

Ueber die Structur des Tunicatenmantels und sein Verhalten im polarisirten Lichte.

Von

Franz Eilhard Schulze aus Rostock.

Mit Tafel XVII und XVIII.

Des hohen Allgemeininteresses wegen, welches der Tunicatenmantel als ein thierisches Gewebe mit Cellulosereaction¹⁾ darbietet, ist es wünschenswerth, seinen feineren Bau und seine übrigen Eigenschaften möglichst genau zu kennen. *Löwig* und *Kölliker* haben im Jahre 1846 die chemische Eigenthümlichkeit dieses Gewebes, auf die *C. Schmidt* zuerst hingewiesen hatte, genau untersucht und eine höchst gründliche, dem damaligen Standpunkte der allgemeinen Histiologie entsprechende Einzelbeschreibung des Mantelgewebes einer Reihe von Tunicatenspecies (17) gegeben²⁾. Eine nicht minder treffliche Arbeit von *Schacht*³⁾, in welcher die früheren Beobachtungen grösstentheils bestätigt, in manchen Punkten ergänzt und vervollständigt wurden, erschien im Jahre 1851. Seit der Zeit ist meines Wissens keine Untersuchung über denselben Gegenstand publicirt.

Das mir zugängliche Material, welches ich grösstentheils der Güte meiner hochverehrten Lehrer, der Herren Professoren *M. Schultze* und *Troschel* verdanke, bestand in 20, meist recht gut in Alkohol, liqueur

1) Wenn auch die stickstofffreie, in der procentischen Zusammensetzung und allen charakteristischen Reactionen mit der Cellulose übereinstimmende Substanz des Ascidiemantels mit der gewöhnlichen Form der Pflanzencellulose nicht ohne Weiteres identificirt werden kann, besonders weil die Umwandlung in Zucker, wie aus den Untersuchungen *Berthelot's* (*Compt. rend. T. XLVII. p. 227—230.*) hervorgeht, hier nicht so leicht gelingt wie dort, so wird man sie doch deshalb noch nicht als einen von der Cellulose wirklich verschiedenen Stoff (*Tunicine Berthelot's*) ansehen dürfen, sondern wird ihr immer noch einen Platz in jener grossen Reihe von Modificationen, in welchen uns die Cellulose in der Natur begegnet, anweisen müssen.

2) *Annales des sciences nat.* 1846. Tom. V. p. 493.

3) Mikroskopisch-chem. Untersuch. des Mantels einiger Ascidien. *Müller's Archiv* 1851. p. 177.

conservat., Holzessig oder schwacher Lösung von Kali bichrom. conservirten Species.

Es waren	<i>Ascidia mentula</i>	<i>Cynthia papillata</i>
	- <i>octodentata</i>	- <i>echinata</i>
	- <i>scabra</i>	<i>Boltenia clavata</i>
	- <i>adspersa</i>	<i>Salpa maxima</i>
	- <i>lepadiformis</i>	- <i>pinnata</i>
	- <i>parallelogramma</i>	<i>Aplidium</i>
	- <i>intestinalis</i>	<i>Botryllus stellatus</i>
	- <i>coriacea</i>	<i>Pyrosoma giganteum</i> ;
	<i>Phallusia mammillaris</i>	

ferner nicht bestimmt, eine mit *Phallusia mammill.* und eine mit *Ascidia parallelogr.* wenigstens im Bau des Mantels nahe verwandte Art.

Beginnen wir unsere Beschreibung zunächst mit der inneren Epithelialbekleidung. Die von den früheren Beobachtern auf der Innenseite des Mantels bei einigen Species beobachtete einfache Plattenepithellage fand ich bei allen einfachen festsitzenden Formen, soweit sie durch gute Conservirung zu dieser Untersuchung geeignet waren, bei den Gattungen *Ascidia*, *Phallusia*, *Cynthia*, *Boltenia* wieder; nur bei *Cynthia papillata* und *microcosmus* sah ich nicht wie *Kölliker* und *Schacht* Plattenepithel, sondern ein entschiedenes Cylinderepithel, indem die Höhe der Zellen ihre Breite um das 2—3fache übertraf (Taf. XVIII. Fig. 3 a.).

Bei den schwimmenden Formen, *Salpa*, *Pyrosoma*, soll¹⁾ das innere Epithel leicht verloren gehen; ich habe auch an den mir zu Gebote stehenden Exemplaren vergeblich darnach gesucht. Uebrigens entsprechen jene Epithelzellen in Form und chemischer Constitution vollkommen den gleichen Gebilden anderer Thiere.

Die eigentliche Mantelmasse ist nun von *Löwig* und *Kölliker* in mehrere besondere Schichten, deren Zahl bei den einzelnen Species wechselt, eingetheilt worden. Da diese Eintheilung keine scharfen Grenzen giebt, so werde ich die Betrachtung sogleich auf die ganze Dicke des Mantels ausdehnen. Die sogenannte Grundmasse des Mantels, welche, wie besonders *Schacht* hervorhob, allein die Cellulosereaction giebt, kann allerdings in Hinsicht der Consistenz alle möglichen Grade von einer weichen, geleeartigen Gallerte (*Pyrosoma*, *Salpa* etc.) bis zur lederartigen Festigkeit (*Cynthia*, *Boltenia*) zeigen, scheint aber im Uebrigen nur zwei wesentliche Verschiedenheiten darzubieten, sie ist entweder hyalin, structurlos (*Phallusia*, *Ascidia*, *Aplidium*, *Botryllus*, *Salpa*, *Pyrosoma*), oder faserig (*Cynthia*, *Boltenia*, *Ascidia coriacea*). Im letzteren Falle sind folgende interessante Structurverhältnisse zu bemerken. Es wechseln durch die ganze Dicke des Mantels Lagen von Fasern ab, in deren einer die Faserrichtung stets der Längsaxe des Thieres parallel, meridional, in

1) Grundzüge der vergl. Anatomie von Dr. *Carl Gegenbaur*. p. 294.

der andern aber stets senkrecht zur Axe des Thieres, dasselbe umkreisend, also äquatorial liegt. Ausserdem biegen häufig Fasern aus einer Schicht nach innen oder aussen um, wie es scheint, in der nächsten mit rechtwinklig veränderter Richtung fortlaufend.

Die Dicke dieser einzelnen Lagen oder Schichten nimmt von innen nach aussen zu stetig ab, wogegen die äusseren Schichten fester gewebt sind, d. h. es liegen in ihnen die Fasern dichter aneinander. Durch diesen eigenthümlichen Bau ist es bedingt, dass man auf Schnitten sowohl senkrecht als parallel zur Längsrichtung des Thieres stets abwechselnd Züge von horizontal liegenden Fasern und solche Schichten findet, in denen nur die Querschnitte der Fasern als dunkle, resp. helle Punkte erscheinen. *Löwig* und *Kölliker* haben, wie es scheint durch diese Querschnitte getäuscht, indem sie dieselben für Körner hielten, eine an gewissen Stellen im *Cynthia*-Mantel vorkommende körnige Grundmasse beschrieben¹⁾. An der innersten, dicht über dem Epithel liegenden Schicht des Mantels von *Phallusia mammill.* beschreibt *Schacht* eine feine Faserung; an den von mir untersuchten Exemplaren fand ich auch dort die ganze Grundmasse hyalin.

Als die für die richtige Auffassung des allgemeinen histologischen Charakters unseres Gewebes wichtigsten Elemente sehe ich die bei allen von mir untersuchten Thieren und zwar durch die ganze Dicke des Mantels mehr oder weniger zahlreich gefundenen, mit den bekannten sogenannten Bindegewebskörperchen übereinstimmenden gezackten, sternförmigen oder spindelförmigen Gebilde an. Dieselben finden sich in den Arbeiten von *Löwig* und *Kölliker* und von *Schacht* meistens als Kerne (»gezackte oder sternförmige Kerne«) beschrieben, und es scheint ihnen nur eine verhältnissmässig untergeordnete Bedeutung beigelegt zu sein.

Sie bestehen im Allgemeinen aus einem verhältnissmässig kleinen, indessen meistens sehr deutlich erkennbaren Kerne und aus denselben umlagerndem körnigem Protoplasma, von dem fadenförmige Fortsätze, auch gewöhnlich ein körniges Aussehen zeigend, sich mehr oder minder weit in die Grundsubstanz hineinstrecken. Diese strahligen Fortsätze, welche bei der Iod-Schwefelsäure-Reaction sich gelb färben (am schönsten sah ich dies bei *Ascidia adspersa*) also aus einer protein-haltigen Substanz (Protoplasma?) bestehen, ändern bei den verschiedenen Arten sehr ab. Bald erstrecken sie sich stark verästelt und sehr lang nach allen Dimensionen, wie z. B. bei *Pyrosoma* (Taf. XVIII. Fig. 1.), oder sie sind fast gar nicht verästelt, wie bei *Salpa* (Taf. XVII. Fig. 2.), oder sie sind durch bestimmte Umstände in ihrer Lage beeinflusst, wie bei *Phallusia*, liegen sogar zuweilen, den Zellen eine Spindelform gebend, alle gleich gerichtet,

1) l. c. p. 243. »On distingue de tout petits granules moléculaires incolores, qui se trouvent à de certaines places en si grand nombre, qu'ils rendent les fibres difficiles à distinguer et donnent à des couches un peu plus épaisses un aspect, finement granulé.«

wie bei den Tunicaten mit faserigem Baue, *Cynthia*, *Boltenia* etc. (Taf. XVIII. Fig. 3.) und an mehreren Stellen bei Mänteln hyaliner Grundsubstanz (Taf. XVII. Fig. 3.); oder endlich sie werden sehr kurz, bisweilen nur durch einige Körnchen angedeutet, wie bei *Ascidia parallelogramma* und *intestinalis*. Sehr häufig sieht man die äussersten Enden der Fortsätze benachbarter Zellen in einander übergehen. Einen directen Anhaltspunkt für die Entscheidung, ob diese Zellen oder Zellenreste mit einer genuinen Wandung, einer Membran, versehen sind oder nicht, liess sich auch hier weder aus der unmittelbaren Anschauung noch durch Reactionen gewinnen. Im Mantel einiger Tunicaten, *Pyrosoma*, *Botryllus*, *Ascidia lepadiformis* und *A. intestinalis* finden sich gar keine anderen zelligen Elemente als die eben besprochenen, so dass sich das Gewebe dem embryonalen Bindegewebe an die Seite stellen lässt.

An diese, den Bindegewebskörperchen direct vergleichbaren Gebilde schliessen sich nun zunächst gewisse Formen Pigment-haltiger Zellen an, ja man hat sogar häufig Gelegenheit, den directen Uebergang beider zu beobachten. Die Verbreitung dieser Pigmentzellen ist eine ziemlich beschränkte. Am zahlreichsten finden sie sich in der innersten Partie des Mantels von *Cynthia papillata* und zwar als eine dichte Lage unmittelbar über einer sehr dünnen, membranartigen Schicht, welche dem Epithel aufliegt und eine hyaline (nicht fibrilläre) Grundsubstanz besitzt (Taf. XVIII. Fig. 3 b.). Von da nach aussen werden sie allmählich seltener und machen den erst beschriebenen spindelförmigen Gebilden Platz. Gerade hier lassen sich, wie auch *Löwig* und *Kölliker* angeben, leicht Uebergangsformen zwischen beiden sehen. Während nämlich die Pigmentzelle selbst nur aus einem centralen Kern und einer sich dicht um denselben herumlegenden Kruste von groben Pigmentkörnern besteht und nur selten noch ausserdem etwas Protoplasma gesehen wird, kann die Pigmentkruste heller, feinkörniger werden und in Streifen feinkörnigen Protoplasma's übergehen, wodurch dann eine Form entsteht, welche von jenen spindelförmigen Elementen nicht mehr zu unterscheiden ist. In Wirklichkeit ist der Vorgang wohl umgekehrt so zu denken, dass das Protoplasma der spindelförmigen Zellen sich zu einer Pigmentkruste umwandelt, und also die Pigmentzellen als ältere, vielleicht degenerirte Zellen aufzufassen sind. Dasselbe findet sich an der inneren Partie des Mantels von *Ascidia parallelogr.*, *A. intestin.* und an vereinzelt Stellen bei *Aplidium*. Etwas anders, aber gerade besonders interessant sind die Verhältnisse bei *Selva maxima*. Hier finden sich (das von mir untersuchte sehr grosse Exemplar war zum Behufe histologischer Studien vom Herrn Prof. *M. Schultze* aus Triest mitgebracht und in Kali bichrom.-Lösung ausgezeichnet gut conservirt) besonders in der inneren Mantel-partie ausser den aus einem Kerne mit umliegender, grobkörniger Pigmentkruste bestehenden Zellen auch solche, welche ausserdem noch einen Hof feinkörnigen, schwach gelblichen Protoplasma's besitzen,

welches sich von der hyalinen Grundsubstanz mehr oder weniger scharf abgrenzt, oft aber auch continuirlich in dieselbe übergehend keine scharfen Grenzen erkennen lässt (Taf. XVII. Fig. 2 b.). Auch finden sich ganz ähnliche Zellen, welche kein Pigment besitzen, also nur aus einem Kerne und einem in die Grundsubstanz scheinbar continuirlich übergehenden, hellen, feinkörnigen Protoplasma bestehen. An diese letzte Form schliesst sich nun eine andere, ebenfalls nur bei *Salpa* ausgeprägt gefundene an, bei der sich eine so scharfe Abgrenzung des den Kern umgebenden ungefärbten Protoplasma's gegen die Grundsubstanz findet, dass man versucht sein könnte, an eine Membran zu denken, indessen lassen sich doppelte Contouren nicht erkennen, auch zeigen zufällig zer-rissene Zellen der Art (Taf. XVII. Fig. 2 c.) keine Andeutungen einer Membran. Unter diesen Zellen finden sich nun noch folgende interessante Formen. Während gewöhnlich das Protoplasma eine vom Kern überall gleichweit entfernte rundliche Begrenzung zeigt, sieht man auch nicht selten Zellen mit langen, gewöhnlich von der Nähe des Kernes ausgehenden, in die Grundsubstanz hinausragenden Ausläufern, welche mit denjenigen der oben beschriebenen sternförmigen Zellen vollkommen übereinstimmen, also wohl auf einen Uebergang beider Zellenarten in einander hindeuten (Taf. XVII. Fig. 2 d.).

Es bleiben uns nun noch jene eigenthümlichen hellen, kugeligen Zellen zu betrachten übrig, welche in vielen Ascidienmänteln so dicht liegen, dass nur wenig Grundsubstanz mit sternförmigen Zellen zwischen ihnen übrig bleibt und welche oft eine enorme Grösse (bei *Phallusia mamm.* bis zu 0,05''' Durchmesser) erreichen. *Löwig* und *Kölliker* beschreiben sie bei *Phallusia mammillaris*, *Ph. monachus*, *Ph. sulcata*, *Ph. gelatinosa*, *Schacht* bei *Phallusia mammillaris*. Ich fand dieselben ausser bei *Phallusia mamm.* bei *Ascidia adpersa*, *A. mentula*, *A. scabra*, *A. octodentata* und *Aplidium* entwickelt. Alle Beobachter stimmen darin überein, dass diese Gebilde Zellen seien. *Löwig* und *Kölliker* schreiben ihnen eine Cellulosemembran zu, *Schacht* wies nach, dass an der inneren Wand der grossen Hohlräume eine dünne Schicht proteinartiger Substanz vorhanden sei und erklärte diese für die eigentliche Membran der Zellen.

Keiner der angeführten Autoren aber konnte im Innern einen Zellkern oder einen körnigen Plasma-Inhalt nachweisen. Es war demnach die Zellennatur der fraglichen Gebilde durchaus nicht erwiesen. Mit Rücksicht auf diesen letzten Punkt kann ich nun die Mittheilung machen, dass ich zuerst bei *Ascidia adpersa* in einigen derselben sehr deutliche, Kernkörperchen führende Kerne mit etwas Protoplasma gewöhnlich in oder dicht an der von *Schacht* als Membran bezeichneten Schicht gefunden habe und zwar besonders häufig da, wo die grossen Zellen in Reihen dicht nebeneinander liegend die Ueberzeugung einer kürzlich geschehenen Vermehrung durch Theilung gewinnen lassen (Taf. XVII. Fig. 4 a.).

Ebenso zeigen die grossen Zellen bei *Aplidium* zum Theil recht deutlich einen in feinkörniges Protoplasma eingebetteten, der Wand nahe liegenden Kern (Taf. XVIII. Fig. 2 a.).

Nach diesen Beobachtungen gelang es nun auch bei den anderen Ascidiën, ja selbst bei *Phallusia* fast an allen Zellen dieser Art, wenn auch nicht deutliche Kerne, so doch mehr oder minder grosse lokale Anhäufungen dunkler Körnchen, welche stets an der Wand liegen und wohl als Reste ehemaliger Kerne betrachtet werden dürfen, zu sehen.

Was die verschiedenen Modificationen unserer grossen Hohlzellen betrifft, so scheinen mir gewisse Uebergangsformen dieser Zellen in jene zuerst beschriebenen, den Bindegewebszellen ähnlichen Formen von besonderer Wichtigkeit zu sein. Bei *Aplidium* lässt sich ein allmähliches Kleinerwerden jener grossen Zellen, wobei dann stets zugleich die umgebende Grundsubstanz an Masse zunimmt, beobachten, und man stösst endlich auf Zellen, bei denen die Grundsubstanz bis dicht an den Kern herangerückt ist, und welche nun, durch das noch übrige Protoplasma eine stern- oder spindelförmige Gestalt erhaltend, sich von den anfangs beschriebenen Formen nicht mehr unterscheiden (Taf. XVIII. Fig. 2 b.). Bilder ähnlicher Art liessen sich am äusseren Rande des Mantels von *Ascidia adspersa* beobachten, nur dass hier die Grundsubstanz bedeutender entwickelt ist und die Ausläufer der Zellen länger und zahlreicher sind (Taf. XVII. Fig. 4 b, c, d.).

Ein die äussere Oberfläche des Mantels überziehendes Epithel, welches *Schacht* vermuthet, existirt nach meinen Beobachtungen durchaus nicht, indessen bietet bei nicht wenigen Arten die äusserste Mantelschicht solche Eigenthümlichkeiten, dass sie eine besondere Besprechung verdient. Während nämlich bei den meisten der von mir untersuchten Species, wie *Ascidia mentula*, *A. adspersa*, *A. parallelogr.*, *A. intestin.*, *A. lepadif.* etc., die äussere Grenzschrift durch nichts von der übrigen Masse unterschieden ist, zeigt sich bei einigen, *Ascidia octodentata*, *A. scabra*, *A. coriacea*, ein feiner, hellgelber Saum. Derselbe findet sich zwischen den Stacheln bei *Cynthia* und *Boltenia* nur etwas dicker wieder, und hier kann man den unmittelbaren Uebergang dieser Schicht in die schon von *Löwig* und *Kölliker* sowie von *Schacht* beschriebene gelbliche Masse, aus welcher die Stacheln zum grossen Theile bestehen, erkennen. *Löwig* und *Kölliker* schreiben, wenn auch nur vermuthungsweise, dieser Substanz in den Stacheln einen zelligen Bau zu. In der That ist es nicht schwer, sich an den Stacheln von *Cynthia* zu überzeugen, dass in dieser Hinsicht kein Unterschied besteht zwischen dem im Innern der Stacheln liegenden Fasergewebe, welches eben nur eine Fortsetzung des tieferen Mantelgewebes ist und diesem mit hyaliner Grundsubstanz, indem die mit Protoplasma umgebenen Kerne innerhalb der hyalinen Masse dieselben spindelförmigen Zellen oder Zellenreste darstellen, wie die gleichen Gebilde zwischen den Fasern, ja viele dieser Zellen auf der Grenze halb von

dieser, halb von jener Substanz umgeben sind. Dagegen besteht hinsichtlich der chemischen Constitution, wie schon die früheren Untersucher erkannten, zwischen dieser Masse und den Fasern ein bedeutender Unterschied, sie ist eben keine Cellulose. Sowohl die schmale Grenzschicht bei *Ascidia octodentata* etc. und zwischen den Stacheln der Cynthien, als auch die dicke Substanz der Stacheln färbt sich durch Iod und Schwefelsäure nicht blau, löst sich nicht in Schwefelsäure und kalter Kalilauge, wird dagegen von kochender Kalilauge, wenngleich schwierig, gelöst.

Die bei vielen Tunicaten im Mantel vorkommenden Gefässe und zahlreichen verschiedenartigen krystallinischen Ablagerungen unberücksichtigt lassend, will ich, nachdem die verschiedenen Zellformen des Mantelgewebes selbst besprochen sind, auf die nähere Beziehung derselben zu einander eingehen.

Der Umstand, dass bei manchen Mänteln ausschliesslich eine bestimmte Zellform, bei anderen verschiedene Formen mit und durcheinander vorkommen und dass wir auf entschiedene Uebergangsstufen zwischen den einzelnen Typen stiessen, macht die Annahme wahrscheinlich, dass die einen sich in die andern umwandeln, also gleichsam Entwicklungsstufen, die hier und da regelmässig in dem einen oder anderen Zustande persistiren können, darstellen. Es fragt sich daher, welche Zellenform ist hier als die ursprüngliche anzusehen, und in welcher Weise entwickeln sich die andern aus derselben. Wenn ich die grossen hohlen, den Elementen der Chorda dorsalis ähnlichen Zellen als die der jüngsten Entwicklungsstufe entsprechenden ansehe, so hat diess ausser in eben dieser Uebereinstimmung mit jenen embryonalen Gewebstheilen hauptsächlich darin seinen Grund, dass ich gerade bei diesen Zellen die deutlichen Merkmale einer eben geschehenen Vermehrung, Theilung (Taf. XVII. Fig. 4 a.) gesehen habe und sich bei dieser Annahme die Entstehung der übrigen Formen leicht nach den sonst bekannten Bildungsgesetzen erklären lässt. Rechnen wir zu dieser Form noch die von ihr eigentlich nur durch eine diffuse Protoplasmavertheilung verschiedenen Zellen, welche im Mantel von *Salpa* (Taf. XVII. Fig. 2 a.) gefunden wurden, so hätten wir nur die Verwandlung derselben in die den Bindegewebskörperchen ähnlichen Formen und die Pigmentzellen, oder, da wir nach den eben hier gemachten Beobachtungen berechtigt sind, die letzteren nur als eine unwesentliche Modification der ersteren anzusehen, nur noch in eine von beiden Formen zu erklären.

Wir sind hiermit auf die von verschiedenen Seiten so verschieden beantwortete Frage nach der Entstehung der sternförmigen oder spindelförmigen Bindegewebszellen gestossen, die wir aber hier um so weniger umgehen können, als sie für das Urtheil über die Entstehung der gerade hier so wichtigen Grundsubstanz entscheidend ist. Ohne mich nun auf eine weitläufige Erörterung aller hier in Betracht kommenden Theorien einzulassen, will ich nur die Umstände anführen, die sich mir bei der

Untersuchung des Tunicatenmantels selbst als Gründe für eine Ansicht aufgedrängt haben, welche, in neuester Zeit von *M. Schultze* zunächst für die zelligen Elemente im quergestreiften Muskel, dann aber auch in allen sogenannten Bindesubstanzen aufgestellt¹⁾, sich eng an die alte *Schwann'sche* Theorie anschliesst und in den stern- oder spindelförmigen Gebilden nichts Anderes sieht als den Rest einer Zelle, einer kernhaltigen Protoplasmaanhäufung, welche früher viel grösser, sich in ihren peripherischen Theilen in die sogenannte Grundsubstanz umgewandelt hat. Zunächst sind es die schon oben beschriebenen Uebergangsformen zwischen den grossen hellen und den sternförmigen Zellen, welche besonders deutlich bei *Aplidium* den Beweis liefern, dass zugleich mit dem Entstehen jener Bindegewebskörperchen ähnlichen Formen eine Vermehrung, Verdickung der umgebenden Grundmasse stattfindet. Da sich nun eine gegen die so gebildete Grundmasse scharf abgesetzte etwaige Zellmembran nicht findet und jene dünne, stickstoffhaltige Schicht schon deshalb nicht, wie *Schacht* es wollte, als Membran gelten kann, weil häufig in ihr der Kern liegt, dieselbe vielmehr als äussere Protoplasmaschicht aufzufassen ist, so wird man unwillkürlich zu der Ueberzeugung geführt, dass die bei der Umwandlung und dabei stattfindenden Verkleinerung der grossen Hohlzellen gebildete Cellulosegrundmasse in ähnlicher Weise entstehen müsse, wie die Cellulose der Pflanzenzelle sich aus der äussersten Protoplasmaschicht, dem sogenannten Primordialschlauche bildet. Zu derselben Auffassung drängen auch die bei *Ascidia adpersa* (Taf. XVII. Fig. 1 b, c.) und besonders bei *Salpa maxima* beobachteten eigenthümlichen Zellen. An den letzteren kann man, namentlich an den grossen Pigmentzellen (Taf. XVII. Fig. 2 b.) den Mangel der Membran unmittelbar zur Anschauung bringen, indem hier zwischen Protoplasma und Grundsubstanz nicht einmal eine scharfe Grenze, viel weniger eine Membran zu erkennen ist; erst durch die mit Iod und Schwefelsäure hervorgerufene blaue Färbung der Grundsubstanz und gelbe des Protoplasmas lässt sich eine scharfe Grenze zwischen beiden nachweisen.

Nach dieser Auffassung wird man sich nun die Bildung der verschiedenen Gewebsformen des Tunicatenmantels aus embryonalen Zellen folgendermaassen vorstellen können. Durch allmähliche Umwandlung der äusseren Protoplasmarinde dieser wohl ursprünglich wandungslos zu denkenden, embryonalen Zellen in homogene, hyaline Cellulosemasse und ein Verschmelzen dieser so gebildeten Rinden mit einander entsteht ein der *Chorda dorsalis* ähnliches Gewebe. Denkt man sich diese Metamorphose des Protoplasmas bei einzelnen Zellen in der Weise vorrückend, dass bald von der ursprünglichen Zelle nichts mehr als der Kern mit einem stern- oder spindelförmigen Protoplasmareste übrig bleibt, während andere auf der früheren Stufe stehen bleiben, so haben wir je nach dem

1) Ueber Muskelkörperchen und das, was man eine Zelle zu nennen habe. *Reichert's* und *du Bois-Reymond's* Archiv. 1864.

Mengenverhältnisse, in dem beide Arten von Zellen zu einander stehen, die Structur der Mäntel von *Aplidium*, *Phallusia mamm.*, *Ascidia adspersa*, *A. scabra*, *A. octodentata*, *A. mentula*. Findet bei den in der Entwicklung zurückbleibenden Zellen eine diffusere Ausbreitung des körnigen Protoplasmas im Innern statt, und lagert sich bei einigen in der Nähe des Kernes Pigmentmasse ab, so haben wir auch das Mantelgewebe von *Salpa maxima*. Bleiben gar keine Zellen auf der ursprünglichen Stufe stehen, sondern findet die Verwandlung des äusseren Protoplasmas in Cellulosesubstanz bei allen gleich in der angedeuteten Weise statt, so erhalten wir die Mäntel von *Pyrosoma gig.*, *Botryllus stellatus*, *Ascidia parallelogramma*, *A. lepadiformis*, *A. intestinalis*, *Salpa pinnata*. Bleibt endlich die gleichsam aus den Zellenmembranen und ihren Verdickungsschichten entstandene Cellulosegrundsubstanz nicht hyalin, sondern spaltet sie sich in Fasern, Fibrillen, so haben wir das Gewebe der Mäntel von *Cynthia*, *Boltenia* und von *Ascidia coriacea*. —

Schon die früheren Autoren haben auf Grund ihrer Anschauungen über die Structur des Tunicatenmantels eine Vergleichung desselben mit dem Pflanzengewebe angestellt; da aber sowohl *Löwig* und *Kölliker* als auch *Schacht* die wahre Bedeutung eines Theiles der in Betracht kommenden Zellen, nämlich der von ihnen meistens als gezackte Kerne beschriebenen Gebilde, verkannten und ihr Urtheil wesentlich nur auf einer Vergleichung der grossen Hohlzellen mit den ihnen allerdings sehr ähnlichen Pflanzenparenchymzellen basirte, so konnte auch die ganze Vergleichung keine erschöpfende sein, und es lag die Gefahr eines Missgriffes nahe. Als Hauptunterschied unseres Gewebes von dem pflanzlichen führen *Löwig* und *Kölliker* die Existenz gerade dieser sogenannten Kerne in der zwischen den Zellen (i. e. den grossen Hohlzellen) befindlichen Zwischensubstanz an. Bedenkt man aber, dass diese den Bindegewebskörperchen vollständig entsprechenden Gebilde mit ihrem Kerne, ihren Protoplasmaausläufern und der sie umgebenden Cellulose doch zweifelsohne ebensogut die Bedeutung von Zellen haben, wie die grossen Hohlzellen oder wie eine beliebige Pflanzenzelle, (welche ihnen durch ihre starken Verdickungsschichten und dazwischen bleibenden Porencanäle, die wohl den strahligen Ausläufern jener entsprechen, oft recht ähnlich werden können) so fällt dieser Unterschied von selbst fort.

Ein anderer von *Löwig* und *Kölliker*, besonders aber von *Schacht* nachdrücklich hervorgehobener Unterschied liegt darin, dass sich die grossen Hohlzellen, und wie wir hinzufügen können, auch die Cellulosegebiete¹⁾ der stern- und spindelförmigen Zellen nicht wie bei den Pflanzen durch die sogenannte Intercellularsubstanz abgrenzen. Diess ist je-

1) Wir könnten den Ausdruck »Zellenterritorien« im *Virchow'schen* Sinne gebrauchen, wenn wir nicht in Betreff der Entstehungsgeschichte der Grundsubstanz, welche *Virchow* mit *Reichert* als Intercellularsubstanz deutet, eine abweichende Ansicht hätten.

denfalls richtig, denn bei der Iod und Schwefelsäure-Reaction färbt sich die ganze zwischen den Zellen befindliche Grundsubstanz gleichmässig blau, und auf keine Weise lassen sich Grenzlinien, welche die embryonalen Zellengrenzen andeuteten, zur Anschauung bringen. Doch scheint mir dieser Umstand um so weniger geeignet, einen principiellen Unterschied abzugeben, als ja die Intercellularsubstanz der Pflanzen auch von Vielen als aus der primären Zellenmembran hervorgehend angesehen wird. Von grosser Bedeutung und im Wesentlichen richtig scheint mir dagegen der besonders von *Schacht* ausführlich durchgeführte Vergleich der aus Cellulose bestehenden Grundsubstanz mit den aus Cellulose bestehenden Theilen des Pflanzengewebes, der Membran und ihren Verdickungsschichten. *Schacht* glaubt nämlich, indem er von den grossen Hohlzellen ausgeht, dass wie sich die Cellulose bei den Pflanzen als Membran und Verdickungsschichten um den sogenannten Primordialschlauch ablagere, oder, wie er sich nach seiner damaligen Auffassung ausdrückt, ausscheide, sie so auch hier aussen um den Proteinbeleg der Innenwand der grossen Hohlzellen (welche er ganz richtig dem sog. Primordialschlauche der Pflanzen vergleicht, aber eben als eigentliche Membran der thierischen Zellen gedeutet wissen will) entstehe. —

Diese durch die Uebereinstimmung der chemischen Constitution beider Gewebe so wesentlich gestützte Auffassung, welche sich für die stern- und spindelförmigen Zellen natürlich eben so gut empfiehlt, erscheint mir desshalb besonders wichtig, weil sie direct darauf hinweist, dass eine gleiche Bedeutung möglicher und wahrscheinlicher Weise auch der sog. Grundsubstanz der übrigen thierischen Bindesubstanzen, mag sie nun faseriger Structur sein oder nicht, zukommt, so also die Theorie der völligen Uebereinstimmung der pflanzlichen und thierischen Zellen, sowie die Ansicht über die Entstehung der Bindesubstanzen, wie sie durch *M. Schultze* vertreten wird, eine neue Stütze erhält.

Ueber das Verhalten des Tunicatenmantels im polarisirtem Lichte habe ich in der Literatur nur eine vereinzelte Angabe finden können. *Schacht* erwähnt nämlich in seinem Lehrbuche der Anatomie und Physiologie der Gewächse die Doppelbrechung der Fasern im Mantel von *Cynthia* und der Grundsubstanz des Mantels von *Phallusia mammillaris*. Dieser Forscher hielt anfangs den Zwischenstoff im *Phallusia*-Mantel für einfachbrechend und meinte, dass diess von der mangelnden Schichtung herrühre (l. c. Th. I. p. 434.), widerruft jedoch diesen Ausspruch in einem Nachtrage (Th. II. p. 587.).

Bei allen von mir untersuchten Tunicatenmänteln habe ich Doppelbrechung, wengleich bei einzelnen nur spurweise gefunden, und zwar stand die Stärke derselben im geraden Verhältnisse zur Dichteit und Festigkeit der Cellulosemasse. Ich kann also den von *Schacht* und *v. Mohl* zunächst wohl nur für das Pflanzengewebe aufgestellten Satz, dass je dichter und fester die Zellenwand, um so stärker auch die doppel-

brechende Kraft derselben sei, auch für den Tunicatenmantel vollkommen bestätigen. Die stärkste Doppelbrechung besitzen jedenfalls die Mäntel mit faseriger Structur, welche sich ja auch durch ihre lederartige Härte vor den übrigen auszeichnen, *Cynthia*, *Boltenia*, *Ascidia coriacea*; und da gerade sie es sind, an denen ich über die oft so schwierig zu lösende Frage nach der Lage der optischen Axe zu einer sicheren Entscheidung gelangen konnte, will ich die an ihnen gemachten Beobachtungen zuerst mittheilen.

Zerfasert man ein Stückchen von einem *Cynthiamantel* und bringt die mehr oder weniger gesonderten Fasern und Faserzüge zwischen die rechtwinklig gekreuzten Nikol's des Polarisationsmikroskopes, (— ich benutzte einen Polarisationsapparat, wie er nach den Angaben des Prof. *M. Schultze* mit einer *Mohl'schen* Beleuchtungslinse versehen, jetzt von *Hartnack* in Paris zu seinen Mikroskopen geliefert wird) so sieht man die unter $\pm 45^{\circ}$ orientirten Fasern im schönen weissen Lichte auf dem dunklen Grunde leuchten, und zwar so stark, dass man selbst die einzelnen Fasern, Fibrillen scharf und deutlich erkennt; die unter 0° und 90° orientirten Fasern bleiben unsichtbar. Schiebt man nun ein Gyps- oder Glimmerblättchen, welches das gewöhnlich angewandte Roth erster Ordnung giebt, darunter, so erscheinen jetzt die erst leuchtenden Fasern je nach der Lage blau oder gelb und zwar in der Weise, dass die Farbe der einer gleich orientirten quergestreiften Muskelfaser correspondirt. Hieraus lässt sich schliessen, dass, wenn (wie man ja bei den organischen Geweben voraussetzt) der Körper einaxig ist, die optische Axe entweder in der Längsaxe der als Cylinder gedachten Fasern oder in einer zu diesen senkrechten Ebene liegt. Um diess zu entscheiden, untersuchte ich zunächst einen Längs- und einen Querschnitt durch die Dicke des Mantels, bei denen man, wie ich schon oben auseinandersetzte, wegen der eigenthümlichen Anordnung der Faserlagen stets abwechselnd eine Lage von Fasern quer, d. h. senkrecht auf die Längsrichtung derselben durchschneidet, die andere nur in der Längsrichtung der Fasern spaltet. Hierbei zeigte sich nun bei einfach dunklem Gesichtsfelde (gekreuzten Nikol's) folgendes überraschend schöne Bild. Die der Länge nach horizontal liegenden Faserzüge erglänzen bei einer Orientirung unter $\pm 45^{\circ}$ im schönsten weissen Lichte, während die dazwischen liegenden Schichten der querdurchschnittenen, also von oben in ihrer Längsaxe gesehenen Fasern (die Faserquerschnitte) unter jedem Azimuthe vollständig dunkel blieben (Taf. XVII. Fig. 4.). Bei zwischengeschobenen Gyps- oder Glimmerblättchen erscheinen die horizontal liegenden Fasern natürlich wieder unter einer Orientirung von $\pm 45^{\circ}$ im gelben resp. blauen Lichte, während die senkrecht stehenden, die Querschnitte, die Farbe des rothen Grundes zeigen (Taf. XVII. Fig. 5.). Ferner machte ich möglichst sorgfältige Querschnitte von den langen Stacheln von *Cynthia echinata*, in die, wie oben geschildert worden, Faserzüge senkrecht bis hoch in die Spitze aufsteigen. Diese

Schnitte, bei denen also sämtliche Fasern querdurchschnitten waren, bleiben wie ein Muskelquerschnitt unter jedem Azimuthe dunkel resp. roth.

Aus diesen Beobachtungen folgt, dass die optische Axe bei den faserigen Tunicatenmänteln ebenso wie bei der ihnen in der Structur so überaus gleichen Sehne und wie beim quergestreiften Muskel in der Längsaxe der Fasern liegt. Da nun der quergestreifte Muskel, wie durch die Untersuchungen *Brücke's* hinlänglich sicher gestellt ist, positiv doppelbrechend ist, so muss, wegen der Uebereinstimmung der Farben bei gleicher Orientirung unter Anwendung des Gypsblättchens auch die faserige Substanz des Tunicatenmantels positiv doppelbrechend sein.

Ganz dieselben Erscheinungen bietet jene hyaline Substanz, welche an der Oberfläche mancher Species, besonders reichlich an den Stacheln von *Cynthia*, vorkommt, wo dann die optische Axe wie dort durch die Richtung der Fasern, so hier durch die Ausläufer der spindelförmigen Zellen repräsentirt wird und gleichfalls positiv ist.

Schwieriger wird die Bestimmung der optischen Axe bei denjenigen Mänteln, wo die Cellulose als hyaline Substanz abgelagert ist. Betrachten wir zunächst einen Schnitt aus dem Mantel von *Phallusia*, so erhalten wir an dem mit den grossen Hohlzellen versehenen Theile Bilder, welche eine ganz überraschende Aehnlichkeit mit denjenigen zeigen, welche von einem beliebigen, aus Cellulose aufgebauten Pflanzenzellgewebe erhalten werden. Die ganze zwischen den grossen hohlen und den stern- oder spindelförmigen Zellen gelegene Substanz bricht das Licht doppelt. Es erscheinen daher gerade so wie beim pflanzlichen Gewebe, wenn man von den grossen Hohlzellen ausgeht, im Umkreise derselben die den neutralen Axen entsprechenden Partien der Grundsubstanz bei gekreuzten Nikol's dunkel, bei Anwendung des Gypsblättchens roth, die unter $\pm 45^\circ$ orientirten Partien dagegen hellleuchtend resp. blau und gelb, und zwar treten diese Farben in derselben Richtung wie beim Pflanzenzellgewebe auf. Da nun dieses Bild, man mag den Schnitt legen wie man will, stets dasselbe bleibt, so müssten wir, wenn wir überhaupt die Lage der Axen zu den grossen Hohlzellen in ähnlicher Weise wie diess bei den Pflanzenzellen geschieht, in Beziehung bringen wollen, annehmen, dass unendlich viele optische Axen radiär, als Radien von Cellulosehohlkugeln, deren Mittelpunkte den Mittelpunkten der grossen Hohlzellen entsprächen, verliefen und dann, sehen wir den Muskel im Bezug auf seine Längsaxe als positiv doppelbrechend an, negativ wären, oder dass die Axen in irgend einer Weise tangential zu den grossen Zellen lägen und dann positiv wären. Da nun aber die Ablagerung der Grundsubstanz gar nicht von jenen grossen Hohlzellen, sondern jedenfalls hauptsächlich von den dazwischen liegenden stern- oder spindelförmigen Zellen aus erfolgt, so werden wir richtiger versuchen müssen, die Lage der optischen Axe in Beziehung zu diesen Gebilden zu bringen, um so mehr als wir ja auch

im Mantel von Phallusia Partien und bei andern Tunicaten ganze Mäntel finden, in denen jene grossen Zellen gar nicht vorkommen und nur die letzterwähnten Formen gefunden werden. In diesem letzteren Falle wird es nun höchst wahrscheinlich, dass die optische Axe, wie es schon für die hyaline Substanz an der Oberfläche von Cynthia etc. bewiesen werden konnte, stets durch die Ausläufer der stern- oder spindelförmigen Zellen bestimmt sei; wenigstens tritt überall da, wo die Zellen eine Spindelform besitzen, also die Ausläufer in gleicher Richtung verlaufen, wie diess besonders bei den inneren Partien des Mantels von Phallusia, aber auch an manchen Stellen anderer Mäntel, z. B. an der Mündung der Pyrosoma-Colonie-Röhre der Fall ist, das Hellerwerden bei gekreuzten Nikol's und die gelbe resp. blaue Färbung bei eingeschobenen Gypsblättchen in der Orientirung der durch die gleichgerichteten Ausläufer gegebenen Axe unter $\pm 45^{\circ}$ ein, während bei einer Einstellung unter 0° und 90° das Gesichtsfeld dunkel resp. roth bleibt. Die Art der Färbung bei Anwendung des Gypsblättchens stimmt ganz mit der einer gleichgerichteten Muskelfaser überein, die Doppelbrechung ist also, wenn die optische Axe so liegt wie wir annehmen, ebenso wie beim faserigen Mantel positiv.

Leider ist die Grundsubstanz da, wo die Zellen eine exquisite Sternform zeigen, gewöhnlich so weich und die Doppelbrechung wahrscheinlich in Folge dessen, so schwach, dass man nur bei sehr dicken Lagen überhaupt erst und auch nur andeutungsweise Doppelbrechung als schwachen weisslichen Schimmer auf dunklem Gesichtsfelde (bei gekreuzten Nikol's) wahrnimmt, welcher dann regelmässig der Richtung entspricht, in welcher sich die meisten und grössten Ausläufer der verästelten Zellen erstrecken. Ausserordentlich gut erklären sich nun nach dieser Annahme die beim Phallusia-Mantel oben beschriebenen Bilder. Da die zwischen den grossen Hohlzellen gelegenen, den Bindegewebskörperchen ähnlichen Zellen ihre Ausläufer nach allen Richtungen schicken, nur in der Weise, dass die grösseren im Wesentlichen stets parallel den Wandungen der grossen Zellen, i. e. tangential zu denselben liegen, so ist es klar, dass man an jedem beliebigen dünnen Schnitte, den man unter das Mikroskop bringt, ein mehr oder weniger in der Horizontalebene liegendes Netzwerk solcher Zellenausläufer um die grossen Hohlzellen und parallel den Wänden derselben haben wird, welche, indem sie die Lage der optischen Axe bestimmen, wie leicht einzusehen, das beschriebene und Taf. XVII. Fig. 3. wiedergegebene Bild hervorbringen müssen.

Erklärung der Abbildungen.

Taf. XVII.

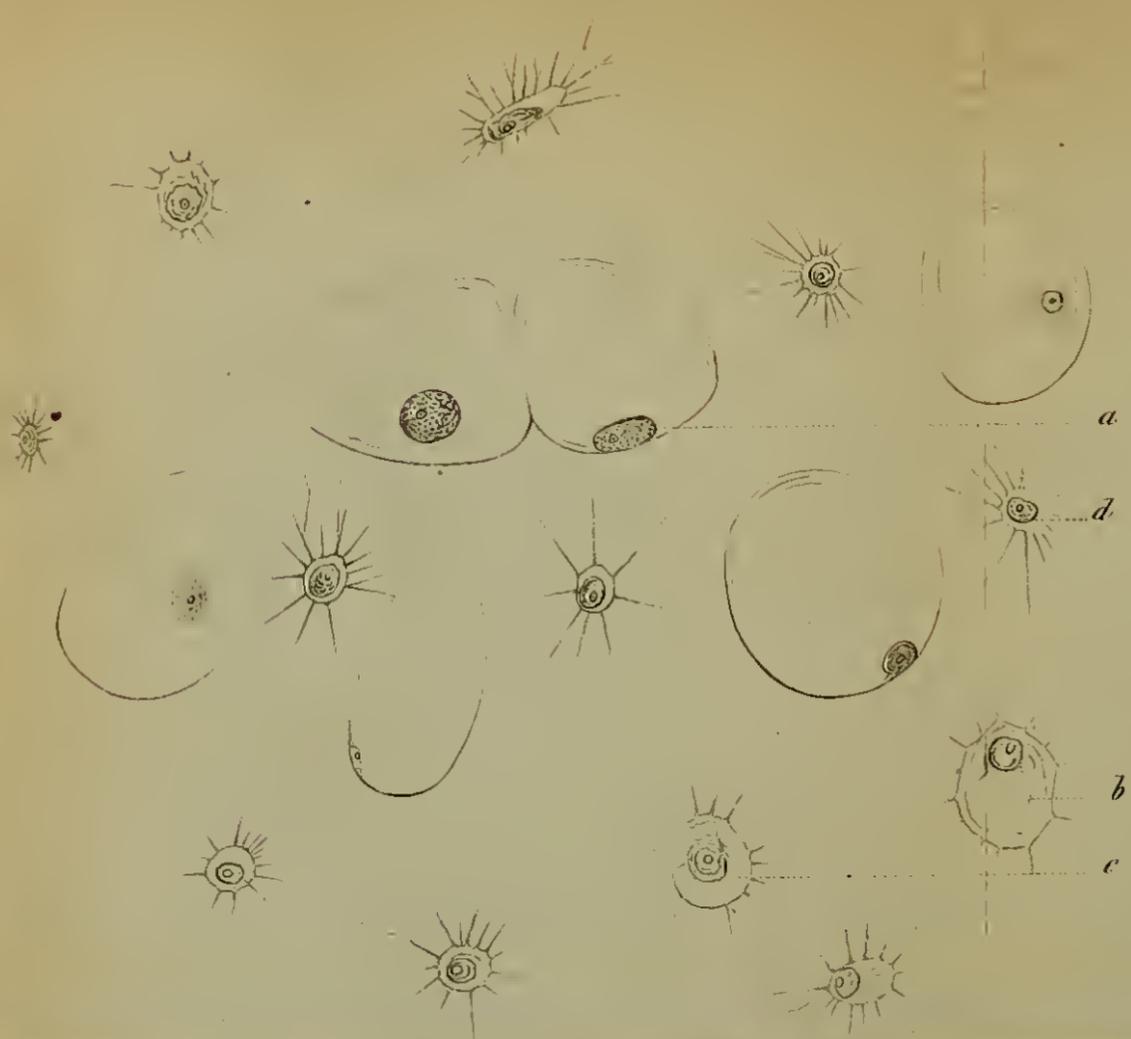
- Fig. 1. Schnitt aus dem Mantel von *Ascidia adpersa*. Vergr. 320.
Fig. 2. - - - - einer grossen *Salpa maxima*; an einer Stelle ist das Präparat eingerissen. Vergr. 320.
Fig. 3. Schnitt aus der inneren Partie des Mantels von *Phallusia mammillaris*, bei gekreuzten Nikol's und eingeschobenem Gypsblättchen. Vergr. 200.
Fig. 4. Schnitt aus dem Mantel von *Cynthia papillata*, meridional geführt; bei gekreuzten Nikol's. Vergr. 320.
Fig. 5. Schnitt aus der äusseren Partie des Mantels von *Cynthia papillata*, meridional geführt; bei gekreuzten Nikol's und eingeschobenem Gypsblättchen. Vergr. 200.

Taf. XVIII.

- Fig. 1. Schnitt aus dem Mantel eines Einzelthieres von *Pyrosoma giganteum*. Vergr. 320.
Fig. 2. Schnitte aus dem gemeinsamen Mantel einer *Aplidium*-Colonie. Vergr. 320.
Fig. 3. Schnitt durch den Mantel von *Cynthia papillata*, senkrecht zur Längsaxe des Thieres, äquatorial, geführt. In der Mitte ist, um Raum zu sparen, ein Stück weggelassen. Vergr. 320.
-

1.

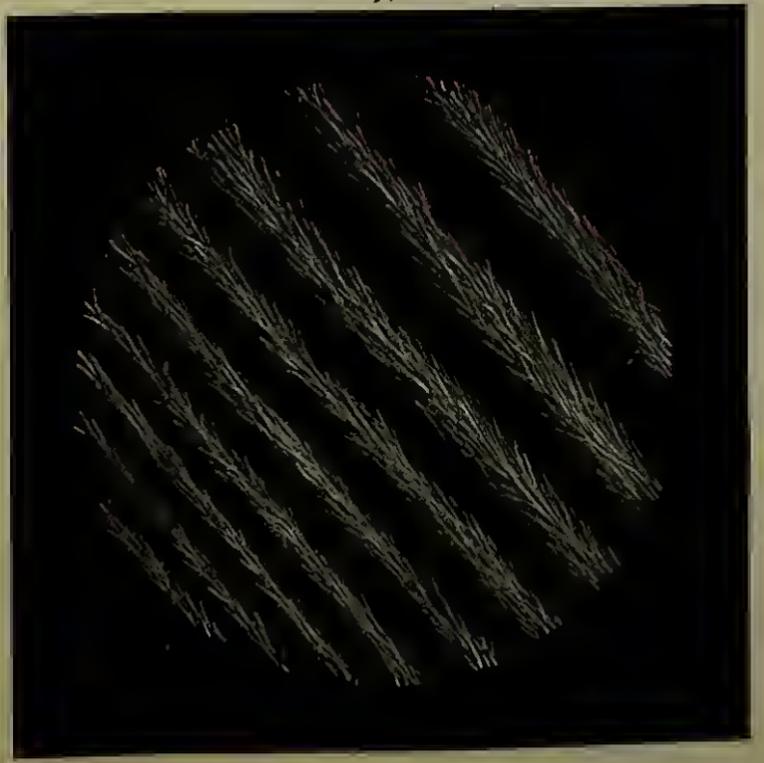
2.

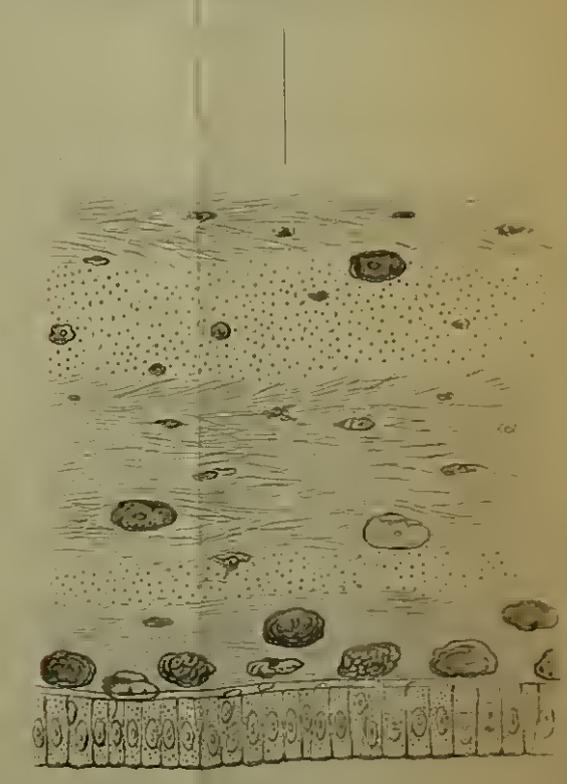
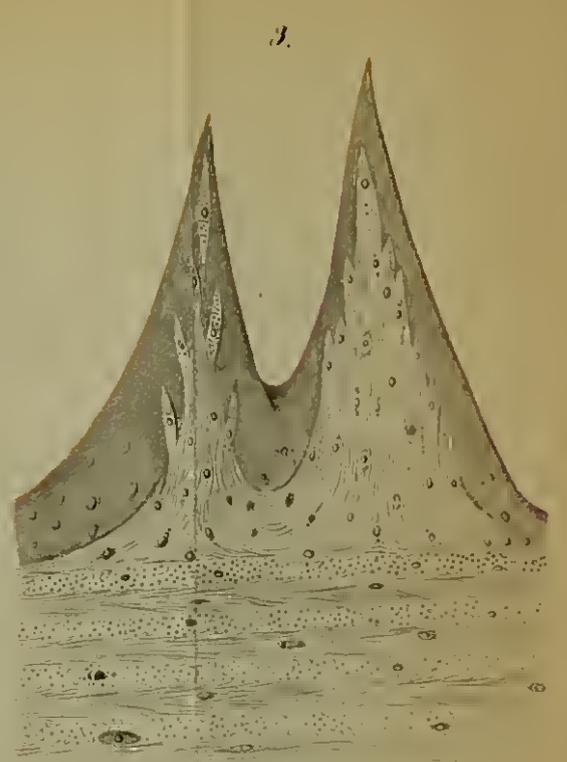
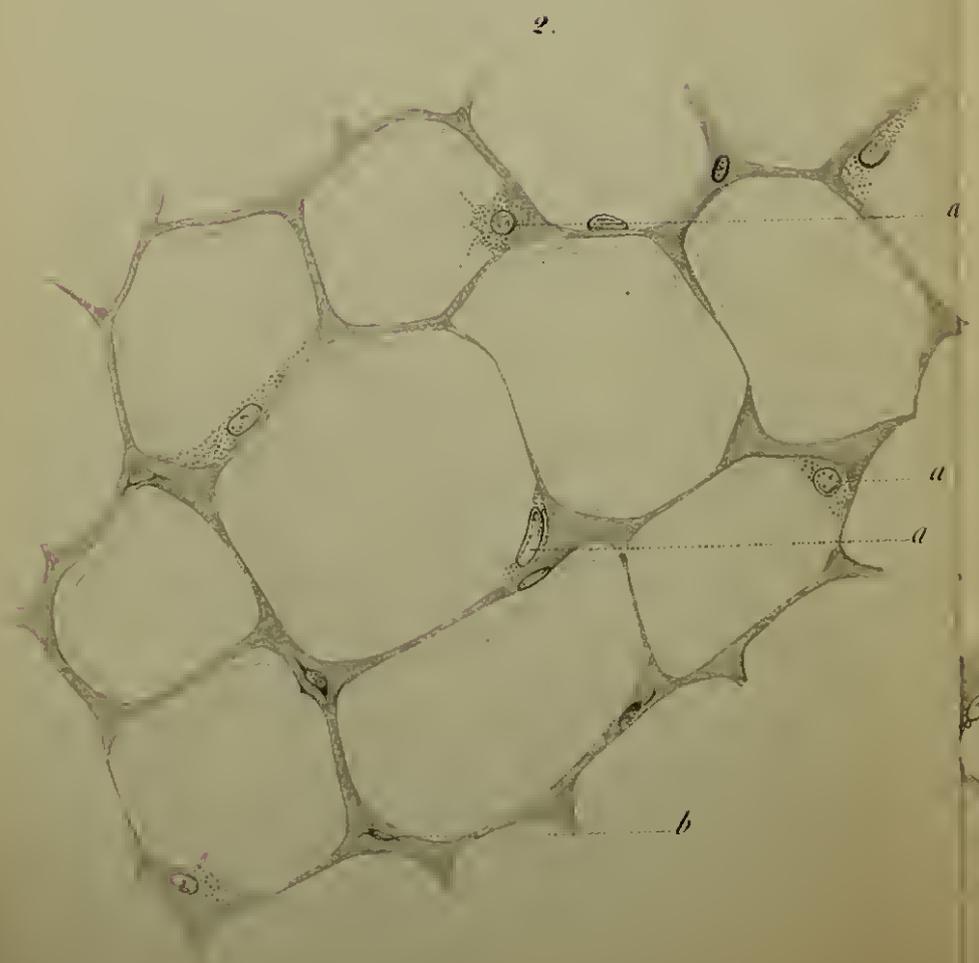


3.

4.

5.





ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

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

Jahr/Year: 1862-1863

Band/Volume: [12](#)

Autor(en)/Author(s): Schulze Franz Eilhard

Artikel/Article: [Ueber die Structur des Tunicatenmantels und sein Verhalten im polarisirten Lichte. 175-188](#)