfäden auch im hellsten durchfallenden Licht ganz unsichtbar zu machen, wäre, den Brechungsexponenten der Konservierungsflüssigkeit durch Zusatz von geeigneten hochbrechenden Flüssigkeiten (etwa Glycerin zu Formol oder Alkohol, Terpeneol oder Eucalyptol zu etwa 90% Alkohol, Schwefelkohlenstoff zu absolutem Alkohol) dem des Glases zu nähern. Man hätte zugleich den Vorteil, das durch die Konservierung gefällte Eiweiß der Objekte selbst wieder etwas aufzuhellen, und könnte, soweit die Zusätze das spezifische Gewicht und die Viscosität der Flüssigkeit erhöhen, auch die tragenden Glasfäden feiner nehmen. Jedenfalls eröffnet sich hier für Jünger der leider arg vernachlässigten Museumstechnik der niederen Wirbellosen ein reiches Feld zu lohnenden Versuchen.

Februar 1914.

L. Nick.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Bericht über die Senckenbergische naturforschende Gesellschaft](#)

Jahr/Year: 1916

Band/Volume: [1916](#)

Autor(en)/Author(s): Drevermann Friedrich (Fritz) Ernst, Nick L.

Artikel/Article: [Aus der Schausammlung. Die Moa. Unser Planktonschrank. 1-42](#)