



# Studien über Entwicklungsgeschichte der Thiere

<https://hdl.handle.net/1874/276897>

**STUDIEN**  
ÜBER  
**ENTWICKELUNGSGESCHICHTE**  
DER THIERE

VON  
**D.<sup>B.</sup> EMIL SELENKA**

PROFESSOR IN ERLANGEN.



ZWEITES HEFT.

**DIE KEIMBLÄTTER**  
DER  
**ECHINODERMEN.**

MIT SECHS TAFELN IN FARBENDRUCK.

**WIESBADEN.**  
C. W. KREIDEL'S VERLAG.  
1883.



~~E 6~~  
~~15~~

80-142

DRUCK VON CARL RITTER IN WIESBADEN.

# INHALT.

	Seite.
Vorbemerkung . . . . .	28
I. Die Furchung . . . . .	29
1. Synapta digitata . . . . .	29
2. Echiniden . . . . .	33
3. Ophiuriden . . . . .	37
4. Schlussfolgerungen . . . . .	40
II. Das Mesenchym . . . . .	43
1. Echiniden . . . . .	44
2. Ophiuriden . . . . .	45
3. Synapta digitata . . . . .	45
4. Histologische Differenzirung . . . . .	46
III. Das Mesoderm der Synapta digitata . . . . .	48
1. Die Gliederung des Urdarms . . . . .	48
2. Das Wassergefässsystem . . . . .	49
3. Die Coelomsäcke . . . . .	51
IV. Zusätze . . . . .	53
1. Das Nervensystem der Synapta digitata . . . . .	53
2. Mund und After der Synapta digitata . . . . .	55
3. Cucumaria Planci . . . . .	56
V. Resumé und Schlussfolgerungen . . . . .	58

Die vorliegende Mittheilung, welche an meine früheren Arbeiten über die Entwicklung der Echinodermen anschliesst, zerfällt in zwei Theile, von denen der erste die verschiedenartige Furchung und Mesenchymbildung des Echinodermeneies in vergleichender Weise behandelt, während der zweite die Anlage und gewebliche Differenzirung der Keimblätter bei *Synapta digitata* umfasst.

Ausgeführt wurde diese Untersuchung grösstentheils um Ostern dieses Jahres in Triest, wo mir durch freundliches Entgegenkommen der Herren Collegen CLAUS in Wien und F. E. SCHULZE in Graz die willkommene Gelegenheit geboten wurde, die Räumlichkeiten und Hilfsmittel der hübschen und behaglichen Zoologischen Station daselbst zu benutzen. Zu besonderem Danke fühle ich mich dem Inspector der Triester Zoologischen Station, Herrn Dr. GRAEFFE, verpflichtet, welcher durch seine lebenswürdige, uneigennützigte Hilfe meine Studien in hohem Grade förderte.

*Selenka.*

## I. Abschnitt. Die Furchung.

Es scheint mir überflüssig, die älteren Angaben über die Furchung des Echinodermeneies hier zur Sprache zu bringen, da dieselben sammt und sonders der Revision bedürftig sind. Zudem hat LUDWIG<sup>1)</sup> vor Kurzem die verschiedenen einschlägigen Arbeiten in einer Abhandlung kritisch zusammengestellt, welche jedem Fachgenossen zugänglich ist. Ich beschränke mich daher auf die Mittheilung meiner eigenen Beobachtungen, die sich freilich nur auf einige wenige Formen beziehen, nämlich auf *Strongylocentrotus lividus* LAMARCK, *Sphaerechinus granularis* LAMARCK, *Echinus microtuberculatus* DE BLAINVILLE, *Ophioglypha lacertosa* LINCK, *Ophiothrix alopecurus* LYMAN (= *fragilis* autt.), *Cucumaria Planci* BRANDT (= *doliolum* autt.) und *Synapta digitata* MONTAGU. Asteriden und Crinoiden habe ich zu meinem Leidwesen noch nicht in geschlechtsreifem Zustande erhalten können.

Die untersuchten Ophiuriden, Echiniden und Holothurien repräsentiren drei verschiedene Furchungstypen, denen dies gemeinsam ist, dass die Furchung eine totale und anfangs eine äquale ist. Ich beginne mit der Besprechung der *Synapta digitata*, deren Eier eine Regularität der Furchung zeigen, wie sie bisher bei keinem thierischen Eie bekannt geworden.

### 1. *Synapta digitata*.

Tafel IX.

Die künstliche Befruchtung der Eier ist mir nur ein einziges Mal während eines kurzen Aufenthaltes in Triest zu Ostern 1878 gelungen, später niemals wieder. In hunderterten von lebenden Synaptiden, welche mir die Fischer vom 15. März bis zum 22. April in die Zoologische Station zu Triest von Zeit zu Zeit brachten, waren die Eier zwar der Reife nah, jedoch noch mit dem Keimbläschen versehen und nicht befruchtungsfähig.

1) H. LUDWIG, Entwicklungsgeschichte der *Asterina gibbosa* FORBES, in: Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie. XXXVII. Band. 1882. pag. 10.

Selenka, Entwicklungsgeschichte der Thiere. II.

Gleichwohl kommen schon zu dieser Zeit die Auricularien häufig im Auftriebe vor; der Fundplatz solcher frühreifer Mutterthiere ist aber noch unbekannt.

Das einzige geschlechtsreife Thier, welches ich früher einmal aufgefunden hatte, enthielt unter zahlreichen unreifen nur vereinzelte reife Eier (mit Eikern), bei denen das Eindringen des Spermatozoons in den Dotter unter dem Mikroskope beobachtet werden konnte. Die künstliche Befruchtung ist also auch bei diesem Thiere ausführbar.

Man kann sich aber auch reife und unlängst befruchtete Eier der *Synapta digitata* direkt aus dem Meere verschaffen. Der thätige Fischer und Gehilfe der Triester Zoologischen Station KOSSEL brachte mir, nach manchen vergeblichen Ausfahrten, endlich einige Dutzend noch unbefruchteter Eier, welche nach stundenlangem Fischen mit einem feinmaschigen MÜLLER'schen Netze in verschiedenen Tiefen an einem sonnigen Morgen gefangen wurden. Um 10 Uhr Morgens waren einige Eier bereits in Furchung begriffen, bei den meisten begann dieselbe erst zwischen 11 bis 3 Uhr. Es ist mir wahrscheinlich, dass das Seewasser auch ein wenig Sperma beigemischt enthielt, so dass die Befruchtung noch in den Auftriebsgläsern von Statten gehen konnte, bei einigen Eiern sogar ganz unterblieb.

Zu meinem Leidwesen erhielt ich diese Eier erst am Tage meiner Abreise; einige Details, wie z. B. die Form und Vertheilung der Dotterkörner, sind mir daher entgangen. Abends 9 Uhr, also etwa 12 Stunden nach erfolgter Befruchtung, hatten die in der Entwicklung am weitesten vorgeschrittenen Blastulen die sämtlichen neun Furchungsstadien durchlaufen und bestanden aus 512 Zellen. Die Temperatur des Zimmers betrug etwa 15° R. Die Eier wurden vom Boden der Gefässe herauspipettirt.

In Anbetracht der Spärlichkeit des Materials und der Kürze der mir zugemessenen Zeit schlug ich folgendes Beobachtungsverfahren ein, das ich bei Untersuchung von Furchungsvorgängen sehr empfehlen kann. Mehrere Eier von nahezu gleicher Entwicklungsphase wurden auf einen breiten Objectträger in einen winzig kleinen Tropfen Seewasser gebracht und mit einem durch Wachsfüßchen getragenen 30 mm grossen quadratischen dünnen Deckgläschen bedeckt; der Wassertropfen breitet sich dann zu einer wenige Millimeter messenden Scheibe aus, die in der Mitte des Deckgläschens verbleibt und von den Rändern desselben so weit entfernt ist, dass die Verdunstung ganz ausserordentlich verlangsamt wird, während doch zugleich eine genügende Menge Luft hinzutreten vermag. Die in kleinem Raume beisammen liegenden Eier können, selbst wenn man sich starker Systeme bedient, immer leicht wieder aufgefunden und so der Fortschritt der Furchung an mehreren Individuen zugleich beobachtet und verglichen werden.

Wenn irgend ein Furchungsmodus auf den Namen eines „regulären“ Anspruch machen kann, so ist es der vorliegende.

Wir wissen keinen einzigen Fall, oder doch ist ein solcher nicht mit Evidenz constatirt, in welchem (bei normaler Entwicklung) die Furchungsebenen des regulär sich abfurchenden Eies nicht schon von Beginn an eine bestimmte Beziehung zu der künftigen Hauptaxe des Embryos erkennen liessen. Ebensowenig wie wir Metazoen kennen, bei denen nicht wenigstens während des Jugendlebens eine Hauptaxe unterschieden werden könnte, ebensowenig ist bisher eine diffus-reguläre Furchung nachgewiesen. Wir dürfen vielmehr annehmen, dass im Ei schon ein prävalirender Pol, der Eipol, existirt, der meist dem animalen Pole der zukünftigen Gastrula entspricht — sei es, dass dieser Eipol schon im unreifen Ei, oder erst nach Ausstossung der Richtungskörper, oder erst durch den Eintrittsort des Spermatozoons fixirt werde. Die Gerade, welche vom Eipol durch das Centrum des Eies gelegt werden kann, ist bei den äqual sich abfurchenden Eiern als Eiaxe zu bezeichnen.

Vorbehaltlich dieser Prävalenz der Eiaxe, welcher in so ferne eine vorwiegende Bedeutung zukommt, als sämtliche Furchungsebenen entweder mit ihr zusammenfallen oder rechtwinklig zu ihr stehen, verläuft die Furchung beim Synaptenei regelmässig, indem sich 9 Mal hintereinander sämtliche Zellen halbiren. An jedem Furchungsact betheiligen sich alle Furchungszellen zugleich, sodass nacheinander 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128, 256 und endlich 512 Zellen gefunden werden; danach aber pausirt die Weitertheilung längere Zeit, um später zunächst am vegetativen Pole, also ganz lokal, langsam fortzuschreiten und den Urdarm zu bilden, ein Process, der nicht mehr als Furchung, sondern als Gastrulation zu bezeichnen ist.

Ueber die relativen Grössenverhältnisse der Blastomeren liess sich Folgendes feststellen:

Die ersten beiden, ebenso die vier ersten Blastomeren erscheinen untereinander durchaus gleich an Grösse (Fig. 66—67). Während oder unmittelbar nach der Theilung besitzen diese Blastomeren aber nicht genau Ellipsoidform: vielmehr unterscheidet man ein spitzeres Ende und ein stumpferes; dieses entspricht vermuthlich dem vegetativen, jenes dem animalen Pole. Durch den erfolgenden Collaps wird diese Regellosigkeit der Form aber wieder zum Verschwinden gebracht, indem die Blastomeren stets wieder zur Kugelform zusammentreten.

Die dritte Furchungs- oder Aequatorialebene schneidet die 4 Kugelsegmente in je zwei Zellen von gleicher Grösse. Durch Messung mit dem Okularmikrometer konnte ich keine Grössendifferenzen nachweisen, und jeder Versuch während der folgenden Furchungsphasen einen Unterschied der oberen und unteren Eihälfte aufzufinden, war vergeblich; beide Eihälften schienen einander congruent. Mag immerhin ein Unterschied existiren, so ist derselbe doch nicht nachweisbar gewesen und muss deshalb vorläufig ausser Acht gelassen werden.

Die nächste, vierte Furchungsphase führt in typischer Weise zur Bildung von 16 gleich grossen Zellen (Fig. 69); von nun an werden aber doch geringe Volumdifferenzen

unter den Zellen je einer Halbkugel sichtbar und nur die dem Aequator nahe gelegenen etwas grösseren Zellen zeigen auch fernerhin eine ganz bestimmte regelmässige Anordnung, während die den Polen genäherten etwas kleineren sich ganz unregelmässig gruppieren. In Blastulen, die aus 128 oder 256 Zellen bestehen, erscheinen aber alle Zellen wieder gleich an Grösse, oder wenigstens sind die Unterschiede so geringfügig, dass sie nicht direkt gemessen werden können.

Das in Fig. 71—73 abgebildete fünfte Stadium zeigt 4 Zellenringe, von denen die mittleren ein wenig weiter sind und aus etwas grösseren Zellen bestehen. In folgender Weise gruppieren sich die Tochter- und Enkelzellen bei der Weiterfurchung:

1. Die zwei den Aequator begrenzenden Zellenringe theilen sich ganz regelmässig durch alternirende verticale und horizontale Schnittebenen so, dass

6)	8 verticale Ebenen	2 Ringe	von	32 Zellen	(Fig. 74),
7)	2 horizontale	" 4	" "	64	" (Fig. 77),
8)	16 verticale	" 4	" "	128	" (Fig. 78),
9)	4 horizontale	" 8	" "	256	" (Fig. 80),

erzeugen.

2. Anders verhalten sich die zwei zunächst den Polen gelegenen Zellenringe (der Figur 71—73). Der Rhythmus der Furchung ist zwar hier derselbe wie bei den erstgenannten Zellringen, aber es findet zugleich eine Verschiebung der Tochterzellen gegen einander statt, indem einige Zellen aus dem Kranze ihrer Genossinnen austreten, gegen die Pole hin rücken, hier neue Zellenkränze formiren und endlich den Verschluss der an den Polen längere Zeit sich erhaltenden Oeffnungen bewerkstelligen (Fig. 74—80).

Zu obiger Tabelle ist demnach die folgende hinzuzufügen:

6)	8 verticale Ebenen	erzeugen	4 Ringe	von	32 Zellen	(Fig. 74),
7)	2 horizontale	" "	etwa 6	" "	64	" (Fig. 77),
8)	16 unregelmässige Flächen	" "	8—10	" "	128	" (Fig. 78),
9)	4	" "	10—12	" "	256	" (Fig. 80).

Es ist klar, dass wenn alle Zellen der verschiedenen Furchungsstadien stets einander gleich wären und die den Polen genäherten Zellen zu Kreisen vereinigt blieben, dass dann die, abwechselnd horizontal und vertical einschneidenden Furchungsebenen zur Bildung eines beiderseits offenen Cylinders führen würden. Die Furchungszellen lagern sich aber allmählig zur Tonnenform und endlich zum Kugelmantel zusammen, indem 1) die den Polen genäherten Zellen etwas kleiner sind und 2) aus der Kranzform in die Schalenform übergehen, unter wachsender Regellosigkeit der Anordnung.

Während jedes Furchungsactes, welcher, wie erwähnt, stets alle Zellen zugleich betrifft, bemerkt man folgende Eigenthümlichkeiten. Zunächst nimmt jede einzelne Zelle Nierenform an (indem die Furchungsrinne zuerst an der peripherischen Fläche einschneidet)

um darauf in zwei gleich grosse Tochterzellen zu zerfallen, die unmittelbar nach erfolgter Theilung Kugel- oder Ellipsoidgestalt annehmen und sich also mit ihren Nachbarinnen nicht in Flächen, sondern nur in Punkten berühren, sodass weite Zwischenräume entstehen, durch welche man in die Furchungshöhle schaut. Nach einigen Minuten erfolgt der Collaps; die Zellen platten sich gegenseitig ab und lassen den Gesamtcontur des Eies wieder ziemlich glatt erscheinen.

Es mag dem Leser die Angabe aufgefallen sein, dass die Furchung bis zum Vorhandensein von 512 Zellen verfolgt werden kann, obwohl doch ein Zählen der einzelnen Zellen schliesslich gar nicht mehr möglich ist. Gleichwohl lässt sich dieses Resultat leicht und sicher gewinnen, wenn man jeden der letzten drei Furchungsacte von Anfang bis zu Ende aufmerksam verfolgt. Man erkennt nämlich beim Rollen des Eies unter dem Deckgläschen sehr deutlich, wie alle Zellen zugleich Nierenform annehmen und danach in Kugeln von der halben Grösse der Mutterzellen zerfallen: jede Verzögerung dieser Halbierungen springt sogleich ins Auge, wie jene Eier lehren, welche schon längere Zeit auf dem Objectträger lagen und sich etwas abnorm abfurchen. Bei frisch gefischten Eiern verläuft der Process ganz überraschend gleichmässig, ebenso bei Eiern, welchen künstlich Sauerstoff in reichlicher Menge zugeführt wird, was dadurch am leichtesten zu bewerkstelligen ist, dass man das Seewasser der Aquarien alle 3—6 Stunden zu zwei Dritteln abhebt und behutsam durch frisches ersetzt, welches vorher kräftig mit Luft durchgeschüttelt war; einige Algen, die durch Glasstäbe beschwert am Boden der Aquarien gehalten werden, leisten bekanntlich ebenfalls gute Dienste.

## 2. Die Echiniden.

Tafel V—VII.

Bei folgenden drei Species habe ich die Eifurchung genauer untersucht<sup>1)</sup>: *Strongylocentrotus lividus*, *Sphaerechinus granularis* und *Echinus microtuberculatus*.

Stets wurde die künstliche Befruchtung eingeleitet. Unter gleichen Bedingungen verlief die Entwicklung des *Echinus microtuberculatus* am raschesten, etwas langsamer

1) Die nächste Veranlassung zu diesen Untersuchungen gab mir ein Skizzenblatt HATSCHER'S, welches Freund ED. VAN BENEDEK mir in dessen Namen während meines Aufenthalts in Neapel im Jahre 1881 am Tage meiner Abreise zeigte. Schon einige Tage vorher hatte mir HATSCHER mündlich mitgetheilt, dass er in Faro bei Messina die Furchung und Mesenchymanlage des *Strongylocentrotus lividus* — und auf diese Form bezogen sich seine Zeichnungen — studirt habe, seine Resultate aber nicht zu publiciren gedenke. Ich ergriff daher die nächste Gelegenheit, um meine früheren Mittheilungen über „Keimblätter und Organanlage der Echiniden“ zu ergänzen und verfolgte u. a. die Eifurchung des *Strongylocentrotus lividus* während eines kurzen Aufenthaltes im Ostern 1882 in Villafranca. Als ich dann im März dieses Jahres mit Herrn Collegen HATSCHER in Triest zusammentraf, überliess derselbe mir in liebenswürdiger Weise seine Originalzeichnungen zur Publikation. Bei der Vergleichung unserer Zeichnungen stellte sich eine fast vollständige Uebereinstimmung heraus. Da jedoch HATSCHER die frühzeitig auftretende Lateralsymmetrie des Eies, sowie einige Verhältnisse bezüglich der Anordnung und Umlagerung der Furchungszellen nicht beachtet hatte, so konnte ich diejenigen seiner Figuren, welche die ersten 8 Furchungsphasen umfassen, nicht gut aufnehmen und war genöthigt, meine eigenen in Villafranca angefertigten Zeichnungen dafür an die Stelle zu setzen, womit sich Herr Dr. HATSCHER nach Durchsicht meiner Präparate einverstanden erklärte. Die Figuren 17 und 19—29 sind Reproduktionen nach HATSCHER'S Zeichnungen.

die des *Strongylocentrotus lividus*, und etwa nur halb so schnell die des *Sphaerechinus granularis*.

Bei allen drei Arten habe ich die Furchung an frischen sowohl als auch in Osmium- und Pikrinschwefelsäure fixirten Eiern verfolgt und gefunden, dass *Str. lividus* und *granularis* sich gar nicht von einander unterscheiden, während *Ech. microtuberculatus* nur in ganz untergeordneten Punkten Abweichungen zeigt. Nur die auf die erstere und letztere Form bezüglichen Zeichnungen habe ich daher lithographiren lassen.

Die Eier des *Str. lividus* bilden ein sehr günstiges Untersuchungsobject, weil sie schon vor eingetretener Reife die Längsaxe der späteren Gastrula erkennen lassen. Schon im unreifen Ei bemerkt man nämlich eine breite, durch spärlich eingelagerte Pigmentkörperchen hell-orange gefärbte Zone, welche, wie die Weiterentwicklung lehrt, rechtwinklig zur Eiaxe steht, d. h. zu jener Linie, welche vom Dotterhügel durch das Centrum des Eies gelegt werden kann. Diese gefärbte Zone liegt jenseits eines grössten Kreises, sodass man leicht eine pigmentfreie und eine pigmenthaltige Eihälfte unterscheiden kann. Die letztere, welche die untere oder hintere (den vegetativen Pol enthaltende) Hälfte repräsentirt, ist in Fig. 1 u. 2 durch einen Ton markirt. Die Identität der Eiaxe und der Gastrulaaxe lässt sich also hier leicht constatiren. Es kommen allerdings vereinzelte Eier vor, bei denen die gefärbte Zone schiefwinklig zur Eiaxe steht; doch sind diese Fälle Ausnahmen.

Der Rhythmus, nach welchem die Furchung bei den Echiniden sich vollzieht, ist ein anderer als bei *Synapta*; es verläuft bei ihnen die Furchung weniger regelmässig und führt schon ziemlich frühe zur Bildung von Zellen verschiedener Beschaffenheit. Auch erstrecken sich die Furchungsacte nur während der ersten 4–5 Furchungsphasen auf sämtliche Zellen zugleich, indess die rings um den animalen Pol gelegenen beiden Zellenkreise frühzeitig von der Weiterfurchung ausgeschlossen bleiben.

Zur Erläuterung der auf Tafel V bis VI abgebildeten Entwicklungsstadien diene nachfolgende kurze Schilderung.

Die ersten zwei, ebenso die ersten vier Blastomeren sind untereinander gleich gross. Weder in Structur noch Grösse vermag ich einen Unterschied zwischen den Blastomeren der ersten und zweiten Ordnung zu constatiren, läugne daher dessen Existenz und halte jene Fälle, in denen schon im Beginn der Furchung Volumdifferenzen hervortreten, für pathologisch; Vernachlässigung der erforderlichen Cautelen bei der künstlichen Befruchtung oder mangelhafte Ventilation des Seewassers sind in der Regel die leicht nachweisbaren Ursachen solcher Abnormitäten in der Abfurchung.

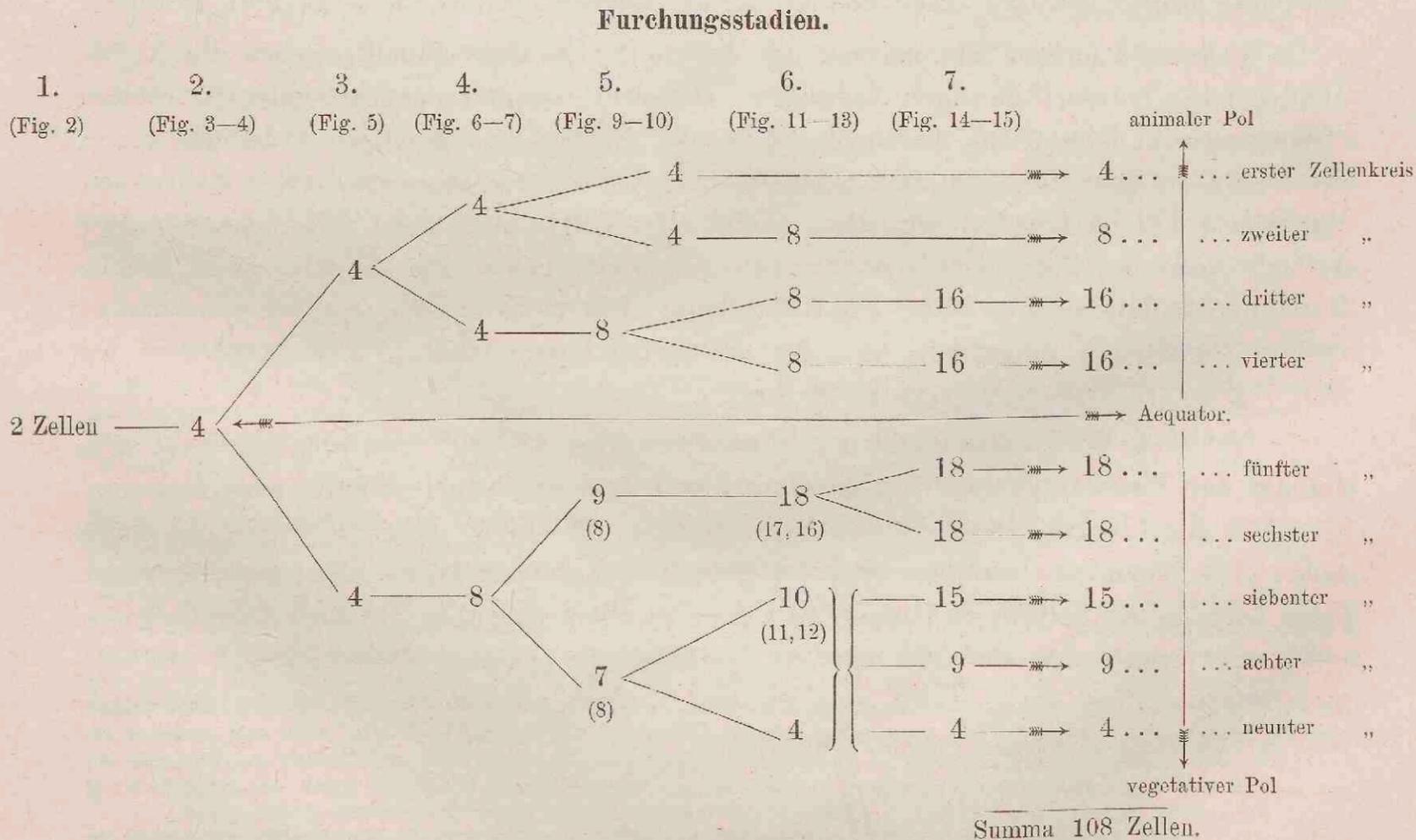
Die erste Furchungsebene fällt mit der Eiaxe zusammen. Auf der Seite des animalen Poles dringt die Rinne rascher vor, sodass das Ei zeitweilig nierenförmig erscheint (vergl. Taf. VIII Fig. 53); dementsprechend bilden die ersten zwei Blastomeren nach erfolgter Trennung auch nicht Ellipsoide, sondern besitzen vielmehr Eiform, um endlich,

nach eingetretenem Collaps, zu Halbkugeln zusammenzufallen. Der sie trennende und rings umfassende Protoplasmamantel ist weiter unten besprochen.

Die zweite Furchungsebene schneidet rechtwinklig zur ersten ein und fällt wiederum mit der Eiaxe zusammen. Die 4 Blastomeren zeigten keine messbaren Grössenunterschiede.

Die dritte Furchungsebene ist eine äquatoriale und führt zur Bildung von je vier Zellen auf der vorderen und hinteren Seite. Vergleicht man die Volumina beider Hälften bei weiter abgefurchten Eiern, so müsste man geneigt sein anzunehmen, dass die Zellen der unteren Seite zusammengenommen ein grösseres Volumen haben als die der vorderen (Fig. 15, A Aequator). Auch fand ich die Kerne unmittelbar nach der Zwei- und Viertheilung des Eies nicht genau in der Äquatorialebene liegen, sondern dem aboralen Pole ein wenig genähert (Fig. 2 u. 3); wenn dies Verhalten ein normales ist, wie ich glaube, so dürfte im achtzelligen Stadium doch wohl ein Massenunterschied zwischen den vier vorderen Blastomeren einerseits, den vier hinteren andererseits existiren; durch Messung bestimmen konnte ich denselben aber nicht.

Der Fortgang der Furchung ist in nachstehendem Schema veranschaulicht; die vertical untereinander stehenden Zahlen beziehen sich auf die gleiche Furchungsphase.



In der vorderen Eihälfte schnüren sich zunächst gegen den animalen Pol hin 4 kleinere Zellen ab,<sup>1)</sup> welche bald wieder 4 winzigen Scheitelzellen ihren Ursprung geben, um sich darauf selber auf 8 im Kreise stehende Zellen zu vermehren (Fig. 9—15). Die 4 grösseren Zellen (Fig. 4 F) zerfallen durch alternirende verticale und horizontale Furchungsebenen ganz regelmässig in je zwei Tochterzellen, bis zwei, von je 16 Zellen gebildete Kränze entstanden sind: bei der Weiterfurchung scheiden aber einzelne Zellen aus dem Kreise ihrer Genossinnen heraus, um mit den Zellen benachbarter Zellenkreise in Verband zu treten, ein Vorgang, durch welchen die Anordnung der Zellen eine ganz unregelmässige wird. — Die Zellen der hinteren Hälfte zeigen im Laufe der Furchung keine bemerkenswerthen Volumdifferenzen, so verschieden auch, je nach der freieren oder mehr eingekeilten Lage, ihre Gestalt sein mag. Aus 4 Zellen entstehen durch verticale Zweitheilung zunächst 8, von denen die Hälfte den vegetativen Pol umstellen, während zwei Paare nach Aussen gedrängt werden (Fig. 6 und 7). Ich habe diese Art der Gruppierung wiederholt bei den Eiern der drei erwähnten Species unter dem Mikroskope beobachtet, auch zahlreiche durch Osmiumsäure fixirte und in Balsam conservirte Eier dieser Entwicklungsphase aufbewahrt und einigen meiner Collegen vorgelegt, sodass ein Zweifel an der Richtigkeit und Normalität dieser Verhältnisse nicht aufkommen kann. Wahrscheinlich fällt diese so frühzeitig hervortretende Lateralsymmetrie des noch in Furchung begriffenen Eies zusammen mit der der Larve; doch ist das schwer zu erweisen.

Ueber die fernere Vermehrung der Zellen der hinteren Eihälfte geben die Abbildungen und Figurenerklärungen Aufschluss. Die dem Aequator zunächst gelegenen Zellen ordnen sich in Kranzform, während die in der Nähe des vegetativen Poles gelegenen mehr oder weniger unregelmässig gelagert sind. Oefters bemerkte ich, wie 4 Zellen den vegetativen Pol im Quadrat umstellten (Tafel VI—VII); doch weiss ich nicht, ob dies Verhalten ein zufälliges oder typisches ist. Jedenfalls erscheinen die Eier vom fünften Furchungsstadium an (Fig. 9) bis zur Abfurchung nicht mehr lateral-, sondern vierstrahlig-radiär-symmetrisch (abgesehen von der erwähnten Irregularität in der Anordnung der dem vegetativen Pole naheliegenden Zellen).

Nachdem die Gesamtzahl der Blastodermzellen auf 108 gestiegen ist, lässt sich die Art der Weiterfurchung nicht mehr verfolgen und erscheint vorläufig auch interesselos. Die abgefurchte Blastula besteht aus ungefähr 300 Zellen (Fig. 19), vielleicht etwas mehr. Die Wandung derselben erscheint überall von gleicher Dicke; die Längsaxe ist anfangs noch an der geringeren Grösse der 4 Scheitelzellen erkennbar, bis auch diese Grössendifferenz verschwindet und als einziges Merkmal der polaren Differenzirung nur die orangefarbene Zone übrig bleibt, und die etwas bedeutendere Breite der gegen den vegetativen Pole hin gelegenen Blastodermzellen.

1) Bei günstiger Beleuchtung beobachtete ich ein Mal, wie anfangs die Längsaxen der Kernspindeln rechtwinklig zur Eiaxe lagen, sich aber allmählig im Sinne einer  $\lambda$ -Spirale um  $90^\circ$  drehten, sodass sie schliesslich mit der Eiaxe parallel standen.

Diese Blastula ist noch von der Dotterhaut umschlossen. Die nächsten Veränderungen, während welcher die Zelltheilung sistirt, sind weiter unten zur Sprache gebracht.

### 3. Die Ophiuriden.

Tafel VIII.

Meine Beobachtungen über die Furchung des Ophiurencies<sup>1)</sup> sind unvollständig.

Nach den Mittheilungen LUDWIG's über die Entwicklung der *Asterina gibbosa* (l. c.) zu schliessen, vollzieht sich die Furchung bei Asteriden und Ophiuriden in gleicher oder doch ähnlicher Weise. Doch ist das nur eine Vermuthung; denn weder geben meine eigenen Beobachtungen ein vollständiges Bild von der Art der Furchung des Ophiurencies, noch auch scheinen mir die erwähnten Mittheilungen LUDWIG's ganz richtig. Ich komme noch einmal darauf zurück.

Die Abbildungen der Tafel VIII beziehen sich sämmtlich auf Entwicklungsstadien der *Ophioglypha lacertosa* LYMAN; ich bringe daher nur diese Form zur Sprache mit dem Bemerkten, dass die Furchung, Mesenchymanlage und Gastrulation bei *Ophiothrix alopecurus* LYMAN in ganz gleicher Weise verläuft; wenigstens vermochte ich keinerlei Unterschiede aufzufinden.

Das frisch abgelegte Ei der *Ophioglypha lacertosa* (Fig. 50) besteht aus dem Eikern, dem undurchsichtigen Dotter mit dem Dotterhügel und einem äusseren Gallertmantel (*Zona pellucida*).

Nachdem ein Spermatozoon mit dem Dotterhügel in innigen Contact gekommen ist, erhebt sich alsbald aus dem Dotter ein heller Protoplasmabüschel und umfliesst das Spermatozoon (Fig. 51). Unmittelbar danach wird die ganze Oberfläche des Dotters uneben und es erscheint eine helle Protoplasmaschicht, welche, noch ehe sie ihre

1) Befruchtete Eier von *Ophioglypha lacertosa* und *Ophiothrix alopecurus* verschafft man sich im März oder April, je nach der Milde oder Strenge des vorausgegangenen Winters, in reichlicher Menge auf folgende Weise. Man öffnet mit einem Skalpel eine Anzahl frisch eingefangener weiblicher Thiere von der Mundseite her und fährt einen Schnitt durch die Ovarien. Quillen sofort die Eier in reichlicher Menge heraus, so kann man sicher sein, dass die Richtungkörper bereits ausgestossen und dass also die Eier befruchtungsfähig sind. Man fängt die Eier in einer grossen Uhrschale mit Seewasser auf, setzt eine äusserst geringe Menge mit Seewasser stark verdünnten Sperma's hinzu, welches sich um diese Zeit bei den Männchen stets vorfindet, und verrührt das Ganze. Ich empfehle, von Zeit zu Zeit einige Eier mit der Pipette herauszuheben und unter dem Mikroskope zu beobachten, ob die Spermatozoen in die *Zona pellucida* einzudringen beginnen. Sobald dies geschieht, spült man die Schale mit den Eiern in ein grösseres Gefäss, dessen Seewasser vorher tüchtig mit Luft durchschüttelt war oder mit einigen Algen versorgt ist. Trotz dieser Cautelen verlief die Entwicklung bei den meisten Eiern von Anfang an ganz abnorm und nur vereinzelte furchten sich normal ab. — Noch ungünstigere Resultate ergab das folgende Verfahren. 10—20 Weibchen werden mit einigen Männchen in ein reines mit frischem Seewasser gefülltes Aquarium gebracht und gut mit Luft versorgt. Nach einigen Stunden oder Tagen pflegt das eine oder andere Weibchen seine Eier auf den Boden des Gefässes fallen zu lassen, und alsbald schiessen auch die Männchen dann ihr Sperma in grosser Menge aus, sodass das Seewasser sich trübt. Man hebt die Eier hierauf mit einer Pipette rasch heraus und bringt sie in ein geräumiges Gefäss mit durchlüftetem Wasser, dem eine nicht zu grosse Quantität des Sperma haltigen Seewassers beigefügt wird. Wenn die Mutterthiere bei der Ablage der Eier nicht mehr ganz lebenskräftig waren, geht die Furchung ganz abnorm von Statten.

Die künstliche Befruchtung wurde bei *Ophioglypha lacertosa* zuerst von GRAEFFE ausgeführt. (Übersicht der See thierfauna des Golfes von Triest. I. Echinodermen; in: Arbeiten aus dem Zoologischen Institute der Universität Wien und der Zoologischen Station in Triest. Tom. III. 1881.)

definitive Dicke erreicht hat, an der Peripherie eine Dotterhaut abscheidet, innerhalb deren nun das Spermatozoon zu liegen kommt. Diese Dotterhaut dehnt sich binnen einigen Minuten auf den Umfang der gleichzeitig schwindenden Zona pellucida aus, während der helle Protoplasmamantel in etwas langsamerem Tempo zu einer mächtigen Schicht heranwächst.<sup>1)</sup> Die Figuren 50—52 sind alle bei gleicher Vergrößerung gezeichnet und geben Aufschluss über die Volumveränderungen des Eies und seiner Bestandtheile.

Ungefähr zehn Minuten nach Beginn des Befruchtungsactes besteht das Ei demnach von aussen nach Innen: 1) aus der Dotterhaut, 2) einer wässrigen Flüssigkeit, 3) aus einer dicken, fast glashellen Protoplasmaschicht, 4) aus dem undurchsichtigen Dotter mit dem Furchungskern.

Im Laufe der Furchung bleibt ein Theil der Protoplasmaschicht peripherisch liegen, während ein anderer Theil bei jeder neuen Theilungsphase die Tochterzellen vollständig umfließt, somit endlich in das Blastocoelom gelangt und schliesslich den „Gallertkern“ HENSEN's bildet.<sup>2)</sup> Alle Furchungszellen sind anfangs durch dieses helle Protoplasma räumlich von einander getrennt und erscheinen gleichsam suspendirt in demselben (Fig. 54 u. f.), um sich gegen das Ende der Furchung fest gegen einander zu legen und einen geschlossenen Kugelmantel zu bilden.

Die beiden ersten Blastomeren sind durchaus von gleicher Grösse; wenn das schon während der Theilung ersichtlich ist, so wird es ganz evident nach erfolgtem Collaps, wo beide Zellen zusammen genau eine Kugel bilden. Während die Furchungsrinne einschneidet, sammelt sich das helle Protoplasma in der Furche und bildet schliesslich eine dicke Platte zwischen den Tochterzellen (Fig. 54).

Im Anbeginn der Weiterfurchung hat es den Anschein, als würde die zweite Furchungsebene in typischer Weise senkrecht zur ersten einfallen; aber während der Halbierung der 2 ersten Blastomeren zerfällt diese zweite Furchungsebene sozusagen in zwei Hälften, die sich rechtwinklig zu einander und zur ersten Furchungsebene stellen, mit anderen Worten: je zwei Zellen gemeinsamen Ursprungs legen sich kreuzweis übereinander.

So misslich es ist, Gestaltungsgesetze der Organismen auf rein mechanische Momente des Druckes und Zuges zurückzuführen, so sind es doch vielleicht Einflüsse elementarster Art, welche diese höchst sonderbare Umlegung der Furchungsebenen, und damit auch der Embryonalaxen, bewirken.

Ich stelle mir vor, dass der helle Protoplasmamantel, der doch eine gewisse

1) Auch bei *Asterina gibbosa* FORBES scheint ein dicker pellucider Protoplasmamantel zu existiren; wenigstens zeichnet LUDWIG (l. c.) innerhalb der Dotterhaut einen zweiten Kreis, der vermuthlich nichts anderes ist als die Peripherie des Protoplasmamantels. Im begleitenden Texte fand ich keine näheren Angaben darüber.

2) Dies Verhalten möchte für sämtliche Echinodermeneier Gültigkeit haben. Mit Unrecht läugnet LUDWIG die zähflüssige Beschaffenheit des Gallertkerns.

Selbständigkeit hat und einen bestimmten Grad der Zähigkeit besitzt, in Spannung geräth, sobald die zwei ersten Blastomeren sich zur Theilung anschicken und damit zugleich einzelne Partien des Protoplasmamantels verwölben. Letzterer setzt diesen Ausweitungen einen Widerstand entgegen und wird, wenn er auch nur in schwachem Grade wie eine elastische Hülle wirkt, die 4 Tochterkugeln während ihrer Trennung und Isolirung so zu verschieben suchen, dass sie den geringsten Umfang beschreiben. Diese Forderung ist erfüllt, wenn sich je zwei und zwei zusammengehörige Tochterkugeln kreuzweis übereinander legen. Plausibel ist, dass dieselben während des erfolgenden Collapses in dieser Kreuzstellung verharren (Fig. 57).

Bei dem weiteren Zerfall der 4 Blastomeren in 8 u. s. w. wird aber der Zug und Druck von Seiten des Protoplasmamantels (angenommen, dass derselbe existirt) nicht mehr den gleichen Effect hervorrufen, weil eine Umlagerung der Tochterzellen die Spannung des Protoplasmamantels nicht oder nur in minimalem Grade vermindern würde, wie eine einfache Betrachtung lehrt.

Diese Hypothese, welche einen Versuch enthält, den so ganz exceptionellen Furchungsmodus des Ophiurencies mit dem anderer Eier in Einklang und damit dem Verständnisse näher zu bringen, wird gestützt durch die Thatsache, dass bei keinem anderen thierischen Ei, so viel wir wissen, der Protoplasmamantel von so enormer Mächtigkeit ist wie bei dem der Ophiuriden — mit Ausnahme der nahe verwandten Asteriden, bei welchen, gemäss den Untersuchungen LUDWIG's,<sup>1)</sup> die Furchung in gleicher Weise zu erfolgen scheint.

Bei der Weiterfurchung spielt diejenige neue Axe, welche nach erfolgtem Collaps der 4 ersten Blastomeren parallel mit ihren centralen Kanten und durch die Mitte des Eies läuft, die Rolle der Hauptaxe (siehe weiter unten).

Die zunächst auftretenden beiden Furchungsebenen sind wieder verticale, und führen zur Bildung von zwei Zellenkränzen gleicher Beschaffenheit (Fig. 59). Während des Collapses bleiben die einzelnen Furchungszellen, die mir alle von gleicher Grösse schienen, vollständig von einander getrennt; ihre peripherischen Oberflächen liegen nahezu in einer gemeinsamen Kugelfläche, während ihre Binnenseite verflacht erscheint.

Diese 16 Zellen zerfallen nun in 32 durch zwei horizontale Furchungsebenen. Ich habe diesen Vorgang beobachtet, konnte jedoch nicht deutlich unterscheiden, ob die Theilprodukte von gleicher Grösse sind und unterlasse daher die bildliche Darstellung. Auch die Art und Weise der Weiterfurchung ist mir unbekannt geblieben; bei weitem der grösste Theil der Eier zeigte ganz abnorme Gestalt und nur wenige erreichten das Gastrulastadium.

1) Gegen die Entdeckung LUDWIG's, dass bei *Asterina gibbosa* FORBES die 4 Furchungskugeln zweiter Ordnung sich zu einem Kreuz zusammenlegen, in welchem je zwei einander gegenüber liegende Blastomeren gleichen Ursprungs sind, hege ich nicht den mindesten Zweifel. Die Mittheilungen dieses Forschers über die Grössendifferenzen der ersten beiden Blastomeren beziehen sich aber vermuthlich auf abnorm gefurchte Eier.

Bei der Weitervermehrung (welche vermuthlich in der Weise erfolgt, dass zunächst 64, dann 128 und schliesslich 256 Zellen entstehen, womit die Furchung abschneidet) legen sich die Furchungszellen allmählig fest gegeneinander und bilden endlich einen geschlossenen Kugelmantel. Nachdem dann eine jede Blastodermzelle eine lange Geissel erzeugt hat, beginnt die Blastula zu rotiren und durchbricht bald darauf die Dotterhaut. Die freigewordene Blastula besitzt noch einen dicken äusseren Protoplasmamantel, der sich selbst bis nach erfolgter Gastrulation noch erhält (Fig. 65). Mit Hilfe der homogenen Immersionslinse glaubte ich zu erkennen, wie der Geisselfaden sich durch die periphere helle Protoplasmahülle fortsetzt bis in den Leib der Blastodermzelle.

#### 4. Schlussfolgerungen.

Es ist kaum zu bezweifeln, dass bei den meisten thierischen Eiern — wenn nicht bei allen — schon vor der Furchung ein Punkt an der Oberfläche demonstrirt werden kann, durch welchen die erste Furchungsebene hindurchgehen wird: der Pol des Eies. Dieser Eipol wird, wenn nicht immer, so doch in der Regel, markirt durch den Austrittsort der Richtungskörper und damit zugleich durch den Ort, wo später das Spermatozoon eindringt; er fällt vermuthlich zugleich auch oft zusammen mit der Anheftungsstelle des Ovarialeies an seinen Mutterboden, vorausgesetzt, dass eine solche überhaupt existirt (wie bei Echinodermen, vielen Würmern, Mollusken, Fischen etc.).

Eine solche „Polarität“ der Eier ist in dem letzten Decennium bekanntlich für eine grosse Anzahl von Thieren constatirt worden, und es ist aus mehreren Gründen wahrscheinlich, dass sie eine allgemeingültige sei. Wenn das der Fall ist, so existirt eine „primordiale“ Furchung im Sinne HAECKEL's nicht, denn dieser Begriff involvirt die Apolarität des Eies, die aus theoretischen Gründen ja sehr wohl als die ursprüngliche Ausgangsform betrachtet werden kann, deren Vorkommen aber bisher bei keinem thierischen Ei nachgewiesen ist.

Die äquale Furchung, die alle Echinodermen charakterisirt, und die allein ich hier der Besprechung unterziehe, kann aber bekannter Maassen in sehr verschiedener Art vor sich gehen.

Ich möchte vorschlagen, für die Zukunft vorläufig eine Reihe von Furchungstypen aufzustellen, durch deren Präcisirung unsere Vorstellungen über diese Vorgänge geläutert und die zukünftigen Beschreibungen erleichtert werden können, bis es gelingt, zu umfassenderen Erklärungen zu gelangen.

##### 1. Aequale Furchung.

Die ersten beiden, ebenso die ersten vier Blastomeren sind unter einander gleich gross;

- a) Reguläre Furchung.<sup>1)</sup> Typus Synapta. Die (durch den Eipol gehende) Eiaxe wird zur Längsaxe der Gastrula. Die Furchungsebenen schneiden, mit Ausnahme der beiden ersten senkrecht zu einander stehenden verticalen, abwechselnd in horizontaler<sup>2)</sup> und verticaler Richtung ein. Jede Furchungsphase bewirkt gleichzeitige Halbierung aller Furchungszellen, welche daher bis zum Ablauf der Furchung während jeder Theilungsphase untereinander nahezu gleich gross sind, und deren Zahl ein Multiplum von 2 ist. Die ersten beiden Blastomeren kennzeichnen die rechte und linke Hälfte des zukünftigen Embryos. (?)
- b) Pseudoreguläre Furchung. Typus Ophiuriden (und Asteriden?) Die Längsaxe der Gastrula neigt sich gegen die Eiaxe durch Umgruppierung der 4 ersten Blastomeren zur Kreuzform, eine Lageveränderung, welche vermuthlich durch die Mächtigkeit des Protoplasmamantels hervorgerufen wird. Bis zum Ablauf der Furchung scheinen alle Kugeln gleicher Phase auch von gleicher Grösse zu sein. Die ersten beiden Furchungszellen repräsentiren nicht die linke und rechte Seite der zukünftigen Larve. Näheres unbekannt.
- c) Typus Amphioxus. Die Eiaxe wird Längsaxe der Gastrula. Die dritte horizontale Furchungsebene geht nicht durch das Centrum des Eies, sondern liegt dem Eipole (oder animalen Pole) genähert; die dem vegetativen Pole zunächst gelegenen Zellen sind daher die grössten. Die ersten beiden Blastomeren entsprechen vielleicht der rechten und linken Hälfte des Embryos. Die Furchungsacte begreifen nur im Anfange alle Blastodermzellen gleichzeitig. Für diesen Furchungsmodus könnte man die Bezeichnung „äquale oralwärts retardirte Furchung“ gebrauchen.
- d) Typus Echiniden. Die Eiaxe wird Längsaxe der Gastrula. Im achtzelligen Furchungsstadium sind alle Zellen noch ganz oder nahezu gleich an Grösse, von da an verhält sich die vordere (den Eipol umfassende) Hälfte des Eies verschieden von der hinteren; erstere bildet 4 kleinere Scheitelzellen u. s. w. Die ersten beiden Blastomeren entsprechen wahrscheinlich der rechten und linken Seite des späteren Embryos. In den späteren Furchungsstadien furchen sich nicht alle Zellen zu gleicher Zeit. — Diesen Typus könnte man als „äquale Furchung mit polarer Differenzirung“ bezeichnen, obwohl eine specielle Bezeichnung dieses Modus füglich entbehrt werden kann.

1) Als ich früher die Bezeichnung „reguläre Furchung“ vorschlug, gebrauchte ich dieselbe für alle Fälle der gleichmässigen totalen Eifurchung. Es scheint mir zweckmässig, den Begriff in obiger Weise zu beschränken.

2) Streng genommen haben die später auftretenden sog. horizontalen Furchungsebenen die Gestalt von Kegelflächen.

Diesen Typen der Furchung würden sich als weitere Kategorien anschliessen die der Kalkschwämme, mancher Cölenteraten, der Ascidien u. s. f., Typen, welche allmählig durch frühzeitige Differenzirung der Bauch- und Rückenseite zur inäqualen Furchung (HAECKEL) hinüberleiten.

Es würde zu weit führen und auch wohl verfrüht sein, die hier angedeuteten Differenzen in der Furchung der holoblastischen Eier in ihren möglichen Beziehungen zu einander näher zu beleuchten. Nur die Verhältnisse der Embryonalaxen zu der Eiaxe und zu der ersten Furchungsebene mögen noch kurz erwähnt werden. Diesen Beziehungen ist bisher wenig Aufmerksamkeit geschenkt; ich beschränke mich hier auf meine eigenen Erfahrungen.

Erstens. Beim Ei des Axolotl und dem der Ascidien habe ich constatiren können, dass die zwei ersten Blastomeren der rechten und linken Hälfte des zukünftigen Embryos entsprechen. Welches die linke, welches die rechte Seite werden wird, konnte ich an den Blastomeren nicht entscheiden.

Zweitens. Bei Seeplanarien<sup>1)</sup> fand ich, dass die erste Furchungsebene zwar den Eipol schneidet, mit der Eiaxe aber einen sehr spitzen Winkel bildet und in Bezug auf die Nebenaxen des zukünftigen Embryos derartig einfällt, dass sie die dorsoventrale und transversale Körperaxe der Larve schiefwinklig schneidet. Die erste Furchungsebene trennt das Ei also in zwei etwas ungleiche Theile, von denen der grössere den Rücken und die rechte Seite, die kleinere den Bauch und die linke Seite des Embryos aufbauen.

Drittens. Bei den Ophiuriden und Asteriden fällt die Längsaxe der Gastrula nicht mit der Eiaxe zusammen, sondern stellt sich während der zweiten Furchungsphase rechtwinklig zu dieser.

Zur ersten Kategorie gehören vielleicht die allermeisten thierischen Eier; als Repräsentanten der zweiten sind bisher nur die Turbellarien bekannt, während die vollständige Verlegung der Embryonalaxe aus der ursprünglichen Richtung (der Eiaxe) vielleicht allein bei den Ophiuriden und Asteriden vorkommt. Wie die Eier mit inäqualer Furchung, sowie die meroblastischen Eier sich in dieser Beziehung verhalten, wird die Zukunft lehren. Mannigfache Thatsachen deuten darauf hin, dass das sub 1 erörterte Verhalten auch hier eine vorwaltende Giltigkeit hat.

In folgenden Schlussfolgerungen und Thesen, die in ihrer Verallgemeinerung selbstverständlich einen hypothetischen Charakter tragen, lassen sich die in diesem Kapitel besprochenen Resultate zusammenfassen.

1) Zur Entwicklungsgeschichte der Seeplanarien. Ein Beitrag zur Keimblätterlehre und Descendenztheorie mit 7 Tafeln und 2 Holzschnitten. Zoologische Studien II. 1881. 40.

1. Die Furchung des Echinodermencies ist eine äquale. Drei Typen der Furchung lassen sich unterscheiden: a) die reguläre (Synapta und vermuthlich alle Holothurien); b) die pseudoreguläre (Ophiuriden und Asteriden) und c) eine äquale mit polarer Differenzirung (Echiniden).

2. Während des Befruchtungsactes sondert sich eine peripherische helle Protoplasmazone vom Dotter ab, die während der Furchung zum Theil äusserlich liegen bleibt, zum Theil in die Furchungshöhle gelangt. Diese Protoplasmasschicht, welche während ihres Entstehens schon eine Dotterhaut bildet, ist bei den Ophiuriden (und Asteriden) am mächtigsten, bei den Echiniden von mässiger Dicke, bei den Holothurien sehr unscheinbar.

3. Die Blastula besteht nach der Abfurchung aus einem Kugelmantel von überall gleicher Dicke; bei den Holothurien (Synapta) wird er aus gleich grossen Zellen zusammengesetzt, während bei den Echiniden (und vielleicht den Ophiuriden und Asteriden?) die Zellen am vegetativen Pole merklich breiter erscheinen.

## II. Abschnitt. Das Mesenchym.

Die Entstehung der mesoblastischen Wanderzellen aus zwei, am vegetativen Pol der Blastula gelegenen lateral-symmetrischen Bildungsherden habe ich bei einigen Echiniden schon früher nachgewiesen.<sup>1)</sup> Diese Beobachtung erfuhr eine bedeutungsvolle Verschärfung durch HATSCHKE.<sup>2)</sup> Dieser Forscher fand, dass die Wanderzellen auf zwei „Urzellen des Mesenchyms“ zurückzuführen seien. HATSCHKE gewann, wie er mir vor Kurzem mündlich mittheilte, dieses Resultat an Osmiumpräparaten der Larven von *Strongylocentrotus lividus*; bei lebenden Larven ist die Erkennung dieser Verhältnisse schwierig, jedoch gelingt sie, wenn man die Thatsache einmal kennt.<sup>3)</sup>

Ich kann die Entdeckung HATSCHKE's bestätigen für die folgenden Species: *Strongylocentrotus lividus*, *Sphaerechinus granularis*, *Echinus microtuberculatus* und *Ophioglyphia lacertosa*. Bei *Synapta digitata* zeigt sich eine eigenthümliche Modification in Bezug auf Zeit und Art der Entstehung der Mesenchymzellen, die weiter unten besprochen ist.

1) Keimblätter und Organanlage der Echiniden. Mit drei Tafeln. Zeitschrift f. wiss. Zoologie, XXXIII, pag. 45.

2) Ueber Entwicklungsgeschichte von *Teredo*. Arbeiten aus dem Zoologischen Institut der Universität Wien. 1880. Bd. III. pag. 30.

3) METSCHNIKOFF konnte die von mir früher beschriebene trichterförmige, später sich verlängernde Spalte wohl sehen, läugnet aber ihren „Zusammenhang mit der vermeintlichen Symmetrie der Mesodermanlage.“ Vergleichend-embryologische Studien, pag. 294. Zeitschrift f. wiss. Zoologie. XXXVII. 1882.

## 1. Echiniden.

Tafel VI und VII.

Bei den drei genannten Arten geschieht die Anlage des Mesenchyms in ganz gleicher Weise; ich beschränke mich daher auf die Besprechung der auch von HATSCHKE untersuchten Species, und verweise im Uebrigen auf die Figuren.

Nachdem das Ei sich vollständig abgefurcht hat, sistirt die Weitertheilung der Zellen eine längere Zeit hindurch vollständig, und die nächsten Veränderungen kommen lediglich hinaus auf eine Verdünnung des Blastoderms gegen den animalen Pol und eine Verdickung gegen den vegetativen Pol zu (Fig. 21). Zugleich verkleinert sich die Furchungshöhle merklich in Folge des Längenwachstums der Zellen an der hinteren (unteren) Hälfte der Blastula und das Ei wird schwach oval (Fig. 20). Darauf erscheint auf jeder der Blastodermzellen eine lange Geißel und das Ei beginnt in der Dotterhaut bald rechts-, bald linksherum zu rotiren, um endlich diese Hülle zu durchbrechen. Ueberlässt man solche Blastulen, nachdem sie ermattet sind oder abgetödtet wurden, sich selber, so sinkt der vegetative Pol stets nach unten, während der animale sich nach oben wendet; bei der Schraubenbewegung, welche die lebende Larve beständig ausführt, erscheint der animale Pol dementsprechend nach vorn gewendet.

Einige Zeit, nachdem die Blastulen am Rande der Wasserfläche sich aufgehoben haben, erscheint, wie ich das schon früher beschrieben habe, am vegetativen Pole der Blastula eine trichterartige Vertiefung, von der Furchungshöhle in das Blastoderm sich einsenkend. Diese Grube wird nach HATSCHKE'S Entdeckung dadurch erzeugt, dass zwei benachbarte, am vegetativen Pole gelegene Blastodermzellen sich verkürzen und verdicken. Dies ist die Anlage der Wanderzellen, welche wir nach dem Vorschlage der Brüder HERTWIG als Mesenchymzellen bezeichnen wollen.

Es ist kaum zu bezweifeln, dass diese beiden Urzellen des Mesenchyms so gelagert sind, dass sie links und rechts den vegetativen Pol begrenzen und mit der Lateralsymmetrie der späteren Larve correspondiren; dafür bürgt die in der Richtung vom Rücken zum Bauch sich bald geltend machende Abplattung der Blastula, sowie die, bald früher, bald später hervortretende Anordnung der Mesenchymzellen zu zwei mehr oder weniger deutlich gesonderten Gruppen (Fig. 29).

In Osmiumpräparaten erscheinen die freien Kanten derjenigen Blastodermzellen, welche die beiden Urzellen des Mesenchyms umstellen, meistens einander genähert, sodass der Zugang des Blastocoeloms zur Mesenchymgrube ringartig eingeschnürt wird (Fig. 22—24); diese Einschnürung dürfte aber wohl Kunstprodukt sein, denn weder an lebenden Blastulen noch an solchen, die mit grosser Vorsicht gehärtet und durchsichtig gemacht wurden, ist diese Wölbung zu bemerken (Fig. 46—48).

Die beiden Ur-Mesenchymzellen vermehren sich nun durch Theilung, und bilden nach etwa zwei Stunden zwei Mesenchymstreifen. Ich zählte bei fortschreiten-

der Entwicklung zwei, drei, vier und endlich fünf Paare von Mesenchymzellen (Fig. 47—48).

Aus HATSCHEK's Zeichnungen (Fig. 25—26) geht hervor, dass die Zahl dieser Zellen im rechten und linken Streifen nicht immer die gleiche ist. Mehr als 5 Paare habe ich niemals in Reihen geordnet gesehen; vielmehr scheint die weitere Vermehrung eine Zeit lang zu sistiren, bis endlich diese 5 Paare von Mesenchymzellen, unter gleichzeitiger Vermehrung auf ungefähr die doppelte Zahl, sich in unregelmässiger Weise verschieben und ins Innere des Blastocoeloms einrücken. Ich habe stets den Eindruck gewonnen, und auch HATSCHEK theilte mir diese Ansicht mit, dass sämtliche Mesenchymzellen bei dieser Gelegenheit in die Furchungshöhle gelangen, indem die benachbarten Blastodermzellen, von der Peripherie her beginnend, gegen einander rücken und die Mesenchymzellen sozusagen ins Innere schieben, eine Annahme, welche durch theoretische Gründe gestützt wird, durch die Beobachtung aber nicht strikt bewiesen werden konnte.

Zuweilen bleiben die Mesenchymzellen nach ihrem Eintritt in das Blastocoelom in Form von zwei, nicht streng geschiedenen Gruppen in der Nähe ihrer Bildungsstätte liegen, doch ist diese symmetrische Anordnung nur von kurzer Dauer, wie ich in einem früheren Aufsatze auseinandergesetzt habe.

Die histologische Bedeutung der Mesenchymzellen ist am Ende dieses Abschnittes besprochen, ihre morphologische Bedeutung im V. Abschnitte.

## 2. Ophiuriden.

Tafel VIII.

Die Bildung der beiden Urzellen des Mesenchyms erfolgt bei den Ophiuriden in der gleichen Art wie bei den Echiniden (Fig. 63). Auch hier geht ihrer Anlage die Verdickung des Blastoderms gegen den vegetativen Pol hin voraus (Fig. 62—62). Leider habe ich aber nicht verfolgen können, ob auch bei *Ophioglypha lacertosa* zunächst nun zwei Mesenchymstreifen entstehen, oder ob die beiden Ur-Mesenchymzellen als solche in das Blastocoelom einrücken.

## 3. *Synapta digitata*.

Tafel IX und X.

Bei den Larven der *Synapta digitata* treten die Mesenchymzellen relativ viel später auf als bei den Echiniden und Ophiuriden, nämlich erst nachdem die Gastrulation begonnen hat. Freie Gastrulen von der Gestalt der in Figur 81 abgebildeten zeigten noch keine Spur davon, obwohl der Urdarm sich schon mit dem freien stumpfen Ende gegen die Rückenfläche zu neigen begonnen hatte.

Mehrere etwas ältere Larven, die kurz zuvor pelagisch gefischt waren und durchaus den Eindruck von gesunden normalen Individuen machten, liessen auf der Spitze des Urdarms zwei vorspringende Zellen erkennen, die nichts anderes sein konnten als die zwei Urzellen des Mesenchyms. Ich brachte diese Larven (es mochten deren ein halbes Dutzend sein, doch habe ich versäumt ihre Zahl zu notiren) in ein flaches Uhrschälchen mit Seewasser und beobachtete dieselben von Zeit zu Zeit. Im Verlaufe von drei Stunden hatten sich bei einigen derselben zwei Zellen vom Urdarm getrennt und an beliebigen Orten der inneren Ektodermwand angelegt. Dergleichen Larven mit zwei isolirten Mesenchymzellen habe ich dann später noch öfters gefunden, woraus ich schliesse, dass die Weitervermehrung der beiden Urzellen des Mesenchyms erst mehrere Stunden nach ihrer Abschnürung vom Urdarme erfolgt.

Man trifft nicht selten Larven, bei welchen das freie Ende des Urdarms ganz unregelmässig conturirt oder wie mit sternförmigen Zellen besetzt erscheint; solche Bildungen halte ich für pathologisch, ebenso die zuweilen vorkommende rapide Vermehrung der Mesenchymzellen.

#### 4. Histologische Differenzirung der Mesenchymzellen.

Bei der Discussion der Frage nach der Bedeutung der Mesenchymzellen sei hier nur ihrer histologischen Differenzirung gedacht; ihre morphologische Bedeutung ist im letzten Abschnitte besprochen.

Aus meiner früheren Mittheilung über Entwicklung der Echiniden geht hervor, dass die Mesenchymzellen zweierlei Gewebe differenter Natur bilden: 1. das Bindegewebe nebst skeletogenen Zellen und 2. den Ringmuskelbeleg des Vorderdarms.

Anfänglich tragen bekanntlich alle Mesenchymzellen des Blastocoeloms den Charakter von amöboiden Wanderzellen (Tafel X, Fig. 90 A). Nach erfolgter Vermehrung lagert sich ein Theil derselben der inneren Ektodermwand der jungen Larve an und wird später zur Cutis (METSCHNIKOFF); ein anderer Theil wandert an den Ringkanal (schon vor dessen Schliessung zur Ringform) und an den sog. Steinkanal, um hier Kalkstücke zu erzeugen; ein dritter Theil gelangt kurze Zeit nach dem Durchbruch der Mundöffnung auf den vorderen kugligen Abschnitt des Urdarms, den Vorderdarm, und gestaltet sich zu dessen Ringmuskelbeleg, während vereinzelt Mesenchymzellen die Furchungshöhle durchziehen und als provisorische Suspensorien und Muskeln der Larvenorgane functioniren.

Diese Umwandlungen der Mesenchymzellen habe ich diesmal nur bei einer Form, der *Synapta digitata*, näher untersucht (Tafel X).

a) Muskulatur des Vorderdarms. Wie alle durchsichtigen Echinoderm-larven, so lassen auch die Auricularien erkennen, wie anfangs vereinzelt, dann immer neue amöboide Mesenchymzellen durch ihre pseudopodienartigen Ausläufer mit dem

Vorderarm (dem „Schlund“ JOH. MÜLLER'S) in Contact treten, sich der Aussenwand desselben fest anlegen und sich rechtwinklig zur Längsaxe des Darms zu strecken beginnen (Fig. 88—90). Eine jede dieser Zellen wächst zur (geschlossenen?) Ringfaser aus, während der Kern peripherisch liegen bleibt.

Im Beginne contrahiren sich nur einzelne Zellen, später pflanzen sich die Contractionen auch auf benachbarte Muskelfasern fort, bis endlich die Bewegung zu einer rhythmischen, peristaltisch von vorn nach hinten fortschreitenden Schluckbewegung wird.

Die Untersuchung an frischen, mit Essigsäure behandelten und gefärbten und in Schnitte zerlegten Larven lehrt, dass die Contractionen des Vorderdarms allein auf Rechnung der Mesenchymzellen zu setzen ist; die Umwandlung der amöboiden Mesenchymzelle in eine contractile Faser lässt sich Schritt für Schritt verfolgen. Einzelne dieser Zellen bleiben hie und da in Contact mit dem Ektoderm: auch diese werden zu contractilen Faserzellen, haben jedoch nur eine transitorische Bedeutung und müssen jedenfalls ihre Form und Lage einbüßen, sobald die Coelomsäcke sich zur Blase ausgedehnt haben und die Furchungshöhle zu verdrängen beginnen.

b) Bindegewebe und skeletogene Zellen. Bei weitem der grösste Theil der Mesenchymzellen wird zur Bindesubstanz. Ihre Vermehrung geht anfangs nur langsam vor sich, später erfolgt sie an einigen Körperstellen rascher als an anderen. So lassen sich folgende Bezirke unterscheiden.

Während die Mesenchymzellen dem grössten Theil der inneren Ektodermwand in Form von spärlichen, unter einander isolirten Zellen von wechselnder Gestalt anliegen, so häufen sich dieselben rechts und links vom Enddarm zu zwei, dann drei Zellengruppen an, welche die Bildungsherde der Kalkkugeln und Kalkkrädchen repräsentiren.

Ebenso treten schon frühe vereinzelt Zellen an den „Steinkanal“ heran und umwachsen denselben in bekannter Weise ringartig, um später die Kalkablagerungen zu erzeugen (Fig. 95).

In ähnlicher Weise lagern sich dem „Ringkanal“, noch ehe dieser Halbringform angenommen hat, einzelne Wanderzellen auf und bilden nach erfolgter Vermehrung endlich den Kalkring.

Wenn später die Auricularia sich in die „Puppenform“ verwandelt und das „Mundschild“ in das Innere des Larvenkörpers sich einstülpt um die Tentakel zu überziehen, gelangen ziemlich zahlreiche vereinzelt Mesenchymzellen auch auf die Tentakelanlagen des Wassergefässsystems (Fig. 94, T) und vermehren sich hier bald zu einer continuirlichen einschichtigen Gewebslage — eine Art des Wachstums, wie sie sich später ja auch bei der Cutisschicht der Körperwandung wiederholt.

Ueber die morphologische Bedeutung der Mesenchymzellen siehe den letzten Abschnitt.

### III. Abschnitt. Die Mesodermsäcke.

Die Entstehung der Mesodermsäcke als Urdarmdivertikel, sowie ihr Zerfall in Coelomsäcke und Wassergefässapparat ist bei den verschiedenen Klassen der Echinodermen bekannt.<sup>1)</sup> Weder aber ist ihre histologische Differenzierung noch ihre morphologische Bedeutung einer eingehenden Untersuchung und befriedigenden Discussion unterworfen worden. Ich freue mich, in dieser Beziehung unsere Kenntnisse erweitern zu können durch einige Resultate, welche an den Larven und Jugendformen der *Synapta digitata* gewonnen wurden; auf letztere beziehen sich die nachfolgenden Mittheilungen fast ausschliesslich.

Auf die Metamorphose der *Synapta*-Larven werde ich nur insoweit Rücksicht nehmen, als dieselbe mit der Umgestaltung der Keimblätter in nahem Connex steht. Es wäre freilich erwünscht, die Vorgänge der Metamorphose bei *Synapta* genauer zu verfolgen als es bisher geschehen ist; ich halte aber meine eigenen Beobachtungen und betreffenden Zeichnungen noch für zu ungenügend, um dieselben schon jetzt veröffentlichen zu sollen, und berufe mich vorläufig auf die Abbildungen, welche JOH. MÜLLER in seinen berühmten Abhandlungen über die Larven und Metamorphose der Echinodermen, ferner METSCHNIKOFF l. c. gegeben haben.

#### 1. Der Urdarm.

Bei den bisher untersuchten Echiniden, bei *Ophioglyphia lacertosa*, *Cucumaria Planci* und *Holothuria tubulosa* geht die Mesenchymbildung der Gastrulation voraus; umgekehrt bei *Synapta*, wo die Abschnürung der Mesenchymkeime erst erfolgt, nachdem der Urdarm sich eingestülpt hat. Diese Verschiebung in der zeitlichen Aufeinanderfolge ist bei der *Synapta* offenbar als eine recente oder „caenogenetische“ zu deuten — wie denn diese Form bekanntlich auch in anderen Hinsichten (durch Rückbildung des Ambulakralsystems, durch die sonderbare Entstehungsweise der Mesodermsäcke) manche Eigenthümlichkeiten aufweist, welche darauf hindeuten, dass wir es hier mit einem in ausgiebigem Maasse modificirten Echinoderm zu thun haben. Für diese Auffassung spricht auch die abweichende Anlage des Mesenchyms.

Ein Blick auf die Figuren 81—87 lehrt, wie der Urdarm schon sehr frühzeitig mit seinem freien Ende sich gegen die Rückenfläche neigt, wie er dann, während der erfolgenden Abschnürung der Mesenchymkeime, mit dem Ektoderm in Contact tritt und sich im „Rückenporus“ nach aussen öffnet.<sup>2)</sup> Unter Vermehrung seiner Zellen biegt er

1) Eine Zusammenstellung unserer bisherigen Kenntnisse findet sich bei LOWE, l. c.

2) JOH. MÜLLER hat in der vierten seiner berühmten Abhandlungen über die Larve und die Metamorphose der Echinodermen ein solches Entwicklungsstadium abgebildet; irrtümlich bezeichnet er den Porus als Mund. Seine in Figur 1 auf Tafel II gezeichnete Larve ist nicht mehr ganz normal.

sich hierauf knieförmig ein (Fig. 84) und wendet sich, unter gleichzeitigem Längenwachsthum, in entgegengesetzter Richtung gegen die Bauchseite hin. Noch ehe er diese erreicht, wird die Communication zwischen beiden Abschnitten des Urdarms V und i, nahe der Umbiegungsstelle, unterbrochen und damit eine Scheidung des Urdarms in Darm i und Vasocoelomsack V eingeleitet.<sup>1)</sup> Gleichzeitig erweitert sich das Vorderende des Darms ein wenig zu einem Kolben, welcher zum Vorderdarm der Larve wird (K).

Nach diesen Vorgängen erst gelangt der Vorderdarm in Contact mit dem Ektoderm, welches sich an der Berührungsstelle deutlich napfartig einbuchtet, bald in offene Verbindung mit dem Darne tritt (Fig. 86) und den Mund der Auricularie, den Larvenmund, bildet.

Sowohl der Larvendarm wie der Vasocoelomsack bilden ein einschichtiges Rohr, dessen Zellen Geisseln tragen.

Der Gastrulamund oder Blastoporus persistirt, ebenso der Larvenmund. Beide Oeffnungen werden aber bekanntlich im Laufe der Entwicklung in das Körperinnere hineingezogen.

Nachdem der Larvenmund entstanden ist, lockert sich die Verbindung des Vasocoelomsacks mit dem Vorderdarme mehr und mehr, bis endlich die vollständige Trennung erfolgt (Fig. 86—87). Anfangs scheinen sämtliche Zellen des Vasocoelomsacks Geisseln zu besitzen, nach dessen Loslösung vom Larvendarm bemerkte ich feine Wimperhärchen nur in der Nähe des Porus.

Die bei den Holothuriën ganz eigenartige Ausbildung und der Zerfall des Urdarmdivertikels in zwei laterale Coelomsäcke und einen unpaaren Wassergefässsack wurde von METSCHNIKOFF (l. c.) bei *Synapta digitata*, von mir selbst bei *Cucumaria Planci* und *Holothuria tubulosa* genauer beschrieben und abgebildet. Bei allen drei genannten Arten vollzieht sich der Prozess in wesentlich gleicher Weise: Nachdem der Urdarmdivertikel oder Vasocoelomsack sich zu einem links neben dem Darne gelegenen wurstartigen Schlauche verlängert hat, zerfällt er zunächst in zwei Abschnitte, von denen der mit dem Porus in Verbindung bleibende zum Wassergefässsystem wird, während der von ihm losgelöste Schlauch sich mit seinem hinteren Ende hufeisenartig auf die rechte Seite des Darms hinaufbiegt, dann in der Mitte sich zweitheilt, in Form zweier getrennten Gebilde dem Mitteldarm rechts und links sich auflagert und so die beiden, von JOH. MÜLLER als „wurstförmige Körper“ bezeichneten Coelomsäcke darstellt.

## 2. Das Wassergefässsystem.

Die Gliederung des Wassergefässsacks in den Steinkanal und den Ringkanal mit seinen Anhängen (Tentakel, Ambulakralgefäße, POLI'sche Blase), sowie die örtliche Ver-

1) Die bisher gebräuchlichen Ausdrücke bedürfen der Vereinfachung und Umdeutung. Ich will die sog. „Vasoperitonealblase“ als Vasocoelomsack, die „Peritonealblasen“ als Coelomsäcke bezeichnen.

schiebung und Umbildung des letzteren zu einem den Vorderdarm umfassenden Ringe darf ich als bekannt voraussetzen, und beschränke mich darauf, die histologische Differenzirung dieser Gebilde zu schildern.

Die einzelnen Abschnitte des Wassergefässsystems erleiden, von ihrer Entstehung an bis zur Ausbildung der Larve zur Wurmform, folgende histologische Umwandlungen.

1. Ganz allgemein erhält sich ein innerer Epithelbelag. Je nach den wechselnden Contractionszuständen erscheinen diese Epithelzellen abgeplattet oder cylindrisch; etliche unter ihnen functioniren auch später noch als Flimmerzellen.

2. In allen dem Wassergefässsacke entstammenden Gebilden erzeugen die Epithelzellen einen äusseren Beleg von contractilen Fasern, der zur Längs-, in der POLI'schen Blase allein vielleicht zur Ringmuskulatur wird. Nur am Ringkanal selbst konnte ich einen solchen Muskelbeleg nicht erkennen.

a) Zuerst beginnt diese gewebliche Differenzirung in den Tentakeln, wo sie METSCHNIKOFF (l. c.) zuerst entdeckte. Schon zur Zeit wo der später zum Ringkanal sich gestaltende Abschnitt erst Halbkreisform besitzt und mit dem Vorderdarm noch gar nicht in Contact getreten ist, beginnen, wie auch METSCHNIKOFF<sup>1)</sup> neuerdings beobachtete, die Tentakel schwache Bewegungen auszuführen, die allmählig zu recht ausgiebigen Contractionen anwachsen und dann ungefähr den gleichen Eindruck auf den Beschauer hervorrufen, wie die tastenden Bewegungen der Tentakel beim erwachsenen Thiere. Am frischen Gewebe ist lediglich das innere Epithel deutlich zu erkennen, nach Zusatz von Säuren tritt aber ein System schmaler äusserer Längsbänder hervor (Fig. 96), die Längsmuskulatur. An der Wurzel der Tentakel hören dieselben auf, ihr Verhalten an dem freien Ende des Tentakels konnte ich nicht deutlich erkennen.

Es kann kein Zweifel darüber aufkommen, dass diese Längsmuskulatur in Wahrheit von der Epithelwand des Wassergefässsystems stammt. Sowohl an frischen mit Reagentien behandelten Thieren als auch an zahlreichen Schnittserien gehärteter und gefärbter Larven verschiedensten Alters vermochte ich zu constatiren, dass diese Muskelfasern nicht, wie ich früher meinte, von Mesenchymzellen gebildet werden, die ja allerdings schon frühe an den Wassergefässsack herantreten, aber auf den Tentakeln nur ganz vereinzelt angetroffen werden, wenn die erwähnte Differenzirung beginnt. Contractile Längsfasern sind überhaupt erst nachweisbar, nachdem die Tentakel eine mässige Grösse erreicht haben, aber bis zu diesem Zeitpunkte und noch darüber hinaus bleiben bei der Synapta die Mesenchymzellen den Tentakeln selbst fast immer oder häufig fern.<sup>2)</sup>

b) Ebenso lässt sich die Entstehung der contractilen Fasern aus dem Wandepithel bei den 5 Ambulakralkanälen nachweisen. Diese erscheinen anfangs in

1) Ueber die systematische Stellung von *Balanoglossus*. Zoologischer Anzeiger No. 78. IV. Jahrgang, 14. März 1881, pag. 141.

2) Ausserordentlich viel zahlreicher sind die Mesenchymzellen bei der *Cucumaria Planci* vorhanden.

Form knopfartiger hohler Ausbuchtungen zwischen den 5 Tentakelanlagen; wenn dann später der „Ringkanal“ sich zum Kreise zu schliessen beginnt (Fig. 92), wachsen die Ambulakralanlagen zu kurzen Schläuchen aus. Aber sehr langsam nur schreitet ihr Wachsthum fort, und erst nachdem das „Mundschild“ ins Innere des Larvenkörpers gelangt ist und sowohl die Tentakel kappenartig umkleidet als auch in Gestalt von fünf Nervenzweigen sich den fünf Ambulakralkanälen aufgelagert hat, verlängern sich die letzteren wesentlich (Fig. 94—95). Eigenbewegungen der Ambulakralkanäle waren aber auch dann noch nicht wahrzunehmen, und ebensowenig vermochte ich schon zu dieser Zeit einen Muskelbeleg an denselben aufzufinden. Dies gelang erst bei Larven, welche auf dem Uebergange der Tonnenform zur Wurmform standen (METSCHNIKOFF's Fig. 21 A). Bei diesen sowie bei älteren Thieren ist zumal an gefärbten Schnittpräparaten mit aller wünschenswerthen Schärfe zu erkennen, wie die Ambulakralstämme einen Beleg von Längsfasern tragen, der an der Aussenseite mächtiger entwickelt ist als an der Innenseite. Bei dem lebenden Thiere dokumentirt sich die Existenz dieser Längsmuskelfasern in kräftigen Contractionen (Fig. 97—98). Anfangs liegen die Ambulakralkanäle (ein Lumen konnte in denselben nicht mehr nachgewiesen werden, wiewohl ein solches noch existiren mochte) den Coelomsäcken locker auf, verschmelzen jedoch später mit diesen auf das Innigste und sollen nach METSCHNIKOFF alsbald „nicht mehr ausserhalb der Ringmuskulatur liegen, wie das früher der Fall war, sondern innerhalb derselben.“

c) Die POLI'sche Blase erhält, wie schon BAUR richtig abbildete, einen Beleg von Ringmuskeln, die vielleicht in gleicher Weise entstehen wie die Längsmuskulatur in allen andern Aussackungen des Ringkanals, doch habe ich das nicht näher verfolgt. Ob auch der Ringkanal selbst einen ähnlichen Muskelbeleg erzeugt, konnte ich ebenfalls nicht erkennen; Contractionen desselben habe ich während des Larven- und Puppenlebens nicht bemerkt.

### 3. Die Coelomsäcke.

Die histologische Differenzirung der Coelomsäcke ist die gleiche wie die des Ambulakralsacks mit seinen Verzweigungen: es persistirt das Epithel als Coelomepithel, während sich peripherisch ein Beleg von contractilen Fasern, und zwar von Ringmuskelfasern abspaltet. Das äussere Blatt des (vereinigten) Coelomsacks bildet die Ringmuskulatur der Körperwand, wie das METSCHNIKOFF schon richtig erkannte, das innere die Ringmuskulatur des Darms; letztere Umwandlung konnte METSCHNIKOFF nicht direkt beobachten. Diese Umwandlungen lassen sich bei den durchsichtigen Larven der Synapta Schritt für Schritt verfolgen.

Solange die Coelomsäcke (wurstförmige Körper JOH. MÜLLER, Peritonealsäcke) noch in symmetrischer Weise rechts und links neben dem Mitteldarm liegen, ruht ihr Aussen- und Innenblatt fest aufeinander, so dass man häufig nur mit Hilfe von Reagentien

den inneren Gewebsspalt zu erkennen vermag. Nachdem dann der linke Coelomsack in bekannter Weise mit der Wassergefässanlage in Contact getreten ist, vergrössern sich die Coelomsäcke, kommen mit einander in Berührung und verschmelzen allmählig zu einem Hohlringe; diese Vereinigung beginnt an der Bauchseite und erfolgt später auch auf der Rückenseite des Darms (Fig. 92).

Während dieser Vorgänge bleibt der histologische Bau der Coelomsäcke, abgesehen von der Dickenzunahme besonders der äusseren Wand, selbst nach erfolgter Verschmelzung derselben zu einem cylindrischen Hohlringe, unverändert; ihre Wandung besteht aus einem einschichtigen Zellenlager. Und erst wenn die „Puppenform“ nahezu durchlaufen ist und die Thierchen am Boden der Gefässe mittels ihrer Tentakel umherzukriechen anfangen, erweitert sich das Lumen des Coelomsacks zu einem weiten Raum: in diese Zeit fällt die Entstehung des Ringmuskelbelegs.

In Figur 97 ist das Hinterende eines wurmförmigen Jugendthieres dargestellt. Die Abbildung ist nach einem lebenden Thiere, welches in der feuchten Kammer fixirt war, angefertigt und zwar derartig ausgeführt, als wäre durch einen Schnitt ein Theil der Körperwand E, des äusseren Blattes des Coelomsacks sM und des inneren Blattes des Coelomsacks vM entfernt, sodass an einer Stelle die Darmwand i frei zu Tage liegt. Auch zwei der Längsmuskeln x nebst den sie begleitenden Nervenstämmen N sind abgeschnitten. Der Coelomsack bildet hier noch einen frei in der Furchungshöhle flottirenden ringförmigen Schlauch, der nur in der Nähe des Ringkanals mit den benachbarten Organen und in der Nähe des Afters auf kurze Strecke mit dem Enddarm innig verschmolzen ist. Sowohl zwischen Darm und visceralen Blatte des Coelomsacks einerseits, als zwischen Körperwand und somatischem Blatte andererseits existirt noch ein mit Flüssigkeit erfüllter Zwischenraum, der ein Ueberrest der Furchungshöhle ist und erst später dadurch zum Verschwinden gebracht wird, dass die Wandungen des Coelomsacks mit der Körperwand sowohl als dem Darne in Berührung und Verlöthung treten.

Von Aussen nach Innen fortschreitend, treffen wir in dem durch Figur 97 dargestellten Hinterende demnach folgende Organe und Hohlräume an:

1. Die ektodermale Körperwand E, bestehend aus einer einfachen Lage stark abgeplatteter Zellen. Die Kerne liegen zerstreut.
2. Ein Lager von Cutiszellen (METSCHNIKOFF).
3. Ein ringförmiger Hohlraum als Rest der Furchungshöhle, nebst vereinzelt Wanderzellen und Skeletkörpern (Kalkkugeln und Rädchen).
4. Die fünf Nervenstämme.
5. Die fünf Ambulakralkanäle mit ihrem contractilen Belege, den 5 Längsmuskeln.
6. Das somatische Blatt des Coelomsacks, bestehend aus den peripherisch gelegenen Ringmuskelfasern und dem inneren Coelomepithel (Plattenepithel mit vereinzelt Wimperzellen).

7. Das Coelom (Enterocoelom), von vereinzelt Muskeln durchsetzt, welche vom somatischen zum visceralen Coelomblatt ziehen; spärliche Blutkörperchen von der Gestalt sternförmiger Zellen flottiren in der Coelomhöhle.
8. Das viscerele Coelomblatt, bestehend aus dem peripherischen Coelomepithel (Plattenepithel nebst vereinzelt Wimperzellen) und dem inneren Ringmuskelbeleg.
9. Ein ringförmiger Hohlraum zwischen visceralem Coelomblatt und Darmwand. Mesenchymzellen scheinen hier zu fehlen oder sind doch nur äusserst spärlich vorhanden.
10. Die einschichtige Darmwand, aus Cylinderepithel bestehend.
11. Das Darmlumen.

Etwas complicirter gestalten sich diese Verhältnisse in der Körpermitte wo die Blutgefässe hinzukommen, und besonders am Schlundkopfe, wo durch Umwachsungen und Verschiebungen der Organe ein recht complicirtes Bild erzeugt wird. Ich bin im Besitze zahlreicher Präparate von den verschiedensten Entwicklungsphasen der Synapta, und habe auch schon eine Anzahl Zeichnungen sowohl nach frischen als gehärteten Geweben angefertigt; da mir dieselben aber nicht genügen, und da ihre Mittheilung und Besprechung über die Grenzen des Thema's, welches ich mir vorläufig gesteckt hatte, hinausgehen, so verspare ich mir die Ergänzung und Publication derselben auf eine spätere Zeit.

#### IV. Abschnitt. Zusätze.

##### 1. Das Nervensystem der Synapta digitata.

Tafel X.

Das Nervensystem ist eine reine Ektodermbildung. Es entsteht in Gemeinschaft mit den Tentakelkappen aus einer verdickten Ektodermlatte, welche beim Uebergang der Auricularia in die Puppen- oder Tonnenform nach METSCHNIKOFF (l. c.) folgendermassen zu Stande kommt. Aus dem der Bauchseite angehörigen Theile der Wimpersehnur gehen zunächst zehn isolirte Stücke hervor. „Von diesen stehen vier der Mundöffnung am nächsten: die zwei ein Paar bildenden Seitenbiegungen der Wimpersehnur, ferner die horizontalen Abschnitte der beiden sogenannten Marquisen.“ Diese vier Abschnitte treten zum Parallelogramm zusammen, in dessen Mitte sich der Vorderdarm („Schlundröhre“) „prolabirt“, und erzeugen „eine Art Ring“ um denselben. Dann „stülpt sich der prolabirend gewesene Oesophagus in's Innere des Körpers hinein, wobei auch der ihn umgebende, aus der longitudinalen Wimpersehnur hervorgegangene Ring, sowie

noch ein Theil der dünnen Epidermis in's Innere der Auricularia aufgenommen werden. Der eben erwähnte Ring kommt nunmehr in nächste Berührung mit dem den Schlund umschliessenden Wassergefässsystem, auf dessen einzelnen Abschnitten er sich in Form eines dicken Wulstes ausbreitet.“ Dieser auf dem Wassergefässsystem liegende „Körper“ theilt sich dann „in zehn Abschnitte, wovon fünf zum Epidermistüberzuge der Tentakel werden, während fünf andere sich auf den fünf kleineren Blinddärmchen der Wassergefässanlage ausbreiten und mit ihnen zusammen in der Richtung nach unten wachsen.“

Diesen Angaben kann ich Folgendes hinzufügen.

Die fünf ektodermalen Tentakelkappen, wie ich sie nennen will, erscheinen schon frühzeitig auf der den Mund umstellenden verdickten Ektodermpartie, die ich als Mundschild bezeichne, in Form von fünf Verdickungen (Taf. X). Innerhalb derselben liegt der ringförmige Mundwulst, der nichts anderes ist als der schon bei der Auricularia vorhandene Ektodermwulst des Mundrandes. Ich habe nun wegen Mangels an Material nicht entscheiden können, in welcher Weise die fünf Tentakelkappenanlagen mit dem Mundwulst verschmelzen oder zusammenfliessen. Sicher ist aber, dass die fünf Nervenstämme (Taf. X) aus derjenigen Partie des (eingezogenen) Mundschildes hervorsprossen, welche der Lage nach dem Mundwulst entspricht; und da an gleichem Orte die Anlage des Nervenringes vor sich geht, so ist es in hohem Grade wahrscheinlich, dass das gesammte Nervensystem aus dem Mundwulste der Auricularia stammt.

METSCHNIKOFF hält irrthümlich die fünf Nervenstämme für Bildungsherde der fünf Längsmuskeln. Diese Deutung ist unrichtig. An frischen und auch an gehärteten und gefärbten Thieren sowie an Schnitten habe ich das allmählig fortschreitende Längenwachsthum der fünf Nervenstämme verfolgen können und mich überzeugt, dass diese Gebilde eben nur die Nervenstämme repräsentiren. Anfangs erscheinen sie in Gestalt solider Knospen (Fig. 94, N), welche sich dadurch fast löffelartig verflachen, dass sie sich den kurzen Ambulakralkanälchen auflagern (Am). Beim Längenwachsthum halten Ambulakralkanal und Nervenstrang gleichen Schritt (Fig. 95, N, Am), bis endlich der letztere den ersteren überragt. Ganz allgemein ist der Nervenstrang breiter und voluminöser als der Ambulakralkanal (Fig. 98).

Was den Nervenring betrifft, so kann es keinem Zweifel unterliegen, dass derselbe ebenfalls dem Mundschilde entstammt. Aus Längs- und Querschnitten durch Larven verschiedenen Alters lässt sich erkennen, dass die aus dem „Mundschild“ hervorsprossenden fünf Wurzeln der Längsnervenstämme aus einem mehrschichtigen Zellenlager entspringen, das während des Tonnienstadiums der Larve noch nicht abgesetzt erscheint von den umgebenden Partien (Fig. 95), bei den zur Wurmform übergehenden Larven aber als ringartige Verdickung hervortritt. Die detaillirte Besprechung dieser Befunde muss ich mir vorbehalten.

## 2. Mund und After der *Synapta digitata*.

Bei allen Thieren der verschiedensten Entwicklungsphasen von der Auricularia bis zur Wurmform habe ich eine vordere und hintere Communication des Darmes mit der Aussenwelt wahrgenommen; ich behaupte daher, dass Mund und After bei *Synapta digitata* persistiren, obwohl beide ihre ursprüngliche Lage nicht beibehalten.

Bei der Gastrula liegt der Urmund genau im hinteren vegetativen Pole. Bald jedoch wird er auf die Bauchfläche gedrängt, indem die Rückenfläche sich vergrössert und nach unten und hinten vorwölbt (Fig. 89), bis er endlich wieder, mit der Abgfätung der Auricularia zur Tonnenform, an das Hinterende des Körpers geräth (Fig. 94). Ob und in wie weit hierbei ein Theil des Ektoderms in das Innere gelangt, habe ich nicht bestimmt entscheiden können; doch scheint das der Fall zu sein.

Der Larvenmund (Fig. 87—89, o) kommt auf der Bauchseite durch eine schüsselförmige Einbuchtung des Ektoderms, welche mit dem Vorderdarm in Verbindung tritt, zu Stande. Bei der jungen Auricularia verdickt sich sodann der (als Ektodermbildung aufzufassende) Mundrand zu einem Wulste, der nach unten anfangs durch den hasenschartenartigen Einschnitt der Mundöffnung winklig geknickt erscheint, sich während des Uebergangs der Auricularia zur Tonnenform aber allmählig zum Kreise rundet und in der Bildung des Mundschildes aufzugehen scheint (Fig. 92—93).

Dieses Mundschild erzeugt zunächst fünf Verdickungen, die Anlagen der Tentakelhauben r, stülpt sich dann in's Innere ein, indem es die umgebenden Partien des Ektoderms zum Kanale auszieht (Fig. 94) und bildet endlich die fünf Tentakelkappen (Fig. 55 r) sowie den Nervenring nebst den fünf Hauptnervenstämmen (N).

Zugleich beginnt die Mundöffnung von der Bauchseite gegen den oberen Pol hinaufzurücken. Die Beobachtung lehrt, dass die Umwandlung der rückläufigen Wimper schnur der Auricularia in die fünf Wimperreihe der Tonnenform so vor sich geht, dass diese Wimperreihe zuletzt auf der Bauchseite zur Vereinigung gelangen; die Mundöffnung wandert nun, wie sich aus den verschiedenen Entwicklungsstadien erkennen lässt, in der Weise gegen den oberen Pol, dass sie die Niveau's der vor ihr liegenden Wimperzonen überschritten hat, bevor dieselben sich zu Ringen schliessen. Während dieser Wanderung der Mundöffnung auf das Vorderende (des wurmförmigen Thieres) verlängert sich der von der Aussenwelt ins Mundatrium führende Kanal continuirlich, und man darf wohl annehmen, dass hierbei immer neue Partien des Ektoderms in die Bildung desselben hineingezogen werden; jedoch ist die Zahl der hierbei sich betheiligenden Ektodermzellen, nach der Spärlichkeit der dem Zuleitungskanal eingelagerten Kerne zu schliessen, eine geringe.

Erst gegen das Ende des Larvenlebens verkürzt sich der erwähnte Kanal wieder, und seine Wandung scheint im Mundatrium aufzugehen.

### 3. *Cucumaria Planci*.

Eines der ungünstigsten Objecte für das Studium der Umwandlung der Keimblätter in die definitiven Organe ist unter den Holothurien die *Cucumaria Planci* (= *doliolum* autt.). Die Veranlassung, dieses Thema in Angriff zu nehmen, gab mir (vor nunmehr 9 Jahren) eine Arbeit KOWALEVSKY's<sup>1)</sup>, welche wegen der Unbestimmtheit der Resultate wohl geeignet war, zu erneuter Untersuchung aufzufordern. Ich sollte mich jedoch bald überzeugen, dass die Mangelhaftigkeit der Angaben dieses eminenten Forschers seinen guten Grund hatte. Die Eier der *Cucumaria Planci* sind vollkommen undurchsichtig, und erst im Laufe der Entwicklung beginnen die Larven sich aufzuhellen. So sah ich mich denn veranlasst, auf indirektem Wege, nämlich mit Hilfe der damals noch nicht allzuweit geförderten Härtungs- und Schnittmethode, ein Bild von der Anlage und Umgestaltung der Keimblätter zu gewinnen.<sup>2)</sup> Ich war nicht so glücklich, die erhaltenen Resultate an einem günstigeren Objecte prüfen zu können; denn die nach manchen vergeblichen Versuchen endlich aufgefundenen befruchteten Eier der *Holothuria tubulosa* gelangten nicht zur vollständigen Entwicklung, indem die Larven, nachdem sie die Gestalt der *Auricularia* angenommen, abstarben.

Nachdem ich jetzt die Entwicklung der *Synapta digitata* näher habe kennen lernen, bin ich zu der Ueberzeugung gelangt, dass meine früheren Anschauungen betreffs der Entwicklung der *Cucumaria Planci* in einem wesentlichen Punkte der Berichtigung bedürfen.

METSCHNIKOFF<sup>3)</sup>, der schon im Jahre 1869 die Entwicklung der *Synapta digitata* untersuchte, bestempelt diejenigen Zellen, welche wir hier als Mesenchymzellen bezeichnet haben, mit dem Namen Cutiszellen, in der Meinung, dass sie sich lediglich zur Cutis umbildeten. Ich hatte mich nun aber grade im Gegensatz dazu überzeugt, dass ein Theil derselben zur Ringmuskulatur des Vorderdarms wird, eine Thatsache, welche METSCHNIKOFF ganz entgangen war, und glaubte diesen beobachteten Differenzirungsprozess auch für alle übrigen Mesenchymzellen in Anspruch nehmen zu müssen, eine Verallgemeinerung, zu welcher ich mich durch meine Schnittpräparate berechtigt glaubte, obwohl ich die endgültige Differenzirung der Mesodermzellen nicht Schritt für Schritt beobachten konnte; aber dieser Schluss war unrichtig.

Ein einziger Blick auf die junge wurmförmige Synaptenlarve lehrt, dass die Ringmuskulatur des Körpers in der äusseren Wandung des Coelomsacks liegt, wie METSCHNIKOFF

1) Beiträge zur Entwicklungsgeschichte der Holothurien (mit 1 Tafel). Mémoires de l'Acad. Imp. d. Sc. de St. Pétersbourg, VII<sup>e</sup> série, Tome XI, No. 6. 1867.

2) Zur Entwicklung der Holothurien (*Holothuria tubulosa* und *Cucumaria doliolum*). Ein Beitrag zur Keimblättertheorie. Zeitschr. für wissensch. Zoologie, XXII, pag. 155—178, Taf. IX—XIII.

3) Studien über die Entwicklung der Echinodermen und Nemertinen, mit 12 Kupfertafeln. Mémoires de l'Acad. Imp. d. Sc. de St. Pétersbourg, VII<sup>e</sup> série, Tome XIV, No. 8. 1869.

ganz richtig angiebt. Auch die von diesem Forscher behauptete Bildung von Längsmuskeln aus dem Epithel der Tentakelanlagen des Wassergefässsystems sind vollkommen richtig, und ich bedaure sehr, meine Untersuchungen nicht schon früher auf die Larven der Synapta ausgedehnt zu haben, dieses wundervolle Object, welches dem Beobachter eine Menge Thatsachen aufdrängt, welche ich mich früher bestrebt hatte, auf indirektem Wege einem höchst schwierigen Beobachtungsobjekte mühsam abzugewinnen.

Auf der andern Seite enthalten aber die Beobachtungen METSCHNIKOFF's mehrfache Irrthümer, die ich, lediglich zum Zwecke der Klärung in diesen Fragen, kurz bezeichnen will.

Es würde zu weit führen, wollte ich alle Differenzpunkte einer Discussion unterwerfen, welche betrifft der Organanlagen und Gewebsdifferenzirungen zwischen METSCHNIKOFF und mir auch jetzt noch bestehen; es scheint dies um so weniger von Nöthen, als ich in den vorhergehenden Kapiteln meine Anschauungen ausführlich zu begründen versucht habe, und ich begnüge mich daher, allein das Irrige unserer Ansichten kurz aufzuführen.

Unrichtig sind meine auf Cucumaria bezüglichen früheren Angaben, dass alle Mesenchymzellen zu Muskelgewebe werden; vielmehr bildet ein Theil derselben die Binde-substanzen. Daraus folgt consequenter Weise, dass die Muskeln zum Theil eben aus andern Anlagen, nämlich den Derivaten des Vasocoelomsacks, hervorgehen. Die Tentakel besitzen keine Ringmuskeln.<sup>1)</sup>

METSCHNIKOFF irrt in folgenden Punkten. Die Mesenchymzellen bilden nicht nur die Cutis resp. skeletogenen Gewebe, sondern auch die Ringmuskulatur des Vorderdarms.<sup>2)</sup> Die fünf Längsmuskeln entstehen nicht aus denjenigen Gebilden, welche METSCHNIKOFF als solche beschreibt, sondern vielmehr aus den fünf Ambulakralkanälen. Was METSCHNIKOFF für Anlage dieser Längsmuskeln hält, sind lediglich die fünf Nervenstämme.

Mit Unrecht nennt METSCHNIKOFF meine Abbildungen, betreffend die Entwicklung der Cucumaria Planci, „überaus schematisirt“. Gegen eine solche Verdächtigung, die ganz aus der Luft gegriffen ist, muss ich Protest einlegen. Der von mir in Figur 24 gegebene Zeichnung wüsste ich nur hinzuzufügen, dass die auf den Tentakelblasen lagernden Zellen, gemäss früherer Auseinandersetzung, den Epithelbelag des Ektoderms, d. h. die Tentakelkappen darstellen, während der die fünf Ambulakralgefässe umgebende Zellenbelag theils der Anlage der Nervenstämme, theils der Längsmuskeln entspricht. Was METSCHNIKOFF zu seinem ganz unberechtigten Ausspruche verleitete, ist vermuthlich die Häufigkeit und grosse Zahl der Mesenchymzellen bei Cucumaria Planci, die sich

1) In seinen „Studien“ giebt METSCHNIKOFF an, dass er in dem Wasserblindschlauch der Tentakeln contractile Muskelfasern beobachtete; von diesen seien „besonders“ die Längsfasern ausgezeichnet.

2) Neuerdings giebt METSCHNIKOFF von den Muskeln des Vorderdarms zu, dass sie „vielleicht“ nach dem von mir beschriebenen Modus aus Wanderzellen ihren Ursprung nehmen! Zool. Anzeiger No. 78.

eben in weit grösserer Zahl, als bei Synapta der Fall ist, zwischen die primitiven Organe einlagern. Ich habe die betreffenden Präparate aufbewahrt und behalte mir das Weitere vor.

## V. Abschnitt. Resumé und Schlussfolgerungen.

1. Die Furchung des Echinodermeneies ist eine aequale; das Ei der Synapta (und anderer Holothurien) furcht sich regulär ab, das der Ophiuriden (und Asteriden) pseudoregulär, das der Echiniden aequal mit polarer Differenzirung.

Der Begriff der aequalen Furchung lässt sich noch nicht scharf bestimmen. Ganz abgesehen davon, dass der aequale Furchungsprozess ganz allmählig in andere complicirtere Modi der Furchung übergeht, sodass eine Grenze sicherlich nur künstlich gezogen werden kann, sind die verschiedenartigen Modificationen der aequalen Furchung noch nicht genügend bekannt. Vorläufig kann man unter diese Kategorie alle diejenigen Arten der totalen Furchung subsumiren, bei denen a) die ersten beiden sowohl, als die ersten vier Blastomeren unter einander an Grösse sich gleich sind (indem zugleich wahrscheinlich die ersten zwei Blastomeren die rechte und die linke Hälfte der zukünftigen Gastrula oder Larve repräsentiren, mit Ausnahme der Asteriden und Ophiuriden), b) die Furchung im Allgemeinen ziemlich regelmässig verläuft, indem, abgesehen von der ersten, die Furchungsebenen wenigstens im Beginn mehr oder weniger regelmässig die Längsaxe des Eies abwechselnd der Länge nach und rechtwinklig schneiden. Was die erste aequatoriale Furchungsebene betrifft, so kann dieselbe entweder durch das Centrum des Eies gehen, oder aber dem Eipole ein wenig genähert einschneiden.

2. Die verschiedenen Furchungsarten der Eier der Echinodermen geben keinerlei Anhaltspunkte für die Stammesgeschichte, indem die Furchung grade bei den am weitesten modificirten Formen, wie bei der Synapta, am regelmässigsten, bei den aller Wahrscheinlichkeit nach den Ausgangsformen am nächsten stehenden Asteriden und Ophiuriden dagegen am regellosesten vor sich geht. Caenogenetische Einflüsse haben vermuthlich den typischen Bildungsmodus verändert, sodass nur das allgemeine Bild der aequalen Furchung allen Formen gemeinsam geblieben ist.
3. Die pellucide peripherische Protoplasmaschicht, welche beim Echinodermenei während des Actes der Befruchtung vom Dotter ausgestossen wird, umfließt im Laufe der Furchung alle Furchungszellen und stellt sozusagen die Bindemasse und zugleich die Trennungssubstanz zwischen denselben her; der gegen das Centrum des Eies zugekehrte Theil dieser Protoplasmaschichten gelangt in die Furchungshöhle und bildet, indem er sich mit dem wässrigen Inhalte mischt, den Gallertkern HENSEN's (dessen schleimige Beschaffenheit mit Unrecht von LUDWIG geläugnet wird).

4. Die Blastula der Echinodermen stellt nach abgelaufener Furchung einen Kugelmantel dar von überall gleicher Dicke; bei den Echiniden, wahrscheinlich auch bei den Asteriden und Ophiuriden, sind die Blastodermzellen an der unteren Fläche (in der Umgebung des vegetativen Poles) breiter, bei den Holothurien ringsum von gleicher Grösse.
5. Der Mesoblast entsteht bei allen Echinodermen in zweierlei Weise: a) aus zwei Urzellen des „Mesenchyms“, b) aus den Urdarmdivertikeln.
6. Die zwei Urzellen des Mesenchyms bilden sich bei den Echiniden zu zwei Mesenchymstreifen aus, welche nebst ihren Tochterzellen in Form von Wanderzellen in das Blastocoelom gelangen und schliesslich zweierlei Gewebe bilden, nämlich die Ringmuskulatur des Vorderdarms (Schlund nach JOIL MÜLLER) und die Cutis (Bindegewebe, skeletogene Substanz). Bei der Synapta kommt es nicht zur Bildung von zwei Mesenchymstreifen, indem hier im Gegensatz zu den übrigen Echinodermen die Gastrulation der Mesenchymanlage vorausgeht.
7. Die Urdarmdivertikel und deren Derivate (Coelomsäcke und Wassergefässe) bestehen anfangs aus einem einschichtigen Zellenlager, aus welchem später vereinzelte Zellen an die Peripherie treten, um einen Aussenbeleg einzelliger Muskeln zu bilden.
8. Die gesammte Längsmuskulatur der Synapta (bis zur kriechenden Wurmform) entstammt dem Wassergefässsystem. Längsmuskeln finden sich allein a) auf den Tentakelsäcken, b) auf den fünf Ambulakralkanälen des Wassergefässsystems.  
Ringmuskeln scheinen überhaupt garnicht aus den Wassergefässen hervorzugehen; denn die POLI'sche Blase erhält vielleicht ihren Ringmuskelbeleg von den sich ihr auflagernden Coelomsäcken.
9. Die gesammte Ringmuskulatur der Synapta entsteht a) am Vorderdarm aus Mesenchymzellen, b) im Uebrigen lediglich aus der Wand der Coelomsäcke, und zwar als Ringmuskelbeleg der Körperwand und des Darmes. Vereinzelt Coelomepithelzellen (Peritonealepithelzellen) durchsetzen das Coelom (Enterocoelom) und functioniren ebenfalls als contractile Zellen und als Mesenterien.
10. Die morphologische Bedeutung der Mesenchymzellen einerseits, der Urdarmdivertikel andererseits ist noch nicht zu eruiren. Dreierlei Hypothesen lassen sich über den Ursprung dieser Gebilde aufstellen.

Erstens. Die zwei Urzellen des Mesenchyms sind Homologa der beiden „Urzellen des Mesoblasts“ der Würmer, Mollusken, Arthropoden u. s. w., während die Urdarmdivertikel als Neubildungen anzusprechen sind. Für diese Annahme, die mir am plausibelsten erscheint, sprechen folgende Gründe.

Bei den Echiniden, vielleicht auch bei den Asteriden und Ophiuriden, repräsentiren die beiden Urzellen des Mesenchyms die Bildungsherde für zwei Mesenchym-

streifen, die in Bezug auf Lage und Entstehung den zwei „Mesodermstreifen“ der Würmer u. s. w. durchaus gleichen. Da nun wahrscheinlich die Echinodermen aus wurmähnlichen Geschöpfen entstanden sind, so erscheint es gerechtfertigt, diese Gebilde bei beiden Thiergruppen als homolog zu betrachten. Die untergeordnete Rolle, welche die Mesenchymkeime bei den Echinodermen spielen, wäre dann zu erklären durch die Entfaltung der Urdarmdivertikel, die — im Kampf ums Dasein zwischen den Geweben — die Mesenchymzellen in ihren Functionen beschränken und dieselben zum grossen Theil verdrängen — wie das in noch ausgiebigerem Maasse nach HATSCHKE bei dem Amphioxus der Fall ist, und auch bei den Ascidien, wo die beiden Urzellen des Mesenchyms überhaupt garnicht mehr zur geweblichen Differenzirung gelangen, sondern von den Urdarmdivertikeln (dem Mesoderm, secundären Mesoblast) remplacirt werden.

Zweitens. Die Urdarmdivertikel der Echinodermen sind als ursprünglich alleinige Bildungsherde des gesammten Mesoblasts zu betrachten, während die Mesenchymzellen als caenogenetische Bildungen anzusprechen sind. Auch für diese Hypothese lassen sich mehrere Gründe anführen.

Wenn man, und gewiss mit Recht, die wunderbare Gestaltung der Echinodermenlarven als Neubildungen auffasst, so ist man auch berechtigt anzunehmen, dass diese Hilfsorgane der Jugendthiere auch die Umbildung und Differenzirung der Grundblätter beeinflussen können und wohl auch Veränderungen derselben zu provociren vermögen zu einer Zeit, wo das Mittelblatt (die Urdarmdivertikel) noch garnicht gebildet ist. Analoge Fälle liessen sich aus verschiedenen Thierklassen aufzählen. Auffallend bleibt dann nur die lateralsymmetrische Gestaltung der beiden Mesenchymstreifen bei den Echiniden, die wegen ihrer Form und raschen geweblichen Umwandlung doch wohl nicht gut als Neubildung, viel eher als rudimentäres Keimblatt gedeutet werden können.

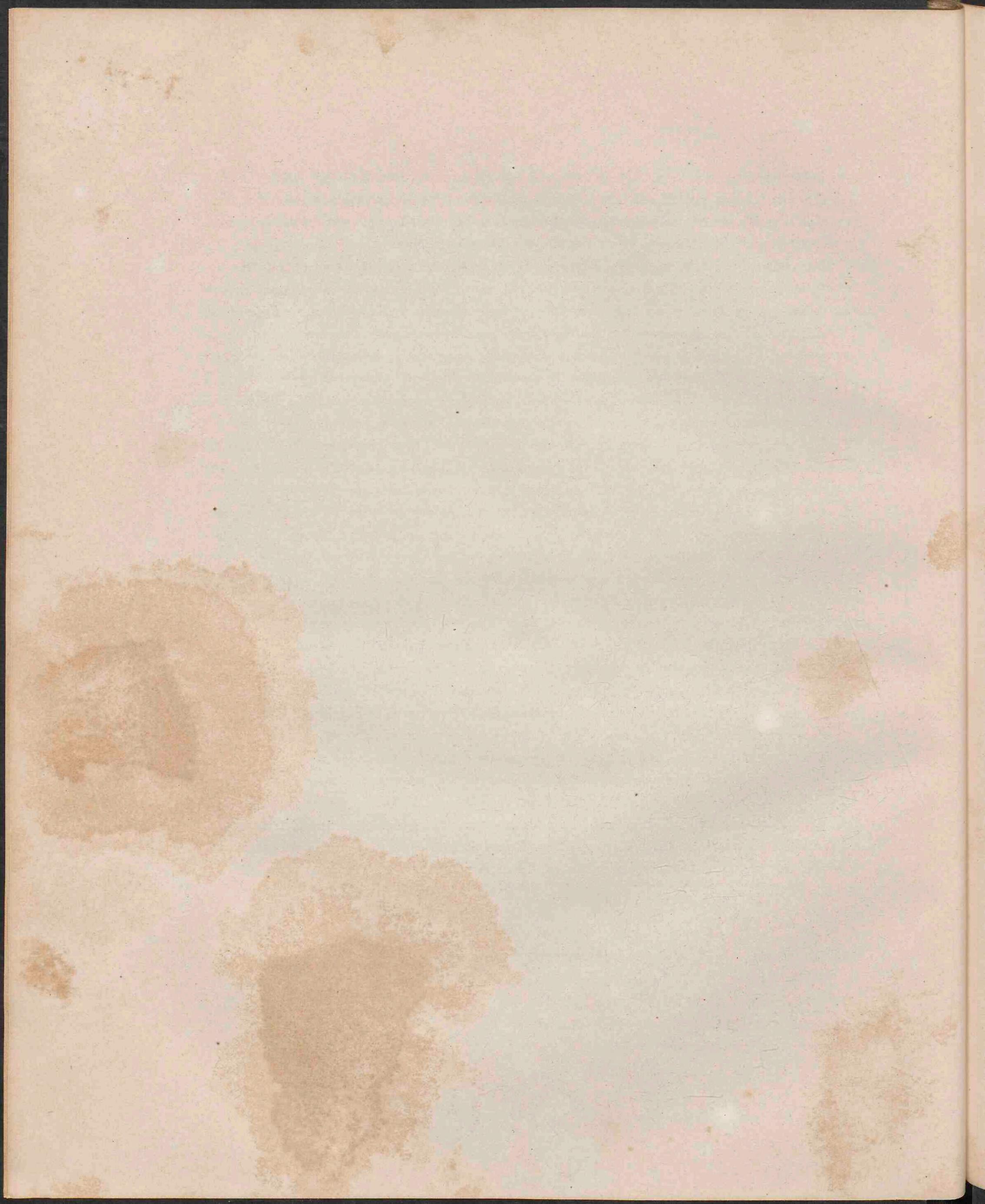
Drittens. Die Mesenchymzellen der Echinodermen sind Abschnitte der Urdarmdivertikel, die sich, in Folge des modificirten Larvenlebens, vorzeitig loslösten und früher als der übrige Abschnitt des Mesoblasts (die Urdarmdivertikel) zu geweblicher Differenzirung gelangten.

Diese Hypothese scheint mir annehmbarer als die zuletzt aufgeführte, weil sie nicht die Neubildung eines Keimblattes voraussetzt, sondern auf den einfacheren Process einer frühzeitigen Differenzirung des Mittelblatts hinausläuft. Zwingende Gründe zur Annahme dieser Entstehungsweise des Mesenchyms wüsste ich aber nicht beizubringen.

Für welche der besprochenen Hypothesen man sich auch entscheiden mag, so ist man in jedem Falle genöthigt anzunehmen, dass aus einem Keimblatte von epithelialen Charakter ein Mesenchym (im Sinne der Gebrüder HERTWIG) sich herausbilden kann, dass also beiderlei Gewebsformen nicht morphologisch

different sein müssen. Denn wenn die Urdarmdivertikel die ursprüngliche Gesamtanlage des Mesoblasts bei den Vorfahren der Echinodermen darstellten, so sind die Mesenchymkeime der Echinodermen Neubildungen, welche in letzter Instanz aus Keimblättern epithelialen Charakters abzuleiten wären; sind dagegen die Mesenchymkeime als die ursprüngliche Anlage des Gesamtmesoblasts zu betrachten und die Urdarmdivertikel dagegen eine Neubildung, so wird man zu der Annahme geführt, dass auf dem Wege der regressiven Keimblättermetamorphose sich bei den Echinodermen allmählig aus einem ursprünglich epithelialen Mesoblast ein Mesenchymgewebe gebildet habe — wenn anders die „Mesodermstreifen“ der höheren Würmer als modificirte Urdarmdivertikel zu betrachten sind, was doch wahrscheinlich richtig ist. Vermuthlich wird die vergleichende Embryologie der Nemertinen neue Anhaltspunkte zur Lösung dieser Fragen geben.

11. Das Nervensystem entsteht bei der Synapta aus dem Ektoderm, und zwar an der Bauchseite der Larve und in der nächsten Umgebung des Larvenmundes aus einem pentagonalen Mundschilde zugleich mit den Tentakelhauben.
12. Die Blutkörper der Wassergefäße entstehen aus losgeschnürten Epithelzellen der Wassergefässanlagen, die Blutkörper des Enterocoeloms aus losgeschnürtem Peritonealepithel (Coelomepithel).
13. Die Echinodermen stammen vermuthlich von wurmähnlichen Geschöpfen ab. Als Reminiscenzen dieser Herkunft sind anzuführen: 1) die Anlage des Mesenchyms (primären Mesoderms) in Form zweier Urzellen, 2) die lateralsymmetrische Anlage der Larvenorgane. Eine Verdickung des Blastoderms am animalen Pole findet sich zwar ebenfalls vor, doch verstreicht dieselbe schon im Gastrulastadium, ist demnach nicht als „Scheitelplatte“ zu deuten. Neu erworben erscheinen bei den Echinodermen die Urdarmdivertikel, die wahrscheinlich zuerst als paarige Gebilde auftraten und vielleicht in ihrer ersten Anlage ein paariges Excretionsorgan (nach GEGENBAUR's Ansicht) darstellten. Die ganz eigenthümliche Gliederung dieser beiden Urdarmdivertikel in Coelomsäcke und Wassergefäße entspricht physiologisch, aber nicht morphologisch jener Differenzirung, welche die Mesodermsäcke auch bei den Wirbelthieren, und in beschränkterem Maasse auch bei den höheren Würmern etc. erleiden, indem sich auch hier von dem Enterocoelom Höhlen und Kanäle abschnüren, aus welchen dann die Nieren und deren Ausführungsgänge hervorgehen.





## Tafel V.

### STRONGYLOCENTROTUS LIVIDUS, LAM.

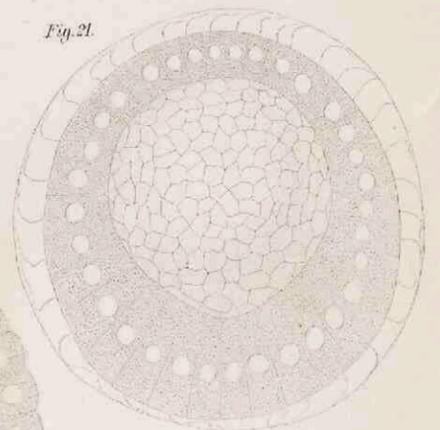
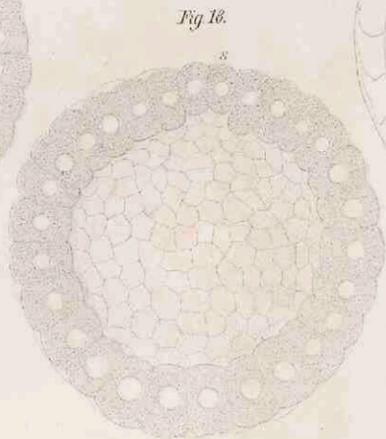
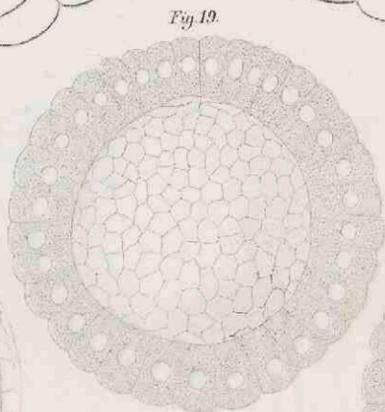
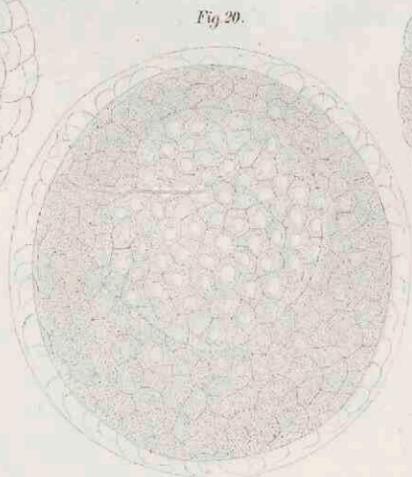
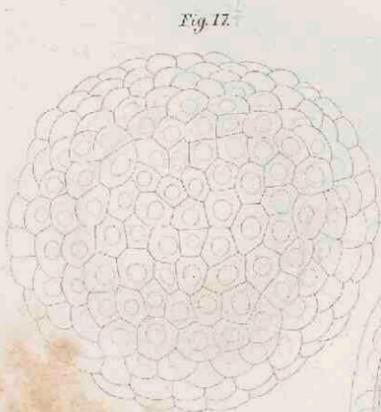
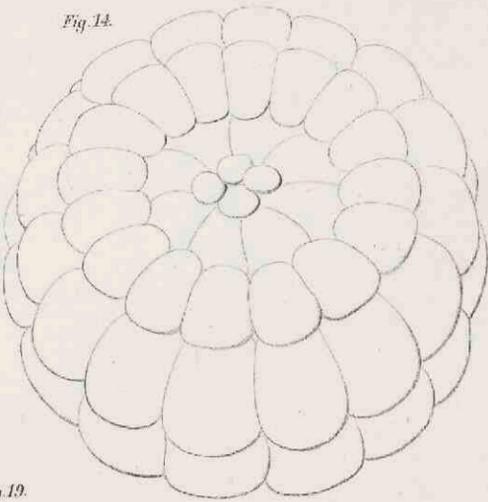
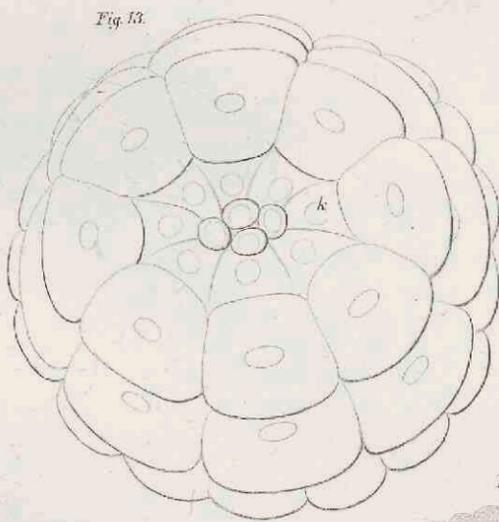
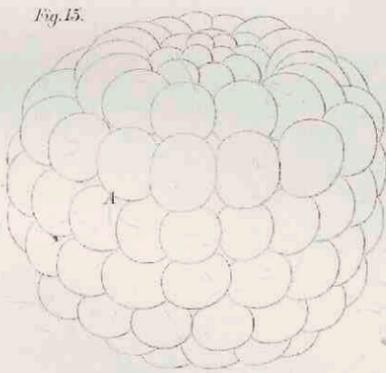
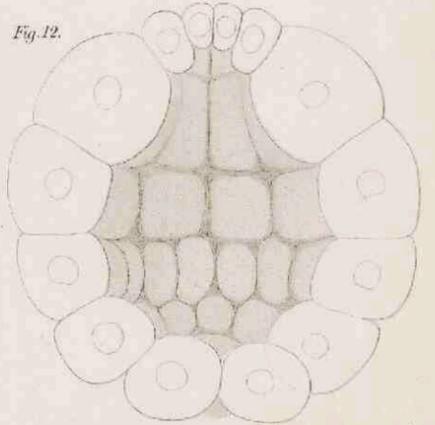
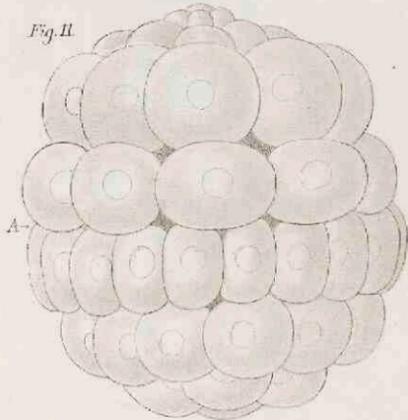
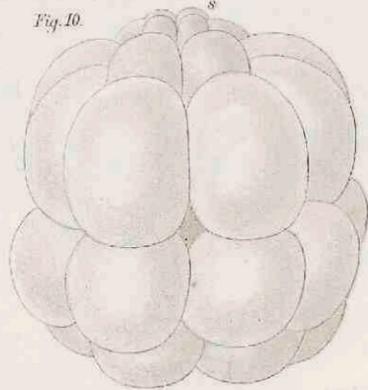
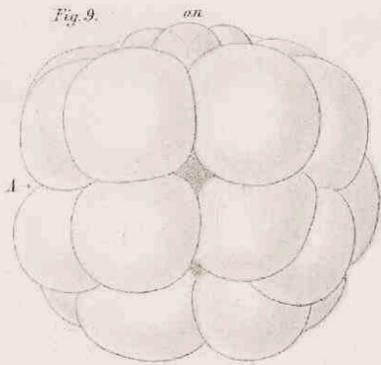
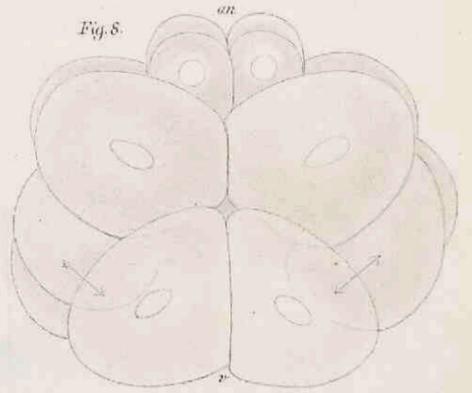
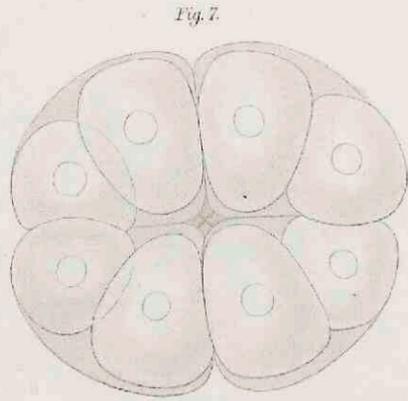
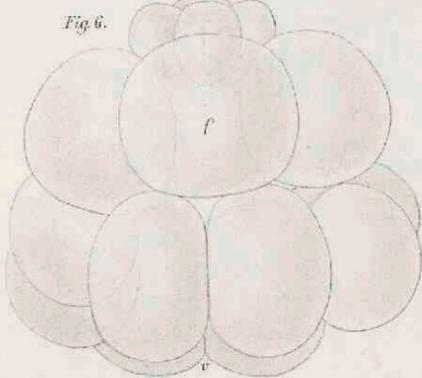
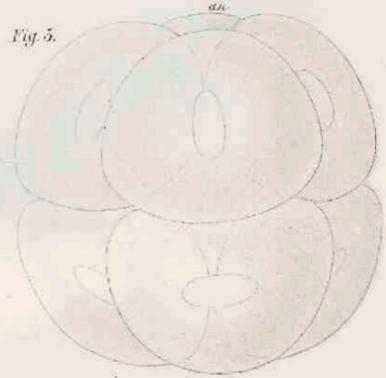
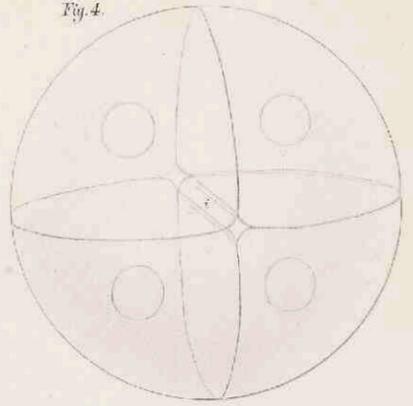
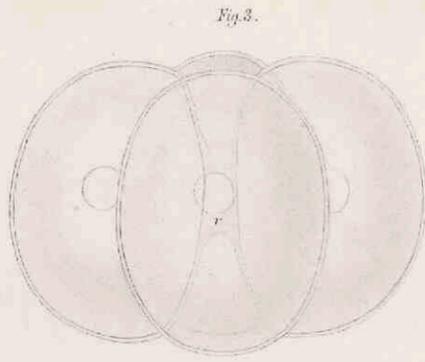
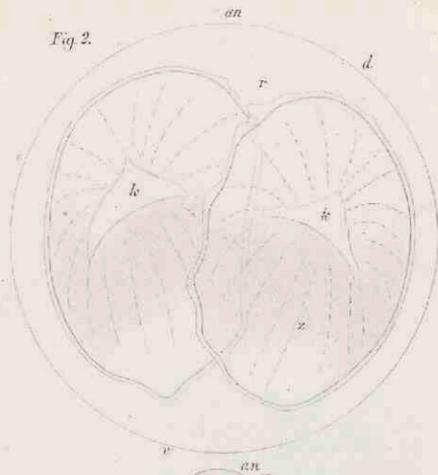
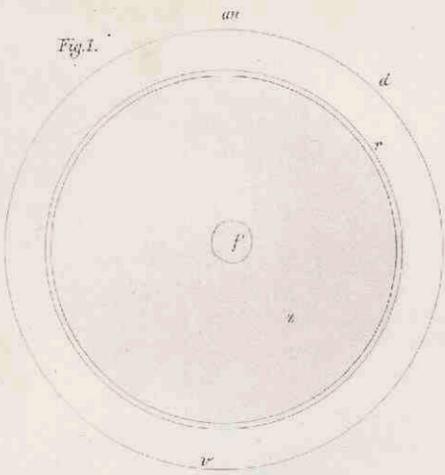
Alle Figuren sind mittels der Camera lucida nach frischen Eiern, nur Fig. 18 nach einem Osmiumpräparat gezeichnet.  
Die Dotterhaut ist in den Figuren 3—19 nicht eingetragen, sondern der Raumersparniss wegen fortgelassen.  
Vergrößerung etwa 300.

#### Gemeinsame Bezeichnung.

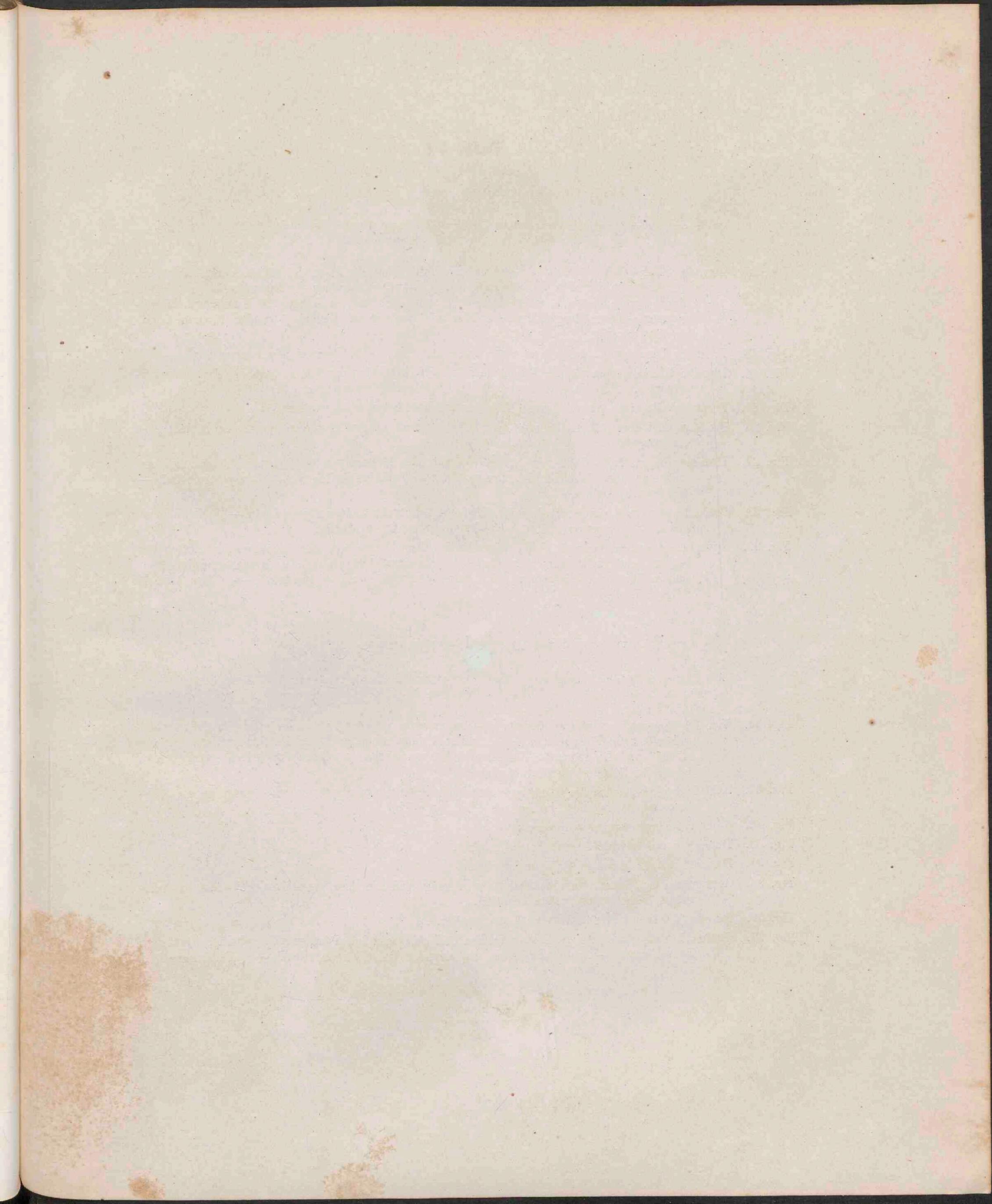
*A* Aequator.      *an* animaler (aboraler) Pol, „Eipol“.      *v* vegetativer (oraler) Pol.

- Fig. 1. Das Ei nach erfolgter Befruchtung. — *r* pellucide Protoplasmaschicht, welche während der Furchung zum Theil in die Furchungshöhle gelangt und zum „Gallertkern“ wird. — *f* Furchungskern.  
— *z* die in der oralen Eihälfte gelegene Zone von orangefarbenen Tröpfchen.
- Fig. 2. Die beiden gleich grossen Blastomeren (erster Ordnung). — Die Kernhöfe *k* liegen dem animalen Pole genähert.
- Fig. 3. Vier Blastomeren (zweiter Ordnung), von gleicher Grösse. — Die helle Protoplasmaschicht *r* hat sich im Centrum zwischen den vier Furchungskugeln angehäuft.
- Fig. 4. Dasselbe Ei, nach dem Collaps der Blastomeren. — *i* Protoplasma der Furchungshöhle. Der peripherische Theil desselben Protoplasmas ist hier und in den folgenden Figuren nicht mehr gezeichnet.
- Fig. 5. Acht Furchungskugeln, von ganz oder nahezu gleicher Grösse. 2 $\frac{1}{2}$  Stunde nach der Befruchtung. — Die Gestalt der Kerne lässt die Richtung, in welcher die Tochterzellen auseinander rücken, erkennen.
- Fig. 6. Sechzehn Furchungskugeln, in drei Zonen geordnet. Die Zellen der unteren Eihälfte sind zur Ellipse gruppirt. — *f* Furchungshöhle.
- Fig. 7. Dasselbe Ei vom vegetativen Pole aus gesehen.
- Fig. 8. Etwas älteres Stadium im Anbeginn der Weiterfurchung. — Die Pfeile verbinden Zellen gemeinsamen Ursprungs.
- Fig. 9. 28 Zellen. — Die Zellen der unteren Eihälfte haben sich zu zwei unregelmässigen Zonen geordnet, die der oberen Eihälfte liegen zu Kreisen gruppirt.
- Fig. 10. 32 Zellen. — Die 4 am animalen Pole gelegenen Zellen haben 4 kleine Scheitelzellen *s* abgeschnürt.
- Fig. 11. 60 Zellen. — Alle Zellen mit Ausnahme der 4 am animalen Pole gelegenen haben sich halbart.
- Fig. 12. Dasselbe Stadium im Durchschnitt. Man blickt in die Furchungshöhle.
- Fig. 13. Das gleiche Stadium, zehn Minuten später. Bei etwas stärkerer Vergrößerung schräg von oben gesehen.
- Fig. 14. 108 Zellen, schräg vom animalen Pole gesehen. Alle Zellen mit Ausnahme der beiden dem animalen Pole zunächst gelegenen Zellenkreise (4 + 8 = 12 Zellen) haben sich getheilt; mit Ausnahme der letzteren sind alle Zellen nahezu gleich an Volumen, wenn auch nicht immer an Gestalt. Vergrößerung gleich der der Fig. 13.
- Fig. 15. Ein gleiches Stadium, 10 Minuten später.
- Fig. 16. Dasselbe im optischen Längsschnitt, collabirt. — *s* die 4 Scheitelzellen.
- Fig. 17. Blastula, aus etwa 300 Zellen bestehend. Die Furchung ist beendet.
- Fig. 18. Gleiches Furchungsstadium; im optischen Durchschnitte. Osmiumpräparat.
- Fig. 19. Späteres Stadium, im optischen Durchschnitt. Die 4 Scheitelzellen sind nicht mehr zu unterscheiden von den benachbarten Blastodermzellen.
- Fig. 20. Etwas ältere Blastula. Jede Blastodermzelle trägt eine Geissel. In der unteren Eihälfte hat sich das Blastoderm verdickt; die Furchungshöhle ist kleiner geworden.
- Fig. 21. Dieselbe im optischen Durchschnitt.

Die Figuren 17, 19, 20 und 21 von HATSCHKE, die übrigen von SELENKA gezeichnet.







## Tafel VI.

### STRONGYLOCENTROTUS LIVIDUS, LAM.

Figur 22—27 nach Osmiumpräparaten, Figur 28—29 nach lebenden Larven gezeichnet.  
Die Geisseln sind nur in Fig. 28 mitgezeichnet.

- Fig. 22. Frontaler Durchschnitt. Zwei am vegetativen Pole gelegene Zellen des Blastoderms haben sich verkürzt, die Urzellen des Mesenchyms *M*. — Der über den 2 Mesenchymzellen gelegene Raum erscheint durch einen Ringwall von dem übrigen Raume der Furchungshöhle abgegrenzt; dieser Ringwall scheint hier wie auch in den beiden folgenden Figuren Kunstprodukt zu sein.
- Fig. 23. Frontaler Durchschnitt durch eine etwas ältere Blastula. — *M* die zwei Mesenchymzellen.
- Fig. 24. Dieselbe Blastula, ebenfalls im Längsschnitt, aber rechtwinklig zur Schnittebene der Fig. 23 durchgeschnitten. Nur die eine der beiden Mesenchymzellen ist sichtbar.
- Fig. 25. Frontalschnitt einer älteren Larve. Die Furchungshöhle hat sich erweitert.
- Fig. 26. Frontalschnitt einer älteren Larve. Alle Zellen, welche die beiden Mesenchymstreifen bilden, sind eingetragen.
- Fig. 27. Medianer Längsschnitt durch eine ältere Larve. Die Mesenchymzellen haben sich vermehrt und treten aus dem Verbande der übrigen Blastodermzellen in's Innere. — *v* vegetativer Pol. — *M* Mesenchymzellen.
- Fig. 28. Sagittaler (senkrecht zum Frontalschnitt stehender) Durchschnitt einer älteren Larve. — *M* Mesenchymzellen. — *g* vegetativer Pol. — *c* Ort des zukünftigen Mundes.
- Fig. 29. Optischer Äquatorialschnitt durch eine etwas ältere Larve (in der Richtung des Pfeiles der Fig. 28 und rechtwinklig zur Ebene des Papiers). Sämmtliche Mesenchymzellen *MM'* sind in Projection eingetragen; die Larve erscheint lateral-symmetrisch. — \* Der animale Pol (projicirt).

### ECHINUS MICROTUBERCULATUS, BLAINV.

Alle Figuren mittels der Camera nach frischen Eiern gezeichnet. — Die Dotterhaut ist weggelassen.  
Vergrößerung etwa 400.

- Fig. 30. Vier Blastomeren von gleicher Grösse. — *a* animaler, *v* vegetativer Pol. — *r* das im Centrum angehäufte helle Protoplasma. — *r'* heller Protoplasmanmantel der Furchungszellen; derselbe ist auch bei den folgenden Furchungsstadien vorhanden, verdünnt sich jedoch successive und ist in der Folge nicht mehr gezeichnet.
- Fig. 31. Acht Zellen, in beginnender Theilung. Durch die Spindelform der Kerne ist schematisch die Richtung angedeutet, nach welcher die Theilung erfolgt.
- Fig. 32. Sechzehnzelliges Furchungsstadium.
- Fig. 33. Dasselbe, vom vegetativen Pole aus gesehen.
- Fig. 34. Dasselbe, vom animalen Pole aus gesehen.
- Fig. 35. Achtundzwanzig Zellen. Zur leichteren Orientirung sind die dem vegetativen Pole zunächst gelegenen Zellen etwas dunkler schattirt.
- Fig. 36. Dasselbe Ei, vom vegetativen Pole aus gesehen.
- Fig. 37. Zweiunddreissig Zellen (die vier am animalen Pole gelegenen Zellen hatten sich getheilt). Optischer Längsschnitt. — *s* die vier Zellen des animalen Pols (Scheitelzellen). — *f* Furchungshöhle.

Die Figuren 22—29 von HATSCHKE, die übrigen von SELENKA gezeichnet.

Fig. 22.

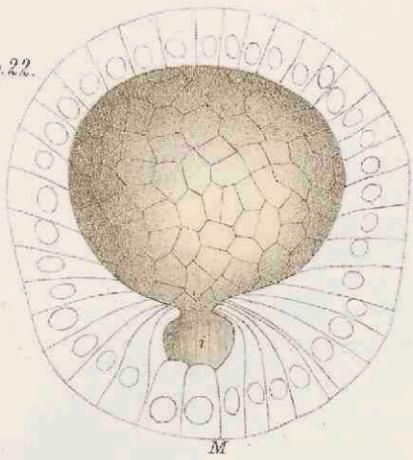


Fig. 23.

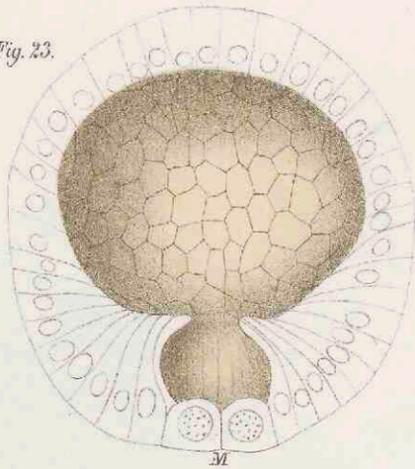


Fig. 24.

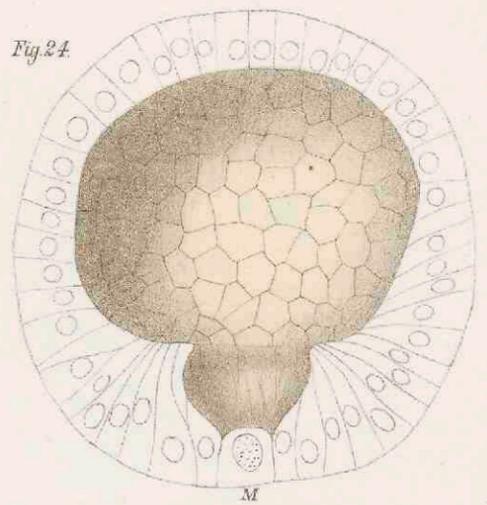


Fig. 25.

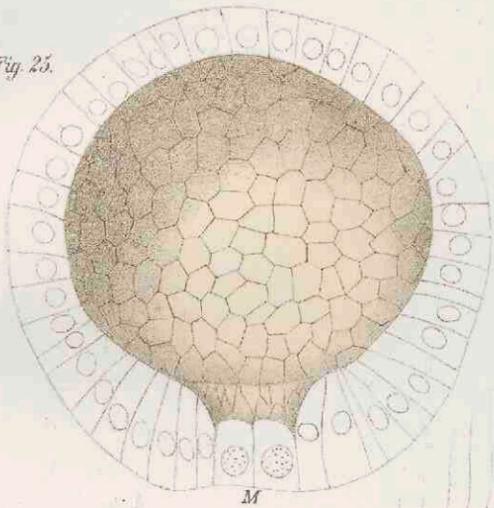


Fig. 26.

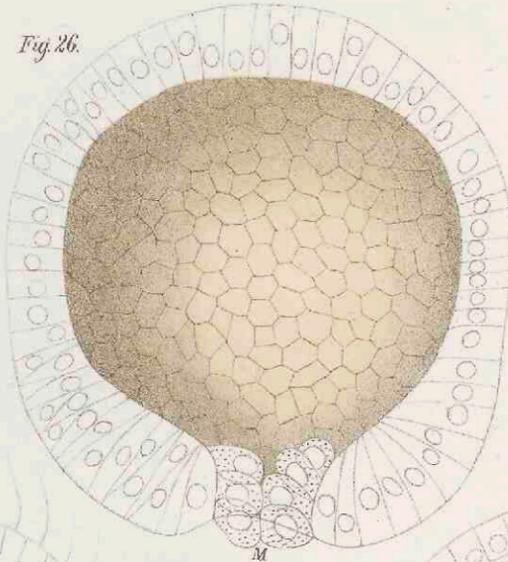


Fig. 27.

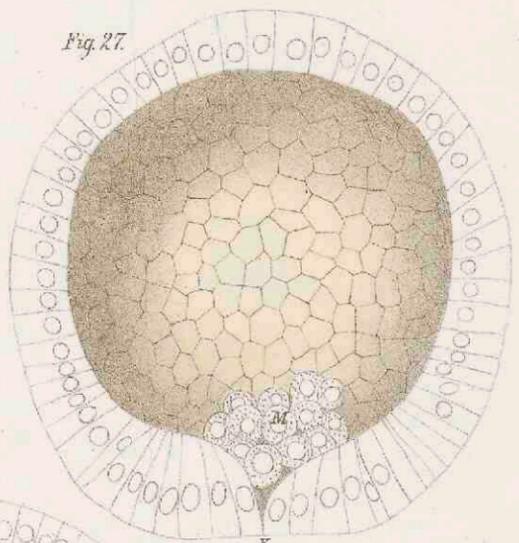


Fig. 28.

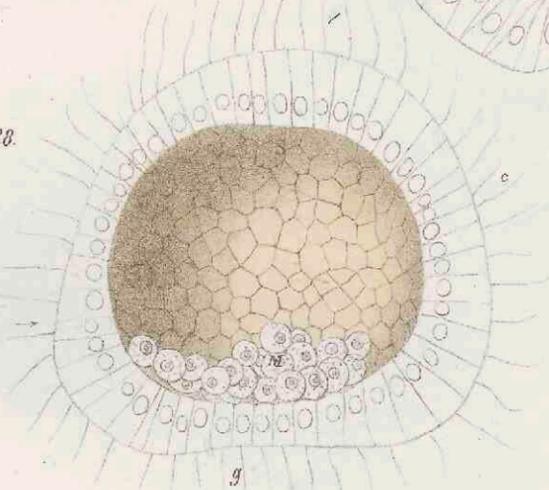


Fig. 29.

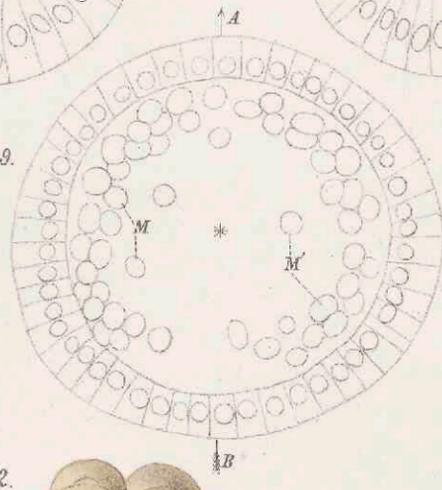


Fig. 30.

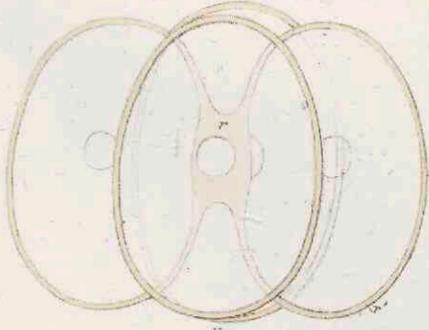


Fig. 31.

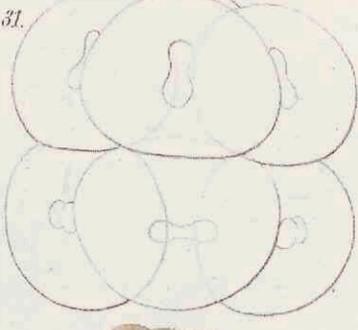


Fig. 32.

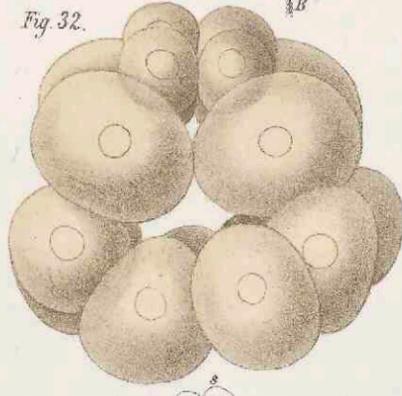


Fig. 33.

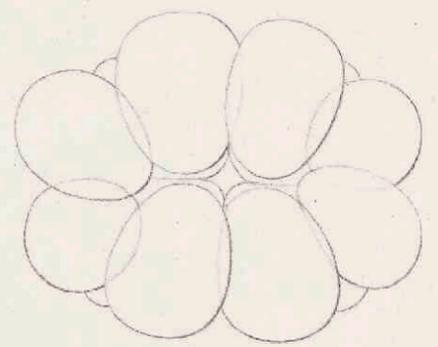


Fig. 34.

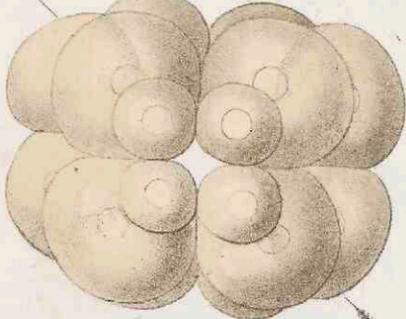


Fig. 35.

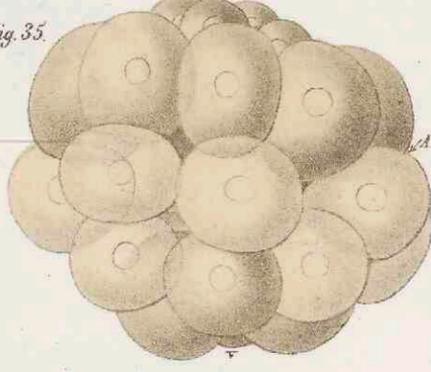


Fig. 37.

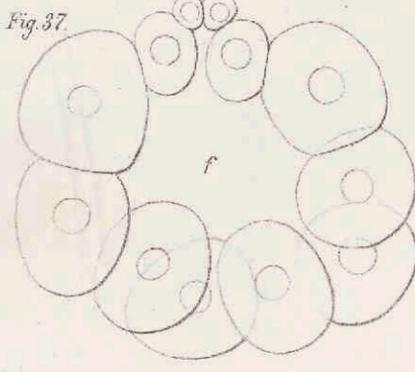
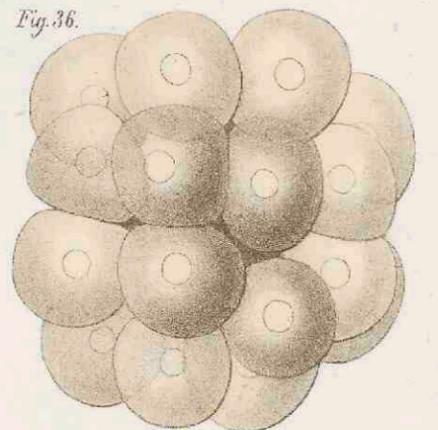
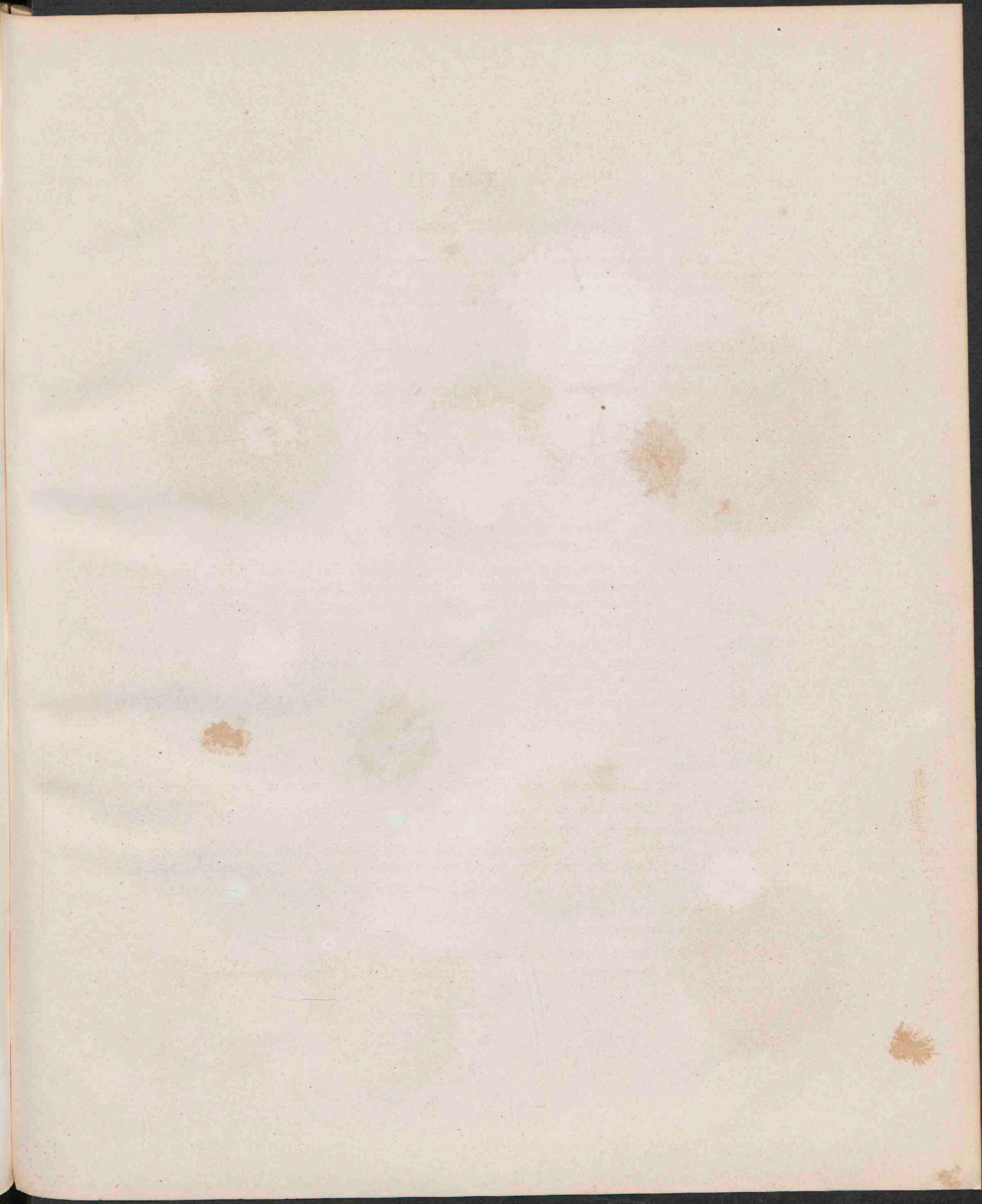


Fig. 36.







## Tafel VII.

### ECHINUS MICROTUBERCULATUS, BLAINV.

Die Figuren 38—43 sind nach lebenden Objekten, die Figuren 44—49 nach Osmiumpräparaten gezeichnet; die Geisselzellen wurden nach frischen Blastulen eingetragen. Die Veränderungen, welche die Eier durch Behandlung mit Osmiumsäure erlitten, kamen lediglich hinaus auf eine unbedeutende Gesamtverkleinerung des Eiumfangs. Die Dotterhaut ist in den Fig. 38—44 weggelassen. Vergrößerung etwa 400.

- Fig. 38. Dasselbe Furchungsstadium wie in Fig. 36—37, aber nach erfolgtem Collaps. Optischer Längsschnitt.
- Fig. 39. Beginn der Weiterfurchung. Der animale Pol ist an den vier kleinen Scheitelzellen kenntlich.
- Fig. 40. 60 Zellen. Alle Furchungszellen mit Ausnahme der vier Scheitelzellen haben sich halbt. Nahe dem Collaps.
- Fig. 41. Beginn der Weiterfurchung. Zwischen den Zellen schaut man in die Furchungshöhle.
- Fig. 42. 108 Zellen. Durchschnitt durch die Längsaxe. *A* Aequator. — *s* Scheitelzellen.
- Fig. 43. Blastula der nämlichen Furchungsphase, schräg vom animalen Pole gesehen. Die Zellenzonen werden unregelmässig, indem einzelne Zellen aus dem Kreisverbande ihrer Genossinnen heraustreten (*d, d*). Mit der Weiterfurchung wird die Gruppierung der Zellen regellos.
- Fig. 44. Ungefähr 200 Zellen. Optischer Axenschnitt. Man erkennt noch die 4 Scheitelzellen *s* an ihrer geringen Grösse. Die Furchung ist abgelaufen. — *f* Furchungshöhle.
- Fig. 45. Das Blastoderm hat sich in der unteren Hälfte verdickt; die Scheitelzellen sind nicht mehr zu erkennen. Sämtliche Zellen tragen eine Geissel. *δ* Dotterhaut.
- Fig. 46. Blastula, 4 Stunden nach dem Ausschwärmen. Optischer Frontalschnitt. Zwei Blastodermzellen haben sich verkürzt; sie stellen die Urzellen des Mesenchyms *M* dar.
- Fig. 47. Etwas ältere Blastula, im optischen Längsschnitt (rechtwinklig zum Frontalschnitt der Fig. 46). Die beiden Urzellen des Mesenchyms sind zu zwei parallelen Streifen ausgewachsen von je 5 Zellen; nur einer dieser Mesenchymstreifen ist zu sehen. — *S* Scheitelzone.
- Fig. 48. Dieselbe Blastula im optischen Frontalschnitt (rechtwinklig zum Längsschnitt der Fig. 47). *f* Furchungshöhle.
- Fig. 49. Ältere Larve, optischer Längsschnitt. Die Mesenchymzellen haben sich vermehrt und sind in die Furchungshöhle gelangt.

Fig. 38.

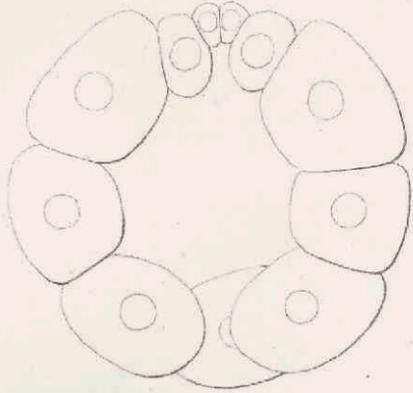


Fig. 39.

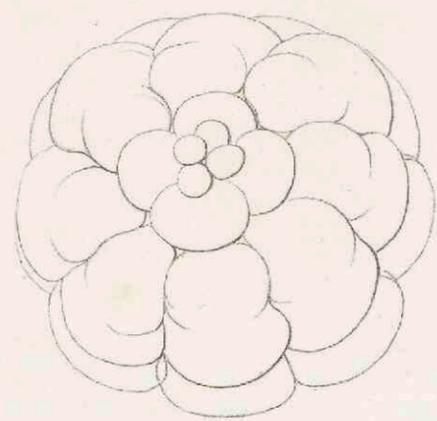


Fig. 40.

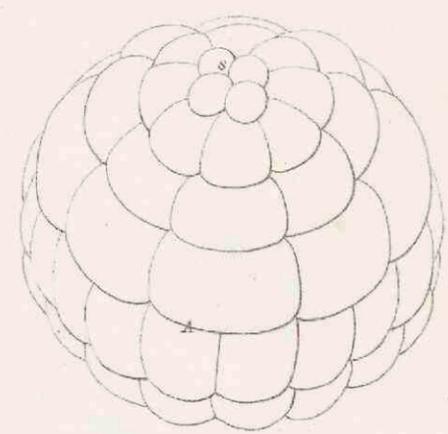


Fig. 41.

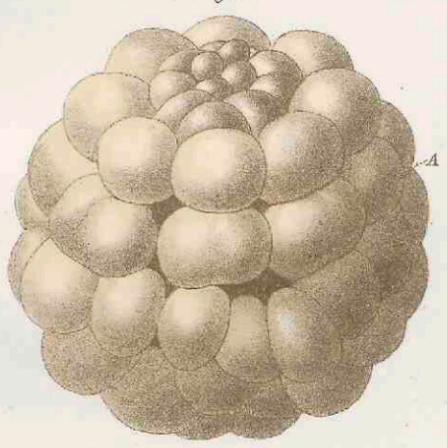


Fig. 42.

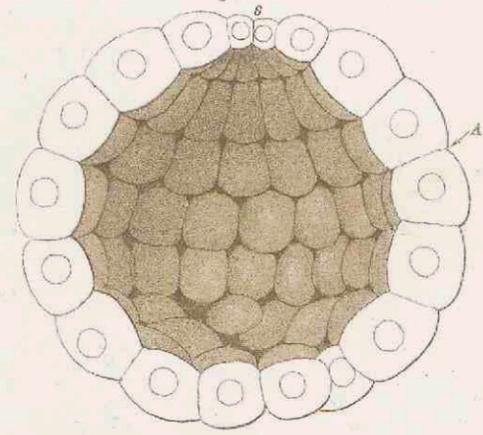


Fig. 43.

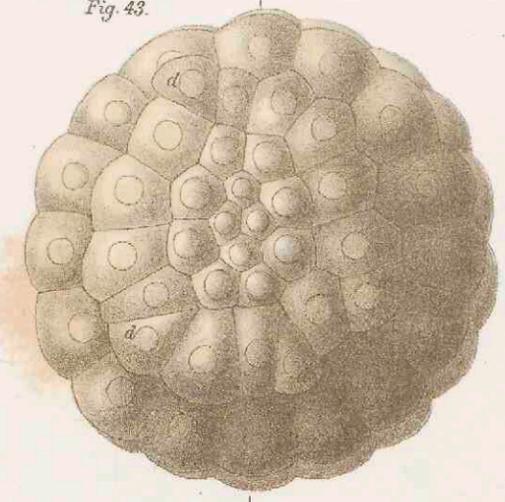


Fig. 44.

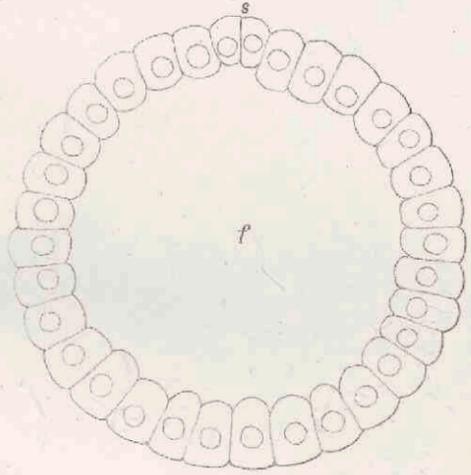


Fig. 45.

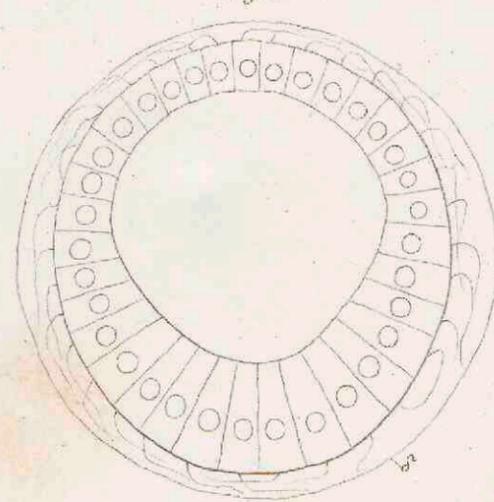


Fig. 46.

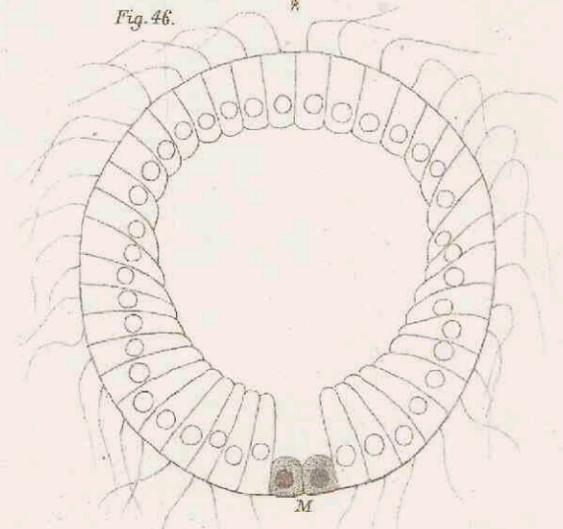


Fig. 47.

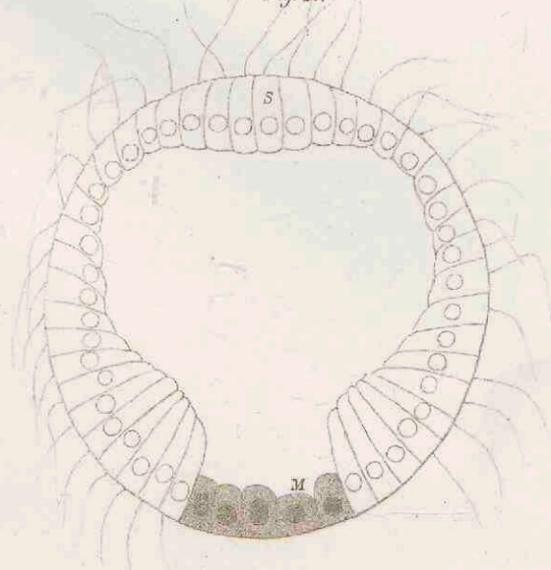


Fig. 48.

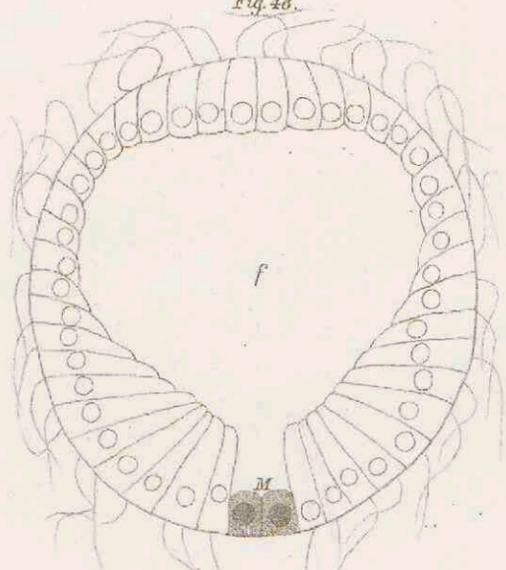
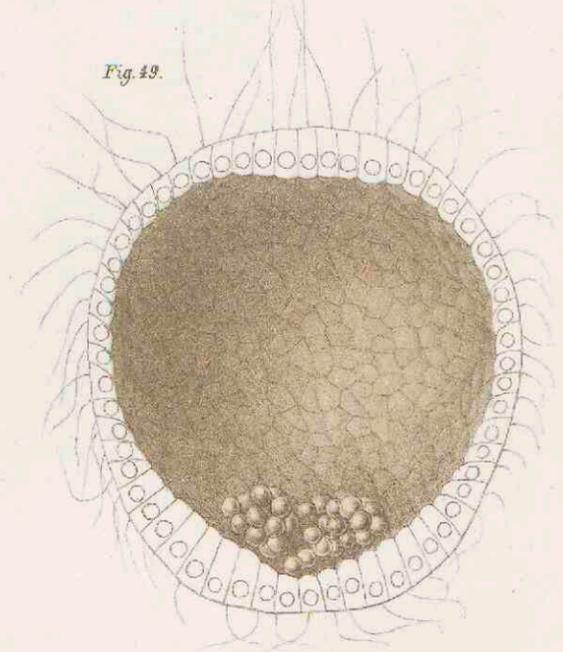


Fig. 49.





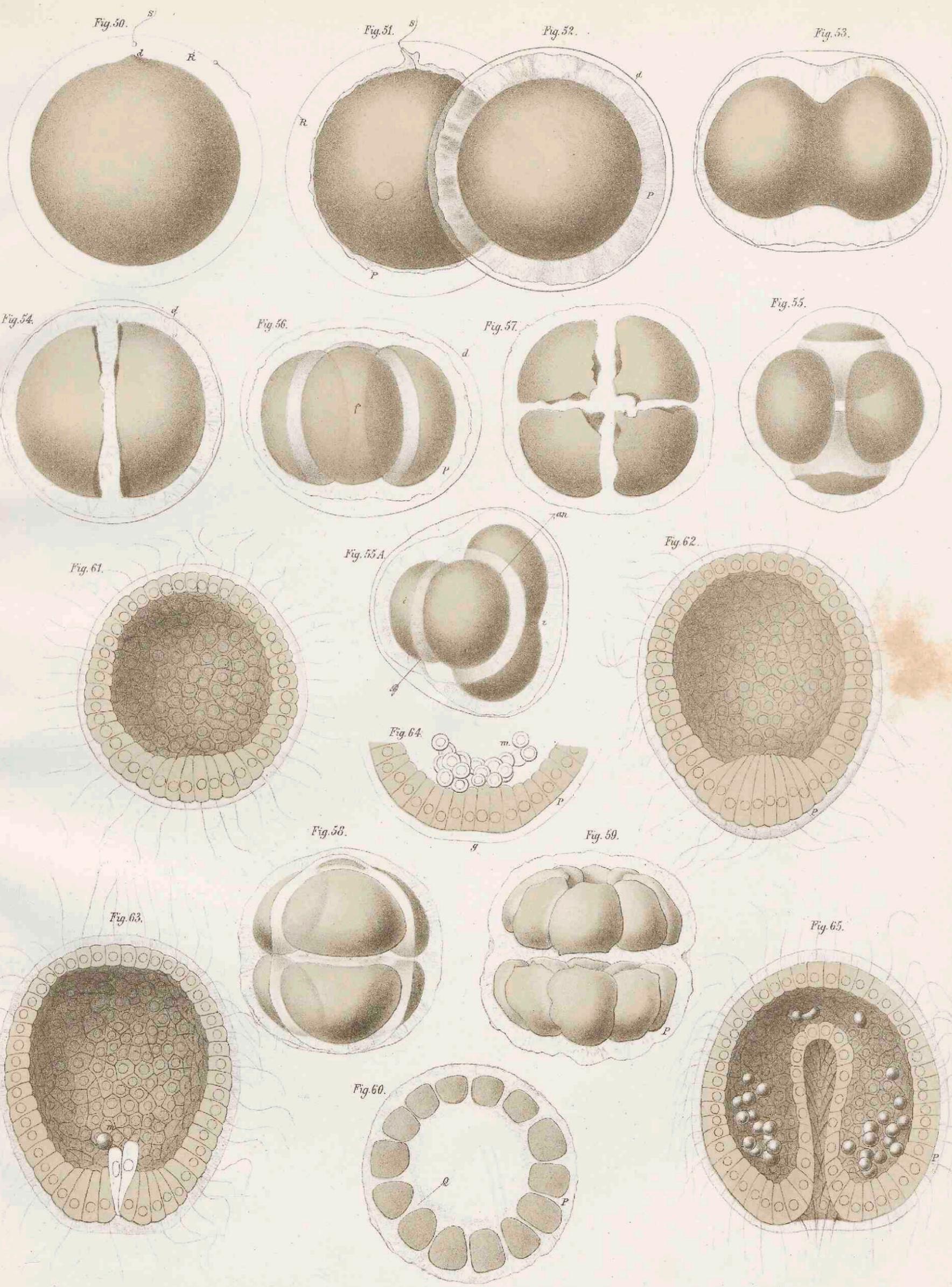


## Tafel VIII.

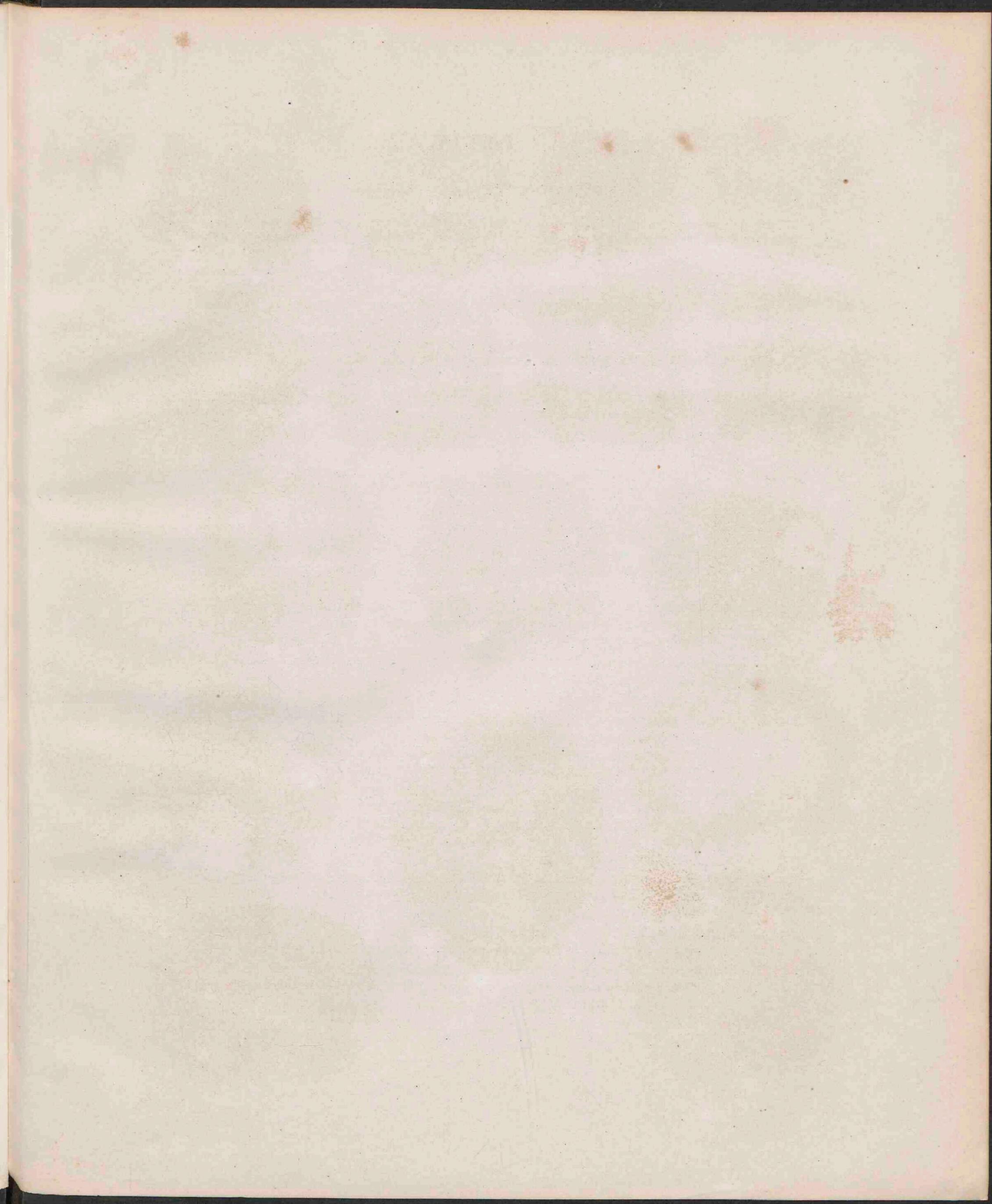
### OPHIOGLYPHA LACERTOSA, LINCK.

Alle Figuren sind, wenn nicht das Gegentheil angegeben ist, nach lebenden Objekten bei etwa 400maliger Vergrößerung mit Hilfe der Camera lucida gezeichnet.

- Fig. 50. Ein frisch abgelegtes Ei, vor der Befruchtung. Die Richtungskörper sind schon ausgetreten.  
*d* Dotterhügel. — *R* Zona pellucida. — *S* Spermatozoon.
- Fig. 51. Ei während des Befruchtungsactes. Das helle Protoplasma beginnt auszutreten.  
*P* helles Protoplasma. — *R* Zona pellucida. — *S* Spermatozoon, durch ein Protoplasma-  
büschel festgehalten und umflossen.
- Fig. 52. Eine halbe Stunde nach der Befruchtung.  
*P* heller Protoplasmanmantel. — *d* Dotterhaut. (Die zona pellucida ist verschwunden).
- Fig. 53. Beginn der Zweitheilung.
- Fig. 54. Die beiden ersten Blastomeren nach der Theilung, im Collaps. Eine Grössen-  
differenz ist zwischen ihnen nicht zu constatiren.
- Fig. 55. Vierzelliges Furchungsstadium. Die zwei Paar Blastomeren haben sich zur  
Kreuzform übereinander geschoben; die einander gegenüber liegenden sind  
gemeinsamen Ursprungs. Zwei Stunden nach der Befruchtung.
- Fig. 55 A. Dasselbe Ei, in anderer Stellung.  
Der Pfeil *an* deutet die ursprüngliche Eiaxe an, eine durch die Orte *ii* gezogene Linie ent-  
spricht der neuen Längsaxe der zukünftigen Gastrula.
- Fig. 56. Das gleiche Furchungsstadium, unmittelbar vor dem vollständigen Collaps. Je  
zwei einander gegenüber liegende Zellen sind gemeinsamen Ursprungs. Die  
Zellen erscheinen von gleicher Grösse.  
*f* Furchungshöhle (mit hellem Protoplasma vollkommen erfüllt).
- Fig. 57. Dasselbe Ei von einem der beiden (neuen) Pole aus gesehen, im Collaps.  
Die Dotterhaut ist hier wie in den nächsten drei Figuren weggelassen.
- Fig. 58. 8 Zellen gleicher Grösse.
- Fig. 59. Sechzehnstelliges Furchungsstadium im Collaps.  
Die Furchungszellen berühren einander nicht, sondern erscheinen im hellen Protoplasma *P*  
gleichsam schwebend.
- Fig. 60. Blastula, optischer Längsschnitt. Osmiumpräparat.  
*P* äusserer Mantel hellen Protoplasmas. — *Q* Furchungshöhle. — Die Verdickung des  
Blastoderms in der unteren Hälfte ist wahrscheinlich abnorm.
- Fig. 61. Bewimperte freie Blastula; Längsdurchschnitt.
- Fig. 62. Etwas ältere Blastula; Längsdurchschnitt.
- Fig. 63. Frontaler Durchschnitt durch die Längsaxe einer älteren Larve.  
*m* Mesenchymzellen.
- Fig. 64. Hinterende einer älteren Blastula, im optischen Längsschnitt. Osmiumpräparat.  
*g* Ort des späteren Gastrulamundes. — *m* Mesenchymzellen.
- Fig. 65. Gastrula. Frontaler Scheitelschnitt.  
Die Mesenchymzellen erscheinen mehr oder weniger deutlich in zwei Gruppen geordnet. —  
*P* heller Protoplasmanmantel.







## Tafel IX.

### SYNAPTA DIGITATA, MONTAGU.

Alle Figuren sind nach frischen Eiern mit Hilfe der Camera lucida gezeichnet. Vergrößerung etwa 350. Der sehr zarte Protoplasmamantel, welcher die Furchungszellen anfangs umgiebt, ist nicht mitgezeichnet, ebensowenig die kugligen Dotterelemente. Die Dotterhaut ist in den Figuren 68-79 weggelassen.

- Fig. 66. Die beiden ersten Blastomeren, von gleicher Grösse, nach kaum vollendeter Theilung. Die Furchungsrinne avancirt vom animalen Pole her rascher als von der entgegengesetzten Seite; die Gestalt der Furchungszellen ist eiförmig, nicht genau ellipsoidisch. — *q* animaler Pol. — *d* Dotterhaut.
- Fig. 67. Vier Zellen gleicher Grösse, die Furchungshöhle zwischen sich fassend, nahe dem Collaps; von einem der beiden Pole aus gesehen.
- Fig. 68. Acht Furchungszellen; in derselben Stellung wie Fig. 66, unmittelbar nach erfolgter Theilung. Die 8 Zellen erscheinen von gleicher Grösse.
- Fig. 69. Sechzehn gleich grosse Furchungszellen, zu zwei Kreisen geordnet.
- Fig. 70. Dasselbe Ei von einem der beiden Pole aus gesehen, einige Minuten später. Der Collaps ist noch nicht vollständig erfolgt, sodass man die gemeinsame Abkunft je zweier benachbarter Zellen noch aus ihrer Form erschliessen kann. — *f* Furchungshöhle.
- Fig. 71. Zweiunddreissig Zellen, im Momente der Theilung, schräg von einem der Pole aus gesehen.
- Fig. 72. Dasselbe Ei, zwei Minuten später.
- Fig. 73. Dasselbe Ei, acht Minuten später, im Durchschnitt, nach erfolgtem Collaps. Die Furchungshöhle ist an beiden Polen offen. — *aa* die dem Aequator zunächst gelegenen beiden Zellenkränze.
- Fig. 74. Vierundsechzig Zellen, unmittelbar nach erfolgtem Theilungsprocesse. Die zwei den Aequator begrenzenden Zellenkränze sind durchaus regelmässig angeordnet, die den Polen nahe liegenden ganz unregelmässig.
- Fig. 75. Ein anderes Ei gleichen Stadiums, etwas schräg vom Pole aus gesehen. Man schaut durch die Furchungshöhle hindurch (Tonnenform).
- Fig. 76. Dasselbe Ei in der Axe durchschnitten, im Collaps.
- Fig. 77. Hundertachtundzwanzig Zellen. Durch Halbierung sämtlicher Zellen sind 10-12 Zellenkränze entstanden, von denen die vier mittleren (*aaaa*) je 16 Zellen enthalten, während die übrigen aus einer nach den Polen zu abnehmenden Zellenzahl bestehen. Die Furchungshöhle ist noch an beiden Polen offen. Unmittelbar vor dem vollständigen Collaps.
- Fig. 78. Zweihundertsechsfünfzig Zellen. Blastula. Die Furchungshöhle ist an den Polen geschlossen. Unmittelbar nach erfolgter Theilung. — Die den Polen genäherten Zellen sind unregelmässig angeordnet, die übrigen zwar unmittelbar nach der Theilung noch in Kreisen geordnet, verschieben sich jedoch regellos beim Beginn der Weiterfurchung. Am vegetativen Pole ist eine Einsenkung bemerkbar.
- Fig. 79. Dieselbe Blastula, im optischen Axenschnitt, sich anschickend zur Weiterfurchung. Das Blastoderm ist am vegetativen Pole napfartig eingebuchtet; die Blastula erscheint in der Richtung der Axe zusammengedrückt.
- Fig. 80. Fünfhundertundzwölf Zellen. Durchschnitt. Die Furchung ist beendet. Jede Zelle trägt eine Geissel. Die Blastula ist noch von der Dotterhaut umschlossen.
- Fig. 81. Freischwimmende Gastrula, im Durchschnitt. Am animalen Pole macht sich eine Verdickung des Ektoderms bemerkbar. Der Urdarm neigt sich schon gegen die Rückenseite nach rechts. Bei etwas schwächerer Vergrößerung gezeichnet.

Fig. 66.

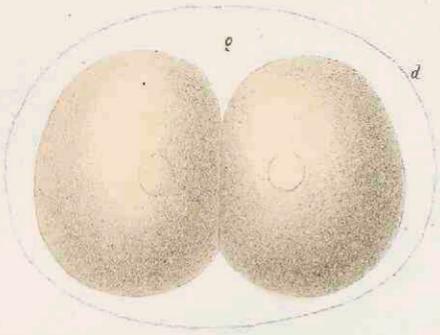


Fig. 67.

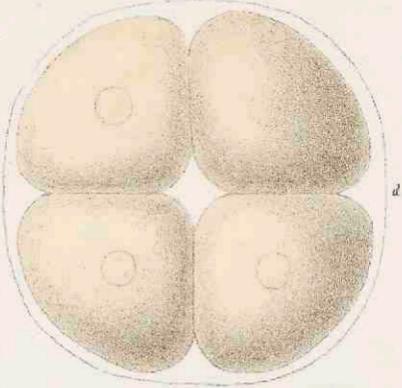


Fig. 68.

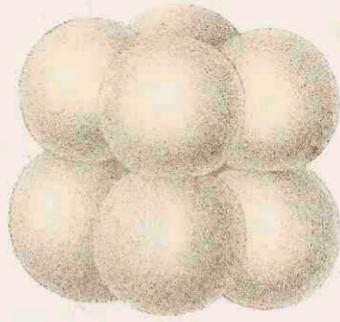


Fig. 69.

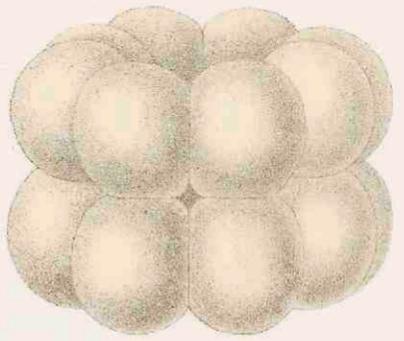


Fig. 70.

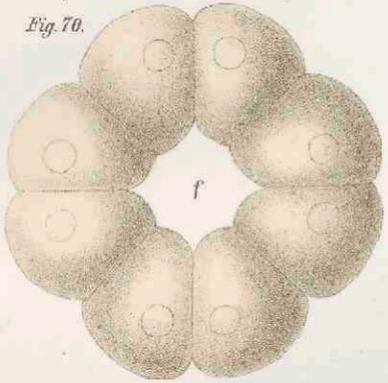


Fig. 71.

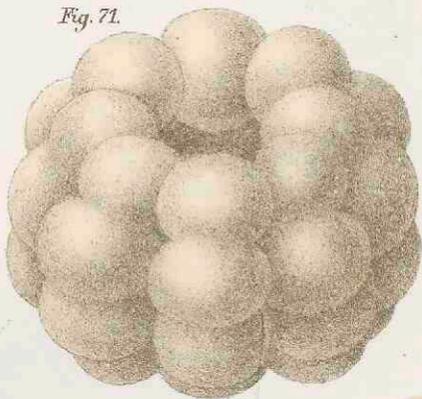


Fig. 72.

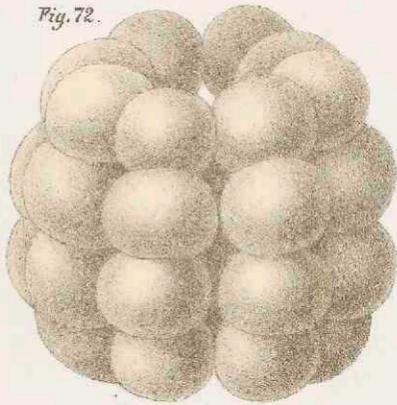


Fig. 73.

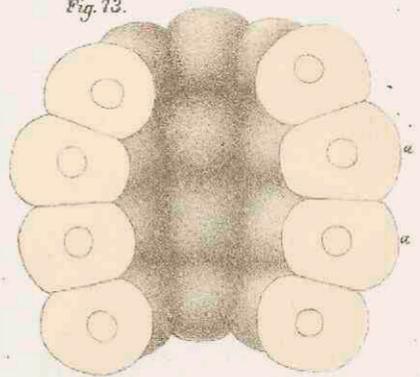


Fig. 74.

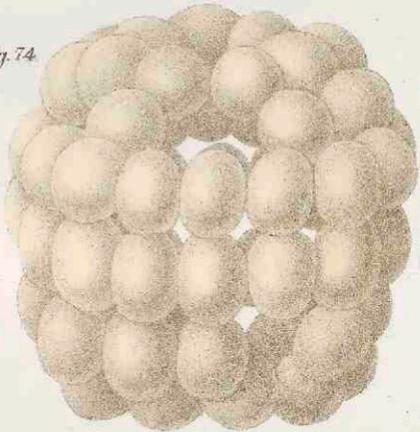


Fig. 75.

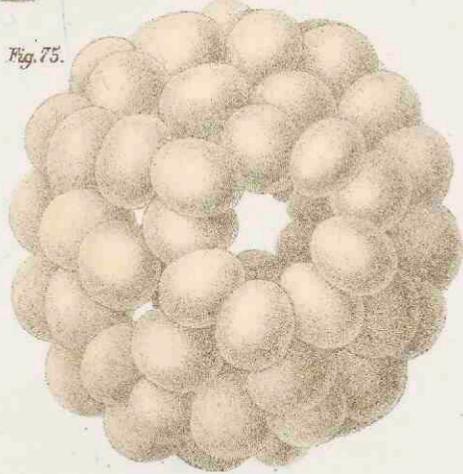


Fig. 76.

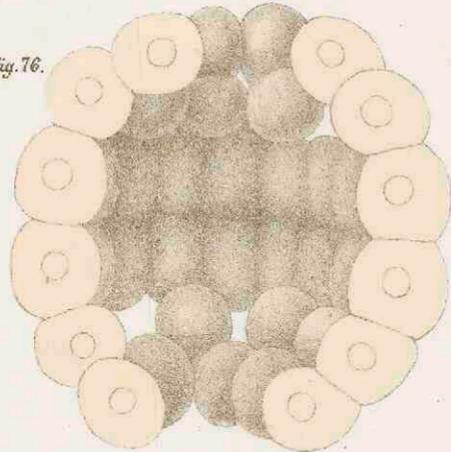


Fig. 77.

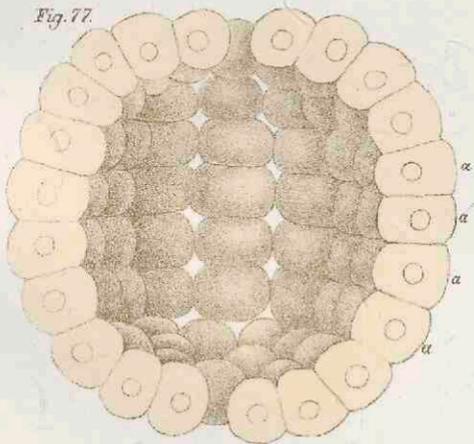


Fig. 81.

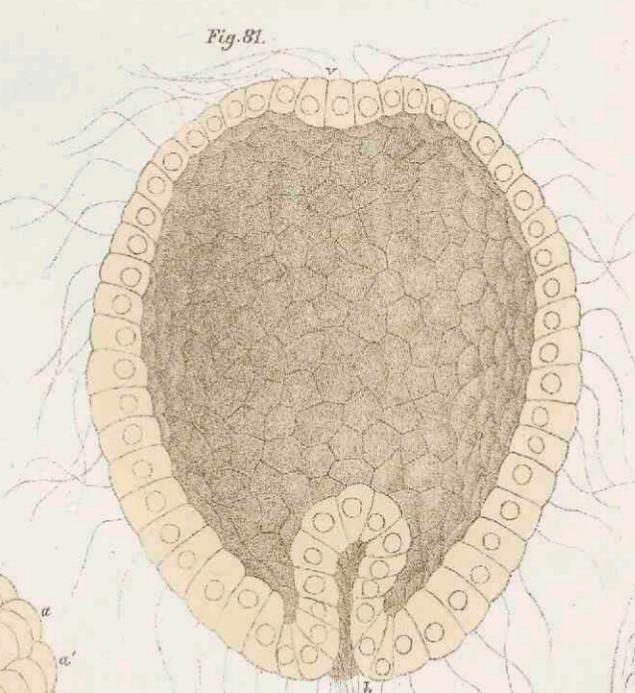


Fig. 80.

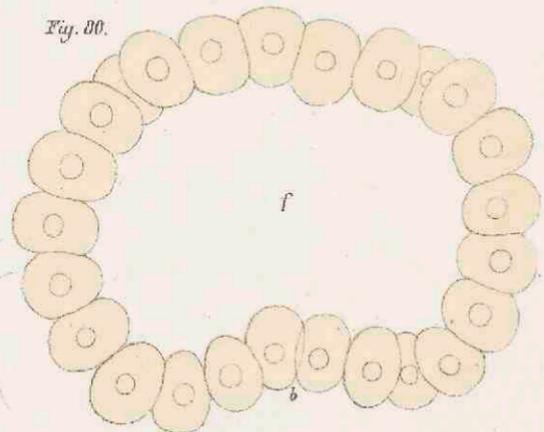


Fig. 78.

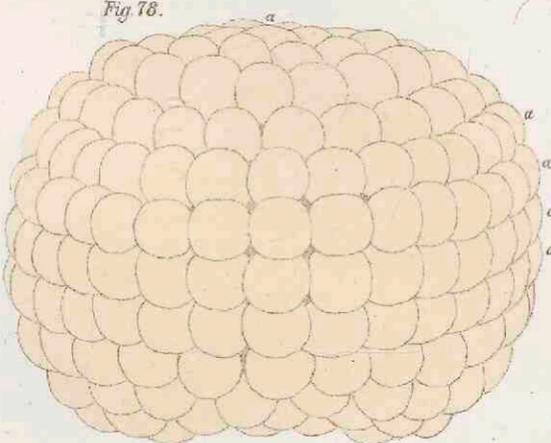
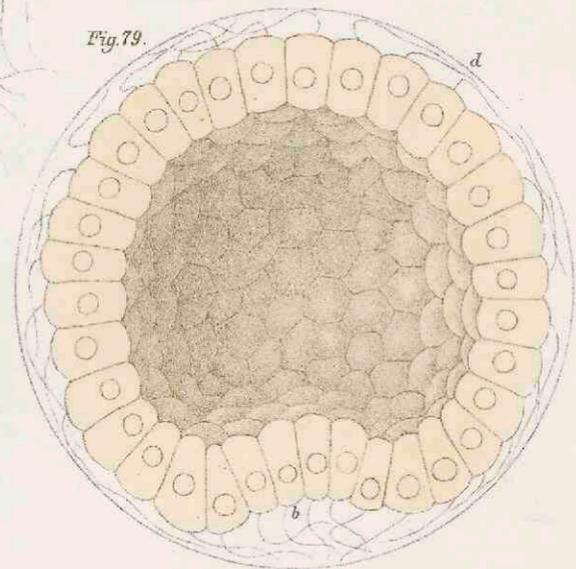


Fig. 79.







## Tafel X.

### SYNAPTA DIGITATA, MONTAGU.

Sämmtliche Figuren, mit Ausnahme von Figur 93—98, sind in derselben Stellung gezeichnet.

#### Gemeinsame Bezeichnung.

<p><i>a</i> Gastrulamund, After,  <i>A</i> Atrium, durch Einstülpung des Ektoderms gebildet,  <i>Am</i> Ambulakralkanäle,  <i>E</i> Ektoderm,  <i>h</i> Hinterdarm,</p>	<p><i>i</i> Darm,  <i>K</i> Vorderdarm,  <i>m</i> Mesenchymzellen,  <i>N</i> Nervenstrang,  <i>o</i> Mund,  <i>p</i> Porus,  <i>r</i> Tentakelkappen,</p>	<p><i>sM</i> somatisches Blatt der Coelomsäcke,  <i>T</i> Tentakelanlage (des Wassergefäßsystems),  <i>V</i> Vasocoelomsack,  <i>vM</i> viscerales Blatt der Coelomsäcke,  <i>W</i> Wimperschnur.</p>
---	---	---

- Fig. 82. Gastrula, sagittaler Verticalschnitt; rechts Rücken-, links Bauchseite. Zwei Mesenchymzellen (weiss) liegen auf der Spitze des Urdarms; letzterer ist durch eine Urdarmzelle bereits mit dem Ektoderm in Contact getreten.
- Fig. 83. Etwas ältere Gastrula, intact. Das freie Ende des durchschimmernden Urdarms beginnt sich knieförmig umzubiegen. Zahl der Mesenchymzellen fünf.
- Fig. 84. Durchschnitt durch eine etwas ältere Larve. — Sämmtliche vorhandene Mesenchymzellen sind in die Figur eingetragen.
- Fig. 85. Durchschnitt durch eine etwas ältere Larve. Das Lumen des Urdarms hat sich in zwei Räume abgeschnürt: die Darmhöhle und die Höhle des Vasocoelomsacks.
- Fig. 86. Ältere Larve im Durchschnitt. Der Darm zeigt eine vordere Anschwellung *K*, welche sich zum Vorderdarm entwickelt. Darm und Vasocoelomsack hängen nur noch locker zusammen.  
*ddd* Wimperschnur. — *o* Mundgrube.
- Fig. 87. Ältere Larve, intact. Darm und Vasocoelomsack haben sich getrennt. *ddd* Wimperschnur.
- Fig. 88. Darm und Vasocoelomsack einer älteren Larve. Der Darm ist in drei Abschnitte gegliedert: den Vorderdarm *k*, den Mitteldarm *i* und den Hinterdarm *h*.  
*m* Mesenchymzellen, welche zur Ringmuskulatur des Vorderdarms werden. — *m'* skeletogene Mesenchymzellen. — Osmiumpräparat.
- Fig. 89. Etwas ältere Larve, intact. — Osmiumpräparat.
- Fig. 90. Kopfdarm einer ungefähr gleichaltrigen Larve, bei stärkerer Vergrößerung.
- Fig. 90 A. Eine Mesenchymzelle aus der Furchungshöhle, frisch, stark vergrößert.
- Fig. 91. Junge Puppe. Osmium.
- Fig. 92. Ein Theil dieser Larve, stärker vergrößert. Die gesammte Mesodermanlage ist weiss gelassen, Ektoderm und Entoderm mit einem Farbtone angelegt.  
*P* linker, *P'* rechter Coelomsack; beide sind ventralwärts verschmolzen, dorsalwärts noch getrennt. — *r* die 5 wulstartigen Anlagen der Tentakelhauben. — *T* die 5 Tentakelanlagen des Wassergefäßsystems. Die Längsmuskulatur ist weggelassen. — *S* Steinkanal. — *m* Mesenchymzellen, welche den Kalkring bilden; hier in zu geringer Zahl gezeichnet. — *m'* skeletogene Zellen des Steinkanals. Die übrigen Mesenchymzellen sind weggelassen. — Osmiumpräparat mit Haematoxylin gefärbt.
- Fig. 93. Querschnitt durch die Tentakelspitze der Larve Fig. 98. — *l* Längsmuskeln. — *p* Epithel.
- Fig. 94. Die inneren Organe einer etwas älteren tonnenförmigen Larve; nach dem Leben. Das Mundschild ist vollständig in das Innere gelangt.  
*PP'* Coelomsäcke, zum Ring geschlossen. — *C* Coelom (Enterocoelom).
- Fig. 95. Die inneren Organe einer älteren „Puppe“, bei welcher die Mundöffnung schon von der Bauchseite bis nahe an den vorderen Pol (animalen Pol der Gastrula) hinaufgerückt war; die 5 Wimperkränze waren fast geschlossen.  
*V* der hintere Abschnitt des von der Mundöffnung zum Atrium ziehenden Kanals. — *S* Steinkanal. — *l* Darm-lumen. — *b* Blutkörperchen im Wassergefäßraum. — *K* Kalkkugeln. — Nach einem lebenden Thiere.
- Fig. 96. Tentakeltasche des Wassergefäßsystems, gebildet aus dem inneren Epithel und den äusseren contractilen Längsmuskelfasern *U*. — Osmiumpräparat.
- Fig. 97. Hinterende einer jungen wurmförmigen Synapta. Nach einem lebenden Thiere entworfen; einige Details nach Osmiumpräparaten eingetragen. Die Zeichnung ist derartig ausgeführt, als wäre durch einen Scheerenschnitt das Ektoderm sowie die beiden Wandungen der Coelomsäcke etc. abgetragen. — Nicht schematisch.  
*B* vereinzelte Muskelzellen, welche das Coelom durchsetzen. — *B* Peritonealepithel (Coelomepithel). — *C* Coelom (Enterocoelom). — *i* der durch die Schnittöffnungen zu Tage tretende Darm. — *sM* somatisches, *vM* viscerales Blatt der vereinigten Coelomsäcke. — *x* die (fünf) Ambulakralkanäle mit ihrem Längsmuskelbeleg. — *y* Cutis (vergl. Fig. 98 *m'*).
- Fig. 98. Abschnitt eines Längsnerven nebst Umgebung, von einer gleichaltrigen Jugendform. Nach einem in Osmium gehärteten, mit Haematoxylin gefärbten Schnittpräparate mittels der Camera lucida gezeichnet. (Vergl. Seite 52—53). Starke Vergrößerung.  
*z* eine Coelomepithelzelle im Begriffe sich abzulösen. — *β* Coelomepithel. — *m'* Cutis. — *x* Längsmuskel.  
*o* Ringmuskeln.
- Fig. 99. Drei Muskelzellen des Coeloms (Figur 97, B), in verschiedenen Contractionszuständen. Homogene Immersion. Frisch.  
*e* Ursprungsort am somatischen, *f* am visceralen Coelomblatt. — *g* die nicht contractile (Mark-) Substanz mit Kern.

Fig. 82.

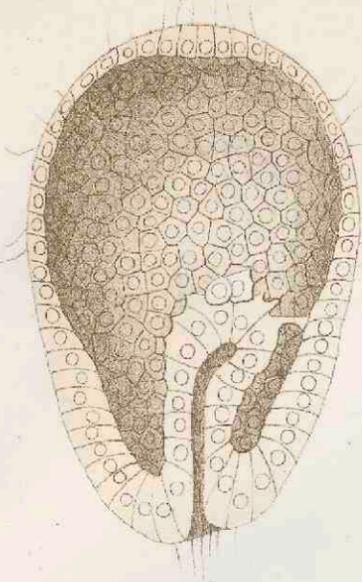


Fig. 83.

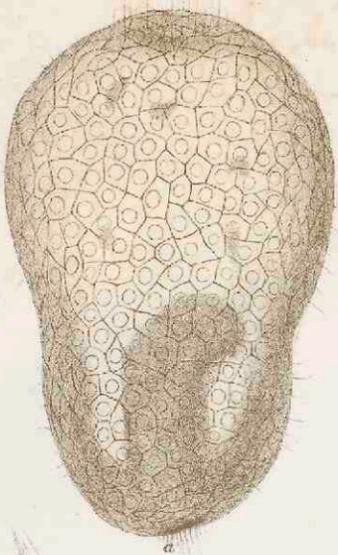


Fig. 84.

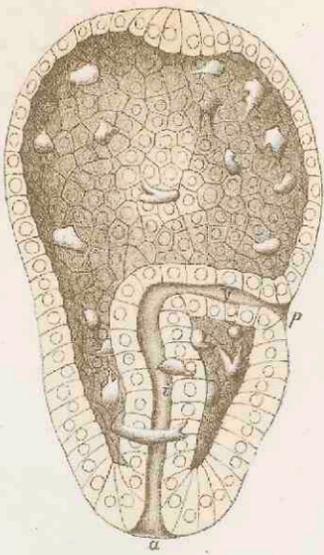


Fig. 85.

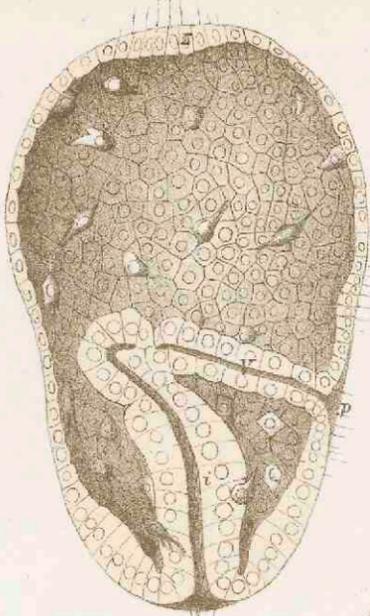


Fig. 86.

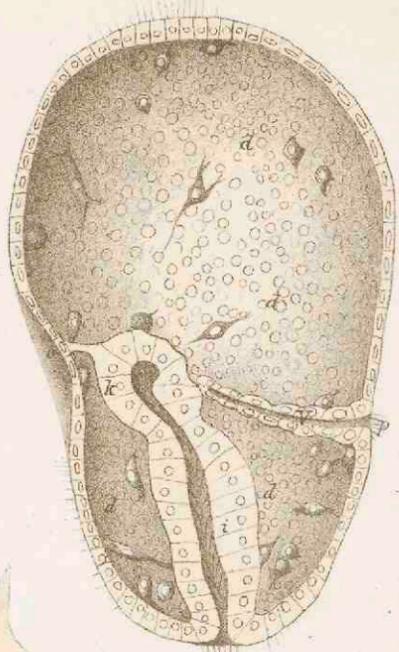


Fig. 87.

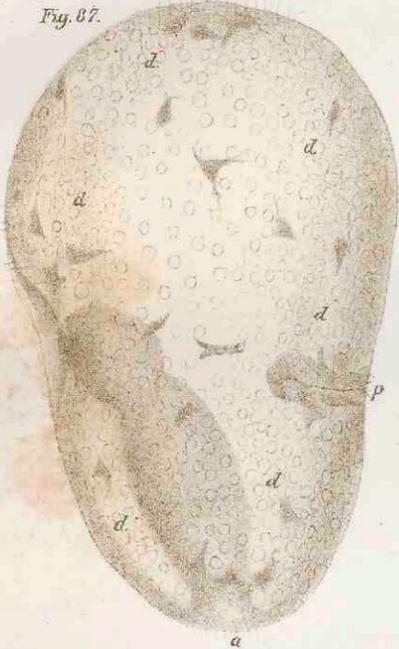


Fig. 88.



Fig. 89.

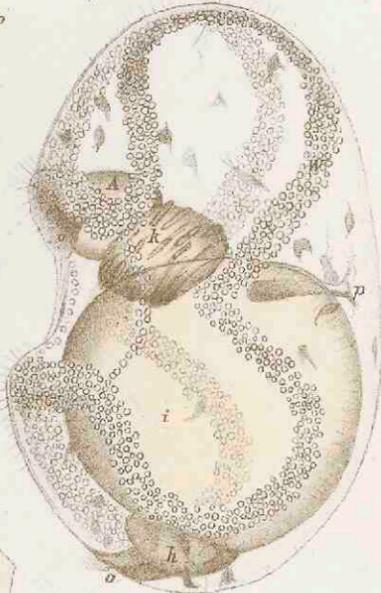


Fig. 90 A.

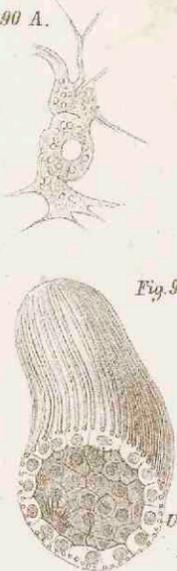


Fig. 90.

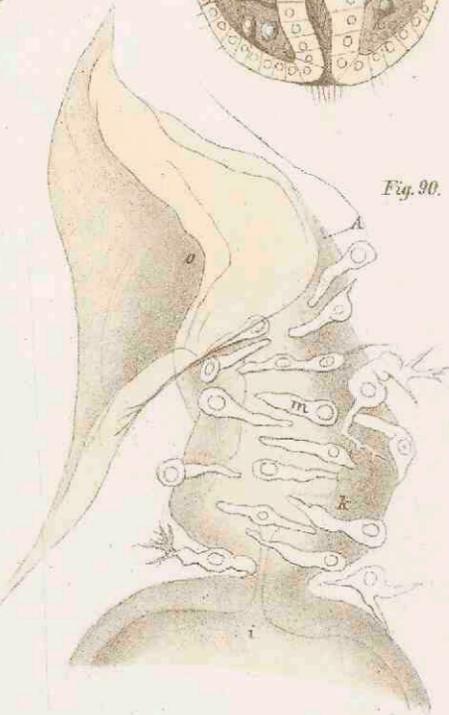


Fig. 96.

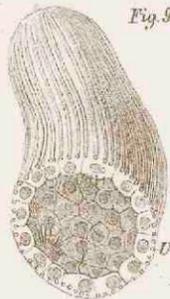


Fig. 92.



Fig. 97.

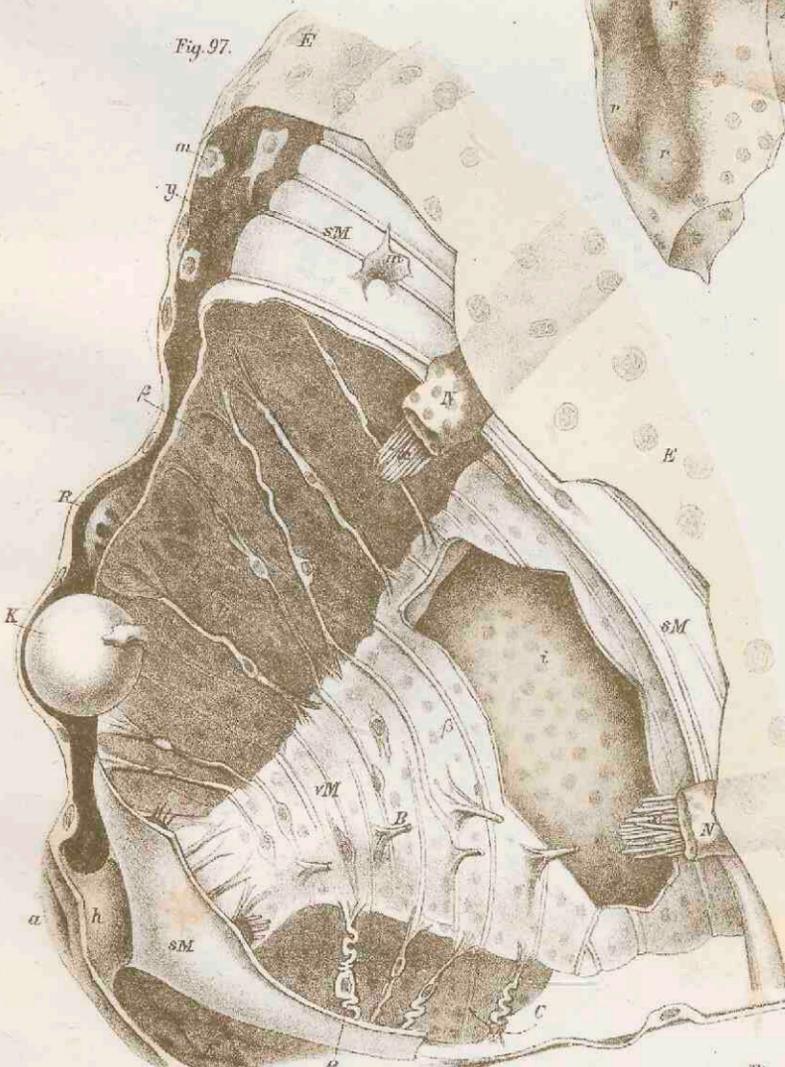


Fig. 94.

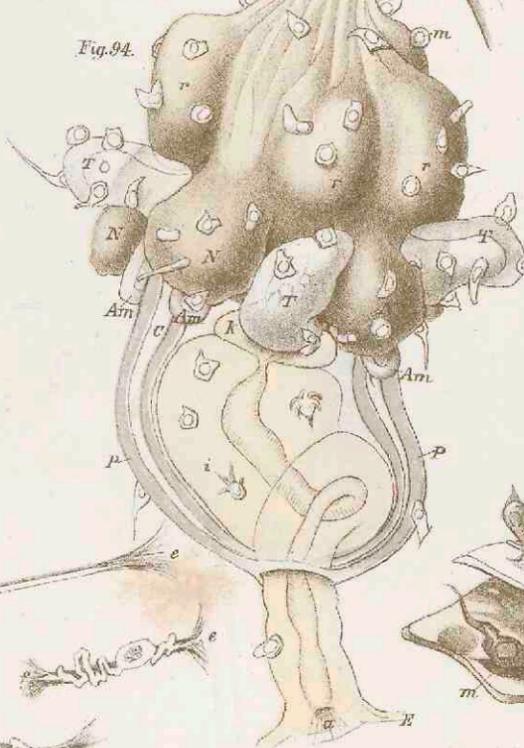


Fig. 91.



Fig. 95.

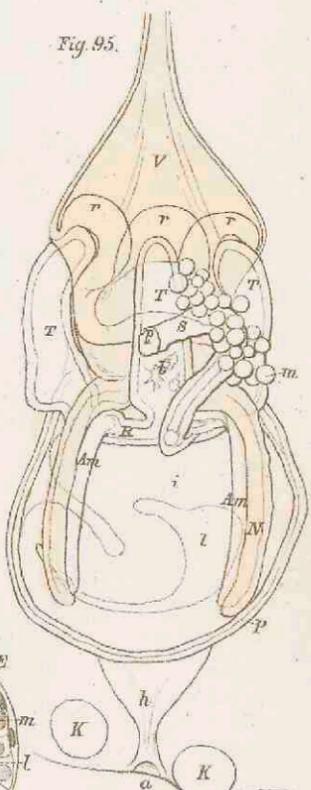


Fig. 93.

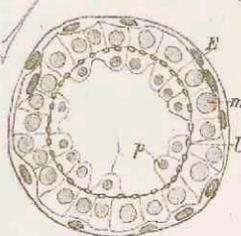


Fig. 98.

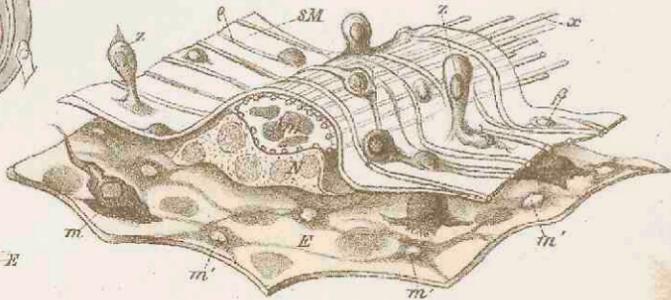
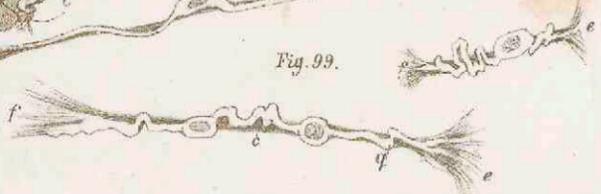
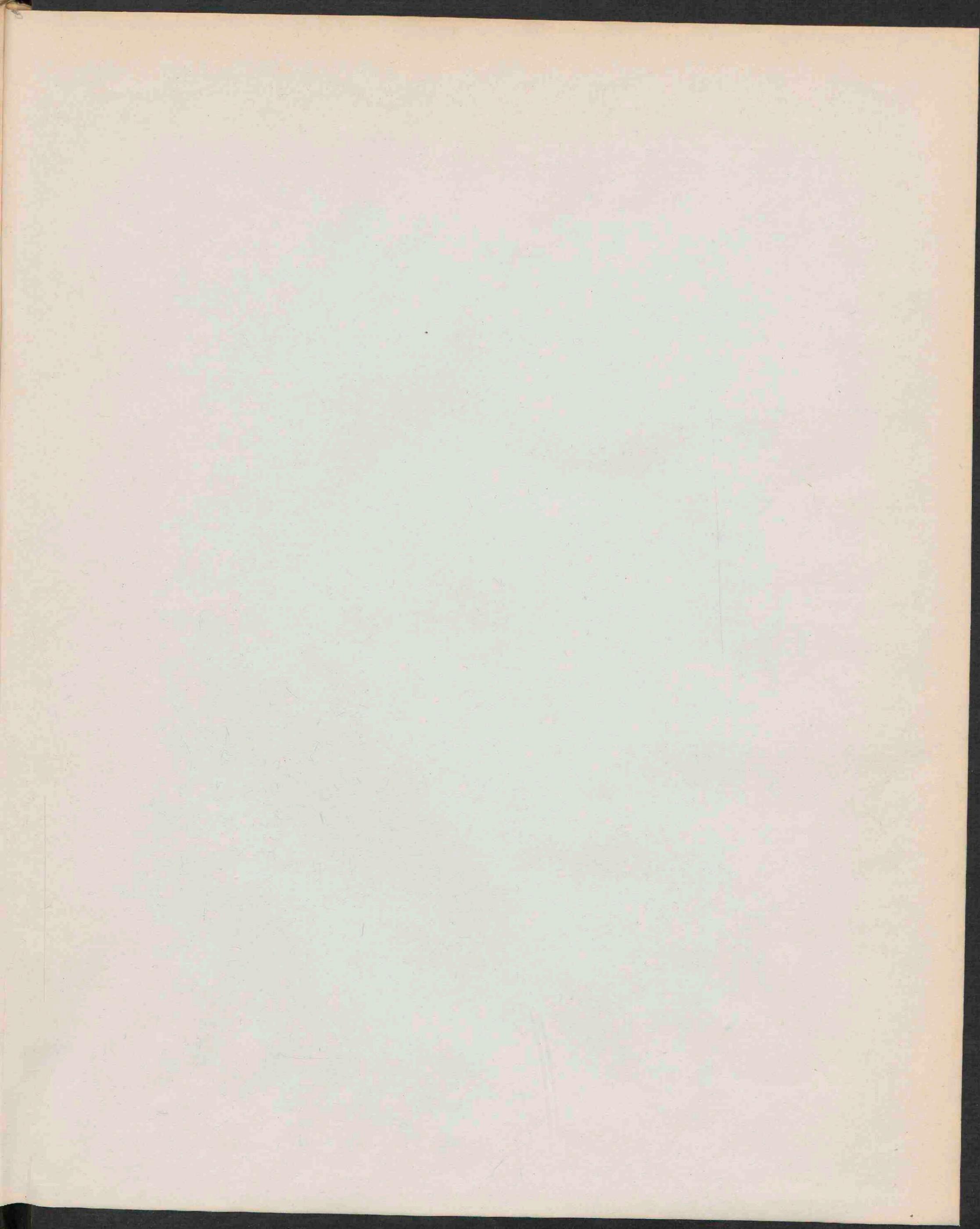


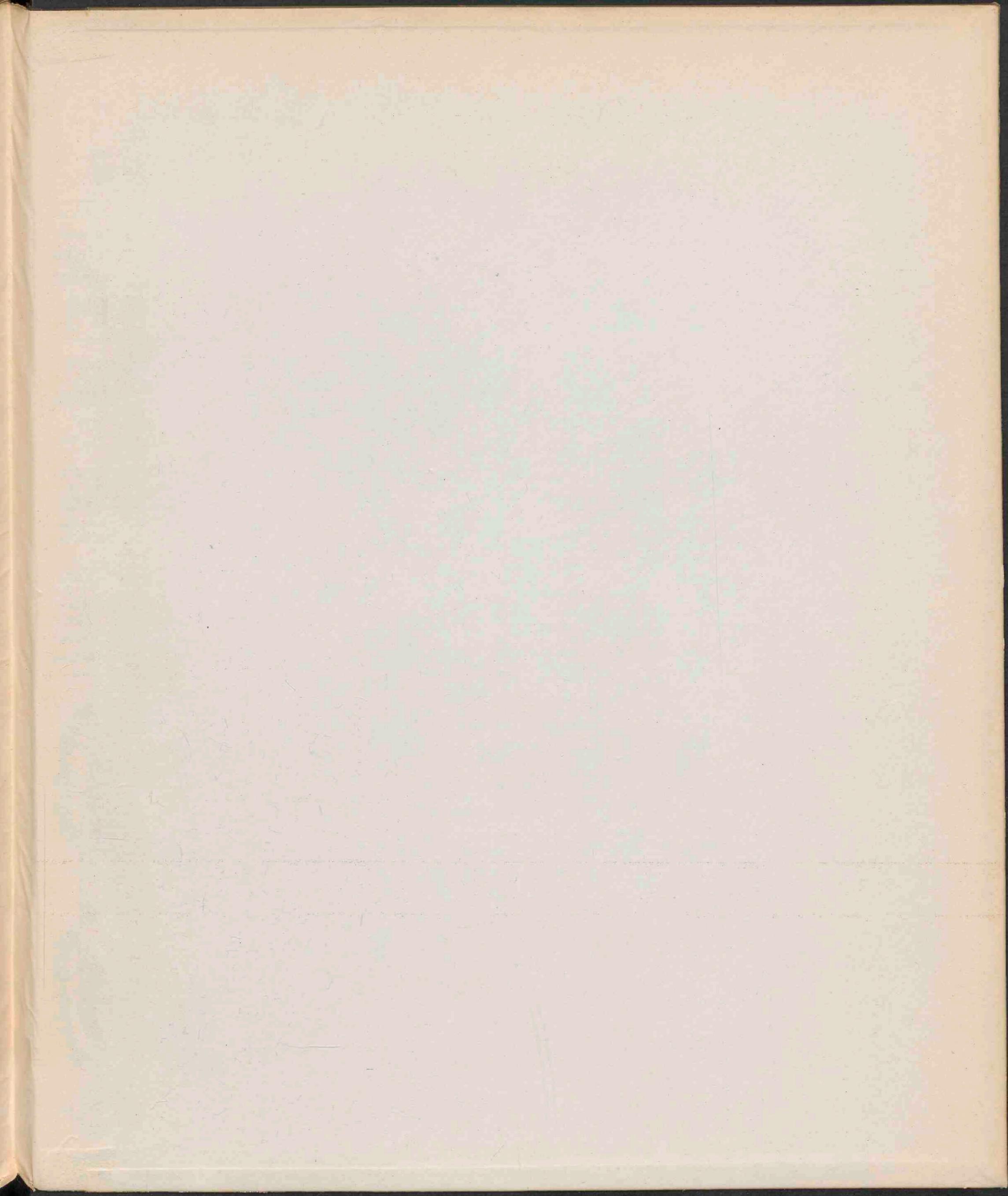
Fig. 99.











IN VORBEREITUNG BEFINDEN SICH:

**SELENKA, EMIL, STUDIEN ÜBER ENTWICKELUNGSGESCHICHTE  
DER THIERE**

**DRITTES HEFT.**

**KEIMBLÄTTER UND PRIMITIVORGANE DER RATTE UND DES  
MEERSCHWEINCHENS.**

MIT 3 TAFELN.

---

**VIERTES HEFT.**

**DIE KEIMBLÄTTER DER ASCIDIEN.**

MIT 4 TAFELN.

---

**FÜNFTES HEFT.**

**AXOLOTL UND SALAMANDER.**

MIT 4 TAFELN.

---

**C. W. KREIDEL'S VERLAG IN WIESBADEN.**

DRUCK VON CARL RITTER IN WIESBADEN.