



aus dem Zoologischen Institut der Universität zu Greifswald.

Die Anatomie von *Spirorbis borealis* mit besonderer Berücksichtigung der Unregelmässigkeiten des Körperbaues und deren Ursachen.

Inaugural-Dissertation zur Erlangung
der Doktorwürde der hohen philo-
sophischen Fakultät der König-
lichen Universität zu Greifswald

vorgelegt von

J. F. zur Loye,

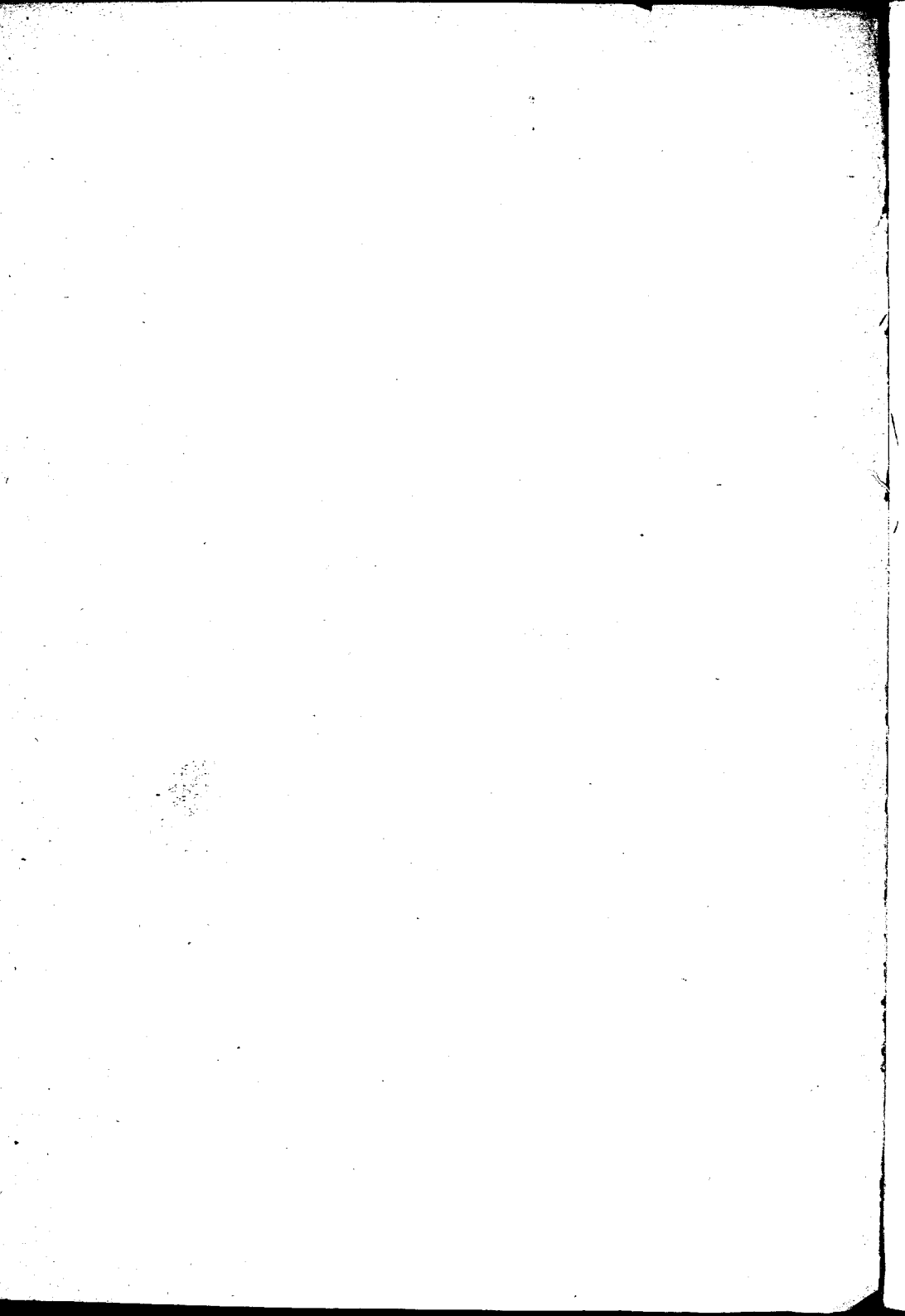
aus Blankenburg bei Oldenburg i. Gr.



Naumburg a. S.

Lippert & Co. (G. Pätz'sche Buchdr.).

1908.



Aus dem Zoologischen Institut der Universität zu Greifswald.

Die Anatomie von *Spirorbis borealis* mit besonderer Berücksichtigung der Unregelmässigkeiten des Körperbaues und deren Ursachen.

Inaugural-Dissertation zur Erlangung
der Doktorwürde der hohen philo-
sophischen Fakultät der König-
lichen Universität zu Greifswald

vorgelegt von

J. F. zur Loye,

aus Blankenburg bei Oldenburg i. Gr.



Naumburg a. S.

Lippert & Co. (G. Pätz'sche Buchdr.).

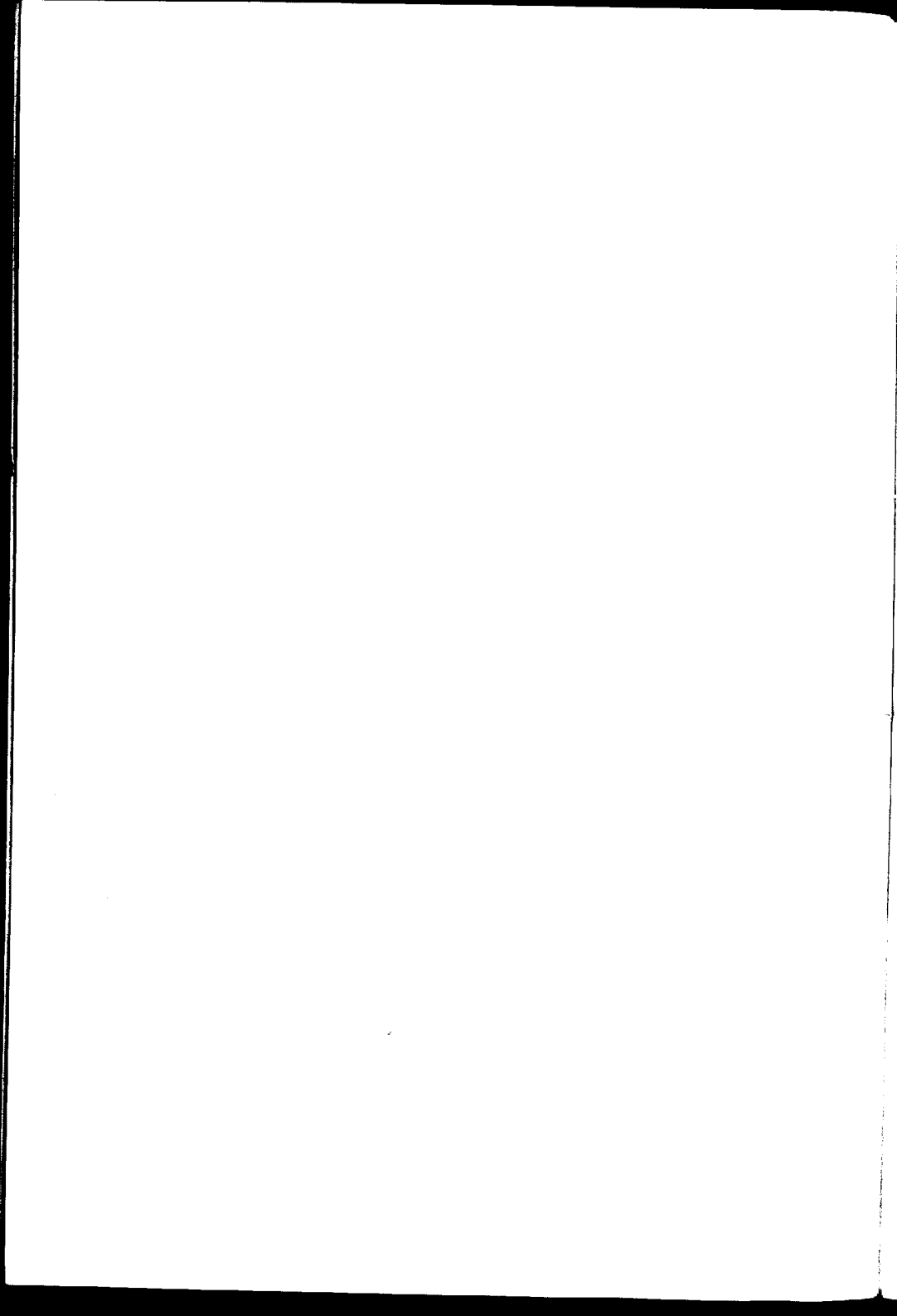
1908.

Gedruckt mit Genehmigung der philosophischen Fakultät der
Universität Greifswald. Tag des Examen rigorosum: 22. November 1907.

Referent: Prof. Dr. G. W. MÜLLER.

Dekan: Prof. Dr. K. AUWERS.

Meinen lieben Eltern.



*Nachdruck verboten.
Übersetzungsrecht vorbehalten.*

Inhaltsverzeichnis.

Vorwort.
Einleitung.

I. Teil.

Vorkommen, Schale und Lebensweise der Spirorben.

II. Teil.

Makroskopische und mikroskopische Anatomie.

1. Allgemeine Körperform.
2. Die Körperhaut.
3. Die Kopfanhänge und die Organe der Ernährung.
4. Die Muskulatur.
5. Die Borsten und Parapodien.
6. Die Excretionsorgane.
7. Das Gefäßsystem.
8. Die Respirationsorgane.
9. Das Nervensystem.
10. Die Geschlechtsorgane.
11. Die Fortpflanzung.

III. Teil.

Die Unregelmäßigkeiten des Körperbaues.

Die Drehung und die Verlagerung.

Die durch die Aufrollung bedingte ungleiche Länge der äußern und innern Organe.

Die übrigen Asymmetrieverhältnisse.

1. Die Asymmetrie der allgemeinen Körperform.
2. Die Asymmetrie der Körperhaut.
3. Die Asymmetrie der Organe der Ernährung.
4. Die Asymmetrie der Muskulatur.
5. Die Asymmetrie der Borsten und Parapodien.
6. Die Asymmetrie des Excretionssystems.
7. Die Asymmetrie des Blutgefäßsystems, der Leibeshöhle und der Geschlechtsorgane.
8. Die Asymmetrie des Nervensystems.

IV. Teil.

Die Ursachen der Unregelmäßigkeiten des Körperbaues.
Technisches.

Vorwort.

Die vorliegende Arbeit, deren Thema mir von Herrn Geheimrat Prof. Dr. EULERS in Göttingen zur Bearbeitung empfohlen worden ist, wurde begonnen gelegentlich eines mehrwöchentlichen Aufenthalts an der Königlichen Biologischen Anstalt zu Helgoland im Sommer 1905.

Es war anfangs meine Absicht, nur die Asymmetrieverhältnisse von Spirorben mit flacher und getürmter Schale zu studieren. Da aber einerseits wegen der geringen Größe der Tiere die technischen Schwierigkeiten der Untersuchung sehr groß waren und sich anderseits in der Literatur nur wenige und zum Teil unrichtige Bemerkungen über den Körperbau der Spirorben vorfanden, so habe ich mich darauf beschränkt, die Anatomie von *Spirorbis borealis*, diese aber in allen Teilen zu behandeln. Jetzt, nach Abschluß der Arbeit, glaube ich hierzu um so mehr berechtigt gewesen zu sein, als ich mich an Totalpräparaten von einigen andern auch etwas getürmten Arten, die mir gelegentlich in die Hände kamen, überzeugt habe, daß die Unterschiede der verschiedenen Species sehr unwesentlich und besonders auch bezüglich der Unregelmäßigkeiten des Körperbaues nur quantitativer Art sind.

Es sei mir noch gestattet, an dieser Stelle den Herren Geheimrat Prof. Dr. EHLERS in Göttingen und Prof. Dr. MÜLLER in Greifswald meinen wärmsten Dank zu sagen für die Ratschläge und Unterweisungen während der Arbeit. Dem Herrn Direktor Prof. Dr. HEINKE und Herrn Prof. Dr. HARTLAUB in Helgoland schulde ich meinen Dank für die freundliche Überlassung eines Arbeitsplatzes und die wiederholte Beschaffung frischen Materials.

Einleitung.

Die Unregelmäßigkeiten im Körperbau der Tiere sind in neuerer Zeit zum Gegenstand zahlreicher Untersuchungen gemacht worden. Besonders die Asymmetrie und Drehung der Mollusken hat das Interesse vieler Forscher erregt. Trotzdem nun die Gehäuse der Spirorben denen der spiralig gewundenen Schnecken außerordentlich ähneln, sind die eigentümlichen Organisationsverhältnisse dieser Serpuliden fast gar nicht beachtet worden. Ich habe nur in den folgenden Arbeiten einige kurze Notizen darüber finden können.

PAGENSTECHER (38)¹⁾, AGASSIZ (1) und FEWKES (21) schildern die Entwicklung und Brutpflege von *Spirorbis spirillum* und *Spirorbis borealis*. CAULLERY u. MESNIL (8 und 9) behandeln besonders die äußern Körperverhältnisse, soweit sie für die Systematik in Betracht kommen. Außerdem führen sie schon an, daß die Muskulatur, die Borstenzahl, die Kopfanhänge und die Anzahl der Segmente auf den beiden Körperseiten nicht gleich und daß der Darm und die Ovarien verlagert sind. Auf die nähern Verhältnisse gehen die genannten Autoren indessen nicht ein.

MARY A. SCHIVELY (41) hat die Entwicklung und Anatomie von *Spirorbis borealis* untersucht. Sie bringt jedoch wenig Neues, und ihre Angaben scheinen mir nicht alle richtig zu sein.

Viel eingehender als die Spirorben sind die andern Gattungen der Serpuliden behandelt worden, besonders solche Arten, die einer makroskopischen Präparation zugänglich sind. Hier ist vor allem die umfangreiche Arbeit von CLAPARÈDE (13) zu erwähnen.

Eine zusammenfassende kritische Bearbeitung der Ergebnisse bis 1887 und viele neue Resultate auch über die Anatomie und Entwicklung der erranten Formen gibt E. MEYER (32) in seinen Studien über den Körperbau der Anneliden.

1) Die Zahlen hinter den Autorennamen beziehen sich auf das Literaturverzeichnis.

In neuerer Zeit hat A. SOULIER (44) eine sehr ausführliche Arbeit über die Histologie der Körperhaut sowie über die Lebensweise und den Schalenbau der Serpuliden veröffentlicht.

Außer in diesen Publikationen habe ich nur noch in systematischen Werken Notizen über den Körperbau der Spirorben gefunden. Diese genügen jedoch kaum, um die Species einwandfrei zu bestimmen. Zur Unterscheidung der einzelnen Arten werden von den ältern Autoren besonders Kiemenzahl, Schalenform, Windungsrichtung und Borstenform benutzt; da nun aber die Kiemenzahl und Schalenform sehr wechseln und die Borsten meist nicht oder nur schlecht abgebildet werden, so reichen die Angaben nicht aus, um nahe verwandte Arten voneinander zu unterscheiden. Die Körperform der von mir untersuchten Tiere stimmt mit den Beschreibungen, die von *Spirorbis borealis* (DAUDIN) und *Spirorbis affinis* (LEVINSEN) gegeben werden, am besten überein.

Spirorbis borealis beschreibt MÖRCH (35, p. 429) folgendermaßen: *T. substantia cretacea. T. late umbilicata, anfractus semiteretes, rugis incrementi obsoletis irregularibus. Hab. in mari germanico et baltico, in Fuco vesiculoso adhaerens, ad Tranae ostium (PALLAS).*

Er fügt dann noch hinzu:

Denne Art findes især paa Blæretangen men ogsaa paa Skaller og Stene ved Englands og Skandinaviens Kyster. Afbildningerne af Dyret hos MÜLLER, PALLAS og CHENU afvige indbyrdes meget betydeligt. Det er dog fortiden vanskeligt at affjøre hvorvidt Forskjellen blot beroer paa en mangelfuld Opfattelse af Dyret eller om der virkelig findes flere Arter, hvis Skaller ere eens saaledes som det er Tilfældet i mange af de foregaaende Slægter.

LEVINSEN (29, p. 206) sagt Folgendes:

$$A:T = 1:3-3\frac{1}{2}, U:T = 1:2-3.1)$$

Testa plerumque plus minusve regulariter contorta, anfractus c. 3 visibilibus, interdum anfractus ultimus ceteros tegit, quo modo umbilicus profundus formatur.

Animal: Branchiae 8; setae dorsales segmenti collaris sub parte terminali dilatatione triangulari, dentibus 4 majoribus et 2 minoribus, omnibus sulcis sepositis, instructa. In segmento tertio praeter setas communes limbatas setae alius formae inveniuntur, parte terminali sub-

1) Litterae A:T et U:T cum numeris sequentibus proportionibus inter diametra aperturæ, umbilici et testæ significant.

falciformi, lata, tenui, subtiliter striata, margine profunde et acute dendato.

Diametrus testae 3—4 mm. In fuco vesiculososo vulgaris, rarius in Testaceis (Mytilus, Littorina).

Für die von LEVINSSEN (29, p. 207) aufgestellte Art *Spirorbis affinis* werden folgende Kennzeichen angegeben:

$$A:T = 1:2\frac{1}{2} - 2\frac{2}{3}.$$

Testa non carinata, anfractu plerumque singulo vel singulo et dimidio visibili. Pars ultima anfractus ultimi saepe aliquanto porrecta.

Diametrus testae 2—4 mm. In Pectine islandico e Groenlandia et Islandia.

Sine investigatione accurata hac forma cum Sp. boreali facile confundi potest.

Ich glaube, daß *Spirorbis borealis*, *Spirorbis affinis* und die von mir untersuchte Art identisch sind, trotzdem ich die von MÖRCH angegebene Kiemenzahl 8 nur bei jungen Exemplaren gefunden habe. Die von LEVINSSEN für *Spirorbis affinis* beschriebene Schalenform und auch alle möglichen Übergänge fanden sich sehr oft bei meinem Arbeitsmaterial, besonders wenn viele Gehäuse auf einen kleinen Raum zusammengedrängt waren. Die Resultate meiner Untersuchungen über die Anatomie der Spirorben stimmen, abgesehen von den durch die Asymmetrie und Drehung bedingten Verhältnissen, im allgemeinen mit den Angaben überein, die MEYER und SOUTIER über den Körperbau anderer Serpuliden machen. Wo wesentliche Unterschiede vorhanden sind, ist dies an der betreffenden Stelle angegeben. Um die Ergebnisse der Untersuchungen über die Unregelmäßigkeiten des Körperbaues nicht auseinander zu reißen, habe ich die Beschreibung der Drehung und Asymmetrieverhältnisse nicht mit in der allgemeinen Anatomie behandelt, sondern in einem besonderen Abschnitte zusammengefaßt.

I. Teil.

Vorkommen, Schale und Lebensweise bei Spirorben.

Die zu den polychäten Anneliden gehörenden Spirorben finden sich sehr verbreitet in allen Meeren. Wo sie vorkommen, trifft man sie meist in größerer Menge beisammen. Die bisher bekannten Formen sind ziemlich klein und wohnen in selbst gebauten, stets spiralig gewundenen Röhren auf allen möglichen Unterlagen wie

Holz, Steinen, Seepflanzen u. dgl. Viele Arten, wie auch die hier untersuchte (*Spirorbis borealis*), leben dicht unter dem Meeresspiegel, andere kommen auch in großen Tiefen vor.

Die Schale der Tiere ist entweder kalkig oder chitinig-durchsichtig und zeigt häufig Einlagerungen von Fremdkörpern. Bei *Spirorbis borealis* besteht das Gehäuse (Taf. 3, Fig. 27) aus mehreren homogen erscheinenden innern Häuten mit eingelagerten Kernen und einer außen darauf sitzenden Kalkschicht, in der die Zuwachsstreifen (Taf. 3, Fig. 27 *St*) deutlich erkennbar sind. Mehrfach war der Raum zwischen den Häuten von Diatomeen erfüllt. Auch im Kalk fanden sich oft Diatomeen, Algen und andere Fremdkörper eingebettet. Es fragt sich, woher diese Einschlüsse kommen? Vielleicht passieren sie zunächst den Darm des Tieres und werden dann auf dem Wege vom After bis in den Kiementrichter (den sie mit Hilfe der später näher zu besprechenden Wimperbekleidung des Körpers durchlaufen) gelegentlich des Rückzuges des Wurmes in die Wohnröhre an die schleimige Schalenwandung gedrückt und eingeklebt. Bei näherer Untersuchung ergibt sich allerdings, daß viele von den eingebauten Pflanzen nicht oder nur zum Teil verdaut sind. Es ist demnach die Möglichkeit nicht ganz von der Hand zu weisen, daß die Diatomeen einfach in die Schale hineintreiben, während das Tier nach vorn gekrochen ist, und sich dann an der Innenfläche der Röhre festlegen. Da sich aber andererseits auch in den aus dem After entleerten Kotballen oft unverdaute Pflanzenteile vorfinden und die Diatomeen überdies zwischen den Häuten in so großen Massen auftreten, halte ich den zuerst beschriebenen Einbettungsmodus für den wahrscheinlicheren. Die im Kalk eingelagerten Fremdkörper können nach meiner Ansicht nur vorn bei der Verlängerung der Röhre eingebaut werden.

Die Gehäuse der Spirorben sind als Flächen- oder Raumspiralen aufgerollt. Die einzelnen Windungen können einander berühren oder auch durch Zwischenräume voneinander getrennt sein. Einige Formen, wie z. B. *Spirorbis spirillum*, winden sich oft schraubenförmig um Algenfäden. Daß übrigens die geschlossen gewundenen Arten nicht immer nur ihre eigne Wohnröhre als Baugrund benutzen, zeigt die Tatsache, daß sich diese Schalen vielfach um andere Gehäuse oder Unebenheiten der Unterlage winden. Mitunter beobachtet man auch, daß sich zwei Schalen zusammen aufrollen in der Art, wie Fig. 16, Taf. 1 es zeigt. Dieses Gebilde muß entstehen, wenn sich zwei Larven in derselben Körperichtung

nebeneinander festsetzen. Das Vorhandensein von zwei Tieren in einer Wohnröhre habe ich nie konstatieren können.

Die Schalen der Spirorben sind meistens nicht glatt, sondern mit Quer- und Längsstreifen versehen. Die erstern entstehen durch die periodische Verlängerung des Gehäuses. Die Längsstreifung dagegen scheint daher zu rühren, daß die Ablagerung des Baustoffes an den drüsenreichen Teilen des Körpers eine ausgiebigere ist als an den andern Stellen. Bei *Spirorbis borealis* tritt die Querstreifung wenig hervor, und die Längsstreifung fehlt meist ganz. Ob die Wohnröhren anfänglich an beiden Enden offen sind, habe ich nicht feststellen können. Selbst bei jungen Tieren fand ich die hintere Öffnung schon durch die zweite Windung verklebt.

Nach der Art der Drehung unterscheidet man rechts und links gewundene Gehäuse. Abweichend von der sonst üblichen Bezeichnungsweise bedeutet „rechts gewunden“ eine Drehung der wachsenden Schale im umgekehrten Sinne des Uhrzeigers, wobei angenommen ist, daß man die der Unterlage abgewandte Seite der Röhre betrachtet. Die Drehungsrichtung scheint im Gegensatz zu den Mollusken bei einer und derselben Art vollkommen konstant zu sein. Die Schalen von *Spirorbis borealis* waren ausnahmslos links gewunden.

Lebensweise.

Die Spirorben halten sich den größten Teil des Tages in ihrem Gehäuse auf und scheinen nur hervorzukommen, um die Röhre zu vergrößern oder um Nahrung aufzunehmen. Das Herauskriechen aus der Schale geht ziemlich langsam vor sich, und die Tiere kommen kaum bis zum Ende des Kragens hervor. Die geringste Erschütterung des Arbeitstisches oder eine Verunreinigung des Seewassers schreckt sie sehr schnell in die Röhren zurück. Gleich nach dem Hervorkriechen werden die Tentakel auseinandergerollt und der Kragen entfaltet. Die feinen Cilien der Kiemen erzeugen einen Strudel, der die im Wasser enthaltenen Partikelchen, Pflanzen und Tiere heranzieht und in den Rinnen zwischen den Seitenästen der Kiemenfäden ziemlich rasch zur Mundöffnung leitet. Hier werden sie jedoch nicht gleich verschluckt, sondern von den in verschiedenen Richtungen schlagenden Flimmerhaaren der Palpen und Kopflappen zusammengeballt. Bisweilen hat es den Anschein, als ob die sich einwärts krümmenden Tentakel die Nahrung noch zusammenpressen wollten. Der Ballen wird vergrößert durch die in die Schale

eingedrungenen anorganischen Fremdkörper, Infusorien und Pflanzen, die von der dorsalen Flimmerrinne (Taf. 1. Fig. 12 *Fl. Ri*) in den Kiementrichter befördert werden. Von einem dauernden Schleimstrom, wie ihn SOULIER (44, p. 74) für die größeren Serpuliden beschreibt, habe ich gar nichts bemerken können, auch nicht bei Tieren, die aus der Schale herauspräpariert waren und bei denen nach SOULIER die Schleimsecretion besonders ausgiebig sein soll. Trotzdem wird es wohl auch für die Spirorben zutreffen, daß sich dann und wann in den von der Flimmerrinne nach außen beförderten Massen Schleim befindet. Dafür, daß dies nicht immer der Fall ist, spricht auch die Tatsache, daß die Partikelchen in der Rinne meist eine ziemlich große Beweglichkeit zeigen und lange nicht immer vor der Mundöffnung aufgeballt, sondern oft genug mit ziemlicher Geschwindigkeit durch den ganzen Kiementrichter ins Freie befördert werden. Da dieses Auswerfen der Kotmassen ziemlich kurz nach dem Herauskriechen geschieht und die Kiemen sich oft einkrümmen, wenn der Wurm schon eine längere Zeit aus der Schale herausgesehen und größere Nahrungsmengen gesammelt hat, so ist es wahrscheinlich, daß die Tiere zunächst den Kot frei herausbefördern und dann erst neue Nahrung aufnehmen. Für die Drehung der Ballen braucht man sich übrigens nicht eine so komplizierte Erklärung zu suchen, wie SOULIER sie (44, p. 143) gibt. Da die Kiemen ja allseitig einen Strom nach dem Munde hin erzeugen, so muß der Ballen unbedingt rotieren, wenn er nicht genau im Zentrum des Trichters liegt. Würden an der Peripherie des Knäuels die Cilien alle in einer Richtung schlagen, so würde es sich wohl schneller drehen, als es tatsächlich der Fall ist. Ich finde, es hat bei den Spirorben immer den Anschein, als ob sich der Nahrungsballen ganz zufällig bald nach dieser, bald nach jener Richtung drehte. Daß beim plötzlichen Rückzug des Tieres wenigstens ein Teil des Ballens durch den entstehenden Wasserstrom mit fortgerissen wird, habe ich auch des öftern bemerken können. Da ich aber, wie oben beschrieben, gesehen habe, daß es den Würmern auch sonst möglich ist, den Kot nach außen zu befördern, so kann ich der Theorie SOULIER'S, wonach der Rückzug für das Tier die einzige Möglichkeit ist, sich der überflüssigen Nahrungs- und Kotmassen zu entledigen, in bezug auf die Spirorben nicht unbedingt zustimmen.

Das Zurückgehen des Wurmes in die Schale geht im Gegensatz zu dem Hervorkriechen außerordentlich schnell vor sich. Daß diese Bewegung mit Hilfe der Parapodien ausgeführt wird [SOULIER

(44), p. 11], halte ich für durchaus falsch. Die Parapodien können niemals eine so gleichmäßige und blitzschnelle Bewegung hervorbringen, diese wird vielmehr durch die Längsmuskeln vollführt. Auch bei dem zwar langsamen, aber durchaus gleichmäßigen Hervorkriechen sind die Parapodien nach meiner Ansicht so gut wie gar nicht beteiligt. Hier vermittelt offenbar die Kontraktion der Ringmuskulatur die Verlängerung des Tieres. Dies sieht man sehr gut an einem von seiner Schale befreiten Exemplar. Das Tier bewegt sich dann so, als ob es sich in seine Röhre zurückziehen wollte.

Ein freiwilliges Verlassen der Schale zwecks eines Neubaus derselben scheint bei den Spirorben, wie bei den meisten andern Serpuliden, nicht vorzukommen. Ich habe auch trotz zahlreicher Versuche nicht nachweisen können, daß eine Ausbesserung der von mir an verschiedenen Punkten verletzten Wohnröhre vorgenommen wird. Statt dessen habe ich mehrfach gesehen, daß an Stelle der natürlichen vordern Öffnung eine von diesen neuen künstlich gemachten von dem Tiere benutzt wurde. Leider habe ich nie beobachten können, ob das Gehäuse nun an dieser Stelle weiter gebaut wird. Vielleicht sind die Würmer daran gehindert, weil sie durch die entstandene Schalenverkürzung zu weit aus der Öffnung heraussehen und die Kalkdrüsen (Taf. 1, Fig. 1 *Bsch*) nicht richtig benutzen können. Es würde dies gut übereinstimmen mit der Ansicht, daß die Verlängerung der Röhren in den spätern Altersstadien nur mit Hilfe der genannten Drüsen stattfinden kann.

Wenn man die Spirorben längere Zeit in schlechtem Wasser (z. B. solchem, welches durch die faulenden Pflanzenmassen, die den Schalen als Unterlage dienen, verdorben ist) liegen läßt, verlassen die Würmer oft spontan ihr Gehäuse. Das Herauskriechen geht äußerst langsam vor sich, zuletzt fallen die Tiere mehr heraus, als sie aktiv kriechen. Solche frei im Wasser liegende Exemplare zeigen außer den schon beschriebenen Bewegungen nur ein träges Wälzen, was durch das Einziehen und Ausstrecken der abdominalen Parapodien herbeigeführt wird. Von Schwimmbewegungen habe ich nichts bemerken können. Die Behauptung mehrerer Autoren, daß die Serpuliden nach dem Verlassen der Schale in sehr kurzer Zeit zugrunde gehen, trifft mindestens für die Spirorben nicht zu. Ich habe die Tiere sogar in sehr stark mit Methylenblau versetztem Wasser, in welches ich sie zwecks Vitalfärbung gebracht hatte, über 8 Tage lebend erhalten können.

II. Teil.

Makroskopische und mikroskopische Anatomie.

1. Allgemeine Körperform.

Die Schale eines ausgewachsenen Exemplars von *Spirorbis borealis* hat 2—4 Windungen, von denen aber meist nur die beiden letzten gut sichtbar sind. Das ganze Gehäuse mißt im Durchmesser ca. 3 mm. Da ein in der Röhre fixiertes Tier ungefähr $2\frac{1}{4}$ — $5\frac{1}{4}$ Windungen einnimmt, so beträgt die Länge des ausgewachsenen Wurmes etwa 5—10 mm.

Am Körper der Spirorben kann man 4 Abschnitte unterscheiden: 1. den Kopfteil mit den Kiemen, den Palpen und dem Operculum. 2. den gegliederten Thorax, 3. die ungegliederte borstenlose Region, 4. das gegliederte Abdomen.

Die Anzahl der Kiemen ist, wie bei allen Serpuliden, je nach dem Alter verschieden. Bei jungen Tieren fand ich 5, bei ausgewachsenen nie mehr als 9. Hierzu kommen stets noch 1 Operculum und 2 kurze Palpen (Taf. 1, Fig. 12 *Pal*), die an der Dorsalseite dem innern Rande der Mundöffnung aufsitzen. Die Kopfanhänge sind etwa $\frac{1}{3}$ so lang wie der ganze Körper. An jedem Kiemenfaden befinden sich beim ausgewachsenen Wurm 2 Reihen von je 12—16 Nebenfäden. Am Ende laufen die Kiemen unpaar aus. Jede Kieme und Palpe und auch die ganze Mundöffnung ist mit Flimmerhaaren besetzt.

Der Thorax wird umgeben von einem außerordentlich stark entwickelten Kragen, der sich als große, einheitliche Ausstülpung der Körperhaut darstellt. Die freien Ränder liegen an der Dorsalseite übereinander. Nach vorn ragen sie etwas über die Kopfklappen hinaus, und hinten bedecken sie noch einen Teil der borstenlosen Region. Der Thorax ist aus 3 Segmenten verschmolzen. Dementsprechend besitzt er 3 Paar Parapodien mit Haarborsten. Hinter dem 2. und 3. Paare finden sich je 1 Paar Hakenwülste. Die Haarborsten können mit samt den Parapodien ganz und gar eingezogen werden. Außer den Borsten trägt der Thorax noch zwei in der Höhe des 1. Parapodienpaares gelegene und mitunter durch die Excretmassen grau gefärbte, ventrale Bauchschilde. An den hintern dorsalen Rändern des Kragens findet sich 1 Paar länglicher Anhäufungen von Drüsenzellen, die am lebenden Tiere durch die weißgraue, gekörnte Oberfläche auffallen. Im Innern des Thorax (Taf. 3, Fig. 23) erkennt

man leicht das grüne Schlundringgefäß mit seinen Verzweigungen und die gelblich-grüne thoracale Niere (Ne). Die Wimperung dieses letzten Organs, besonders die des Trichters, ist selten gut zu erkennen. Man sieht daher auch den medianen Ausführung nur, wenn sich gerade Excretmassen darin befinden. Die auf einer kleinen, dicht mit Flimmern besetzten Papille gelegene äußere Öffnung der Nephridie ist dagegen leicht aufzufinden.

An den Thorax schließt sich analwärts zunächst eine borstenlose Region an, die bisweilen so lang wie der ganze Thorax ist. Der Querschnitt dieses Körperteils ist fast kreisrund, nur am hintern Abschnitt zeigt sich eine kleine Hautfalte (Taf. 1. Fig. 1 *Fl. Ri*), die sich weiterhin zu der dorsalen Flimmerrinne erweitert.

Am Abdomen habe ich bei ausgewachsenen Tieren 30—40 Segmente gezählt, davon sind die beiden ersten das ganze Jahr hindurch mit mehr oder weniger entwickelten Eiern, die hintern stets mit Sperma erfüllt. Die Segmente sind dorsiventral abgeplattet und an der Rückenseite durch die ziemlich tiefe Wimperrinne eingekerbt. Wie am Thorax liegen die Haarborstenparapodien dorsal, die Haken wülste ventral. Die abdominalen Nephridien sind äußerst schwer sichtbar zu machen. Verhältnismäßig am leichtesten findet man noch die bewimperte Öffnung, die an der ventralen Basis der Haarborstenparapodien liegt. Schleifenkanäle und Trichter sind nur zu sehen, wenn es gelingt ein Tier zu finden, welches seine Samenmassen ziemlich vollständig entleert hat. Die Kanäle sind außerdem zum größten Teil verdeckt durch leuchtend rot gefärbte Pigmentzellen. Das letzte Segment des Abdomens ist von drüsiger Beschaffenheit und trägt keine Borsten.

Am lebenden Tiere erkennt man ferner noch leicht die Afteröffnung und den dicht mit Cilien besetzten Darmkanal. Der Magen ist außer durch die Flimmerung noch durch die kräftige braunblaue Farbe kenntlich. Vom Nervensystem und der Munddrüse habe ich am lebenden Tiere wie an Totalpräparaten nie etwas gesehen.

2. Die Körperhaut.

Die Körperhaut der Spirorben besteht, wie bei den normalen Anneliden, aus der Cuticula und der Hypodermis. Die Cuticula ist keine homogene Haut, sondern sie wird von vielen kleinen Poren durchbrochen. Die Hypodermis wird gebildet von einer Lage von mehr oder weniger schmalen, mit Ansläufem versehenen Stütz-

zellen und bauchigen Drüsenzellen. Darunter liegen an vielen Stellen, besonders aber in den Bauchschilden (s. S. 13), noch eine oder mehrere Schichten von unregelmäßig geformten Zellen (Taf. 2, Fig. 19 *EZ*), die nach SOULIER (44, p. 294) dazu bestimmt sind, die bei der Schleimabsonderung zugrunde gehenden äußeren Zellen zu ersetzen. Da bei den Spirorben die Hautsecretion nicht so bedeutend ist wie bei den andern Serpuliden, so ist auch die Ersatzzellenschicht im allgemeinen viel schwächer entwickelt. An den Kopfanhängen habe ich sie gar nicht finden können. Auf die Form und Verteilung der Zellen in den verschiedenen Körperregionen möchte ich im Folgenden kurz eingehen.

Die Außenseite der Kiemenfäden (Taf. 3, Fig. 24) zeigt ziemlich hohe Cylinderzellen, deren Kerne nahe der dicken Cuticula liegen. Das Plasma ist fast ganz homogen und färbt sich auch mit Anilinfarbstoffen¹⁾ sehr schwer. Nur in der Nähe der Kerne sieht man oft eine Anzahl feiner Körnchen, die leicht tingiert sind. Die bewimperten Zellen der Innenseite der Hauptfäden sind viel kleiner, oft nur $\frac{1}{2}$ — $\frac{1}{3}$ so groß wie die äußeren. Die Cuticula ist dünn, und die Kerne liegen nicht in ihrer Nähe, sondern etwa in der Mitte der Zellen. Das Plasma färbt sich ziemlich kräftig und hat in seiner ganzen Ausdehnung eine körnige Beschaffenheit. Zwischen den Körnerzellen liegen vereinzelt Drüsen (*DrZ*), die meist kernlos sind und ein dunkelgefärbtes homogenes Plasma aufweisen. Die Seitenästchen (Taf. 3, Fig. 25) der Kiemen zeigen denselben histologischen Bau wie die Hauptfäden.

Das Epithel des Operculums (Taf. 3, Fig. 26) besteht aus Cylinderzellen von der Art, wie sie die Außenseite der Kiemenfäden aufweist. Die Cuticula ist außen beträchtlich dicker als innen. An dem vordern Ende, wo die Ausscheidung der Kalkplatte stattfindet, ist das Epithel sehr niedrig und hat eine dünne Cuticula, die wie zerfressen aussieht.

Die geschilderten Verhältnisse der Histologie der Körperhaut bleiben an den seitlichen Kopflappen, den beiden Palpen und dem vordersten Teil des Thorax annähernd dieselben.

Einen etwas abweichenden Anblick gewährt wieder das Epithel

1) Wenn ich im Folgenden von der Farbe der Zellen spreche, so meine ich, wenn nichts anderes bemerkt ist, immer die durch die Behandlung mit DELAFIELD'schem Hämatoxylin und EHRLICH'schem Triacidgemisch erlangte Tinktion.

des Kragens (Taf. 2, Fig. 17). Die zunächst vereinzelt auftretenden Drüsenzellen werden weiter analwärts sehr zahlreich und bilden die sogenannten ventralen Bauchschilde (Taf. 2, Fig. 19). Diese erweisen sich als ziemlich scharf begrenzte Komplexe von hohen blaßblauen aufgetriebenen Zellen, deren Kerne ganz an das proximale Ende gerückt oder gar nicht aufzufinden sind. In der Mitte der ovalen Bauchschilde findet sich eine ziemlich tiefe Grube, oder eine Art von Ausführgang, der mit noch längern hellgrün gefärbten Zellen (*Dr. Z₁*) angefüllt ist. Die offenbar im Zerfall begriffenen Zellen (*Dr. Z₂*) im Grunde der Grube erscheinen dagegen dunkelblau. Zellgrenzen sind nur noch an einzelnen Stellen zu erkennen. Die Cuticula des Schildes scheint nur teilweise erhalten zu sein. Sie färbt sich wenig und ist von einer Schleimschicht überlagert. Es hat fast den Anschein, als ob die seitlichen Teile des Schildes die starkgefüllten Zellen nach dem Grunde der Grube hindrängen, wo sie dann abgestoßen und durch den Ausführgang, der mit keiner Cuticula bedeckt ist, nach außen befördert werden.

Eine ähnliche Anhäufung von Drüsenzellen wie in den Schilden findet sich auch noch an den hintern dorsalen Ecken und in geringem Grade an dem ventralen Rande des Kragens (Taf. 1, Fig. 1), doch sind die Zellen nicht so lang wie die Schildzellen und eine zentrale Vertiefung fehlt gänzlich. Die Kragendrüsen nehmen bei der Behandlung mit EHRLICH's Triacidgemisch denselben hellgrünen Ton an wie die innern Teile des Bauchschildes.

Wieder ein anderes Bild gibt die Körperhaut der borstenlosen Region (Taf. 2, Fig. 20). Statt der zusammenhängenden Drüsenkomplexe findet sich hier ein Epithel, das aus einem Gemisch von Drüsen und Stützzellen gebildet ist. Doch überwiegen die letztern ziemlich stark. Diese Verhältnisse ändern sich nur wenig (Taf. 2, Fig. 18) bis zum letzten Segment des Abdomens (Taf. 2, Fig. 21), wo wieder eine starke Anhäufung der grün gefärbten Drüsenzellen stattfindet.

Anschließend an die Besprechung der Körperhaut möchte ich noch die Pigmentzellen behandeln, die im Abdomen und an der konkaven Seite der borstenlosen Region dem Epithel von innen aufsitzen und auch einen Teil der Wandungen des Darmes, der Blutgefäße und besonders der Borstendrüsen und Nephridien bedecken. Die unregelmäßig geformten Zellen sind meistens ziemlich groß und zeigen langsame, aber deutliche amöboide Bewegungen. Das Plasma ist mit blaßroten bis kräftig zinnoberroten Körnchen angefüllt,



daneben finden sich manchmal viele helle Vacuolen. Außerdem sind noch kernähnliche Einschlüsse und zwar gewöhnlich in der Mehrzahl vorhanden. Sie sind blaßgelb bis dunkelkarminrot, doch kommen besonders am Ovarium auch dunkelbraun gefärbte vor. Die am Darm sitzenden Zellen haben gewöhnlich eine sehr blasse Färbung.

3. Die Kopfanhänge.

die Organe der Ernährung und die Munddrüse.

Bevor ich zur Besprechung des eigentlichen Verdauungstractus übergehe, möchte ich kurz die Kopfanhänge behandeln, die ja zum Teil die Aufgabe haben, die Nahrung herbeizuschaffen. Über die Zahl und äußere Gestalt der Kiemen sowie über die Beschaffenheit ihres Epithels habe ich schon in den vorhergehenden Abschnitten gesprochen. Die Querschnitte (Taf. 3, Fig. 24 u. 25) geben ein Bild der innern Organisation. Zwischen den beiden Längsmuskeln liegt der Nerv und darüber das unpaare Blutgefäß. Die linke Hälfte der Figur zeigt die Abzweigung des Gefäßes und des Muskels für die Seitenästchen, die im übrigen genau den gleichen Bau haben wie die Hauptfäden. In der peritonealen Cavität (*LII*) befinden sich stets eine Menge von Leucocyten (*Leu*).

Das Operculum (Taf. 3, Fig. 26) ist im Gegensatz zu den Kiemen mit einem Bindegewebe erfüllt, das auf der ganzen Länge des Stieles den Raum zwischen den zerstreuten Muskelfasern und den Blutgefäßen erfüllt. Die Deckelplatte ist eine einfache ovale Scheibe, die in der Mitte am dicksten und kalkig, an den Rändern dünner und chitinig durchsichtig ist. Die verschiedenen Stadien der Abstoßung eines für den Durchmesser der Röhre zu klein gewordenen Deckels kann man bisweilen beobachten. Die sich ablösende Platte wird zuerst noch durch eine äußere Chitinhaut gehalten. Bald aber beginnt diese einzureißen, der alte Deckel fällt ganz ab, und die Absonderung des neuen beginnt.

Ich möchte hier eine eigentümliche, vielleicht pathologische Bildung erwähnen, die mir nur wenige Male zu Gesicht gekommen ist. Es war dies ein Operculum von der in Taf. 1, Fig. 15 abgebildeten Form. Der Stiel zeigt an dem vordern Ende einige größere Öffnungen, die zu ziemlich tiefen, mit braun gekörntem Epithel ausgekleideten Höhlungen führen. Eine Kalkplatte fehlte. Da die Öffnungen im Deckel Form und Größe der Eier haben, sieht es bei ungünstiger Lage des Objekts leicht so aus, als ob sich

Geschlechtsprodukte im Stiel befänden, wie M. A. SCHIVELY (41, p. 153) es beschreibt und abbildet. Ich habe jedoch niemals eine Beobachtung gemacht, die eine Entleerung der Ovarien durch das Operculum bestätigen könnten und auch niemals bei *Spirorbis borealis* Eier im Thorax und im Deckelstiel gefunden. SCHIVELY wird sich hier getäuscht haben.

Die Palpen haben einen ähnlichen Bau wie die Seitenfäden der Kiemen, nur der Nerv ist verhältnismäßig bedeutend kräftiger.

Die Träger der beschriebenen Kopfanhänge, die beiden seitlichen Kopflappen, sind an der Innenfläche dicht mit Cilien besetzt und bilden an ihrer Basis die Uförmige Mundöffnung. Diese und das ganze Darmrohr sind ebenfalls mit einem Flimmerepithel ausgekleidet. Trotzdem zeigen die drei deutlich hervortretenden Abschnitte des Verdauungstractus, Ösophagus, Magen und Enddarm ziemlich große histologische Verschiedenheiten. Das Epithel der Speiseröhre (Taf. 2, Fig. 17) besteht aus einer gleichmäßigen Lage von Cylinderzellen. Diese sind mit einer deutlichen Cuticula bedeckt und tragen Cilien, die so lang wie der ganze Zelleib sind. Der ovale oder kreisrunde, mit mehreren Nucleolen versehene Kern liegt nahe der Basis der Zellen und füllt fast die ganze Breite derselben aus. Das Plasma zeigt eine äußerst feine Granulierung, die dicht und gleichmäßig ist. Zwischen diesen Cylinderzellen liegen besonders im vordersten Abschnitt des Ösophagus aufgetriebene homogen und farblos erscheinende Drüsenzellen und daneben noch vereinzelte grün oder grünblau gefärbte. Die grünen haben ein granuliertes Plasma. Die Kerne sind im vordern Teil des Ösophagus viel undeutlicher und kleiner als in den übrigen Abschnitten. In den Drüsenzellen fehlen die Kerne oder sind an die Basis gedrängt. Die Cilien nehmen im Ösophagus von vorn nach hinten an Länge zu. Im Mundteil ist die Höhe der Zellen nur noch halb so groß wie im drüsenlosen Teil.

An der Übergangsstelle vom Vorderdarm in den Magen wird das Epithel beinahe kubisch, ist aber sonst genau von der Art wie im drüsenlosen Teil der Speiseröhre. Die dann folgenden Zellen des Mitteldarmes (Taf. 2, Fig. 20) zeigen im lebenden Zustande eine braunblaue und am konservierten Material eine grüngelbe Farbe, welche durch kleine Körnchen, die besonders gegen das Darm-lumen hin im Plasma eingelagert sind, hervorgebracht wird. Im übrigen ist jedoch das Plasma bis auf einen schmalen rötlichen, unter der Cuticula gelegenen, homogenen Saum geradeso gefärbt

und granuliert wie das des Ösophagus. Die Kerne haben mehrere Nucleoli und sind basal gelagert. Vereinzelt finden sich noch im Epithel des Magens schmale dunkel gefärbte scharf hervortretende Zellen mit undeutlichen Kernen. Der überall im Darmtractus deutlich erkennbare Cuticularsaum wird durchbohrt von langen Cilien, die anscheinend bisweilen zu kleinen Trichtern verklebt sind.

Im Enddarm (Taf. 2, Fig. 18) zeigt das Epithel zunächst noch dieselbe Beschaffenheit wie im Magen, nur wird es niedriger, und die dunklen eingelagerten Zellen finden sich nicht mehr. Weiterhin nehmen die Körnchen des Plasmas an Zahl ab und fallen schließlich ganz fort. Am Körperende wird das Epithel kubisch, hat runde Kerne, eine dünne Cuticula und sehr lange Flimmerhaare. Kurz vor dem After werden die Zellen plötzlich wieder sehr lang und bilden den schon (S. 13) erwähnten Analdrüsenkomplex (Taf. 2, Fig. 21).

Die Munddrüse.

An der Dorsalseite der Mundöffnung liegt dem Darm aufsitzend eine kleine, längliche, unpaare Drüse (Taf. 3, Fig. 23 u. Taf. 2, Fig. 17 *M. Dr.*), die aus Zellen mit außerordentlich großen Kernen besteht. In dem ziemlich weiten Lumen der Drüse findet sich besonders am Grunde eine Menge von sehr dunkel gefärbtem Excret. Das Plasma der Zellen sieht fast homogen aus. Von einem Flimmerepithel war nichts zu erkennen. Diese Munddrüse, die auch bei andern Serpuliden, z. B. *Hydroides*, wohl ausgebildet ist, wird von E. MEYER und A. SOULIER gar nicht erwähnt.

4. Die Muskulatur.

Die Längsmuskulatur der Spirorben besteht wie bei allen Anneliden aus 4 Hauptsträngen, 2 dorsalen und 2 ventralen, die jederseits nahe den Medianlinien des Körpers verlaufen. Im Abdomen sind sämtliche Längsmuskeln bedeutend schwächer als in den vordern Körperteilen. Im Thorax teilen sich sowohl die dorsalen als auch die ventralen Bündel. Der eine Teil heftet sich an die Wand des Ösophagus an, der andere sendet seine Ausläufer in die Kiemen und den Deckel, und zwar erhält der Deckel eine beträchtliche Menge von Fasern, während die Kiemen nur je 2 sehr feine bekommen.

Die Ringmuskulatur habe ich am Hinterende des Körpers überhaupt nicht mit Sicherheit nachweisen können. Erst kurz vor

der borstenlosen Region finden sich stärkere Fasern. Der Magen und besonders der Ösophagus ist schon mit einer wohlentwickelten Faserschicht umgeben. In den Kopflappen erreichen die Muskeln ihre größte Ausbildung, indem sie hier einen kräftigen Ring bilden, der rechts und links herumlaufende Fasern in die Kopfanhänge abgibt. Es erhält also z. B. ein Kiemenfaden 1. Fasern vom ventralen Strange, 2. vom dorsalen, 3. rechts vom Ring, 4. links vom Ring. Sämtliche Bündel laufen an der Basis des Kiemenfadens getrennt und ermöglichen eine Bewegung nach allen Seiten. Die Kopflappenringmuskulatur hat wohl die Aufgabe, den Kiementrichter beim Rückzug des Tieres in die Schale zu schließen. Von der thoracalen Ringmuskulatur zweigt ein Teil ab und durchzieht in verschiedenen Richtungen den Zwischenraum zwischen den beiden Blättern des Kragens.

Die Muskulatur der Parapodien zeigt die bekannte Anordnung. Die Stränge heften sich einerseits an dem proximalen Ende der Borstendrüse und anderseits an dem Körperepithel an. Die 3 Paar thoracalen Haarborstenbündel sind mit kräftiger Muskulatur versehen, während die Haarborsten des Thorax und die sämtlichen Hakenwülste nur sehr schwach mit Muskelfasern ausgerüstet sind.

Transversalmuskeln habe ich nur im Thorax gefunden. Sie gehen vom dorsalen und ventralen Körperepithel zum Darm.

5. Die Borsten und Parapodien.

Die Parapodien sind bei den Spirorben am Thorax wohlentwickelt, am Abdomen dagegen stark reduziert. Wie ich schon (S. 10) ausgeführt habe, können die Haarborstenbündel am Thorax ganz eingezogen werden. Sämtliche Bündel bestehen aus 2 Lagen von langen Haarborsten, von denen die eine ein wenig tiefer im Borstensack steckt als die andere. Die höher gelegene Gruppe des ersten Bündelpaares ist gezähnt in der Weise, wie es Fig. 10, Taf. 1 zeigt. Alle übrigen thoracalen Haarborsten sind glatt. Nur mit allerstärksten Vergrößerungen erkennt man eine sehr feine Auszackung des einen Randes (Taf. 1, Fig. 11). Die zu den beiden letzten Haarborstenbündeln gehörenden Hakenreihen liegen dicht hinter diesen auf ziemlich hohen Wülsten und sind nach der ventralen Seite verschoben. Die Haken sitzen ziemlich eng aneinander, etwa mit borstenbreitem Zwischenraum. Die am weitesten dorsal gelegenen Haken sind etwa doppelt so groß wie die am entgegengesetzten

ventralen Ende der Reihe. Taf. 1, Fig. 2 u. 3 zeigen eine einzelne Borste von oben und von der Seite. Selbst mit Anwendung von starken Ölimmersionssystemen ist es noch schwierig, über den Bau eines Hakens Klarheit zu gewinnen. Es hat den Anschein, als ob das ganze Gebilde aus übereinander gelagerten feinen Blättchen bestände, die die in Taf. 1, Fig. 6 u. 7 abgebildete Form haben und die an dem im Körper steckenden Ende ganz durchsichtig sind.

Die abdominalen Haarborsten ragen nur mit dem vordersten gekämmten Ende aus dem Körper hervor. Eigentliche Parapodien finden sich hier nicht. Die Form der Borsten gibt Taf. 1, Fig. 9 wieder. Die Hakenreihen des Abdomens liegen wie am Thorax ventral von den Haarborsten etwa in der Mitte der Segmente. Die Borsten sind noch bedeutend kleiner als die thoracalen, sonst aber von ganz ähnlichem Bau. Verschiedene Ansichten geben die Figg. 4 u. 5, Taf. 1. Sämtliche Haken richten das dünne Uförmig ausgekerbte Ende dem Kopfe zu.

Die Borsten der Spirorben sind außerordentlich zähe und lassen sich mehrmals nach verschiedenen Richtungen biegen, ohne zu zerbrechen. Diese Eigenschaft findet sich noch in verstärktem Maße bei jungen Tieren.

6. Die Excretionsorgane.

Das Excretionsorgan des Thorax (Taf. 1, Fig. 13) besteht wie bei allen Serpuliden aus 2 ziemlich ansehnlichen gewundenen Schläuchen, die innen mit je 1 Flimmertrichter und außen mit je 1 gemeinsamen Ausführgang versehen sind.

Der Trichterkanal, der sich seitlich von dem blind endigenden mittlern Teile abzweigt, ist von einem Flimmerepithel ausgekleidet, dessen Zellen ganz farblos sind und keine Excretkörnchen führen. Der Kanal ist daher am lebenden Tiere schlecht zu sehen. Man erkennt ihn nur bei günstiger Lage an der Flimmerung. Von der Form des Trichters und seiner Zellen habe ich keine gute Anschauung bekommen können, da ein Herauspräparieren des Organs nicht gelang und die Längs- und Querschnitte immer nur Teile des Trichters mit undeutlichen Zellgrenzen lieferten.

Der mittlere secernierende Teil der Nephridie besteht aus sehr großen bauchigen und dicht mit gelblichen Excretkörnern angefüllten Flimmerzellen.

Das Epithel des Ausführganges ist niedrig und farblos.

Über die abdominalen Nephridien, die als Excretions-

organe bei den Röhrenwürmern übrigens wohl keine große Bedeutung haben, kann ich kaum mehr sagen, als ich schon bei der Besprechung der allgemeinen Körperform erwähnt habe. Die Rekonstruktion der Kanäle nach Serienschnitten wollte mir nicht gelingen, weil die ganze Leibeshöhle immer mit großen Massen von Spermatozoen und Leucocyten erfüllt ist, deren Kerne schlecht von denen der Nephridialzellen zu unterscheiden sind. Die Wandungen der Schläuche bestehen jedenfalls aus sehr flachem Flimmerepithel.

7. Das Gefäßsystem.

Über das Gefäßsystem größerer Arten von Röhrenwürmern finden sich schon bei ältern Autoren einige Bemerkungen. Eine zusammenfassende Darstellung der Ergebnisse bis 1887 gibt E. MEYER in seinen „Studien über den Körperbau der Anneliden“ (p. 567–578). Diese ältern Beschreibungen des Gefäßsystems weichen in manchen Punkten von den Resultaten meiner Untersuchungen ab, während die von MEYER gemachten Angaben über die Gefäße der Serpulaceen im allgemeinen damit übereinstimmen.

Die Abzweigung des Rückengefäßes (Taf. 3, Fig. 23) vom Schlundring findet auch bei den Spirorben in der Höhe des Gehirns statt. Der Ring zieht sich indessen nicht durch mehrere Segmente hin, sondern reicht kaum bis zu den ersten thoracalen Borstenreihen. Das Bauchgefäß bleibt von hier bis zum After ganz vom Darm gesondert, während das Rückengefäß sich am Anfang des Magens zu einem, den ganzen Darm umfassenden, Sinus erweitert. (Die Erweiterung ist in der Figur nicht angegeben.)

Möglicherweise hat diese starke Erweiterung COSMOVICI (15. p. 327–329) zu der Behauptung veranlaßt, daß bei *Myxicola* und *Sabella* 2 ventrale Gefäße vorhanden seien. Es wird nämlich, wenigstens bei den Spirorben, durch die Krümmung des Körpers und das Anpressen des Darmes an die konvexe Körperseite das Blut des Sinus nach der konkaven Seite gedrängt, und es sieht in der Tat beim lebenden Tiere so aus, als ob gar kein Sinus, sondern nur 2 ventrale Gefäße vorhanden wären.

Die beiden Längsgefäße des Körpers sind an der Grenze je zweier Segmente des Abdomens durch ein Ringgefäß miteinander verbunden. Von diesem Ringgefäß zweigt an jeder Seite des Körpers ein ziemlich kräftiger Ast ab, der sich um die Haarborstendrüse windet und hier blind endigt. Weitere Capillaren habe ich im Abdomen nicht entdecken können. In der borstenlosen Region und im

Thorax finden sich keine Ringbahnen. Vom Schlundring geht jederseits ein größeres Gefäß ab, das sich distalwärts wendet, um sich zwischen den beiden Blättern des Kragens in viele feine Capillaren zu verzweigen, die ebenfalls blind enden. Das Studium des lebenden Materials könnte wohl zu der Annahme verleiten, daß es sich um eine Plexusbildung zwischen dem Schlundring und den abdominalen Längsstämmen handelte, wie sie CLAPARÈDE (13, p. 74—95) beschreibt. Nach vorn gibt der Schlundring die beiden Kiemengefäße ab, die sich im Kopflappen in die Hauptfäden und von dort in die Seitenfäden verzweigen. Im Operculum teilt sich das Gefäß manchmal schon auf der halben Länge des Stieles. Jedenfalls findet aber dicht unter der Kalkplatte eine sehr reiche Verzweigung statt. Hier und in den Kiemen vereinigen sich die Capillaren nicht wieder miteinander und sind oft, wie im Kragen und an den abdominalen Borstendrüsen, mit kleinen kolbigen Endampullen versehen.

Ein eigentlicher Blutkreislauf ist bei einem derartigen Gefäßsystem nicht möglich; das Blut muß meistens in denselben Bahnen vor- und rückwärts fließen. Dennoch scheint der vordere Teil des Sinus die Funktion eines Herzens zu haben. Die einander in Abständen von einigen Sekunden folgenden Blutwellen bewegen sich von hinten nach vorn. Auch in den Kiemen erkennt man kräftige Kontraktionen der Capillaren.

Die Wandungen der Gefäße und des Sinus sind außerordentlich dünn. Man sieht nur eine zarte Lamelle mit einzelnen aufgelagerten länglichen Kernen und feinen Fasern. Ob es sich hier um Muskeln oder elastische Fasern handelt, vermag ich nicht zu entscheiden. Bei der Beobachtung der lebenden Tiere habe ich immer den Eindruck gewonnen, daß bei der Fortbewegung der Blutflüssigkeit außer der Kontraktion der Gefäßwände noch die Körper-ringmuskulatur eine Rolle spielt. Hiermit stimmt die Tatsache überein, daß gerade in der borstenlosen Region, wo die Pulsation am auffälligsten hervortritt, die Ringmuskulatur ziemlich kräftig ist. Die Blutbewegung würde man sich demnach so vorzustellen haben, daß die Flüssigkeit bei einer Kontraktion dieser Muskeln in die Capillaren getrieben würde und bei der wieder erfolgten Ausdehnung durch die Elastizität oder auch die Kontraktionen der Gefäße zum Teil wieder zurückflösse. Im Abdomen kann wegen der vielen Ringbahnen ebenfalls nur ein mangelhafter Kreislauf stattfinden.

Das Blut hat eine hellgrüne Farbe und erscheint unter

dem Mikroskop als eine homogene Flüssigkeit mit Fetttröpfchen, kleinen, verschieden gefärbten Körnchen und spärlichen lymphoiden Zellen. Diese letztern zeigen dieselben Bewegungen und Fortpflanzungserscheinungen, wie sie von W. KÜKENTHAL (24) bei andern Anneliden gefunden sind. Das Ausstrecken der Lobopodien geschieht schneller als bei den Amöben, und die Teilung der Zellen erfolgt innerhalb weniger Minuten. Hierbei konnte auch ich von einer Caryokinese nichts bemerken. Der grüne Farbstoff des Blutes ist in der Flüssigkeit gelöst, denn die lymphoiden Zellen sind selber vollkommen weiß und durchsichtig.

8. Die Respirationsorgane.

Die Arbeiten über die Respiration der Polychäten haben in neuerer Zeit Resultate gezeitigt, die mit den Ergebnissen der ältern Forschungen im Widerspruch stehen. Während man früher annahm, daß besonders die von Blut stark durchspülten Organe der Atmung dienen, ist jetzt besonders von BOUCHUROL (5) durch eingehende quantitative und qualitative Untersuchungen nachgewiesen worden, daß die Körperhaut die Hauptrolle im Gasaustausch spielt. Nach der ältern Theorie müßten bei den Spirorben besonders die Kiemen, der Deckel und der Kragen der Atmung dienen, da sich hier besonders viele Blutgefäße vorfinden. In zweiter Linie würden die abdominalen Haarborstensäcke, die ganz mit einer Capillare umwunden sind, in Betracht kommen. Mit dieser Anschauung ist die starke Verzweigung des Operculumgefäßes unter dem Deckel nicht recht in Einklang zu bringen, denn an dieser Stelle ist ein Gasaustausch schlecht möglich, da die Kalkplatte dem Gewebe dicht aufliegt und ein Herantreten des Wassers an das Epithel nicht stattfinden kann. Ob im übrigen die Kiemen wirklich atmen (oder nur Greiforgane sind, wie BOUCHUROL meint), oder ob die ja auch bei den Spirorben vorhandene stark drüsige Körperhaut diese Funktion übernimmt, habe ich nicht näher untersucht.

Eigentümlich bleibt die bei den Röhrenwürmern wohl als Anpassung an Ebbe und Flut ausgebildete Fähigkeit, sehr lange ohne Wasser leben zu können. Wie ich schon erwähnt habe, kann man lebendes Material auf feuchten Algen mehrere Wochen aufbewahren. Aber auch im heißen Sande des Strandes halten sich die Tiere mehrere Tage. Dabei ist die Schale meist fest verschlossen. Erst einige Zeit vor dem Absterben kommen die Kopfanhänge zum

Vorschein. Man muß annehmen, daß die Würmer genügend Reservestoffe aufgespeichert haben, um die Trockenheit zu überstehen.

9. Das Nervensystem.

Das Gehirn (Taf. 1, Fig. 14) besteht im wesentlichen aus 2 kugligen Massen, die durch eine breite Brücke miteinander verbunden sind. Von den beiden Gehirnhälften zweigen sich nach vorn die beiden Nerven für die Palpen ab und mehr seitwärts 2 starke Stränge, die sich bald wieder zu einem Ganglienknoten verdicken und von dort die Nerven in die Kopfanhänge entsenden. Ventralwärts und nach hinten setzt sich das Gehirn jederseits in den Schlundring fort, dessen beiden Äste an der Bauchseite eine Anschwellung zeigen und sich dann in der borstenlosen Region so eng aneinanderlegen, daß auf Querschnitten durch das Abdomen nur noch 1 Strang zu erkennen ist. In den letzten Segmenten ist das Bauchmark kaum noch nachzuweisen. Die Verteilung der Gewebe im Gehirn entspricht den Verhältnissen bei den typischen Anneliden. Die Fasermasse wird zunächst eingeschlossen von den Ganglienzellen und diese wieder von einer bindegewebigen Scheide. Die äußere Hülle ist ziemlich dünn und hat eher das Ansehen einer fast homogenen Membran als das einer Faserschicht. Die Ganglienzellen haben entweder kleine, sich stark färbende oder größere hellere Kerne mit mehreren Nucleolen, nicht nur mit ein oder zweien, wie ROUDE [(40), p. 1—81] es bei andern Polychäten beschreibt. Auch sind die Unterschiede zwischen den beiden Kernarten nicht sehr bedeutend. Oftmals findet man besonders in der Ganglienzellenpartie größere helle Flecke, die möglicherweise mit den ROUDE'schen Paramitominseln identisch sind. Längere Neuralkanäle im Bauchmark habe ich nicht mit Sicherheit nachweisen können.

10. Die Geschlechtsorgane.

Wie viele Röhrenwürmer, sind auch die Spirorben Zwitter. Bei *Spirorbis borealis* bilden sich in den beiden ersten Segmenten des Abdomens die Eier, in den übrigen das Sperma. Eigentliche Geschlechtsdrüsen finden sich ebensowenig wie bei andern Serpuliden.

Die Eier trifft man im Ovarium stets in Haufen, die durch eine dünne Membran zusammengehalten werden. Woher diese Hülle stammt, ob sie ursprünglich eine Aussackung des Peritoneums ist oder von den Geschlechtszellen ausgeschieden wird, habe ich nicht

ermitteln können. Der Inhalt der jungen weiblichen Geschlechtszellen besteht aus einem hellgrauen Plasma mit großem bläschenartigen Kern. In den spätern Stadien werden die Eier braungelb. Die dünne Schale bleibt immer biegsam und elastisch, sodaß das Ovarium wie ein Gewebe von polygonalen Zellen aussieht. Die jungen Eier zeigen oft eine besondere lebhaft, nach verschiedenen Richtungen erfolgende rotierende Bewegung. Die Zahl der Eier in jedem Segment kann 30 und mehr betragen; vielfach sind alle Entwicklungsstufen in einem Tiere vorhanden.

Die Bildung der Samenfäden läßt sich ebenfalls an einem einzigen Exemplar verfolgen. Vom Peritoneum fallen die Samennutterzellen in die Leibeshöhle und bilden hier die kuglig beerenförmigen Gebilde, die man fast in jedem geschlechtsreifen Tiere zu allen Zeiten auffinden kann. Nach und nach lockern sich die Teile der immer kleiner werdenden Beere und bilden die Schwänze und Kopfspitzen aus. Schließlich lösen sich die Spermatozoen ab. An ihnen kann man deutlich den Kopf mit einer ziemlich langen und dünnen Spitze, den Hals und den Schwanz erkennen.

11. Die Fortpflanzung.

Die Vermehrung der Spirorben erfolgt, soweit meine Beobachtungen reichen, nur durch geschlechtliche Fortpflanzung. Um eine Selbstbefruchtung zu verhindern, reifen die männlichen und weiblichen Geschlechtsprodukte der zwittrigen Tiere zu verschiedenen Zeiten, und zwar werden zuerst die Spermatozoen durch die Nephridien in das Wasser entleert. Sie dringen in die Schale anderer Tiere ein und befruchten die in der dorsalen Flimmerrinne lagernden Eier, welche durch eine Haut zusammengehalten werden und eine lange Schnur bilden (Taf. 1, Fig. 8). Diese Haut ist wahrscheinlich mit der S. 22 beschriebenen Membran identisch. Die Embryonen entwickeln sich ganz und gar auf dem Rücken des Muttertieres. Das Larvenleben ist nach den Beobachtungen verschiedener Autoren ein sehr kurzes. Hierdurch erklärt sich auch die Tatsache, daß die Larven so selten im Plankton oder auch im Aquarium gefunden werden, während ganz junge beschaltete Tiere auf den Algen leicht aufzufinden sind. Die Entleerung der Geschlechtsprodukte scheint 2mal im Jahre, und zwar im Herbst und im Frühjahr, stattzufinden. Besonders im Frühjahr trifft man sehr viele kleine Exemplare an. Die Würmer erlangen nach etwas mehr als einem halben Jahre ihre volle Körper-

größe. Aus den Beobachtungen an den im Aquarium gezüchteten Tieren und aus der Größe der zu verschiedenen Zeiten frisch aus der See bezogenen Exemplare glaube ich schließen zu können, daß die Spirorben nach der zweiten Brutzeit absterben, also nur etwa 1 Jahr alt werden.

III. Teil.

Die Unregelmäßigkeiten des Körperbaues.

Die Unregelmäßigkeiten im Körperbau der Spirorben sind mehrfacher Art.

Erstens ist das Kopfbende des Tieres gegen das Hinterende um die Längsachse des Körpers gedreht.

Zweitens sind abgesehen von dieser Drehung noch Organe verlagert.

Drittens sind die innern Organe kürzer als die äußern, weil die Tiere aufgerollt sind. (Als Innenseite bezeichne ich die konkave Seite der Schale, als Außenseite die konvexe.)

Viertens sind die Organe auf der einen Seite des Körpers stärker oder schwächer entwickelt als auf der andern.

Die Drehung und die Verlagerung.

In der schematischen Fig. 22, Taf. 3, die im übrigen die weiter unten beschriebene Muskulatur darstellen soll, ist die Mittellinie der Rückenfläche (*D. Ml*) dünn, die der Bauchfläche (*V. Ml*) dick ausgezogen. Das Tier kehrt an seinem Hinterende fast genau die Ventralseite (*V*) dem Zentrum des Gehäuses zu. In den vordersten Segmenten des Abdomens hat sich aber die ventrale Medianlinie schon ein wenig der freien obern Wölbung der Schale zugewandt. In der borstenlosen Region wird die Verdrehung plötzlich viel stärker, um im Thorax wieder beträchtlich abzunehmen. Das Resultat ist das, daß der Wurm am Kopfbende die Dorsalseite (*D*) der Unterlage und die Ventralseite (*V*) der freien Oberfläche der Schale zukehrt. Wenn der Beobachter in den Kiementrichter hineinsieht und sich das Hinterende des Tieres festgelegt denkt, erscheint ihm der Körper des Wurmes von der Afteröffnung bis zur Deckelplatte um etwa 90° im Sinne des Uhrzeigers um die Längsachse gedreht.

An dieser Drehung nehmen mehr oder weniger alle Organe des Körpers teil. Man sieht an einem in seinem

Gehäuse fixierten Tiere leicht, daß die abdominalen Parapodien (*Ha. B.*, *Hk. B.*) vorn eine etwas mehr dorsale Stellung einnehmen als hinten (Taf. 1, Fig. 1). In der borstenlosen Region erkennt man die Drehung sehr gut an dem Verlauf der Rückenfurche (*Fl. Ri*) (Taf. 1, Fig. 1 u. 12). Ebenso leicht läßt sich die Drehung der stark ausgebildeten ventralen Muskulatur an Totalpräparaten verfolgen. Am Thorax geben die Parapodien wieder den Drehungsgrad an. In Fig. 1, Taf. 1 sieht man auf der linken Seite des Tieres noch sehr deutlich den letzten Hakenwulst und das Haarborstenbündel. Das mittelste Bündel ist auch noch gut sichtbar, von der Hakenreihe aber nur mehr die ventrale Hälfte. Vom 3. Haarborstenbündel sind nur noch die Spitzen zu erkennen. Wegen derselben Drehung ist nun an der andern Seite nur das vorderste Borstenbündel zu sehen, das 2. und das 3. gar nicht. Entsprechend verschoben sind auch die Hakenreihen.

Am Kopfe ist ungefähr die mittelste, also 3. Kieme der Innenseite zugewandt. Der Deckel steht nicht mehr an Stelle des 1. dorsalen Kiemenfadens wie bei den andern Serpuliden, sondern an Stelle des 2.

Der Darm läßt wegen seiner zylindrischen Form keine Drehung erkennen, wohl aber eine Verlagerung. Es ist nämlich der Magen in der borstenlosen Region ganz an die konvexe Seite gedrängt. In der Höhe des 1. abdominalen Segments macht der Verdauungstractus dann wieder einen Knick nach innen und unten und läuft annähernd in der Mitte des Körpers entlang. Ein wenig ist er allerdings noch im ganzen Abdomen auf die rechte, konvexe Seite verschoben (Taf. 2, Fig. 18 u. 20).

Über den Verlauf der Blutgefäße ist nicht viel Besonderes zu sagen. Sie folgen genau der Drehung der Rückenlinie, und da sie mit dem Darm verbunden sind, so machen sie auch dessen Verlagerungen mit. Hierbei findet die schon (S. 19) beschriebene Verdrängung der Blutflüssigkeit von der konvexen nach der konkaven Seite statt. Die Anordnung der Capillaren im Thorax und Abdomen entspricht dem Drehungswinkel des betreffenden Körperteiles.

Ebenso einfach ist der Verlauf des Nervensystems (Taf. 3, Fig. 23). Der Hauptteil, nämlich Gehirn, Kopfnerven und Schlundring, machen nur die schwache Drehung des vordern Thorax mit. Das Bauchmark verläuft parallel der ventralen Medianlinie.

Von den Nephridien, den Sperma Massen und der Munddrüse gilt dasselbe, was von den Blutgefäßcapillaren gesagt wurde.

Etwas abweichend verhalten sich die Ovarien (*Ei*) (Taf. 3, Fig. 23). Da diese in den ersten beiden Segmenten des Abdomens liegen, wo der Magen an die konvexe Seite gedrängt ist, müssen sie die konkave einnehmen und können daher den Verdauungstractus nicht von allen Seiten umgeben wie das Sperma. Wegen der beschriebenen Knickung des Darmes am Anfang des Abdomens liegt der größte Teil der Eier innen und weit nach vorn, der kleinere außen.

Die Längsmuskeln (Taf. 1, Fig. 1) verlaufen im allgemeinen parallel mit den dorsalen und ventralen Medianlinien. Eine Ausnahme macht nur der linke Dorsalmuskel, indem er sich im Thorax allmählich von der Rückenseite auf die Bauchseite verlagert. In der borstenlosen Region legt er sich dann dicht an den linken Ventralmuskel und behält diese Lage bis zum After bei.

Die durch die Aufrollung bedingte ungleiche Länge der äußern und innern Organe.

Die ungleiche Länge der innern und äußern Organe ist so selbstverständlich, daß sie nicht weiter erörtert zu werden braucht, doch kompliziert sich die Sache insofern, als die konkave Seite des Tieres wegen der Drehung teils mit der linken Seite, teils mit der Ventralseite zusammenfällt. Dadurch wird zum Beispiel die Verschiedenheit in der Länge der (linken und rechten) Körperhaut, die ja am Thorax annähernd gleich der Differenz des äußern und innern Kreisbogens ist, nach dem Abdomen zu beträchtlich geringer und in der Nähe des Afterns nahezu gleich Null. Als Gesamtergebnis bleibt aber die Tatsache, daß die eine, und zwar die rechte, Körperhälfte länger und voluminöser ist als die andere. Diese durch die eigentümliche Lage des Wurmes hervorgebrachte Asymmetrie ist jedoch keineswegs die einzige.

Die nicht durch die Aufrollung bedingten Asymmetrieverhältnisse.

1. Die Asymmetrie der allgemeinen Körperform.

Schon bei oberflächlicher Betrachtung der Spirorben bemerkt man eine auffallende Ungleichheit in der Ausbildung der Kopfanhänge, nämlich die Umwandlung des 2. Kiemenfadens der linken Seite (von der Rückenfläche aus gerechnet) zu einem Deckel. Beim erwachsenen Tiere bleiben daher links nur noch 4 Kiemen übrig,

während an der rechten Seite 5 vorhanden sind. Daß wir hier tatsächlich einen Funktionswechsel und keine Neubildung vor uns haben, hat schon FRITZ MÜLLER (36, p. 76) nachgewiesen. Spätere Forscher haben seine Angaben bestätigt. Interessant sind die Regenerationsversuche ZELENY's, die gezeigt haben, daß die Amputation des Operculums bei *Hydroides* die Ausbildung des 2. rudimentären Deckelstieles der andern Körperseite zur Folge hat. Der Versuch läßt sich nach ZELENY an demselben Tiere wiederholen. Diese Tatsache sowie die wechselnde Ausbildung des Operculums beim normalen *Hydroides* zeigen, daß die Asymmetrie des genannten Organs hier noch nicht so weit fortgeschritten ist wie bei den Spirorben, deren rudimentäres Operculum wenigstens bei ausgewachsenen Tieren nicht mehr nachzuweisen ist. Leider habe ich nicht Zeit gefunden, zu untersuchen, ob die Spirorben überhaupt ein verlorenes Operculum regenerieren.

Eine weitere ziemlich erhebliche Ungleichheit zeigen die beiden Hälften des Kragens. Dieser hat an der rechten Seite nicht nur in der Längsrichtung eine bedeutendere Ausdehnung, sondern greift hier auch viel weiter um die Dorsalfläche herum als an der linken Seite. Die Längendifferenz beträgt mehr als der Unterschied der berechneten innern und äußern Kreisbögen. Die quantitativen Ungleichheiten sind in Fig. 12, Taf. 1 und Fig. 17, Taf. 2 zum Ausdruck gebracht. Die Differenzen in der Ausbildung der Parapodien und Kragendrüsen finden sich S. 28—31 beschrieben.

In der borstenlosen Region tritt die Asymmetrie äußerlich dadurch hervor, daß die rechte Körperhälfte sehr stark pigmentiert ist und die linke nur ein wenig an der Bauchseite. Eine weitere Ungleichheit besteht hier in der Ausbildung der Flimmerrinne (*Fl. Rr*) (Taf. 1, Fig. 1), die rechts steil ansteigt und links abgerundet und flach ist.

Das Abdomen zeigt äußerlich ein fast ganz normales Verhalten, nur liegen die Parapodien der rechten Seite der ventralen Medianlinie näher als die der linken Seite.

2. Die Asymmetrie der Körperhaut.

Im ganzen Körper des Tieres läßt sich nachweisen, daß das Epithel an der Außenseite in bezug auf die Größe der Zellen besser entwickelt ist als an der Innenseite. Bei den Kopfanhängen treten diese Unterschiede zunächst noch wenig hervor. Ganz deutlich wird aber schon die Differenz am Thorax, besonders am Kragen.

Bei den Bauchschilden, wo ich genaue Messungen an Querschnittserien gemacht habe, ergaben sich folgende Durchschnittswerte:

Anzahl der Zellen	
linke Seite	rechte Seite
120	170

Größe der Zellen	
linke Seite	rechte Seite
27	35

Die verschiedene Dicke findet sich weiterhin noch am Anfang der borstenlosen Region sehr stark ausgeprägt. Von hier aus nimmt die Differenz nach hinten wieder ab. Am Schwanzende ist sie kaum noch nachzuweisen. Fig. 20, Taf. 2 zeigt einen Schnitt durch die Stelle der größten Ungleichheit. Von den Epithelzellen, die außen fast doppelt so groß sind wie innen, liegen die hohen fast alle auf der rechten Seite.

Im Abdomen tritt eine Ungleichheit in der Lage der Drüsenkomplexe zutage (Taf. 2, Fig. 18). Diese Zellen sind nämlich an der linken Seite etwas dorsalwärts verschoben.

3. Die Asymmetrie der Organe der Ernährung.

Im Verdauungstractus habe ich eine Asymmetrie nicht nachweisen können, denn die Faltung des Darmes läßt im vordern Abschnitt eine ausreichend genaue Messung nicht zu. Wahrscheinlich sind aber die Zellen im vordern Körperabschnitt an der äußern, also rechten, Seite größer als an der linken, da in den letzten Segmenten des Abdomens auch die Zellen der Außenseite, die hier natürlich fast genau dorsal liegen, größer sind als die ventralen (Taf. 2, Fig. 18).

Die unpaare Munddrüse zeigt keine merkbare Asymmetrie.

4. Die Asymmetrie der Muskulatur.

Eine Darstellung der ungefähren Dicke der Längsmuskeln gibt Fig. 22, Taf. 3. Schon in den Kopfanhängen ist die Muskulatur auf der linken Seite bedeutend kräftiger entwickelt als auf der rechten, da das Operculum sehr viel reichlicher mit Längsfasern ausgestattet ist als die Kiemen. Diese Ungleichheit verstärkt sich

im Thorax. Der am weitesten nach der Innenseite zu gelegene linke dorsale Muskel ist anfangs der dickste. Weiterhin erhält der linke ventrale das Übergewicht und im Abdomen ist der rechte ventrale der stärkste. Der rechte dorsale, der von Anfang an sehr dünn ist, wird caudalwärts immer schwächer und ist schon in der borstenlosen Region kaum noch aufzufinden. Im ganzen ist die Differenz in der Muskelausbildung im Thorax am größten. Von hier aus nimmt sie nach vorn und hinten ab und ist in der Nähe des Afters nur noch sehr unbedeutend, trotzdem dort der linke Längsstrang aus 2 Muskeln besteht.

Die folgende Tabelle gibt einige Zahlen über die Unterschiede, die durch Volumenbestimmungen und Abschätzungen an der Querschnittserie eines ziemlich großen Exemplars gewonnen wurden.

Volumen der Längsmuskeln.

		Thorax	borstenlose Region	Abdomen
links	ventral	11	9	3
	dorsal	15	7	2
	Summa	26	16	5
rechts	ventral	3	5	4
	dorsal	1	0	0
	Summa	4	5	4

Eine Messung der quantitativen Verhältnisse der Ring- und Transversalmuskeln war wegen ihrer geringen Entwicklung nicht möglich. Bedeutend sind die Unterschiede jedenfalls nicht.

Größere Differenzen ergeben sich natürlich in bezug auf das Volumen der Parapodialmuskeln. Hier werden ungefähr dieselben Verhältniszahlen bestehen wie bei den Borsten (s. S. 29—31).

5. Die Asymmetrie der Borsten und Parapodien.

Die Borsten, die einer genauen Messung viel leichter zugänglich sind als die Haut, wurden an 15 Tieren untersucht. Es ergaben sich folgende Durchschnittswerte.

I. Zahl der Haarborsten des Thorax.

	1. Segment	2. Segment	3. Segment
linke Seite	9,1	18,2	15,8
rechte Seite	12,5	17,9	18,3

II. Länge der Haarborsten des Thorax.

	1. Segment	2. Segment	3. Segment
linke Seite	20,8	30,33	27,97
rechte Seite	40,23	31,9	30,53

(Ich gebe hier und im Folgenden für die Ausdehnung der Körperteile immer nur Verhältniszahlen, weil die absoluten Werte wegen der verschiedenen Größe der Tiere sehr schwanken und vielfach erst der Durchschnitt einer größeren Anzahl von Resultaten berechnet werden mußte.)

III. Zahl der Hakenborsten im Thorax.

	1. Segment	2. Segment	3. Segment
linke Seite	0	85	110
rechte Seite	0	35	40

IV. Länge der Hakenborsten am Thorax.

	1. Segment	2. Segment	3. Segment
linke Seite	—	12—30	12—31
rechte Seite	—	12—19	12—22

Aus diesen Tabellen ersieht man, daß die vordersten Haarborstenbündel am Thorax besonders stark differenziert sind.

Noch größere Verschiedenheiten wie die Haarborsten zeigen die thoracalen Haken auf beiden Seiten, da sich Zahl und Länge etwa wie 1:2 verhalten.

Eine Übersicht über die Anzahl der Hakenborsten an den verschiedenen Segmenten des Abdomens gibt folgende Tabelle.

Zahl der Hakenborsten am Abdomen.

No. der Segmente		
von vorn nach hinten	links	rechts
1	20	14
2	21	15
3	22	16
4	23	17
5	24	18
6	25	19
7	26	20

No. der Segmente von vorn nach hinten	links	rechts
8	27	21
9	28	22
10	29	21
11	30	20
12	29	19
13	28	18
14	26	17
15	24	15
16	18	10
17	16	8
18	10	6
19	8	4
20	6	3
21	4	2
22	2	2
Summa	446	307

Die Zahlen verhalten sich auf den beiden Körperhälften also etwa wie 2:3. Die größte Anzahl der Borsten findet sich nicht an einem Ende, sondern etwa in der Mitte des Abdomens. Für die Länge der Haken erhielt ich auf der linken Seite den Wert 90, auf der rechten Seite den Wert 81.

Viel weniger verschieden als die Haken sind die Haarborsten am Abdomen. Es sind an jeder Seite und jedem Segment nur 1—3 vorhanden. Da diese noch dazu verschieden lang sind, so scheint es fast, als ob es sich um einzelne Borsten mit ihren Ersatzborsten handelt. Es wurde allerdings an der rechten Seite häufiger die Zahl 3 gefunden als an der linken; wenn man aber in Betracht zieht, daß die Borsten sehr leicht ausfallen, so kann man aus den erhaltenen Resultaten mit Sicherheit auf eine Differenz an den beiden Körperhälften nicht schließen. Die Länge der Haarborsten ist auch fast immer die gleiche. Es wurde rechts 50—90, links 50—91 gefunden.

Hand in Hand mit der Verschiedenheit der Haar- und Hakenborsten geht natürlich die ungleiche Ausbildung der Parapodien und Hautwülste.

6. Die Asymmetrie des Excretionssystems.

Die Betrachtung einer größeren Anzahl lebender Tiere ergibt, daß die rechte Hälfte der Thoracalnieren voluminöser ist als die linke. Trotz der sehr wechselnden Gestalt der Schläuche kann man auch an Schnittserien feststellen, daß wenigstens der rechte secernierende Teil meist gestreckter und weiter ist als der linke.

Eine Volumenmessung bei einem Tiere ergab folgende Zahlen.

Volumen des secernierenden Teiles der Thoracalnieren.

links	rechts
25	48

Die abdominalen Nephridien habe ich nicht messen können. Vermutlich sind die Schläuche der größeren rechten Körperhälfte etwas länger als die der linken.

7. Die Asymmetrie des Blutgefäßsystems, der Leibeshöhle und der Geschlechtsorgane.

Von dem Blutgefäßsystem der Leibeshöhle und den Geschlechtsorganen gilt dasselbe, was von den abdominalen Nephridien gesagt wurde. Die Asymmetrie ist bedingt durch die Drehung und den Unterschied der äußern und innern Körperteile.

Die etwas abweichenden Verhältnisse bei den Ovarien habe ich bereits (S. 26) beschrieben.

8. Die Asymmetrie des Nervensystems.

Eine etwas schematische Darstellung der Asymmetrie des Gehirns und des Schlundrings gibt Fig. 14, Taf. 1. Das Volumen der linken Hälfte ist größer als das der rechten. In den Kopfanhängen ist eine Verschiedenheit durch die Ausbildung des Deckels bedingt. Im Abdomen, wo das Bauchmark bald zu einem Stränge verschmilzt, ist das Übergewicht der linken Hälfte nur eine kurze Strecke mehr zu verfolgen.

Es wäre vielleicht ganz interessant, die Anzahl der großen und kleinen Ganglienzellen und der hellen Inseln auf beiden Seiten festzustellen. Durch Messungen bei einer großen Anzahl von Tieren könnte man möglicherweise Aufschluß über die Bedeutung der verschiedenen Zellen gewinnen. Die Verteilung der Kerne scheint mir nicht den Volumenverhältnissen zu entsprechen.

Die beigefügte Tabelle ergibt die von mir bei je einem Tiere gefundenen Differenzen.

Zahl der Kerne		Volumen des Gehirns	
rechts	links	rechts	links
2334	2423	405	425

IV. Teil.

Die Ursachen der Unregelmäßigkeiten des Körperbaues.

Wenn ich hier von den Ursachen der Unregelmäßigkeiten des Körperbaues spreche, so kann es selbstverständlich nicht meine Absicht sein, die chemischen und physikalischen Gesetze zu ermitteln, die für die Erklärung der anatomischen Eigentümlichkeiten in Betracht kommen, sondern ich muß mich darauf beschränken, nachzuweisen, weshalb die vorliegenden Organisationsverhältnisse zweckmäßig sind, bzw. welche Bedingungen der Auslese bei ihrer Entstehung mitgewirkt haben.

In der Tat lassen sich die meisten Abweichungen der *Spirorben* von den andern *Serpuliden* als Anpassungserscheinungen an die besondere Art der sessilen Lebensweise erklären, und zwar ist der eine Teil derselben aufzufassen als eine Weiterentwicklung der schon bei den normalen Röhrenwürmern vorhandenen Einrichtungen, der andere Teil aber als neuartige Bildungen, die durch die spiralige Aufrollung hervor gebracht sind.

Betrachtet man das Gehäuse eines *Serpuliden*, so erscheint es leicht verständlich, daß die verhältnismäßig außerordentlich dicke und durch einen Deckel verschließbare Wohnröhre schon hervorragend geeignet ist, um dem Wurm Schutz vor Feinden und mechanischen Beschädigungen zu gewähren. Und doch ist die Schale der normalen Röhrenwürmer in dieser Beziehung noch nicht so vollkommen wie das spiralig aufgewundene und sich der Unterlage anpassende Gehäuse der *Spirorben*, denn dieses bietet den äußern Einflüssen die denkbar kleinste Angriffsfläche dar. Da hiermit auch die Gefahr einer Beschädigung der Schale viel geringer wird, so erklärt sich die Tatsache, daß die *Spirorben* die Fähigkeiten verloren haben, ihr Gehäuse zu regenerieren und ihren Wohnort zu wechseln.

Mit der Weiterentwicklung der Form der Gehäuse hält die Ausbildung des Kragens, der ja fast allein bei dem Bau der Röhre beteiligt ist, gleichen Schritt. Statt der bei den normalen Serpuliden meist in der Mehrzahl vorhandenen lappigen Fortsätze am Thorax hat sich bei den Spirorben ein großes ungliedertes Organ gebildet, welches annähernd die Form eines Cylindermantels hat und somit besonders gut geeignet ist, eine Röhre von kreisrundem Querschnitt zu formen. Da nun die äußere Schalenwand wegen der Aufrollung beträchtlich mehr auszuhalten hat als die durch die Nebenwindungen geschützte Innenwand, so sind sowohl der Kragen wie auch die auf ihm liegenden Drüsenkomplexe außen stärker entwickelt als innen. Das Gleiche gilt, wenn auch in geringerem Grade, für die ganze Körperhaut des Thorax.

Gerade die entgegengesetzten Asymmetrieverhältnisse wie bei den zuletzt besprochenen Organen finden sich bei den Parapodien und Borsten. Da die Hakenreihen sich sehr gut dazu eignen, das Tier im Notfall in der Röhre festzuhalten und bei der Bewegung eine Berührung der Haut mit der Schalenwandung zu verhindern, so sehen wir, daß die Hakenwülste am Thorax wie am Abdomen ganz an die Innenseite rücken und daß das Epithel hier dafür an Dicke abnimmt. Da am Abdomen die Innenseite zum größeren Teil mit der linken Körperseite zusammenfällt, so finden sich auch links mehr Borsten als rechts. Die kräftigen und zahlreichen Haarborsten am Thorax sind besonders gut geeignet, beim Röhrenbau als Stützorgan zu dienen. An der Innenseite, der Seite der größten Reibung, besteht das vorderste nach vorn gerichtete thoracale Bündel aus kurzen Borsten, weil ein Hindernis hier bei der Bewegung ganz besonders ins Gewicht fallen würde. Falls CAULLERY u. MESNIL recht haben, wenn sie annehmen, daß das vorderste Bündelpaar der Verteidigung dient, so ist damit auch die enorme Ausbildung des ersten Bündels an der Außenseite des Thorax erklärt, denn diese Körperstelle ist naturgemäß am leichtesten feindlichen Angriffen ausgesetzt. Die abdominalen Haarborsten sind wohl deshalb so weit zurückgebildet, weil sie die Bewegung in der Röhre behindern. Aus demselben Grunde sind alle Haarborsten einziehbar.

Bei oberflächlicher Betrachtung könnte man wohl vermuten, daß das Nervensystem auf der äußern, also rechten Seite, am stärksten entwickelt wäre, statt dessen ist es gerade umgekehrt. Diese Tatsache hat ihren Grund wohl einfach darin, daß die Summe der

Volumina der innervierten Organe auf der linken Seite größer ist als auf der rechten.

An dieser Stelle möchte ich auch noch erwähnen, daß die Spirorben im Gegensatz zu vielen andern Serpuliden weder ausgebildete noch rudimentäre Sehorgane haben. Es ist dies ebenfalls eine Rückbildungserscheinung, die mit der streng sessilen Lebensweise zusammenhängt und die bei feststehenden Tieren auch sonst oft vorkommt.

Die weitgehendste Umbildung von allen Organen des Körpers hat zweifelsohne die Muskulatur und ganz besonders die Längsmuskulatur erfahren, und sie mußte sie erfahren, weil sie den ganzen Körper durchzieht und die Drehung um 90° vollständig mitmacht. Es ist interessant, zu untersuchen, weshalb gerade die (S. 29) beschriebene Anordnung der Muskeln besonders zweckmäßig ist.

Bevor ich die speziell bei den Spirorben vorliegenden Verhältnisse erörtere, frage ich mich, welche Anordnung der Muskulatur überhaupt für einen langgestreckten skeletlosen Tierkörper besonders vorteilhaft ist, wenn er alle möglichen Bewegungen, wie Drehungen um die Längsachse, Kontraktionen des ganzen Körpers und der einzelnen Teile in der Längsrichtung, schlangelnde Bewegungen nach allen Richtungen und Abplattungen ausführen soll.

Ich beginne mit der Kontraktion in der Längsrichtung. Hierzu ist ohne Zweifel ein Längsmuskel notwendig. Dieser könnte vorn am Kopf und am Hinterende angeheftet sein. Dann würde eine Verkürzung leicht von statten gehen, aber der Körper würde sich auf seiner ganzen Länge gleichmäßig zusammenziehen. Soll er aber auch die Fähigkeit haben sich in seinen Teilen zu kontrahieren, so muß der Muskel öfters an der Körperwand befestigt sein, und zwar um so häufiger, je kleiner die Körperstrecken sind, die verkürzt werden sollen. An den Ansatzstellen der Muskeln wird die Epidermis durch die Zugwirkung ein wenig einwärts gebogen und bildet die segmentalen Einkerbungen. Wo kein Körperteil vor dem andern ausgezeichnet ist, werden diese Einkerbungen regelmäßig sein, wo aber eine ungleichmäßige Bewegung stattfindet, werden auch die segmentalen Einschnürungen ungleichmäßig sein.

Für die verschiedenen Längskontraktionen sind also am besten Längsmuskeln geeignet, die in bestimmten, je nach Notwendigkeit engen, Zwischenräumen an der Körperwand befestigt sind. (Bei den

größern Anneliden, z. B. *Nereis*, ist die Anheftung der Längsmuskeln an den Segmentgrenzen leicht zu erkennen.)

Jetzt fragt es sich: wie ist eine Wiederausdehnung des Körpers möglich? Nun, wohl auf mancherlei Weise. Zum Beispiel könnte die Leibeswand elastisch sein und nach der Kontraktion von selbst wieder die alte Gestalt annehmen. Dies mag in geringem Grade bei vielen Tieren vorkommen. Ferner könnte der Körper sich an verschiedenen Stellen festheften und durch Kontraktion eines Teiles eine Verlängerung des andern bewirken, wobei allerdings die Gesamtlänge nicht größer wird. Dieses Prinzip ist zum Beispiel mit bei dem Kriechen der Regenwürmer verwirklicht. Indessen die bis jetzt besprochenen Arten der Körperausdehnung sind alle nicht so vollkommen wie die Einrichtung, welche den zu streckenden Körperteil durch das Eintreiben einer Flüssigkeit verlängert. Ein solches Hin- und Herströmen der Leibeshöhlenflüssigkeit setzt aber eine Volumenveränderung des einen Körperteiles, bzw. eine Verringerung des Querschnittes voraus. Diese ist möglich durch Kontraktion eines Ringmuskels, der in der Körperwand eingelagert ist oder auch durch Zusammenziehung von Transversalmuskeln. Beides kommt bei der Mehrzahl der Ringelwürmer nebeneinander vor.

Nun bleibt noch die letzte Bewegung, die Drehung um die Längsachse. Wodurch kann diese ausgeführt werden? Offenbar nur durch eine tangential wirkende Kraft. Diese kann der Körper auf keine andere Weise hervorbringen als durch einen zweiarmligen Hebel, dessen Unterstützungspunkt in der Körperwand liegt. Das eine Ende muß durch die Muskelkraft bewegt werden, das andere der Unterlage aufliegen. Soll der Hebel nach allen Seiten wirken, so müssen mindestens 3 Muskeln in verschiedenen Richtungen am proximalen Ende angreifen. Solche Hebel finden wir bei den Polychäten in Form der Haarborsten.

Betrachtet man nun die Anordnung der Muskulatur bei den Spirorben, so sieht man in der Tat, daß sie außerordentlich zweckmäßig ist, um die verschiedenen Körperbewegungen auszuführen.

Für den notwendigen schnellen Rückzug in die Schale ist die Längsmuskulatur stark ausgebildet. Das Herauskriechen, das ohne Schaden langsam geschehen kann, wird unter Benutzung der Leibeshöhlenflüssigkeit durch die Ringmuskulatur besorgt, die ihrem Zweck entsprechend nur schwach entwickelt ist.

Da Abplattungen des Körpers wegen der durchgängig

zylindrischen Form der Wohnröhre keinen Sinn haben, fehlen Transversalmuskeln so gut wie ganz.

Nun habe ich schon weiter oben gesagt, daß die Muskulatur asymmetrisch und gedreht ist und daß diese beiden Unregelmäßigkeiten gleichbedeutend sind mit der Entwicklung der innern und Rückbildung der äußern Längsfaserzüge. Der Grund für diese Er-

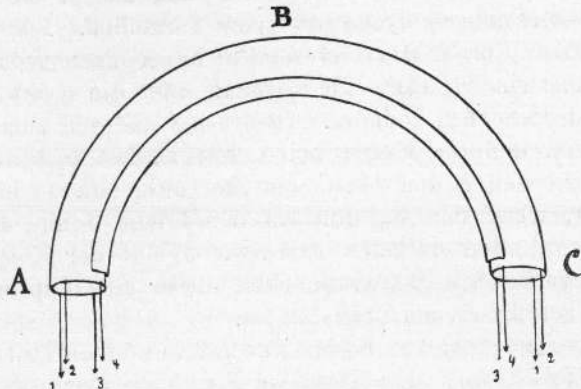


Fig. A.

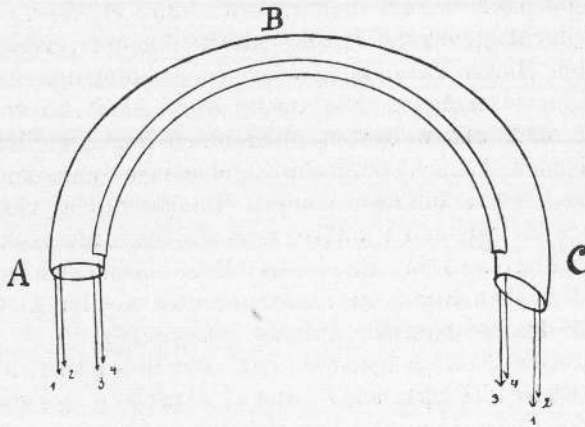


Fig. B.

Schematische Figuren zur Erklärung der Wirkungsweise der Längsmuskeln.

Fig. A. Ein Teil des Tierkörpers liegt unbelastet auf der Rinne, die die Innenseite der Schale darstellt.

Fig. B. Der Körperteil wird bei A festgehalten. Bei C wird ein Zug in der Richtung der Pfeile ausgeübt.

scheinung liegt, glaube ich, auch darin, daß durch eine derartige Anordnung der Muskulatur der Querschnitt des Körpers bei plötzlichen Kontraktionen nicht verändert wird.

Die vorstehenden Textfiguren stellen in schematischer Weise einen Teil des Wurmkörpers dar, wie er der Innenseite der, hier als Rinne dargestellten, Schale aufliegt. Der Querschnitt ist der Einfachheit halber kreisförmig gezeichnet. Die 4 Fäden mögen die 4 Längsmuskeln des normalen Polychätenkörpers vorstellen. Ich nehme nun an, der vordere Körper des Tieres hätte bei A einen großen Widerstand zu überwinden, etwa die Reibung oder die Kraft eines entgegengesetzt ziehenden Feindes. Dies möge dadurch zum Ausdruck gebracht sein, daß die Fäden bei A festgeheftet gedacht werden. Wird nun an den Fäden bei C ein Zug ausgeübt, so bleibt alles, wie es war, wenn der Zug nur an den Fäden 3 und 4 angreift. Wird aber an allen 4 Fäden gezogen, so muß der Körper seinen Querschnitt verändern, und zwar erhält dieser eine elliptische Form, die bei B (Textfig. B) am flachsten ist.

Es ist also für die Spirorben zweckmäßig, wenn in ihrem Körper nur die innere Muskulatur entwickelt ist und die äußere fehlt.

Streng genommen müßte, wegen der zylindrischen Form der Röhre, ein einziger Muskel die beste Wirkung ergeben. Da dieser allein aber nicht genügend Kraft entfalten konnte, mußte er verstärkt werden durch Verdickung oder Vereinigung mit den nächstliegenden Längsfaserzügen. Die zweite Möglichkeit ist verwirklicht worden. Zu dem am weitesten nach innen liegenden Muskel sind noch die beiden benachbarten hinzugekommen und mit ihm im Abdomen zu einem einzigen innern Längsstrange verschmolzen worden. Der am weitesten außen liegende centrale rechte Längsmuskel atrophierte. Daß die innere Muskulatur sich im Thorax nicht aus denselben Strängen zusammensetzt wie im Abdomen, ist natürlich für das mechanische Prinzip gleichgültig.

Nach diesen Erwägungen ist es auch wahrscheinlich, daß sich überhaupt alle unregelmäßig gewundenen Formen zu spiralgigen entwickeln müssen, weil sich die Tiere in einseitig gekrümmten Röhren schneller zurückziehen können als in ungleichmäßig gewundenen, wo ja bei jeder einzelnen Biegung der Röhre Fälle eintreten müssen, wie ich sie an der Hand der Textfig. B beschrieben habe. Das heißt, der Querschnitt muß sich bei der Bewegung des Tieres an verschiedenen Stellen der Wohn-

röhre fortwährend ändern. Dies verhindert jedenfalls eine schnelle Bewegung, weil die Leibeshöhlenflüssigkeit hin und her strömen muß und mag auch für die innern Organe schädlich sein. Außerdem stören noch die notwendig werdenden schnellen Krümmungen des ganzen Körpers.

Da die Drehung des Körpers nur mit Hilfe der Parapodien hervorgebracht werden kann, so müssen die Borsten am Thorax schon deshalb wohl entwickelt sein, weil sich der Körper hier beim Bau der Röhre drehen muß, denn die Kalkdrüsen, die das Material liefern, liegen ja nicht auf der ganzen Kragenfläche zerstreut, sondern sind zu kleinen Komplexen vereinigt.

Die eigentümliche Anordnung der Muskulatur hatte noch eine weitere Umwälzung im Körperbau zur Folge, nämlich die in der borstenlosen Region eintretende Knickung und Verlagerung des Darmes an die Außenseite. Die Erklärung dieser Erscheinung ist nicht schwer. Da der ganze Querschnitt des Körpers in der borstenlosen Region von dem Magen und der Muskulatur ausgefüllt wird (Fig. 20. Taf. 2) und die letztere innen liegen muß, so muß schon der Darm die Außenseite einnehmen. Um am Anfang des Abdomens wieder die normale Lage zu erlangen, macht der Verdauungstractus dann einen Knick nach innen und wegen der Drehung zugleich eine Biegung nach der Unterlage hin. Über die hiermit zusammenhängende Verdrängung der Geschlechtsprodukte aus ihrer normalen Lage habe ich schon S. 26 gesprochen.

Es erübrigt noch, auf die Asymmetrie der Thoracalnieren einzugehen, denn das Verhältnis der Volumina der rechten und linken Seite entspricht bei ihr nicht dem der beiden Körperhälften. Ich glaube, diese Abweichung erklärt sich durch die starke Verkleinerung der Leibeshöhle, welche durch die Vergrößerung der linken Muskelstränge bedingt ist.

Man sieht, die meisten Unregelmäßigkeiten im Körperbau der Spirorben lassen sich als Anpassungserscheinungen an das Leben in festsitzenden spiraligen Röhren auffassen.

Nicht so leicht zu beantworten ist dagegen die Frage, weshalb die Tiere um 90° gedreht sind?

Der Vergleich der Spirorben mit den unregelmäßig gewundenen Serpuliden ergibt, daß der Thorax der erstern bei der Einrollung seine normale Lage beibehalten hat. Da die Muskulatur, wie oben dargetan ist, an der Innenseite liegen muß

und da der Deckel eine starke Muskulatur braucht, so mußte auch deshalb eine Seite des Tieres (rechte oder linke) der Innenfläche der Schale anliegen, denn der Deckel ist ein Homologon eines der Kiemenfäden, die in symmetrischer Anordnung auf den seitlichen Kopflappen liegen.

Man müßte nun eigentlich annehmen, daß bei der spiraligen Aufrollung auch das Abdomen die Seitenlinie der innern Schalenfläche zukehrte, statt dessen tut dies aber die Bauchfläche. Vielleicht war hierbei der Umstand maßgebend, daß es für die abgeplatteten Würmer jedenfalls leichter ist, an der Bauchfläche einen starken Druck auszuhalten als an der seitlichen Körperwand, wo die Haarborstenparapodien ihren Sitz haben. Wenn die Bauchstränge bei der Ausbildung der Innenmuskeln verwandt werden, ist außerdem eine geringere Verlagerung notwendig, als wenn die Seitenstränge dazu benutzt werden. Es krümmen sich übrigens auch alle frei im Wasser befindlichen Serpuliden so spiralig ein, daß die Bauchseite die Innenfläche wird.

Das verschiedene Verhalten von Thorax und Abdomen, welches für die einzelnen Teile zweckmäßig erscheint, wäre nun wohl trotzdem nicht möglich, wenn nicht die Nachteile des allmählichen Überganges von der Seitenlage zur Bauchlage durch das Vorhandensein der borstenlosen Region fast vollständig beseitigt würden. An der borstenlosen Region ist der Körper noch nicht abgeflacht, trägt keinerlei Borsten und ändert sich daher bei einer Torsion nur wenig. Es ist denn auch tatsächlich die Drehung des Körpers so gut wie ganz auf diese Strecke verlegt, die bei den Spirorben verhältnismäßig sehr lang ist.

Ob diese Vermutungen über die Ursache der Drehung richtig sind, kann wohl ohne entwicklungsgeschichtliche und vergleichend-anatomische Untersuchungen nicht entschieden werden.

Technisches.

Das Material für die vorliegenden Untersuchungen wurde aus Helgoland bezogen. *Spirorbis borealis* findet sich dort in sehr großen Mengen auf Fucus. Diese Algen wachsen auf den Felsen, werden dann von der Brandung losgeschlagen und massenhaft an den Strand geworfen. Für die Untersuchungen an Ort und Stelle kann man die so angeschwemmten Würmer verwenden. Zum Versand werden die Spirorben am besten mit den frischgepflückten Algen naß in einen

Korb getan. Sie können dann einen mehrtägigen Transport sehr gut aushalten. Ich habe solches Material, welches nur von Zeit zu Zeit mit Seewasser besprengt wurde, im Winter in einem kühlen aber frostfreien Raume über einen Monat lebend erhalten. Im Sommer empfiehlt es sich, die Tiere gleich nach Empfang in ein Aquarium zu setzen. Fließendes Wasser ist nicht notwendig zur Zucht, doch tut man gut, wegen der leicht faulenden Algen das Wasser bisweilen zu erneuern. Statt des natürlichen Seewassers darf auch künstliches genommen werden.

Für die Untersuchung kann man die Tiere nach einiger Übung ganz gut mit Nadeln aus den Schalen herauspräparieren. Wünscht man größere Mengen zu haben, so läßt man das Wasser faulen. Ein Teil der Würmer kommt dann nach längerer Zeit von selbst aus der Schale heraus, doch ist dieses Material für histologische Zwecke nicht brauchbar, da es schon teilweise maceriert ist. Ich habe oft bemerken können, daß solche in der Schale halb macerierte Tiere wieder ganz gesund wurden, wenn man sie in frisches Wasser setzte. Versuche, die Würmer durch irgendwelche Chemikalien schneller zum Verlassen der Schale zu bewegen, blieben ganz erfolglos.

Vitalfärbungen gelangen sehr gut mit Methylenblau (EHRlich). Das ganze Epithel, besonders das des Thorax, nimmt die Farbe sehr stark an. Auch die Borsten werden bei Anwendung des genannten Farbstoffes schön blaugrün. Das Nervensystem färbt sich dagegen so gut wie gar nicht.

Die Konservierung der Spirorben in der Schale stößt auf einige Schwierigkeiten, da die Flüssigkeiten wegen des meist festangezogenen Deckels gar nicht oder zu langsam eindringen. Kalkauflösende Säuren wirken nicht schnell genug, um gute Resultate zu geben. Da sich die Tiere auch bei Zusatz von irgendwelchen einschläfernden Mitteln fest in das Gehäuse zurückziehen und macerieren, so halte ich es für das beste, die Würmer zunächst mit einer 60–80° warmen Lösung zu behandeln und diese dann nach einigen Minuten mit einer kalten zu vertauschen. Von den vielen Konservierungsflüssigkeiten, die ich im Laufe der Untersuchungen durchprobierte, bewährte sich die ZENKER'sche (100 g Wasser, 1 g Natriumsulfat, 2–2½ g Kaliumbichromat, 5 g Sublimat, 5–10 g Eisessig) am besten. Ganz gute Resultate gaben auch das FLEMMING'sche und besonders das HERMANN'sche Gemisch, wenn die Tiere vorn in dem weiten Teile der Schale geblieben waren, sodaß

die Flüssigkeit den Körper ganz umspülen konnte. Diese beiden Lösungen haben noch vor andern den Vorzug, das Gehäuse ziemlich rasch und vollständig aufzulösen. Die reichliche Kohlensäureentwicklung treibt oft die Tiere ganz aus der Schale heraus. So gewonnene freie Exemplare sind sehr gut zu Totalpräparaten verwendbar. Nach der Konservierung angewandte Entkalkungsmittel wie Salpetersäure, Salzsäure und Kaliumbichromat mit Eisessig wirken zwar an sich gut, beeinträchtigen aber die nachherige Färbung. Die beiden Komponenten der letztgenannten Mischung wirken merkwürdigerweise nicht für sich allein. Ganz gut konservierten auch absoluter Alkohol, Sublimatessig und Sublimat. Doch hat man hierbei den Nachteil, die fixierten Tiere später herauspräparieren zu müssen, was viel schwieriger ist als beim lebenden Material, und selten glückt, ohne den Wurm zu verletzen oder zu drücken. Da man die Beschädigungen gewöhnlich erst nach dem Schneiden bemerkt, so spart man viel Zeit, wenn man für die Schnittmethode nur mit ZENKER'scher oder HERMANN'scher Flüssigkeit fixierte Exemplare benutzt.

Die Färbung der mit Osmiumgemischen fixierten Präparate geschah nach der HEIDENHAIN'schen Eisenhämatoxylin-Methode und nachfolgender Behandlung mit einem Plasmafarbstoffe oder auch dem EHRLICH'schen Triacidgemische. Das Material aus ZENKER'scher Flüssigkeit wurde gewöhnlich mit DELAFIELD'schem Hämatoxylin total gefärbt, mit salzsaurem Alkohol ausgezogen, darauf in Paraffin eingebettet, geschnitten und dann mit einem Plasmafarbstoff oder EHRLICH'schem Triacidgemische nachbehandelt. Die letztgenannte Kombination gibt eine außerordentlich schöne Differenzierung. Das Zellplasma wird orange, Muskeln rotgelb, Eier gelb, hintere Kragendrüsen blaugrün, Darminhalt hellgrün, Bauchschilde blau und Schale und Deckel dunkelblau. Kerne und Sperma behalten das Hämatoxylin. Das Triacidgemisch ist nach einiger Übung ebenso bequem zu benutzen wie irgend ein anderer Farbstoff. Durch Zusetzen von einigen Tropfen verdünnter Salzsäure oder Ammoniaklösung zum Entwässerungsalkohol kann man die Farbentöne beliebig abstimmen. Die HEIDENHAIN'sche Methode hat den Vorzug, die Zellgrenzen sowie Plasma und Kernstrukturen sehr fein wiederzugeben, während die Differenzierung meist zu wünschen übrig läßt. Die Behandlung mit ZENKER'scher Flüssigkeit, Hämatoxylin und Triacidgemisch liefert dagegen die schönsten Übersichts-

bilder. Das Material aus Alkohol, Sublimat usw. gab mit dem EHRlich'schen Gemische nicht so gute Färbungen.

Als Macerationsflüssigkeiten leisteten Kalilauge und Kaliumbichromat sehr Gutes. Bei Verwendung der Kalilauge kann man die Tiere erst mit Methylenblau vital vorfärben. Die Darstellung der Muskulatur gelingt sehr gut, wenn man die im Seewasser befindlichen lebenden Tiere unter dem Deckglas flach drückt und dann vom Rande des Objektträgers konzentrierte Salz- oder Salpetersäure zufließen läßt. Nach ein paar Minuten heben sich die feinsten Fasern sehr deutlich von dem übrigen Gewebe ab. Es empfiehlt sich, vor der Säurebehandlung das Operculum abzuschneiden, um eine zu starke Gasentwicklung zu vermeiden.

Die Volumenbestimmungen wurden so ausgeführt, daß das Organ nach sämtlichen Schnitten einer Serie auf Karton gezeichnet und die ausgeschnittenen Kartonsstückchen dann zusammen gewogen wurden.

Die notwendig werdenden Rekonstruktionen sind zum Teil leicht und genügend genau so zu machen, daß man Schnitzzahl und Größe des Organs als Abszisse und Ordinate auf Koordinatenpapier aufträgt. Für eine plastische Wiedergabe wurden die Schnittbilder auf Karton geklebt und übereinander geschichtet. Da die mir zur Verfügung stehenden Zeichenapparate keine genügend starke Vergrößerung des ganzen Tieres zuließen, wurde so verfahren, daß ich je einen Objektträger mit Schnitten mit Hilfe eines Mikroluminars von kurzer Brennweite auf Platten 13×18 cm photographierte. Diese Platten wurden zerschnitten und die Teile mit dem Skioptikon auf große Bogen Bromsilberpapier projiziert. Man kann dann immer eine Anzahl Schnitte zusammen entwickeln. Die fertigen Photographien mußten noch auf Karton geklebt werden, weil Bromsilberpapier von passender Stärke nicht zu erlangen war. Eine auf solche Weise hergestellte Rekonstruktion wird sehr genau. Wo es not tut, kann man auch noch die Richtung der Schnittbänder benutzen, um die einzelnen Bilder genau übereinanderzulegen, da man ja immer mehrere Schnitte auf einem Bogen Bromsilberpapier hat.

Literaturverzeichnis.

1. AGASSIZ, A., 1867, *Spirorbis spirillum*, in: Ann. Lyceum nat. Hist., Vol. 8, p. 318—323.
2. ANDREWS, E. A., On the eyes of Polychaetae, in: Zool. Anz., Jg. 14, p. 285—286.
3. BATE, C. SPENCE, 1850, *Terebella Medusa*, in: Ann. Mag. nat. Hist. (2), Vol. 8, p. 237—239.
4. BERGH, R. S., 1885, Die Excretionsorgane der Würmer, in: Kosmos, Vol. 17, p. 97—122, tab. 2.
5. BONNHOL, M. JEAN, 1902, Recherches biologiques experimentales sur la Respiration des Annélides polychètes, in: Ann. (8) Zool., Vol. 16, p. 1—132.
6. BOURNE, A. G., 1883. On *Haplobranchus*, a new genus of capitibranchiate Annelids, in: Quart. Journ. microsc. Sc. (N. S.), Vol. 23, p. 167—176, tab. 9.
7. BUSCH, C., 1906, Sabelliden und Serpuliden der Harriman's Alaska-Expedition, New York.
8. CAULLERY, M. et F. MESNIL, 1897, Etude sur la morphologie comparée et la phylogénie des espèces chez les *Spirorbis*, in: Bull. sc. France Belg., Vol. 30, p. 185—233, tab. 7—10.
9. — —, 1897, Sur les *Spirorbis*; asymétrie de ces Annélides et enchaînement phylogénique des espèces du genre, in: CR. Acad. Sc. Paris, Vol. 124, p. 48—50.
10. — —, 1896, Notes sur deux Serpulidens nouveaux, in: Zool. Anz., Vol. 19, p. 482—486.

11. CLAPARÈDE, E., 1864, Glanures zootomiques parmi les Annélides de Port-Vendres, in: Mem. Soc. Phys. Hist. nat. Genève, Vol. 17, p. 463—600, tab. 1—8.
12. —, 1868, Les Annélides chétopodes du golfe de Naples, ibid., Vol. 19.
13. —, 1873, Recherches sur la structure des Annélides sédentaires, Genève, 169 p., 15 tab.
14. COSMOVICI, L. C., 1879, Sur la cavité du corps des Annélides sédentaires et leurs organes segmentaires; quelques remarques sur le genre *Phascolosoma*, in: CR. Acad. Sc. Paris, Vol. 88, p. 1092—1094.
15. —, 1879—80, Glandes genitales et organes segmentaires des annelides polychètes, in: Arch. Zool. expér., Vol. 8, p. 324—372.
16. EHLERS, E., 1864—69, Die Borstenwürmer, Leipzig, 748 pgg.
17. —, 1901, Die Polychaeten des magellanischen und chilenischen Strandes, in: Festschr. 150jähr. Best. Ges. Wiss. Göttingen, 232 pgg., 25 tab.
18. EISIG, H., 1887, Capitelliden, in: Fauna Flora Golf Neapel, Monogr. 16, 906 pgg., 37 tab.
19. —, 1898, Zur Entwicklungsgeschichte der Capitelliden, in: Mitt. zool. Stat. Neapel, Vol. 13, p. 1—292, tab. 1—9.
20. FABRICIUS, O., 1780, Fauna Groenlandica, 452 pgg., 1 tab.
21. FEWKES, J. W., 1885, On the larval forms of *Spirorbis borealis* (DAUDIN), in: Amer. Naturalist, 1885, p. 247—257.
22. GRUBE, E., 1838, Zur Anatomie und Physiologie der Kiemenwürmer, Königsberg, 77 pgg., 15 tab.
23. HASWELL, B. A., 1885, The marine Annelids of the order Serpulea. Some observations on their anatomy with the characteristics of the Australian species, in: Proc. Linn. Soc. New South Wales, Vol. 9, p. 649—675.
24. KÜKENTHAL, W., 1885, Über die lymphoiden Zellen der Anneliden, in: Jena. Z. Naturw., Vol. 18, p. 319—364, tab. 10—11.
25. —, 1889, Beobachtungen am Regenwurm, in: Biol. Ctrbl., Vol. 8, p. 80—86.
26. LANG, A., 1888, Ueber den Einfluß der festsitzenden Lebensweise auf die Tiere, und über den Ursprung der ungeschlechtlichen Fortpflanzung durch Theilung und Knospung, 166 pgg., Jena.
27. —, 1900, Lehrbuch der vergleichenden Anatomie der wirbellosen Tiere. I. Mollusca, Jena.
28. LANGERHANS, P., 1879, Die Wurmfauna Madeiras, in: Z. wiss. Zool., Vol. 32, p. 513—592, tab. 31—33; Vol. 33, p. 267—316, tab. 14—17.

29. LEVINSEN, G. M. R., Systematisk-geographisk Oversigt over de nordiske Annulata, Gephyrea, Chaetognathi og Balanoglossi II, in: Vid. Meddel. nat. For. Kjöbenhavn, p. 92—350, tab. 2 u. 3.
30. v. MARENZELLER, E., 1879, Südjapanische Anneliden, in: Denkschr. Akad. Wiss. Wien, Vol. 84, p. 109—154, 6 tab.
31. —, 1884, Zur Kenntniss der adriatischen Anneliden, in: SB. Akad. Wiss. Wien, Vol. 89, p. 151—215, tab. 1 u. 2.
32. MEYER, E., 1886—1900, Studien über den Körperbau der Anneliden, in: Mitth. zool. Stat. Neapel, Vol. 7, p. 592—741, tab. 22—27; Vol. 8, p. 462—662, tab. 23—25; Vol. 14, p. 247—585, tab. 12—17.
33. MICHAELSEN, W., 1897, Die Polychätenfauna der deutschen Meere einschließlich der benachbarten und verbindenden Gebiete, in: Wiss. Meeresunters. Komm. Wiss. Unters. D. Meere Kiel, Vol. 2, p. 1—216, tab. 1.
34. MILNE-EDWARDS, H., 1838, Recherches pour servir à l'histoire de la circulation du sang chez les Annélides, in: Ann. Sc. nat. (2), Zool., Vol. 10, p. 193—221, tab. 10—13.
35. MÖRCH, OTTO A. L., 1861—1863, Revisio critica Serpulidarum et Bidrag til Rorormenes Naturhistorie, in: Naturh. Tidskr. (3), Vol. 1, p. 329—347, tab. 12.
36. MÜLLER, F., 1864, Für Darwin, Leipzig, p. 76.
37. ÖRLEY, L., 1884, Die Kiemen der Serpulaceen und ihre morphologische Bedeutung, in: Mitth. zool. Stat. Neapel, Vol. 5, p. 197 bis 228, tab. 12 u. 13.
38. PAGENSTECHER, A., 1863, Entwicklungsgeschichte und Brutpflege von Spirorbis spirillum, in: Z. wiss. Zool., Vol. 12, p. 486—495, tab. 38—39.
39. PERRIER, M. E., 1897, Remarques, in: CR. Acad. Sc. Paris, Vol. 124, p. 50—51.
40. ROMDE, E., 1890, Histologische Untersuchungen über das Nervensystem der Chaetopoden, in: Zool. Beiträge, Breslau, p. 1—81, tab. 1—7.
41. SCHIVELY, M. A., 1897, The anatomy and development of Spirorbis borealis, in: Proc. Acad. nat. Sc. Philadelphia, p. 153—160, tab. 1, 2.
42. SCHNEIDER, K. C., 1902, Lehrbuch der vergleichenden Histologie der Tiere, Jena.
43. SOULIER, A., 1889, Sur la structure de l'épiderme chez les Serpuliens, in: CR. Acad. Sc. Paris, Vol. 108, p. 400—463.
44. —, 1891, Études sur quelques points de l'anatomie des Annélides tubicoles de la région de Cette (Organe sécréteurs du tube et

- appareil digestif), in: Travaux Inst. zool. Montpellier (2), Mém. No. 2, 310 p., 10 tab.
45. ZELENY, CH., 1902, A case of compensatory regulation in the regeneration of *Hydroides dianthus*, in: Arch. Entw.-Mech., Vol. 13, p. 597—609, 3 fig.
46. —, 1905, The rearing of Serpulid larvae with notes on the behavior of the young animals, in: Biol. Bull., Vol. 8, p. 308—312, 3 fig.

Erklärung der Abbildungen.

Abkürzungen (für sämtliche Figuren gültig).

<i>A</i> After	<i>E. Z</i> Ersatzzellen
<i>A. G₁</i> Ausführung der thoracalen Nephridie	<i>Fl</i> Flimmerhaare
<i>A. G₂</i> Ausführung der Bauchschilddrüsen	<i>Fl. R_i</i> Flimmerrinne
<i>Al</i> Alveolen	<i>Ga</i> Ganglion
<i>Ab</i> Abdomen	<i>Ge</i> Gehirn
<i>Bm</i> Bauchmark	<i>H</i> Haut
<i>Bl. G</i> Blutgefäß	<i>Ha. B</i> Haarborsten
<i>Bo. Reg</i> borstenlose Region	<i>Hk. B</i> Hakenborsten
<i>Bsch</i> Bauchschild	<i>K</i> Kern
<i>C</i> Cuticula	<i>Ka</i> Kalk
<i>Cp</i> Capillare	<i>Ki</i> Kieme
<i>D</i> dorsal	<i>Ki. Cp</i> Kiemencapillare
<i>Da</i> Darm	<i>Ki. N</i> Kiemenerv
<i>D. Bl. G</i> dorsales Blutgefäß	<i>Kr</i> Kragen
<i>Di</i> Diatomen	<i>Kr. Cp</i> Kragencapillare
<i>Dis</i> Dissepiment	<i>l</i> links
<i>D. Kr. Dr</i> dorsale Kragendrüsen	<i>l. D. L. M</i> linker dorsaler Längsmuskel
<i>D. Ml</i> dorsale Mittellinie	<i>Leu</i> Leucocyten
<i>Dr</i> Drüse	<i>L. H</i> Leibeshöhle
<i>Da. Ept</i> Darmepithel	<i>l. V. L. M</i> linker ventraler Längsmuskel
<i>Dr. Z</i> Drüsenzelle	<i>M</i> Muskel
<i>Dr. Z₁</i> hellgrüne Drüsenzellen	<i>Mb</i> Membran
<i>Dr. Z₂</i> dunkelblaue Drüsenzellen	<i>M. Da</i> Mitteldarm
<i>Dr. Z₃</i> blaßblaue Drüsenzellen	<i>M. Dr</i> Munddrüse
<i>E. Da</i> Enddarm	<i>M. Ö</i> Mundöffnung
<i>Ei</i> Eier = Ovarium	<i>N</i> Nerv
<i>Epd</i> Epidermis	<i>Ne</i> Nephridie
<i>Ept</i> Epithel	<i>Op</i> Operculum
	<i>Op. Cp</i> Operculum = Capillare
	<i>Pal</i> Palpen

<i>Pap</i> Papille	<i>Si</i> Sinus
<i>Pr</i> Protozoen	<i>Sp</i> Sperma
<i>r</i> rechts	<i>Ss</i> Schleimschicht
<i>r. D. L. M</i> rechter dorsaler Längsmuskel	<i>St</i> Streifen
<i>R. M</i> Ringmuskel	<i>V</i> ventral
<i>r. V. L. M</i> rechter ventraler Längsmuskel	<i>V. Bl. G</i> ventrales Blutgefäß
<i>Schl. R₁</i> Schlundringnerv	<i>V. Kr. Dr</i> ventrale Kragendrüsen
<i>Schl. R₂</i> Schlundringblutgefäß	<i>V. Ml</i> ventrale Mittellinie
	<i>Vo. Da</i> Vorderdarm = Ösophagus

Tafel 1.

- Fig. 1. Ansicht eines von seiner Schale befreiten Tieres. Ca. 60:1.
 Fig. 2. Thoracale Hakenborste. Flächenansicht. Ca. 1200:1.
 Fig. 3. Thoracale Hakenborste. Seitenansicht. Ca. 1200:1.
 Fig. 4. Abdominale Hakenborste. Seitenansicht. Ca. 2000:1.
 Fig. 5. Abdominale Hakenborste. Flächenansicht. Ca. 2000:1.
 Fig. 6. Blättchen, aus denen anscheinend die Hakenborsten zusammengesetzt sind. Seitenansicht.
 Fig. 7. Dieselben. Flächenansicht.
 Fig. 8. Eierkette. Ca. 20:1.
 Fig. 9. Abdominale Haarborste. Ca. 500:1.
 Fig. 10. Gekämmte thoracale Haarborste aus dem ersten Parapodienpaar. Ca. 500:1.
 Fig. 11. Glatte thoracale Haarborste. Ca. 500:1.
 Fig. 12. Ansicht des Thorax von der Dorsalseite. Ca. 50:1.
 Fig. 13. Thoracale Nephridie. Die rechte Hälfte ist größer als die linke. 120:1.
 Fig. 14. Gehirn und Nerven (schematisiert). Die linke Hälfte ist voluminöser als die rechte. 120:1.
 Fig. 15. Abnorme Deckelbildung mit fünf Öffnungen. 200:1.
 Fig. 16. Zwei ineinander gewundene Schalen von *Spirorbis borealis*. Ca. 25:1.

Tafel 2.

- Fig. 17. Querschnitt durch den Thorax. 200:1.
 Fig. 18. Querschnitt durch das Abdomen. 200:1.
 Fig. 19. Querschnitt durch den Bauchschild. 500:1.
 Fig. 20. Querschnitt durch die borstenlose Region. 200:1.
 Fig. 21. Längsschnitt durch die Analdrüse. 300:1.

Tafel 3.

Fig. 22. Schematische Darstellung des Längsmuskelverlaufes. Die schwarzen Scheiben stellen Querschnitte dar mit ihren dorsalen und ventralen Einkerbungen. Vorn ist die Mitte der Kiemen und des Operculums getroffen. Die dicke schwarze Linie ist die ventrale Medianlinie, die feine die dorsale. Ventrale Muskeln rot, dorsale Muskeln blau.

Fig. 23. Schematische Darstellung der innern Organe. Ca. 60:1.

Fig. 24. Querschnitt durch einen Kiemenfaden, links an der Ansatzstelle eines Seitenästchens, rechts zwischen zwei Seitenästchen. 250:1.

Fig. 25. Querschnitt durch ein Seitenästchen. 250:1.

Fig. 26. Querschnitt durch das Operculum. 250:1.

Fig. 27. Längsschnitt der Schale von *Spirorbis borealis*. 300:1.

Lebenslauf.

Verfasser, JOHANN FRIEDRICH ZUR LOYE, lutherischer Konfession, wurde geboren am 13. Januar 1880 zu Barfel (Großherzogtum Oldenburg). Nach privater Vorbildung besuchte er die Oberrealschule in Oldenburg und verließ sie Ostern 1900 mit dem Zeugnis der Reife. Er studierte darauf 1 Semester in München Maschinenbau und arbeitete dann 2 Semester als Volontär in der Maschinenfabrik von JOHANN WILHELM SPÄTH u. Co. in Dutzendteich bei Nürnberg und in der Großherzoglich-Oldenburgischen Eisenbahnhauptwerkstätte zu Oldenburg. Nachdem er noch wieder in München 1 Semester Maschinenbau studiert hatte, widmete er sich von Ostern 1902 ab dem Studium der Naturwissenschaften und der Mathematik und zwar 1 Semester in München, 2 Semester in Berlin, 4 Semester in Göttingen und 3 Semester in Greifswald. Vom Herbst 1903 bis zum Herbst 1904 genügte er seiner einjährigen Dienstpflicht.

Seine akademischen Lehrer waren. VAN DYCK, EBERT, MUTHMANN, FÖPPL, ULTSCH, BURMESTER, HOFMANN, TH. LIPPS, BRENTANO, GÜTTLER, v. WEBER, (München) SIMMEL, THIELE, PAULSEN, LANDAU, v. BEZOLD, R. M. MEYER, KAPTAN, W. SCHULZE, STOLZE, HOLTERMANN LIEPMANN, VIERKANDT, SCHWENDENER, WITTMACK, VAN'T HOFF, (Berlin) MINKOWSKI, EHLERS, RIECKE, STARK, KALLIUS, FREIBERG, G. E. MÜLLER, BERTHOLD, PETER, RHUMBLER, PÜTTER, VERWORN, KLEIN, BOSE, PRANDTL, HOFFMANN, (Göttingen) G. W. MÜLLER, SCHÜTT, MIE, AUWERS, REHNKE, KALLIUS, JAEKEL, MOELLER, PETER (Greifswald).

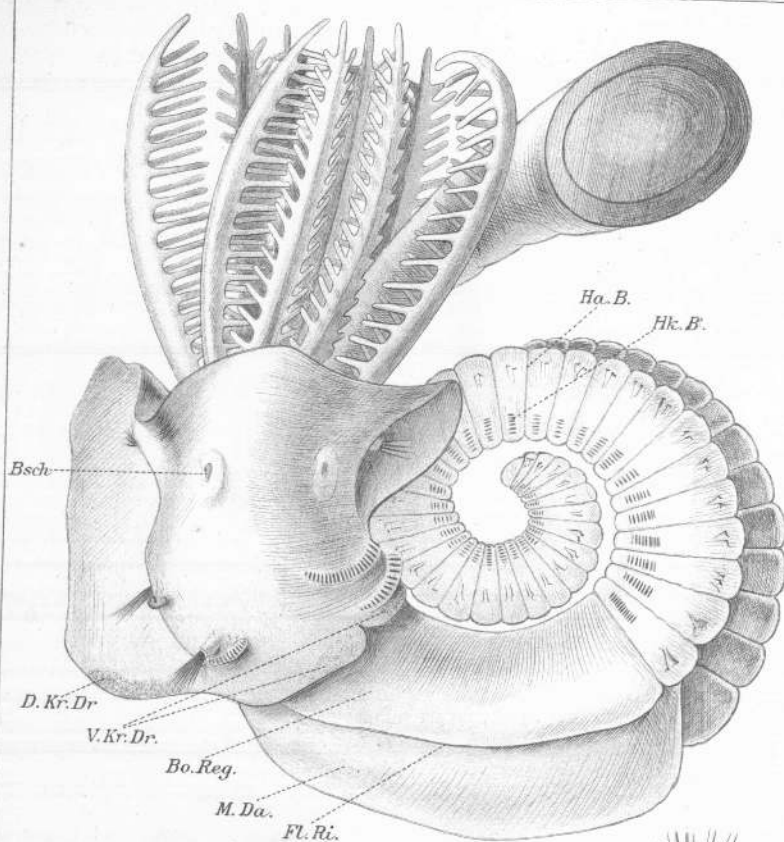


Fig. 1.

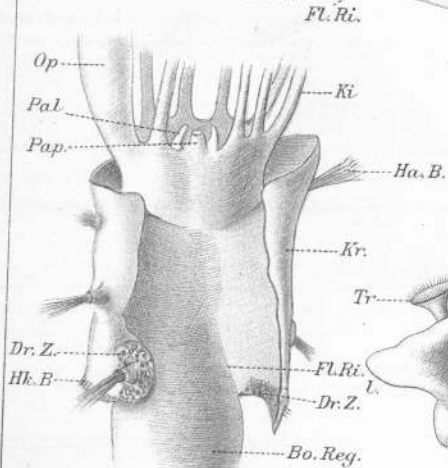


Fig. 12.

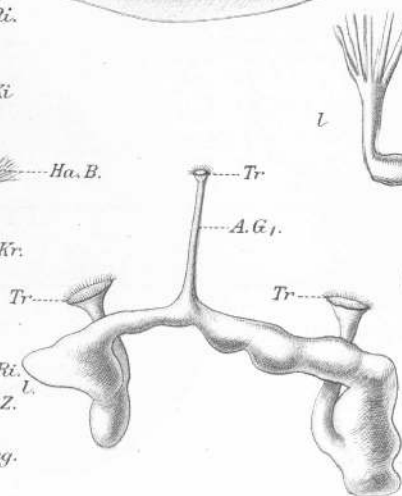


Fig. 13.

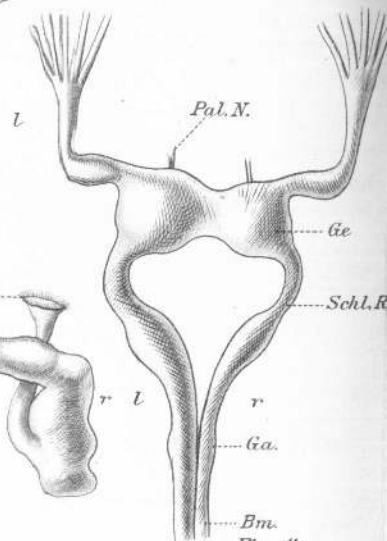
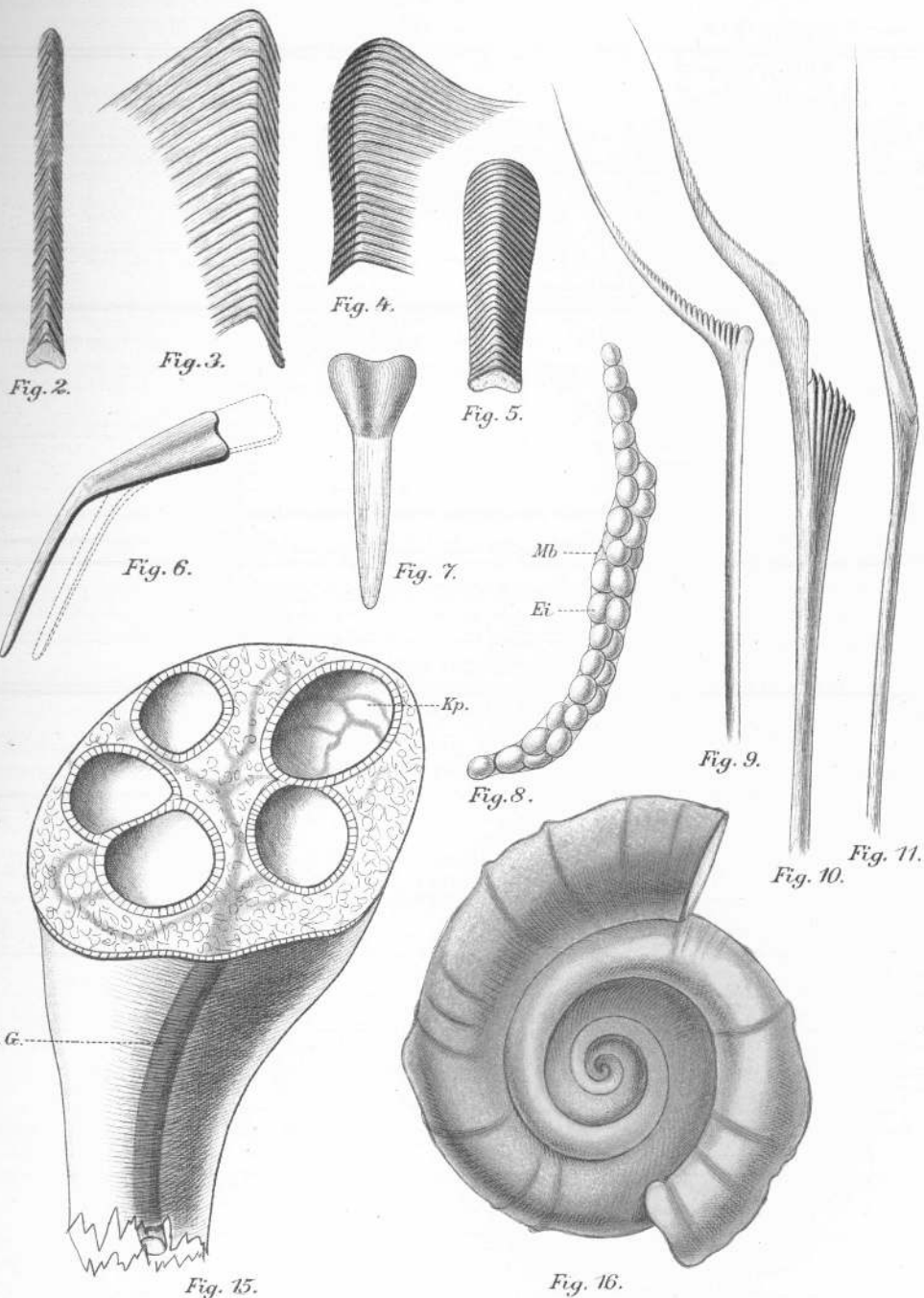


Fig. 14.







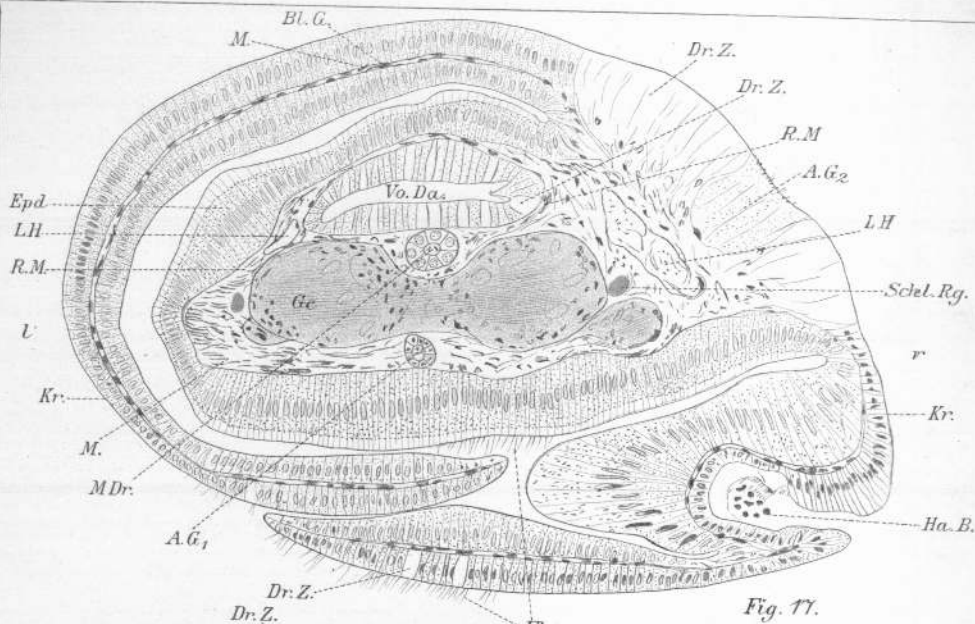


Fig. 17.

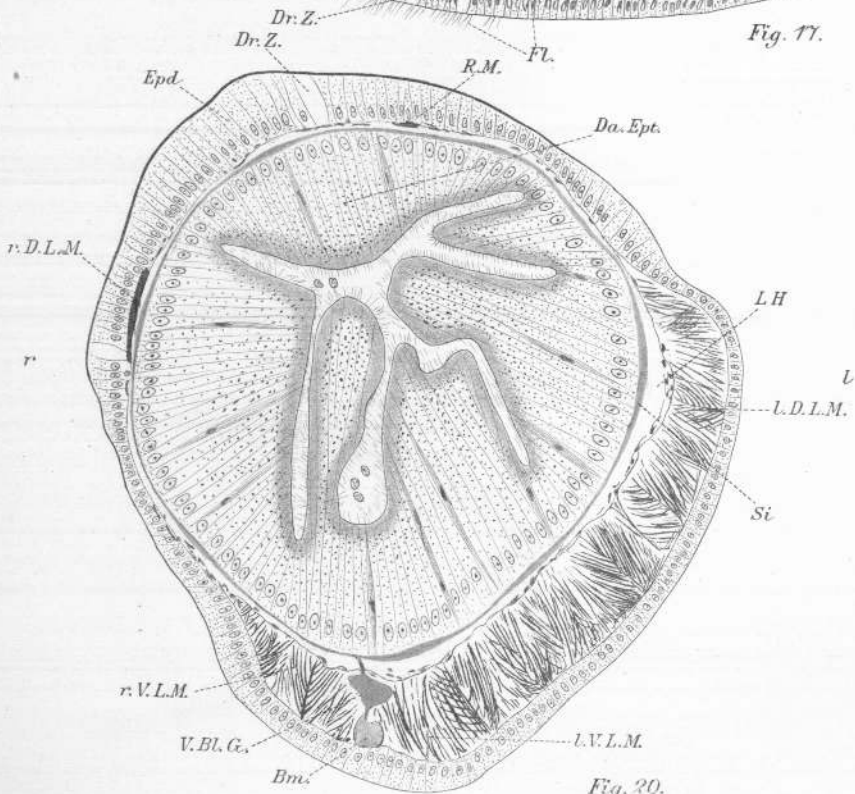


Fig. 20.

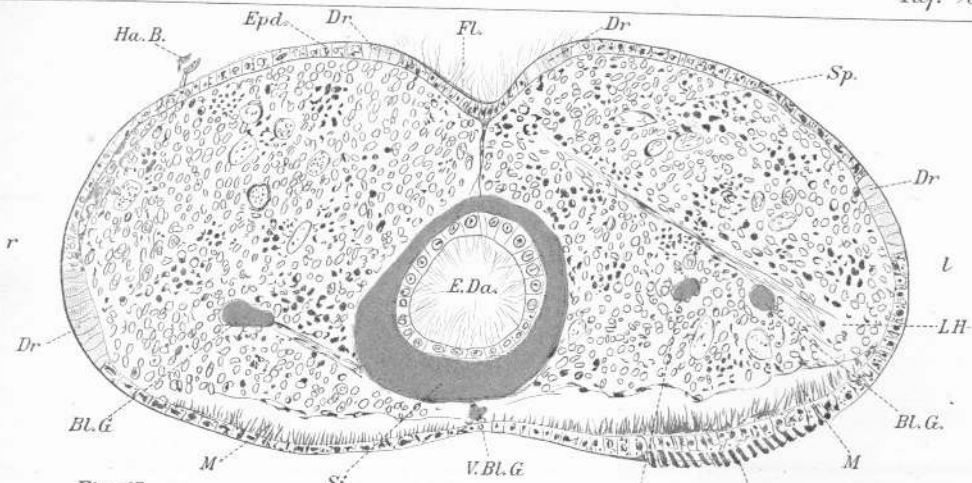


Fig. 18.

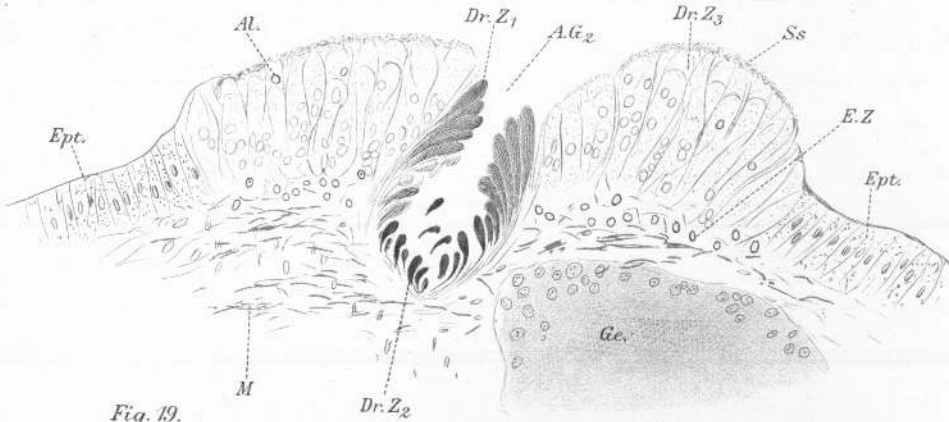


Fig. 19.

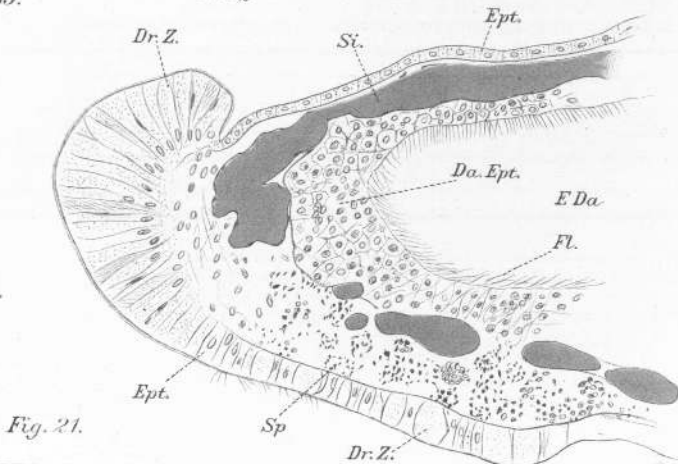


Fig. 21.



