

944/10

**DR. H. G. BRONN'S**  
 Klassen und Ordnungen  
 des  
**TIER-REICHS,**

wissenschaftlich dargestellt  
 in Wort und Bild.

**Dritter Band. Supplement.**  
**Tunicata (Manteltiere).**

Begonnen von  
**Prof. Dr. Osw. Seeliger.**

**Zweite Abteilung.**

Fortgesetzt von  
**Dr. G. Neumann**  
 in Dresden-Plauen.

Mit auf Stein gezeichneten Abbildungen.

*6. u. 7. Lieferung.*

**Leipzig.**  
 C. F. Winter'sche Verlagshandlung.  
 1911.



3962

ventralen und seitlichen Partien desselben mit dem dorsalen Magenteile zu verbinden scheinen.

## 2. Der Magen.

Der Magen ist bei weitem das umfangreichste Organ des Darmtractus. Von Gestalt ampullenförmig, in dorsoventraler Richtung in die Länge gestreckt, auf dem Querschnitt länglich bis herzförmig, kehrt er die breitere Seite dem Kiemendarme, die schmälere und sanft gekielte der Cloake zu. Die histologischen Verhältnisse sind verwickelter, als es nach den älteren Angaben scheint, welche wohl auf Grund von Untersuchungen an weniger gut erhaltenem Material gemacht wurden.

Die einschichtige Magenwand ist erheblich dicker als die des Ösophagus. Sie besteht aus einer Schicht sehr hoher Prismenzellen, die sich an der Hinterwand von beiden Seiten her nach der Mediane zu allmählich abflachen. Hier in der Mittellinie liegt eine Schicht kleiner Wimperzellen, die, mit tief eingesenkten, dichten Flimmerhaaren ausgestattet, in Form einer Falte, bzw. weiter ventral als Wulst, in das Lumen des Magens hineinragen (Taf. VI, Fig. 3). Sie stellen den schon vorhin (S. 80) erwähnten Zellstreifen dar, welcher vom Ösophagus in der Rückwand des Magens, kontinuierlich nach unten keilförmig sich verschmälernd, bis in den Magenrund hinabsteigt und zweifellos bei der Fortbewegung der Nahrung im Magen beteiligt ist. Diese Magenflimmerrinne, wie ich sie nennen möchte, verbindet also den über und über bewimperten Ösophagus mit dem gleichfalls bewimperten Mittel- und Enddarm und bewirkt, daß die Bewimperung an keiner Stelle des Darmtractus ganz unterbrochen ist. Da aber an den Ösophagus proximal die Mundrinne, weiterhin der Endostyl und an diesen der Flimmerbogen kontinuierlich anschließt, der (allerdings mit Unterbrechungen) in gewisser Weise wieder in den bewimperten Rückenzapfen seine Fortsetzung findet, so durchzieht den gesamten inneren Pyrosomenkörper (Kiemendarm und Verdauungstractus) eine nur an der Dorsalseite stellenweise unterbrochene Flimmerzone. Sie liegt genau in der Medianebene des Körpers und muß, weil die Mundöffnung am Vorderkörper ebenfalls in derselben liegt, sich hier in die beiden Hälften des Flimmerbogens spalten.

Die übrigen Zellen der Magenwand (außer denen der Magenflimmerrinne) entbehren dagegen der Wimpern. Tingierte Querschnitte durch den Magen lassen unter diesen Zellen zwei durch verschiedene Färbbarkeit ausgezeichnete Sorten unterscheiden, und zwar einzelne, welche Farbstoffe sehr lebhaft aufnehmen, zwischen der Hauptmasse weniger intensiv färbbarer (Taf. VI, Fig. 3 u. 7). Die Verteilung beider Arten ist bei den einzelnen Spezies keineswegs gleich. Wenn z. B. bei *P. giganteum* (Taf. VI, Fig. 3) auf dem Querschnitt etwa zwischen 2—4 „helleren“ Zellen je eine dunkelgefärbte erscheint, so sind die letzteren z. B. bei *P. Agassizi* und noch mehr bei *P. verticillatum* viel spärlicher.

Der histologische Charakter beider Zellsorten ist grundverschieden. Der durchweg schlankere, fast schornsteinförmige Leib der dunkleren erscheint in seinen unteren Zweidritteln mit einem strähnigen, bei anderen Arten grobkörnig entwickelten Plasma dicht erfüllt. In halber Höhe desselben liegt der kugelige helle Kern mit einem großen, bläschenförmigen Nucleolus. Das schlotförmig verjüngte obere Drittel der Zelle ist mit runden, ebenfalls intensiv färbbaren Körnern angefüllt. Ein feiner Stäbchensaum krönt endlich beide Zellsorten.

Die zahlreicheren wenig färbbaren Zellen zeigen bis auf das mittlere Drittel ein feingranuliertes Plasma. Der längliche Kern liegt im Basalteil der Zelle und (bei *P. giganteum*) stets tiefer, bei anderen Arten, z. B. bei *P. Agassizi*, aber höher als in den benachbarten „dunklen“ Zellen. (Vgl. Taf. VI, Fig. 7). Im mittleren Drittel des Zelleibes erscheint das Plasma von einer großen oder mehreren kleineren Vakuolen bis auf schmale Bänder zurückgedrängt. Die Vakuolen selbst führen einzelne körnelige Einschlüsse einer intensiv färbbaren (festen?) Substanz.

Eine bedeutend verwickeltere Struktur weisen die „hellen“ Magenzellen von *P. Agassizi* auf (Taf. VI, Fig. 7). Der untere Teil der Zelle birgt ein dünnfädiges Plasma mit einem länglichrunden Kern. Unmittelbar darüber schließt sich, vom umgebenden Plasma scharf abgesetzt, ein rundlicher Klumpen an, der die ganze Breite der Zelle erfüllt und sich auf dünnsten ( $1\ \mu$  dicken) Schnitten in eine Anzahl dichtgeballter und (bei Osmiumkonservierung) völlig schwarzer undurchsichtiger Secrettropfen auflöst. Aus diesen wächst gewissermaßen eine feingranulierte (mit Hämatoxylin nach Heidenhain), nicht färbbare gelbliche Masse (die an Dotter erinnern könnte) heraus, wiederum nach oben scharf abgegrenzt und bisweilen noch von einzelnen feinen schwarzen Secrettröpfchen durchsetzt. Nunmehr folgt eine Zone lockerer, körniger Einschlüsse verschiedener Größe, welche schließlich in feingranuliertes Plasma hineinragen. Bekrönt wird die Zelle von einem relativ hohen und dichten Stäbchensaum, der allenthalben von größeren und kleineren becherförmigen Lücken unterbrochen wird. An seiner Basis treten die sogenannten Schlußleisten der Zelle sehr scharf heraus.

Die verschiedene Färbbarkeit der Magenzellen hat Seeliger (1895) bereits erwähnt, histologische Details dagegen nicht angegeben. Er ist der Meinung, daß beide Zellarten „durch Übergangsformen miteinander verbunden sind und daher wohl ineinander übergehen können.“ Dem kann ich auf Grund meiner Beobachtungen nicht beistimmen. Ich habe vergeblich nach Zwischenformen gesucht, vielmehr beide Zellsorten immer scharf und charakteristisch ausgeprägt gefunden und zweifle auch nicht, daß wir in beiden Sorten verschieden differenzierte Elemente vor uns haben, nämlich in den dunkleren Drüsenzellen und in den hellen Nährzellen, wie sie besonders im Verdauungstraktus oft nebeneinander beobachtet worden sind (vgl. Schneider, Lehrbuch der Histologie S. 23ff). Die intensiv färbbaren, in ihrem oberen Teile mit körnigen Secreten er-

füllten Drüsenzellen werden daher auch nicht selten im Moment des Entleerens geschnitten. Man sieht einen blasenförmigen Aufsatz dem auseinandergedrängten Stäbchensaume aufsitzen. Die Schwarzfärbung der kugeligen Tropfen im Zellenhalse dürfte (bei Osmiumbehandlung) auf fettigen Charakter schließen lassen, und nicht selten zeigen dann auch die Querschnitte mitten im Magen selbst Ansammlungen schwarzer Secrettropfen.

Die Hauptmasse der Magenzellen würde somit Nährzellen sein, in denen (z. B. bei *P. Agassizi*) die schwarzen Klumpen mit den gelblichen Höfen wahrscheinlich als Speicherkörner von fettiger, bzw. eiweißartiger Konsistenz, die darauffolgenden körneligen Massen als Excretkörner und das darüberliegende Feinkörnige als nutritives Plasma zu deuten wären. Daß nun auch diese Zellen gelegentlich Excrete ausstoßen, konnte ich in einem Falle bei *P. verticillatum* besonders deutlich beobachten, wo die meisten Nährzellen am Ende trichterig erweitert und mit einer Secretblase bekrönt waren.

An den Magen schließt sich nach hinten ein kurzer, stark verschmälerter Abschnitt an, der, wie bereits erwähnt, auf Grund der Analogie mit dem Verhalten bei Ascidien und wegen seines histologischen Baues als Mitteldarm zu bezeichnen sein wird (vgl. Taf. VI, Fig. 4). Der Querschnitt (Taf. VI, Fig. 8 p) zeigt elliptische Form, und das Lumen erscheint wohl immer, wenn nicht eben Nahrungsballen hindurchgleiten, auf einen schmalen Spaltraum reduziert. An seinen beiden Enden, besonders aber am untern, erscheint der Mitteldarm in den Magen bzw. in den Enddarm eingesenkt, und so von den beiden angrenzenden Teilen überwältigt.

Die Wandung des Mitteldarms besteht aus sehr hohen schmalen Wimperzellen, deren längliche Kerne nahe der Basalwand in einem dichten Plasma eingebettet erscheinen. Der übrige Zelleib besitzt nur einen dünnen, protoplasmatischen Wandbelag, von dem aus dünne Plasmafäden den Zellraum spärlich durchziehen. Die Bewimperung ist kurz und dicht. Somit macht dieser Abschnitt histologisch durchaus den Eindruck selbständiger Differenzierung, jedenfalls finden sich keine Anklänge an die histologische Ausbildung des Magens.

Der Enddarm bildet einen kürzeren und dickeren absteigenden und einen schlankeren und längeren aufsteigenden Schenkel (Taf. VI, Fig. 4). Beide Teile gehen äußerlich ohne Grenze ineinander über. Der aufsteigende Teil erreicht zwar bei einzelnen Arten verschiedene Länge, liegt aber immer links vorn vor dem Magen, nie in der Medianebene. Im Querschnitt erscheint auch der Enddarm, besonders in seinem Anfangsteil mehr oder weniger komprimiert.

In histologischer Beziehung unterscheiden sich beide Teile nicht unwesentlich (Taf. VI, Fig. 6 u. 8). Die Wand des absteigenden Teils wird von hohen prismatischen Wimperzellen gebildet. Nach hinten zu flacht sich das Epithel nicht nur ab, sondern nimmt auch einen andern Charakter an. Die Zellen des absteigenden Abschnitts (Taf. VI, Fig. 6) erinnern

lebhaft an die Nährzellen der Magenwand: Ein basaler länglichrunder Kern und der mittlere Teil der Zelle mit einer oder mehreren Vakuolen erfüllt, die nicht selten schwarze körnige Einschlüsse führen. Die kurze dichte Bewimperung gleicht der des Mitteldarms. Vielleicht deutet diese Ähnlichkeit mit den histologischen Verhältnissen des Magens darauf hin, daß hier im erweiterten absteigenden Enddarmabschnitt eine Nachverdauung, bzw. Resorption stattfindet.

Der Rectalabschnitt (Taf. VI, Fig. 8) besitzt z. T. stark vakuolisierte, kubische Wimperzellen, deren Kerne oft abgeflacht und der Außenwand besonders dicht angedrückt erscheinen. Die Drüsenschläuche der Darmumspinnenden Drüse legen sich den Wandungen an, scheinen sogar bisweilen die Wimperzellen des Rectums zur Seite zu drängen und somit in die Zellwandung desselben vorzudringen. Mindestens lassen Schnitte, wie der in Taf. VI, Fig. 8 wiedergegebene, wohl diese Deutung zu. Dort, wo Drüsenschläuche der darmumspinnenden Drüse an den Enddarm herantreten, findet man nicht selten in den Zellen des Rectums große Vakuolen, von welchen der stark abgeflachte und dunkelfärbare Kern an die Wand gedrückt erscheint, erfüllt mit denselben winzigen Körner-einschlüssen, mit denen zuweilen die Drüsenschläuche selbst vollgepackt erscheinen.

Am After findet sich endlich nur noch ein dünnes Wimperepithel, welches kontinuierlich in die Cloakenwand übergeht.

#### Die darmumspinnende Drüse.

Dieses in seiner physiologischen Bedeutung noch immer rätselhafte Organ des Tunicatenstammes wurde bei den Pyrosomen zuerst von Huxley (1851) beobachtet und zunächst in Beziehung zum Blutgefäßsystem gesetzt. In seiner zweiten Arbeit (1860) kam er jedoch zur Deutung der Drüse als eines leberähnlichen Organs. Die verschiedensten Bezeichnungen sind dann auch auf Grund dieser oder jener vermutlichen physiologischen Funktion für dieses Organ gebraucht worden. Wir wollen uns hier dem von Seeliger gewählten Namen „darmumspinnende Drüse“ anschließen, um „gleichzeitig das anatomische Verhalten des Organs zum Darmtractus zu kennzeichnen und doch die Art der Funktion ganz unerörtert zu lassen.“

Was die Entstehung des Organs anlangt, so bildet es sich auf frühen Stadien als Ausstülpung der linken unteren Magenwand, die gegen den Enddarm hin zu einer engen Röhre auswächst und diesen auf späteren Stadien in reicher Verästelung umgreift.

Bau. Das Organ läßt sich zufolge dieser Entstehung in 2 Teile, den Kanal und die daraus hervorgewachsenen Drüsenschläuche, gliedern.

Der Kanal tritt aus der ventralen linken Magenwand unmittelbar über der Stelle hervor, wo der Mitteldarm sich ansetzt; dort erfolgt auch die ursprüngliche Ausstülpung, welche somit als Einmündung des Drüsenrohrs in den Darmtractus persistiert. Der Kanal verläuft nun meist etwas schräg

nach abwärts zum Endarm hinüber und erweitert sich dort, wo er diesen erreicht, gewöhnlich ampullenförmig, worauf die Verästelung beginnt.

Querschnitte (Taf. VI, Fig. 8) durch den Drüsenkanal zeigen ein einschichtiges Epithel großkerniger Zellen, welche ein feines, kreisförmiges Lumen umschließen. Eine Bewimperung der Zellen habe ich (gleich Seeliger) nicht mit Sicherheit nachzuweisen vermocht.

Die Drüsenschläuche strahlen in dichotomer Verästelung radiär auf den Enddarm aus (Taf. VII, Fig. 1). Ihre Zahl und Anordnung ist nicht konstant. Sie erreichen weder den absteigenden Teil des Enddarms, noch den obersten Rectalabschnitt desselben. Eine so weite und feine Verzweigung und Auflösung der Schläuche, wie sie bei vielen Ascidien beobachtet wird, findet bei Pyrosomen nicht statt.

Histologisch bestehen auch die Wandungen der Schläuche (Taf. VI, Fig. 8) aus einem einschichtigen Epithel, das sich gegen das Ende der Verästelungen mehr und mehr abflacht. Der Querschnitt erscheint meist zusammengedrückt elliptisch.

Vielfach erscheinen nun einzelne Schläuche z. T. oder ganz mit schwarzen, kugeligen Körperchen erfüllt, offenbar Secrettropfen fettiger Konsistenz, welche von den Zellen der Schlauchwandungen produziert werden. Besondere Drüsenzellen habe ich allerdings nicht finden können. Solche fettig-körnige Secrete sind auch bei Ascidien z. B. von Giard (vgl. Bronn III. Suppl. S. 479) beobachtet worden. Daß gelegentlich solche Secrete auch mitten im Verbande der Wandzellen des Rectalabschnittes sich finden (Taf. VI, Fig. 8), wurde oben schon ausgeführt.

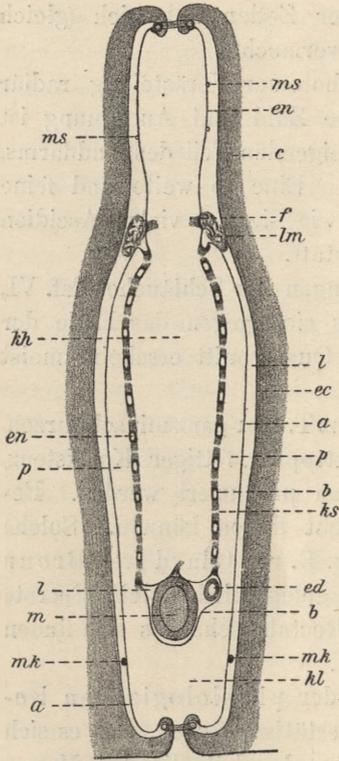
Somit kann im allgemeinen hinsichtlich der physiologischen Bedeutung der darmumspinnenden Drüse nur bestätigt werden, daß es sich bei ihr tatsächlich um Abscheidung von Secreten handelt, die dem Magen einverleibt werden und also höchstwahrscheinlich wohl verdauende Wirkung besitzen.

## X. Die Peribranchialräume und die Cloake.

Als Peribranchialräume werden die beiden, dem Kiemendarme jederseits aufliegenden, spaltförmigen Höhlen bezeichnet, in welche das Atemwasser des Kiemenkorbcs durch die Kiemenspalten übertritt. Nach hinten zu vereinigen sich beide Räume hinter dem Darm zur unpaaren Cloake, durch welche das Atemwasser seinen Weg nach außen nimmt. Der auf Seite 3 wiedergegebene schematische Querschnitt durch den Pyrosomenkörper in der Region des Kiemenkorbcs orientiert über die Lagebeziehungen des Kiemendarms und der Peribranchialräume. Da der Schnitt auf der linken Seite der Figur ein Quergefäß (siehe Seite 68) der ganzen Länge nach getroffen hat, erscheinen beide Räume völlig getrennt voneinander. Auf der rechten Seite dagegen ist der Schnitt durch eine Kiemenspalte geführt, weshalb nur die Längsfalten des Kiemenkorbcs, die sogenannten Längsgefäße (S. 69) getroffen sind und mittels der Kiemenspalte beide

Räume in Kommunikation treten. Daraus erhellt, daß die äußere Begrenzung der Quergefäße von der Peribranchialwand gebildet wird und wir zwischen dieser, der Innen- und einer Außenwand der Peribranchialräume unterscheiden müssen, welche letztere dem Ectoderm gegenüberliegt.

Fig. 17.



Schematischer Längsschnitt durch ein Pyrosoma (nach Seeliger). (Die Zahl der Kiemenspalten ist in Wirklichkeit größer.)

*a* = Außenwand der Peribranchialräume und der Cloake. *b* = Innenwand ders. *c* = äußerer Cellulosemantel. *ec* = Ektoderm. *ed* = Enddarm. *en* = Entoderm des Schlundes und des Kiemendarmes. *f* = Flimmerbogen. *kh* = Kiemendarmhöhle. *kl* = Cloake. *ks* = Kiemenspalten. *l* = primäre Leibeshöhle. *lm* = Leuchtorgan. *m* = Magen. *mk* = Cloakenmuskel. *ms* = Schlundmuskulatur. *p* = Peribranchialhöhle.

Geschlechtsorgane umhüllt, mit seinem hinteren Teil aus dem Cloacalraum förmlich bruchsackartig in die gemeinsame Stockhöhle vor. Länger schon erscheint die Cloacalhöhle etwa bei *P. atlanticum*, *aherniosum* und

Die Peribranchialräume erstrecken sich natürlich im Pyrosomenkörper jederseits so weit nach vorn, als die Kiemenspalten reichen (Textfig. 17). Die Außenwand schlägt sich hinter der ersten Kiemenspalte nach innen und hinten zu um, d. h. sie geht in die Innenwand über und verlötet an dieser Stelle mit dem entodermalen Kiemendarmepithel, um die Vorderwand der ersten Kiemenspalte zu bilden. Die Innenwand wird nunmehr von den Kiemenspalten durchbrochen und existiert somit tatsächlich nur in den schmalen Außenwänden der Quergefäße. Hinter der letzten Kiemenspalte erst stellt das innere Peribranchialepithel wieder eine zusammenhängende Fläche dar, um alsbald hinter dem Magen mit dem des andern Raumes sich zu verbinden und die Leibeshöhle mit dem Darmtractus und den Geschlechtsorganen gegen den Cloacalraum abzugrenzen. Es wird deshalb zweckmäßig als Cloacalhöhle der Pyrosomen der Raum zu bezeichnen sein, der bis zu der letzten Kiemenspalte nach vorn reicht.

Demnach richtet sich die Form und Größe der Peribranchialräume nach Gestalt und Ausdehnung der Kieme (siehe oben S. 66). Der Cloakenraum zeigt in bezug auf Form und Größe bedeutendere Verschiedenheiten. Sehr kurz und breit, gleichsam „abgestutzt“ erscheint er bei *P. Agassizi* und noch mehr bei *P. verticillatum*. Bei dieser letzteren Form ragt der Leibeshöhlenabschnitt, welcher Darmtractus und

*ovatum*. Durch lange röhren- und schlotförmige Cloacalräume zeichnen sich *P. giganteum*, *operculatum*, besonders aber *P. spinosum* aus, bei welchem dieses Rohr  $\frac{2}{3}$  des übrigen, sehr lang ausgezogenen Körpers beträgt.

Die Peribranchialräume entstehen aus den beiden im Stolo bereits vorhandenen Peribranchial- oder Cloacalröhren. Nachdem die Segmentierung erfolgt ist, wachsen beide besonders nach hinten zu und vereinigen sich alsbald hinter dem Darm zur unpaaren Cloake.

Die Vereinigungsstelle der beiden ursprünglich getrennten Peribranchialröhren glaubt Seeliger (1895) bei jüngern Tieren noch in einem Wulst hinter dem Magen erkannt zu haben.

Als eigenartige Differenzierungen des Cloacalrohres können schließlich die bisher wohl übersehenen Verschlulßbildungen an der Egestionsöffnung einiger Arten bezeichnet werden, die etwa in Parallele zu den Mundtentakeln zu setzen wären.

Es hat Neumann (1908) bei einer neuen Pyrosomenform (*P. operculatum*) auf eine ventral an der Cloacalöffnung betestigte kapuzenförmige Klappe aufmerksam gemacht (Textfig. 18), die sich dorsal in einen völlig geschlossenen Hautsaum fortsetzt. Die Ränder der Klappe und des Hautsaumes sind mit einem schmalen Muskelbändchen ausgestattet.

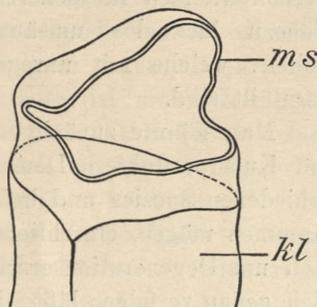
Einen ganz ähnlichen Cloacalanhang besitzt auch *P. spinosum*, nur spitzer zipfelförmig und länger, aber ebenfalls ventral befestigt. Endlich ist auch das nahe verwandte

*P. Agassizi* mit einem solchen spitzen Zipfelchen ausgestattet, das aber von dem dorsalen Rande der Cloacalöffnung herabhängt. Fragt man nach dem Zweck dieser Bildungen, so könnten sie bei *P. operculatum* und *spinosum* wohl geeignet sein, nach dem Auspressen des verbrauchten Atemwassers aus dem Cloacalrohr einen Verschlulß desselben zu bewirken, um so bei der nun folgenden Erweiterung der Kiemenhöhle während des „Einatmens“ ein Rückströmen des Atemwassers zu verhindern. Vielleicht helfen die Klappen sogar bei der Fortbewegung der Kolonie vorteilhaft mit (Vgl. genaueres darüber Neumann 1908).

Histologisches. Die Wandungen der Peribranchialräume und der Cloake bestehen durchweg aus einem feinen Plattenepithel, das sich nur in der Umgebung des Afters, sowie des Ei- und Samenleiters etwas verdickt.

Auf eine eigenartige histologische Differenzierung der Außenwände der Peribranchialräume muß noch aufmerksam gemacht werden. Schon bei Betrachtung der Ascidiozooiden gewisser Spezies (*P. giganteum*, *atlanticum*, *aherniosum*) mit schwacher Vergrößerung erkennt man auf den Seiten der

Fig. 18.



Klappe mit Hautsaum über der Cloacalöffnung von *P. operculatum*.

kl = Cloake. ms = Muskelband.

Tiere dunklere Flecke. Die genauere Untersuchung zeigt, daß diese der Außenwand des Peribranchialraums zugehören und sich als höchst eigentümlich umgebildete Stellen des äußeren Peribranchialepithels von länglicher oder kreisförmiger Begrenzung und nach außen schwach konvex vorgewölbter Oberfläche darstellen (Taf. VII, Fig. 3). Die Zellen dieses Raumes erscheinen entweder ganz oder nur in einer Ecke mit dicht aneinandergedrängten Vakuolen erfüllt; das stark färbbare Plasma ist auf einen centralen Bereich zurückgedrängt, von dem aus es in dünnen Fäden netzartig den Zellraum durchstrahlt. Vielfach ist in diesem centralen Plasma der färbbare längliche Kern noch nachweisbar; oft erscheint er aber auch in eine schwarze, nicht mehr scharf begrenzte Masse aufgelöst. Zuweilen tritt eine großkugelige Vakuole, welcher der langgestreckte Kern anliegt, an die Stelle vieler kleinerer. Die Zellgrenzen der polygonalen Plattenzellen werden vielfach in dickeren randlichen Plasmasträngen noch erkennbar. Nahezu lückenlos umsäumt erscheint der gesamte Zellkomplex von Zellen, welche mit unregelmäßig begrenzten schwarzen Körnern dicht angefüllt sind.

Man könnte zunächst vermuten, es handle sich in diesen Bildungen um Kunstprodukte. Dem widerspricht jedoch das Vorkommen bei verschiedenen Spezies und bei allen Stöcken derselben Art, wo sie auch herkommen mögen, einschließlich der jüngeren Tiere. Zweifellos handelt es sich um Degenerationserscheinungen, deren Verlauf bei jüngeren Tieren sich genau verfolgen läßt. Dabei findet wohl eine Kontraktion des Gewebes statt; denn nicht nur die verkümmerten Zellen selbst, sondern auch die Kerne erscheinen, verglichen mit denen der normalen Zellen aus der Umgebung, geschrumpft, und das ganze Feld ist konvex vorgewölbt.

Die Peribranchialräume werden durch Trabekeln (vgl. Textfig. 2, S. 3) klaffend erhalten, welche senkrecht von der Außenwand ausstrahlen und zu der Rückwand eines Quergefäßes, d. i. der Innenwand des Peribranchialraumes, hinüberziehen. Sie bauen sich aus langgestreckten, spindelförmigen Zellen auf, entspringen der Außenwand mit meist trichterförmig erweitertem und dann hohlem Ansatz, verzweigen sich hierauf oft mehrfach und münden in die Quergefäße ein. So stellen sie wohl, wie schon Seeliger hervorhebt, bis auf den Anfangsteil solide Stränge dar, durch welche eine Kommunikation zwischen den Quergefäßen des Kiemendarms und dem peripheren Teil der primären Leibeshöhle nicht erfolgen kann. Somit bleibt nur ihre Bedeutung als Stützorgane. Ob sie bis zu einem gewissen Grade auch kontraktile sind, läßt sich nicht sicher entscheiden, wird aber z. B. von Seeliger vermutet.

## XI. Das Bindegewebe und die Muskulatur.

Die primäre Leibeshöhle der Pyrosomen ist wie bei den Ascidien (im Gegensatz zu den Appendicularien) mit einem wohlentwickelten Mesenchymgewebe erfüllt. Auf frühen Stadien erfolgt eine Differenzierung desselben:

Ein Teil liefert die Bindegewebelemente, nämlich Gallerte und darin fixierte Mesodermzellen, welche die Leibeshöhle bis auf schmale Lückenräume erfüllen. Ein anderer Teil der Mesodermzellen flottiert in diesen Lückenräumen der primären Leibeshöhle als Blutzellen. Ferner legen sich alsbald Mesenchymzellen zu faden- oder strangförmigen Gebilden zusammen und bilden die Muskulatur. Auch die Leuchtorgane stellen eigenartig differenzierte Mesodermzellen dar, und endlich gehen die Geschlechtsorgane (nach Seeliger) aus einem Mesodermzellenhaufen hervor.

#### a) Das Bindegewebe.

##### 1. Die Gallerte.

Die primäre Leibeshöhle ist von einer homogenen, gallertigen Substanz erfüllt, die — so will es wenigstens im konservierten Material scheinen — hier und da feine Fäserchen, auch wohl Granulationen aufweist. Ihre Konsistenz scheint gering zu sein, gerade hinreichend, um die dünnen Epithelwände im lebenden Tiere straff und in ihrer gegenseitigen Lage zu erhalten. Über die chemische Zusammensetzung ist nichts bekannt. Nur soviel läßt sich sagen, daß bei Konservierung mit Sublimat oder Chrom- oder Pikrinsäure, „weder mit Karmin- noch mit Hämatoxylinfarbstoffen eine gute, dauernde Tinktion zu erzielen ist“ (Seeliger). Die Gallerte erfüllt die Leibeshöhle nicht kontinuierlich, vielmehr bleiben Lückenräume, die Blutbahnen, bestehen, die weder nach Zahl noch Verlauf konstant zu sein scheinen.

##### 2. Die Bindegewebszellen.

Die Gallertsubstanz der Leibeshöhle ist allenthalben mehr oder weniger reich mit Mesodermzellen durchsetzt, die in bezug auf Gestalt und Bau außerordentliche Verschiedenheiten aufweisen. Sie gleichen aber darin den Blutzellen der Lückenräume in so hohem Maße, daß es oft schwer hält, ja sogar unmöglich wird, beide auseinander zu halten. Die Erklärung der großen Ähnlichkeit liegt natürlich in ihrer gleichen Abstammung, und es wird auch für die Pyrosomen zutreffen, was bei den Ascidien beobachtet worden ist, daß nämlich beide Sorten einander vertreten, bzw. ineinander übergehen können, indem bereits fixierte Mesodermzellen flottierend werden und umgekehrt freibewegliche an den Gefäßwandungen, die ja einer besonderen epithelialen Wandung überall entbehren, sich festsetzen. Der einzige äußerliche Unterschied zwischen Bindegewebs- und Blutzellen scheint mir der zu sein, daß unter den ersteren die spindel- und sternförmigen Formen vorherrschen, während bei den Blutzellen die abgerundeten überwiegen (vgl. Taf. VII, Fig. 4 und 6). Zweifellos haben die Bindegewebszellen bis zu einem gewissen Grade auch die Fähigkeit der Formveränderung, die den Blutzellen wohl ganz allgemein zukommen dürfte. Als Beweis dafür wird die Auswanderung der Mesenchymzellen in den äußeren Cellulosemantel gelten dürfen, welche

von Seeliger wiederholt festgestellt worden ist. Von diesen in den Cellulosemantel übergetretenen Mesenchymzellen unterscheiden sich nach meinen Beobachtungen die Bindegewebszellen dadurch, daß sie bei weitem nicht so reich und weit ausgreifend verästelt sind als jene.

Die Gestalt der Bindegewebszellen ist sehr mannigfach (Tafel VII, Fig. 6). Am seltensten trifft man rundliche Formen an. Kugelige Zellen, wie sie unter den Blutzellen so häufig sind, fehlen offenbar. Auch längliche Zellkörper mit unregelmäßigen, gelappten Rändern, die unter den Blutzellen gleichfalls recht zahlreich anzutreffen sind, sieht man seltener. Vielleicht deutet ihre amöboide Gestalt darauf hin, daß sie aus Blutzellen hervorgegangen sind oder in solche sich verwandeln wollen. Die Hauptmasse der Bindegewebszellen ist birn-, spindel- und sternförmig gestaltet. Die Fortsätze der Zellkörper erscheinen aber, wie bemerkt, viel weniger lang ausgezogen als bei den Mantelzellen. Bei dichteren Anhäufungen, wie z. B. in der Umgebung des Darmtrakts, stehen die Fasern wohl auch in lockerer Verbindung miteinander, jedoch kann von einem Geflecht- oder Gerüstwerk nicht gesprochen werden.

Auch der feinere Bau der Bindegewebszellen zeigt Verschiedenheiten. Der Kern zeichnet sich immer durch lebhafte Färbbarkeit und scharfe Granulationen aus. Nur die Kerne der länglich-gelappten Zellen erscheinen stets recht homogen, und schließlich trifft man auch sehr dunkel und gleichmäßig gefärbte Kerne an, die mit einem noch intensiver gefärbten, abgerundeten, kurzen Stäbchenkörper erfüllt sind. Wir werden diesen (S. 101) im blutbildenden Organ wieder begegnen. Der Zelleib wird meist von einem feinkörnigen Plasma aufgebaut. Besonders hell und homogen scheint es wieder bei den gelappten Zellen zu sein. Vielfach treten eine größere oder mehrere kleinere Vakuolen im Plasma auf, von denen der Kern an die Wand gedrängt wird. Und endlich sind auch schwarze körnige und tropfenförmige Einschlüsse von vielleicht fettiger Konsistenz nicht selten.

Die Verteilung der Bindegewebszellen ist nicht in allen Teilen der Leibeshöhle gleichmäßig. Im allgemeinen muß sie als spärlich bezeichnet werden. Etwas dichter als gewöhnlich sind die Zellen besonders in der Umgebung des Darmtrakts und der Geschlechtsorgane angeordnet. Oft scheint es, als sei auch die Mundregion dadurch ausgezeichnet.

In einigen Fällen beobachtete ich besonders dichte Anhäufungen von fixierten Bindegewebszellen an verschiedenen Körperstellen, die schon bei Lupenvergrößerung als dunkle Stellen sich kennzeichneten; so z. B. zwischen Kieme und Ganglion oder in der Nähe des Dorsalendes des Cloakenmuskels (bei *P. Agassizi*). Es handelte sich dann um jene verästelten Bindegewebszellen von gelapptem Umriß, die sich mit ihren Fortsätzen dicht verflochten hatten. Die Bedeutung dieser Ansammlungen ist mir nicht recht klar geworden. Das ganze Bild weckt die Vermutung, als handele es sich um Verwundungen oder krankhafte Veränderungen der betreffenden Körperstelle.

Daß die Mesenchymzellen der Leibeshöhle gelegentlich auch Pigmente führen, wurde oben (S. 7 u. 80) schon erwähnt. So dürften die den Ösophagus von *P. giganteum* regellos umgebenden Pigmentzellen (Taf. VI, Fig. 5) zweifellos mesodermaler Natur sein; und sicher gehören auch die zwischen den Hodenläppchen derselben Form verstreuten Pigmentzellen dem Mesoderm an. In beiden Fällen handelt es sich um relativ große Zellen von rundlichem Umriß, die offenbar in hohem Grade plastisch sind; denn sie passen sich in der Form ihrer Unterlage stets ausgezeichnet an, dort dem Ösophagusepithel, hier dem flachen Hodenfollikel.

#### b) Die Muskulatur.

Die Muskulatur der Pyrosomen ist im Vergleich zu andern freischwimmenden Tunicaten (*Doliolum*, *Salpa*) sehr schwach entwickelt. Man kann, da die Pyrosomen im Gegensatz zu den genannten Thaliaceengruppen koloniebildend sind, bei ihnen zwischen einem Muskelapparat der Einzeltiere und einem solchen scheidet, welcher der Kolonie als Ganzes zukommt. Zu dem Muskelsystem der Einzeltiere gehören als wesentliche Stücke die Sphincteren der Mund- und Cloakenöffnung, ferner eine nur bei 2 Arten (*P. spinosum* und *Agassizi*) entwickelte laterale Muskulatur, die beiden Cloakenmuskeln, die Muskulatur des Darmtractus und der unpaare Muskelstrang; den kolonialen Muskelapparat stellt die Muskulatur der Mantelgefäße zusammen mit den sogenannten Mantelfaserzügen dar. Die Verbindung der beiden Systeme wird durch die Cloakenmuskeln bewerkstelligt, weshalb diese in gewissem Sinne auch dem kolonialen Muskelapparat zugerechnet werden könnten. Ihrem Verlaufe nach sind die Muskeln der Einzeltiere im wesentlichen Ringmuskeln, die des kolonialen Systems Längsmuskeln; die Cloakenmuskeln stehen auch in dieser Beziehung in der Mitte. Hinsichtlich der Entstehung des Muskelsystems wurde schon angedeutet, daß die spindelförmigen Mesenchymzellen sich schon frühe gruppieren, zu strang- oder fadenförmigen Gebilden zusammensetzen und so schließlich alle kontraktile Elemente, wohl nur mit Ausnahme der Herzmuskulatur, zusammensetzen.

#### 1. Das Muskelsystem der Einzeltiere.

Die Sphincteren der Mund- und Cloacalöffnung sind in sich geschlossene, starke und in allen Teilen gleichdicke Ringmuskeln von kreisförmigem Querschnitt, die im vordersten, bzw. hintersten Teile der primären Leibeshöhle eingebettet liegen (vgl. Taf. III, Fig. 1 und 2, Taf. I, Fig. 3). Nur eine Ausnahme in bezug auf jene Form kenne ich vom Sphincter der Egestionsöffnung bei *P. spinosum*. Dieser verbreitert sich nach der Dorsalseite zu allmählich, so daß eine halbmondförmige Gestalt herauskommt.

Der Sphincter der Mundöffnung wird nun nach hinten zu stets von einer Anzahl feiner „Zirkulärmuskeln“ umgeben (vgl. Textfig. I,

S. 2 und Textfig. 10, S. 40). Sie sind aus einzelnen, langgestreckten, spindelförmigen Mesenchymzellen von fadenförmiger Anordnung hervorgegangen und darum relativ dünn. Weder ihr Verlauf, noch ihre Anzahl ist konstant. Bei den meisten Arten jedoch übersteigt die Zahl kaum drei. Handelt es sich um sehr lang ausgezogene Schlundrohre (*P. giganteum*, *aherniosum*, *ovatum*), so können diese 2–3 Muskelfäden auch ziemlich weit auseinander treten (vgl. Taf. 2, Fig. 4), während sie in jungen Tieren und bei kurzschlundigen Formen nahe nebeneinander verlaufen. Zwischen den Zirkulärfäden trifft man nicht selten einzelne oder ganze Schwärme spindelförmiger Muskelzellen ebenfalls in zirkulärer Anordnung an, die sich z. T. mit den Fäden verbinden, z. T. frei enden oder untereinander zusammhängen.

Eine Ausnahme in bezug auf die Zahl der Zirkulärmuskelfäden machen nur die beiden nahe verwandten Formen *P. Agassizi* und *spinosum* (Textfig. 11, S. 40; Taf. 2, Fig. 1). Hier umsäumt den Schlund außer dem starken Sphincter noch ein ganzer Schwarm (etwa bis 9) solcher Muskelfäden, die dorsal und ventral näher aneinander herantreten als an den Seiten und daher auch dort z. T. zusammenfließen und mit dem Mundsphincter selbst verwachsen. Auch an den Seiten anastomosieren sie oft mehrfach untereinander (*P. spinosum*.) Die äußersten Fäden stellen nicht immer geschlossene Ringe dar, sondern enden frei. Auch bei andern Formen lassen sich gelegentlich unvollständige Fasern beobachten. Auffällig erscheint, daß bei alten Tieren der genannten beiden Arten die Zahl der Muskelfäden sich verringert hat. Wie es dazu gekommen ist, vermag ich nicht sicher anzugeben. Verschiedene Anzeichen aber sprechen dafür, daß eine teilweise Auflösung von Muskelfäden stattgefunden hat.

Im Bereiche der Ingestionsöffnung kommt es endlich auch noch zur Ausbildung einer Radiärmuskulatur. Bei allen Arten ziehen von der basalen bläschenförmigen Erweiterung des Ventraltentakels feine Muskelfäden meist divergierend ventralwärts (Textfig. 12, S. 49 und 11, S. 40  $r_1 m$ ). Ihre Zahl beträgt oft nur 1–3, es können aber auch ein ganzes Bündel sein. Ihre dorsalen Enden strahlen meist in den Sphincter der Mundöffnung ein oder enden, dem Schlundepithel dicht angeschmiegt, frei an der Basis des Ventraltentakels. Ventral erreichen sie oft den ersten Ringmuskelfaden oder enden frei. Sie dürften, wie oben (S. 39) bereits angedeutet wurde, bei der Bewegung des Ventraltentakels beteiligt sein.

Außer diesen hervortretenden Radiärfasern läßt die genauere Betrachtung stets auch rings um den Sphincter herum radiär ausstrahlende, feinste Muskelfäden erkennen, die alle mit ihren inneren Enden dem Sphincter selbst ansitzen und mit ihren äußeren, oft gegabelten Enden zuweilen (*P. verticillatum*, *aherniosum*) den zunächst gelegenen Ringmuskel erreichen oder sich gar darüber hinaus erstrecken. Das könnte auf die Vermutung führen, daß diese Fädchen vielleicht entweder bei gleichzeitiger Zusammenziehung des Sphincters der Mundöffnung das Epithel

der Mundregion zusammen- und damit zurückziehen oder durch nachfolgende Kontraktion die Ingestionsöffnung erweitern helfen.

Endlich entspringen dem Sphincter der Ingestionsöffnung nicht nur auf der äußeren, sondern auch auf der innern, der Mundöffnung zugekehrten Seite Radiärmuskelfasern, so bei *P. Agassizi* und, wie ich vermute, auch bei *P. spinosum* (Textfig. 11, S. 40). Und zwar setzt an der Basis jedes Mundtentakel ein Bündel an, das einerseits mit aufgefaserter Wurzel an den Sphincter oder an die zunächstgelegenen Ringmuskelfasern herantritt oder auch frei im Entoderm des Schlundes endigt, andererseits fast bis in die Spitze des Mundtentakels sich fortsetzt. Das Muskelbündel des großen Ventraltentakels ist natürlich besonders kräftig entwickelt und steht mit den Fasern des oben erwähnten Radiärbündels unter dem Ventraltentakel in Verbindung. Im Bereiche der Cloacalöffnung werden ähnliche Differenzierungen des Muskelsystems nicht beobachtet. Höchstens könnte die Ausstattung der Cloacalklappe von *P. operculatum* mit einem randlichen Muskelsaum hierher gerechnet werden (Textfig. 18). Wie es in dieser Beziehung mit dem gleichen Apparat bei *P. spinosum* steht (siehe oben S. 87), vermag ich wegen des mangelhaft erhaltenen Materials nicht anzugeben.

Die zuletzt genannten beiden Formen, *P. Agassizi* und *spinosum*, sind auch die einzigen unter den bisher bekannt gewordenen Arten, welche durch ein „laterales“ Muskelsystem, wie ich es nennen möchte, ausgezeichnet sind (Textfig. 11, S. 40 *lms* und Taf. II, Fig. 1).

Es zerfällt in zwei Bündel von Muskelzügen, von denen das eine und zwar schwächere in der Mitte zwischen Ingestionsöffnung und Endostyl, das andere, stärker entwickelte, zwischen Ingestionsöffnung und Ganglion, nahe ventral vor dem letzteren gelegen ist. Beide Bündel bestehen aus senkrecht zur Medianebene verlaufenden Muskelfasern, die auf einer großen mittleren Strecke miteinander verbunden, an ihren beiden Enden divergierend auf die Flanken des Körpers oft unter dichotomer Verästelung ausstrahlen. Was die Zahl der freien Äste zu beiden Seiten anlangt, so finden wir bei *P. Agassizi* in der ventralen Gruppe etwa nur 2, welche sich weiterhin nicht mehr verästeln, in der dorsalen etwa 3—5, bei *P. spinosum* aber ventral gegen 4, dorsal 8—10 Äste, welche vielfach korrespondieren. Daß bei dem viel größeren *P. spinosum* auch das laterale Muskelsystem eine ungleich kräftigere Ausbildung als bei *P. Agassizi* erfahren hat, geht auch aus der bedeutenderen Stärke und Länge der Äste hervor. Bei *P. Agassizi* erreichen dieselben nur den vorderen Bereich der Körperseiten, bei *P. spinosum* dagegen erscheint das ganze vordere Drittel des Rumpfes mit den Fasern beider Gruppen wirt bedeckt. Die längsten reichen fast bis auf die Bauchseite, an den Endostyl heran. Zahlreiche Verästelungen und Anastomosen bedingen eine wirre, regellose Verteilung. Ferner — und das erscheint für die Beurteilung der Funktion wichtig — stehen bei *P. spinosum* einerseits die Fasern der ventralen Gruppe mit denen der dorsalen vielfach in Verbindung, und zahlreiche Äste der dorsalen Gruppe

treten andererseits an den Cloakenmuskel heran. Da nun aber bei beiden Arten die ventrale Lateralmuskelgruppe auch mit dem radiären Muskelbündel verbunden ist (Textfig. 11, S. 40), so besteht also wenigstens bei *P. spinosum* der gesamte Muskelapparat des Vorderkörpers, Mundsphincter, Lateralsystem und Cloakenmuskel in Zusammenhang. Was die Funktion des lateralen Muskelsystems anlangt, so dürfte dasselbe zweifellos bei dem Ausstoß des Atemwassers in die Cloake beteiligt sein und damit den Cloacalmuskel in seiner Wirkung unterstützen. Jedenfalls hängt die Ausbildung dieses extravaganten Muskelapparates bei *P. spinosum* wohl mit der enormen Größe der Tierstöcke (bis 4 m) zusammen.

Als integrierender Bestandteil des Muskelapparates des Einzeltieres muß schließlich noch der Cloakenmuskel genannt werden (vgl. Taf. I, Fig. 2, Taf. 2, Fig. 1, Textfig. 1, S. 2). Er besteht aus zwei Hälften, die bei den meisten Arten rechts und links in der primären Leibeshöhle der Cloacalregion der äußeren Cloacalwand dicht anliegen. Nur bei *P. Agassizi* und besonders bei *P. spinosum* erscheinen beide Hälften nach vorn zu in die Peribranchialregion verlagert, während sie bei sämtlichen übrigen Arten entweder in der Höhe des Darmtractus (*P. atlanticum*, *aherniosum*, *verticillatum*) oder in größerer oder geringerer Entfernung hinter demselben (*P. giganteum*, *operculatum*, *ovatum*) quer über den Cloakenraum wegziehen. Der Verlauf ist immer der gleiche: geradegestreckt und senkrecht auf dem medianen Durchmesser. Seiner Bauart nach ist auch dieser Muskel gleich den Sphincteren ein hohler Röhrenmuskel. Die Länge richtet sich im allgemeinen nach dem Höhendurchmesser des Cloacalraumes.

Die Enden jeder Hälfte des Cloacalmuskels verwachsen mit dem ektodermalen Hauptepithel, welches, wie schon (S. 37) erwähnt, sich an dieser Stelle verdickt und bruchsackartig in den Cellulosemantel vorwölbt (Taf. III, Fig. 7). Hier finden nun die Cloacalmuskeln gewissermaßen ihre Fortsetzung in den sogenannten Mantelfaserzügen, durch welche sämtliche Einzeltiere des Stockes miteinander in Verbindung stehen. Über die Frage, ob diese Faserzüge nach Art echter Muskelfibrillen aktive Kontraktilität besitzen, wurde oben (S. 30) schon verhandelt. Jedenfalls muß bei der Kontraktion des Cloakenmuskels eines Ascidiozooids auf alle sich ansetzenden Faserstränge ein Zug ausgeübt werden, der sich auf die Muskeln der benachbarten Tiere überträgt und diese jedenfalls zur Kontraktion veranlaßt. So können, wie Seeliger (1895) bereits hervorhebt, „synchronische oder doch wenigstens regelmäßige, unmittelbar aufeinanderfolgende Muskelbewegungen aller Einzeltiere des Stockes erzielt werden.“

Somit sind wir wohl im Recht, wenn wir vorhin (S. 91) bemerkten, daß die Cloacalmuskeln sowohl dem Muskelapparat der Einzeltiere zuzurechnen sind — sie haben das verbrauchte Atemwasser aus der Cloacalhöhle zu befördern — als auch dem „kolonialen“ Muskelsystem angehören. Über die Innervierung des Cloakenmuskels wurde oben (S. 50 ff) bereits ausführlich berichtet.

Außer den schon so oft im Zusammenhange genannten Formen (*P. spinosum* und *P. Agassizi*) besitzen sämtliche Arten noch jenen oben (S. 53) erwähnten, am Ganglion aus dem entodermalen Flimmerepithel entspringenden und median nach hinten verlaufenden Zellstrang (vgl. Taf. IV, Fig. 8 *up*), der etwa beim zweiten bis vierten Rückenzapfen unvermittelt in einen ziemlich kräftigen Muskel übergeht. Dieser verläuft weiter median nach hinten, steigt an der Rückseite des Ösophagus und Magens in der Leibeshöhle abwärts (Taf. VI, Fig. 5 und 8 *up*) und verbindet sich schließlich, meist in mehrere Äste aufgelöst, mit dem ventralen Teil des Sphincters der Egestionsöffnung. Es ist schwer zu sagen, welche Funktion dieser Muskel habe. Vielleicht hilft er mit, bei der Verengung der Cloacalöffnung durch den Sphincter diese nach vorn zu ziehen und so das Volumen der Cloacalhöhle zum Ausstoß des Atemwassers zu verkleinern.

Mehrfach habe ich auf Querschnitten durch die Magenregion (Taf. VI, Fig. 3 und 8) einen Muskel beobachtet, der dicht hinter dem Flimmerband gelegen ist und dasselbe eine Strecke vom Endostyl zum Ösophagus begleitet.

Endlich wäre, soweit es sich um den Muskelapparat des Einzeltiers handelt, noch die Muskulatur am Ösophagus zu erwähnen.

Muskulöse Wandungen besitzt der Verdauungsapparat an keiner Stelle (vgl. oben S. 80). Aber der Ösophagus wird vornehmlich an seinem röhrenförmigen unteren Abschnitt von Ringmuskeln umlagert, durch deren Kontraktion eine Verengung des Rohres bewirkt werden könnte. Ferner zeigen Querschnitte durch diese Region (Taf. VI, Fig. 5) immer eine Anzahl schräg ziehender Muskelfasern in der den Ösophagus umgebenden Leibeshöhle, welche den Ösophagus mit dem dorsalen Magenteil zu verbinden scheinen. An den übrigen Teilen des Darmtractus habe ich Muskelfäden nicht beobachtet.

## 2. Das koloniale Muskelsystem.

Zu dem „kolonialen“ Muskelsystem gehört die Muskulatur der Mantelgefäße (siehe oben S. 41). Querschnitte (Taf. IV, Fig. 9) zeigen, daß der Ectodermröhre eine periphere Schicht von Muskelfibrillen mit vereinzelt Kernen dicht anliegt. Besser noch orientiert vielleicht die nach einem Flächenpräparat hergestellte Zeichnung Taf. IV, Fig. 11 über den Verlauf der Muskelfibrillen im Mantelgefäß. Im späteren Alter können auch hier Plasma und Kern vollkommen zurückgebildet werden. So bildet also die Muskulatur der Mantelgefäße echte Hohlmuskeln, deren Lumina Abschnitte der primären Leibeshöhle darstellen und so wie diese Blut führen.

Wegen der Bedeutung der Sache sei auch noch einmal darauf hingewiesen, daß bei *P. Agassizi* und *spinosum* im Gegensatz zu allen anderen Arten die Mantelgefäße am dorsalen Ende des Cloacalmuskels entspringen, so daß hier, wie Fig. 11, Taf. IV aufs deutlichste zeigt, die Fibrillen der Cloacalmuskeln direkt in das Mantelgefäß hinein sich fortsetzen und

somit bis in das Diaphragma gelangen. Bei diesen beiden Formen besteht also ein direkter und unmittelbarer Zusammenhang zwischen der Muskulatur des Einzeltieres und der Kolonie als Ganzem, nicht bloß eine mehr indirekte und durch das Ektodermepithel hindurchwirkende Verbindung mittels der Mantelfaserzüge (vgl. Taf. III, Fig. 7), wie sie bei allen anderen Arten vorliegt und diesen beiden Formen außerdem noch eigen ist. Dazu kommt, daß ein mächtiger Nerv (5) gerade dort mit den Muskelfibrillen des Cloacalmuskels sich verbindet, wo diese in das Mantelgefäß einstrahlen (vgl. oben S. 55).

Sicher ist es auch kein Zufall, daß mit der Rückbildung der Mantelgefäße und ihrer Muskulatur bei älteren Tieren auch die dreieckig-plattenförmigen Verbreiterungen der Nervenenden des fünften Nerven rückgebildet werden (siehe ebenda) und daß ferner die am Dorsalende des Cloakenmuskels ansetzenden Mantelfaserzüge bei den Ascidiozoiden stets stärker entwickelt sind, welche ihre Mantelgefäße samt deren Muskulatur rückgebildet haben. Das scheint m. E. doch einmal darauf hinzudeuten, daß der Muskulatur der Mantelgefäße eine wichtige Funktion zukommen muß — denn warum die Rückbildung der nervösen Endorgane, da doch der Cloacalmuskel nach wie vor vom fünften Nerven innerviert wird — und andererseits scheint mir daraus hervorzugehen, daß nach der Rückbildung der Mantelgefäßmuskulatur die Faserstränge deren Aufgabe allein übernehmen. Die Bedeutung der Mantelfaserzüge und Mantelgefäße für die Bewegung der Kolonie wurde oben S. 36, bzw. 41 schon erörtert.

Da freilich auch bei den anderen Arten der Ursprung des Mantelgefäßes aus dem Körper nahe bei dem Dorsalende des Cloakenmuskels liegt (vgl. Textfig. 1, S. 2 und 9, S. 21), wird bei der Kontraktion des Cloakenmuskels auch die Muskulatur der Mantelgefäße gezerrt, d. h. gereizt werden.

Histologisches. Die starken Muskelstränge, wie der Sphincter der Mund- und Cloacalöffnung (Taf. III, Fig. 1 und 2; Taf. VI, Fig. 8 *up*) und der Cloacalmuskel, zeigen einen kreisförmigen oder doch wenigstens runden Querschnitt. Peripher liegen kontinuierlich bandähnliche Fibrillen, die im Durchschnitt als radiär gestellte Stäbchen erscheinen. Das Plasma liegt zwischen diesen und central und führt die spärlich verteilten — und wie bei Flächansicht erkennbar — stäbchenförmigen Kerne. Während die letzteren im jungen Muskel rundlich und sehr zahlreich zwischen den Fibrillen erscheinen, erfolgt mit zunehmendem Alter nicht nur eine Streckung, sondern schließlich auch ein Zerfall in einzelne, wenig färbbare Stücke, die schließlich rückgebildet werden. Gleichzeitig verdickt sich die Fibrillennlage auf Kosten des Plasmas.

Fibrillenbündel von derselben Beschaffenheit, nur dünner als die der genannten Muskeln, stellen auch die Muskelfäden des lateralen Systems (Taf. VII, Fig. 5), der unpaare Muskel, die Cirkulärfäden der Mundregion und die Radiärfäden dar. Dagegen handelt es sich bei den übrigen feinen

Radiärfäden um einzelne fadenförmig aneinandergereihte, äußerst dünne, langgestreckte Muskelzellen von Spindelform mit einem haarfeinen, intensiv färbbaren Kern.

Über die Art und Weise der Bewegung der Pyrosomenkolonie kann ich leider aus eigener Anschauung nichts berichten, da ich zwar lebende Stücke gesehen, ihre Fortbewegung s. Z. aber nicht studiert habe.

Auch der Verfasser der letzten größeren Arbeit über Pyrosomen, Seeliger (die Pyrosomen der Plankton-Expedition), verfügt nicht über eigene Beobachtungen, hat aber unter eingehender Würdigung der Literatur diesen Punkt so treffend beleuchtet, daß wir hier seiner Darstellung, der nur wenig hinzuzufügen sein wird, folgen wollen.

Daß den Pyrosomen eine wenn auch nur geringe Eigenbewegung zukommt, wurde bereits von den ältesten Beobachtern, Peron (1804) und Lesueur (1815) konstatiert. Der letztere Forscher erklärte diese aber fälschlicher Weise dadurch, daß das aus der Stockhöhle in die Einzeltiere übergetretene Wasser aus den Ingestionsöffnungen gewaltsam ausgestoßen würde. Huxley (1851, 1860) dürfte sodann den Tatsachen am nächsten gekommen sein, wenn er annimmt, daß durch die gleichzeitigen Kontraktionen der Cloakenmuskeln aller Einzeltiere das Fassungsvermögen der Cloaken der Einzeltiere und der gemeinsamen Stockhöhle verringert und dadurch das Wasser mit Gewalt gegen das geschlossene Ende des Cylinders gestoßen werde, wodurch eine stetige Vorwärtsbewegung hervorgehen muß.

In „Ozean und Mittelmeer“ (1848) teilt C. Vogt seine Beobachtungen über die Art und Weise der Bewegung der schwimmenden Pyrosomen in folgenden Worten mit: „Der Zapfen öffnet und schließt sich durch Zusammenklappen seiner Mündung und bewegt sich dadurch äußerst langsam und schwerfällig in dem Wasser mit dem spitzen Ende voran“. Und in seinen zoologischen Briefen fügt er hinzu: „Der Zylinder schwimmt langsam mit abwechselnden Zusammenziehungen, durch welche er das Wasser aus seinem Innern herauspreßt.“

Somit fügt Vogt den Erklärungen Huxleys die wichtige Beobachtung der Bewegung des Diaphragmas und des Wasserausstoßes hinzu.

Es ist oben S. 42 näher ausgeführt worden, wie bei jedem Stock, welche Größe er auch haben möge, die Ascidizooide der 1.—5. basalen Reihe je ein Mantelgefäß, das mit einer kräftigen Längsmuskulatur ausgestattet ist, bis in das Diaphragma hinein entsenden. Ziehen sich diese 100—200 radiär und zugleich axial nahe an der innern Peripherie des Mantels liegenden Längsmuskeln synchron zusammen, so muß das Diaphragma zwar wohl etwas erweitert, besonders aber nach innen gezogen oder eingeklappt werden, wodurch notwendig ein Teil des Wassers, welches die bis dahin voluminösere Stockhöhle erfüllte, ausgestoßen wird. Beim Nachlassen der Kontraktion könnte die ursprüngliche Gestalt des Diaphragmas durch die Plastizität der Mantelgallerte wiedergewonnen werden. Die erforderliche Gleichzeitigkeit in der Kontraktion der Mantelgefäßmuskulatur müßte in

einer synchronen Zusammenziehung der Cloakenmuskeln aller mit Mantelgefäßen ausgestatteter Einzeltiere begründet sein, und diese wieder kann nicht anders als durch die Faserstränge bewerkstelligt werden, welche ja nicht nur die noch mit Mantelgefäßen ausgestatteten jüngeren Ascidiozoidreihen verbinden, sondern auch die nach der Spitze zu gelegenen älteren, deren Mantelgefäße rückgebildet sind, so daß also auch diese synchron arbeiten würden. Daß die Mantelfaserzüge mindestens reizübertragend wirken, wahrscheinlich aber selbst kontraktile sind und somit (bei gleichzeitiger Kontraktion) eine gegenseitige Annäherung sämtlicher Einzeltiere, oder (im Verein mit der gleichzeitigen Kontraktion der Cloakenmuskeln) „abwechselnde Zusammenziehungen“ (Vogt) bewirken, läßt sich vielleicht aus den oben (S. 93) mitgeteilten Befunden von *P. Agassizi* schließen.

Nach alledem wird sich die Eigenbewegung der Pyrosomenkolonien wie Seeliger (1895, S. 46) angibt, in folgender Weise vollziehen: „Die Cloakenmuskeln befördern das verbrauchte Atemwasser durch die offenen Egestionsöffnungen in den gemeinsamen Cloakenraum des Stockes, der dadurch prall gefüllt wird. Dann schließen sich die Sphincteren der Egestionsöffnungen, und wenn nun das Diaphragma nach innen zu eingeschlagen wird, kann das Wasser nur durch die Diaphragmaöffnung aus der Stockhöhle entweichen. Die Folge davon wird eine Bewegung der Kolonie mit dem spitzen Ende sein. Wird dann wieder das Diaphragma, oder auch nur dessen Mittelpartie, die dünner und daher offenbar beweglicher ist, nach außen gestülpt, so kann dadurch direkt, wie durch eine Ruderbewegung, ein Vorwärtsgleiten in demselben Sinne erfolgen wie durch den Rückstoß des ausgetretenen Wassers in der vorhergehenden Phase der Diaphragmenbewegung.“

„Ich habe eben darauf hingewiesen, daß bei der Kontraktion der Cloakenmuskeln der Egestionssphincter noch geöffnet sein muß, damit das Wasser austreten könne, und daß erst nachher der hinterste Körpermuskel sich zusammenziehen dürfe. Dagegen muß der Mundsphincter bereits geschlossen sein, denn sonst könnte Wasser durch den Mund ausfließen und ein Zurückströmen des bereits in die Peribranchialräume übertretenen Atmungswassers in den Kiemendarm erfolgen. Wenn diesem letzteren Vorgange nun auch die Flimmerbewegung der Kiemenspalten entgegen wirken würde, wird doch nur der Verschluß des Mundes das wirksamste Mittel sein, um bei den Kontraktionen der Cloakenmuskeln den Wasserabfluß ungeschwächt durch die Egestionsöffnung zu leiten. Damit gelangen wir also dazu, nicht eine gleichzeitige, sondern eine von vorn nach hinten zu vorschreitende Kontraktion der Körpermuskeln anzunehmen.“

#### c) Das Blut.

Als Blutzellen werden die in den Lückenräumen der primären Leibeshöhle flottierenden Mesenchymzellen angesprochen. Es wurde schon an-

gedeutet, daß sie den fixierten Bindegewebszellen sehr ähneln und daß beide Sorten wohl auch ineinander übergehen können. Das eine wie das andere dürfte durch die gemeinsame Abstammung hinlänglich erklärt werden.

Die Gestalt der Blutzellen ist recht variabel (Taf. VII, Fig. 4). Während unter den Bindegewebszellen die verästelten, stern- oder spindelförmigen Formen vorherrschen, überwiegen bei den Blutzellen die abgerundeten, und zwar finden sich zwei Typen hinsichtlich der Gestalt und auch der Bauart in annähernd gleicher Verteilung vor, nämlich einmal nahezu kugelige und sodann länglich-gelappte Zellen. Den ersteren ist, das scheint aus ihrer konstanten Gestalt hervorzugehen, das Vermögen der Formveränderung offenbar nur in sehr geringem Grade oder vielleicht gar nicht eigen; die letzteren dagegen sind in hohem Maße amöboid beweglich. Man trifft deshalb im konservierten Tiere auch eine unerschöpfliche Fülle verschiedener Gestalten an. Aber immer sind es längliche, unregelmäßig begrenzte Zellen mit kurzen stumpfen Pseudopodienfortsätzen. Birnförmige und mehr oder weniger eckige Formen lassen sich seltener beobachten und sind wohl auch nur als Übergangsstadien zu den genannten Gestalten anzusehen.

Auch der feinere Bau der Blutzellen weist rechte Verschiedenheiten auf. Insbesondere sind die beiden genannten Formtypen auch histologisch durchaus verschieden. Der kugelförmige oder ellipsoidische, relativ kleine Kern der kugeligen Blutzellen nimmt (Hämatoxylin-) Farbstoffe außerordentlich intensiv an, wird völlig schwarz, ist auch auf dünnsten Schnitten für Licht undurchlässig. Das Zellplasma dagegen färbt sich wenig, behält einen gelblichen Ton, der, ebenso wie auch die grobe Waben- und Schaumstruktur, an Dottermasse erinnern könnte. Die länglichen gelappten Blutzellen dagegen tragen einen gut färbbaren, homogen erscheinenden Kern in dem gleichfalls sehr hellen und sehr feinkörnigen Plasma. In Objekten, die nur mit Osmium geschwärzt und nicht gefärbt wurden, erscheinen diese Zellen darum auch glashell.

Diesen letzteren sind andere Blutzellen, ähnlich die, in ihrer Form abgerundet zipfelförmig, im histologischen Verhalten gewissermaßen zwischen beiden Typen die Mitte halten. Der Zelleib besteht aus einem feingekörnten Plasma, der Kern zeigt scharfe und intensiv färbbare Granulationen. Seltener zeigen diese oben beschriebenen Blutzellen Vakuolen. Nur vereinzelt trifft man auch Zellen, welche schwarze, tropfenförmige Einschlüsse führen. Schließlich treten zuweilen, wie unter den Bindegewebszellen, auch Blutzellen mit jenen Kernen auf, welche an Stelle des Nucleolus ein bläschenartiges Gebilde von Stab- oder Ellipsenform führen.

Neben solchen lebenskräftigen Zellen lassen sich immer auch in dichteren Ansammlungen von Blutzellen größere Zellballen beobachten, die, birnförmig oder kugelig von Gestalt, aus einem trüben, stark vakuolierten und oft mit Fetttropfen untermischten Plasma bestehen. Zuweilen nehmen die Haufen bedeutende Größe an, und man geht wohl in der

Annahme nicht fehl, daß diese Haufen Zusammenballungen von degenerierenden Blutzellen darstellen.

Die Verteilung der Blutzellen ist im allgemeinen recht spärlich. Am besten lassen sie sich in den Quergefäßen des Kiemenkorbes bei Betrachtung des Einzeltieres von der Seite beobachten.

Besondere Ansammlungen kenne ich nur in der bläschenförmigen Erweiterung des Ventraltentakels (S. 39), wenn man nicht das nunmehr zu beschreibende „blutbildende Organ“ dahin rechnen will.

Über die Blutflüssigkeit der Pyrosomen ist nichts bekannt.

#### d) Das blutbildende Organ.

Bei allen Arten (mit Ausnahme von *P. Agassizi* und *spinosum*) liegt im dorsalen Blutsinus, begrenzt etwa vorn vom Ganglion, hinten vom Ösophagus und seitlich vom dorsalen Rande der Kiemenlamellen, ein länglicher, zweiteiliger Mesenchymzellenhaufen (vgl. Textfig. 1 u. 2 *dm*, Seite 2 u. 3), der bereits von den ältesten Beobachtern wahrgenommen worden ist und die verschiedenste Deutung erfahren hat. Lesueur (1815) nennt ihn „canal intestinal dont les parois sont glanduleuses“, faßt ihn also wohl als ein drüsiges Organ auf. Savigny (1816) bezeichnet in seinen Figuren (Pl. XXII) den hinteren Abschnitt als „canaux en siphon“, und einen davon ausgehenden vorderen (der in dieser Form gar nicht existiert) als oviductus. Huxley (1860) hält das Gebilde für eine Anhäufung von Blutzellen, während es von Keferstein und Ehlers (1861) als „länglicher Körnerhaufen“ bezeichnet und für ein „embryonales Gebilde“ gehalten wird, weil die Knospen an dieser Stelle mit dem Muttertiere oder der nächst jüngeren Knospe zusammenhängen(?). Joliet (1888) nennt das Organ „glande dorsale“, deutet es also im Sinne Lesueurs. Seeliger endlich nennt diesen Mesenchymzellenhaufen blutbildendes Organ.

In jüngeren Tieren sind die beiden Hälften des Zellhaufens mehr oder weniger durch einen schmalen Zwischenraum getrennt, in alten Ascidiozoiden dagegen fließen beide Hälften zusammen, und nur an der Spitze deutet ein Einschnitt die ursprüngliche Zweiteilung noch an. Es handelt sich nun nicht um ein röhren- oder schlauchförmiges Organ (Savigny), sondern eben um einen viele Zellschichten dicken soliden Zellhaufen von unregelmäßiger Begrenzung.

Bei den beiden genannten Formen, *P. Agassizi* und *spinosum* finden wir im dorsalen Blutsinus an der bezeichneten Stelle nichts von einer Zellenhäufung; dafür ist aber stets der Darmtraktus von dichten Zellansammlungen umgeben, und die histologische Übereinstimmung dieser Zellen mit denen des blutbildenden Organs der übrigen Formen rechtfertigt die Vermutung, daß bei diesen beiden in so vielen Punkten abweichenden Arten das Organ an den Darmtraktus verlagert sei.

Was nun die histologische Beschaffenheit der Zellen des blutbildenden Organs anlangt, so ist sie außerordentlich verschieden. Es lassen sich

mindestens 4—5 Zellsorten herausfinden, die zwar bunt durcheinander gemischt erscheinen, doch so, daß stets mehrere derselben Sorte zu Gruppen vereinigt zwischen den anderen Platz finden. Den Hauptanteil bilden zwei Sorten, welche in etwa gleicher Menge vorhanden sein mögen. Die einen besitzen einen kugeligen oder ellipsoidischen Kern, der bei Färbung mit Hämatoxylin (nach Heidenhain) auch auf dünnsten Schnitten völlig gleichmäßig schwarz und undurchsichtig ist. Das Zellplasma erscheint hell und von waben- oder schaumförmiger Struktur. Diese Zellen bevorzugen vornehmlich die randlichen Partien des Zellhaufens, und dann erkennt man, daß die Zellform kugelig ist. Nach innen zu, bei der Aneinanderlagerung mehrerer, platten sie sich gegenseitig polyedrisch ab. Die andere Sorte besitzt Zellkerne, die an Größe das 2—3fache der vorigen ausmachen. Sie sind länglichrund und hell, mit einem großen bläschenförmigen Nucleolus und intensiv granuliertem Inhalt. Das umgebende Zellplasma erscheint gleichfalls grobkörnig und sehr dicht. Sie machen den Eindruck lebensvoller, embryonaler Zellen. Mitosen sind recht häufig unter ihnen zu beobachten. Ihre Zelleiber sind weniger deutlich gegeneinander abgegrenzt als die der anderen Sorte.

Mehr vereinzelt finden sich zwischen dieser Zellsorte große Kerne, deren Inhalt von einer länglichrunden Vakuole bis auf schmale granuliert Wandbelege zurückgedrängt erscheint. Zuweilen ist an der Vakuolenwand der Nucleolus noch nachweisbar, vielfach aber auch nicht.

Andere Kerne wieder mit ähnlich an die Kernwandung zurückgedrängtem körnigen Plasma führen dunkle, homogenfärbbare Körper von Stäbchenform.

Schließlich trifft man Kerne an, wo jener Stab- oder elliptische Körper von einem dunkelfärbbaren, ganz homogenen Kernplasma umhüllt wird. Endlich beobachtet man sehr vereinzelt auch schwarze, körnelige Einschlüsse im Zellhaufen.

Man geht wohl nicht fehl, wenn man diese letzteren Zellsorten, die alle noch bis zu einem gewissen Grade den großen „embryonalen“ Zellen ähnlich sind, als in Zerfall begriffen betrachtet.

Was nun die Deutung des Mesenchymzellenhaufens anlangt, so dürfte die von Seeliger (1895) gegebene als eines blutbildenden Organs die zutreffendste sein. Dafür würde, wie Seeliger selbst anführt, die Lage im Rückensinus sprechen, die ein stetes Übertreten der Zellen in die Blutbahnen ermöglicht. Ferner legen die häufigen Teilungen die Deutung nahe. Entscheidend aber dürfte die histologische Ähnlichkeit der Zellen des Mesenchymzellenhaufens mit den Blutzellen sein. Die zuerst beschriebenen Kugelzellen mit dem schwarzen Kern und dem wabigen Zellplasma gleichen aufs genaueste den entsprechenden Blutzellen, wie man sie vornehmlich in den Längsgefäßen der Kieme antrifft (vgl. Taf. VII. Fig. 4). Vielleicht weist die oben erwähnte periphere Lagerung dieser Zellen im blutbildenden Organ auf die bevorstehende Abwanderung hin.

Ferner trifft man sowohl unter den Blut- als auch Bindegewebszellen jene Zellen mit dem stäbchenförmigen Einschluß im Kern an (vgl. Taf. VII, Fig. 4 u. 6). Dagegen haben die „embryonalen“ Zellen des blutbildenden Organs, welche die Hauptmasse desselben ausmachen, weder ein Gegenstück unter den Blut-, noch unter den Bindegewebszellen, wie andererseits auch die gelappten homogenkernigen Blutzellen im blutbildenden Organ nicht vertreten sind. Das erstere spricht doch wohl dafür, daß aus jenen lebensvollen, großkernigen Zellen des Mesenchymzellenhaufens die charakteristischen kugeligen Blutzellen hervorgehen. Ich muß allerdings zugeben, daß ich Übergänge zwischen jenen und diesen, den beiden Hauptsorten des Haufens, nicht beobachtet habe, vielmehr immer beide scharf voneinander unterschieden sah.

#### e) Die Leuchtorgane.

Außer dem blutbildenden Organ besitzen alle Pyrosomenarten noch eine zweite, und zwar noch augenfälligere Ansammlung von Zellen in Gestalt zweier dünner Haufen von meist elliptischem oder kreisförmigem Umriß, die im peripharingealen Blutsinus des Vorderkörpers, jederseits der Mundöffnung, etwa über der Mitte des Flimmerbogens gelegen sind. Nur bei *P. Agassizi* beobachtet man eine Abweichung von der normalen rundlichen Form, hier ziehen sich die Zellen in mehreren unter sich verbundenen, wurmförmlichen Schnüren dorsoventral zu beiden Seiten der Mundöffnung hin. Schon die ältesten Beobachter haben diese linsenförmigen Haufen gesehen, aber wieder ganz verschiedenartig gedeutet. Lesueur (1815) nennt sie einfach „corps en forme de coeur“, Savigny (1816) hält sie für Ovarien, Huxley (1860) möchte sie als Niere ansprechen (circular cellular patch, probably a renal organ), Keferstern und Ehlers (1861) bezeichnen sie als „linsenförmige Körnerhaufen“, geben aber über ihre Bedeutung nichts an, Joliet (1888) heißt sie „glandes laterales“. Schließlich sind sie von Panceri (1872), der sie zum ersten Male einer genauen Untersuchung unterwarf, als Leuchtorgane, „organi luminosi“, erkannt worden.

Was die Herkunft der Leuchtorgane anlangt, so wurden sie von Seeliger (1889) als Ansammlungen von Mesenchymzellen erkannt, die aus der Stohöhle des Muttertiers übergetreten seien. Neuerdings werden sie von Julin (1908) von den vielumstrittenen Kalymmocyten (Salensky) oder inneren Follikel- oder Testazellen abgeleitet, welche nach ihm sich also weder am Aufbau des Embryos beteiligen, wie Salensky (1891) lehrt, noch auch resorbiert werden, wie Korotneff und Heider gezeigt haben. Sie sollen vielmehr die Leuchtzellen des Embryos bzw. des Cyathozoids darstellen und — wenn ich den kurzen Bericht Julius recht verstehe — von da aus auch die Leuchtorgane der vier Primärascidizooide aufbauen.

Der einfache Bau der Organe wird auf Quer- und Längsschnitten klar. Querschnitte lassen erkennen, daß es sich um eine etwa nur zwei Zellschichten dicke Ansammlung handelt, die zwischen Ekto- und Endoderm in der primären Leibeshöhle liegt und daher nicht, wie Panceri meinte, ein ektodermales Gebilde sein kann. Längsschnitte zeigen zunächst — was man auch bei Flächenbetrachtung des Ascidiozoids schon bemerkt (Taf. VIII, Fig. 1), — daß das Organ (im konservierten Zustande) von Rissen durchzogen erscheint, durch welche die dichtgedrängten und darum polyedrisch abgeplatteten Zellen voneinander getrennt werden. In jungen Tieren ähneln die Zellen der Leuchtorgane den Blutzellen recht erheblich. Im ausgebildeten Tiere dagegen sind sie von ihnen durchaus verschieden. Zunächst sind sie viel größer; denn der Zelleib erscheint gequollen, erfüllt von einer großen Anzahl dicht aneinander liegender kleiner Vakuolen, die bei kugeligter Gestalt dem Ganzen ein wabenförmiges, bei mehr länglicher Form ein Aussehen verleihen, welches an Gehirnwindungen erinnert. Die Blasenräume erscheinen mit ein oder zwei kleinen, körnigen Einschlüssen von schwarzer Farbe (bei Osmiumkonservierung) ausgestattet. Vereinzelt scheinen auch nicht färbbare, glashelle Einschlüsse vorzuliegen. Nach Panceri enthalten die lebenden Zellen eine in Äther lösliche und eine eiweißartige Substanz. Der bedeutend frischer färbbare Kern, der von Panceri am frischen Material wohl nur übersehen worden ist, liegt meist exzentrisch, ist relativ sehr groß und mit einem kräftigen Nucleolus versehen. Diese spezifische Struktur ist nach Julin (1908) auch den Testazellen (siehe oben) des Embryos eigen. Zwischen diesen scharf abgegrenzten, lebensfähigen Zellen sind von Seeliger (1895) häufig solche beobachtet worden, „die in Degeneration eingetreten sind. Diese Zellen sind meist besonders groß; ihr Inhalt gruppiert sich zu mehreren Ballen, die anfänglich noch fest verbunden erscheinen, später aber sich ablösen, so daß die Zelle in mehrere Stücke zerfällt.“ Er nimmt an, „daß diese dann von dem Blutstrom ergriffen und allmählich resorbiert werden.“

Als Meerleuchter haben die Pyrosomen von jeher das besondere Interesse der seefahrenden oder am Meer beschäftigten Naturforscher erregt. Verdanken sie doch ihre Entdeckung diesem Leuchtvermögen (vgl. Bory de St. Vincent, Peron). Und zweifellos stehen die Pyrosomen auch unter den Meerleuchtern aus der Tierreihe an erster Stelle, sowohl was Farbenpracht, als auch Intensität und Glanz des Lichtes anlangt. Man muß die enthusiasmierten, z. T. in überschwenglichen Worten abgefaßten Berichte der älteren Autoren (Peron, Bennett, Meyen) lesen, um den gewaltigen Eindruck ermessen zu können, den das durch die Pyrosomen verursachte Meerleuchten auf diese Naturforscher machte. Peron insbesondere schildert die Erlebnisse mit einer Anschaulichkeit und Lebhaftigkeit, wie sie wohl nur dem sanguinischen Franzosen zu eigen sind. So sagt er z. B. von seinen *Pyrosoma*: „La propriété phos-

phorique veritablement prodigieuse, le rend un de plus beaux zoophytes connus“.

Über die Phosphoreszenzerscheinungen der Pyrosomen sind von einer ganzen Anzahl ausgezeichneten Naturforscher mancherlei Einzelheiten zusammengetragen worden, jedoch fast immer nur mehr gelegentlich. Panceri allein hat das Leuchtvermögen zum Gegenstande planmäßigen Untersuchens und Experimentierens gemacht und ihm verdanken wir darum auch eine stattliche Reihe interessanter Beobachtungen, die im Folgenden z. T. mitgeteilt werden sollen. Trotzallem sind wir aber über manche Fragen der vielbewunderten und so lange bekannten Erscheinung noch nicht genügend orientiert.

Zunächst stimmen alle Forscher darin überein, daß die Leuchterscheinung der Pyrosomen an den Lebensprozeß gebunden ist, also mit den durch Zersetzung organischer Substanz bedingten Lichtentwicklungen nichts gemein hat; denn tote Tiere leuchten nicht (Peron, Bennett), und ebensowenig läßt sich im abgestorbenen Tiere das Licht wecken (Panceri). „Wenn die Lebenstätigkeit des Tieres zu erlöschen beginnt, so sind schon starke Reize erforderlich, um dasselbe zum Leuchten zu zwingen. Bricht man von der Spitze ein Stückchen ab, so verschwindet auch schon in demselben Augenblicke das Leuchten in dem kleineren Stücke (Meyen, 1854, S. 152).“

Unter den Reizen, welche die Leuchterscheinung hervorrufen, sind die mechanischen, durch Reibung, Berührung, Stoß und Druck erzeugten, wohl die häufigsten. Für gewöhnlich ist die Reibung der Kolonien in dem bewegten Meerwasser die Ursache des Leuchtens. Es ist gewiß kein Zufall, daß sowohl Peron, dessen Bericht wir unten in der Übersetzung zum Teil folgen lassen\*), als auch Bennett und Meyen die wundervollen

\*) Schon seit langer Zeit wurden wir durch die Kalmen inmitten der äquatorialen Regionen zurückgehalten; wir konnten nur mit Hilfe jener kleinen Orkane, die diesen Klimaten eigen sind und welche die Seeleute mit dem Namen Tropenböh bezeichnen, in der Breite vorwärts kommen. Am 13. Frimaire abends hatten wir eine der stärksten erlebt; der Himmel war auf allen Seiten mit dicken Wolken bedeckt; die Dunkelheit war überall groß; der Wind wehte mit Heftigkeit, und die Geschwindigkeit unseres Schiffes war groß. Plötzlich entdeckte man in einiger Entfernung etwas wie eine breite Schärpe von Phosphor, die über den Fluten ausgebreitet lag; sie nahm einen großen Raum vor uns ein. Dieses Schauspiel inmitten der Umstände, die ich eben dargelegt habe, hatte etwas Romantisches, Imposantes und Majestätisches an sich, das alle Blicke fesselte. Alles an Bord der zwei Schiffe stürzt sich auf die Brücke, um einen so seltenen, sonderbaren Anblick zu genießen. Bald hatten wir diesen in rote Glut getauchten Teil des Ozeans erreicht, und wir erkannten, daß dieser wunderbare Glanz als einzige und sichere Ursache das Vorhandensein einer unzähligen Masse von Tieren, die, von den Wellen emporgehoben, von ihnen fortgeführt, in verschiedenen Tiefen schwammen und verschiedene Formen anzunehmen schienen. In der Tat stellten die am tiefsten liegenden Individuen mit einem mehr unsicheren Scheine ziemlich gut ein Bild von dichten Massen glühenden Stoffes oder vielmehr das ungeheurer roter Kugeln dar, während die, welche auf der Oberfläche sichtbar waren, vollkommen großen Zylindern von weißglühendem Eisen glichen.

Leuchtphänomene in stürmischer Nacht bei wildbewegter See beobachteten. „Es war zur Zeit der variablen Winde, wo der ganze Himmel mit den dicksten Wolken bedeckt war und das Meer um so heller glänzte“, berichtet Meyen. In Gläsern aufbewahrt, leuchteten die Kolonien immer lebhaft auf, sobald das Wasser bewegt, oder das Glas erschüttert wurde, während sie gänzlich zu leuchten aufhörten oder nur spärliches Licht ausstrahlten, wenn man sie in Ruhe beließ (Bennett) oder aus dem bewegten Meerwasser in das ruhigstehende Gefäß gab.

Frische Exemplare leuchteten bei der leisesten Berührung, etwa mit dem Finger oder dem Handteller, auf. Deshalb konnte Moseley (1879) auch seinen Namen in feurigen Lettern auf einer Kolonie erglänzen sehen. \*) Ein originelles Experiment teilt auch Panceri mit: Beim Kauen einer Kolonie leuchtete der Mund über und über so lebhaft, daß die Konturen einer gegenüberstehenden Person erkennbar wurden. Eine im Absterben begriffene Kolonie leuchtete noch auf, wenn sie zwischen den Händen gerieben wurde (Meyen).

Das auch chemische Reize das Leuchten hervorrufen, zeigen schon Versuche von Bennett und besonders von Panceri. Beide Forscher experimentierten mit Süßwasser und es zeigte sich, daß dasselbe als besonders starkes Reizmittel wirkte. So sah Bennett einen in Süßwasser gebrachten Stock unaufhörlich bis zum Tode leuchten; selbst verstümmelt und dem Absterben nahe, leuchtet er beim Eintragen in Süßwasser ebenfalls sofort auf, während in beiden Fällen im Meerwasser das Leuchtvermögen erloschen schien.

Panceri unterwarf nicht nur die Kolonie, sondern auch die Leuchtmaterie der Zellen der Leuchtorgane der Behandlung mit Süßwasser; und auch er konnte konstatieren, daß die ins Süßwasser gebrachten Stöcke nach wenigen Minuten intensiv aufleuchteten und durch 2—3, in einem Falle sogar bis 8 Stunden, ihre Leuchtkraft ungeschwächt behielten. Dabei spielte die Temperatur keine Rolle; denn Temperaturerniedrigungen bis zu 0° (schmelzender Schnee) vermochten die Leuchtkraft nicht zu schwächen, wie andererseits bei Temperaturen bis zu 35° dieselben Wirkungen wie bei gewöhnlicher Temperatur sich zeigten. Bei Überschreitung dieser Wärmegrade wurde das Licht intensiver, bis es bei 45° erlosch.

Um die Wirkung des Süßwassers auf die Leuchtmaterie zu zeigen, zerquetschte Panceri die Kolonien, weil es unmöglich war, die Leuchtorgane zu isolieren, und fing die abfließende Flüssigkeit auf. Dabei trat nicht nur ein besonders lebhafter, leuchtender Glanz der Bruchstücke hervor, sondern auch die Flüssigkeit selbst leuchtete kurze Zeit auf. Das nach dem Verlöschen zur Leuchtflüssigkeit hinzugefügte Süßwasser bewirkte erneutes längeres Aufleuchten. Ein anderer Teil der ausgedrückten Flüssig-

\*) „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.“

keit 1—2 Stunden darnach mit Süßwasser behandelt, sandte ebenfalls noch Licht aus. Schließlich ließ Panceri einige Tropfen auf einer Glasplatte an der Luft eintrocknen; am nächsten Tage gerieben und mit Meerwasser behandelt, gab die Masse noch einen schwachen Schein, leuchtete aber darnach bei Hinzugabe von Süßwasser heller auf, ein Zeichen dafür, daß dieses Agens ein besonders kräftiges Reizmittel ist.

Außer mit Süßwasser experimentierte Panceri auch mit Alkohol und Äther. Beide Flüssigkeiten ließen die Kolonien 15—20 Minuten lebhaft aufleuchten, worauf die Tiere abstarben. Das Licht war in diesem Falle weniger intensiv als bei Behandlung mit Wasser, dem Ammoniak zugesetzt wurde. Die ausgedrückte Leuchtflüssigkeit verlor dagegen bei Berührung mit Alkohol sofort ihre Leuchtfähigkeit. Mit Schwefelsäure angesäuertes Süßwasser brachte merkwürdigerweise keine Lichtentwicklung hervor, wie sie etwa bei *Noctiluca* zu beobachten gewesen war.

Die Versuche Panceris, die Pyrosomen mit elektrischen Strömen zu reizen, schlugen fehl; die Elektroden wirkten nur als mechanische Reize.

Über den Einfluß der Temperatur des Meerwassers auf die Leuchtkraft konnte Panceri folgendes ermitteln: Pyrosomen aus 11 grädigem Meerwasser in solches von 4 oder 0° gebracht, änderten ihr Leuchten nicht wesentlich; wurde dagegen das Meerwasser bis 28° erwärmt, steigerte sich das Licht ein wenig, wurde aber darüber hinaus wieder schwächer und erlosch bei 60°.

Lichtreize scheinen nach Panceris Versuchen keinen Einfluß auf das Leuchtvermögen zu besitzen; denn dem zerstreuten Tageslicht oder den direkten Sonnenstrahlen ausgesetzt gewesene Pyrosomen leuchteten nicht mehr und nicht weniger als im Dunklen aufbewahrte. Spektroskopische Untersuchungen (von Lankaster) führten wegen der geringen Intensität des ausgesandten Lichtes zu keinem Ergebnis.

Die Frage, ob die Tiere auch willkürlich Licht auszusenden vermögen, ist nach den vorliegenden Angaben schwer zu beantworten. Die Bemerkung Perons, daß bei den freiwilligen Kontraktionsbewegungen, die das Tier (die Kolonie) ausführt, und bei denen, welche der Beobachter durch die leiseste Erregung nach Belieben erzeugen kann, sich die Kolonie fast augenblicklich rötet, scheint diese Frage allerdings ebenso zu bejahen, wie die andere: „Bei jeder dieser Bewegungen sieht man die Phosphoreszenz beim Zusammenziehen sich steigern, sich dann merklich abschwächen, plötzlich verschwinden, um sich bald darauf bei der folgenden kontrahierenden Bewegung von neuem zu entwickeln.“ Freilich könnte man ja auch vermuten, daß eben die durch die Zuckungen des Stockes bedingte Wasserbewegung als äußerer Reiz genügt hätte. Noch zwingender scheint mir daher die Angabe Vogts zu sein: „Bei den Pyrosomen beginnt das helle, weingelbe Licht einförmig an dem einen Ende und schreitet mit leise zitternder Wellenbewegung nach dem andern Ende hin vorwärts, stets mehr und mehr an Intensität zunehmend, bis der ganze Zapfen 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, dem allmähliches Verlöschen folgt.“ An anderer Stelle fügt er noch die Worte hinzu: „Vielleicht mag die Erscheinung von dem Willen der einzelnen Tierchen abhängig sein.“

Nach den übereinstimmenden Berichten der Beobachter zeichnet sich das von den Pyrosomen ausgestrahlte Licht durch besondere Intensität und starken Glanz vor dem der anderen Meerleuchter aus. So erzählt Bennett, daß vom Licht der Pyrosomen die Segel des Schiffes erhellt wurden. An den Fenstern der Heckkajüte konnte man mit Leichtigkeit ein Buch mit kleinem Druck lesen. Und selbst die Seevögel wurden durch das Licht angelockt und schwebten über dem leuchtenden Felde, um sich ihre Beute zu suchen. Und Vogt urteilt (S. 60) geradezu: „Es gibt in der Tat keines unter den so zahlreichen leuchtenden Tieren des Meeres, welches eine solche Abwechslung in seinem Lichte und eine solche Intensität seiner Phosphoreszenz zeigte.“

Das führt uns auf die Farbe des Lichtes. Darüber lauten die Angaben zwar recht widersprechend; trotzdem wird man aber daraus nicht folgern dürfen, daß im einzelnen Falle Beobachtungsfehler vorliegen, sondern schließen müssen, daß sich mit der wechselnden Intensität des Lichtes auch die Farbe desselben sehr wohl verändern könne, worauf schon Perons Bericht hindeutet. Diesem Forscher erscheint das leuchtende Pyrosomenstückchen immer wieder wie ein rotglühender Eisenbolzen; aber das Rot des geschmolzenen Eisens, welches das Tier bei Berührung fast augenblicklich annimmt, geht in dem Maße, wie die Phosphoreszenz zurückgeht, in eine Menge äußerst angenehmer, gleichsam angehauchter Färbungen, wie aurorafarben, orange, grünlich und himmelblau über. Meyen nennt die Farbe des Lichtes grünlichblau und so schön, daß „alle die künstlichen, durch Zink und Wismut gefärbten Feuer lange nicht dem Lichte der Pyrosomen gleichen.“ Vogt sah sie weingelb, Moseley feuerfarben, Panceri „azurrina“ (*P. giganteum*) und „policroica“ (*P. atlanticum*) leuchten. Was die Art und Weise der Ausstrahlung anlangt, so geht aus den z. T. bereits mitgeteilten Angaben der älteren Beobachter, ebenso wie aus denen von Panceri gemachten hervor, daß das Licht der Leuchtorgane intermittierend oder oscillierend ist, so daß man den Eindruck des Funkelns hat (Panceri). Vogts Bemerkung, daß das Licht mit leise zitternder Wellenbewegung fortschreite, deutet wohl ebenfalls darauf hin.

Als Leuchtsubstanz wird von Panceri Fett angegeben.

Wenn so über die bisher besprochenen Punkte des Leuchtvermögens der Pyrosomen unter den Berichten der Beobachter weitgehende Übereinstimmung herrscht, weichen die Angaben über die Leuchtorgane selbst recht voneinander ab, und es fällt schwer, ja wird vielleicht sogar unmög-

lich, sie in Übereinstimmung bringen zu wollen. Vielmehr scheint mit Sicherheit aus den Berichten hervorzugehen, daß sowohl die Eingeweide, bzw. nur der Hoden, als auch die von Panceri als solche erkannten Leuchtorgane Licht ausstrahlen.

Darauf deutet wohl schon Perons Angabe, daß einerseits sich der Hauptsitz der wunderbaren Phosphoreszenz in der Nähe der Mantelfortsätze („tuberceln“) befindet, und daß andererseits im Innern des Körpers „eine Menge von kleinen, länglichen und schmalen Drüsen von Millimeterlänge ebenfalls phosphoreszierende Eigenschaft im höchsten Grade“ besitzen. Im ersten Falle können nur die Panckerischen Leuchtorgane, im anderen wohl nur der Hoden oder Verdauungstraktus gemeint sein.

Die Angabe Bennetts, daß das Leuchten von zahlreichen kleinen Flecken von brauner oder roter Farbe, die sich beim Zerschneiden eines Stockes im Wasser zerstreuen, ausgehe, scheint mir ebenfalls nur auf den Eingeweideknäuel zu deuten, denn man kann sich leicht davon überzeugen, daß man die Leuchtorgane mit bloßem Auge nicht sieht, und daß sie beim Präparieren eines Tieres auch nicht herausfallen. Für die Eingeweide spricht auch die rote Farbe, da bekanntlich Ösophagus und Hoden vieler Formen lebhaft pigmentiert erscheinen.

Daß vom Hoden (bzw. auch vom Darmtractus) Licht ausgehe, wird durch Meyens Angaben noch wahrscheinlicher gemacht, wonach jeder Funke „aus einem dunklen, fast kegelförmigen Körper“ kam, „welcher im Innern der Substanz eines jeden besonderen Tieres (= Ascidiozooids), meistens ganz dicht unter der inneren Fläche saß“. Meyen stellte durchs Mikroskop auch die lebhaft, durch „etwa 30—40 äußerst kleiner roter Pünktchen“ (Pigmentzellen) bewirkte Färbung der Spitze dieses Organs fest, das demnach nur der Hoden sein kann, und nennt dieses direkt (S. 153) „das Leuchtorgan“. Schließlich berichtet auch Vogt ähnlich: „Man sieht bei den Pyrosomen deutlich, daß die einzelnen Tierchen es sind, durch deren Eingeweide sich allmählich das Licht fortpflanzt.“

Aus allen diesen Angaben scheint doch wohl hervorzugehen, daß alle oder wenigstens einzelne Teile des Eingeweideknäuels Licht auszusenden vermögen. Diese Tatsache dürfte nicht überraschen, da wir ja auch von den Salpen wissen, daß der sogenannte Nucleus schwach leuchtet.

Daß die von Panceri als Leuchtorgane erkannten Mesenchymzellenhaufen wirklich Licht aussenden, kann nach den ausführlichen, überzeugenden Angaben dieses Forschers keinem Zweifel unterliegen.

Schwierig ist nach den Berichten die Beantwortung der Frage, wie die Übertragung oder Fortleitung des auf einzelne Ascidiozoide ausgeübten Reizes vor sich geht. Daß eine Fortleitung des Reizes stattfindet, geht aus den Berichten unzweifelhaft hervor. Sowohl Bennett als auch Meyen berichten, daß man eine Kolonie nur an einem Punkte zu berühren brauche, um sie alsbald über und über leuchten zu sehen. Meyen beschreibt, wie ein Stock, an beiden Enden zu gleicher Zeit ge-

faßt, zuerst an diesen Enden und dann in der Mitte aufleuchte, und wie beim Zurückgehen der Leuchtkraft das Verlöschen wieder von der Mitte nach den Enden zu fortschreitet. Wie schon Panceri ausführt, und Seeliger bestätigt, dürfte in den die Cloakenmuskeln verbindenden Mantelfaserzügen das Organ der Reizübertragung gegeben sein. Seeliger sagt: „Da es zweifellos ist, daß die direkte Berührung die betroffenen Einzeltiere zum Leuchten veranlaßt, läßt es sich leicht verstehen, daß das Gleiche auch dann erfolge, wenn die Cloakenmuskeln eines Tieres durch den Zug der Faserstränge erregt werden.“ Für diese Annahme scheint mir besonders die oben mitgeteilte Beobachtung Perons zu sprechen, die mit der von Vogt sich nahezu deckt, daß bei den langsamen Eigenbewegungen der Pyrosomenkolonie die Phosphoreszenz sich bei jeder Kontraktion steigert, sich dann wieder unmerklich abschwächt, endlich verlischt, um bald darauf bei der folgenden Zusammenziehung von neuem zu entstehen. Mit ähnlichen klaren Worten berichtet ja auch Vogt von diesem oszillierenden Leuchten, das sicher mit den durch Vermittlung der Mantelfaserzüge bewirkten periodischen Kontraktionen des Stockes im Zusammenhang steht.

Julin (1908) fand neuerdings, daß nicht nur die 4 jungen Primärascidiozooide mit ihren Leuchtorganen Licht aussenden, sondern daß auch das Cyathozooid bereits, ehe die Leuchtorgane der Primärascidiozooide entwickelt sind, mit leuchtenden Pünktchen erglüht, wenn z. B. dem Meerwasser ein Tropfen Ammoniak zugesetzt wird. Ja selbst die aus dem Ovar isolierten, reifen, aber noch nicht gefurchten Eier konnte Julin leuchten sehen. Wie oben erwähnt, schreibt er die Lichtentwicklung den Testazellen desselben zu.

## XII. Das Herz und die Blutbahnen.

Das Herz der Pyrosomen wurde von Milne-Edwards (1840) aufgefunden. Es liegt am Hinterende des Endostyls, zwischen diesem und der Enddarmschleife, jedoch nicht genau median, sondern etwas nach rechts und stellt einen zylindrischen, schräg von unten nach oben gerichteten Schlauch mit mäßiger ventraler Krümmung dar. Querschnitte durch den Herzschlauch (Taf. VII, Fig. 2) lassen den einfachen Bau erkennen. Wir finden einen doppelwandigen Sack. Der äußere ist das Pericardium, der innere das Herz, zwischen beiden die allseitig geschlossene Pericardialhöhle, von der Herzwand umschlossen die Herzhöhle. Diese steht an ihrer Dorsalseite mit der Leibeshöhle durch eine schlitzförmige Öffnung in Verbindung und führt deshalb wie diese Blutzellen. In älteren Tieren verwachsen, wie Seeliger angibt, die Ränder der schlitzförmigen Öffnung im ganzen mittleren Teile, so daß dadurch ein teilweiser Verschuß der Herzhöhle herbeigeführt wird. Dazu kommt, daß die hintere Kiemendarmwand den Schlitz in seinem mittleren Teile dicht bedeckt, so

daß nur vorn und hinten je eine Öffnung der Herzhöhle in die Leibeshöhle bestehen bleibt.

Dieser Bau des Herzens erklärt sich aus seiner Entwicklung folgendermaßen (Seeliger): Auf frühen Entwicklungsstadien stellt das Herz samt Pericardium ein kleines, rundliches und allseitig geschlossenes Zellsäckchen dar, das der rechten ventralen Seite der hinteren Kiemendarmwand dicht anliegt. „Bald stülpt sich die vordere, dem Kiemendarm anliegende Wand gegen die hintere zu in die Pericardialhöhle ein und bildet so den doppelwandigen Sack, dessen Wandungen an der Einstülpungsstelle ineinander übergehen.“

Die histologischen Verhältnisse sind ebenfalls sehr einfach. Die gesamte Wandung des Herzschauches stellt ein sehr feines, einschichtiges Epithel dar. Die Herzwand ist durch eine dünne Lage quergestreifter Muskeln ausgezeichnet. Nach Seeligers Angaben werden die Fibrillen an der Basis der flachen Zellen, und zwar von jeder Zelle mehrere, ausgeschieden. Eine Gesamtfibrille erstreckt sich über die ganze Herzwand, also durch mehrere Zellen hindurch.

Was die Funktion des Herzens anlangt, so wurde von Milne-Edwards durch Beobachtung des lebenden Tieres die vollständige Übereinstimmung der Herztätigkeit mit der der Ascidien erkannt; d. h. auch das Pyrosomenherz führt wurmförmige oder wellenartig von einem Ende zum anderen laufende Kontraktionen aus, welche ihre Richtung periodisch ändern und damit das Blut bald in der einen, bald in der entgegengesetzten Richtung in den Körper treiben. Diese Angaben sind von Keferstein und Ehlers (1861) bestätigt, aber nicht vermehrt worden. Nur Pavesi hat (1872) eine Reihe Einzelheiten über den Blutkreislauf des Cyathozoids, der 4 Primärascidiozooiden und der Knospen angegeben. Er konstatiert, daß auch in den genannten Entwicklungsstadien die Zirkulation abwechselnd, d. h. bald in der einen, bald in der anderen Richtung erfolgt.

Die Richtung des Kreislaufs in den 4 Primärascidiozooiden und in den Knospen, solange diese mit dem Muttertier zusammenhängen, wird durch die Pulsationen des Cyathozoids bzw. des Muttertieres bestimmt.

Pavesi hat auch, soviel mir bekannt ist, bis jetzt als einziger, Pulsationsreihen gezählt, d. h. die Zahl der in der einen oder entgegengesetzten Richtung aufeinanderfolgenden Kontraktionen festgestellt. So beobachtete er beim Cyathozoid aufeinanderfolgend 37, 39, 40 und 50 Schläge; bei den Primärascidiozooiden zählte er 74 Schläge in der einen, dann 33 in der anderen und dann 133 und 68, 139 und 48, 28 und 65, 35 und 27 usw. Endlich in den älteren Knospen folgten auf 34 nach hinten zu gerichteten (also advisceralen) Kontraktionen 20 nach vorn gerichtete (abviscerale), oder auf 36 — 12, auf 34 — 13. Die Ruhepause, die sich zwischen zwei entgegengesetzten Pulsationsreihen einschleibt, die sogenannte Wechsellause, ist von verschiedener Dauer.

Zeiten werden nicht angegeben. Aus der letzteren Zahlenangabe geht hervor, daß in den älteren Knospen die Zahl der advisceralen Pulsationen die der abvisceralen immer bedeutend überwiegt. Bei den übrigen mitgeteilten Pulsationszahlen sind leider von Pavesi die Richtungen der Kontraktionen nicht beigefügt worden, wahrscheinlich aber sollen auch dort (in den 4 Primärascidiozoiden) die jeweils zuerst angegebenen höheren Zahlen (74, 133, 139, 28[?], 35) die advisceralen Pulsationen bedeuten; denn daß im Blutlauf der 4 ersten und der folgenden älteren, von jenen wiederum abstammenden Ascidiozoide Übereinstimmung herrschen werde, ist ja von vornherein anzunehmen. Nun hat Pavesi am ausgebildeten Einzeltier leider keine Beobachtungen gemacht, immerhin sind seine Angaben als einzige dieser Art sehr beachtlich und lassen mit ziemlicher Sicherheit den Schluß zu, daß auch im entwickelten Einzeltier die gleichen Verhältnisse in der Blutzirkulation herrschen werden, und dies um so wahrscheinlicher, als auch bei den Ascidien, wo alle diese Verhältnisse viel eingehender studiert sind, ein beträchtliches Überwiegen der advisceralen Pulsationen vorliegt (vgl. Bronn, III. Suppl. S. 520 ff.). Ob noch andere Analogien bestehen, werden eingehendere Untersuchungen über die Physiologie des Herzens der Pyrosomen lehren.

Was die Blutbahnen anlangt, so wurde oben (S. 89) schon erwähnt, daß besondere, mit Wandungen versehene Gefäße vom Herzen nicht ausgehen. Das Blut bewegt sich nur in den von Gallerte nicht erfüllten Lückenräumen der primären Leibeshöhle. Seeliger möchte allerdings nicht in Abrede stellen, „daß hin und wieder, so namentlich in der Region des Verdauungstractus, Mesenchymzellen über ganz kleine Strecken sich abflachen und die Lückenräume von der Gallerte schärfer abgrenzen können“.

Im allgemeinen kann man, wie das schon Huxley (1860) tat, von drei Bluträumen, einem ventralen, dorsalen und peripharyngealen reden. Der erstere, in welchen das Blut direkt aus der vorderen Herzöffnung gelangt, breitet sich ventral und seitlich vom Endostyl aus. Der dorsale umfaßt die ganze Rückenseite mit den Rückenzapfen, in ihm liegt das blutbildende Organ. Beide Sinus stehen durch die Quergefäße des Kiemendarms direkt miteinander in Kommunikation, sie sind aber auch hinten verbunden durch die Lückenräume, welche die Eingeweide umgeben, und vorn durch den peripharyngealen Sinus, der am Flimmerband entlang läuft und die Leuchtorgane einschließt. Zu diesem Blutraume zählen schließlich auch die Mundtentakeln mit dem großen Ventraltentakel, in dessen bläschenförmig erweiterter Basis denn auch stets zahlreiche Blutzellen angetroffen werden, von denen, wie oben (S. 39) schon ausgeführt wurde, Joliet (1888) und Salensky (1892) annehmen, daß sie den Tentakel zum vollständigen Verschuß der Mundöffnung strecken und aufrichten können.

Als echte Blutgefäße müssen endlich noch die Mantelgefäße genannt werden, jene im dorsalen Blutsinus entspringenden und den Mantel

bis zum Diaphragma durchsetzenden Längsmuskelschläuche. Das durchströmende Blut dürfte nicht nur zur Ernährung der muskulösen Wandungen der Gefäße selbst, sondern auch zu der des Mantelgewebes dienen, man könnte die Mantelgefäße darum auch gewissermaßen als „koloniales Blutgefäßsystem“ betrachten, wie gleicherweise ihre Muskeln mit den Fasersträngen zusammen ein koloniales Muskelsystem darstellen. Daß freilich der Mantel auf die durch die Mantelgefäße vermittelte Ernährung allein nicht angewiesen ist, geht schon daraus hervor, daß ja nur ein verhältnismäßig kurzes Stück desselben an der Basis der Kolonie mit Mantelgefäßen durchsetzt ist (vgl. oben S. 41 ff.). Seeliger vermutet wohl nicht mit Unrecht, „daß die Mantelgefäße auch die Wege sind, auf welchen die Mesenchymzellen zum guten Teil in den Mantel austreten; das massenhafte Auftreten von Mantelzellen in dem von Mantelgefäßen reich durchsetzten Diaphragma legt diese Annahme nahe“.

### XIII. Die Geschlechtsorgane.

Die Pyrosomen sind Hermaphroditen. Obschon, wie weiter unten noch ausführlich zu erörtern sein wird, der Zwitterapparat der Keimdrüsen aus einer einheitlichen Anlage hervorgeht, erscheinen Hoden und Ovarium stets deutlich voneinander getrennt. Sie sind als solche zuerst von Huxley (1851) erkannt und beschrieben worden, während noch Lesueur (1815) und Savigny (1816) das Ovar übersehen und den Hoden als Leber bezeichnet hatten.

Der Geschlechtsapparat liegt ventral und etwas nach hinten vom Verdauungstractus in der primären Leibeshöhle, die an dieser Stelle darum meist bruchsackartig vorgewölbt erscheint (vgl. Textfig. 1, S. 2). Das Ovarium ist stets rechts und etwas hinter dem Hoden gelegen. Nur eine Ausnahme kenne ich: *P. spinosum*, bei dem der Hoden zwischen Magen und Enddarmschleife getreten, das Ovar aber in die Nähe des Afters gerückt ist. Ob bei dem so nahe verwandten *P. Agassizi* ähnliche Verhältnisse vorliegen, läßt sich zurzeit nicht angeben, da bisher nur Stöcke ohne Geschlechtsorgane gefischt worden sind.

#### 1. Das Ovarium.

Der Bau des Ovariums ist sehr einfach. Es stellt ein flaschen- bis krugförmiges Gebilde dar und besteht aus drei Teilen: Ei, Follikel und Eileiter.

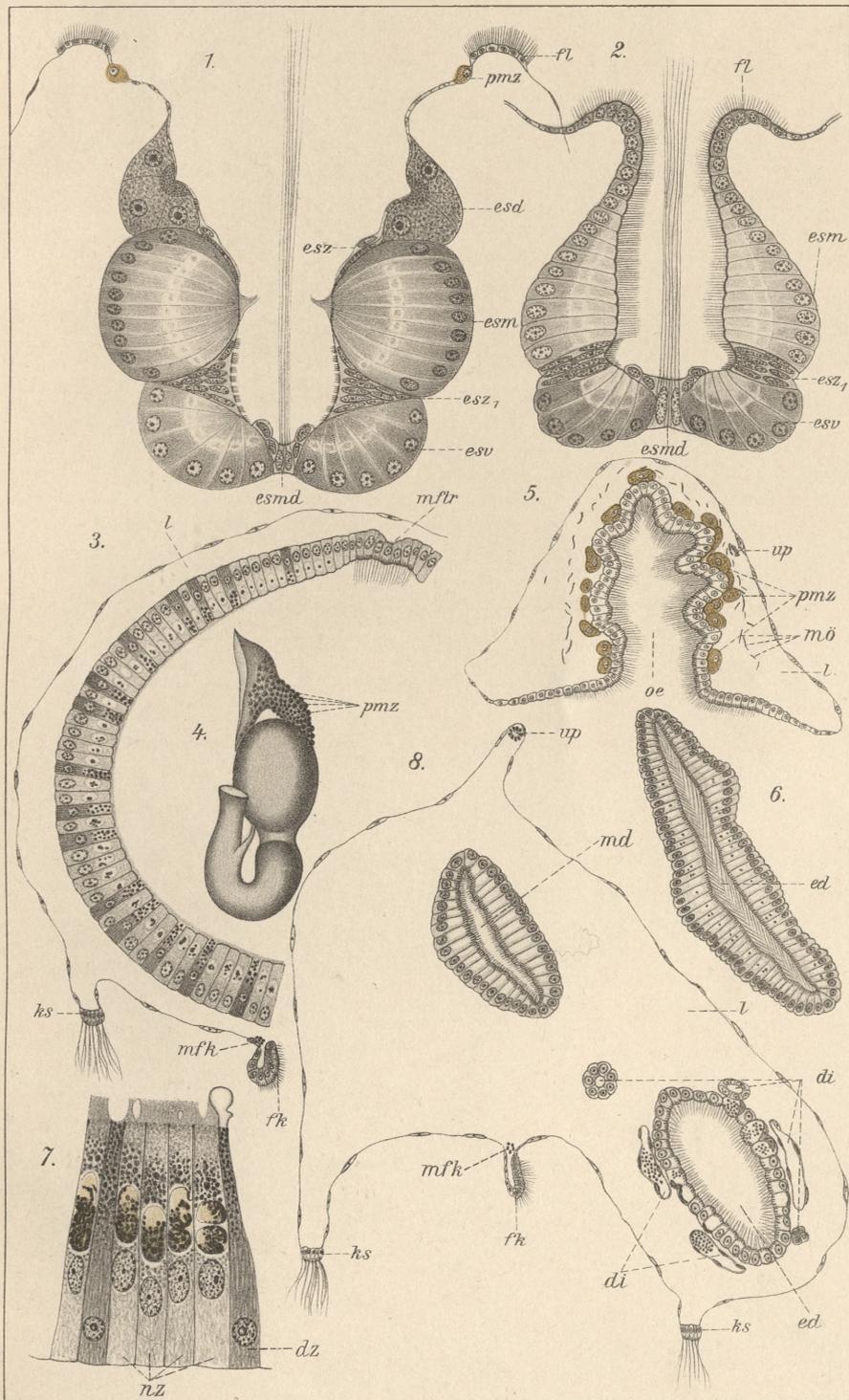
Das Ei zeigt sehr frühe schon das bekannte Bild: Ein großes, helles und meist etwas excentrisch nach dem Eileiter zu gelegenes Keimbläschen, umgeben von grobkörniger und wenig färbbarer Dottermasse (Taf. VIII, Fig. 2). Im peripheren Teil des reifen Eies liegen oft zahlreiche Zellen, die schon von Kowalevsky (1875) aufgefunden und von Salensky (1891) als „Kalymmocyten“ bezeichnet wurden. Sie entstammen nach den Beob-

## **Erklärung von Tafel VI.**

---

Fig.

1. Querschnitt durch den Endostyl von *P. Agassixi*. 1:300.
2. Querschnitt durch den vordersten Teil eines Endostyls von *P. giganteum*. Die dorsalen Drüsenstreifen (*esd*) fehlen noch. 1:300.
3. Teil eines Querschnittes durch den Magen von *P. giganteum*. 1:100. *mflr* Magenflimmerrinne.
4. Darmtraktus von *P. giganteum*. 1:10.
5. Querschnitt durch den Ösophagus von *P. giganteum*. 1:100.
6. Querschnitt durch den absteigenden Anfangsteil des Enddarms von *P. giganteum*. 1:100.
7. Teil eines Querschnittes durch den Magen von *P. Agassixi*. 1:500.
8. Querschnitt durch den Mitteldarm und den Rectalabschnitt des Enddarms. 1:100.



C.F Winter'sche Verlagshandlung, Leipzig.

Lith. Anst. v. E.A. Funke Leipzig.

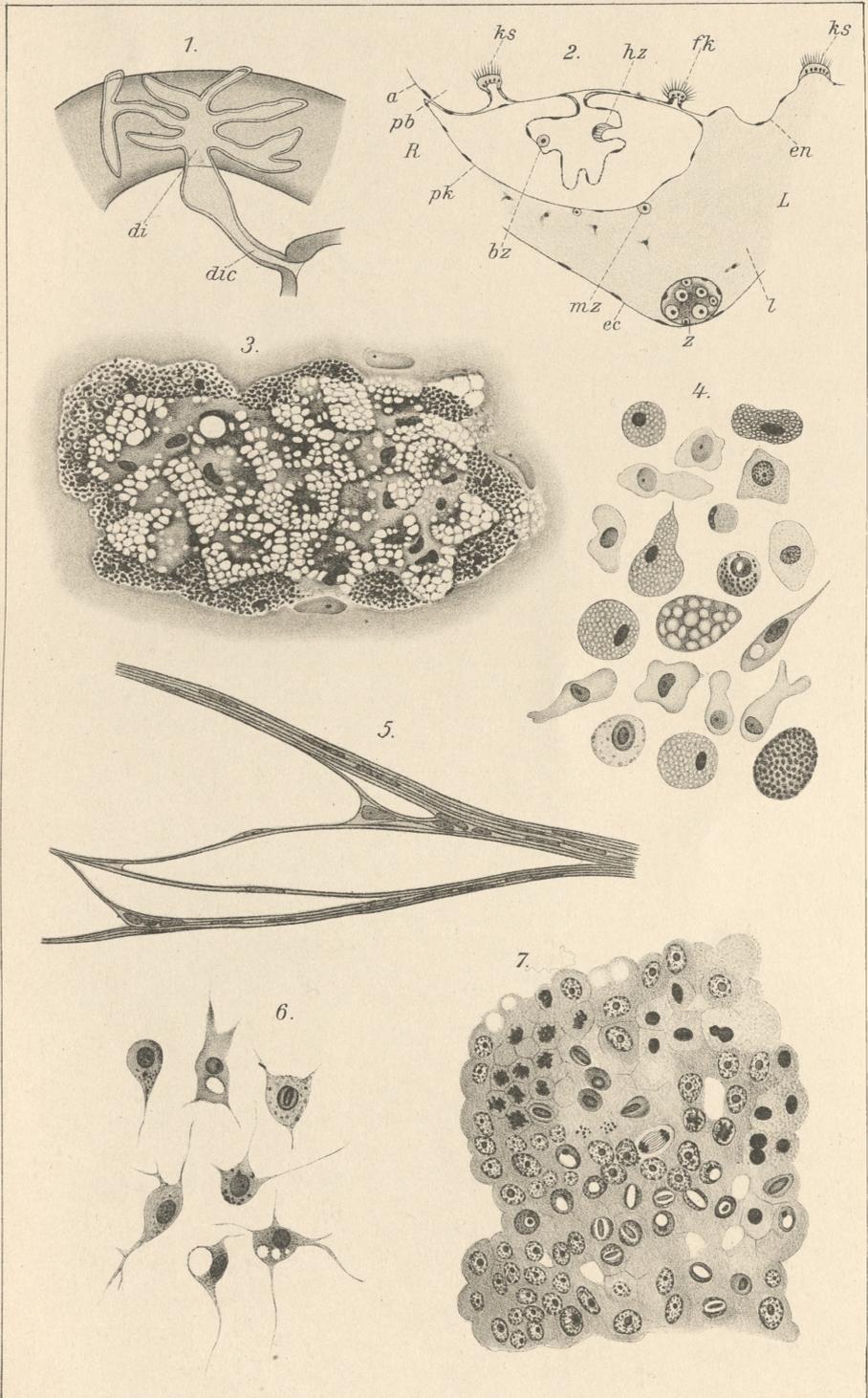


## **Erklärung von Tafel VII.**

---

Fig.

1. Darmumspinnende Drüse eines geschlechtsreifen Tieres von *P. giganteum*. (Nach Seeliger) 1:110.
  2. Herz und Pericard eines jungen Ascidiozoids von *P. aherniosum*. Frontaler Längsschnitt durch das ventrale Hinterende. (Nach Seeliger) 1:270.
  3. Eine in Degeneration begriffene Zellgruppe aus der äußeren Peribranchialwand von *P. giganteum*. 1:200.
  4. Blutzellen von *P. giganteum*. 1:500.
  5. Teil des dorsalen Stranges vom lateralen Muskelsystem von *P. Agassizi*. 1:200.
  6. Bindegewebszellen aus der Umgebung des Darmtraktes von *P. giganteum*. 1:500.
  7. Teil des blutbildenden Organs von *P. giganteum*. 1:500.
-



C.F Winter'sche Verlagshandlung, Leipzig.

Lith. Anst. v. E.A Funke, Leipzig







In der **C. F. Winter'schen** Verlagshandlung in Leipzig ist erschienen:

**Dr. H. G. Bronn's**  
**Klassen und Ordnungen des Tier-Reichs.**

*In kompletten Bänden resp. Abteilungen:*

- Erster Band. Protozoa.** Von Dr. **O. Bütschli**, Professor in Heidelberg. Kplt. in 3 Abtlgn. Abtlg. I. 30 Mk. — Abtlg. II. 25 Mk. — Abtlg. III. 45 Mk.
- Zweiter Band. I. Abteilung. Porifera.** Von Dr. **G. C. J. Vosmaer**. Mit 34 Tafeln (darunter 5 Doppeltaf.) und 53 Holzschn. Preis 25 Mk.
- Zweiter Band. III. Abteilung. Echinodermen** (Stachelhäuter). Von Dr. **H. Ludwig**, Professor in Bonn. Erstes Buch. **Die See walzen**. Mit 17 lithographierten Tafeln, sowie 25 Figuren und 12 Karten im Text. Preis 25 Mk.
- Dritter Band. Mollusca** (Weichtiere). Von Dr. **H. Simroth**, Prof. in Leipzig. Erste Abteilung. **Amphineura** u. **Scaphopoda**. Preis 32 Mk. 50 Pf.
- Vierter Band. Würmer** (Vermes). Von Prof. Dr. **M. Braun**.  
Abteilung I. a. Trematodes. Preis 47 Mk.  
Abteilung I. b. Cestodes. Preis 50 Mk.
- Fünfter Band. Gliederfüßler** (Arthropoda), Erste Abteilung. Von Prof. Dr. **A. Gerstaecker**. Mit 50 lithogr. Taf. Preis 48 Mk. 50 Pf.
- Sechster Band. II. Abteilung. Wirbeltiere.** Amphibien. Von Dr. **C. K. Hoffmann**, Prof. in Leiden. Mit 53 lithogr. Tafeln (darunter 6 Doppeltafeln) und 13 Holzschn. Preis 36 Mk.
- Sechster Band. III. Abteilung. Reptilien.** Von Dr. **C. K. Hoffmann**, Prof. in Leiden. Kplt. in 3 Unter-Abtlgn. I. 28 Mk. — II. 40 Mk. — III. 42 Mk.
- Sechster Band. IV. Abteilung. Vögel: Aves.** Von Dr. **Hans Gadow** in Cambridge. I. Anatomischer Teil. Mit 59 lithographierten Tafeln und mehreren Holzschnitten. Preis 63 Mk. II. Systematischer Teil. Preis 12 Mk.
- Sechster Band. V. Abteilung. Säugetiere: Mammalia.** Von Dr. **C. G. Giebel**. Fortgesetzt von Prof. Dr. **W. Leche**. Band I. 1. Hälfte. Preis 45 Mk. 2. Hälfte. Preis 48 Mk.

*Ferner in Lieferungen à 1 Mk. 50 Pf.:*

- Zweiter Band. II. Abteilung. Coelenterata** (Hohltiere). Von Prof. Dr. **Carl Chun** und Prof. Dr. **L. Will**, Lfg. 1—21.  
**Anthozoa.** Von Dr. **O. Carlgren** in Stockholm. Lfg. 1—6.
- Zweiter Band. III. Abteilung. Echinodermen** (Stachelhäuter). Begonnen von Dr. **H. Ludwig**, Prof. in Bonn. Fortgesetzt von Dr. **O. Hamann**, Prof. in Berlin. Zweites Buch. **Die Seesterne**. Drittes Buch. **Die Schlangensterne**. Viertes Buch. **Die Seeigel**. Lfg. 17—77.
- Dritter Band. Mollusca** (Weichtiere). Von Dr. **H. Simroth**, Prof. in Leipzig. Zweite Abteilung. Lfg. 22—118.
- Dritter Band. Supplement. I. Tunicata** (Manteltiere). Von Prof. Dr. **Osw. Seeliger**. Fortgesetzt von Dr. **E. Hartmeyer** in Berlin. Lfg. 1—98.
- Dritter Band. Supplement. II. Tunicata.** Fortgesetzt von Dr. **G. Neumann** in Dresden-Plauen. Lfg. 1—7.
- Vierter Band. Würmer** (Vermes). Von Prof. Dr. **M. Braun**. **Turbellaria**. Bearbeitet von Prof. Dr. **L. v. Graff**. Lfg. 63—117.
- Vierter Band. Supplement. Nemertini** (Schnurwürmer). Von Dr. **O. Bürger**, Professor in Santiago. Lfg. 1—29.
- Fünfter Band. Gliederfüßler** (Arthropoda), Zweite Abteilung. Von Prof. Dr. **A. Gerstaecker**. Fortges. von Prof. Dr. **A. E. Ortmann** und Dr. **C. Verhoeff**. Lfg. 1—82.
- Sechster Band. I. Abteilung. Fische.** Von Dr. **E. Lönnberg**, Prof. in Stockholm. Fortgesetzt von Dr. med. **G. Favaro** in Padua. Lfg. 1—33.
- Sechster Band. V. Abteilung. Säugetiere: Mammalia.** Von Dr. **C. G. Giebel**. Fortgesetzt von Prof. Dr. **E. Göppert**. Lfg. 61—75.