

Untersuchungen über den feineren Bau der Borsten einiger Chätopoden und Brachiopoden.

Von

Alexander Schepotieff.

(Aus dem zoologischen Institut der Universität Heidelberg.)

Mit Tafel XXXIII—XXXVI und 15 Figuren im Text.

I. Untersuchungen über die Struktur der Borsten der Regenwürmer.

Die Untersuchungen über Strukturen, welche in den letzten Jahren in weiterem Umfange von Prof. O. BÜTSCHLI unternommen und durch seine Schüler fortgesetzt worden sind, betreffen sowohl die organischen, zelligen und nichtzelligen Körper, als auch die anorganischen. Der feinere Bau und die Struktur nichtzelliger Körper organischen Ursprungs wurde besonders von O. BÜTSCHLI (1892, 1898, 1901 etc.) und auch von SUKATSCHOFF (1899) untersucht; zu diesen Körpern gehörten sowohl cuticulare Gebilde, Spongiennadeln, Eihüllen, als auch Knorpelgrundsubstanz, Chitinpanzer und andere quellbare Körper (vgl. auch SCHUBERG, 1900). Letzterer Klasse von Körpern können die Borsten der Würmer angeschlossen werden, welche, obwohl sie in ihrem feineren Bau etwas von genannten quellbaren Körpern abweichen, dennoch in Allem als cuticulare Gebilde epidermalen Ursprungs mit ihnen übereinstimmen. Vorliegende Arbeit beschäftigt sich hauptsächlich mit dem feineren Bau der Borsten gewisser Oligochäten (Regenwürmer) und einiger Polychäten (*Nereis*, *Aphrodite*, *Spirographis*). Zur Ergänzung dieser Untersuchungen an Borsten von Anneliden wurden vergleichsweise auch die Borsten von *Lingula* herangezogen. Einige Beobachtungen über die Entwicklung der Oligochätenborsten und der Borstentaschen wurden als besonderer vierter Theil dieser Arbeit beigelegt.

Untersucht wurden die Borsten von *Lumbricus terrestris* L., *Lumbricus rubellus* Hoffm. und *Eisenia foetida* (syn. *Lumbricus*

foetidus (Sav.) Dug. Da die äußere Form und Struktur der Borsten dieser Arten nicht wesentlich verschieden sind, wird im Folgenden auf die Verschiedenheit der Herkunft der Borsten keine Rücksicht genommen und werden sie allgemein als »Regenwurmborsten« bezeichnet.

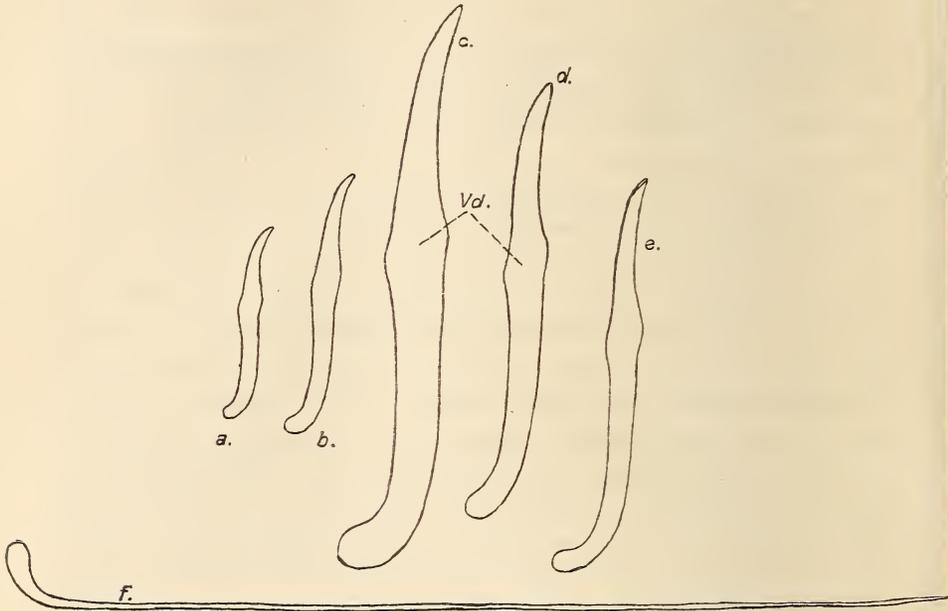
Die Isolirung der Borsten für Untersuchungszwecke kann auf verschiedenen Wegen erreicht werden. Am einfachsten werden sie mit einer Pincette aus der Borstentasche herausgezogen, oder durch Zerreißen der frischen Borstentaschen mit Präparirnadeln isolirt. Diese Art der Gewinnung der frischen Borsten wurde indessen wenig angewendet, weil immer noch kleinere Theile des Gewebes der Taschen zurückblieben, welche manchmal sehr schwer zu entfernen waren. Das beste Mittel, um ganz saubere Borsten zu erhalten, ist die Zerstörung des ganzen Körpers des Regenwurms durch 1 0/0ige Salzsäure oder noch besser durch künstliche Verdauungsflüssigkeit im Reagensglas bei 40—50° C. Schon nach 48stündiger Einwirkung jener Reagentien zerfällt der ganze Körper beim Schütteln zu einem feinen Brei, welcher außer feinpulverigen Fragmenten nur Borsten und Theile der Cuticula, die wegen ihrer größeren Widerstandsfähigkeit unversehrt blieben, enthält. Nach Abgießen des Absatzes in ein Uhrglas kann man die ganz sauberen Borsten leicht mit der Präparirnadel sammeln. Auch durch Verfaulen der Regenwürmer, besonders auf feuchter Erde oder in Wasser (welches durch Erde filtrirt war und daher zahlreiche Fäulnisbakterien enthielt), kann man recht saubere Borsten bekommen. Das Isoliren der Borsten durch Zerstören des Regenwurmkörpers mit 1 0/0iger Kalilauge kann nicht für Strukturstudien empfohlen werden; denn die Kalilauge wirkt zu stark auf die Borstensubstanz und verändert sie mehr als 1 0/0ige Salzsäure oder Verdauungsflüssigkeit. Es bildet sich dabei immer im Innern der Borsten ein Niederschlag von vielen kleinen Kryställchen, welche die wahre Struktur verdecken.

Die Borsten der genannten Regenwürmer gehören zu dem Typus einfacher Borsten oder sog. Setae, welche in jedem Segment in vier Gruppen, zwei ventralen und zwei dorsalen, angeordnet sind und als ventrale und dorsale Längsreihen sich über den ganzen Körper erstrecken, in besondern Hauteinsenkungen oder Borstentaschen sitzend¹.

An jeder Borste kann man zwei Theile unterscheiden: einen sog. inneren, basalen (Fig. 1 u. 2, Taf. XXXIII, *Bt* und Textfig. 1) mit

¹ Weiteres über die Borstentaschen etc. wird im vierten Theil gesagt.

seinem basalen Ende oder Wurzel (*W*), mit welchem die Borste in ihrer Tasche befestigt ist und einem äußeren distalen aus dem Körper hervorragenden Theil (*Vt*).



Textfig. 1.

Kontouren der Borsten von *Lumbricus terrestris* L., Müll. *a*, vom 2. Segment (ventrale Reihe); *b*, vom 5. Segment (ventra'e Reihe); *c*, vom 10. Segment (dorsale Reihe); *d* und *e*, vom 42. Segment (*d*, dorsale, *e*, ventrale Reihe) *f*, Clitellumborste aus dem 33. Segment. Zeichenapparat. Vergr. 107.

Vd, mittlere Verdickung.

Bei der Untersuchung der Borsten im Ganzen kann man erkennen, dass der innere oder basale Theil der Borste weicher ist als der äußere, — das geht besonders aus dem Verhalten der Borstensubstanz gegen chemische Reagentien und Druck hervor.

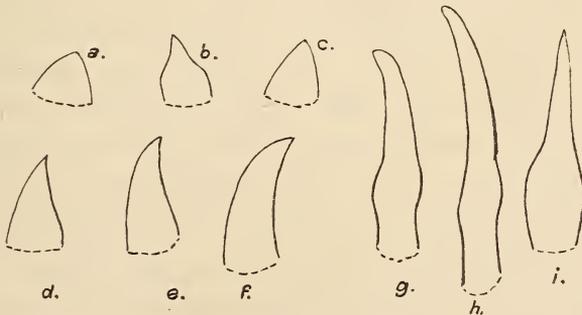
Die Borsten haben eine hellgelbe Farbe und, wie zuerst E. HERING (1856) gezeigt hat, nicht alle dieselbe Gestalt. Die meisten unterscheiden sich indessen nur durch ihre Größe von einander. Sie sind allgemein schwach S-förmig gebogen und zeigen eine Verdickung nicht in der Mitte, sondern gewöhnlich etwas distal von ihr (Fig. 1 und 2, Taf. XXXIII und Textfig. 1 *Vd*).

Das äußere, distale Ende der Borsten ist im Allgemeinen etwas spitzig und dünner als das Wurzelende, welches etwas abgerundet abschließt.

Abweichend von den zugespitzten Borsten verhalten sich, abgesehen von den Größenunterschieden, besonders diejenigen des Clitellums, welche dünner, doppelt so lang als die größten der ersteren, fein nadelartig auslaufend, ohne Spur einer mittleren Verdickung und S-förmigen Biegung, nur mit dem gebogenen inneren Ende tief in den Körper eingesenkt und nicht ausstülpbar sind. Diesen haarförmigen Borsten ähnliche können auch ausnahmsweise in andern Segmenten, als in denen des Clitellums vorkommen; so fand ich sie z. B. bei *Lumbricus terrestris* L., Müll. im 11. und 25. Segment in der ventralen und im 24. in der dorsalen Reihe. Bei andern Exemplaren waren in denselben Segmenten gewöhnliche Borsten.

Die Borstengröße ist, wenigstens bei den erwachsenen Würmern von mindestens 125 Segmenten, an den verschiedenen Körpertheilen verschieden. Im Allgemeinen sind die Borsten der vorderen fünf Segmente kürzer (500—600 μ lang bei einer Dicke von 50—60 μ), die des fünften bis zehnten Segmentes länger (mehr als 1 mm lang bei einer Dicke von 120—150 μ), als die aller andern Segmente. Die Borsten der dorsalen Längsreihen sind immer größer, bisweilen doppelt so groß, als die der ventralen (Textfig. 1 *d*, *e*).

Die Ersatzborsten und eben so die jungen Borsten in den hintersten Schwanzsegmenten und die noch nicht erwachsener Individuen treten zuerst als kegelförmige Gebilde auf (Textfig. 2 *a*), welche während



Textfig. 2.

Die Kontouren der Ersatzborsten in den verschiedenen Entwicklungsstadien (*a*, *c*, *d* und *e* mit Zeichenapparat angefertigt). Vergr. 305.

ihres weiteren Wachstums alle Übergangsformen zu der gewöhnlichen Hakenform zeigen (Textfig. 2 *a—i*).

Die meisten Forscher, welche sich mit dem Studium der Regenwürmer beschäftigten, beschrieben die Borsten als homogene chitin-

ähnliche Gebilde, ohne sich mit ihrem feineren Bau eingehender zu beschäftigen (HOFFMEISTER, 1845, D' UDEKEM, 1855, CLAPARÈDE, 1862, EISEN, 1871, PERRIER, 1872, QUATREFAGES et VAILLANT, 1890, CERFONTAINE, 1890, BEDDARD, 1895, wie auch ROSA, 1882 und MICHAELSEN, 1900). Die wenigen, welche auf den feineren Bau eingingen, erklärten sie fast einstimmig für fibrillär strukturirt. So hat VEJDOVSKÝ, 1884, als Erster (SPENGLER hat allerdings schon 1880 dieselbe Ansicht für die Borsten von *Echiurus* und NANSSEN 1885 für *Myxostoma* ausgesprochen) mit besonderer Bestimmtheit bemerkt, dass »jede Borste von *Lumbricus* aus inneren, dicht an einander liegenden, sehr feinen Fibrillen, die deutlicher an alten und vornehmlich an verbrauchten Borsten zum Vorschein kommen«, besteht.

Die auf VEJDOVSKÝ folgenden Beobachter schlossen sich seiner Ansicht vollkommen an. Schon eine oberflächliche Untersuchung, besonders der alten Borsten, unter der Lupe zeigt, dass sie nicht homogen sind. Die genauere mikroskopische Untersuchung der frischen Borsten zeigt manchmal eine ganz feine, aber gut erkennbare Längsstreifung, oder longitudinale, später gaserfüllte Spalthöhlen der Borste in ihrem dicksten Theil und in der Wurzel. Andererseits tritt bei oberflächlicher Betrachtung, je nach dem Alter der Borste, mehr oder weniger deutlich eine Querschichtung, d. h. ein Alterniren meist sehr feiner, etwas verschieden lichtbrechender, hellerer und dunklerer Querzonen hervor. Diese Querstreifung ist besonders im Wurzelabschnitt und im Innern des distalen Abschnitts der Borste erkennbar (Fig. 1, Taf. XXXIII, *Qs*). Die Wurzelhälfte der frischen Borsten lässt außer einer Querstreifung meist eine gut entwickelte feine Längsstreifung erkennen, welche manchmal bis zur mittleren Verdickung verfolgt werden kann (Fig. 1, Taf. XXXIII, *Ls*).

Die mittlere Verdickung und der distale Abschnitt der Borste zeigt diese Querstreifung viel seltener. Die verschiedene Lichtbrechung der abwechselnden Querschichten ist offenbar eine Folge verschiedener Dichtigkeit der Borstensubstanz, d. h. die Borste ist nicht homogen, sondern besitzt noch eine besondere feinere Struktur, wie auch schon die früheren Forscher angegeben haben (VEJDOVSKÝ, 1884, EISIG, 1887).

Meine nach verschiedenen Methoden angestellten Untersuchungen haben ergeben, daß sowohl das Alterniren der hellen und dunklen Querstreifen wie die feine Längsstreifung, welche früher als Beweis des fibrillären Baues galt, durch zahlreiche, feinste Hohlräumchen

hervorgerufen werden; die Borste also einen feinwabigen oder alveolären Bau besitzt.

Ganz junge Borsten erscheinen im frischen Zustande ganz homogen und nur mit Hilfe verschiedener Methoden erkennt man eine feinere Struktur derselben.

Zuerst wurden die ganz entwickelten, hakenförmigen Borsten untersucht.

Von allen Methoden erwiesen sich Austrocknung der Borsten, schwaches Erhitzen im trockenen Zustand oder Maceration als am meisten geeignet, die Strukturen deutlich hervortreten zu lassen.

Zum Austrocknen wurden die Borsten entweder im trockenen Zustande auf einen Objektträger gelegt und, nur mit einem Uhrglas zum Schutz gegen Staub bedeckt, für 1—2 Tage auf den Wärmeschrank (40—50° C.) gestellt; oder sie wurden in Xylol unter die Luftpumpe gebracht und im Vacuum getrocknet. Hierauf folgte in beiden Fällen sofortige Übertragung in gewöhnlichen oder in vorher auf dem Deckglas erhitzten Kanadabalsam, welch' letzterer so rasch erhärtet, dass er nicht in alle Spalten und gaserfüllten Räumchen oder Alveolen eindringt. Die ausgetrockneten Borsten zeigen keine Veränderung ihrer äußeren Form und Gestalt; nur entsteht manchmal bei zweitägigem Aufenthalt auf dem Wärmeschrank eine ganz schwache Braunfärbung.

Die Untersuchung solcher getrockneter, nur mit einem Deckglas bedeckter Borsten in Luft oder in Kanadabalsam zeigt eine große Menge kleiner gaserfüllter Räumchen in ihrem Innern. Selten finden sich vereinzelt Bläschen im innern Theile, sondern fast immer Längsreihen zusammenhängender, also Bläschenkettten. Oft aber verschmelzen diese Bläschen der Ketten gänzlich zu Längsröhrchen (Fig. 8, 15 u. 17, Taf. XXXIII, *Lr*), welche an einem oder beiden Enden in successiv sich verkleinernde Einzelbläschen zerfallen können (Fig. 8 u. 17, Taf. XXXIII, *Bl*). Im optischen Längsschnitt treten die Grenzlinien dieser Röhrchen, meist als scharfe, gerade Linien hervor, so dass das ganze Röhrchen ein gleichmäßiges Lumen besitzen muss.

Manchmal aber ist die Verschmelzung der einzelnen gaserfüllten Räumchen unvollständig; in diesem Falle (Fig. 8, vgl. mit Fig. 16, Taf. XXXIII) erscheint das Lumen der Röhrchen perlschnurförmig.

Die Oberfläche des distalen vorstreckbaren Abschnitts der Borste zeigt weniger Röhrchen und Bläschenkettten, aber auch hier kann man leicht Stellen finden, welche die gaserfüllten Räumchen sehr schön zeigen und zwar treten die einzelnen Waben, als kleinste gaserfüllte

Räumchen eingebettet in eine strukturlose Substanz schön hervor (Fig. 15, Taf. XXXIII *B*).

Meistens findet sich neben den Längsreihen von Bläschen und den Längsröhrchen noch eine Anordnung der gaserfüllten Räumchen mehr oder weniger senkrecht zu der Längsachse der Borste (Fig. 17, Taf. XXXIII, *Qbl*). Dadurch erklärt sich das Alterniren heller und dunkler Querstreifen. Die Gaserfüllung in der Querrichtung tritt fast immer in den Querstreifen auf, welche bei tiefer Tubuseinstellung heller, also schwächer lichtbrechend sind. Hieraus geht einerseits hervor, dass die hellen Querstreifen aus weniger dichter Substanz bestehen, und andererseits, dass die Wände der Hohlräumchen in den hellen Streifen feiner sind, als diejenigen der dunkleren Streifen, d. h. also, die dunkleren Schichten sind überhaupt dichter als die hellen. Besonders bemerkenswerth ist, dass bei den quergeordneten Bläschen niemals eine Verschmelzung zu Röhrchen beobachtet wurde. Bläschenkettens sind auch in dieser Richtung seltener als einzelne Bläschen. Man kann also vermuthen, dass die Wabenwände, welche quer zur Richtung der Längsachse der Borsten ziehen, viel zarter und zerreißbar sind (was das häufige Auftreten von Längsröhrchen erklärt), als die parallel der Längsachse verlaufenden Wände.

Ferner ist noch zu bemerken, dass eben sowohl bei den ausgetrockneten, als auch bei den weiterhin zu betrachtenden erhitzten Borsten die längsgerichteten gaserfüllten Röhrchen und Wabenketten streng parallel zu einander verlaufen (Figg. 2, 3, 15 u. 18, Taf. XXXIII, *Lr*), nicht aber parallel der Längsachse der Borste, sondern in etwas schiefer Richtung zu derselben (was besonders an Fig. 16, Taf. XXXIII sichtbar ist). Ihre Richtung fällt mit derjenigen der anscheinenden Fibrillen zusammen.

In einigen Fällen zeigten lange im Vacuum getrocknete große Borsten, die in geschmolzenen Kanadabalsam eingebettet waren, ein schönes Irisiren. Dieses Irisiren, welches in demjenigen Theil der Borste, der bis zur Oberfläche sehr stark mit Gas erfüllt ist, auftritt, kann als eine Folge der verschiedenen Lichtbrechung in den kleinen gaserfüllten Hohlräumchen der oberflächlichen Schicht gedeutet werden. Aus demselben Grunde irisiren auch die Haare von *Aphrodite* (s. II. Theil).

Die gaserfüllten Räumchen und Längsröhrchen treten beim Erhitzen der Borsten noch viel reichlicher auf als bei einfachem Austrocknen. Zu diesem Behufe werden die frischen oder in Xylol befindliche Borsten auf einem Objektträger über der sehr kleinen

Flamme eines Bunsenbrenners einige Minuten erhitzt. Wie nach der Austrocknung, wurden die erhitzten Borsten direkt in gewöhnlichen oder geschmolzenen Kanadabalsam eingeschlossen.

Durch die Hitze treten in der Substanz der Borste, welche jetzt eine hell- oder dunkelbraune Farbe annimmt, eine Menge feinsten Hohlräumchen auf, so dass die feinwabige Struktur besonders klar hervortritt (Figg. 10, 18 und 19, Taf. XXXIII). Die äußere Form der erhitzten Borste ist entweder unverändert oder ein wenig geschrumpft (Fig. 3, Taf. XXXIII). An der Oberfläche bildet sich manchmal eine feine Schicht von wabiger Struktur, welche das Bild eines wabignetzigen Gewebes bietet. Zuweilen treten hier zahlreiche Räumchen auf, welche ziemlich von einander entfernt sind (wie in Fig. 19, Taf. XXXIII, *Jbl*); in günstigen Fällen zeigt sich aber, dass die Oberfläche der Borste aus einzelnen Waben besteht, welche mit Gas erfüllt sind, daher bei hoher Einstellung dunkel, bei tiefer hell erscheinen (Fig. 10, Taf. XXXIII, *a u. b*). Wenn man die Borste, welche ein solches Bild zeigt, im optischen Längsschnitt betrachtet, so sieht man diese äußerste Schicht im optischen Durchschnitt als eine mit einem Alveolarsaum vergleichbare Wabenreihe (Fig. 9, Taf. XXXIII, *Alv*).

Das gewöhnliche Bild der Längsröhrchen oder Alveolenketten, sowie die dunklen und hellen Querstreifen, zeigt sich im ganzen Inneren des Basaltheils der Borste. In dem distalen Borstenabschnitt sind diese Gebilde dagegen, eben so wie bei dem Austrocknen, an der Oberfläche spärlicher als im Innern; doch tritt auch in dem äußeren Abschnitt der Borsten die Wabenstruktur unter gewissen Bedingungen recht deutlich hervor (Figg. 2 und 15, Taf. XXXIII, *Lr*).

Wegen des Auftretens von Spalten und Rissen im Innern der Borste beim Erhitzen tritt häufig ein Verschmelzen der gaserfüllten Räumchen zu größeren Lücken (oder Räumen) hervor. Diese Erscheinung zeigt sich besonders in der mittleren Verdickung und am Wurzelende.

Dass die Borstensubstanz wirklich Wasser oder eine andere Flüssigkeit enthält, kann man durch Pressen der frischen Borsten zwischen zwei Objektträgern beweisen, oder dadurch, dass man mit einem Glasstabe die auf einen Objektträger gelegte frische Borste kräftig presst. Dabei werden die Borsten in eine platte, von Spalten durchzogene Masse verwandelt. In solchen stark zwischen Objektträgern gepressten Borsten treten jedoch gleichzeitig gaserfüllte Bläschen und die andern gaserfüllten Hohlräume auf. Unter günstigen Umständen kann man dann bei Druck auf das Deckglas eine geringe,

aber sichere Bewegung dieser Bläschen in den Spalten wahrnehmen. Also befindet sich in den Spalten selbst irgend eine Flüssigkeit (Fig. 20, Taf. XXXIII). Sehr starke Pressung zwischen den Objektträgern oder mit dem Glasstab lässt die ganz frische Borste in viele kleine, abgeplattete Stückchen zerfallen; auch in diesen letzteren treten Spalten mit flüssigem Inhalt oder mit Bläschen auf (siehe Fig. 20, Taf. XXXIII).

Das Wurzelende der Borste, welches schon früher als weich im Vergleich mit der Spitze bezeichnet war, zeigt beim Pressen besonders viel Spalten, — die Spitze aber, besonders die sehr alter Borsten, widersteht der Pressung besser. Wenn das Wurzelende schon gänzlich in eine platte Masse verwandelt ist, sieht die Spitze fast noch unverändert aus. Sie zerfällt auch schwerer in abgeplattete Fragmente, dagegen öfter in kleine pulverige Bruchstücke. Die Menge der Flüssigkeit ist in der Borstenspitze geringer als in dem Wurzelende.

Zur Maceration der Borsten wurden 37%ige Salzsäure, 35%ige Kalilauge, 99 $\frac{1}{2}$ %ige Essigsäure und Eau de Javelle benutzt.

Die Wirkung der 37%igen Salzsäure auf frische Borsten in der Kälte geht langsam vor sich; beim Kochen mit dieser Salzsäure im Reagensglas dagegen wird die Borste schon nach $\frac{1}{4}$ Stunde zum Theil aufgelöst, wobei die Borsten unter Aufquellung stark deformirt werden. Wie schon oben angegeben, haben ganz frische Borsten eine hellgelbe Farbe, welche bei den älteren etwas dunkler wird. Nach der Einwirkung von Salzsäure und auch von allen andern macerirenden Reagentien verschwindet diese Farbe vollständig, so dass, wie Fig. 22, Taf. XXXIII zeigt, die Borsten ganz farblos werden.

Bei 1 $\frac{1}{2}$ —2stündigem Erhitzen der Borsten in 37%iger Salzsäure auf dem Wasserbade werden sie völlig gelöst. Die durch Erhitzen mit Salzsäure deformirten Borsten (wie in Fig. 22, Taf. XXXIII) zeigen bei Untersuchung in Wasser zuweilen einen schönen, sehr fein streifigen Bau (Fig. 11 u. 22, Taf. XXXIII, *F*). Die Streifen verlaufen schief zur Borstenachse (Fig. 23 *a*, Taf. XXXIII). Bei Betrachtung solcher Borsten im optischen Längsschnitt zeigen die peripherischen Theile keine oder nur eine undeutliche Struktur. Dagegen kann man an der Oberfläche eine wabige Struktur unmittelbar als Alveolarschicht sehr gut erkennen (Taf. XXXIII, Fig. 23 *a*, *Rp* und Fig. 7). Im Innern der Borste zwischen den Streifen treten einige gaserfüllte Hohlräumchen hervor. Dann sieht man (wie Fig. 23 *b*, Taf. XXXIII zeigt) bei starken Vergrößerungen, dass die Hohlräume von feinen Linien durchzogen sind. Genauere Betrachtung zeigt, dass diese

Linien feine Äste, welche sich von den Streifen abzweigen, sind (Fig. 23 b, Taf. XXXIII, *Ae*). Indessen empfiehlt sich, wegen der zu starken Wirkung der Salzsäure auf die Borstensubstanz, die Maceration in Salzsäure nur wenig.

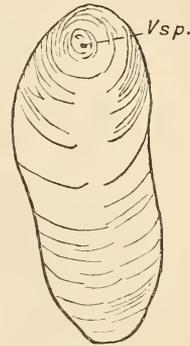
Behandlung der Borsten mit 35 %iger Kalilauge bei 40—50° C. oder 5—10 Minuten langes Kochen in dieser Kalilauge, bewirkt eine totale Veränderung der äußeren Form. Die Borste ist jetzt unter starker Quellung sehr in der Längsrichtung geschrumpft, ganz kurz und dick, sackförmig geworden (Textfig. 3).

In diesen, mit starker Kalilauge behandelten, wie in den mit 1 %iger Kalilauge isolirten Borsten findet man stets einen eigenartigen Niederschlag, welcher sich bei genauer Untersuchung als eine Menge von Kryställchen, isolirten oder zusammenhängenden, hexagonalen Plättchen, erweist (Figg. 12, 13 u. 14, Taf. XXXIII, *K*). Diese Kryställchen lösen sich in 50 %iger Essigsäure leicht auf, dann bleibt die deformirte und jetzt auch farblose Borste ganz durchsichtig zurück. Weiteres über Kryställchen s. unten.

Bei Behandlung mit ca. 50 %iger Essigsäure werden diese schon verkürzten Borsten noch kürzer und dicker; dies weist auf weitere Quellung unter Verkürzung hin. Nach längerem Aufenthalt in der Essigsäure werden die Borsten oval und mehr oder weniger platt.

Nicht nur die mit Kalilauge behandelten Borsten, sondern auch die frischen, quellen schon in 50 %iger Essigsäure mit oder ohne Verkürzung. Darauf folgende zehntägige Behandlung mit 99 1/2 %iger Essigsäure bewirkt keine weitere Veränderung oder Lösung der in 50 %iger Essigsäure gequollenen Borsten. Die Borstenbreite erreicht schon nach 1—1 1/2 Stunden das Maximum der Quellung. Die gleichen Quellungserscheinungen treten überhaupt bei der Einwirkung aller lösenden Reagentien ein. Folgende Tabelle zeigt die Länge und Dicke von frischen Borsten vor und nach der Einwirkung von 99 1/2 %iger Essigsäure, 35 %iger Kalilauge und 37 %iger Salzsäure in der Kälte.

Die weitere Zerklopfung der durch Kali und Essigsäure deformirten Borsten giebt ähnliche Resultate wie nach kurzer (ca. 1/4 St.) Behandlung mit Eau de Javelle, welches zweifellos am besten wirkt,



Textfig. 3.

Eine Borste nach 1/4stündiger Behandl. mit 35 procentiger Kalilauge bei 40 bis 50° C. Etwas schematisirt. *Vsp.*, frühere äußerste Spitze der frischen Borste. Vergr. 305.

wesswegen die mit letzterer Macerationsflüssigkeit erhaltenen Resultate vorwiegend berücksichtigt werden sollen. Schon nach einer halben Stunde in der Kälte oder noch rascher bei 40—50° C. erweicht und deformirt starkes Eau de Javelle die Borsten äußerlich eben so wie die 35 %ige Kalilauge zu langovalen Gebilden, aber die Einwirkung ist noch stärker, denn die Borsten werden sehr brüchig.

Bis zur Hälfte oder noch mehr verdünntes Eau de Javelle wirkt in derselben Art jedoch erst nach ca. 1½—2 Stunden. Ein Aufenthalt von mehr als 12 Stunden in starkem Eau de Javelle bewirkt schon Zerfall der Borste in unregelmäßige Partikelchen, welche sich auf dem Boden des Reagensglases absetzen. Die mit Eau de Javelle behandelten, gut ausgewaschenen Borsten können leicht gefärbt werden. Zur Färbung wurden wassergelöstes Gentianaviolett, ½ %ige wässrige Eosinlösung, wässriges Bismarckbraun (½—1 % oder stärker), Eisenhämatoxylin (2—3 stündiger Aufenthalt in 2 %igem Eisenalaun, kurzes Auswaschen in Wasser und eintägige Färbung in 1 % wässrigem Hämatoxylin), Orcein, Säurefuchsin (80 % in Alk.), Thionin (½ % in Wasser), Methylenblau und Safranin benutzt. Die fünf letztgenannten Farben färben die Borsten sehr schlecht, Dahliälösung in Alkohol gar nicht. Triphenylrosanilintrisulfosaures Natron giebt eine gute Blaufärbung, besonders der Oberfläche. Am besten für die Untersuchung der zerklopften Borsten eignen sich Gentianaviolett und Bismarckbraun.

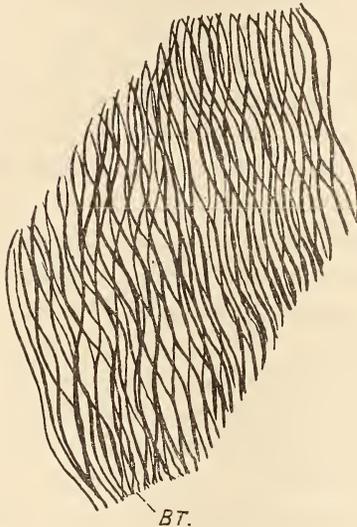
Die gefärbten Borsten werden am besten in Wasser untersucht mit Paraffinverschluss des Deckglases. Durch schwaches Klopfen auf das Deckglas kann man den Zerfall der Borste in fibrillarähnliche Fragmente bewirken. Die Überführung in Kanadabalsam ist wegen der Feinheit der Fragmente und des geringen Unterschiedes der Lichtbrechung nicht rathsam. Die Borsten können auch ungefärbt zerklopft und dann erst gefärbt werden.

Schon nach mäßigem Zerklopfen zeigt sich bei schwacher Vergrößerung ein gut ausgeprägter fibrillärer Bau. Aber, wie schon an den getrockneten und bei den mit Salzsäure behandelten Präparaten erkannt wurde, laufen die Fibrillen nicht parallel der Längsachse. Textfig. 4 zeigt, dass die Fibrillen, aus welchen die Borste zu bestehen scheint, etwas schräg zur Achse, spiralig oder kreuzstreifig angeordnet sind.

Da, wie schon früher gesagt, die längsverlaufenden Wände der Alveolen dichter sind, ist das Auftreten der Fibrillen durch die ganze Substanz der Borste bei Zerfall der letzteren nach Einwirkung auf-

lösender Reagentien in Einklang mit der Alveolarstruktur; denn die dickeren Längswände widerstehen länger als die zarteren Querwändchen.

Die Vorstellung eines netzigen Balken- oder Schwammgerüstwerkes erweist sich bei genauerem Studium als falsch; denn in einigen günstigen Fällen treten bei besonders starker Färbung (z. B. nach



Textfig. 4.

Eine mit Eau de Javelle macerirte Borste nach schwachem Zerklopfen in Wasser. Richtung der Fibrillen mit Zeichenapparat angefertigt. Etwas schematisirt. Vergr. 610. *BT.*, basaler Theil der Borste.

Eisenhämatoxylin) in den ungefärbten Räumen zwischen dem anscheinend netzförmig angeordneten Fibrillenwerk, auch die schwach gefärbten Querwände hervor, welche die benachbarten Fibrillen verbinden (Figg. 1 und 3, Taf. XXXIV).

Nach stärkerem und längerem Zerklopfen zerfällt die ganze Borste meist in eine Masse ungewein feiner Fibrillen. Die auf den ersten Blick fast immer als sehr feine, glatte Elemente erscheinenden Fibrillen ergeben bei genauester Untersuchung, dass isolirte Fibrillen als solche wahrscheinlich nicht existiren, indem die Fibrillen zuweilen deutlich die Reste der sich verbindenden, meist aber zerstörten Querbälkchen zeigen. Diese Reste der Querverbindungen zwischen den

benachbarten Fibrillen kann man nur bei stärksten Färbungen und Vergrößerungen (Immers. $\frac{1}{12}$, Oc. 18 etc.) und günstiger Beleuchtung erkennen (Figg. 1 und 3, Taf. XXXIV, *Q*). Scheinbar ganz glatte Fibrillen ohne Reste der Querverbindungen besitzen häufig wenigstens Knotenpünktchen mit Resten der abgehenden Querwände oder, was häufiger ist, man kann, wenn man das Zerklopfen so weit treibt, dass die Borste in feines Pulver zerfällt, Fragmente des Wabengerüstes bekommen und zwar sieht man dann, von den kleinen Knotenpünktchen gewöhnlich drei Fasern ausgehen.

Die Richtung der Fibrillen ist im Einklang mit der Richtung der oberflächlichen Strichelung der deformirten Borsten. Wenn die mit 35% iger Kalilauge behandelte Borste ca. $\frac{1}{2}$ Stunde mit 99% iger Essigsäure ausgewaschen und hierauf gefärbt wird (mit Eosin, Gen-

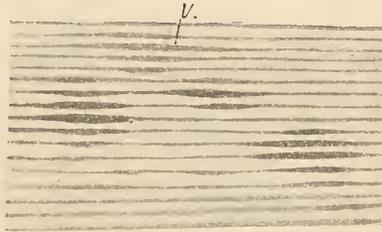
tianaviolett oder triphenylosanilintrisulphosorem Natron), so tritt schon bei schwachen Vergrößerungen eine gut sichtbare Streifung hervor. Diese Streifung ist schief spiralig, so dass die Fasern der beiden Oberflächen sich kreuzen. Die Streifen selbst sind nicht gleichmäßig dick, sondern mit lokalen wellenförmigen Verdickungen versehen, wodurch auf der ganzen Oberfläche zerstreute Flecken entstehen (Fig. 4, Taf. XXXIII und Textfig. 5). Dasselbe Bild aber kann man sehr leicht erhalten, wenn man die Borste erst mit Eau de Javelle oder 35%iger Kalilauge behandelt und hierauf mit auflösenden Mitteln, wie z. B. schwacher Salzsäure oder Schwefelsäure. Dann zerfließt das ganze Innere der Borste und an günstigen Stellen kann man leicht die parallelen Streifen mit oder ohne wellenförmigen Verdickungen sehen (Fig. 11, Taf. XXXIII). Diese Streifen zerfallen aber weiterhin in einzelne oder zusammenhängende Fibrillen, entweder von selbst oder durch Zerklopfen.

Die äußere Streifung ist nicht anders als die oberflächlichste Schicht der »Fibrillen«, welche von den andern, inneren nicht verschieden sind. Bei Einwirkung von 99%iger Essigsäure

(ca. 3—5 Stunden) auf Borsten, die lange (bis 3 Tage) mit 35%iger Kalilauge behandelt waren, waren nur die oberflächlichen »Fibrillen« sichtbar. Obwohl also, wie es scheint, die inneren Fibrillen leichter durch Essigsäure undeutlich werden, kann man doch nicht von einer besonderen Borstenhülle reden, denn die äußeren und inneren Borstenregionen verhalten sich im Übrigen ganz gleich (was schon wegen des Vorkommens der alveolarsaumähnlichen Schicht an ausgetrockneten Borsten vermuthet werden konnte).

Sowohl Querschnitte der Borsten, als auch besonders Längsschnitte, sind wegen der Härte der Substanz nicht leicht herzustellen.

Schnitte, welche durch die in Gummiglycerin an der Luft eingetrockneten Borsten mit dem Rasiermesser angefertigt waren, ergaben nicht viel Bemerkenswerthes hinsichtlich der Struktur, da es unmöglich war sehr feine Schnitte zu erhalten. Mikrotomschnitte durch die in Paraffin eingebetteten Borstentaschen und Borsten konnten für voll ausgebildete Borsten alter Regenwürmer nicht dünner als 10 μ Dicke



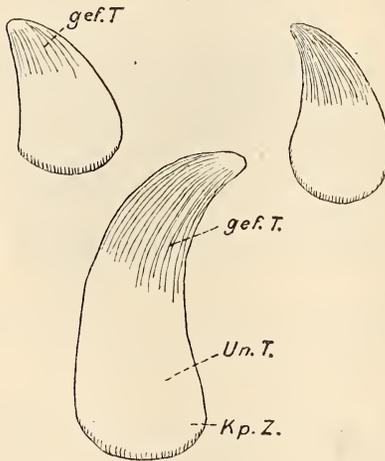
Textfig. 5.

Eine Stelle der Oberfläche einer mit 35%iger Kalilauge behandelten Borste nach ca. 2stündiger Auswaschung mit ca. 10%iger Essigsäure. Vergr. 1160.

erhalten werden. Längsschnitte zeigten den fibrillären Bau zuweilen recht deutlich. Die Querschnitte derartiger Borsten lassen, wenn günstig, die Struktur als ein feines Netzwerk erkennen.

Dagegen zeigen Querschnitte durch junge Borsten, Ersatzborsten oder Borsten des letzten Schwanzsegmentes in besonders günstigen Fällen eine schöne, unzweifelhafte Alveolarstruktur (Fig. 4, Taf. XXXIV).

Die jungen Borsten, welche in den Ersatzborstentaschen sitzen, zeigen dieselbe Struktur, wie die entwickelten Borsten. Die jungen Borsten färben sich im Allgemeinen sehr stark, besonders mit Genvianviolett, Eosin und Boraxkarmin. Es färbt sich aber nicht die ganze Borste, sondern besonders die Spitze (Textfig. 6). Die Basis



Textfig. 6.

Umriss junger Ersatzborsten. *gef. T.*, durch die Farben färbbarer Theil; *Kp. Z.*, kappenartige Zone mit deutlicher Längsstreifung, mit welcher die Borste auf der Bildungszelle sitzt; *Un. T.*, nicht färbbarer Theil. Zeichenapparat. Vergr. 610.

aller jungen oder auch ziemlich entwickelten Borsten, besonders derjenigen, die in Ersatzborstentaschen sitzen, unterscheidet sich vom übrigen Theil der Borste durch starkes Hervortreten des längsfibrillären Aussehens. Dort grenzt sich eine schmale kappenartige Zone (Textfig. 6 *Kp. Z.*) ab, die die Streifung viel deutlicher zeigt, sich auch mit verschiedenen Farbstoffen intensiv färbt, während der darauf folgende Theil der Borste (*Un. T.*) ganz ungefärbt bleibt. Diese Zone sitzt in dem Protoplasma der Bildungszelle und ist zweifellos der in der Bildung begriffene Theil der Borste, wo die Entwicklung der Borstensubstanz noch unvollkommen ist. Durch das Vorkommen

einer solchen Zone kann man also sofort bei jeder Borste erkennen, in welchem Entwicklungsstadium sie sich befindet. Ist sie nicht vorhanden, so ist die Borste vollständig entwickelt; ist sie aber vorhanden, so schreitet die Entwicklung noch fort.

Die ganz jungen Borsten, welche wie dreieckige, kegelartige Gebilde aussehen, zeigen ohne besondere Behandlung auf Schnitten gewöhnlich nur an der Basis, die mit der Bildungszelle in Berührung steht, eine niedere längsstreifige Zone. Sobald aber die Borste stärker heranwächst, entwickelt sich sofort eine sehr stark hervortretende

Längsstreifung des distalen Endes, während die Wurzel, abgesehen von der erwähnten Basalzone, ungestreift ist (Fig. 21, Taf. XXXIII, *Lf*). Das kann man schon an ungefärbten, besonders aber an gefärbten Objekten sehr schön erkennen.

Mehr entwickelte Borsten¹, bei welchen die mittlere Verdickung schon sichtbar ist (Textfig. 2 *g—i*), unterscheiden sich nicht in ihrem feineren Bau von vollständig entwickelten.

Die chemische Prüfung der Borstensubstanz ergab Resultate, welche zum Theil mit denen E. GOODRICH's (1897) übereinstimmen.

GOODRICH fand, dass die Borsten von *Lumbricus*-Arten bei Behandlung mit MILLON's Reagens roth werden; dass sie die Xanthoprotein-Reaktion mit oranger Farbe geben und sich in starker Schwefelsäure und rauchender Salzsäure (bis auf einen geringen Rest) lösen. Heißes Wasser, Alkohol, Äther, Ätzkali, Essigsäure lösen dagegen die frischen Borsten nicht. GOODRICH's Ansicht ist, dass die Borsten wahrscheinlich aus Chitin oder einer nahe verwandten Substanz bestehen, denn sie sind unlöslich in Ätzalkalien und theilweise löslich in rauchender Salzsäure.

Eigene Untersuchungen ergaben zunächst, dass die frischen Borsten die charakteristischen Eiweißreaktionen geben. Sie werden roth bei Erhitzen mit MILLON's Reagens, orange bei der Xanthoprotein-Probe, violett bei der Biuretreaktion und geben auch die Furfurolreaktion mit karminrother Farbe. (Eine frische Borste wurde mit 1%iger Thymollösung in 95° Alkohol behandelt, dabei nahm sie eine grüne Farbe an; dieselbe ging nach Zusatz von 89%iger Schwefelsäure in eine karminrothe über.)

Die durch MILLON's Reagens hervorgerufene Färbung erstreckt sich nicht gleichmäßig durch die Borstensubstanz. Vielmehr ist der distale Abschnitt der Borste nur schwach rosa gefärbt, während der innere, wie Fig. 2, Taf. XXXIV zeigt, und besonders seine oberflächliche Region und zum Theil die mittlere Verdickung stark roth gefärbt sind.

Was die Löslichkeit der Borsten betrifft, so wirkt 50%ige Schwefelsäure in der Kälte nicht auf frische Borsten, aber schon

¹ Clitellumborsten haben dieselbe feinere Struktur, wie die S-förmig gebogenen. Nach kurzer Erhitzung über der Flamme treten in feinen Clitellumborsten dieselben Gaserfüllungen auf, welche in S-förmigen Borsten sichtbar wurden. Zwischen den beiden Bildern der Gaserfüllungen ist kein Unterschied. Man darf vermuthen, dass der Bau der Clitellum- und der gewöhnlichen S-förmigen Borsten derselbe ist.

nach leichter Erwärmung; 37 %ige Salzsäure zeigt auch in der Kälte keine bedeutende Wirkung, abgesehen von Veränderungen der Form, nach einstündigem Erhitzen auf dem Wasserbad lösen sich die Borsten gänzlich. 35 %ige Kalilauge bewirkt in der Kälte nur starke Quellung, löst aber nicht. Künstlicher Magensaft zeigt keine Wirkung auf die Borstensubstanz.

Zur Prüfung, ob sich bei Behandlung mit konzentrierter Schwefelsäure Zucker bildet, wurde folgendermaßen verfahren. Die Borsten wurden in ein Paar Tropfen 89 %iger Schwefelsäure gelöst und diese Lösung 25 Stunden auf 40—50° C. erhalten. Die Lösung wurde hierauf ca. zehnmal mit Wasser verdünnt und dann auf dem Wasserbad einige Stunden auf 100° C. erwärmt. Hierauf wurde sie mit kohlensaurem Baryt neutralisirt, der Niederschlag abfiltrirt und dann die Lösung mit einigen Tropfen Kupfersulfat und Natronlauge gekocht. Dabei ergab sich keinerlei Reaktion. Eine Bildung von Zucker war daher nicht nachweisbar.

Wie schon erwähnt wurde, traten nach der Behandlung der Borsten mit Kalilauge verschiedener Koncentration in ihrer Substanz viele kleine Kryställchen auf, gewöhnlich als sechseckige Täfelchen, welche sich schon in ca. 10 %iger Essigsäure lösen (Figg. 12, 13 u. 14, Taf. XXXIII). Ähnliche Kryställchenbildung haben schon BÜTSCHLI (1901) bei Behandlung von Nadeln der Calcispongien und später BIEDERMANN (1901) bei Behandlung jugendlicher Schalen von *Helix* mit konzentrierter Kalilauge beobachtet. Da BÜTSCHLI auch mit Kalkspat dieselbe Erscheinung gefunden hat, vermuthete er, dass diese Kryställchen bei Calcispongien aus einem Doppelsalz von kohlensaurem Kalk und kohlensaurem Kalium bestehen. BIEDERMANN dagegen erhielt bei Behandlung von Dicalciumphosphat mit Kalilauge eben solche hexagonale Täfelchen, wesshalb er vermuthete, dass die Bildung solcher Kryställchen die Gegenwart von phosphorsaurem Kalk anzeigt. Da die Kryställchen der Borsten denen von BÜTSCHLI und BIEDERMANN ziemlich ähnlich sind, lag die Vermuthung näher, dass die Borsten kohlen-sauren oder phosphorsauren Kalk enthalten. Ersteres ist in so fern unwahrscheinlich, als bei Behandlung mit Säuren nie eine Kohlensäureentwicklung beobachtet wird. Zur Prüfung auf Phosphorsäure und Kalk wurde eine Anzahl von frischen Borsten in einem Platinlöffel verascht. Die sehr geringfügige Asche der Borsten wurde in einem Tropfen 37 %iger Salzsäure gelöst. Zum Nachweis der Phosphorsäure wurde die Lösung nach der Neutralisation mit Ammoniak mittels Ammoniummolybdat geprüft. Einigen Tropfen der Lösung

wurde ein Tropfen von Ammoniummolybdatlösung, die mit Salpetersäure angesäuert war, zugegeben. Schon bei gewöhnlicher Temperatur traten die gelben Krystallkörner von Ammoniumphosphormolybdat auf.

Um Calcium nachzuweisen wurden zwei Reaktionen ausgeführt. Zu einem Tropfen der Lösung auf dem Objektträger wurde ein wenig Schwefelsäure zugegeben; nach kurzer Zeit traten kleine Kryställchen und Zwillinge von Calciumsulphat auf. Nach Neutralisation mit Ammoniak wurde die Lösung ferner mit oxalsaurem Ammoniak geprüft. Es traten Kryställchen von Calciumoxalat in großer Menge auf, was die Anwesenheit des Calciums in der Borstensubstanz bewies.

Besonders interessant ist das Verhalten der mit 37%iger Salzsäure behandelten Borsten. Sie geben keine Eiweißreaktion mehr, weder eine Rothfärbung mit Millon-, noch auch die Xanthoprotein- oder Biuretreaktion. Man muss daher vermuthen, dass die Eiweißkörper bei dieser Behandlung der Borsten gelöst werden.

Die mit 35%iger Kalilauge behandelten Borsten schrumpfen in ca. 5—10%iger Salzsäure sehr erheblich, besonders beim Erhitzen; in stärkerer Salzsäure (20—25%iger) lösen sie sich völlig auf. In 50%iger Schwefelsäure lösen sich die Borsten bei Erwärmen schon nach ein paar Minuten auf.

Kupferoxydammoniak löst weder die frischen Borsten, noch die mit Kalilauge oder rauchender Salzsäure behandelten.

Bei Behandlung der mit 35%iger Kalilauge oder 37%iger Salzsäure behandelten Borsten mit Jod treten eigenthümliche Farbenercheinungen auf. Die mit 1%igem Kali isolirten und mit Wasser ausgewaschenen Borsten wurden in 70° Alkohol konservirt. Nach Auswaschen mit Wasser wurden sie 38 Stunden auf dem Wärmeschrank mit 35%iger Kalilauge behandelt und dann wieder mit Wasser und 99%iger Essigsäure ca. $\frac{1}{4}$ Stunde ausgewaschen. Wenn so behandelte Borsten im Wasserpräparat mit stark verdünnter Jodtinktur behandelt werden, so bekommen sie eine tief violette Farbe. Diese violetten Borsten werden bei vorsichtiger Behandlung mit 50%iger oder noch stärkerer Schwefelsäure braun mit bläulichen Rändern, welche letztere nach längerem Aufenthalt in der Säure verschwinden. Nach Einwirkung von 99 $\frac{1}{2}$ %iger Essigsäure geht die violette Farbe, welche die Jodtinktur erzeugt hat, in Roth über.

Wenn zu den mit Kalilauge und Essigsäure behandelten Borsten Chlorzinkjod gesetzt wird, so erhält man eine rothviolette Färbung, welche durch 50%ige oder stärkere Schwefelsäure in Hellbraun übergeht.

Wurden die mit 1%igem Kali isolirten, in 70° Alkohol konservirt und gut ausgewaschenen Borsten 16 Stunden mit 35%iger Salzsäure bei ca. 50° behandelt, zwei Tage ausgewaschen und dann mit stark verdünnter Jodtinktur behandelt, so trat keine Färbung mehr auf, auch nicht nach Zusatz von 50%iger Schwefelsäure. Die Borsten blieben so hell und durchsichtig, wie ursprünglich. Chlorzinkjod bewirkt in solchen Borsten eine hellbraune kaffeeähnliche Färbung, welche nach Zusatz von 50 oder 89%iger Schwefelsäure nach 1/2 Stunde in eine mehr gelbbraune übergeht.

Diese Reaktionen zeigen, dass die Borsten jedenfalls nicht aus einer einheitlichen Substanz bestehen, sondern aus mindestens zwei. Die eine derselben zeigt die Reaktionen der Eiweißkörper. Die andere kann schwerlich Chitin sein, wie der Mangel der Zuckerbildung bei Behandlung mit Schwefelsäure ergibt.

II. Untersuchungen über Strukturen der Borsten einiger Polychäten.

Weitere Strukturuntersuchungen wurden zu Vergleichszwecken an Borsten einiger Polychäten vorgenommen. Untersucht wurden die Borsten von *Nereis pelagica* L., *Aphrodite aculeata* L. (sowie die Filzhaare) und *Spirographis Spallanzanii* Vir. Der innere Bau ist bei den drei Arten fast gleich, und auch die Borsten anderer Formen (z. B. *Heteronereis*) ergaben nicht wesentlich Neues.

Die Untersuchungsmethoden waren dieselben, wie bei den Regenwurm borsten, also, abgesehen von der Untersuchung der frischen Borsten in Wasser, Austrocknung auf dem Objektträger in der Kälte, bei 40—50° C. oder aus Xylol im Vacuum, schwaches Erhitzen mit folgender Einbettung in flüssigen oder geschmolzenen Kanadabalsam, außerdem nach Pressung mit dem Glasstab oder Objektträger, Maceration und endlich Untersuchung feiner Schnitte.

Das Material stammte von Objekten, die seit dem Jahre 1895 in Alkohol konservirt waren.

1. Borsten von *Nereis pelagica* L.

Die Borsten von *Nereis pelagica* L. gehören zu den sog. zusammengesetzten und kommen in zwei verschiedenen Modifikationen vor. Die erste Modifikation (Fig. 5, Taf. XXXIV, A) hat einen nadel förmigen Endanhang, welcher längs eines Randes mit einer Reihe feiner Härchen besetzt ist; die zweite Modifikation dagegen besitzt einen sichelförmigen Endanhang, dessen konkaver Rand mit dicken

Härchen besetzt ist (Fig. 6, Taf. XXXIV). Diese Endanhänge sitzen auf dem Hauptstamm der Borste in einer besonderen Vertiefung (Fig. 5 und 6, Taf. XXXIV, *Tf*). Letztere erscheint im optischen Längsschnitt als Einsenkung in das vordere Ende des Hauptstammes.

Bei Untersuchung der frischen Borsten mit schwachen Vergrößerungen bemerkt man eine Art Querstreifung im Innern des Haupttheils (Hauptstammes) der Borste, was bei vielen Polychätenborsten der Fall ist. Viele Forscher, wie CLAPARÈDE (1870), EHLERS (1868), EISIG (1887), MCINTOSH (1885), beschrieben dieselben als Borsten mit innerer oder äußerer Querstreifung.

Die genauere mikroskopische Untersuchung der frischen Borsten zeigt, dass die ganze Borste (abgesehen von dem Endanhang) aus zwei Substanzen zu bestehen scheint, und zwar aus einer im Allgemeinen homogenen, aber mehr oder weniger deutlich feinst längsgestreiften Grundsubstanz, in welcher parallele Querstreifen einer schwach lichtbrechenden Substanz eingeschlossen sind. Letztere bilden im einfachsten Fall eine einzige axiale Reihe; bisweilen aber, besonders am äußeren Ende des Borstenstammes, da, wo der Anhang sich anfügt, sieben bis zehn Längsreihen (Fig. 14, Taf. XXXIV, *q*).

Die Form dieser Querstreifen ist im Allgemeinen biskuitähnlich — länglich, an beiden Enden verdickt und abgerundet, so, dass die zwischen zwei auf einander folgenden Querstreifen befindliche Grundsubstanz eine linsenähnliche Gestalt besitzt; die verdickten Enden der hellen Querstreifen sind bei tiefer Einstellung heller (also schwächer lichtbrechend) als die Mittelpartie (Fig. 7 *q*, Taf. XXXIV).

Bei tiefer Einstellung zeigen die Querstreifen, besonders in ihrer Mittelpartie, gut wahrnehmbare feine Längsbälkchen, wodurch sie in einige kammerartige Gebilde zerlegt werden.



Textfig. 7.

Die Längsspalten in der *Nereis*-Borste nach 18stündigem Aufenthalt im Wasser. Vergr. 107.

Bei hoher Einstellung sind diese Längsbälkchen schwer zu sehen; dagegen bemerkt man in der Grundsubstanz zwischen den Querstreifen stark hervortretende Längsstreifen in der Borste (Fig. 15, Taf. XXXIV, *Ls*).

Nach 15—18stündigem Aufenthalt in Wasser treten in der Borste längsverlaufende Risse auf, und zwar nicht nur in der Grundsubstanz, sondern auch in den Querstreifen, und zeigen also, dass diese keine flüssigen Gebilde sind (Textfig. 7).

Die Querstreifen sind spärlich oder fehlen ganz in dem basalen

Theil des Borstenstammes, der im Parapodium sitzt. Nach dem äußeren Ende zu werden die Querstreifen zwar zahlreicher, aber ihre Breite quer zur Borstenachse wird immer geringer, bis sie schließlich in Reihen immer kleiner werdender Bläschen auslaufen, welche an dem äußersten Ende des Borstenstammes in feine kaum sichtbare Längsstreifen übergehen, die von den übrigen Längsstreifen der Grundsubstanz zu unterscheiden sind (Fig. 14, Taf. XXXIV, *q*). Der Theil der Borsten, welcher im Parapodium steckt, hat, wenn die Querstreifen fehlen, ein verschiedenartiges Aussehen. Manchmal sieht man in seinem Innern längs der Borstenachse entweder einen Hohlraum oder kanalähnliche Gebilde. Manchmal erscheint er aber in seiner ganzen Dicke homogen.

Der Endanhang der Borste zeigt eine gut entwickelte feine Längsstreifung, besonders auf der Oberfläche (Fig. 14, Taf. XXXIV *Ls*), aber keine Spur von inneren Querstreifen.

Im frischen Zustande kann man die Struktur der Borsten nicht erkennen, denn die vielen Längsreihen von Querstreifen und die Längsstreifung der Grundsubstanz machen die Borstensubstanz für genauere Untersuchung sehr ungeeignet (Fig. 15, Taf. XXXIV).

Nach Austrocknen der Borsten auf dem Objektträger (ca. 4 Stunden bei 50—60° oder länger bei gewöhnlicher Temperatur) erscheinen die Querstreifen verändert. Sie zeigen gaserfüllte Bläschen, welche entweder die ganze Breite der Querstreifen einnehmen als quere Bläschenreihen, oder vereinzelt auftreten, oder endlich zu mehr oder weniger ausgedehnten, quer zur Borstenachse gestellten Streifen verschmelzen, in denen noch die Grenzen der einzelnen Bläschen bisweilen sichtbar sein können (Fig. 7 *q* und *Qw*, Fig. 8 *q*, *Bl* und *Blk*, Fig. 9 *q*, Taf. XXXIV). In diesen Querreihen sind die Bläschen in den verdickten Enden der Querstreifen viel heller und größer als die in der Mitte (Fig. 7 und 8 *q*, Taf. XXXIV).

Die Verschmelzung der Bläschen erfolgt fast immer nur in den einzelnen Querstreifen; in der Längsrichtung der Borste, d. h. zwischen auf einander folgenden Querstreifen, dagegen nur in seltenen Fällen und dann meist nur in dem weicherem Basaltheil der Borste, der im Parapodium sitzt (Fig. 9 *Ver*, Fig. 10 *Lr*, Taf. XXXIV).

Aus dem Angegebenen folgt jedenfalls, dass die schwächer brechende oder »hellere« Substanz der Querstreifen weicher und wasserreicher ist, als die stärker brechende, sogen. Grundsubstanz.

Die Verschmelzung der Bläschen zu größeren Lücken und Räumen, welche manchmal unregelmäßige Form haben, erfolgt bei längerem

Trocknen bei 50° oder bei Eintrocknen im Vacuum, besonders in dem Basaltheile (s. auch Fig. 9, Taf. XXXIV).

Am äußersten Ende des Borstenstammes, wo die gewöhnlichen Querstreifen zu immer kleineren Bläschen in der Grundsubstanz werden, verschmelzen dieselben nach ihrer Erfüllung mit Gas in den ausgetrockneten Borsten zu immer dünner werdenden Längsröhrchen (Fig. 10 *Lr*, Fig. 14 *qstr*, Taf. XXXIV).

In dem Basaltheil der Endanhänge, der in der Vertiefung des Borstenstammes eingefügt und am dicksten ist, treten auch Gaserfüllungen als längsverlaufende Bläschenreihen auf.

An getrockneten Borsten kann man zwischen den Querstreifen manchmal recht gut eine feinere Struktur der Grundsubstanz beobachten (Fig. 7 *Bl*, Taf. XXXIV). Diese Struktur besteht auch hier in kleinen Hohlräumchen, welche in Querreihen liegen und zwar so, dass ihre Wände mit den Längsstreifen der Grundsubstanz zusammenfallen. In vielen Fällen zeigt die zwischen den hellen Querstreifen gelegene Grundsubstanz eine gut erkennbare Theilung in wabenähnliche Maschen durch die zarten Längslinien (Streifen) (Fig. 7 und auch zum Theil Fig. 15 *Ls*, Taf. XXXIV). Man darf also vermuthen, dass auch die ganze Grundsubstanz eine ähnliche Struktur hat, wie die »hellere« Substanz der Querstreifen. Der Unterschied zwischen diesen beiden Substanzen besteht nur in ihrer verschiedenen Dichte, welche ihrerseits wesentlich darauf beruht, dass die Wabenstruktur der Grundsubstanz viel feiner ist, als die der Querstreifen.

Die Längsstreifung der Grundsubstanz kann man mit den Fibrillen der Regenwurmborsten vergleichen; die Fibrillen sind aber bei den letzteren viel stärker entwickelt.

Wegen der geringeren Härte der *Nereis*-Borsten lassen sich feinere Querschnitte (2—3 μ Dicke) leichter anfertigen als von den Regenwurmborsten. Die Schnitte wurden mit 1%igem wässrigen Gentianaviolett gefärbt und in Wasser untersucht.

Auf diese Weise erhält man beim Schneiden eines Borstenbündels gleichzeitig Schnitte durch die einzelnen Borsten in den verschiedensten Richtungen. Schon bei schwacher Vergrößerung erkennt man sofort, dass die Schnitte nicht an allen Stellen gleichmäßig stark mit Gentianaviolett gefärbt sind (Fig. 12 *gf*, Fig. 13 *un*, Taf. XXXIV).

Im Innern der mehr oder weniger stark gefärbten kreisförmigen Querschnitte sieht man nämlich ein oder zwei oder noch mehr gleichfalls kreisförmige oder unregelmäßig begrenzte Felder von weniger gefärbter, hellerer und anscheinend körniger Substanz, welche mit der hellen

Substanz der Querstreifen identisch ist (Fig. 13 *hq, hq'*, Taf. XXXIV). Diese Felder (*hq, hq'*) fehlen, wenn der Schnitt die Grundsubstanz zwischen den Querstreifen getroffen hat (Fig. 12, Taf. XXXIV).

Die Grundsubstanz ist in der centralen Partie der Querschnitte stärker gefärbt, als an der Peripherie (Fig. 12 u. 13 *gf, un*, Taf. XXXIV).

Schon bei mittlerer Vergrößerung lassen sich manchmal an den Rändern der hellen Felder (Fig. 13 *hq, hq'* Taf. XXXIV) deutliche Wabenrümchen erkennen (*W*), die in einigen Fällen dort halbkreisförmig oder als geschlossener Ring angeordnet sind (Fig. 13, Taf. XXXIV). Der übrige Theil der hellen Felder lässt sich bei genauer Betrachtung in einzelne Waben auflösen (Fig. 13 *Ws*, Taf. XXXIV). Hier ist also unzweifelhaft eine schöne und feine Wabenstruktur nachweisbar.

Die stärker gefärbte Grundsubstanz sieht im Allgemeinen homogen aus und eine Struktur ist in ihr nicht immer erkennbar. Bei besonders stark gefärbten Schnitten traten an einigen Stellen Spuren eines Wabennetzes hervor und zwar häufiger in dem stärker gefärbten Theil (*gf*), als an der Peripherie, welche fast stets homogen erscheint (Fig. 12 und 13, Taf. XXXIV *ws, w*).

Man kann also sagen, dass die beiden Substanzen der *Nereis*-Borsten eine wabige Struktur haben; sie unterscheiden sich, wie schon erwähnt, wesentlich nur durch ihre verschiedene Dichte.

Wie die Querschnitte zeigen, ist die »helle« Substanz in kreisförmigen oder unregelmäßig rundlichen, auf einander folgenden Platten, die senkrecht zur Borstenachse stehen, angeordnet. Sie erscheinen also, von der Oberfläche der Borsten aus, als mehr oder weniger parallele Querstreifen. Diese sogen. Querstreifen können jedoch auch sehr schwach gebogen sein.

Die Endanhänge der *Nereis*-Borsten¹ zeigen, wie schon bemerkt, im getrockneten Zustand nur wenige Gaserfüllungen als Bläschenreihen.

Dies und ferner die Thatsache, dass die Anhänge denselben Grad von Durchsichtigkeit und dieselbe Längsstreifung (Fig. 14 *Ls*, Taf. XXXIV), wie die Grundsubstanz besitzen, zeigt, dass ihre Substanz mit dieser identisch ist und auch dieselbe Struktur hat. Die schwächer brechende Substanz, als Platten oder »Querstreifen«, fehlt in den Anhängen vollständig.

Die großen Stützborsten oder Aciculae von *Nereis* (untersucht wurden die Aciculae von *Nereis cultrifera* Gr.) zeigen schon auf den

¹ Dasselbe ist übrigens auch bei *Heteronereis*-Borstenanhängen der Fall.

Schnitten so schöne feinwabige Struktur, dass ich auf die anderen Untersuchungsmethoden verzichtet habe. Die Querschnitte durch die Stützborsten färben sich auf dem Objektträger sehr gut mit Bleu de Lyon, weniger gut mit Eosin. In der Regel färbt sich nur die Oberfläche der Borsten und die Wände der Waben; der Inhalt der Waben wird durch die genannten Farbstoffe nicht gefärbt. Die Untersuchung so gefärbter Querschnitte zeigt, dass der ganze Querschnitt wie ein feines Netz mit gleich großen Maschen aussieht (Fig. 17 und 18, Taf. XXXIV). Der Außenrand des Borstenquerschnittes ist fast immer stärker gefärbt und zeigt die Maschen undeutlicher, so dass man keinen Alveolarsaum bemerken kann. Im Inneren des Querschnittes ist das feine Netz am besten sichtbar. Diese Struktur kann man noch auf Schnitten von 10μ Dicke sehr gut sehen.

Auf den ungefärbten Längsschnitten erkennt man nur die feine Längsstreifung. Nur bei starker Bleu de Lyon-Färbung und Vergrößerung kann man feinste Querverbindungen zwischen den stärker gefärbten Längslinien wahrnehmen (Fig. 19, Taf. XXXIV). Diese Struktur der Stützborsten von *Nereis* ist mit der Struktur der Borsten von dem Regenwurm zu vergleichen, denn hier wie dort tritt die Längsanordnung der Waben hervor und erscheint als feine Längsstreifung. Ganz dieselbe Struktur findet man auch bei den *Lingula*-Borsten, deren Beschreibung weiter unten folgt.

Die Spitze der Stützborsten ist mehr oder weniger stark pigmentirt; ihr proximales Ende dagegen ist fast immer unpigmentirt; deshalb ist die Struktur in dem distalen Ende der Borste entweder schlecht oder gar nicht sichtbar.

Als Anhang zu den vorstehenden Beobachtungen sei hier Einiges über die Borsten von *Heteronereis* angeführt.

Ihre Struktur unterscheidet sich in nichts von der der ersteren.

Der Unterschied zwischen beiden liegt, abgesehen von der äußeren Form, nur in der Anordnung der schwächer brechenden Substanz (sog. Querstreifen). Sie ist bei *Heteronereis* in parallelen, ziemlich breiten Querscheiben, welche sich in zwei Längsreihen durch die ganze Borste erstrecken, angeordnet, was ein treppenähnliches Aussehen der Borste hervorruft. Diese Scheiben werden gegen das äußere Ende der Borste immer schmaler und gehen schließlich, wie bei *Nereis*, in Bläschenreihen über. Die Endanhänge sind homogen und zeigen feine Längsstreifung. Dass die Struktur der *Heteronereis*-Borsten gleichfalls feinwabig ist, geht aus der Betrachtung der getrockneten

Borsten hervor (Fig. 16, Taf. XXXIV), welche dieselben Erscheinungen zeigen — Auftreten von Gasbläschen, ihre Verschmelzung etc., — wie die *Nereis*-Borsten (vgl. mit Fig. 8, Taf. XXXIV).

2. Struktur der Haare von *Aphrodite aculeata* L.

Die irisirenden Haare von *Aphrodite aculeata* L. sind bei einer geringen Dicke von 20—25 μ sehr lang (bis 3 cm).

Betrachtet man die frischen Haare bei starker Vergrößerung in Wasser, so sieht man, dass sie meist ganz homogen erscheinen und nur in ihrem Innern eine feine Längsstreifung haben (Fig. 1 *b*, Taf. XXXV), zum Theil aber an ihrer Oberfläche ein Netz mit runden oder unregelmäßig gestalteten Maschen aufzeigen (Fig. 1 *a*, Taf. XXXV), die bei tiefer Einstellung hell (Fig. 2 *a*, Taf. XXXV), bei hoher dunkel (Fig. 2 *b*) erscheinen. Dies zeigt schon, dass die Haare eine Struktur haben. Da die Haare nach der Maceration mit Säuren, Ätzalkalien, Eau de Javelle in feinste Fibrillen zerfallen und selbst eine Längsstreifung haben, kann man zunächst vermuthen, dass sie fibrilläre Gebilde sind.

EISIG'S (1887) Untersuchungen über den Bau derselben führten ihn zu der Ansicht, dass sie aus »einer ungeheuren Menge innig verflochtener, verschieden langer, homogener Fäden von rundlichem Querschnitte« bestehen, denn durch Zerklopfen der Borsten erhält man ein Aggregat zahlreicher, kaum 1 μ dicker Fibrillen (EISIG, 1887, p. 332).

Schon bei Untersuchung der frischen Haare in Wasser kann man, wie gesagt, an günstigen Stellen und mit stärksten Vergrößerungen eine Randwabenschicht deutlich erkennen, die mit einem Alveolarsaum große Ähnlichkeit besitzt (Fig. 4 *Alv*, Taf. XXXV).

Auf dem Wärmeschrank bei 50—60° C. getrocknete Haare zeigen eine Menge gaserfüllte Hohlräumchen, welche im Innern der Haare größtentheils zu sehr feinen Röhren verschmolzen sind und mehr oder weniger ihre ganze Dicke einnehmen, was an dieselbe Erscheinung bei den Regenwurmborsten erinnert. Schon bei einigen frischen *Aphrodite*-Haaren trat im optischen Längsschnitt an den Rändern jederseits ein gut erkennbarer Streifen hervor, der aus kettenartigen Verdickungen besteht (Fig. 3 *Is*, Fig. 6 *Is*, Fig. 8 *Is*, Taf. XXXV). Diese Streifen sind von dem äußeren Rande durch den schon erwähnten Alveolarsaum getrennt (Fig. 3 *Hs*, Taf. XXXV). Die getrockneten Haare zeigen dieselben Streifen kettenartiger Verdickungen,

wie aus stark entwickelten Bläschen bestehend (Fig. 6 und 8 *Is*, Taf. XXXV).

Aus Xylol getrocknete Haare zeigen die Struktur noch besser. Das ganze Innere der Haare ist bis zur äußersten Spitze mit Bläschen, Bläschenkettten, Röhrechen und anderen Hohlräumchen erfüllt (Fig. 6 *Lr*, *Bl*, Fig. 15 *Wk*, *Bk*, Taf. XXXV). Bei denselben kann man auch im Inneren, abgesehen von den gaserfüllten Hohlräumchen, eine gut erkennbare Wabenstruktur nachweisen (Fig. 6 *Str*, auch Fig. 15 *Wk*, Taf. XXXV). Bei ihnen tritt auch mehr oder weniger stark ein Alterniren heller und dunkler Querscheiben, welche scharf begrenzt sein können, auf (Fig. 7 *Dq*, *Hq*, Taf. XXXV). Dies wird zuerst im Inneren der Haare bemerkbar und verbreitet sich dann von da aus durch die ganze Dicke der Haare bei weiterem Austrocknen (Fig. 12 *St*, Taf. XXXV).

Nach längerem Trocknen bei 50—60° C. nehmen die Haare eine mehr oder weniger tiefbräunliche Farbe an, was wegen der stärkeren Entwicklung der gaserfüllten Bläschen, Röhrechen und anderer Gebilde die wahre Struktur unerkennbar macht (wie in Fig. 9 *Lr*, Taf. XXXV) und nur die äußerste Schicht derselben — der Alveolar-saum — durchsichtig bleibt (*Alv*). Im optischen Längsschnitt sieht man hier diese Schicht viel besser, als an frischen Haaren (Fig. 5 *Alv* und Fig. 4, Taf. XXXV). Wegen der mehr oder weniger vollständigen Undurchsichtigkeit der erhitzten Haare kann man diese Schicht nur in optischen Längsschnitten an den Rändern erkennen. Der unmittelbar unter dem Alveolar-saum liegende, schon beschriebene, in optischen Längsschnitten als Kette von hellen Verdickungen sichtbare Streifen tritt besonders nach Eintrocknung aus Xylol im Vacuum noch besser und in etwas anderer Weise hervor. Bei der Untersuchung mancher der so ausgetrockneten Haare in Wasser sieht man außer dem Wabenbau des Inneren der Haare diese Gebilde als Reihen sehr heller, blasenähnlicher Hohlräumchen. Das Haar erscheint jetzt wegen seiner starken Entwicklung wie mit einer weißen Hülle bedeckt. Ein längerer Aufenthalt unter der Luftpumpe lässt sie noch schärfer und klarer hervortreten. Dann können sie auch zu mehr oder weniger langen Linien, Röhrechen oder hellen Bändern mit wellenförmigen Rändern verschmelzen. Die genauere Betrachtung dieser eigenthümlichen Gebilde (Fig. 3, 6 und 8 *Is*, Taf. XXXV) zeigt, dass sie ursprünglich, als einzelne nicht verschmolzene Hohlräumchen erscheinen (so z. B. in Fig. 8 *Is*, Taf. XXXV) und wegen ihrer besonders dicken Wände stärker lichtbrechend sind als die anderen Waben der Substanz

der Haare. Im optischen Längsschnitt liegen sie unter dem Alveolarsaum, so, dass sie mit den Waben des letzteren alterniren (Fig. 22 *Alv*, Taf. XXXV). Wahrscheinlich stehen sie mit dem eigenthümlichen Irisiren der Haare in Zusammenhang und sollen deshalb im Folgenden als »irisirende Schicht« bezeichnet werden.

Die Hohlräumchen dieser irisirenden Schicht dürften also im frischen Zustande entweder mit Gas oder mit einer sehr schwach brechenden Substanz erfüllt sein.

Am besten kann man ihre Lage und ihren Bau sowie auch alle Beziehungen zwischen den verschiedenen Theilen der Haare an Querschnitten erkennen. Diese kann man, wegen der Weichheit der Haare, leicht bis 2—3 μ dick bekommen. Sie färben sich am besten mit 1% wässrigem Gentianaviolett auf dem Objektträger. Besonders gut gefärbte Schnitte (Fig. 21, Taf. XXXV) zeigen alle beschriebenen Theile der Haare, den feinwabigen Bau im Inneren (*Ws*), den Alveolarsaum (*Alv*) an der Peripherie und unmittelbar unter ihm die »irisirende Schicht« (*Is*) aus Waben bestehend, deren Wände außerordentlich stark gefärbt sind.

In vielen Fällen tritt die »irisirende Schicht« an Schnitten als eine Zone von stark gefärbten Körnchen oder Körperchen auf; oder, wenn der Schnitt nicht die Mitte der Waben getroffen hat oder schief durch das ganze Haar gegangen ist, erscheinen die Theile der dicken Wände als mehr oder weniger regelmäßige Linien oder homogene Gebilde (Fig. 22 *Is*, Taf. XXXV). Die genaue Betrachtung zeigt, dass in Wirklichkeit nur die Wände oder die die Bläschen umgebende Grundsubstanz der Haare die Farbe annimmt und man kann immer den Hohlraum der Waben in ihnen finden (Fig 21 *W*, Fig. 22 *W*, Taf. XXXV).

Die Querschnitte zeigen außerdem noch, daß die Färbung in der Mitte der Haare manchmal schwächer ist (Fig. 21 *h*, *st*, Taf. XXXV) als an der Peripherie. Diese schwächer gefärbte Partie ist aber nicht scharf abgegrenzt, sondern von stärker gefärbter durchsetzt und geht in sie ohne scharfe Grenze über. Oft kann man diese Einzelheiten nur bei besonders guter Beleuchtung des Präparates erkennen.

Die Untersuchung der feinen Längsstreifung der Haare zeigt, dass die Waben in Reihen angeordnet und dass ihre Längswände oder »Längskanten« zusammenhängen, wesshalb die Borsten bei der Maceration in feine Fibrillen zerfallen. Die macerirten Borsten wurden wenig untersucht. Die mit 10%iger Salzsäure ca. 16 Stunden in der Kälte behandelten Haare zeigen sehr schön den Alveolarsaum auf der ganzen

Oberfläche, als feines Netz mit gut erkennbaren Waben (Fig. 19, Taf. XXXV). Der Zerfall der Haare in feine Fibrillen findet jedoch hier viel weniger leicht statt als bei den Regenwurmborsten, welche viel härter sind und viel stärkere Fibrillen ergeben, als die feinen und weichen irisirenden Haare der *Aphrodite*.

3. Struktur der Borsten von *Aphrodite aculeata* L.

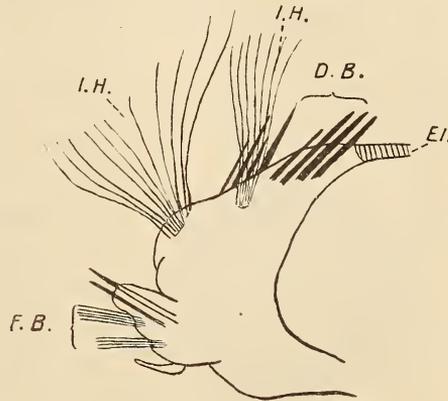
Die eigentlichen Borsten von *Aphrodite aculeata* L. sind im Allgemeinen dunkel, hart und sehr dick im Vergleich mit den Haaren.

Ihre Lage an dem Körper und ihre Beziehungen zu den irisirenden Haaren sind in Textfig. 8 schematisch dargestellt.

Man kann zwei Borstenformen unterscheiden, die einen (dicke Borsten, *DB*) sind kurz und treten aus dem Körper als dicke Stäbe hervor mit glatter Oberfläche. Sie sind von dunklergrauer oder schwarzer Farbe und im distalen Theil wegen starker Entwicklung der schwarzen Färbung ganz undurchsichtig.

Die anderen Borsten (*FB*) sind weniger dick mit gleichmäßig dickem Schaft und scharf fadenförmig zugespitzt. Sie sehen wie goldbraune, dunkle, schwach gekrümmte und längsgestreifte Gebilde aus. Man kann sie als feine Borsten bezeichnen. Ihre Länge überschreitet nicht 1 cm bei einer Dicke von 60—90 μ . Der Theil der feinen Borsten, welcher aus dem Körper herausragt, ist fast völlig undurchsichtig. Nur der Theil erscheint zur Untersuchung des Baues brauchbar, welcher im Körper sitzt und in dem die schwarze Farbe nicht die ganze Dicke einnimmt. Die Borste ist hier auch an einigen Stellen ganz durchsichtig. Alle feinen Borsten haben besonders in diesem, auch weicheren Theil stark entwickelten fibrillären Bau. Druck oder Abplattung lässt sie in einzelne Fibrillen zerfallen.

Nach der Austrocknung auf dem Objektträger bei 50° tritt in der ganzen Borstensubstanz eine Menge von feinen dunkleren Längs-



Textfig. 8.

Schema eines Parapodium von *Aphrodite aculeata* L.
IH, irisirende Haare; *DB*, dicke Borsten; *FB*, feine
 Borsten; *El*, Elytren.

und Querstreifen auf, welche entweder ganz regelmäßig einander kreuzen, so dass sie eine Art Netzwerk bilden (Fig. 16, Taf. XXXV), oder sich theilweise, besonders in der Querrichtung, zu manchmal sehr dunklen Querbändern vereinigen (Fig. 15 *dQ*, Taf. XXXV). Dieselbe Erscheinung, aber in viel geringerer Entwicklung, wurde schon bei den Regenwurmborsten beobachtet. Auch hier liegt ihr Grund in der starken Gaserfüllung einiger Theile der Borstensubstanz.

Wenn die Gaserfüllung nicht stark ist, so kann man ein gleichmäßiges Alterniren von breiten, hellen und dunkeln Schichten mit mehr oder weniger gut erkennbaren gaserfüllten Hohlräumchen, welche besser in den hellen Schichten als in den dunklen sichtbar sind, bemerken. Dasselbe Bild mit allen Übergangsstadien tritt an Borsten auf, welche aus Xylol im Vacuum ca. 10 Minuten getrocknet und dann in geschmolzenen Kanadabalsam eingebettet wurden (Fig. 13 Taf. XXXV). Das auf dieser Figur gaserfüllte Röhrechen (*Lr*) zerfällt an beiden Enden in einzelne Hohlräumchen (*Bl*). Die Bildung der Röhrechen findet sich besonders im Innern der Borste, wo dieselben sehr lang werden können. Die Mitte der ganzen Borste ist mit verschiedenen längeren oder kürzeren, aber immer feinen Linien erfüllt, welche hell bei hoher, und dunkel bei tiefer Einstellung sind. Diese Borstenpartie ist kaum mehr durchsichtig; ihre Substanz sieht schon dunkelbraun aus. Wenn man alle verschiedenen breiten, dunklen und hellen Quer- und Längsstreifen genau betrachtet, so kann man bemerken, dass in ihnen allen noch feinere, regelmäßige Quer- und Längslinien sind (Fig. 16 *Ll*, *Ql*, Taf. XXXV), welche im optischen Längsschnitt der Borste wie ein reguläres feines Netz der stärker brechenden Substanz in der schwächer brechenden erscheinen. Die Breite der dunkleren Linien, welche übrigens in der Längs- und Querrichtung gleich dick sind, ist gleich der der helleren Linien.

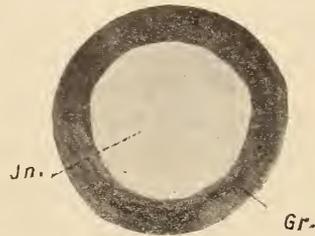
In einigen Borsten sieht man deutlich gaserfüllte Hohlräumchen so in den Maschen des Netzes liegen, dass die dunkleren Längs- und Querlinien als ihre Wände angesehen werden müssen (Fig. 16 *Wr*, Taf. XXXV), z. B. bei einer Borste, welche einige Minuten in Kanadabalsam im Reagensglas gekocht war, wo man die regelmäßige Anordnung der Hohlräumchen in der Längs- und Querrichtung sehen kann.

Die feinere Wabenstruktur konnte besonders gut an Fragmenten von aus Xylol unter der Luftpumpe getrockneten, und dann durch Pressen abgeplatteten Borsten, welche in geschmolzenem Kanadabalsam eingebettet sind, erkannt werden. Die Waben sind hier (Fig. 11,

Taf. XXXV) in Längsreihen angeordnet. Ihre Wände in der Quer- richtung der Borste sind dicker als in der Längsrichtung. Dasselbe kann man, aber nicht so gut entwickelt, auch an frischen, abgeplat- teten Borsten von *Aphrodite*, wie Fig. 10, Taf. XXXV zeigt, sehen. Hier sind alle Modifikationen der Hohlräume sichtbar.

Die dicken, schwarzen Borsten von *Aphrodite* sind nicht weniger als 1 cm lang und 300 μ dick. Ihr äußerer, aus dem Körper heraus- ragender Theil ist vollkommen schwarz und undurchsichtig, der in dem Körper sitzende ist zwar manchmal dunkel, aber für Struktur- untersuchungen brauchbar. Hier kann man auch durchsichtige Stellen finden. Dieselben zeigen schon im frischen Zustande mehr oder weniger stark entwickelte Kreuzung dunkler Linien oder Streifen in der Quer- und Längsrichtung wie bei den feineren Borsten (Fig. 16, Taf. XXXV).

Man kann unschwer Querschnitte von 7—10 μ Dicke durch diese Theile der dicken Borsten erhalten. Dieselben färbten sich gleichfalls am besten mit Gentianaviolett. Dabei zeigt sich zunächst, dass die Borsten- substanz nicht überall gleich ist. Wie Textfig. 9 zeigt, wird das Innere der Borste viel weniger gefärbt, als die ober- flächliche Partie. Beim Schneiden fällt dieser »Gürtel« leicht von dem inneren Theil ab. Wegen seiner stärkeren Fär- bung und seiner größeren Dicke zeigt der dunkle Gürtel keine Struktur (*Gr* in Textfig. 9 und in Fig. 20, Taf. XXXV) oder erscheint höchstens körnig. In nicht mehr als 5 μ dicken Schnitten kann man



Textfig. 9.

Schema eines mit Gentianaviolett gefärb- ten Schnittes einer »dicken« *Aphrodite*- Borste. *Gr*, stärker gefärbte Peripherie; *In*, schwächer gefärbtes Innere der Borste.

in der Innensubstanz Partien finden, welche neben verschiedenen Deformationen, die wegen der Härte der Substanz entstehen, gut er- kennbare Wabenstruktur zeigen (Fig. 20, Taf. XXXV, *Str*). Um die Struktur der peripherischen Zone der Borste (Textfig. 9 *Gr*), die den dunkleren Gürtel in den Schnitten bildet, zu ermitteln, wurden die Borsten macerirt. Wenn die dicken Borsten mit ca. 35%iger Salz- säure 2 Tage bei gewöhnlicher Temperatur behandelt werden, so schrumpft die ganze Borste, wie Fig. 17, Taf. XXXV zeigt, zu einem mehr oder weniger stark gebogenen Stäbchen, von welchem die peri- phere Zone, die mit dem stark gefärbten Gürtel der Querschnitte identisch ist, mehr oder weniger vollständig abfällt (Fig. 17 *Per*,

Taf. XXXV), in Form eigenthümlicher feiner Platten und unregelmäßiger Fragmente. Wenn derartige Borsten mit Gentianaviolett (ca. 4—5 Stunden) gefärbt wurden, so färbt sich jetzt diese abgefallene »Hülle« weniger als die Innensubstanz und zeigt bei starken Vergrößerungen sehr schöne in Längsreihen angeordnete Wabenstruktur, wie in Fig. 18, Taf. XXXV, *Lr* zu sehen ist.

Eau de Javelle wirkt auf *Aphrodite*-Borsten eben so wie auf Regenwurmborsten, wenn nicht noch stärker. Die mit starkem Eau de Javelle in der Kälte behandelten *Aphrodite*-Borsten zerfallen schon nach 18—20 Stunden vollständig in einzelne farblose Stückchen. Diese Fragmente lösen sich vollständig in ein Paar Tropfen schwacher Salzsäure. Verdünntes Eau de Javelle wirkt nach $\frac{1}{2}$ oder $\frac{3}{4}$ Stunde bei gewöhnlicher Temperatur (schneller bei 50°) schon nach $\frac{1}{4}$ Stunde, wie auf die Regenwurmborsten. Es bewirkt den Zerfall der Borste in Längs fibrillen, welche nach Zerklopfen unter dem Deckglas in Wasser in eben solche Fragmente zerfallen, wie sie im ersten Theil bei der Maceration der Regenwurmborsten beschrieben wurden (vgl. Fig. 14, Taf. XXXV mit Fig. 3, Taf. XXXIV). Sie färben sich auch mit Bismarckbraun, Eisenhämatoxylin, Gentianaviolett.

Sie treten nach dem Zerklopfen als Fragmente des Wabengerüstes auf, d. h. als feine Fibrillen mit Knotenpunkten und Resten der von ihnen abgehenden Querwände des Wabenwerkes oder als isolirte Platten, welche aus mehreren mit einander durch Querverbindungen zusammenhängenden Fibrillen bestehen (Fig. 14, Taf. XXXV).

Die Deutung dieser Erscheinungen ist dieselbe wie bei den Regenwurmborsten, d. h. die besondere Anordnung der Waben in Längsreihen.

Zwischen den beiden Borstenformen von *Aphrodite* kann man keine scharfe Grenze ziehen. Sie unterscheiden sich von einander nur durch verschiedene Dicke und verschieden starke Entwicklung der beim Maceriren auftretenden Fibrillen. Der wabige Bau ist bei beiden Formen nahezu identisch.

4. Struktur der Borsten von *Spirographis Spallanzanii* Viv.

Die Borsten von *Spirographis Spallanzanii* Viv. sind gerade Stäbchen, welche an ihrem distalen Ende abgeplattet sind und mit einem messerartigen Fortsatz enden, der in eine feine gebogene Spitze übergeht. Sie sitzen tief in den Parapodien, dicht bei einander in Büscheln. Schon unter der Lupe sieht man, dass der gerade Theil

der Borsten dunkler ist als der platte Anhang. Bei mikroskopischer Betrachtung unterscheidet man in der Borstensubstanz zwei Partien. Die dunklere innere Partie besteht aus einer Menge gaserfüllter Längsröhrchen, welche die ganze Dicke der Borste erfüllen. Nur an den beiden Borstenenden sind diese Längsröhrchen durch homogene Substanz mehr von einander getrennt und darum leicht erkennbar. Ein Alterniren heller und dunkler Querstreifen ist bei frischen Borsten nicht wahrzunehmen. Diese axiale Partie wird von dem äußeren, ganz homogenen Theil, wie von einer Hülle, bedeckt (Fig. 24, Taf. XXXV, *Hr* und *Ger*). Diese letztere bildet auch die distale Platte und das innerste, proximale Ende der Borste. Die Gaserfüllungen und die Längsröhrchen sind in diesen homogenen Theil eingeschlossen. Sie bewirken, dass die Borsten ein fibrilläres Aussehen haben, so dass die früheren Forscher, wie CLAPARÈDE (1873), sie, eben so wie die Borsten aller anderen Anneliden, als typisch fibrilläre Gebilde bezeichneten.

Zur Untersuchung wurden nur wenige Methoden benutzt. Schon mit wenigen Präparaten kann man beweisen, dass auch in diesem Fall, wie bei allen untersuchten Borsten, der fibrilläre Bau nur ein scheinbarer ist und auch sie eine feinwabige Struktur haben.

Schwach auf dem Objektträger über der Flamme erhitzte Borsten zeigen bei starken Vergrößerungen im axialen Theile zwischen vielen, ganz parallelen, gut abgegrenzten Längslinien, Längsröhrchen und andere Gaserfüllungen (Fig. 24, Taf. XXXV, *Ger*) gut erkennbare Querwände oder Reste von solchen, obwohl nicht überall (Fig. 24, Taf. XXXV, *g*).

In dem distalen Theil der Borste, in welchem die Längsröhrchen enden oder von einander getrennt sind, erscheint das gewöhnliche Bild der feinen Bläschenreihen. Das Endstück, welches aus homogener Substanz besteht, zeigt, nach der Austrocknung aus Xylol im Vacuum, feine Längsstreifen, welche die gerade Fortsetzung der Grenzen der Längsröhrchen des inneren Theils sind (Fig. 23, Taf. XXXV, *Lr*). Bei Untersuchung der über dem Bunsenbrenner erhitzten Borsten sieht man hier, zwischen den Längsstreifen, die vorher unsichtbaren Hohlräumchen als deutliche Gaserfüllungen, welche als Bläschenkettchen und kleine Längsröhrchen erscheinen (Fig. 23, Taf. XXXV, *Lr*, *Bk*).

Um diese Gebilde in der homogenen Schicht des Mittelstücks der Borste, wo sich nach Erhitzung nur Längsstreifen zeigen, zu erkennen, genügt einfache Abplattung der Borsten. Danach sieht man eine unzweifelhafte Wabenstruktur als gaserfüllte Hohlräumchen,

welche entweder isolirt oder in Reihen angeordnet sind (Fig. 25, Taf. XXXV, *Hl*).

In der Substanz der Borsten von *Spirographis Spallanzanii* Viv. kann man also zwei Partien unterscheiden — eine sehr dichte, welche die äußere Hülle und den Fortsatz bildet und die wegen ihrer Dichte fast immer homogen aussieht und eine innere, welche wegen ihrer geringeren Dichte und der Längsanordnung der Waben, immer von Längskanälen durchzogen ist.

III. Untersuchungen über die Struktur der Borsten von *Lingula anatina* Brug.

Untersucht wurden die langen und feinen Borsten von *Lingula anatina* Brug., welche längs des Mantelrandes in einer dichtgedrängten Reihe tief in den Mantel eingesenkt stehen. Der in dem Follikel eingeschlossene Theil (sog. innerer Theil), welcher mehr als die Hälfte der Borstenlänge beträgt, ist fast überall gleich dick; der Theil, welcher aus dem Follikel hervorragt (sog. äußerer Theil) verdünnt sich mehr und mehr, so dass das äußerste Ende in eine feine Spitze ausläuft. Die Länge der Borsten ist verschieden, denn an den beiden vorderen Umbiegungsstellen der Mantelränder und eben so hinten am Ursprung des Mantels und theilweise vorn in der Mitte sind sie am längsten und erreichen ca. 1 cm. Die Dicke des inneren Theils erreicht bei den meisten Borsten 50—60 μ ; dieselbe fällt in dem äußeren Theile schnell auf 15—18 μ .

Äußerlich zeigen die Borsten eine gut entwickelte Gliederung oder Ringelung (Fig. 26, Taf. XXXV, *Sg* und Textfig. 10). Die »Glieder« oder Ringe am inneren Theil der Borsten sind länger (bis 60 μ), gegen die Borstenspitze zu werden sie immer kürzer, so dass sie sich schließlich auf 12—15 μ verkürzen.

Die Absetzung der Gliederung ist am äußeren Theile der Borste besonders deutlich; am inneren Theile ist sie viel undeutlicher und es finden sich einzelne Borsten, welche an einem großen Theil ihres inneren Abschnittes keine Gliederung zeigen (s. Textfig. 10).

An der Basis der Borste befindet sich, wie bei jungen Regenwurm borsten, eine schmale Zone, wo eine Längsstreifung (s. weiter unten) deutlich hervortritt.

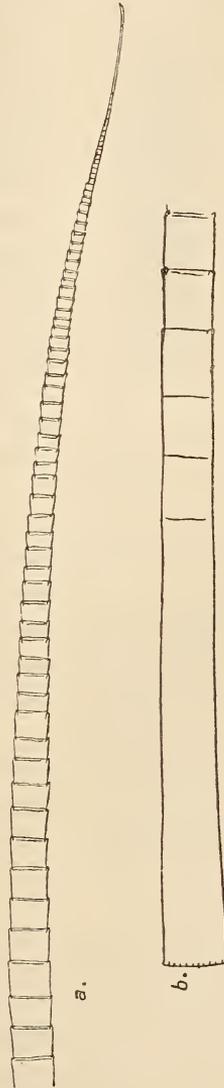
Die Borsten sind sehr brüchig, so dass man ganz unversehrte Exemplare, ohne abgebrochene Spitze, nicht oft sieht. Man kann aber große Stücke der Borsten sehr leicht durch einfaches Auszupfen aus den Mantelrändern mit der Pincette oder mit Nadeln isoliren.

Manchmal bemerkt man schon unter der Lupe eine feine Längsstreifung, besonders im Inneren der Borsten (längs der Borstenachse), welche durch die ganze Borstenlänge von der Basis bis zur Spitze geht. Die Streifung gleicht der der *Spirographis*-Borsten (Figg. 26 und 27 *Ls*, Taf. XXXV).

Die Borsten von *Lingula irisiren* deutlich, aber sehr schwach.

Die Untersuchung der frischen Borsten in Wasser zeigt schon, dass die Gliederung nicht durch die ganze Dicke der Borste geht, sondern durch Entwicklung besonderer kragenähnlicher Falten der äußeren Oberfläche gebildet wird, welche um den ganzen Borstenumfang herumreichen (Fig. 27, Taf. XXXV, *Kr*). Da das äußere Medium sich zwischen den Kragen und den eigentlichen Borstenkörper einschiebt, so sieht man auf der Grenze der Glieder mehr oder weniger breite, je nach Einstellung, dunkle oder helle Querländer (Figg. 26 und 27, Taf. XXXV, *Kr*). Obwohl die genauere Untersuchung zeigt, dass die innere Borstensubstanz in der Zone der Kragen einige Eigenthümlichkeiten zeigt, so muss doch die ganze Gliederung der Borsten und Bildung der Kragen, als eine oberflächliche Erscheinung betrachtet werden.

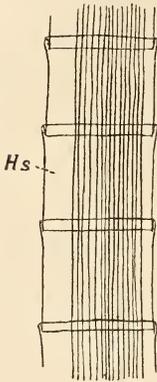
Die Längsstreifung ist sehr gut entwickelt und erscheint schon bei schwachen Vergrößerungen als deutlich abgegrenzte parallele Linien, welche nicht nur oberflächlich sind, sondern durch die ganze Borstensubstanz verfolgt werden können. Diese Linien stehen am axialen Theile der Borste weiter von einander (bis $0,5 \mu$), als an ihrer Oberfläche. Nach der Oberfläche zu rücken sie immer dichter zusammen (s. den optischen Längsschnitt, Fig. 27, Taf. XXXV, *Ls*). Im



Textfig. 10.

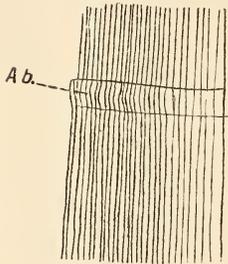
Umriss der beiden Enden einer Borste von *Lingula anatina* Brug. *a*, Endstück; *b*, Basaltheil des follikulären Abschnittes. Zeichenapparat. Vergr. 107.

optischen Längsschnitt der Borsten rücken sie entweder bis zu den Borstenrändern so, dass dort nur eine dünne ungestreifte Schicht bleibt (Fig. 27, Taf. XXXV), welche man als »Hülle« (welche die Kragen erzeugt) bezeichnen kann; oder es bleibt zwischen der längsgestreiften



Textfig. 11.

Eine Borste von *Lingula*, bei welcher sich die Längsstreifung im optischen Längsschnitt nicht bis zu den Borstenrändern erstreckt u. eine homogene äußere Schicht (Hs) bleibt. Vergr. 610.



Textfig. 12.

Optischer Längsschnitt des Randes einer Borste von *Lingula*, wo die Längsstreifung in der Zone eines Kragens etwas ausgebuchtet ist (Ab).

Substanz und den Borstenrändern eine mehr oder weniger breite Schicht nichtstreifiger Substanz (Textfig. 11). In diesem Falle ist keine besondere äußere »Hülle« zu erkennen. Die Gliederung der Borsten hat im Allgemeinen keinen Einfluss auf diese Längsstreifung. Nur zuweilen kann man an der Oberfläche unter dem Kragen eine kleine Abweichung der Längsstreifen aus ihrer Richtung bemerken, indem sie schwach ausgebogen sind; aber diese Erscheinung ist selten (Textfig. 12). Da, wo die Gliederung schwach ist oder ganz fehlt, zeigt die Längsstreifung keine Spur von solchen Ausbuchtungen.

Dass die Kohäsion der Borstensubstanz an den Grenzen der Glieder etwas geringer ist, als in den Gliedern selbst, erkannte zuerst BLOCHMANN (1900, p. 100); denn die Borsten sind dort sehr brüchig und die Bruchfläche, welche im Allgemeinen ziemlich glatt ist, fällt immer mit den Grenzen der Glieder zusammen.

Die Borsten färben sich sehr stark mit wässrigem Gentianaviolett bei 50—60° C. (schwächer in der Kälte), ferner gut mit Eisenhämatoxylin oder Bismarckbraun, schwach dagegen mit Methylenblau oder Boraxkarmin. Bei starken Vergrößerungen bemerkt man, daß die Längsstreifen besonders stark gefärbt sind, die zwischen ihnen liegende Substanz dagegen viel schwächer. Bei stark gefärbten Borsten, besonders den mit Eisenhämatoxylin oder Gentianaviolett tingierten, sieht man, daß die Färbung nicht gleichmäßig in der ganzen Borstensubstanz vertheilt ist. Vielmehr färbt sich die Borstensubstanz in den Kragenzonen weniger stark als die der Glieder selbst. Insbesondere gilt dies für die peripherische Substanz der Kragenzonen.

Die ganze, gutgefärbte Borste erscheint also etwa wie ein Komplex von feinen Röhrenchen, deren Wände die Längsstreifen bilden. Im Folgenden sollen je zwei benachbarte Längsstreifen mit der zwischen ihnen liegenden weniger oder nicht gefärbten Substanz als »Längsröhrenchen« und die Längsstreifen selbst als »Längslinien« bezeichnet werden.

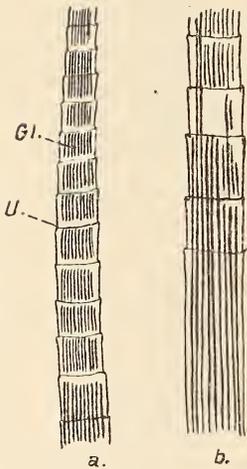
Die Verschiedenheiten in der Dichtigkeit der Borstensubstanz, welche durch die Entwicklung der schwächer brechenden Längsröhrenchen und durch die abweichende Struktur auf den Grenzen der Glieder (Kragenzonen) hervorgerufen werden, kann man als bedingende Ursache des schwachen Irisirens der Borsten betrachten.

Obwohl die Verschiedenheit der Borstensubstanz in den Gliedern und auf deren Grenzen mit dem Alterniren der hellen und dunklen Querstreifen der Regenwurm- oder *Aphrodite*-Borsten eine gewisse Analogie besitzt, so ergibt die Untersuchung der frischen Borsten doch keine andere Struktur, als dass sie aus einer Grundsubstanz bestehen, die von feinsten Längsröhrenchen durchzogen wird, welche Ansicht schon BLOCHMANN (1900, p. 100)¹ zuerst über die Bedeutung der Längsstreifung aufgestellt hat.

Die Borste, welche aus Xylol bei 40—50° C. getrocknet und dann in geschmolzenen Kanadabalsam eingebettet werden, zeigen sehr starke Gaserfüllungen. Die ganze Borste ist in ihrer gesammten Dicke von der Basis bis zur äußersten Spitze mit Gas erfüllt. Nur in einigen Fällen bleiben Theile (besonders an der Oberfläche) frei von Gaserfüllungen. Das allgemeine Bild, welches solche gaserfüllte Borsten bieten, unterscheidet sich in nichts von dem der eben so behandelten *Aphrodite*- oder Regenwurmborsten (vgl. Fig. 17, Taf. XXXIII und Figg. 6 und 9, Taf. XXXV mit Fig. 30, Taf. XXXV). In beiden Fällen ist die ganze Borste erfüllt von feinen gaserfüllten Röhrenchen, welche häufig in Bläschenkettten zerfallen sind, neben

¹ BLOCHMANN bemerkt ferner, »wenn man die Borsten aus Alkohol absol. im Wärmeschrank austrocknen lässt, so sieht man sie auf großen Strecken hin von mehr oder weniger zahlreichen Luftfäden durchzogen. Dass die Luft dabei nicht etwa in zwischen Fibrillen entstehende Spalträume eingedrungen ist, ergibt sich daraus, dass die mit Luft erfüllten, im durchfallenden Lichte schwarz erscheinenden Räume nie irgendwelche Unregelmäßigkeiten zeigen, sondern stets scharf begrenzt, fadenartig sind, wie die in einer Kapillarröhre eingeschlossene Luft« (p. 100). Nach seiner Ansicht wird die Borste »von einer zarten Hülle umgeben, die sich von dem centralen Theile leicht abgrenzen lässt, weil sie sich mit Hämatoxylin dunkel färbt, während der letztere stets ganz farblos bleibt« (p. 99—100).

welchen auch isolierte gaserfüllte Bläschen sichtbar sind. Auch hier sind alle Übergangsstadien von einzelnen gaserfüllten Bläschen zu gut abgegrenzten Röhrcchen vorhanden, in welchen häufig auch noch einzelne Querwände vorhanden sind (Fig. 30, Taf. XXXV, *Bk* oder *Lr*). Die Gaserfüllungen treten nur in den Zwischenräumen zwischen den Längslinien auf, welche letztere mit ihren Grenzen zusammenfallen. An den Grenzen der Glieder sind die gaserfüllten Röhrcchen sehr oft unterbrochen, so dass bei schwachen Vergrößerungen ein deutliches Alterniren der gaserfüllten Glieder mit den nicht gaserfüllten Kragenzonen, hervortritt. Erstere (Textfig. 13 *a*, *Gl*) erscheinen als breite dunkle Bänder, letztere (*U*), als feine, dichte Querlinien. Diese Unterbrechung der gaserfüllten Röhrcchen aber tritt nicht an jedem Kragen hervor. Im äußeren Theil der Borste, besonders aber im follikulären Abschnitt fehlt diese Erscheinung häufig (Textfig. 13 *b*).



Textfig. 13.

Schemata der aus Xylol getrockneten Borsten von *Lingula*. Die Gaserfüllungen (*Gl*) sind in der Zone der Kragen unterbrochen (*U*). *a*, äußerer Theil; *b*, innerer, follikulärer Theil der Borste. Optischer Längsschnitt.

Man kann Querschnitte durch die Borsten von *Lingula* leicht in der Dicke von 3–4 μ erhalten. Sie färben sich besonders gut mit Gentianaviolett und zeigen ein sehr eigenenthümliches Bild. Dass die Längslinien, welche durch die ganze Borste hindurchziehen, in Wirklichkeit die optischen Längsschnitte der Wände von »Längsröhrcchen« sind, lassen die Querschnitte klar erkennen. Die Wände der »Röhrcchen« erscheinen im Querschnitte als ein Netz mit ziemlich großen mehr oder weniger regelmäßig angeordneten Maschen (Fig. 31, Taf. XXXV). Diese haben meist hexagonale Form. Wie schon erwähnt, färben sich die Längslinien besonders intensiv,

die zwischen ihnen liegende Substanz schwächer oder gar nicht. Auch auf den Querschnitten sind die Gerüstwände sehr stark gefärbt, das Innere der Maschen dagegen sehr wenig oder auch gar nicht.

Die Untersuchung der Querschnitte lässt jedoch nicht erkennen, ob die Maschen des Gerüstes nur Querschnitte zusammenhängender »Röhrcchen« sind, oder ob letztere sich selbst wieder aus Längsreihen von Räumchen oder Waben aufbauen.

Gut gefärbte, feine Längsschnitte (ca. 3 μ) zeigen bei stärkster

Unters. über den feineren Bau der Borsten einiger Chätopoden etc. 693

Vergrößerung nur selten einige Stellen, wo die stark gefärbten Längslinien durch sehr feine Querlinien verbunden sind. Diese Querlinien treten stets nur sehr schwach, aber bemerkbar hervor (Fig. 29, Taf. XXXV, Q). Aus dieser Beobachtung lässt sich also, in Verbindung mit den Ergebnissen der Austrocknung, schließen, dass die »Längsröhrchen« selbst aus Reihen kleiner Räumchen oder Waben bestehen, deren Querwände sehr dünn sind.

Wenn ein ungefärbter Querschnitt aus Xylol unter der Luftpumpe oder bei 40—50° C. austrocknet, so tritt in den Maschen des Gerüsts Gas auf und desswegen treten dann viele Gaserfüllungen hervor. Solche Objekte kann man dann entweder in Luft oder nach Einbettung in geschmolzenen Kanadabalsam untersuchen. Die Erfüllungen treten nur zwischen dem Netzwerk, d. h. in den Lumina der »Röhrchen« selbst, auf. In den ausgetrockneten Längsschnitten machen die Gaserfüllungen die Grenzen der Alveolen in der Richtung der »Längsröhrchen« kenntlich (sie erscheinen als Reihen der feinen Bläschen oder auch als vereinzelt), was die Untersuchungen der gefärbten Längsschnitte vervollständigt. Die erhaltenen Bilder unterscheiden sich in nichts von der Fig. 30, Taf. XXXV.

Nach Analogie mit den untersuchten Annelidenborsten kann man vermuthen, dass in der Längsrichtung der Borsten die feineren Querwände wegen ihrer Zartheit, häufig mehr oder weniger zerreißen, so dass die Bilder von gaserfüllten Röhrchen entstehen. Der Hauptunterschied liegt in der besonderen Feinheit dieser Querwände der *Lingula*-Borsten, welche man darum nur selten erkennen kann. Die Längslinien selbst sind viel dicker und haben wahrscheinlich wegen ihres manchmal beobachteten Zerfalles in feinste Fibrillen, eine noch feinere Struktur.

Die *Lingula*-Borsten zerfallen bei der Maceration im Allgemeinen sehr leicht in fibrilläre Gebilde, Fibrillen oder ihre Komplexe, denn wie aus vorstehenden Untersuchungen folgt, sind die Längslinien viel widerstandsfähiger gegen verschiedene Reagentien, als die zwischen ihnen liegende Substanz (im Besondern die so äußerst dünnen Querwände).

Schon Pressung der Borsten zwischen zwei Objektträgern bewirkt, dass die Borste zu einer platten Masse wird, welche bei Aufhören des Drucks in längsgestreckte Fragmente zerfällt. Einwirkung von Säuren (schwache, 10% ige oder 37% ige Salzsäure, 89% ige Schwefelsäure, 63% ige Salpetersäure) oder 35% ige Kalilauge auf die Borsten-substanz bewirkt gleichfalls Zerfall in solche Fragmente, besonders,

wenn man schwach auf das Deckglas klopft, unter welchem die Borsten in der Säure oder Kalilauge liegen. Die genannten Reagentien bewirken auch Einrollung der feinen Enden der Borsten (schon nach einigen Minuten).

89%ige Schwefelsäure wirkt zuerst auf die Oberfläche der Borste, welche sehr stark quillt. Nach $\frac{1}{4}$ Stunde Einwirkung in der Kälte kann man diese äußere Zone von der inneren Partie durch schwaches Klopfen gänzlich abtrennen. In der letzteren bleiben die Längsstreifung, sowie die Grenzen der Glieder noch sehr lange erhalten. Die äußere Form der Borste, abgesehen von der Einrollung der Spitze, ändert sich auch nach $\frac{1}{2}$ stündiger Einwirkung der Schwefelsäure nicht. Schwaches Klopfen auf das Deckglas, unter welchem die Borste in Schwefelsäure liegt, ruft sehr leicht Zerfall der Borste in einzelne Fragmente hervor, in welchen die Längslinien gleichfalls noch sehr lange erhalten bleiben; längeres Klopfen bewirkt Zerfall dieser Fragmente in fein pulverigen Brei.

37%ige Salzsäure löst die Substanz der Borsten schneller als Schwefelsäure und, wie es bei fast allen Borsten der Anneliden der Fall ist, fängt diese Lösung an der Basis (Wurzel) an, die auch bei *Lingula* weniger widerstandsfähig gegen Reagentien ist, als die Mitte oder Spitze der Borste. Durch Klopfen auf das Deckglas kann man Zerfall in einzelne Theile hervorrufen. Leichter Druck auf das Deckglas kann die Borste in Längsfragmente oder Fibrillen zerfallen lassen, welche oft, als Röhren, paarweise verbunden bleiben.

Eau de Javelle ist ebenso, wie für Annelidenborsten, auch für *Lingula* die beste Macerationsflüssigkeit. Nach $\frac{1}{4}$ stündiger Einwirkung von Eau de Javelle werden die Borsten blass, doch verändert sich ihre Form nicht. Schon nach kurzem Klopfen der mit Eau de Javelle behandelten Borste zerfällt sie so, dass alle Röhren sich von einander trennen und wie »Fibrillen« erscheinen. Diese »Fibrillen«, welche in ihrem Zusammenhang die Röhren, aus welcher die Borste besteht, aufbauen, müssen unter einander verbunden sein (durch besondere Ästchen oder Querbänder). Doch die Ränder der isolirten Fibrillen oder Röhren erscheinen meistens bei der ersten Ansicht ganz glatt, denn die Verbindungen zwischen den Längslinien sind die so schwer sichtbaren und äußerst feinen Querwände und können sich nicht erhalten.

Die zerklopfen Borsten kann man auch unter Luftpumpe aus Xylol austrocknen und dann in Luft oder in geschmolzenem Kanadabalsam untersuchen. Die aus Xylol im Vacuum ausgetrockneten

Fibrillen zeigen da, wo die »Röhrchen« nicht ganz von einander getrennt sind, einige Gaserfüllungen, welche zu vermuthen erlauben, dass hier die Hohlräumchen, welche durch Längslinien und feine Querwände gebildet sind, nicht zerstört, sondern noch erhalten sind. An einigen Stellen solcher ausgetrockneten Fibrillen zeigen die Ränder derselben, nach längerer Färbung mit Gentianaviolett oder Eisenhämatoxylin, feine faserige Fädchen (Fig. 28, Taf XXXV, F).

Aus den vorstehenden Untersuchungen lässt sich zusammenfassend etwa Folgendes entnehmen. Die Borsten von *Lingula anatina* Brug. haben eine Struktur, welche im Allgemeinen mit der der Regenwurm- oder *Aphrodite*-Borsten identisch ist. Hier wie dort haben wir das gewöhnliche Bild der Gaserfüllungen bei Austrocknung und den Zerfall in Fibrillen bei Maceration. Die feinere Struktur der Borsten von *Lingula* weicht von dem der Annelidenborsten in der Bildung von besonders gut sichtbaren Längsstreifen und besonders starker Färbbarkeit der Substanz, welche die Wabenwände bildet, ab. Dazu kommt noch die Entwicklung von Kragen und abweichende Dichtigkeit der Borstensubstanz in den Zonen dieser Kragen. Die Struktur selbst zeigt im Allgemeinen die Eigenthümlichkeiten, welche bei alveolarwabigem Bau auftreten, wobei die Alveolen nicht gleichmäßig in allen Richtungen angeordnet, sondern (wie bei Annelidenborsten) etwas in die Länge (wegen des Borstenwachsthums) gestreckt sind mit allen daraus folgenden Eigenthümlichkeiten des Baues ihrer Wände.

IV. Zur Histologie der Borstentaschen der Regenwürmer.

Wie bekannt sind in jedem Segment unserer Regenwürmer acht Borsten vorhanden und zwar paarweise in vier Gruppen, so dass sie sich in paarigen ventralen und dorsalen Längsreihen über den ganzen Körper erstrecken.

Untersucht wurden die Borstentaschen bei *Lumbricus terrestris* L., Müll., *Lumbricus rubellus* Hoffm. und *Eisenia foetida* (sog. *Lumbricus foetidus* Dug.) Sav.

Wie bekannt sitzt jede Borste in einer besonderen Tasche, an deren Grunde ihre Bildungszelle liegt. In Verbindung mit dieser Tasche steht ein besonderer Sack, die sog. Ersatzborstentasche, in welcher eine neue Borste gebildet wird, als Produkt einer einzigen Zelle (Bildungszelle), und die nach Abnutzung der alten Borste an ihren Platz tritt. Die letzteren fallen bekanntlich nicht nach außen, sondern in die Leibeshöhle hinein. Jede der Borstentaschen, deren

Bau von dem der Körperwand verschieden ist, hat eine besondere Muskulatur zur Bewegung der Borste.

Nach CLAPARÈDE (1876) ist die Borstentasche ein aus Plasma bestehender Sack, in welchem Kerne liegen. PERRIER (1874) erkannte nur die feine Membran, die mit der Cuticula in Verbindung steht, die ganze Borste umgibt und an welcher die Muskelfasern befestigt sind.

Im Gegensatz dazu hat VEJDOVSKÝ (1884) gezeigt, dass der Bau der Borstentasche ein zelliger ist, dass ihre, durch das Wachsthum der Borsten verlängerten Zellen die spindelförmigen Kerne enthalten. Diese Angaben wurden im Allgemeinen durch die weiteren Untersuchungen bestätigt. Von neueren Forschungen sind die von CERFONTAINE (1890) und BEDDARD (1895), neben den Untersuchungen über die Entwicklung der Borsten von BERGH (1890) und von RANDOLPH (1891) besonders wichtig. Im Ganzen kann man die Borstentasche als durch Einsenkung und Modifikation der Körperwand entstandene schlauchähnliche Gebilde betrachten, welche in inniger Beziehung zu der letzteren stehen.

Die Körperwand selbst besteht bei den Regenwürmern bekanntlich aus den succesiven Schichten Cuticula, der Epidermis und dem Hautmuskelschlauch, der seinerseits aus der Ring- und Längsmuskelschicht zusammengesetzt ist (Fig. 1, Taf. XXXVI, *Cut, Ep, RM, LM*).

An den Mündungsstellen der Borstentasche ändert sich der Bau der Körperwand. Wie ihre Entwicklungsgeschichte zeigt, kann man die Borstentasche als eine Einsenkung der Epidermis in das Innere des Körpers betrachten (VEJDOVSKÝ 1888; BERGH 1890; RANDOLPH (1891). Der in die Borstentasche umgewandelte eingesenkte Theil der Körperwand zieht die umgebende unveränderte Epidermis mit ihrer Cuticularhülle etwas mit sich und durchbohrt die Ring- und Längsmuskelschichten (Fig. 1, Taf. XXXVI; Textfig. 15).

Der ganze Unterschied zwischen den untersuchten Arten der Regenwürmer bestand, bei gleichaltrigen Thieren, in einer etwas anderen Anordnung der Borsten bei *Lumbricus terrestris* L. an den Körperenden. In allem Übrigen stimmen die Borstentaschen bei *Lumbricus terrestris*, *Lumbricus rubellus* und *Eisenia foetida* vollständig überein. Dagegen zeigen die Borstentaschen an verschiedenen alten Thieren derselben Art bedeutende Abweichungen in ihrem Bau, wie weiterhin genauer ausgeführt werden wird.

Zur Untersuchung der Borstentaschen wurden ausschließlich Schnitte von Würmern verwendet, welche nach der Abtödtung in schwachem Alkohol oder Chloroformwasser mit Sublimatessigsäure,

Alkohol (50—70°) oder besonders mit Pikrinessigsäure konservirt waren. Von Färbungsmethoden wurden fast ausschließlich Doppelfärbung mit Hämatoxylin und Eosin angewendet.

An den Borstentaschen müssen zunächst zwei Theile unterschieden werden, welche in Bau und Struktur von einander abweichen — die echte Borstentasche oder der sog. Borstenfollikel (Fig. 1, Taf. XXXVI, *Bf*) und der eingesenkte Theil der Epidermis oder die sog. »Epidermaltasche« (*Ept*). Wie Fig. 1, Taf. XXXVI zeigt, ist die Epidermis mit ihrer Cuticula bis zur mittleren Verdickung der Borste ohne besondere Veränderungen in das Innere des Körpers eingestülpt.

Die Cuticula senkt sich als Rohr in die Epidermaltasche ein. Querschnitte durch die Öffnung der letzteren, wie auch die Längsschnitte zeigen, dass öfters eine mäßige Verdickung der Cuticula an der Mündung der Epidermaltasche vorhanden ist. Zwischen diesem Cuticularrohr und der Borste selbst bleibt stets ein freier Raum, so dass die Borste von ihrer mittleren Verdickung an frei hervorragt. Das Cuticularrohr erstreckt sich bis zu der mittleren Verdickung der Borste und endet, sich mehr und mehr verjüngend, als kaum von der Borstensubstanz zu unterscheidende Membran, die aber nicht die ganze Borste umhüllt, wie einige Forscher glaubten (z. B. PERRIER, 1874). Querschnitte durch die mittleren und inneren Theile der Borstenfollikel zeigen keine Spur von cuticularen Hüllen um die Substanz der Borste (vgl. Figg. 7 *b* und 7 *c*, Taf. XXXVI, *Bf*).

Die Epidermis verliert am Eingang in die Borstentasche ihre Drüsenzellen. An Flächenschnitten kann man gut sehen, dass um die Öffnung der Epidermaltasche herum die Epidermiszellen polygonale, gut erkennbare Grenzen haben (Fig. 7 *a*, Taf. XXXVI, *Ept*). An den Längsschnitten sieht man unter günstigen Umständen, dass in der Region der Ringmuskulatur die Schicht der Epidermiszellen drei, von außen nach innen auf einander folgende Verdickungen zeigt (Fig. 1, Taf. XXXVI, *Ept*, *Epa*). Mit der dritten Verdickung, welche die Borste ringförmig dicht umfasst, endet die Epidermaltasche (*Ab*). In der unmittelbaren Umgebung der eingesenkten Epidermis fehlt die gewöhnliche Ringmuskelschicht in ihrer ganzen Dicke und an ihre Stelle treten besondere Gebilde. CLAPARÈDE (1869) hat diese zuerst als Protoplasmafäden bezeichnet, VEJDOVSKÝ (1884) dagegen sie mit den Epidermiszellen identificirt und als echte mit spindelförmigen Kernen versehene Fadenzellen beschrieben (Figg. 1 und 7 *a*, Taf. XXXVI, *Fdx*).

Die genauere Betrachtung der in allen Richtungen angefertigten Schnitte zeigt, dass diese Zellen wie platte, mit einander durch feine Fäden verbundene, lamellöse, mit vielen Kernen versehene Gebilde aussehen. Im Querschnitt (Fig. 7 *b*) erscheinen diese Lamellen sehr dünn und nur in der Umgebung der Kerne verdickt. Diese letzteren sind klein und oval, ähnlich den Kernen der Ringmuskelschicht. Die Richtung dieser Lamellen ist nicht regelmäßig; man kann aber im Allgemeinen sagen, dass sie von der Ringmuskelschicht schief nach innen, zu den Epidermaltaschencellen gehen.

Der eigentliche Borstenfollikel fängt erst mit der hintersten Verdickung der Epidermaltasche an (Fig. 1, Taf. XXXVI, *Ab*). Er selbst kann im Allgemeinen als ein zelliger Schlauch betrachtet werden. Die Zellen desselben ließen keine Grenzen erkennen, sondern schienen verschmolzen zu einer die Borste umschließenden dünnen Hülle. An den Querschnitten der Follikel ist zwischen der Borste und dem Follikel kein Zwischenraum sichtbar (Fig. 7 *b* und 7 *c*, Taf. XXXVI, *Bf*).

Betrachtet man einen Borstenfollikel, so sieht man, dass er an seinem proximalen, in der Leibeshöhle liegenden Theil etwas breiter ist als dort, wo er in die Epidermaltasche übergeht. Im Allgemeinen hat er, wie die Borste selbst, eine schwach gebogene Form.

Das Protoplasma der Follikelwand ist fein längsfaserig (Fig. 1, Taf. XXXVI, *Bf*). Die besonders gut erkennbaren und ziemlich großen Kerne enthalten stark gefärbte Kernkörperchen und Granula (Fig. 1, Taf. XXXVI, *Ffk*).

Am Grunde des Follikels, am innersten Ende der Borste, liegt die Bildungszelle derselben; sie ist aber nur bei jungen Thieren oder bei älteren nur in den hinteren Schwanzsegmenten vorhanden. Alte Borstenfollikel mit stark entwickelten Ersatzborsten haben keine Bildungszelle mehr und die Basis der Borste ist von dem faserigen Protoplasma des Follikels umhüllt. Diese Protoplasmafaserung (Fig. 1, 2 und 3, Taf. XXXVI, *Prf*) strahlt von da nach verschiedenen Richtungen, wie von einem Centrum aus und ist mit Eosin unfärbbar, was sie von den Follikelmuskeln unterscheidet, so dass sie an den Schnitten wie eine durchsichtige Hülle des inneren Theiles der Borste erscheint.

Die Bildungszelle selbst, wenn sie als solche noch erkennbar ist, zeichnet sich durch ihre starke Tingirbarkeit von den umgebenden anderen Zellen, sowie auch durch die deutliche Wabenstruktur ihres Protoplasmas aus. Sie enthält einen großen, stark färbbaren Kern und umfasst die ganze Basis der auf ihr sitzenden Borste wie ein Becher.

In Längsschnitten der Borstenanlage bildet sie an beiden Seiten der Borstenbasis gut erkennbare Anschwellungen aus stark körnigem, intensiv gefärbtem Protoplasma (Textfig. 14).

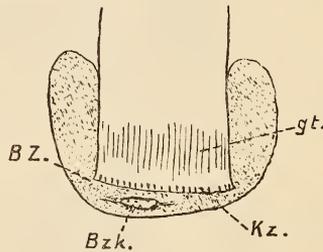
Dem Grunde der Borstentaschen, welche keine Bildungszelle besitzen, liegen eigenthümliche Zellen mit gut entwickelten Kernen und feinkörnigem Protoplasma an (Figg. 2 und 3, Taf. XXXVI, *Zgb*). Sie können in direkter Verbindung mit dem Grunde des Borstenfollikels stehen, da wo derselbe von den protoplasmatischen Fibrillen umhüllt ist. Diese Verbindung ist entweder unmittelbar oder erfolgt durch lang ausgezogene Fortsätze dieser Zellen. Außer diesen kleinen Zellen, welche in verschiedener Zahl (bis zu vier) neben einer Borste vorhanden sein können, findet man noch größere und schon nicht mehr in Verbindung mit dem Borstenfollikel stehende solche Zellen (Fig. 3, Taf. XXXVI, *Zgb*). Diese liegen frei im Bindegewebe als follikelähnliche Gebilde. Ihre Kerne sind groß mit vielen Granula, ähnlich wie der Kern der Bildungszelle. Letztere Zellen sind vermuthlich die Anlagen von Ersatzborstentaschen (s. weiter unten).

Der Borstenfollikel selbst ist dicht von der zugehörigen Muskulatur bedeckt.

Dieselbe färbt sich mit Eosin schön roth, während die Zellen, welche zu dem Borstenfollikel oder dem Bindegewebe gehören, ungefärbt bleiben. Diese Muskelbündel bewegen die Borstentaschen und zwar sind besondere retrahirende und protrahirende Muskeln zu unterscheiden.

Die Protraktoren (Musculi parietovaginales) bestehen aus einer Anzahl von Muskelbündeln, welche vom Grunde des Follikels strahlenförmig nach außen zur Haut gehen. Sie verbinden sich nicht mit der Längsmuskulatur, wie RATZEL (1869) meinte, sondern dringen nach PERRIER (1874) und den neuen Forschern durch die Ringmuskulatur bis nahe zur Epidermis vor (Fig. 1 *Pr.M*, Figg. 2 und 7 *c*, *B.M*, Taf. XXXVI; Textfig. 15 *Pr*).

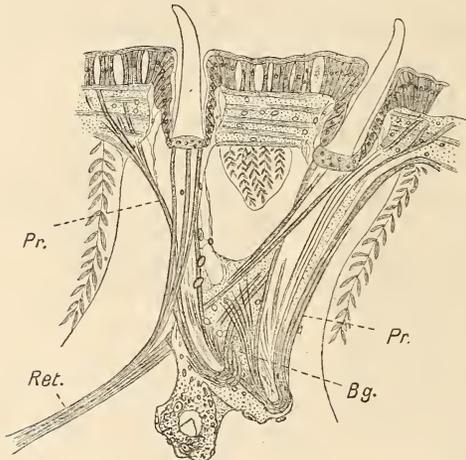
Die proximalen Partien zweier zusammengehöriger Borstenfollikel sind durch eine besondere bindegewebige Masse und auch durch Muskeln vereinigt (Fig. 1, Taf. XXXVI, *Bg*). In dieser Masse liegen viele kleine Kerne. Dies Gewebe, welches von den Borstenmuskel-



Textfig. 14.

Längsschnitt durch die Basis einer jungen Borste von *Lumbricus terrestris* L., Müll. *gt*, sich färbender Theil der Borste; *Kz*, schmale, kappenartige Zone, wo die sich färbenden Längsfibrillen sichtbar sind; *Bzk*, Kern der Bildungszelle (*BZ*).

bündeln durchzogen wird und manchmal auch Blutgefäße enthält, dringt in das Cölom des Wurmes vor als eine kompakte Anschwellung, die die Muskelsysteme der beiden Follikel fest vereinigt. In dieser Masse verlaufen auch die Retraktoren (*M. folliculares*) der Borste, welche PERRIER (1874) und CLAPARÈDE (1862, 1869) nicht kannten (Fig. 1, Taf. XXXVI; Textfig. 15 *Ret*). Nach CERFONTAINE (1890), dessen Angabe ich bestätigen kann, spannt sich zwischen den vier Borstentaschen auf jeder Seite eines Segments ein Retraktor aus,



Textfig. 15.

Muskulatur eines Paares von Borstentaschen mit dem Zeichenapparat angefertigt. *Pr.*, protrahierende, *Ret.*, retrahierende Muskeln; *Bg.*, Bindegewebe. Vergr. 214.

dessen Enden, sich gabelnd, an die beiden dorsalen und beiden ventralen Taschen der betreffenden Seite herantreten. Längs der Taschen laufen die Retraktorfasern bis zur Ringmuskulatur distalwärts.

Das flache Peritonealepithel mit seinen besonderen Kernen überzieht die proximalen Enden der Borstentaschen sammt der bindegewebigen Masse der Follikel (Fig. 1, Taf. XXXVI, *Per.ep*).

Die Ersatzborsten liegen in besonderen sog. Ersatzborstentaschen, welche je nach ihrem Alter verschieden groß sind. Bei jungen Thieren sind die Ersatzborstentaschen, welche überhaupt nur kleine Borsten in den ersten Entwicklungsstadien enthalten, kleine Anschwellungen oder Follikel. Auf Schnitten kann man alle Stadien der Borstenentwicklung von kleinen, kaum bemerkbaren, dreieckigen kegelartigen Gebilden bis zur halben Größe der alten Borstenfollikel mit entsprechender Entwicklung der Ersatzborstentaschen sehen. Die Ersatzfollikel selbst liegen weiter nach innen als die Wurzeln der ausgebildeten Borsten, mehr oder weniger frei in der Leibeshöhle, so dass nur ihre distalen Enden mit den zugehörigen Follikeln oder auch unter einander verbunden sind (Fig. 1 und 3, Taf. XXXVI, *Ebt*). Ganz junge Taschen sind dagegen vom Bindegewebe des Mutterfollikels noch ganz umhüllt und in dasselbe eingeschlossen (Fig. 3, Taf. XXXVI, *Ebt*).

Man kann fast immer nachweisen, dass die Ersatzfollikel bis zum entwickelten oder »Mutterfollikel« direkt heranreichen und mit diesem zusammenhängen.

Schnitte durch sehr junge Ersatzborstentaschen (Figg. 3 und 6, Taf. XXXVI) zeigen klar, dass die Borsten in ihnen, abgesehen von der Bildungszelle, noch von drei Zellgebilden umgeben sind, die keine scharfen Grenzen gegen einander erkennen lassen. Von diesen drei großen Kernen liegen zwei an den Seiten und einer an der Spitze der Ersatzborste (Figg. 3 und 6, Taf. XXXVI, *Sz.K*³). Sie haben denselben Bau, wie der früher beschriebene Kern der Bildungszelle am Grunde des Follikels. In den beiden »Seitenzellen« und ähnlich auch der Bildungszelle findet man auf Längsschnitten um die Kerne eine feinwabige, stärker gefärbte, spindelförmige Plasmadifferenzirung (Fig. 6, Taf. XXXVI, *Sp*). Das übrige Protoplasma dieser drei Zellen ist dagegen mehr oder weniger gleichmäßig wabig und färbt sich schwächer.

Die jungen Borsten selbst wurden schon im ersten Theil beschrieben und treten zuerst als niedrig kegelförmige Gebilde auf, welche sich allmählich durch Zuwachs an der Basis verlängern. Alle Übergangsstadien sind in der Textfig. 2 dargestellt. Die jungen Borsten sind auf Schnitten gewöhnlich von einem lichten, vermuthlich nur mit Flüssigkeit erfüllten Raum umgeben, welcher die Seitenzellen von der Borstenoberfläche trennt, wogegen die Bildungszelle der Borstenwurzel stets dicht anhaftet. Dieser Raum dürfte, wie schon PERIER (1874) vermuthet, wohl ein Produkt der Konservirung sein, eben so auch die zarte hüllenartige Grenze des Raumes gegen die Seitenzellen (Fig. 6, Taf. XXXVI, *R*).

Querschnitte durch die Ersatzborstentaschen zeigen, dass das Protoplasma, welches die großen Kerne umgiebt, unmittelbar in ein äußeres übergeht, in welchem eine Menge kleiner Kerne zerstreut liegen (Fig. 5, Taf. XXXVI, *L.P*). Der Unterschied zwischen den beiden Protoplasmaarten liegt in ihrem Bau. Das der großen Seitenkerne (Fig. 5 *K.P*) erscheint in Querschnitten mehr oder weniger körnig, das der Hülle (*L.P*) dagegen ist fein radiärfaserig; auf Längsschnitten erscheint es daher auch längsfaserig. Eine schärfere Grenze zwischen diesen beiden Protoplasmaarten findet sich nur an jüngsten Follikeln oder nur an der Bildungszelle (Fig. 5, Taf. XXXVI, *Bz*).

Der Unterschied zwischen den mehr erwachsenen und den ganz jungen Ersatzborstentaschen liegt in der Verlängerung der Tasche unter Vermehrung der Kerne und dem Wachsthum der Borste.

Die äußere Hülle der Ersatzfollikel aber ist bei älteren leicht von den Seitenzellen durch die kleinen, aber sehr zahlreichen Kerne zu unterscheiden.

In jungen, sowohl als in entwickelten Ersatzborstentaschen ist, wie Figg. 1, 3, 4 und 6, Taf. XXXVI zeigen, immer zwischen den umgebenden Seitenzellen und der Borste der schon oben erwähnte Raum vorhanden, welcher durch die dritte äußere Seitenzelle distalwärts abgeschlossen ist. Dieser Raum, vermuthlich ein Produkt der Schrumpfung der Seitenzellen, umgiebt die jungen Borsten fast gleichmäßig breit, verlängert sich mit dem Wachsthum der Ersatzborstentasche. In großen Ersatzborstentaschen erscheint er nur wie ein sehr feiner langgestreckter Spaltraum.

Man kann die kleinkernige Hülle der Ersatzborstentaschen (Fig 6, Taf. XXXVI, *HK*) bis zu dem Bindegewebe, welches die Wurzel der Mutterfollikel umhüllt und noch weiter verfolgen, wo sie dann mit der entsprechenden Umhüllung des Mutterfollikels selbst verwachsen ist; denn ihre Kerne sind gleicher Art und Größe wie die des Bindegewebes des Mutterfollikels. Die Ersatzborstentaschen haben also bei vorgerückter Entwicklung der Ersatzborsten eine eben solche direkte Verbindung mit den Muttertaschen, wie dies z. B. bei *Echiurus* der Fall ist, wo nach SPENGLER (1880) die Ersatzborstentaschen aus den Wänden des alten Follikels als Seitensäckchen hervorgehen. Die verbrauchten alten Borsten fallen bei *Lumbricus*, wie bekannt, nicht nach außen, sondern in die Leibeshöhle und die Ersatzborsten sollen aus ihrer Tasche direkt durch die erwähnten Verbindungen in den alten Follikel hineinwachsen. Wie schon oben bemerkt, gehen die Ersatzfollikel wahrscheinlich aus den beschriebenen eigenthümlichen Zellen (*Z.gb*) an der Wurzel der großen (Mutter-)Follikel hervor.

Zum Schlusse ist es mir eine angenehme Pflicht, meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Prof. Dr. O. BÜTSCHLI meinen innigsten Dank auszusprechen für den Hinweis auf das behandelte Thema und den hilfreichen Beistand, welchen er mir in reichem Maße zu Theil werden ließ. Auch Herrn Prof. SCHUBERG danke ich für seine stets lebenswürdige Hilfe und werthvollen Rathschläge.

Heidelberg, im November 1902.

Litteratur.

1895. F. E. BEDDARD, A Monograph of the Order Oligochaeta. London.
1901. W. BIEDERMANN, Untersuchungen über Bau und Entstehung der Molluskenschalen. Aus: Jen. Zeitschr. f. Naturw. Bd. XXXVI. Nach dem Referat von O. BÜTSCHLI im Zool. Centralbl. VIII. Jahrg.
1900. F. BLOCHMANN, Untersuch. über den Bau der Brachiopoden. 2. Theil. Jena.
1892. O. BÜTSCHLI, Untersuchungen über mikroskopische Schäume und das Protoplasma. Leipzig.
1898. — Untersuchungen über Strukturen. Leipzig.
1901. — Einige Beobachtungen über Kiesel- und Kalknadeln von Spongien. Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. LXIX.
1890. P. CERFONTAINE, Recherches sur le système cutané et sur le système musculaire du Lombric terrestre. Arch. de Biol. Vol. X.
1862. E. CLAPARÈDE, Recherches anatomiques sur les Oligochètes. Mém. soc. phys. Genève. T. XVI.
1869. — Histologische Untersuchungen über den Regenwurm. Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. XIX.
1870. — Les annélides chétopodes du Golfe de Naples. Suppl. Mem. soc. phys. Genève. T. XX.
1862. J. D'UDEKEM, Mémoire sur les Lombriciens. Mém. Ac. Roy. Belge. Bd. XXXV.
1868. E. EHLERS, Die Borstenwürmer. Leipzig.
1887. H. EISIG, Monographie der Capitelliden. Fauna und Flora des Golfes von Neapel. 16. Monogr. Berlin.
1897. E. GOODRICH, Notes on Oligochaetes. Quart. Journ. of micr. Sc. Vol. XXXIX.
1856. E. HERING, Zur Anatomie und Physiologie der Generationsorgane des Regenwurms. Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. VIII.
1845. W. HOFFMEISTER, Die bis jetzt bekannten Arten aus der Familie der Regenwürmer. Braunschweig.
1885. W. MCINTOSH, Report on the Annelida Polychaeta. In: Reports of the scientific Results of Voyage of H. M. S. »Challenger«. Zoology. Vol. XII.
1900. W. MICHAELSEN, Oligochaeta. Aus: Thierreich. 10 Lief.
1885. F. NANSEN, Bidrag til Myzostominer. Anatomi og Histologi. Bergen.
1872. E. PERRIER, Histoire naturelle de *Dero obtusa*. Arch. de zool. exp. Vol. II.
1874. — Études sur l'organisation des lombriciens terrestres. Idem. Vol. III (et IX).
1890. A. QUATREFAGES et L. VAILLANT, Histoire naturelle des Annelées. Aus: Suites de Buffon. T. III. 1^{re} Partie. Paris.
1891. H. RANDOLPH, The Regeneration of the Tail in *Lumbricus*. Zool. Anz. Bd. XIV.
1869. F. RATZEL, Histologische Untersuchungen an niederen Thieren. Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. XIX.
1884. D. ROSA, Revisione dei Lumbricidi. Mem. R. Ac. Torino. Vol. XLIII.
1900. A. SCHUBERG, BÜTSCHLI's Untersuchungen über den Bau quellbarer Körper und die Bedingungen der Quellung. Zool. Centralbl. 7. Jahrg.
1876. C. SEMPER, Die Verwandtschaftsbeziehungen der gegliederten Thiere. Arb. Zool. Inst. Würzburg. III. Bd.

1880. J. SPENGLER, Beiträge zur Kenntnis der Gephyreen. Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. XXXIV.
 1899. B. SUKATSCHOFF, Über den feineren Bau einiger Cuticulae und die Spongiengfasern. Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. XLVI.
 1884. F. VEJDOVSKÝ, System und Morphologie der Oligochäten. Prag.
 1888. — Entwicklungsgeschichtliche Untersuchungen.

Erklärung der Abbildungen.

Tafel XXXIII.

Die Borsten von Regenwürmern (Figg. 1—23, Taf. XXXIII; Figg. 1 bis 4, Taf. XXXIV).

Die Figg. 1, 2, 4, 7, 9, 10, 15, 21 und 22, Taf. XXXIII gehören zu *Lumbricus terrestris* L., die Figg. 3, 11, 16, Taf. XXXIII und Fig. 2, Taf. XXXIV zu *Lumbricus rubellus* Hoffm., die Figg. 12, 13, 17, Taf. XXXIII zu *Eisenia foetida* (syn. *Lumbricus foetidus* Dug.) Sav. Die anderen Figuren beziehen sich auf Borsten nicht genauer bestimmter Arten von *Lumbricus* oder *Eisenia*.

Fig. 1. Frische isolirte Borste von *Lumbricus terrestris* L., Müll. mit den gewöhnlichen hellen und dunklen Querschichten und Längsstreifen. *Vt*, vorderer Theil der Borste, welche aus dem Follikel hervorrägt; *Bt*, basaler Theil, welcher im Follikel sitzt; *W*, Wurzel der Borste; *Vd*, mittlere Verdickung der Borste; *Ls*, Längsstreifung; *Qs*, Querstreifung der Borstensubstanz. Vergr. 305. Zeichenapparat.

Fig. 2. Borste nach kurzer Erhitzung über dem Bunsenbrenner mit den gaserfüllten Bläschen und Röhrechen, welche schief zu der Borstenachse angeordnet sind. Dieselben Bezeichnungen wie für Fig. 1. *Lr*, gaserfüllte Röhrechen in der Richtung der Borstenachse. Vergr. 107. Zeichenapparat.

Fig. 3. Borste nach längerer Erhitzung über dem Bunsenbrenner mit merkbarer Schrumpfung. *Lr*, gaserfüllte Längsröhrechen, welche schief zu der Borstenachse sich erstrecken; *Lk*, größere Lücken, welche durch Verschmelzung der Gaserfüllungen gebildet sind. Vergr. 107.

Fig. 4. Eine Borste nach $\frac{1}{4}$ stündiger Behandlung mit 35%iger Kalilauge bei 40—50° C. Oberflächliche Längsstreifung. *Vsp*, frühere äußerste (distale) Spitze der frischen Borste. Vergr. 305.

Fig. 5. Optischer Längsschnitt einer aus Xylol bei 40—50° ausgetrockneten Regenwurmborste mit Alterniren von hellen (*Hq*) und dunklen (*Dq*) Querstreifen. Zeichenapparat. Vergr. 2340.

Fig. 6. Eine Stelle der Oberfläche des basalen Theiles einer aus Xylol im Vacuum ausgetrockneten Regenwurmborste, wo das alveolarsaumähnliche Netz sichtbar ist. Vergr. 1560.

Fig. 7. Die Oberfläche einer mit 18%iger Salzsäure gekochten Borste (s. Fig. 22). Wabige Struktur ist deutlich sichtbar. Vergr. 1320.

Fig. 8. Etwas schematisirtes Bild der gaserfüllten Bläschen (*Bl*) und ihre Verschmelzung in Längsröhrechen (*Lr*) bei hoher Einstellung. Unter der Luftpumpe ausgetrocknet und in geschmolzenen Kanadabalsam eingebettete Borste. Vergr. 2340.

Fig. 9. Alveolarsaumähnliche oberflächliche Wabenschicht (*Alv*) einer erhitzten Regenwurmborste. Optischer Längsschnitt des in Fig. 10 von der Seite gesehenen Netzes. Vergr. 2340.

Fig. 10. Wabenstruktur der Oberfläche einer kurz auf dem Bunsenbrenner erhitzten Regenwurmborste. Fig. 10*a* bei tiefer, Fig. 10*b* bei hoher Einstellung. Zeichenapparat. Vergr. 2340.

Fig. 11. Das eine Ende einer in 37%iger Salzsäure aufgequollenen Borste, deren Basalthteil schon durch die Salzsäure völlig zerstört wurde. Fibrillärer Bau (*F*) des Inneren gut erkennbar. Vergr. 107.

Fig. 12. Mittelpartie einer mit 1%iger Kalilauge isolirten Regenwurmborste. Kryställchen (*K*) erfüllen fast das ganze Borsteninnere. Zeichenapparat. Vergrößerung 305.

Fig. 13. Theil derselben Borste (wie in Fig. 12) bei 2340facher Vergr. *K*, die kleinen Kryställchen.

Fig. 14. Einzelne isolirte Kryställchen, welche nach Wirkung der Kalilauge im Innern der Borste auftreten (vgl. Figg. 12 u. 13). Vergr. 2340.

Fig. 15. Theil einer aus Xylol im Vacuum getrockneten Borste. Verschiedene Gaserfüllungen. *Bl*, einzelne Bläschen; *Blk*, Bläschenkettten; *Lr*, Längsröhrchen. Längsröhrchen und Bläschenreihen sind parallel zu einander, schief zu der Borstenachse. Zeichenapparat. Vergr. 1560.

Fig. 16. Theil der Randpartie einer über der Flamme kurz erhitzten Borste (aus Fig. 2, äußerer Abschnitt). Einzelne Gaserfüllungen schief zu der Borstenachse. *Bl*, einzelne Bläschen; *Lr*, Längsröhrchen; *Qw*, Querwände zwischen benachbarten Bläschen. Vergr. 2340.

Fig. 17. Innerer Theil einer im Vacuum aus Xylol ausgetrockneten Regenwurmborste. Zahlreiche gaserfüllte Längsröhrchen (*Lr*) und Bläschen (*Bl*); in der Querrichtung nur als einzelne Reihen der Bläschen (*Qbl*). Alterniren der hellen und dunklen Querstreifen (*HQ* und *DQ*). Querreihen von Bläschen nur in den hellen Querstreifen. Tiefe Einstellung. Vergr. 2340.

Fig. 18. Wabenstruktur im Inneren einer über der Flamme kurz erhitzten Borste. *HQ*, helle Querstreifen; *DQ*, dunkle Querstreifen. An einigen Stellen ist die Längsanordnung der Alveolen (*Lr*) sichtbar. Tiefe Einstellung. Vergrößerung 2340.

Fig. 19. Anordnung der Gasbläschen in den peripherischen Schichten nach längerer Erhitzung über der Flamme. *Ibl*, einzelne gaserfüllte Bläschen; *Lr*, Bläschen zu Längsröhrchen vereinigt. Zeichenapparat. Vergr. 1160.

Fig. 20. Ein Theil einer zwischen zwei Objektträgern gepressten frischen Regenwurmborste. In der Borstensubstanz (*B.Sub*) sind viele längs der Borstenachse verlaufende Spalträume (*Sp*) sichtbar. *Fl*, flüssiger Inhalt dieser Spalten; *Bl*, Gasbläschen in dem letzteren. Vergr. 1160.

Fig. 21. Längsschnitt durch eine junge Ersatzborste. Färbung mit Boraxkarmin. *Lf*, Längsstreifung in dem distalen Theil. Vergr. 1160.

Fig. 22. Eine mit 18%iger Salzsäure gekochte Regenwurmborste. Der fibrilläre Bau (*F*) deutlich sichtbar. Vergr. 71. Zeichenapparat.

Fig. 23. Optischer Längsschnitt der basalen Theile einer mit 10%iger kalter Salzsäure 10 Stunden behandelten Borste.

Fig. 23*a*. Längsschnitt mit deutlichem fibrillären Bau im Inneren. *Rp*, Randpartie, wo die Struktur nicht deutlich ist; *Lf*, Längsfibrillen im Inneren; *Hlr*, gaserfüllte Räume zwischen den sog. Fibrillen. Vergr. 1160.

Fig. 23b. Dieselben Räume (*Hlr* der Fig. 23a) bei 2340facher Vergr. Man sieht die seitlichen Verbindungen (*Ae*) der Fibrillen (*Lf*).

Tafel XXXIV.

Fig. 1. Ein Stück einer mit Eau de Javelle macerirten Borste (ca. $\frac{1}{4}$ Stunde in der Kälte). *Lf*, Längsfibrillen mit deutlichen Knotenpünktchen, von denen Querwände ausgehen; *E*, durch schwaches Klopfen isolirte Endstücke der Fibrillen, welche die Querwände (*Q*) als Seitenäste haben. Wasserpräparat. Bismarckbraun. Vergr. 2340.

Fig. 2. Eine Regenwurmborste nach der Einwirkung von MILLON'S Reagens. Vergr. 107.

Fig. 3. Durch Zerklopfen der in Fig. 1, Taf. XXXIV gezeichneten Borstentheile erhaltene Fragmente. Färbung mit Bismarckbraun. Wasserpräparat. Bezeichnungen wie bei Fig. 1, Taf. XXXIV. Vergr. 2340.

Fig. 4. Etwas schiefer Querschnitt durch eine junge Ersatzborste. *W*, Wabenreihen. Zeichenapparat. Vergr. 2340.

Borsten von *Nereis pelagica* L. (Figg. 5—15).

Fig. 5. Eine Borste mit nadelförmigem Endanhang. *St*, Stamm der Borste; *A*, Anhang, welcher in besonderer Vertiefung (*Tf*) des Stammes sitzt; *H*, feine Härchen des Anhangs. Zeichenapparat. Vergr. 107.

Fig. 6. Eine Borste mit sichelförmigem Endanhang. Dieselben Bezeichnungen wie Fig. 5, Taf. XXXIV, *q*, Querstreifen von hellerer Substanz. Zeichenapparat. Vergr. 305.

Fig. 7. Ein Theil der Borste nach Austrocknen bei 40—50° C. Die Gaserfüllungen in den hellen Querstreifen (*q*). *Qw*, Längswände in den Querstreifen; *Bl*, Bläschen in der Substanz zwischen den hellen Querstreifen. Tiefe Einstellung. Vergr. 2340.

Fig. 8. Dieselbe Borste wie in Fig. 7, andere Stelle, wo die Gaserfüllungen in den hellen Querstreifen theilweise aus Querreihen von Bläschen bestehen. *q*, gaserfüllte Querstreifen; *Bl*, einzelne Bläschen; *Blk*, Bläschenkette, welche die ganzen Querstreifen erfüllen. Vergr. 2340.

Fig. 9. Stärkere, zum Theil verschmolzene, Gaserfüllungen einer bei 40—50° C. getrockneten Borste. Hohe Einstellung. *q*, gaserfüllte Querstreifen; *Ver*, Verschmelzungen zwischen auf einander folgenden gaserfüllten Querstreifen. Vergr. 1560.

Fig. 10. Distales Ende einer bei 50—60° C. aus Xylol ausgetrockneten Borste (wie Fig. 7, Taf. XXXIV). Die gaserfüllten Bläschenreihen (*Blk*) verschmelzen zu Längsröhrchen (*Lr*). Vergr. 1560.

Fig. 11. Der Basaltheil einer Borste, welche mit 10/0iger Kalilauge isolirt und dann bei 50—60° C. aus Xylol getrocknet wurde. *q*, helle Querstreifen; *Blk*, Quer- und Längsreihen von Bläschen. Vergr. 1560.

Fig. 12. Querschnitt durch eine Borste. Der Schnitt ist zwischen zwei hellen Querstreifen, also nur durch die Grundsubstanz, geführt. *Un*, periphere, weniger gefärbte Region; *gf*, innere, stärker gefärbte Region; *Ws*, Stelle, wo Wabenstruktur angedeutet. Färbung mit Gentianaviolett. Vergr. 1560.

Fig. 13. Querschnitt einer Borste durch einen der hellen Querstreifen (wie in Fig. 15, Taf. XXXIV). *Un*, ungefärbte Peripherie; *gf*, gefärbte Mittelpartie; *hq*, *hq'*, hellere Felder (in Fig. 15, Taf. XXXIV, als *q'* und *q''*), wo die Wabenstruktur (*Wst*) deutlich sichtbar ist und an der Peripherie, als scharf abgegrenzt

Wabenring (*W*) erscheint. *Ws*, Stellen in der gefärbten Substanz, wo der Wabenbau deutlich ist. Zeichenapparat. Färbung mit Gentianaviolett. Vergr. 2340.

Fig. 14. Ende eines Borstenstammes, wo mehrere Reihen der helleren Querstreifen (*q*) vorhanden sind. Dieselben gehen in die feinen Längsstreifen (*qstr*) über und endigen als feine Linien (*L*). *Ls*, Längsstreifung in dem Anhang. Zeichenapparat. Vergr. 610.

Fig. 15. Eine Stelle eines Borstenstammes in Wasser, wo die doppelte Reihe von hellen Querstreifen (*q'*, *q''*) vorhanden ist. *Ls*, Längsstreifung der Grundsubstanz. Zeichenapparat. Vergr. 780.

Borste von *Heteronereis* sp.

Fig. 16. Theil einer *Heteronereis*-Borste, welche kurz über der Flamme erhitzt wurde. Die doppelte Reihe der hellen Querstreifen ist mit Gas erfüllt. Bezeichnungen dieselben wie in Figg. 7 und 8, Taf. XXXIV. Zeichenapparat. Vergr. 2340.

Die Stützborsten (Aciculae) von *Nereis cultrifera* Gr.

Fig. 17. Querschnitt durch eine Acicula von *Nereis cultrifera*. Feine Wabenstruktur. Färbung mit Bleu de Lyon. Dicke 7 μ . Vergr. 1560.

Fig. 18. Theil desselben Schnittes (wie in Fig. 17) bei Vergr. 2340. Regelmäßige Wabenanordnung.

Fig. 19. Theil eines Längsschnittes durch die Acicula. Färbung mit Bleu de Lyon. Feine Längsstreifung mit Querverbindungen. Dicke 5 μ . Vergr. 2340.

Tafel XXXV.

Haare und Borsten von *Aphrodite aculeata* L. (Figg. 1—22).

Fig. 1. Die zwei Arten der Haare. Wasserpräparat. Vergr. 1160.

1a. Haar mit oberflächlichem Netzwerk.

1b. Die homogene Haarform.

Fig. 2. Das Netzwerk des Haares von Fig. 1a, Taf. XXXIV, bei Vergr. 2340. *a* bei tiefer, *b* bei hoher Einstellung.

Fig. 3. Optischer Längsschnitt durch ein aus Xylol getrocknetes Haar ohne Gaserfüllungen. Die Waben der irisirenden Schicht (*Js*) gut sichtbar. *Hs*, homogene Randschicht. Vergr. 1160.

Fig. 4. Optischer Längsschnitt durch ein Haar, welches auf der Oberfläche das Netzwerk zeigt (s. Fig. 1a, Taf. XXXV). *Alv*, alveolarsaumähnliche Schicht der Oberfläche. Vergr. 2340.

Fig. 5. Randpartie eines über der Flamme erhitzten Haares mit gut sichtbarer Alveolarschicht (*Alv*). *Gr*, gaserfüllte Röhren, welche das ganze Innere des Haares erfüllen. Vergr. 2340.

Fig. 6. Aus Xylol getrocknetes Haar. Neben den Gaserfüllungen, welche als einzelne Bläschen (*Bl*) oder Längsröhren (*Lr*) erscheinen, ist eine Struktur (*str*) sichtbar. *Js*, helle, gaserfüllte irisirende Schicht. Vergr. 2340.

Fig. 7. Ein im Vacuum aus Xylol getrocknetes Haar in geschmolzenen Kanadabalsam eingeschlossen. Gut erkennbare dunkle (*Dq*) und hellere (*Hq*) Querbänder und schwach sichtbare Längsstreifung (*Ls*). Vergr. 1160.

Fig. 8. Ein im Vacuum aus Xylol getrocknetes Haar in Wasser. Gut erkennbarer Wabenbau der irisirenden Schicht (*Js*) im optischen Längsschnitt. Vergr. 2340.

Fig. 9. Über Flamme erhitztes Haar im optischen Längsschnitt. Das ganze Innere des Haares ist von gaserfüllten Längsröhrchen (*Lr*) eingenommen. *Alv*, Alveolarsaum. Vergr. 780.

Fig. 10. Stück einer frischen, abgeplatteten, feinen Borste. Gaserfüllte Hohlräumchen und ihre Verschmelzungen (*Blk*). Wasserpräparat. Vergr. 1160.

Fig. 11. Fragment einer abgeplatteten, feinen Borste, welche vor der Abplattung aus Xylol im Vacuum getrocknet war. Vergr. 2340.

Fig. 12. Ein aus Xylol bei 55° getrocknetes Haar. Bildung von Querstreifen (*St*) im Inneren. Vergr. 1160.

Fig. 13. Randpartie einer aus Xylol getrockneten feinen Borste in geschmolzenem Kanadabalsam (optischer Längsschnitt). Außer den mehr oder weniger verschmolzenen gaserfüllten Hohlräumchen (*Lr*) sind einzelne Waben in den hellen (*HQ*) und dunklen (*DQ*) Querstreifen als einzelne Bläschen (*Bl*) oder Bläschenkettchen (*Blk*) sichtbar. Vergr. 2340.

Fig. 14. Fragmente einer dicken Borste nach Maceration mit Eau de Javelle und Zerklopfung. Färbung mit Eisenhämatoxylin. Vergr. 2340.

Fig. 15. Ende eines aus Xylol getrockneten Haares. *Wk*, Reihen von größeren Hohlräumchen; *Bk*, Reihen von kleineren Bläschen. Zeichenapparat. Vergr. 2340.

Fig. 16. Eine dicke Borste aus Xylol bei 40—50° C. getrocknet. Quer gerichtete helle (*hQ*) und dunkle (*dQ*) Bänder, die aus noch feineren Streifen zusammengesetzt sind (*Qb*). *Ll*, feine Längslinien; *Wr*, feine Querlinie deutlicher Hohlräumchen. Vergr. 2340.

Fig. 17. Eine dicke Borste nach 48stündiger Behandlung mit 37%iger Salzsäure und nachheriger Färbung mit Gentianaviolett. Wasserpräparat. Halbschematisch. Ablösung der äußeren Schicht (*Per*) von dem Inneren (*Inn*). Vergr. 305.

Fig. 18. Ein Stück der äußeren Schicht einer dicken Borste (*Per*, der Fig. 17, Taf. XXXV). *Lr*, Alveolenreihen. Vergr. 2340.

Fig. 19. Oberfläche eines Haares nach Behandlung mit 37%iger Salzsäure. Auf der Oberfläche ein netzartiges Bild der Alveolarschicht. Vergr. 2340.

Fig. 20. Theil eines Querschnittes durch den basalen Theil einer dicken Borste. In dem centralen weniger gefärbten Theile des Schnittes einige Stellen mit deutlicher feiner Wabenstruktur (*Str*). *Gr*, stark gefärbte äußere Randpartie. Gentianaviolett. Vergr. 2340.

Fig. 21. Querschnitt eines Haares. Dicke 3 μ . Färbung mit Gentianaviolett. Irisirende Schicht der Waben (*Ws*) stark gefärbt. *W*, besonders gut sichtbare Waben der irisirenden Schicht; *Alv*, Alveolarsaum; *Wstr*, Wabenstruktur des Inneren des Haares; *hSt*, hellere wenig gefärbtere Stellen des Querschnittes. Zeichenapparat. Vergr. 2340.

Fig. 22. Theil eines Querschnittes durch ein Haar, an dem die Waben der irisirenden Schicht (*W*) theilweise verschmolzen erscheinen (*Js*). *Alv*, Alveolarsaum. Dicke 5 μ . Färbung mit Gentianaviolett. Vergr. 2340.

Borsten von *Spirographis Spallanzanii* Viv. (Figg. 23—25).

Fig. 23. Homogener Fortsatz einer Borste nach Austrocknung aus Xylol im Vacuum. Wabenstruktur ist durch die hervortretenden Gaserfüllungen als Bläschenreihen (*Blk*) erkennbar. *Lr*, Längsröhrchen. Zeichenapparat. Vergr. 1560.

Fig. 24. Optischer Längsschnitt der Randpartie des Mittelstückes einer Borste mit der homogenen äußeren Schicht (*Hr*) und stark entwickelten, zum

Unters. über den feineren Bau der Borsten einiger Chätopoden etc. 709

Theil gaserfüllten Längsröhrchen (*Ger*) im Inneren. In den Längsröhrchen einige Querwände (*q*) sichtbar. Kurze Erhitzung über der Flamme. Vergr. 1560.

Fig. 25. Homogene äußere Schicht einer Borste nach Abplattung. Wabenstruktur schwach sichtbar (*Hl*). *Ger*, innere gaserfüllte Substanz der Borste. Vergr. 2340.

Borsten von *Lingula anatina* Brug. (Figg. 26—31).

Fig. 26. Eine frische Borste in Wasser. *Ggr*, Grenzen der Glieder (*Gl*). Zeichenapparat. Vergr. 214.

Fig. 27. Stück einer frischen Borste in Wasser. Oberfläche. *Kr*, Kragen; *Ls*, Längsstreifung, im optischen Längsschnitt gezeichnet, an der Peripherie dichter als in der axialen Region der Borste. Zeichenapparat. Vergr. 1160.

Fig. 28. Ein Stück einer mit Eau de Javelle macerirten Borste nach schwacher Zerklopfung. *F*, Längsröhrchen isolirt als Fibrillen. Färbung mit Gentianaviolett. Vergr. 2340.

Fig. 29. Theil eines Längsschnittes durch die Borste. Zwischen gut sichtbaren Längslinien (*L*) sind an einigen Stellen sehr feine Querwände (*Q*) bemerkbar. Färbung mit Gentianaviolett. Vergr. 2340.

Fig. 30. Randpartie einer aus Xylol bei 40—50° C. getrockneten Borste in geschmolzenem Kanadabalsam. Viele Gaserfüllungen zwischen Längslinien (*L*) als Längsröhrchen (*Lr*) und Bläschenreihen (*Bl*). Vergr. 2340.

Dasselbe Bild zeigen die Längsschnitte, welche aus Xylol unter der Luftpumpe getrocknet wurden.

Fig. 31. Theil eines 5 μ dicken Querschnittes durch die Borste. Färbung mit Gentianaviolett. Stark gefärbtes Netzwerk mit hexagonalen Maschen. Vergr. 2340.

Tafel XXXVI.

Zur Histologie der Borstentasche der Regenwürmer.

Figg. 1, 3 und 4, Taf. XXXVI von *Lumbricus terrestris* L., Figg. 6 und 7 von *Lumbricus rubellus* Hoffm. Für die anderen Figuren Arten unsicher.

Allgemeine Abkürzungen für sämtliche Figuren.

| | |
|---------------------------------------|---|
| Muskeln, roth; | <i>Fdx</i> , Fadenzellen; |
| Borsten, gelb (oder Bor); | <i>Per.ep</i> , Peritonealepithel; |
| <i>Bg</i> , Bindegewebe; | <i>Prf</i> , protoplasmatische Fibrillen; |
| <i>Bt</i> , Borstentasche; | <i>RM</i> , Ringmuskulatur; |
| <i>Bz</i> , Bildungszelle der Borste; | <i>Stz</i> , Seitenzelle der Ersatzborstentasche; |
| <i>Cut</i> , Cuticula; | <i>Stzk</i> , Seitenzelle, deren Kerne; |
| <i>Ep</i> , Epidermis; | <i>Zgb</i> , besondere Zellengebilde (Urzellen |
| <i>Eb</i> , Ersatzborste; | von Ersatzborstentaschen?). |
| <i>Ebt</i> , Ersatzborstentasche; | |

Fig. 1. Längsschnitt durch ein Paar von Borstentaschen und Ersatzborstentaschen. Vergr. 214. Kombiniert nach zwei mit dem Zeichenapparat gezeichneten auf einander folgenden Schnitten. Der Schnitt geht fast gerade durch die Längsachse der Borste *a*, die Borste *b* dagegen ist nur an ihrer Basis angeschritten. Nur eine Ersatzborstentasche (*Ebt*) ist ganz sichtbar; von der anderen, die unmittelbar darunter lag, nur ein sehr kleines Stück (*Zw. Ebt*). Färbung mit Hämatoxylin und Eosin.

Ept, Einsenkung der Epidermis, sog. Epidermaltasche; *Epa*, Anschwellungen der Epidermaltasche im Tangentialschnitt; *Ab*, Beginn des eigentlichen Borstenfollikels an der letzten Verdickung der Epidermaltasche; *LM*, Längsmuskulatur; *Fkt*, Borstenfollikelkerne; *Bf*, Wand des Borstenfollikels mit längsfaserigem Protoplasma; *Pr.M*, protrahirende Muskeln; *Rt.M*, retrahirende Muskeln.

Fig. 2. Längsschnitt durch das proximale Ende eines alten Follikels, welchem die Bildungszelle fehlt. Umriss mit Zeichenapparat. Hämatoxylin und Eosin. Vergr. 305.

Fig. 3. Längsschnitt durch das proximale Ende eines Paares von Borstentaschen. Der Schnitt geht durch die Längsachse der rechten Ersatzborstentasche und schief durch die linke. Färbung mit Hämatoxylin und Eosin. Vergr. 610.

Fig. 4. Querschnitt durch ein Paar junger, nahe bei einander liegender Ersatzborstentaschen, welche von Bindegewebe umhüllt sind. Färbung mit Hämatoxylin und Eosin. Vergr. 610.

Fig. 5. Querschnitt durch ein Paar Ersatzborstentaschen. Der Schnitt geht durch die Mitte der oberen und durch die Bildungszelle der unteren. Färbung mit Boraxkarmin. *KP*, Körniges Protoplasma der Seitenzellen; *LP*, radiär gestreiftes Protoplasma der Hülle dieser Zellen; *HK*, Kerne dieser Hülle. Vergr. 1160.

Fig. 6. Längsschnitt durch eine junge Ersatzborstentasche. Färbung mit Hämatoxylin und Eosin. Zeichenapparat. Vergr. 610.

HK, die Kerne der Hülle; *Sz.K 1—3*, die Kerne der drei Seitenzellen; *Bzk*, Bildungszellkern; *Sp*, spindelförmige Plasmadifferenzierung; *R*, Raum um die Borste.

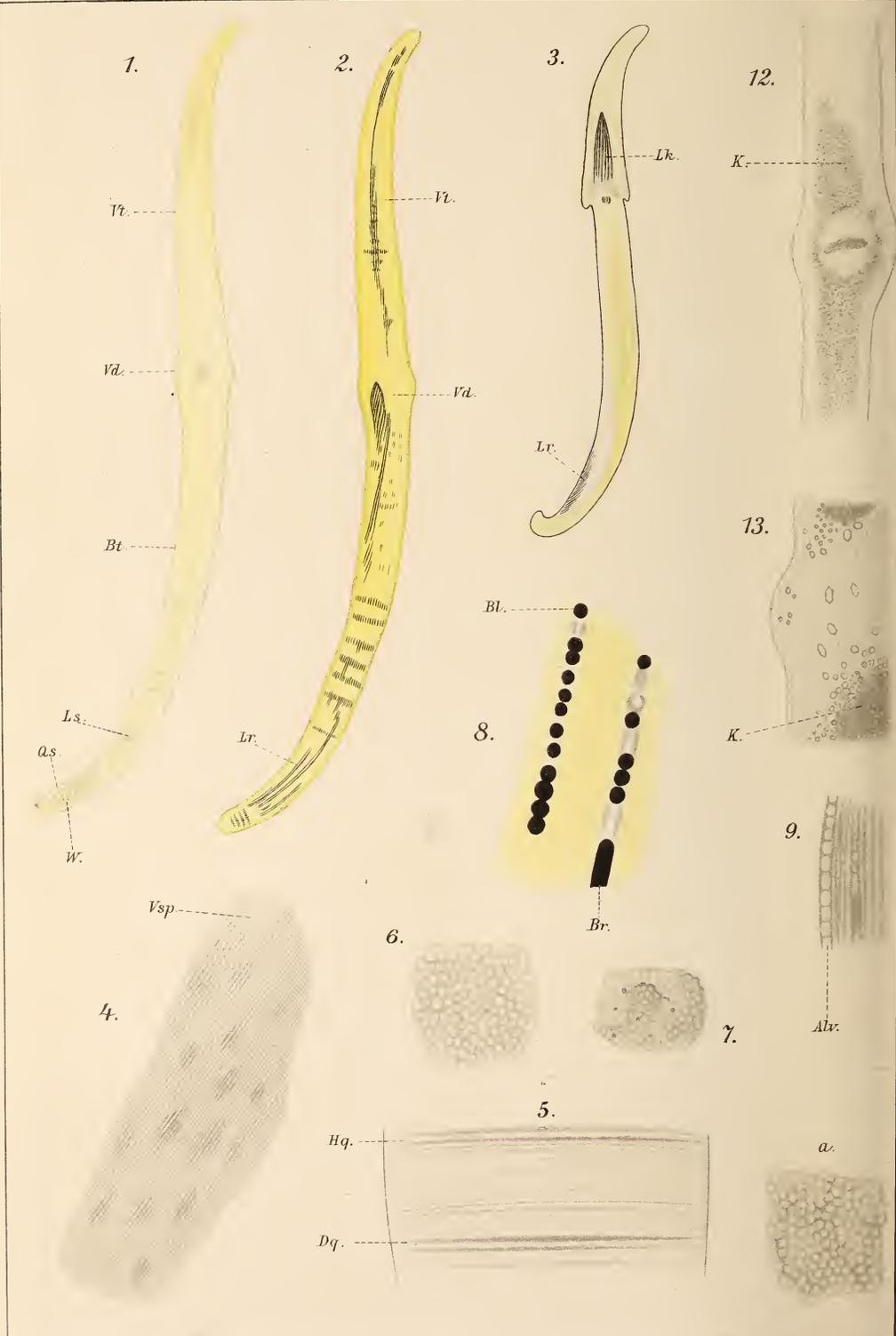
Fig. 7 *a—c*. Serie von drei Querschnitten durch einen ausgebildeten Borstenfollikel.

7*a*. Schnitt in der Höhe der Epidermis. Vergr. 610.

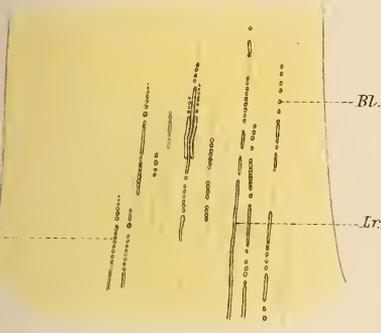
7*b*. Schnitt in der Höhe der Ringmuskulatur, da, wo der eigentliche Borstenfollikel anfängt. Vergr. 610.

7*c*. Schnitt durch den Grund des Follikels. Eine Borste ist quer, die andere schief getroffen. Vergr. 305.

Färbung mit Hämatoxylin und Eosin. Zeichenapparat. *BM*, Muskulatur der Borstentasche (*Bf*).



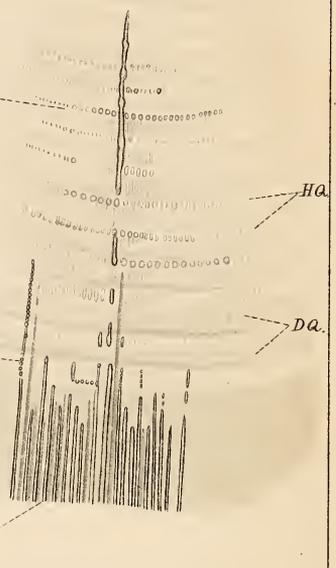
15.



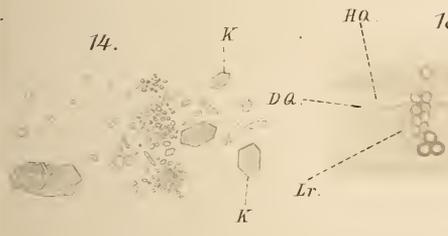
16.



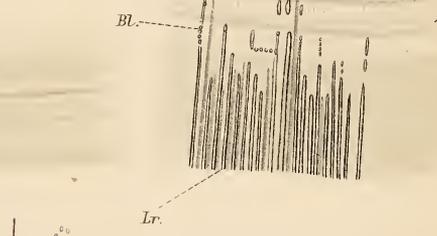
17.



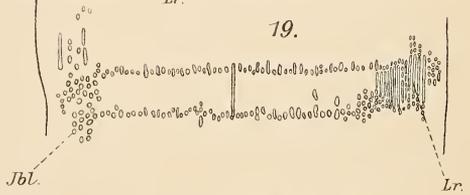
14.



18.



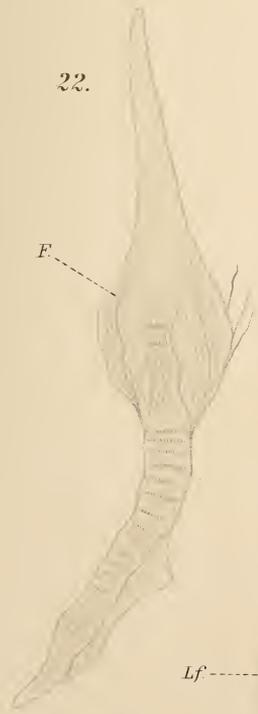
19.



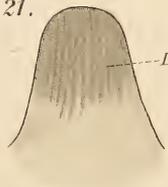
11.



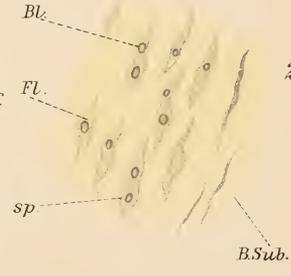
22.



21.



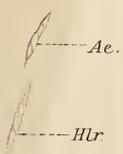
20.



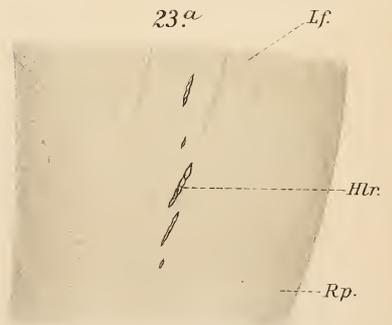
b.

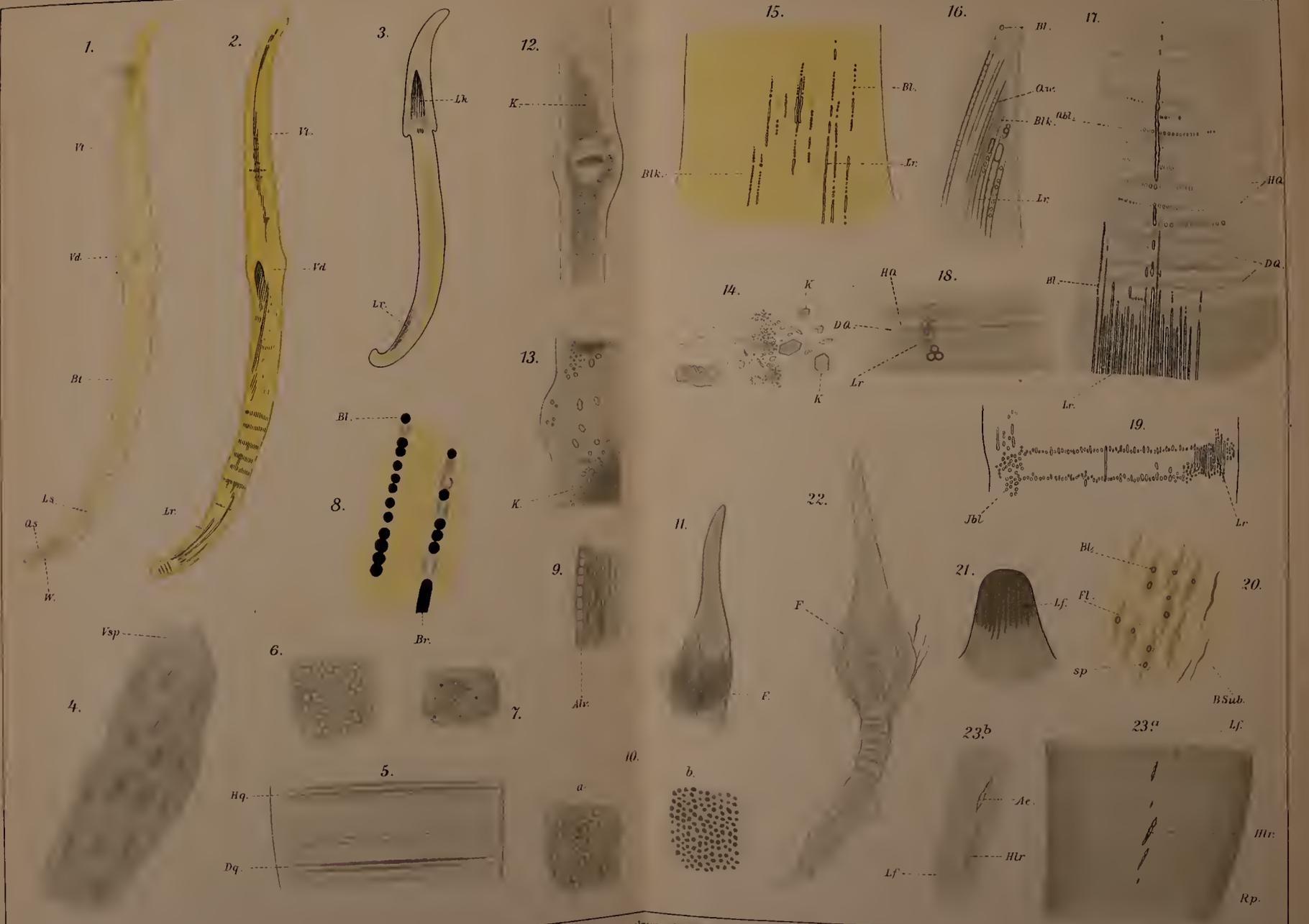


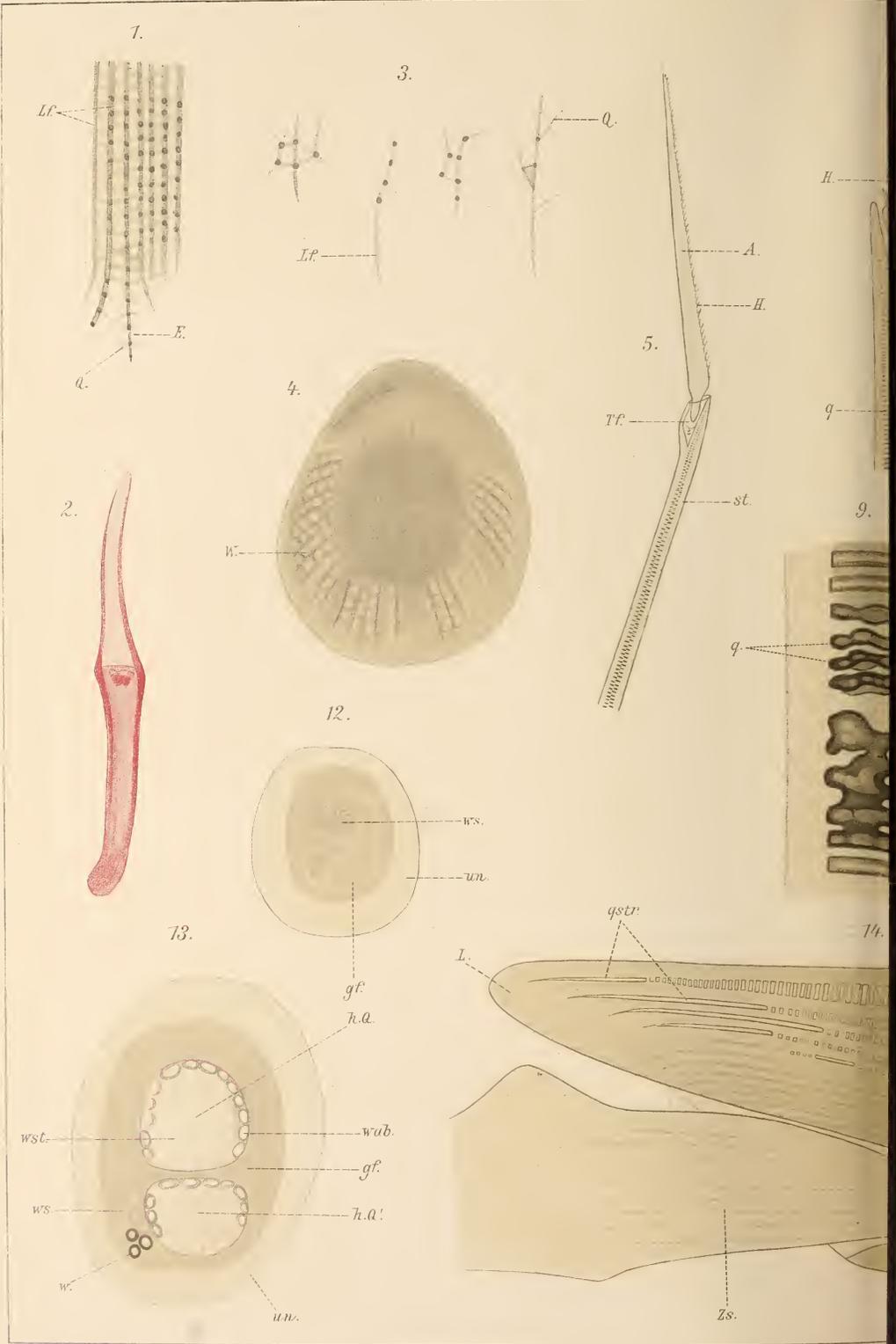
23b

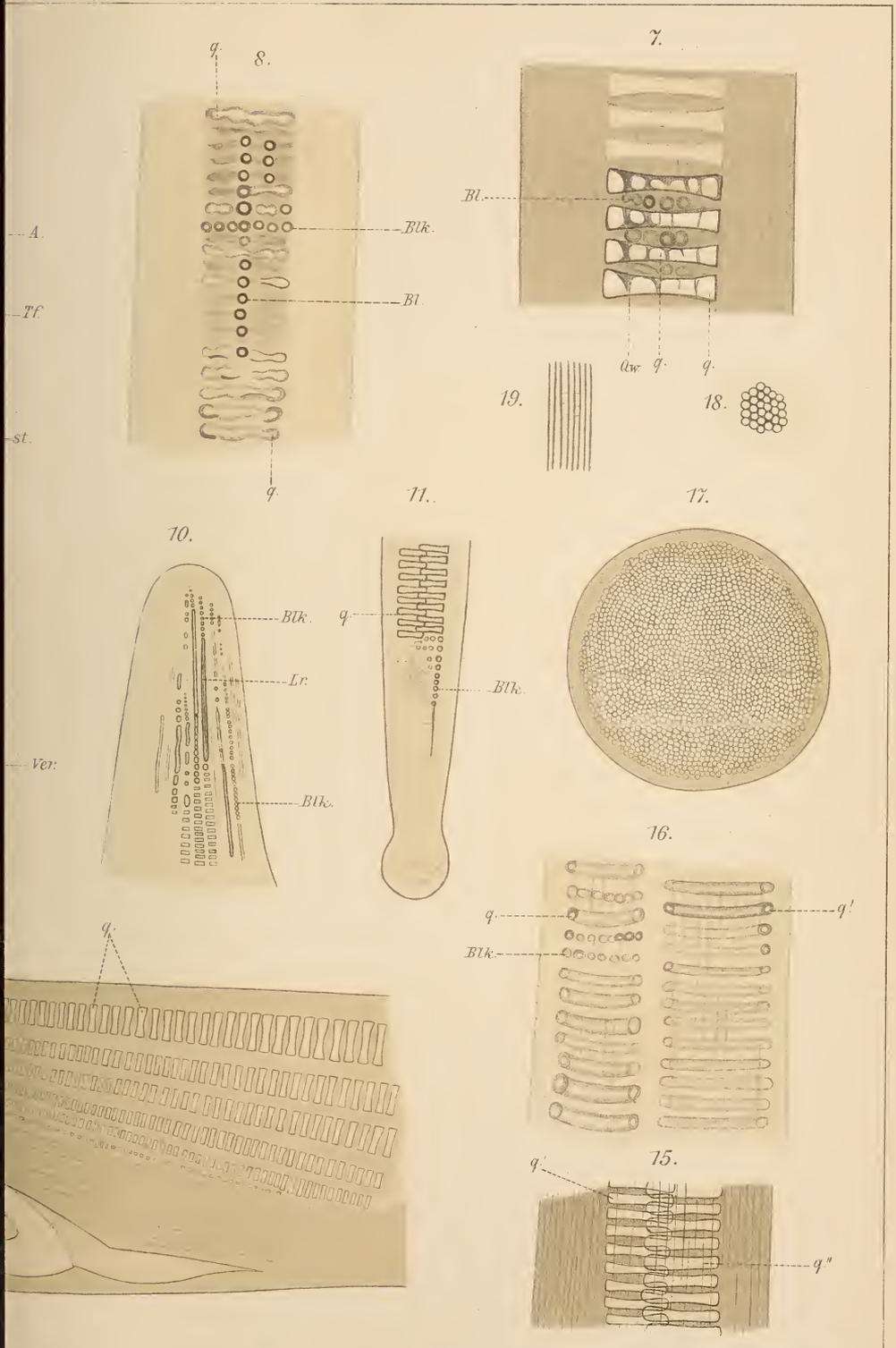


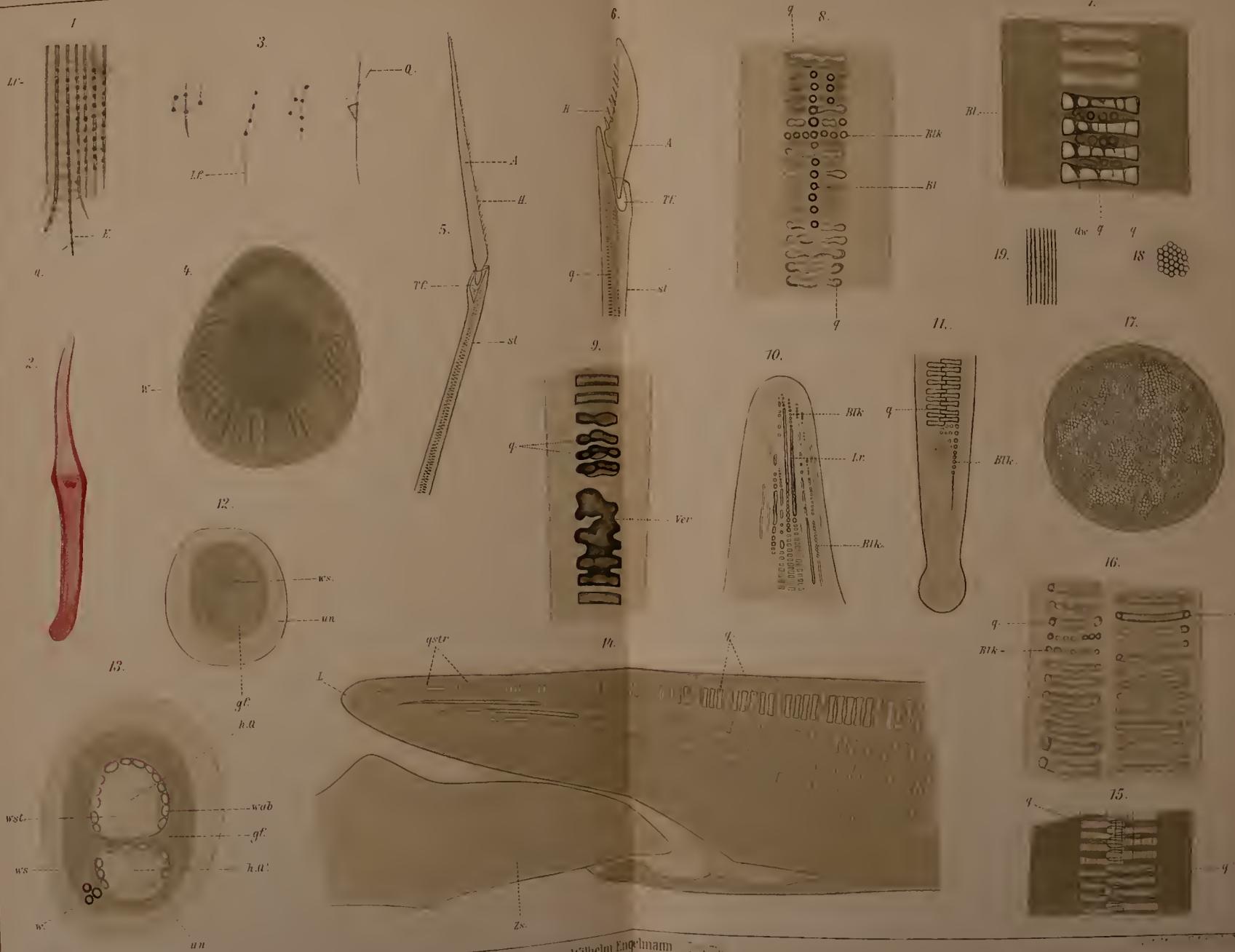
23a

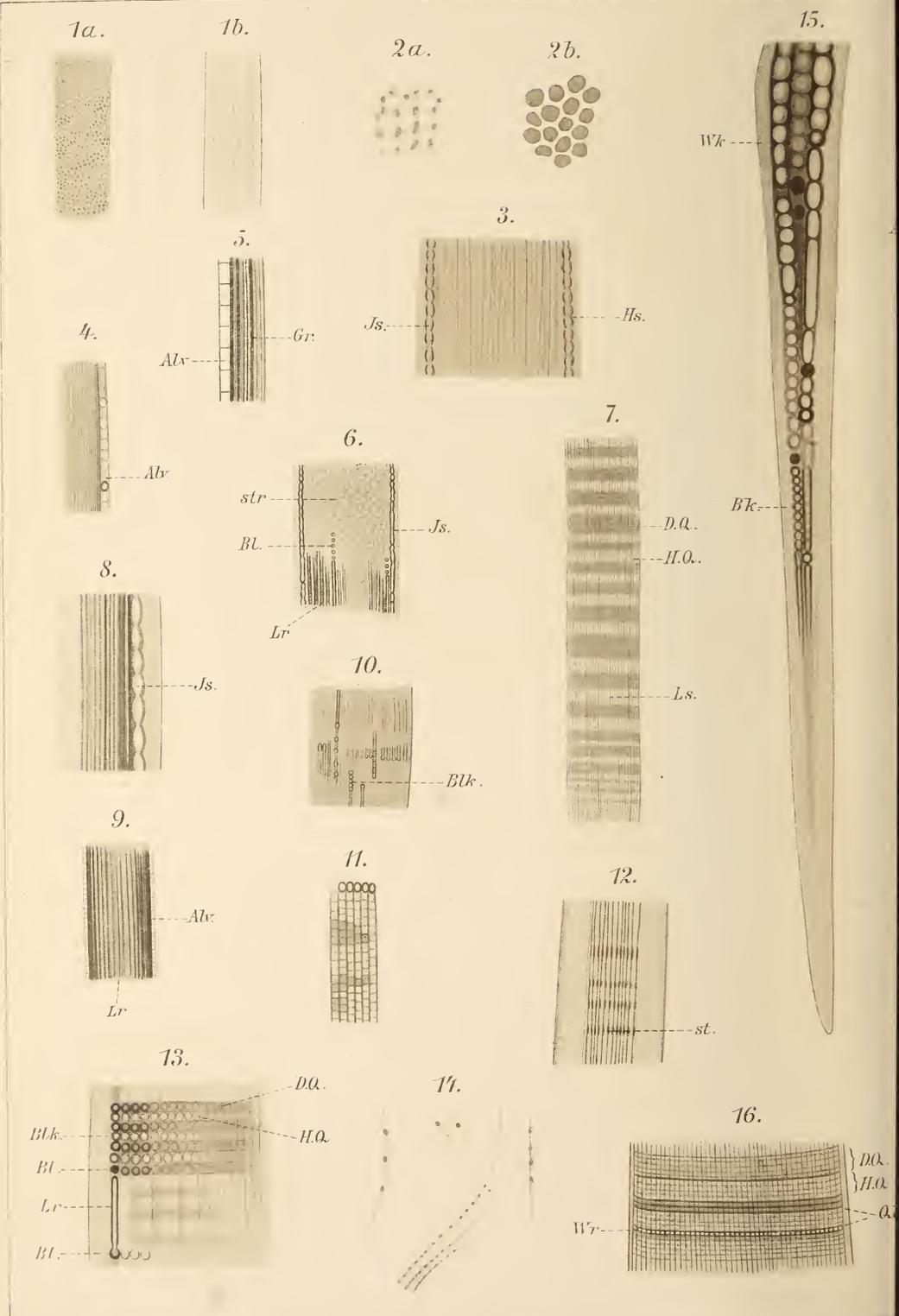


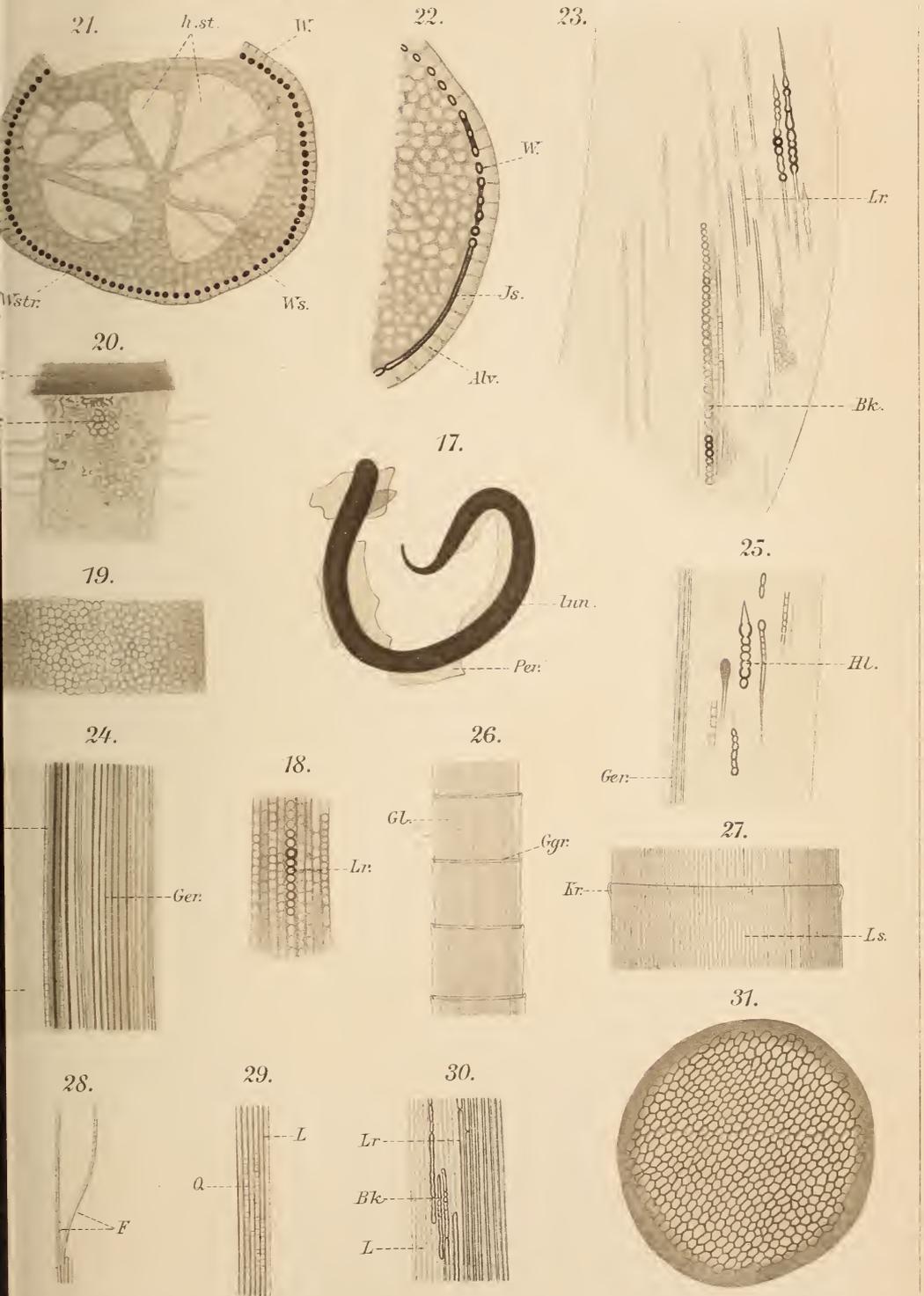


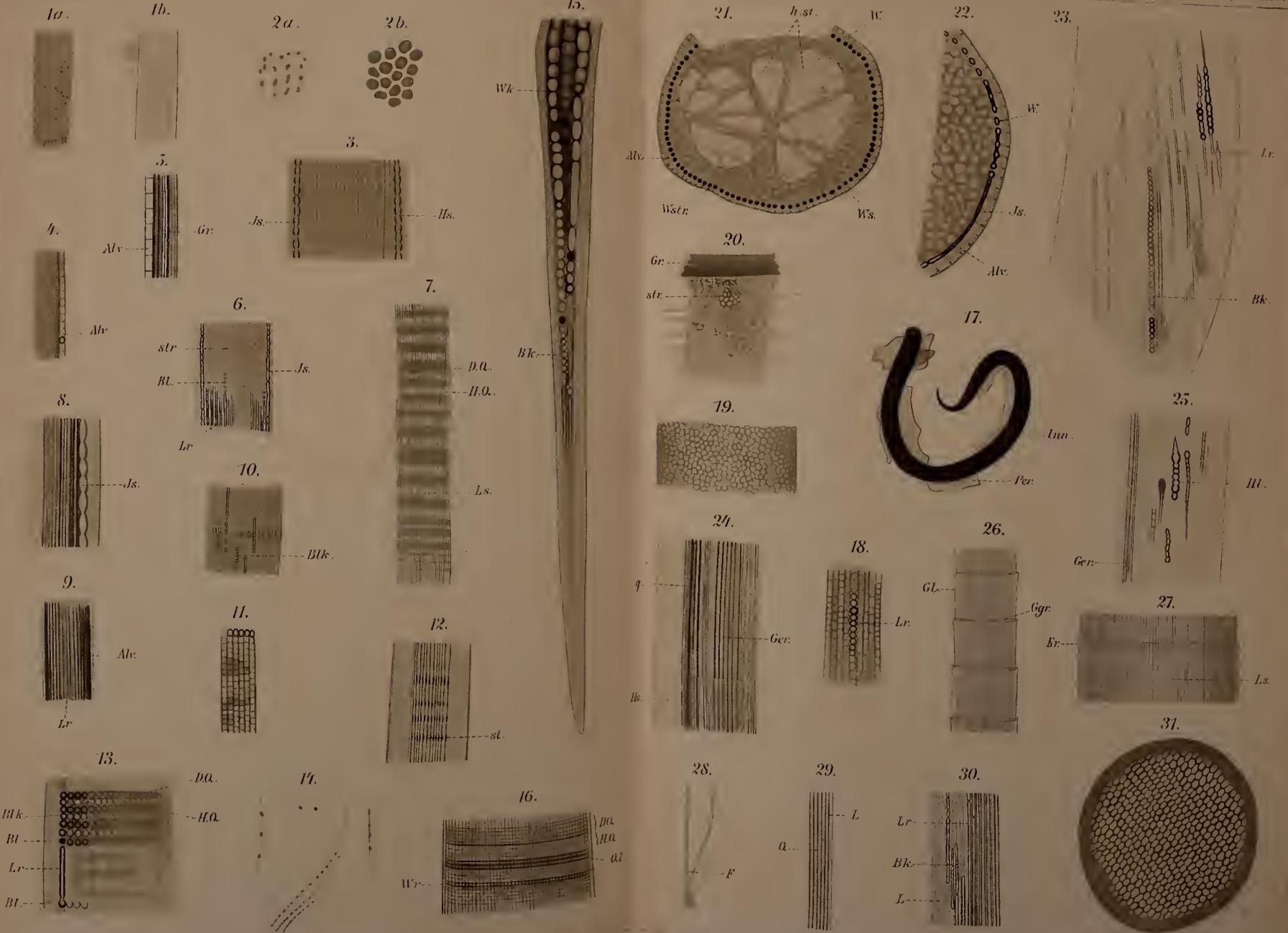


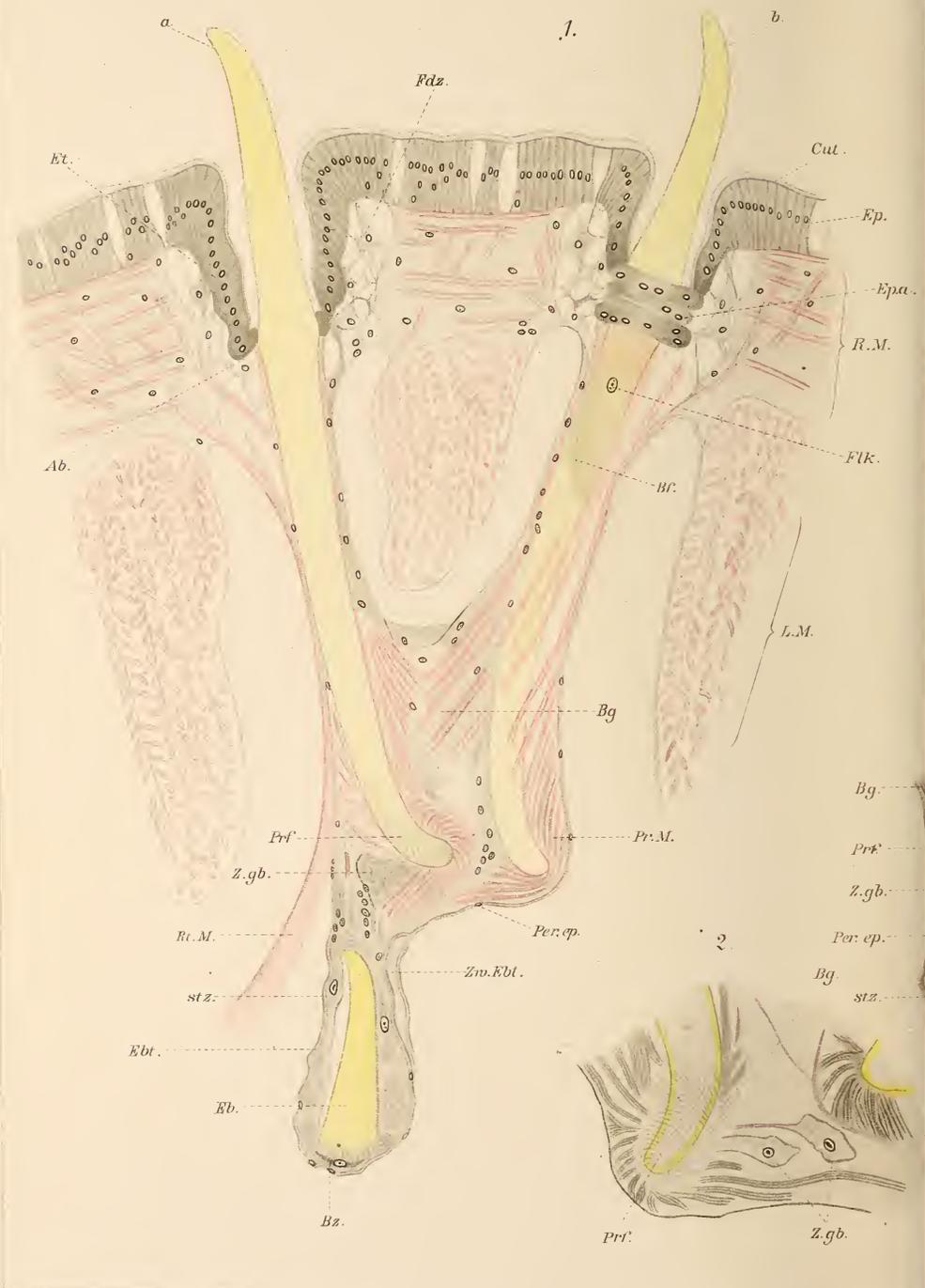


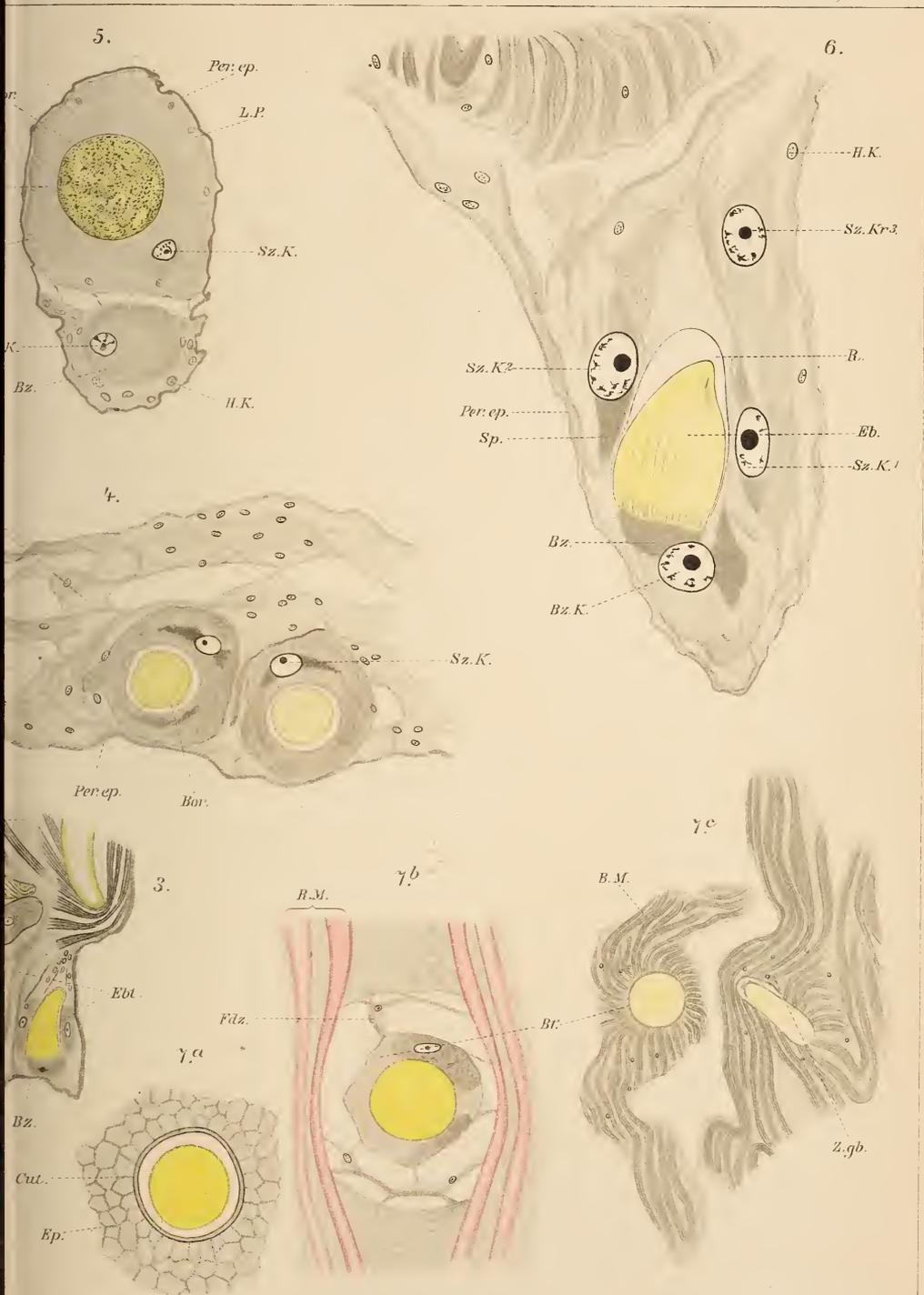


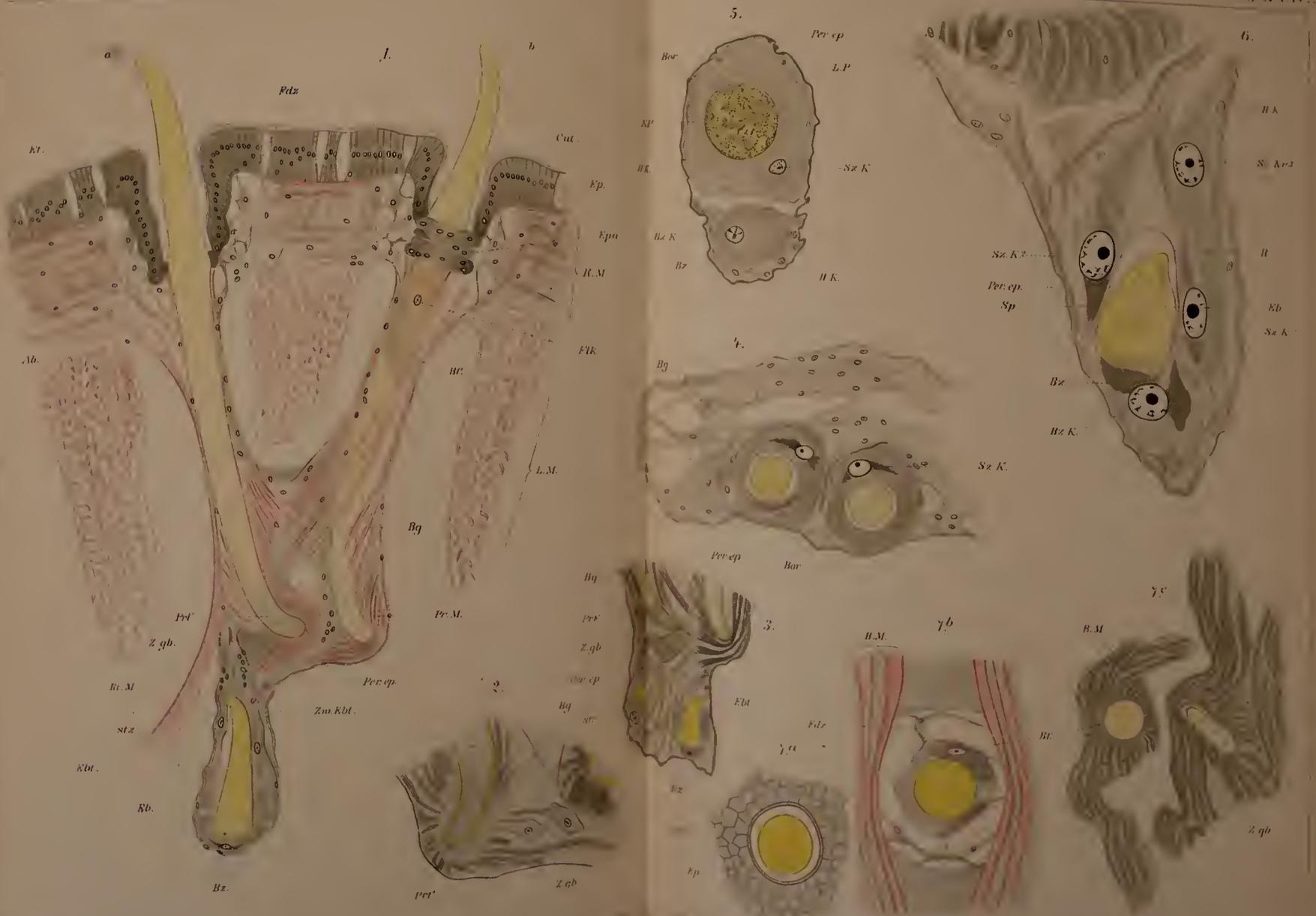












ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie](#)

Jahr/Year: 1903

Band/Volume: [74](#)

Autor(en)/Author(s): Schepotieff Alexander

Artikel/Article: [Untersuchungen über den feineren Bau der Borsten einiger Chätopoden und Brachiopoden 656-710](#)