

Über die Entwicklung des Süßwasserschwammes.

Von

Dr. **Otto Maas** in Berlin.

(Aus dem zoologischen Institut zu Berlin.)

Mit Tafel XXII und XXIII.

Die Entwicklungsgeschichte der Spongillen hat eine Reihe von Darstellern gefunden. Deren Angaben lauten jedoch, wie schon eine flüchtige Übersicht der Litteratur zeigt, so verschiedenartig und widersprechend, dass eine neue Untersuchung mit verbesserten Hilfsmitteln der Technik wohl gerechtfertigt erscheint.

Außer CARTER kommt zunächst LIEBERKÜHN in Betracht. Er hat die »Schwärmosporen«, wie er sie nennt, ihr Festsetzen und ihre Ausbreitung zum jungen Schwamm zuerst festgestellt. Für die Histologie sind seine Arbeiten (Litteraturverzeichnis 16—22) außerordentlich werthvoll, geradezu grundlegend; auch für die Entwicklungsgeschichte enthalten sie eine Reihe wichtiger Beobachtungen, deren an den einzelnen Stellen gedacht werden muss.

Auf modernem Boden stehen die Untersuchungen von GANIN (7, 8). Ihre Hauptergebnisse sind mit anderen bekannten Thatsachen gut vereinbar, so die Zusammensetzung der Larve aus drei Schichten und deren Verwendung zum Aufbau der Gewebe des Schwammes, die Entstehung der Geißelkammern aus einem einheitlichen Hohlraum durch Ausstülpung u. A. Manches konnte allerdings Bedenken erregen, wie die Annahme einer wirklichen Leibeshöhle noch außer der Entodermhöhle, sowie der Umstand, dass viele seiner Bilder keine wirklichen, sondern nur optische Durchschnitte sind.

Görre's Resultate (9, 10) sind von den ebengenannten Punkt für Punkt verschieden. Die Larve ist nach ihm zweischichtig, ihr Ektoderm wird aber bei der Metamorphose abgeworfen und »der ganze künftige Schwamm geht mit allen seinen Theilen aus dem Entoderm

hervor«. Im letzteren bilden sich durch Lockerung die Hohlräume, die Geißelkammern entstehen getrennt von einander aus je einer Zelle durch Knospung; die Dotterkörner bilden sich dabei direkt zu Kernen um.

Der auffallendste Punkt ist hierbei die Abstoßung des Ektoderms. Da dasselbe bei den Larven von *Sycandra* (31), *Plakina* (35), *Oscarella* (13), *Chalinula* (14), nach den bestimmten Mittheilungen der Autoren F. E. SCHULZE, HEIDER und KELLER, vollständig in das äußere Epithel des jungen Schwammes übergeht, da ferner jedoch bei *Reniera* laut MARSHALL (24) ein theilweises Bloßlegen der inneren Keimschicht stattfindet, und auch bei *Esperia* von BARROIS (1) etwas Derartiges erwähnt wird, so wird vollends durch die GÖTTE'sche Darstellung bei *Spongilla* jede übereinstimmende Auffassung, auch des ausgebildeten Schwammkörpers, bei den verschiedenen Arten unmöglich.

Im Hinblick auf alle diese Widersprüche ergriff ich daher gern die Anregung meines hochverehrten Lehrers, zunächst die Metamorphose der *Spongilla* mit Hilfe des von ihm erfundenen Horizontalmikroskops und der Deckglasaquarien zu verfolgen, sodann aber auch die ganze übrige Entwicklung noch einmal zu studiren.

Durch FIEDLER (6) ist die einzellige Natur des Eies gegenüber der Anschauungsweise GÖTTE's überzeugend vertheidigt worden. Meine Untersuchungen habe ich daher am reifen Ei begonnen und versucht dieselben ohne Lücke bis zum fertigen jungen Schwamm durchzuführen.

Wenn ich nicht für alle Stadien dieselbe Bestimmtheit der Deutung in Anspruch nehme, wie für die Vorgänge bei der Metamorphose, so geschieht dies, weil ich glaube, dass mir erst das Studium verwandter, mariner Formen darüber völlige Klarheit bringen wird. Au keinen Fall möchte ich den Süßwasserschwamm, der in so vielen Beziehungen abgeändert und als ungünstiges Objekt erscheint, zum Ausgangspunkt vergleichender Spekulation machen.

Die Arbeit wurde im zoologischen Institut der Universität Berlin ausgeführt in der Zeit vom Sommer 1889 bis zum Frühjahr 1890. Herrn Professor F. E. SCHULZE sage ich meinen aufrichtigen Dank für das große Interesse, das er meinen Untersuchungen zuwandte, und für die mannigfache Förderung, die denselben daraus erwuchs. Auch den Herren Dr. KORSCHOLT und Dr. HEIDER bin ich für vielfache Anleitungen sehr verbunden.

Im Zoologischen Anzeiger (Nr. 316, 1889) habe ich bereits eine kurze vorläufige Mittheilung über meine Ergebnisse, so weit sie die Kontinuität des Ektoderms betreffen, veröffentlicht.

Material und Methoden der Untersuchung.

Material lieferte mir in reichster Fülle die Spree, die gerade im Herzen von Berlin, wo jedenfalls viele Abfallsstoffe ins Wasser gelangen, ein außerordentlich mannigfaches Thierleben zur Entfaltung bringt. Ganze Rasen von Vorticellinen bedecken die Steine, zwischen den Wasserpflanzen schwärmen zahllose Infusorien umher, nach denen Hydren ihre Arme strecken, und die verschiedensten Spongillen überkleiden die Pfähle der dort befindlichen Waisenbrücke. Die davon ausschwärmenden Larven sind so zahlreich, dass es an manchem günstigen Sommertag genügt, ein Glas Wasser im Fluss zu schöpfen, um mit Sicherheit einige darin zu erhalten. Die mütterlichen Schwämme selbst haben ein sehr verschiedenes Aussehen und gehören zu mehreren Arten. An den Seiten der Pfähle, wo die Strömung stärker ist, ist die meistens grün aussehende *Sp. lacustris* vertreten und flottirt mit ihren baumartigen Verzweigungen im Wasser; an den von der Strömung abgekehrten Stellen bilden sich dünne schmutzig gelbliche Überzüge von *Sp. fluviatilis*, und mehr in der Tiefe finden sich dicke, blendend weiße und zackige Krusten derselben Species. Diese letzteren haben mir vorzugsweise zu meinen Untersuchungen gedient. Um unnöthige Arbeit zu vermeiden empfiehlt es sich, die mit dem Netz hervorgeholten Krusten sofort im Kahn in einer flachen Schale mit der Lupe auf Furchungsstadien zu prüfen, die an ihrer weißlichen Farbe im übrigen Gewebe leicht erkannt werden. Die so ausgewählten Stücke wurden in Gläser mit Spreewasser gefüllt und im Institut in bereitgehaltene Aquarien vertheilt, wie es FIEDLER beschreibt. Bemerken möchte ich nur, dass es für das längere Leben der Stücke rathsam ist, die Aquarien nicht nur »vor starker Besonnung geschützt«, sondern in möglichstem Schatten aufzustellen, wie es aus ihren natürlichen Siedelplätzen im Fluss hervorgeht. Sobald die Larven zahlreich ausgeschwärmt waren, was gewöhnlich über Nacht geschah, wurden sie zum Theil nebst einem Stück des mütterlichen Schwammes auf verschiedene Weise konservirt, zum Theil in einer großen Glasröhre einzeln aufgefangen und ins Deckglasaquarium übertragen.

Da dieser Apparat, wie aus zerstreuten Litteraturangaben (VERWORN, FIEDLER [6]) hervorgeht, wohl gelegentlich zum Studium von Bewegungen, bisher aber noch nicht zur wissenschaftlichen Beobachtung gebraucht worden ist, so empfiehlt es sich, hierüber einige Angaben zu machen. Auf einem Stativ ruht das oblonge Aquarium, dessen vordere und hintere Wand aus je einem 4 qdm großen Deckglas besteht, während die 4 cm tiefen Seiten durch massive Glasstützen gebildet werden.

Es befindet sich in ihm also eine Wassermenge von gegen 100 ccm, auch Elodeapflänzchen und Bodentheilchen können hineingebracht werden. Die Verhältnisse sind den natürlichen möglichst ähnlich, unvergleichlich günstiger wie im hängenden Tropfen oder GRAMME'schen Ring, und was die Hauptsache ist, man kann ein und dasselbe Individuum, während der ganzen Dauer der Metamorphose, als freischwärmende Larve beim Festsetzen und als jungen Schwamm im Auge behalten. Das horizontal gestellte Mikroskop lässt sich bequem handhaben, und durch den besonders aufgestellten Spiegel einerseits wie durch die am Aquarium angebrachte Blende andererseits lässt sich sowohl genügende Helligkeit zur Anwendung stärkerer Vergrößerungen (ZEISS E und F), als auch die für das Weiterentwickeln der Larven nöthige Dunkelheit erzielen.

Zur Beobachtung der Einwirkung von Reagentien bediente ich mich außerdem des hängenden Tropfens, den ich mir auf folgende Weise herstellte. Große Deckgläser wurden vorsichtig auf die Wasseroberfläche der Zuchtaquarien gelegt, so dass sie (nach dem bekannten physikalischen Experiment) schwammen; an diese setzten sich die Larven gern an und konnten dann mit denselben herausgenommen und beobachtet werden. Auch für die Anfertigung von Dauerpräparaten eignet sich dies Verfahren, besonders bei NO_3Ag -Einwirkung. Es können auf diese Weise Präparate in Kanadabalsam zwischen zwei Deckgläsern hergestellt werden, so dass ein Betrachten von zwei Seiten möglich ist, was für manche Stadien sich wichtig zeigt.

Zum Härten der ganzen Schwammstücke bediente ich mich nach vorherigem Ausschwenken (wie es F. E. SCHULZE angiebt) des absoluten Alkohols. Für die Larven wandte ich Sublimat, Übersmiumsäure und die FLEMMING'sche Chromosmium-Essigsäure an. Besonders letztere lieferte so gute Resultate, dass ich sie bald ausschließlich gebrauchte. Zum Durchfärben der ganzen Schwammstücke, wie auch der Larven benutzte ich Boraxkarmin, manchmal auch Hämatoxylin. Zum Nachfärben der Schnitte behufs Differenzirung des Dottermaterials, was für viele Fragen von großer Bedeutung ist, dienten mir Anilinfarben, Bleu de Lyon und Malachitgrün. Letzteres in einer schwach alkoholischen Lösung mit nachherigem Auswaschen durch stärkeren Alkohol lieferte mir die besten Bilder. Das Einbetten der mütterlichen Schwämme sowie der Larven geschah in Paraffin. Wo die letzteren an Elodeablättern saßen, war dies ohne Weiteres möglich; im anderen Fall mussten die Objekte wegen ihrer Kleinheit vorher mittels Eiweiß auf Leberstückchen aufgeklebt werden¹, die Schnittdicke betrug nach dem

¹ SEMON, Entwicklung von *Synapta digitata*. Jen. Zeitschr. Bd. XXII. 1888.

jeweiligen Bedürfnis $\frac{1}{20}$ bis $\frac{1}{200}$ mm. Eine besondere Schwierigkeit für das Mikroskopieren bietet der Umstand, dass die Larve selbst, kaum größer als eines der großen Infusorien (nach LIEBERKÜHN gegen $\frac{2}{3}$ mm lang, $\frac{1}{2}$ mm breit), sich aus Hunderten von Zellen zusammensetzt, so dass sich manchmal die stärksten Vergrößerungen (ZEISS, apochromatische Immersion) als machtlos erweisen.

Furchung und Bildung der Höhle.

Das reife Ei mit seinem Reichthum an größeren und kleineren Dotterkörnern (Fig. 1), dem bläschenförmigen Kern mit dem stark tingirbaren Kernkörperchen ist besonders von FIEDLER genau beschrieben worden. Auch bezüglich der Furchung kann ich seine kurzen Bemerkungen, sowie GANIN'S Darstellung im Allgemeinen nur bestätigen. Es liegt bei *Spongilla* eine nach dem gewöhnlichen zweitheiligen Typus verlaufende äquale Furchung vor, die zunächst zur Bildung eines maulbeerförmigen und durchaus kompakten Zellenhaufens führt, wie ihn schon LIEBERKÜHN als »unbewimpertes Embryo« abbildet.

Da der Haupttheil des ganzen Entwicklungsverlaufes im mütterlichen Follikel vor sich geht, so ist man, wie GÖTTE mit Recht hervorhebt, »auf die Kombination der Bilder angewiesen, welche bei den Durchschnitten ganzer Schwammstücke zufällig gewonnen werden« (10, p. 4). Doch schien mir die Schwierigkeit, geschlossene Reihen der Vorgänge zu erhalten, nicht so groß. Die trächtigen Spongillen sind nämlich außerordentlich reich an Furchungsstadien, so dass man auf einem dünnen Querschnitt von etwa 1 qcm gewiss sechs davon angeschnitten erhält, oft aber auch das Dreifache. Außerdem schienen sie mir in Bezug auf ihre Lage einer gewissen Gesetzmäßigkeit zu unterliegen. Denn, wenn auch von einer besonderen Keimstätte nicht die Rede sein kann, und alle Zellen des sog. Mesoderms zur Eibildung verwandt werden können, so fand ich doch in den oben erwähnten Schwammkrusten die weniger entwickelten Stadien mehr nach der Oberfläche zu, wo mir aus anderen Gründen das hauptsächlichste Wachstum des Schwammes stattzufinden scheint, und die ausgebildeteren mehr in der Tiefe, wo sich die größeren ausführenden Lakunen sammeln. Je nachdem man also seinen Paraffinblock orientirt hat, kann man entweder verschiedene Stufen auf einem Schnitt vergleichen, oder von den Schnitten mit früheren Stadien zu den ausgebildeteren fortschreiten. (Auch KELLER giebt an [14, p. 335], dass »das Schwärmen an der Basis des Schwammes zuerst erfolgt und gegen das Osculum fortschreitet.«)

Die zwei ersten Furchungszellen gelangen häufig zur Ansicht, sie

erscheinen in Bezug auf Tingirbarkeit, Größe und Struktur durchaus gleich; eben so wenig lässt sich bei den 4-, 8-, 16- und mehrzelligen Stadien (Fig. 2—4) eine Verschiedenheit nachweisen, etwa in der Weise, dass an einem Pol die Zellen sich schneller theilen und ihr Dottermaterial früher verarbeiten würden. Wo am einzelnen Schnitt einmal eine Verschiedenheit der Blastomeren zu sehen ist, lässt sich durch Zusammensetzung der vorangehenden und folgenden Schnitte — am besten im Modell — stets nachweisen, dass die Ungleichheit nur durch die Schnitttrichtung bedingt war (vgl. Fig. 3). Die einzelnen Blastomeren der etwa 64zelligen Morula sind noch ganz ähnlich gebaut, wie das Ei. Sie bestehen aus einem sehr zähen Protoplasma, in dem Dotterkörner dicht eingelagert sind. Diese letzteren sind im Allgemeinen kleiner, wie die im Ei, färben sich mit Boraxkarmin tiefroth und verdecken auf diese Weise öfters den Kern, der sich aber in anderen Fällen als wasserhelles Bläschen mit dunkelrothem Nucleolus bemerkbar macht und durch die Doppelfärbung noch mehr hervorgehoben werden kann. Die einzelnen Blastomeren sind, wie GÖRTE beobachtet, »bald locker gefügt, bald gegen einander abgeplattet«; doch scheint mir das letztere das typische Verhalten zu sein und das erstere von nicht festschließenden Follikeln herzurühren. Jedenfalls ist die Morula durchaus solid und zeigt nicht die Spur einer Furchungshöhle. Wenn auch, wie GANIN bemerkt, beim viertheiligen Stadium die Andeutung einer solchen vermuthet werden könnte, so verschwindet dies später, wie er selbst auch betont, ganz und gar, und Schnitte zeigen, wie sehr die Zellen den gegebenen Raum ausnutzen (Fig. 4). Die Größe und äußere Gestalt der Morula gleicht, von Anomalien abgesehen, der des Eies, ihr Querschnitt ist kreisrund, ihr Längsschnitt oval. Eine Verschiedenheit der beiden Pole habe ich nicht mit Sicherheit feststellen können.

In demselben Sinne, wie dies F. E. SCHULZE beim Badeschwamm thut (33, p. 643) könnte man auch bei Spongilla von einer »Abfurchung« sprechen, in so fern die Zellen bei den ersten Theilungen noch durchaus Blastomeren-Charakter tragen, von einem bestimmten Stadium an aber sich rapide zu theilen anfangen, und die gleichzeitige Differenzirung der Gewebsschichten eintritt. Zwischen beiden Vorgängen liegt die Bildung der Höhle.

Nach GANIN tritt zuerst eine Differenzirung der Zellen durch raschere Theilung der peripheren Elemente auf und dann erst erfolgt »durch Desaggregation und Zerfall der centralen Zellen« die Bildung der Höhle. GÖRTE aber hält ihm mit Recht deren excentrische Anlage entgegen, die GANIN bei seinen optischen Durchschnitten entgangen sei, und sagt selbst (p. 5), dass an einem peripher differenzirten Embryo

die Höhle schon vorhanden ist. Ich kann dies durchaus bestätigen. Sobald nur einigermaßen Unterschiede in den Zellen hervortreten, ist auch bereits die Höhle zu sehen. Schon deshalb aber glaube ich, dass man hier nicht von einer epibolischen Gastrula sprechen darf, wie es GÖRTE thut. Denn was für diese charakteristisch ist, das Vorhandensein eines differenten äußeren Zelllagers und einer großzelligen kompakten Innenmasse, tritt bei *Spongilla* zu keiner Zeit auf.

Nach einer ganzen Reihe von Bildern, die mir im Verlauf meiner Schnittserien erschienen sind, scheint mir die Entstehung der Höhle von außen her zu erfolgen. Dafür spricht zunächst ihre excentrische Lage, dann aber auch ihre charakteristische, etwa mützenförmige Gestalt, die im Längsschnitt halbmondförmig, im Querschnitt kreisrund erscheint. In der That kann man Übergänge von einer leichten Einsenkung von dem einen Pol der Morula bis zu einer so geformten Höhlung auffinden (Fig. 6—9), und diese Bilder sind zu häufig, als dass ich sie für zufällige halten könnte. Auch sind es nicht herausgefallene Blastomeren, die solche Lücken vortäuschen; diese zeigen ein anderes Ansehen und erscheinen nur in weiten Follikeln, die die Morula nicht fest zusammenhalten, während die Bilder, die ich in Beziehung zur Höhle bringe, gerade an sehr festgefügtten, sich gegenseitig abplattenden Furchungszellen auftreten. Auf jeden Fall ist die Höhle schon gebildet, ehe eine Differenzirung der Zellen auftritt. Schnitte, die mit Absicht sehr dick hergestellt wurden, zeigen bei hoher Einstellung den Boden, bei tiefer die Decke der Höhle, bei mittlerer die Höhle selbst. Die Schließung ist also schon erfolgt, die umgrenzenden Zellen zeigen aber noch durchaus Blastomeren-Charakter.

Wie dieser Entstehungsmodus aufzufassen wäre, wird sich, wie ich in der Einleitung bemerkt habe, wohl erst beim Studium verwandter, mariner Formen ergeben. Ob wir es hier mit einer wirklichen Einstülpung zu thun haben, die nur desswegen so klein ist, weil bei der Morula im Gegensatz zur Blastula die Furchungshöhle sehr rudimentär ist, oder ob wir eine Art Umwachsung vom einen Pol annehmen sollen (KELLER, *Chalinula*, 44, p. 335), oder ob hier ein Mittelding zwischen epibolischer und Einstülpungs-Gastrula vorliegt, das sind einstweilen nur Vermuthungen, die ihre Stütze erst durch weitere Beobachtungen an Kiesel Schwämmen finden können.

Differenzirung der Gewebe.

Der jetzt beschriebene Embryo ist kein ungeordneter Zellhaufen; er birgt in seinem Inneren eine charakteristisch geformte und gelegene Höhlung und besitzt bereits die ovale Gestalt der Larve. Auch können

die einzelnen Zellen nicht mehr als gleichwerthig angesehen werden, da sie durch ihre Lage verschiedene Beziehungen sowohl unter sich, wie zur Außenwelt gewonnen haben. Es lässt sich aus diesem Grunde wohl denken, dass z. B. die Zellen x des Embryo (Fig. 9) sich im Lauf der Entwicklung anders verhalten werden, wie die Zellen y oder z , äußerlich aber unterscheiden sie sich einstweilen in keiner Weise, und auch im Lauf der weiteren Entwicklung lässt sich keine scharfe Grenze zwischen ihnen ziehen, so dass man etwa sagen könnte, die einen Blastomeren liefern das Ektoderm, die anderen das Mesoderm, die anderen das Entoderm. Wenn ich daher auch in der Folge diese Ausdrücke für die Gewebe der Larve verwende, so geschieht dies mehr, um damit eine geläufige Terminologie für die Schichten der Larve anwenden zu können, als um damit von wirklichen Keimblättern zu reden.

Die Differenzirung der Gewebe erfolgt an allen Punkten ziemlich gleichzeitig, unter Aufbruch des vorhandenen Dottermaterials und rapider, vielfach wiederholter Theilung der Zellen, nur in der mittleren Schicht bleiben Dotterkörner etwas länger liegen. Die Verfolgung dieser Vorgänge im Einzelnen ist ziemlich schwierig, weil man auf Kombination der Bilder angewiesen ist, und die Elemente sehr klein sind; doch glaube ich das Folgende mit Bestimmtheit aussagen zu dürfen.

Die peripheren Zellen theilen sich sehr schnell in verschiedene unregelmäßig geformte Stücke (Fig. 19); Kerntheilungsbilder sind dabei häufig zu sehen, ohne dass sich für die Richtung der Spindeln eine Regel aufstellen ließe; im Gegentheil scheinen Theilungen in allen Ebenen vorzukommen. Diese unregelmäßigen Zellen, die noch Dotterkörner enthalten, zerfallen wieder in eine große Anzahl von kleineren rundlichen Zellen, die ihrerseits vollkommen dotterfrei sind, einen runden Kern mit Chromatingerüst aufweisen. Sie scheinen gruppenweise angehäuft (fast, als wenn jede Gruppe aus einem Blastomer herrührte), umgeben als geschlossenes Lager den ganzen Embryo, lassen sich aber von dem unterliegenden Gewebe nicht scharf abgrenzen (Fig. 19 u. 20 a). Nach und nach werden aus ihnen immer mehr cylindrische Zellen mit länglichen Kernen, in richtiger epithelialer Anordnung. Unterdessen sind auch an allen anderen Stellen außerordentlich rasche Theilungen vor sich gegangen. Die Höhle zeigt sich umgrenzt von einem deutlichen Lager rundlicher und kubischer kleiner Zellen, die an manchen Stellen besonders gehäuft erscheinen und bisweilen Fortsätze bis in die Innenmasse hinein erkennen lassen. Auch diese selbst zeigt sehr verschiedene Elemente. Außer noch dotterreichen Zellen mit hellem Protoplasma und bläschenförmigem Kern (Fig. 19 u. 20 dz) finden sich schon andere Zellen, die kein Dottermaterial mehr enthalten, deren Kern ein Chro-

matingerüst aufweist und deren Plasma sich lebhafter färbt (Fig. 19 u. 20 *mz*). Ihre Form ist verschieden; sie nähern sich im Charakter den späteren Zellen der Bindesubstanz und sind offenbar gegenüber den Zellen mit reichem Dottermaterial die vorgeschritteneren, wie manche Übergänge zeigen.

Diese letzteren zwei Zellsorten glaube ich auch in den von METSCHNIKOFF bei *Halisarca* (25, p. 354) beschriebenen »Rosettenzellen« einerseits und »feinkörnigen Elementen« andererseits wiederzuerkennen. Deren Verhalten gegen Reagentien, sowie die Thatsache, dass im Lauf der Entwicklung die ersteren immer weniger werden gegen die letzteren (p. 357), rechtfertigt diesen Schluss. Ein drittes Mesodermelement der Spongille, was bei *Halisarca* ja nicht vorhanden ist, sind die skelettbildenden Zellen, die in ihrem Inneren die Spicula bilden. Ich kann dem hierüber bereits Bekannten nichts Neues hinzufügen. Auch die knorrige Form der Nadeln, wie ich sie abbilde, ist von LIEBERKÜHN u. A. beschrieben.

Alle diese Differenzirungen lassen sich aber nur mit Hilfe der oben erwähnten Doppelfärbungen erkennen, bei einfacher Anwendung von Boraxkarmin, das auch die Dotterkörner roth färbt, erscheint davon nichts Deutliches. Es erklären sich hieraus, wie schon FIEDLER (6, p. 30) nachgewiesen hat, nicht nur GÖRTE's Darstellung von der Nichtzelligkeit des Spongilleneies, sondern auch seine Beschreibung des Entstehens der Geißelkammern. Diese sollen sich direkt durch Knospung aus je einer dotterreichen Zelle bilden (p. 47), wobei sich einfach die Dotterkörner in Kerne umwandeln. Wie eine solche Verwechslung möglich ist, zeigt ein doppelt gefärbtes Bild (Fig. 22 *gk, dz*), wo eine solche Zelle neben einer wirklichen Geißelkammer liegt, mit der sie auch an Größe übereinstimmt. Man braucht sich nur zu denken, wie das, was hier durch die Anilinfarbe blau erscheint, bei einfacher Karminfärbung sich ebenfalls roth darstellen würde, um zwei sehr ähnliche Zellbilder zu erhalten.

In Wirklichkeit entstehen die Geißelkammern durch eine weitere Differenzirung der Höhlenauskleidung, indem einzelne Zellen sich strangartig verlängern, andere aber sich gruppenweise anhäufen, besonders in kleinen Einbuchtungen. Stränge von solch langgestreckten Wandungszellen der Höhle ragen oft in die mittlere Masse hinein und zeigen an ihrem Grund die Kammeranlage (Fig. 20 *i*). Nicht verschweigen kann ich allerdings, dass ich auch solche Bildungen ohne Verbindung mit der Höhle gesehen habe; doch werde ich bei der Besprechung des Kanalsystems in der freischwärmenden Larve noch darauf zurückkommen.

Auch die mittlere Gewebsschicht ist während dessen in ihrer Entwicklung fortgeschritten. Die dotterreichen Zellen haben sich an Zahl sehr vermindert, die Dotterkörner selbst sind kleiner geworden und zeigen eine unregelmäßigere Form. Bei sehr starker Vergrößerung zeigt auch ihre Struktur bedeutsame Veränderungen. Während die färbare Substanz ursprünglich in einem feinen Netzwerk angeordnet war, erscheint sie später mehr in Bändern gleich einem Vorticellenkern und schließlich in mehr unregelmäßigen Anhäufungen (Fig. 30). Auch ist schon die Gallertsubstanz vorhanden und es sind einzelne Zellen in charakteristischer Gestalt darin zu finden. Es scheint mir, als ob die erste Entstehung dieser Grundsubstanz (wie bei den Nadeln) intracellulär geschehe; wenigstens lassen kleinere und größere Vakuolen in den embryonalen Mesodermzellen dies vermuthen (Fig. 100 u. 27). Ich bin jedoch zu keinen sicheren Ergebnissen hierüber gelangt. Einzelne Spicula sind mittlerweile sehr groß geworden, zeigen aber immer nur eine anliegende Zelle. Die Zellen des Ektoderms haben sich ebenfalls weiter verändert, sind ganz hoch cylindrisch geworden und haben schließlich Wimpern bekommen. In solchem Zustand, also mit drei differenten Gewebsschichten, schwärmen die Larven aus.

Betonen möchte ich noch einmal die Gleichzeitigkeit der Differenzirung. In demselben Grade wie sich die peripheren Zellen von dem ursprünglichen Blastomeren-Charakter entfernen und ihr Dottermaterial verarbeiten, ist dies auch bei den innenliegenden der Fall. Wenn die äußere Zellschicht ihren definitiven Charakter erreicht und ihre Wimpern zum Ausschlüpfen und Schwärmen gebildet hat, ist auch ein entwickeltes Kanalsystem vorhanden, und nur die mittlere Schicht enthält dann noch einiges Dottermaterial. GÖTTE hat dies offenbar auch gesehen (p. 6), will aber dennoch als den normalen Fall den ansehen, dass bei der ausschwärmenden Larve das Ektoderm vollständig entwickelt ist, während »das Entoderm in seiner Hauptmasse aus größeren und kleineren, locker gefügten Zellen von rundlich eckiger Form und indifferenter Textur besteht«. Ich habe ein solches Verhalten niemals gefunden, sondern stets feststellen können, dass die Differenzirung innen und außen gleichen Schritt hält. Ich glaube desshalb auch nicht, dass »eine bestimmte Regel über die Reihenfolge der verschiedenen Entwicklungserscheinungen und ihre Verbindung mit den verschiedenen biologischen Zuständen (im Follikel eingeschlossene, schwärmende angeheftete Larven) bei *Spongilla* durchaus vermisst wird«. (GÖTTE ebenda.) Vielmehr scheint mir das Verhalten des Süßwasserschwammes so zu erklären, dass eben der Haupttheil der Entwicklung in den mütterlichen Körper zurückverlegt ist und das Larvenleben und seine

Aufgaben dem entsprechend beschränkt sind. Ähnlich scheint es bei *Chalinula* (44, p. 336—338) zu sein, und wenn wir dagegen bei anderen Schwämmen finden, dass im Mutterschwamm nur die ersten Anfänge der Entwicklung liegen (*Oscarella*, *Plakina*), so haben wir in diesem biologischen Unterschied nur eine Erscheinung, die in allen Thiergruppen vorkommt, und die zur Erklärung der theilweise recht verschiedenen Entwicklung bei den einzelnen Formen ein und derselben Gruppe verwandt worden ist.

Die freischwärmende Larve.

Da die Embryonen bisher von einem Follikel von Mesodermzellen umschlossen wurden, so muss bei ihrem Freiwerden nothwendig eine Schädigung des mütterlichen Gewebes erfolgen. Dass diese so weit geht, den Untergang des betreffenden Schwammes herbeizuführen, ist nicht wohl anzunehmen, nachdem es WELTNER gelungen ist, Schwammstücke, die reichlich Larven entsendet, im Aquarium zu überwintern (42, p. 24). Da man die zuletzt beschriebenen Entwicklungsstadien auch in dem Kanalsystem antrifft, so ist vielmehr zu vermuthen, dass die Larven nach Durchbrechung des Follikels in die ausführenden Gänge und von da ins freie Wasser gelangen.

Die Bewegungen der freischwärmenden Larve sind außerordentlich lebhaft. Es gewährt ein interessantes Schauspiel, sie mit dem Horizontalmikroskop zu verfolgen. Doch hat schon LIEBERKÜHN eine so anschauliche und richtige Beschreibung gegeben (46, p. 10), dass derselben kaum etwas hinzuzufügen ist. Wenn er u. A. sagt: »sie schwimmen in geraden Linien, öfters drehen sie sich im Kreise herum«, so ist damit die von allen Schwammlarven bekannte Bewegung in Schraubelinien charakterisirt. Der Pol der Höhle ist dabei meist nach vorn gerichtet und erscheint durchscheinend und wasserhell, der Pol der kompakteren Gewebsmasse nach hinten und erscheint weißlich, was die Auffindung der Larven erleichtert. Auch die LIEBERKÜHN'sche Abbildung (17, Fig. XV) scheint mir auf diese Schwimmrichtung hinzuweisen, indem der Pol der Höhle eine schopffartige Anordnung der Geißeln, der andere eine angedrückte Lage derselben zeigt, wie sie beim entsprechenden Schwimmen nothwendig eintritt. Dass »die Larven im Wasser schweben, immer mit aufwärts gekehrtem Scheitelpol, was sich einfach daraus erklärt, dass unmittelbar unter ihm sich die große Entodermhöhle, und in der unteren Hälfte der schwere Entodermkern befindet« (GÖTTE), scheint mir demnach ein pathologisches Verhalten zu sein. Ich habe, wo ich das Einzelindividuum bis zum Festsetzen und weiter hinaus verfolgen konnte, immer ein aktives Schwimmen mit Hilfe

der Wimpern beobachtet, und ein passives Schweben nur einmal bei Larven in einem und demselben Zuchtquarium gesehen. Diese Larven zeigten ein geplatztetes Ektoderm und setzten sich, wie ich mich an eingehängten Deckgläsern überzeugen konnte, niemals an. Auch konnte ich nicht finden, dass die munter schwärmenden Larven an Blättern oder in Ritzen hängen blieben, im Gegentheil sah ich sie stets aus dem oft recht dichten Gewirr der Wasserpflanzen sich wieder herauswinden. Bestätigen kann ich dagegen ihre außerordentliche Lichtscheu, die sie an den dunkleren Stellen des Aquariums zusammendrängt, und die um so auffallender ist, als sich hier nicht wie bei *Halisarca*, *Oscarella* u. A. Pigmente finden. Man muss die Aquarien deshalb dunkel halten und auch bei der direkten Beobachtung im durchfallenden Licht öfters abblenden. Sonst kann es passiren, dass eine Larve, die man schon mit dem Horizontalmikroskop eingestellt hatte, sich von ihrem Festhaltungsort wieder loslöst, beunruhigt durch die hellen Lichtstrahlen, und langsam weiter schwimmt.

Die Ektodermzellen lassen sich schon im lebenden Zustande sehr gut einzeln erkennen, ihr Plasma ist feinkörnig, der Kern länglich und scheint heller. Die Geißeln erscheinen als dichter Pelz und sind wegen ihrer schnellen Bewegungen und ihrer dichten Stellung, die durch die Schmalheit der Ektodermzellen bedingt ist, nicht genauer und einzeln wahrzunehmen (Fig. 44). Dagegen ist dies am Zupfpräparat, sowohl vom lebenden als von mit Sublimat gehärtetem Material sehr gut möglich: die Geißel ist etwa zwei- bis dreimal so lang wie die zugehörige Zelle; sehr fein in ihrem schwingenden Theil, schwillt sie an ihrem Ursprung plötzlich sehr stark an (Fig. 40 a) und kann noch innerhalb der Ektodermzelle als ein Strang hyalinen Plasmas bis gegen den Kern hin verfolgt werden, ein Verhalten, wie es bei Flagellaten und auch bei Geißelzellen höherer Thiere, des öfters beschrieben worden ist (vgl. HEIDER, *Oscarella* [13, p. 16—20]). An Oberflächenbildern von Ektodermstückchen sieht man den polygonalen Umriss der Zellen auch ohne Reagentien und bemerkt, dass der Kern fast den ganzen Querschnitt ausfüllt (Fig. 29). Feine Schnittpräparate, die durch die freischwärmende Larve gefertigt sind, zeigen, dass die Ektodermzellen wohl im Allgemeinen gleichmäßig neben einander und radiär zum Larvenumriss stehen, dass aber einzelne sich von unten dazwischen drängen (Fig. 40 b), andere sich gegen die mittlere Schicht hin ausfasern, so dass eine scharfe Abgrenzung vom unterliegenden Gewebe nicht möglich ist.

Durch Zerzupfen lassen sich auch dessen Elemente gut sondern; die oben beschriebenen amöboiden Zellen kriechen auf dem Objekt-

träger weiter, während die mit Dotter beladenen, die gewöhnlichen Mesodermzellen und Nadelbildner sich passiv verhalten. Die Spicula haben an Zahl sehr zugenommen, liegen aber stets nur in der dichten Masse, die den hinteren Pol ausfüllt, so dass man den Eindruck gewinnt, als sei die Larve am vorderen Pol nur zweischichtig (Fig. 27). Ihre Größe ist oft so bedeutend, dass man sich wundern muss, wie sie die Larve nicht am Schwimmen stören. Da ich noch solche von fast $\frac{1}{2}$ mm fand, die nur einen anliegenden Silicoblastkern zeigten, die Nadeln des erwachsenen Schwammes aber eine bestimmte Größe nicht überschreiten (vgl. 17, Figuren) so glaube ich, dass die ganze Dauer des Wachstums nur eine einzige Zelle in Anspruch nimmt, um so mehr als ich nie Nadeln mit epithelartig anliegenden Zellen gesehen habe. Wo die großen Nadeln bis an die Peripherie ragen, zerreißen sie das Ektoderm nicht (Fig. 27), sondern treiben es etwas vor sich her. Es kommen sogar Fälle vor, wo der ovale Umriss der Larve durch besonders weit hinausragende Nadeln ganz gestört wird, und sogar dann zeigen diese noch bis zu ihrer Spitze das Ektoderm als feine Haut mit deutlichen Kernen. Einen solchen extremen Fall giebt Fig. 31. Ich will nicht zu erwähnen vergessen, dass ich im Mesoderm mancher Larven auch die sog. grünen Körper fand und in manchen derselben auch eine deutliche Tetradenbildung sah (vgl. HAMANN [12]). Die betreffenden Individuen schienen aber sonst vollkommen normal und in ihrer Entwicklung nicht gehemmt. Die ganze Mesodermmasse ist bei der freischwärmenden Larve weniger kompakt, weil sie von Hohlräumen durchsetzt ist, die von Divertikeln der großen Höhle herrühren.

Deren Auskleidung bildet die dritte der an der Larve zu unterscheidenden Gewebsschichten und weist ebenfalls sehr charakteristische Zellformen auf. Zunächst epithelartig an einander gefügte, sehr langgestreckte Zellen, die von der Fläche aus spindelförmig sich darstellen (Fig. 10 e), von der Kante aber sehr schmal aussehen, so dass beim optischen Schnitt der Kern ganz heraustritt. Außerdem fallen Gruppen von sehr kleinen Zellen mit stark tingirbaren Kernen auf, manchmal direkt an der Höhle, manchmal weiter im Inneren, die Geißelkammern. Dass es schon wirkliche Kammern sind, zeigen Schnitte, bei denen entweder das meist kreisförmige Lumen oder das Aufsichtsbild zur Ansicht kommt (vgl. Fig. 27, 21, 22). An Isolirpräparaten kann man auch stets den Kragen als auffallend breiten, hellen Saum, weniger deutlich und nicht immer die Geißel der einzelnen Zelle nachweisen (Fig. 10 i).

Über die Konfiguration der Höhle und ihre Beziehung zu den Geweben der Larve geben Totalpräparate bei verschiedener Einstellung,

genauer aber Schnittserien, sowohl längs wie quer, wie schief geführte, Auskunft. Es zeigt sich dabei, dass die Höhle doch stets nur einen beschränkten Theil der Larve einnimmt; denn wo ein einzelner Schnitt etwa den Hohlraum gegen die Gewebsschichten sehr überwiegend zeigt, lehrt die Vergleichung der ganzen Serie, dass dies an der Richtung des Schnittes gelegen war (vgl. Fig. 27 Richtung $v-w$). Der Querschnitt der Höhle ist stets rund, der Längsschnitt ein $\frac{3}{4}$ mondförmiger, dadurch dass sich die mittlere Gewebsmasse etwas vorwölbt. Oft führen Gänge von der Höhle aus ins Innere; manchmal sind diese sehr weit zu verfolgen, öfters gehen sie bis zu Geißelkammern. Solche Gänge im Inneren können auch ohne Verbindung mit der Höhle erscheinen, und natürlich kann man nicht auf jedem Schnitt das schematische Verhalten bekommen: Höhle mit Divertikel, der in die Geißelkammer führt. Wenn man aber in einigen Fällen die Höhle mit nahe ansitzender Kammer, in anderen die Höhle mit lang ausgezogenen Divertikeln, in wieder anderen Fällen solche Divertikel mit Kammern sieht, so ist die naheliegende Kombination um so eher gestattet, als auch das konstruirte Verhalten öfters im Bilde erscheint (Fig. 27 *gk*).

Die freischwärmende Larve kommt nach alledem in vielen Beziehungen dem ausgebildeten Schwamm sehr nahe. Die Gewebe sind sehr differenzirt, und namentlich ist das Kanalsystem schon vorgebildet. Dessen Verbindungen mit der Außenwelt sind aber noch nicht hergestellt, also die in die Kammern einführenden Pori, und das von den Ausführgängen ausführende Osculum. Diese Bildungen können nur durch Durchbrechen des Ektoderms zu Stande kommen, und dessen Veränderungen bilden den wichtigsten Gegenstand der Metamorphose.

Festsetzen und Metamorphose.

Während der ganzen Zeit des freien Schwärmens hat die Larve ihre äußere Gestalt unverändert erhalten. Einzelne Ausnahmen, die unter der großen Menge des beobachteten Materials vorkommen, wie sehr langgestreckte oder wurstförmig gekrümmte, konnte ich mit Sicherheit als Missbildungen ansprechen, und auch die wenigen Fälle von vorübergehenden Einstülpungen, die mir zu Gesicht kamen, halte ich für bedeutungslos (vgl. hierüber MARSHALL 24, p. 226; SCHULZE 34, p. 266). Die Zeit des Larvenlebens scheint mir kurz bemessen zu sein; in einer Anzahl von Fällen konnte ich nachweisen, dass das Festsetzen vor Ablauf von 12 Stunden erfolgte, die Zeit von 24 Stunden schien mir nie überschritten zu werden¹. Das Horizontalmikroskop ist zur

¹ Nach BARROIS' anschaulicher Darstellung soll eine schnelle Entwicklung das beste Kriterium für normale Verhältnisse sein. Anderenfalls halten sich die Larven

Beobachtung gerade der Metamorphose vorzüglich geeignet; ich glaube auf diese Untersuchungsmethode aus den Eingangs erwähnten Gründen besonderen Nachdruck legen zu dürfen. Die erste Anheftung erfolgt, wie auch Görre festgestellt hat, am Pol der Höhle (der [s. o.] beim Schwimmen nach vorn gerichtet ist). Wenn das Festsetzen an den Wasserpflanzen des Deckglasaquariums geschah, so konnte man dem Vorgang von der Seite folgen, allerdings wegen der trennenden Wassermenge nur mit schwächeren Vergrößerungen; doch gewahrt man, wie sofort die Höhle kleiner wird, dadurch, dass die über ihr befindliche schon im Larvenleben vorgewölbte Gewebsmasse sich noch mehr senkt (Fig. 35). Noch günstiger gestalten sich für die Beobachtung die Fälle, wo sich die Larve direkt an die Deckglaswand ansetzte und sich so geradezu der Betrachtung hingab. Man sieht dabei auf die entstehende Ansatzbasis und bemerkt, wie bald hier, bald dort eine Welle über den Kontour des lebhaft flimmernden Ektoderms hinläuft. Diese Wellen werden immer ausgesprochener und schärfer, bis zuletzt die ganze Peripherie nicht mehr kreisförmig ist, sondern lauter größere und kleinere Buckel zeigt. Auch körperlich treten diese, wenn man abblendet, durch die Schattirung gut hervor (Fig. 36), und Dauerpräparate lassen dies Verhalten noch besser erkennen, wenn man genau diesen Moment bei der Konservirung getroffen hat. Das Thier selbst wird dadurch flacher und nähert sich mehr der Mützenform, wie sie von fast allen Schwämmen beschrieben wird, die Höhle wird noch mehr ausgeglichen und erscheint von der Seite als ein halbmondförmiger hellerer Spalt im dunklen übrigen Gewebe.

Durch diese Wellenbildung am Ektoderm, die wie es scheint dazu beiträgt, den Schwamm aus der ovalen Larvenform in eine flache Kruste zu verwandeln, ist eine starke Oberflächenvergrößerung bedingt; diese kann aber nur statthaben durch Breiterwerden der Ektodermzellen. In der That kann man diesen Vorgang am lebenden Individuum aufs genaueste beobachten, da die Randpartien durchsichtig sind und sich noch mit starken Vergrößerungen (ZEISS E und F) betrachten lassen. Die hochcylindrischen Ektodermzellen werden zunächst mehr kubisch (in den Wellenthälern bleibt das ursprüngliche Verhältnis am längsten erhalten), dann immer flacher, bis ihre größte Erstreckung nicht mehr radiär, sondern tangential zur Oberfläche liegt. Die Zellgrenzen sind noch deutlich zu erkennen; auch die Kerne sind als hellere Bläschen wahrnehmbar, und zwar haben auch sie den Process mitgemacht und sind nicht mehr länglich, sondern rund. Die Streckung geht indess vielleicht lange in den Aquarien, zeigen aber dann viele Anomalien, » des bouches, des invaginations, des replis« und gelangen nicht zur Metamorphose.

immer weiter, die Ansatzbasis wird dadurch mehr und mehr verbreitert und das ganze Individuum sehr flach. Die Ektodermzellen sind dabei flachgestreckt, aber bald nicht mehr einzeln zu erkennen, indem ihre Grenzen und Kerne sich verwischt haben¹.

Einen sehr anschaulichen Beleg für das Breiterwerden der Zellen bietet das Verhalten der Geißeln. Während diese bei der freischwärmenden und der sich ansetzenden Larve nicht einzeln zu erkennen sind, weil jede an einer sehr schmalen Ektodermzelle steht, und ihre Stellung demnach sehr dicht ist, rücken sie während der eben beschriebenen Entwicklungsvorgänge zusehends mehr und mehr aus einander, bis sie zuletzt in großen Zwischenräumen stehen, nur noch vereinzelt und schwach schlagen und endlich ganz eingehen (Fig. 11, 12, 13 und 14).

Die eben beschriebenen Vorgänge vollziehen sich sehr schnell; vom Festsetzen bis zu diesem Stadium vergeht etwa $\frac{1}{2}$ — $\frac{3}{4}$ Stunde. Von da an werden aber größere Zeiträume für die Veränderungen gebraucht, und bis zum Stadium des wirklichen, wenn auch noch so kleinen Schwammkörpers vergehen oft mehr wie 24 Stunden.

Das Ektoderm, das jetzt als eine feine wellige Haut den Körper des Schwammes umgiebt, zeigt mit einem Male eine sehr merkwürdige Veränderung. Es verliert an einzelnen Stellen seinen scharfen, welligen Umriss, und man gewinnt bei schwächerer Vergrößerung den Eindruck, als sei hier ein Riss erfolgt, durch den die anliegenden Gewebsmassen langsam austreten. Sobald es aber gelingt, starke Vergrößerungen genau einzustellen, wird man gewahr, dass das Ektoderm an den scheinbar durchbrochenen Stellen sich zu einer äußerst dünnen, ganz hyalinen Schicht ausgebreitet hat, die mit den scheinbar ganz gebliebenen, also noch nicht flach ausgebreiteten Stellen in kontinuierlichem Zusammenhang steht (Fig. 15). Von dieser hyalinen Schicht gehen pseudopodienartige Fortsätze aus, bald lange und spitze, bald breitere und lappige, die sich in ihrem Äußeren und ihren Bewegungen genau verhalten wie die der Amöben. Zuerst erscheinen solche hyalinen Ausbreitungen nur an einzelnen begrenzten Stellen, und es kann auf diese Weise vor-

¹ Ich glaube nicht, dass man in diesem letzteren Umstand eine Atrophie sehen darf, wie GÖRRE, der das Plattwerden ebenfalls zu Gesicht bekommen hat (p. 12), es aber als Schwund deutet, in den Fällen, wo kein »Abplatzen« des Ektoderm stattfindet. Giebt es doch im Thierreich jedenfalls mehr Beispiele, wo sich am lebenden Gewebe die Kerne und Zellgrenzen nicht zeigen, wie für das Gegentheil. Dass übrigens die erwähnten Stadien am tingirten Präparat ihre Zusammensetzung aus einzelnen kernhaltigen Zellen wieder sehr deutlich erkennen lassen, darauf werde ich noch später zu kommen haben.

kommen, da ja alle Veränderungen nicht gleichzeitig auf der ganzen Peripherie eintreten, dass die eine Stelle z. B. noch flimmert, während die andere schon Pseudopodien entsendet. (Auf die eigenthümlichen Bilder, die in solchen Fällen an Dauerpräparaten erscheinen, werde ich noch unten eingehen.) Nach und nach aber pflanzt sich das Spiel der Pseudopodien auf der ganzen Peripherie fort, so dass schließlich der opake Schwammkörper von einem hellen Hof umgeben ist, der seine Form beständig wechselt. Es gewährt ein interessantes Schauspiel, diesen Vorgängen mit dem Horizontalmikroskop zu folgen. Ein hyaliner Fortsatz bricht aus, weit über das übrige Gewebe hinausragend. Dieses strömt langsam nach und gleicht ihn dadurch etwas aus. Die Pseudopodienstelle wird dadurch breiter und tritt dann eventuell mit benachbarten Fortsätzen in Verbindung (Fig. 34 α — δ). Eine kurze Ruhepause folgt, dann brechen wieder neue Fortsätze aus, bis endlich die ganze Peripherie in gleicher amöboider Bewegung sich befindet.

Da das Nachströmen der anderen Gewebmassen zuerst sehr allmählich erfolgt, so ist auch bei der Oberflächenansicht eines solchen jungen Schwammes eine scharfe Grenze zwischen dem eigentlichen Schwammkörper und seinen hellen Ausstrahlungen zu sehen. Diese sind aber so zart und durchsichtig, dass sie nach außen, gegen die Glasplatte zu, fast verschwimmen (Fig. 37). Sehr schöne Bilder aber geben diese Stadien an Dauerpräparaten, die außerordentlich leicht herzustellen sind. Man braucht nur die in den Zuchtaquarien eingehängten Deckgläser sammt den angesetzten Larven in Höllesteinlösung zu werfen, um alsbald das bekannte charakteristische Bild zu erhalten. Der amöboide Hof erweist sich dabei als ein Theil des den ganzen Schwamm umziehenden kontinuierlichen Plattenepithels; und wenn auch manche Zellen durch die amöboiden Bewegungen sehr weit vorgestreckt sind, so ist doch ihr Zusammenhang mit dem übrigen Epithel stets zu erkennen (Fig. 47). Noch instruktiver werden diese Präparate, wenn man sie weiter behandelt, färbt und in Kanadabalsam zwischen zwei Deckgläser bringt, so dass man die Ansicht von oben und unten vergleichen kann. Man bemerkt dabei, dass die Unterseite völlig plan ist und nur ihre Randpartien zu jenen amöboiden Bewegungen verwandt sind, während der übrige Theil sich als ein gewöhnliches Epithel von polygonalen Plattenzellen mit runden Kernen darstellt. Die Oberseite lässt dagegen eine am Rande schwächere, in der Mitte stärkere Wölbung erkennen. Wenn man dieser Wölbung mit der Mikrometerschraube des Mikroskops nachgeht, so kann man ebenfalls die Kontinuität des Ektodermis konstatiren, indem bei jeder Einstellung ein anderer Kreis von Ektodermzellen auftritt, die gerade im optischen Schnitt getroffen

sind, und indem diese Randkreise von innen nach außen vorrücken, wenn man von hoher zu tiefer Einstellung weiter geht.

Die amöboiden Bewegungen geschehen nach GÖRTE durch einzelne Entodermzellen, indem auf diesem Stadium das Ektoderm bereits abgeworfen. Abgesehen von meiner obigen Darstellung scheint mir auch aus rein mechanischen Gründen dies schwer haltbar; außerdem ist ein solches Amöboidwerden von Ektodermzellen auch von einer Reihe anderer Schwämme unzweideutig beschrieben. So vor Allem von F. E. SCHULZE bei der Metamorphose von *Sycandra raphanus* (31, p. 268 u. Fig. 9 u. 11) von KELLER bei *Chalinula fertilis* (14, p. 339 u. Fig. 19 u. 21), und ich glaube, dass auch das von MARSHALL bei *Reniera* beschriebene Durchbrechen des Coenoblastems (24, p. 227) nur scheinbar und in Wirklichkeit eben so wie hier zu erklären ist. Wenigstens legen seine Fig. 7 und 15 diese Vermuthung sehr nahe. Überhaupt scheint bei den Schwämmen die Fähigkeit der amöboiden Bewegung auch für die Ektodermzellen sehr weitgehend zu sein. F. E. SCHULZE giebt an, dass bei *Sycandra* eventuell auch die anderen Ektodermzellen der Larve, nicht nur die an der Ansatzbasis befindlichen Fortsätze aussenden können, KELLER konstatirt dies Verhalten noch für einen wirklichen jungen Schwamm bei *Chalinula*, und bei der ganz ausgewachsenen *Spongilla* hat WELTNER dies ebenfalls gesehen¹.

Die hyalinen Ausbreitungen dienen jedenfalls zur Vergrößerung der Ansatzbasis und zum Festheften der Larve, wie dies auch sämtliche Autoren annehmen, und wie es sich für *Spongilla* aufs Neue bestätigt.

Das Spiel der Pseudopodien ist zunächst sehr lebhaft, es dauert aber ziemlich lange und verlangsamt sich dann nach und nach. Die amöboiden Umrisse werden zu festen Kontouren, und indem die Elemente des übrigen Schwammkörpers, die Mesodermzellen, Nadeln etc. gegen die Peripherie nachzurücken scheinen, wird der vorher bestehende Unterschied zwischen hellem Hof und eigentlichem Schwammkörper ausgeglichen. Das ist in den günstigsten Fällen nach 24—36 Stunden der Fall, manchmal tritt jedoch dieses Stadium viel später ein (vgl. die obige Bemerkung von BARROIS p. 51).

Das Verhalten der Nadeln ist das gleiche wie bei der Larve, sie durchbohren nicht das Ektoderm, im Gegentheil lässt sich erkennen, dass dasselbe über sie geradezu gespannt ist, sowohl im frischen Zustande (Fig. 16), wie am Dauerpräparate (Fig. 32). Die scharfen Linien des Ektoderms erweisen sich, hervorgebracht durch die epitheliale Anordnung seiner Plattenzellen, die sich mit ihren Kernen oft noch bis

¹ Seine diesbezüglichen Mittheilungen sind einstweilen nur mündlich.

gegen die Spitze der Nadeln erkennen lassen; und selbst wenn diese recht weit hinausragen, tritt keine Durchbohrung ein (Fig. 32). Während dieser Zeit treten auch die Ein- und Ausströmungsöffnungen auf. Bezüglich der ersteren konnte ich öfters wahrnehmen, wie zwischen einzelnen Zellen plötzlich eine Lücke entstand, nicht dadurch, dass sie aus einander wichen, sondern indem sie sich nach innen umzukrümmen schienen und so eine Art Trichter herstellten, dessen Hohlraum durch tiefere Einstellung etwas mehr nach innen verfolgt werden konnte. Das Durchbrechen des Osculum habe ich leider nicht direkt beobachten können; dagegen sah ich die gebildeten Oscula häufig an Exemplaren am Deckglasaquarium und konnte das Austreten eines Wasserstromes an kleinen Partikelchen von hineingeworfenem Detritus feststellen.

Derartige Entwicklungen habe ich nicht einige, sondern viele Male beobachtet und niemals die geringste Abweichung von dem geschilderten Verlauf gefunden. Ich habe auch, da mir eine Anzahl von Deckglasaquarien zur Verfügung standen, die bis hierher verfolgten Schwämme weiter kontrollirt, das Entstehen neuer Nadeln und deren Anordnung zu den für die Species charakteristischen Zügen verzeichnen können und den ganzen Schwammkörper an Umfang zunehmen sehen. Ich glaube daher, dass die vorstehend beschriebene Entwicklung die durchaus normale ist.

Es erübrigt noch auf eine Reihe von Bildern einzugehen, die ein Platzen des Ektoderms vortäuschen können. Wirklich sind die Larven so außerordentlich zart und empfindlich, dass bei allen möglichen Gelegenheiten der Konservirung und Härtung das Ektoderm sehr leicht, manchmal in kleineren, manchmal in größeren Fetzen abplatzt. Besonders bei der Übertragung von Wasser in schwachen Alkohol kann dies vorkommen, und ich habe Anfangs zu öfteren Malen Bilder von Larven erhalten, die den GÖRRE'schen Figuren No. 40, 41 und 42 täuschend ähnlich waren, die ich aber in frischem Zustand mit ganz intaktem Ektoderm gesehen hatte. Ich habe daraufhin das, was mir nur zufällig begegnet war, mit Absicht nachzuahmen gesucht und konnte, so oft ich wollte, derartige Bilder künstlich erzeugen. Ein Aussehen, wie GÖRRE's Fig. 44 zeigt, wo das Ektoderm in einigen großen Fetzen absteht, erhält man z. B. mit Sicherheit, wenn man eine Larve, die alle vorhergehenden Prozesse ohne Schädigung durchgemacht hat, in dünnflüssigen Kanadabalsam bringt. Die Ähnlichkeit des Bildes, das man nach dem Austrocknen in sehr kurzer Zeit erhält, ist frappant. Auch genügt es z. B. eine Larve mit dem Glasrohr aus dem Aquarium zu entnehmen, und sie dann wieder in dasselbe hineinfällen zu lassen, um eine Schädigung des Ektoderms herbeizuführen.

Anders giebt sich die Erklärung von Bildern, wie GÖTTE'S Fig. 23, wo stehengebliebene Reste von cylindrischen Ektodermzellen auf dem unterliegenden Gewebe zu erkennen sein sollen. Es sind dies nach meiner Erfahrung in Wirklichkeit Stellen, wo das Ektoderm sich noch nicht verflacht hat, etwas in der Entwicklung zurückgeblieben ist, die aber mit den übrigen platten Zellen in epitheliale Zusammenhang stehen. Wie ich am lebenden Objekt gesehen habe, brauchen ja die Veränderungen am Ektoderm nicht an allen Punkten gleichzeitig zu erfolgen (vgl. oben); eine Stelle kann noch flimmern, während die andere schon platt oder amöboid ist. Bei der Fixirung ergeben sich dann diese eigenthümlichen Bilder. Am Präparat zwischen zwei Deckgläsern kann man die Verbindung solcher scheinbarer Ektodermfetzen mit dem gesammten übrigen Epithel sehr schön sehen, wenn man der Oberfläche mit genauer Einstellung nachgeht (vgl. oben p. 544 u. Fig. 17 *cy*). Auch habe ich mitunter Schnitte erhalten, die an ihrer Peripherie alle möglichen Übergänge vom kubischen bis zum gestreckten Epithel aufweisen. (Fig. 24 giebt einen Theil eines solchen Schnittes und Fig. 18 stellt einen ganz extremen Fall dar, wo einzelne hochcylindrische Zellen noch neben platten im epithelialen Verband stehen. Das letztere Präparat ist mit Sublimat angefertigt und zeigt desswegen auch noch die Geißeln.)

Wenn das Ektoderm bei der Metamorphose verloren ginge, und das künftige Epithel aus dem Entoderm entstünde »durch Anpassung an die neuentstandene freie Fläche« (GÖTTE 10, p. 44), so wäre es nicht möglich ein so schönes, ausgesprochenes Epithel auch an der Unterlage des Schwammes zu finden, wie dies jedes Mal der Fall ist. Namentlich tritt dies auch an Exemplaren, die sich an Elodeablättern angesetzt haben, und die dann die von GÖTTE erwähnte gekrümmte Basalfläche haben (10, p. 44) gut hervor, indem sich die hellen rosa gefärbten Zellen von dem, trotz Alkohol, immer noch blassgrünlichen Blatt abheben (Fig. 34).

»Die Macerirung trächtiger Spongillen mit 20%iger Salpetersäure«, die GÖTTE angewandt hat, um nachzuweisen, dass die Larven mitunter schon im mütterlichen Körper ihr Ektoderm abwerfen, dürfte kaum ein geeignetes Mittel sein, um über eine histologische Struktur Aufschluss zu erhalten.

Außer diesen zwei Beweisen für die Kontinuität des Ektoderms, erstens der direkten Beobachtung am lebenden, zweitens des Nachweises, dass die GÖTTE'schen Bilder künstlich erzeugt werden können, giebt es noch einen dritten: das Verhalten des Ektoderms auf Schnittserien, die man durch die freischwärmende, eben angesetzte Larve, den jungen und den tagealten Schwamm anfertigt. Wenn man sich erinnert, wie

schnell die ersten Veränderungen der Metamorphose vor sich gehen, wird man einsehen, dass es nöthig ist, eine außerordentliche Menge von Larven zu schneiden, um alle Übergänge von hochcylindrischen bis zu Plattenzellen auch an Schnitten zu bekommen. In der That habe ich nur aus einer sehr großen Auswahl (von auch theilweise gleichen Stadien) die Bilder auslesen können, die ich (in Fig. 24—26) zum Vergleich mit den nach dem Leben gezeichneten (Fig. 14—16) gebe. Da die betreffenden Larven mit Chromosmiumessigsäure behandelt wurden, so sind die Geißeln nicht mehr zu sehen. (Diese werden besser mit Sublimat erhalten, doch sind die mit ersterem gefertigten Präparate in Bezug auf Kernstruktur und schöne Abgrenzung der Zellen vorzuziehen.) Auch die Weiterentwicklung der anderen Gewebe und Gewebelemente ist an diesen Schnitten zu verfolgen.

Man sieht an freischwärmenden Larven das ausgesprochene Cylinderepithel, dessen Histologie oben schon beschrieben ist. Zu betonen ist nur, dass nicht alle Zellen cylindrisch sind, sondern dass keilförmige und rundliche Elemente sich dazwischen drängen, so dass vom unterliegenden Gewebe sich selten eine scharfe Abgrenzung markirt. Bei der Wellenbildung im Ektoderm tritt zunächst in den Wellenbergen eine geringe Abflachung seiner Zellen ein, in den Wellenthälern hält sich die cylindrische Form noch länger (Fig. 22). Das folgende Stadium zeigt ein ausgesprochen kubisches Epithel mit runden Kernen (Fig. 23). Der darauf folgende Schnitt (Fig. 24) ist durch eine Larve mit beginnender Pseudopodienausstrahlung geführt und zeigt außer diesen auch noch kubische und gestreckte Zellen. Auf diesem Stadium erweisen sich diese Entodermzellen schon durch ihre Tinktionsfähigkeit von dem übrigen Zellenmaterial verschieden, sie sind heller und gleichmäßig rosa, manchmal noch blasser gefärbt, wie die im Inneren befindliche Intercellularsubstanz und zeigen einen runden Kern mit unregelmäßigen Chromatinanhäufungen. Nach dem Stadium der amöboiden Bewegungen scheinen die Ektodermzellen in ihrem Abflachungsprocess noch weiter fortzuschreiten (Fig. 25) — es ist dies auch der Moment, wo sie mit den Geißelkammern in Verbindung treten —; endlich werden sie durch das Weiterwachsen des Schwammkörpers ganz flach (Fig. 26). Auch die Kerne sind lang und schmal geworden und wölben das Zellplasma nicht vor, wie dies die Kerne der entodermalen Wandungszellen thun, denen die Ektodermzellen jetzt in manchen Stücken sehr ähnlich sehen¹.

Auch in dem darunter liegenden Gewebe sind weitere Verände-

¹ VOSMAER hat (40) in jüngster Zeit eine Note über die Myxilla-Metamorphose veröffentlicht und sagt u. A.: I could observe in complete series of sections, how the flagellated epithelium step for step into the cubic or flat one.

rungen vor sich gegangen. Zunächst fällt, sobald die Ektodermzellen sich abgeflacht haben, unter ihnen die »Basalmembran« (»Cutis«, GANIN) auf, die sämtliche Autoren an der erwachsenen Spongilla beobachtet haben. Sie ist kaum färbbar und scheint ein Derivat der Gallerte zu sein. Diese selbst nimmt in diesen Anfangsstadien sehr reichlich an Masse zu und ich habe beobachtet, dass die Volumvergrößerung der ganz jungen Schwämme weniger durch Bildung neuen Zellenmaterials, als durch starke Vermehrung der Intercellularsubstanz bedingt ist. (METSCHNIKOFF hat schon bei *Halisarca* beobachtet [25, p. 357], wie die jungen Schwämme dadurch immer durchsichtiger werden, auch bei Spongilla kann man dies am lebenden Objekt sehen und findet am Schnitt durch Dauerpräparate, dass dieselbe Raumgröße, die in früheren Stadien dichtgepacktes Zellmaterial und wenig oder keine Zwischensubstanz enthält, in späteren Stadien wenige Zellen und dagegen reichliche Gallerte aufweist.)

Die übrigen schon in der Larve mannigfaltigen Elemente des mittleren Gewebes haben sich weiter entwickelt; auch tritt unter ihnen eine Zellform auf, die in der Larve noch nicht vorhanden war, und die ich für identisch mit den von FIEDLER (6, p. 89) beschriebenen »Fresszellen« halte. Sobald Schnitte die abgeflachten Ektodermzellen aufweisen, zeigen sich im übrigen Gewebe zerstreut, nahe der Oberfläche, aber oft sehr zahlreich, jene unregelmäßig geformten Zellen mit gekörntem Protoplasma, das bei Doppelfärbung äußerst feine blaue Einlagerungen zeigt (Fig. 24). Trotzdem diese Zellen von den dotterreichen Elementen der mittleren Schicht unzweifelhaft herkommen, sind doch ihre Einlagerungen nicht auf jene Dotterkörner zurückzuführen, sondern neu erworben; denn es zeigen vorangegangene Stadien alles Dottermaterial bereits aufgebraucht, auch sind die Neueinlagerungen anders strukturirt wie die zerfallenden Dotterkörner (s. oben).

Über die Funktion dieser Zellen etwas auszusagen, überhaupt in der vielumstrittenen Frage über die Ernährung der Spongien mitzureden, gestatten mir meine geringen, diesbezüglichen Beobachtungen nicht. Nach den neuesten sehr ausführlichen Mittheilungen LENDENFELD'S (15, p. 673 ff.) wären diese Zellen als Transportzellen der von den Kammerzellen assimilirten Nährstoffe aufzufassen.

Die Weiterentwicklung des Kanalsystems ist, wie oben gezeigt wurde, mit den Vorgängen der Metamorphose eng verknüpft. Durch die Abflachung und Ausbreitung des Larvenkörpers zum Schwamm kommen die Geißelkammern, die ja schon vorhanden sind und oft sehr dicht im Kern der Larve liegen, der Oberfläche immer näher, und es tritt schließlich eine Durchbrechung ein. Schnitte zeigen dann die Ekto-

dermzellen gegen die Geißelkammern eingeschlagen (Fig. 25), und man könnte sich in der That, besonders wenn man sich der Beobachtung am lebenden erinnert, vorstellen, dass der durch die Geißeln erzeugte Wasserstrom dies bewirke. Wie F. E. SCHULZE in seiner Arbeit über Plakina (35, p. 420) vermuthet, würde dann der von immer mehr Kammern kommende Strom das Durchbrechen eines Osculum zur Folge haben. Meine Bilder bei Spongilla, wo das ausführende System um diese Zeit ein oder mehrere Oscula an ganz beliebigen Stellen bildet, sprechen gleichfalls dafür.

In Bezug auf die Entstehung dieses ausführenden Systems kann ich die Darstellung GANIN's, wonach sich dasselbe von der Höhle der Larve ableitet, nur bestätigen. Schon an der lebenden festgesetzten Larve kann man sehen, wie die Höhle mehr verstreicht und ihr Lumen in das dichtere Gewebe, das sich über sie senkt, in Gangform hineinsendet. An Schnitten durch die verschiedenen Stadien kann man deutlich die Übergänge der stets enger werdenden Höhle bis zum Durchbrechen einer spaltförmigen Lakune nachweisen. An Längsschnitten tritt nach der $\frac{3}{4}$ mondförmigen Gestalt zunächst eine halbmond- und dann eine sichelförmige auf (Fig. 35). Erst nachher wird das Egestions-system wieder weiter und vergrößert sich entsprechend dem Wachsthum des ganzen Schwammes.

Hiermit ist im Wesentlichen das Charakteristische des Schwamm-baues vollendet: Der Wasserstrom tritt von außen durch Öffnungen im Ektoderm zu den Geißelkammern und gelangt durch abführende Gänge zum Osculum hinaus. Zwischen den beiden Epithelien liegt ein galler-tiges Gewebe mit Zellen und Zellprodukten (Nadeln). Die nachfolgenden Veränderungen beruhen wohl hauptsächlich auf Wachsthumdifferenzen. So werden sich durch stärkeres Wachsen der oberflächlichen Schichten die ektodermalen Zugänge zu den Geißelkammern zu Subdermalräu-men ausziehen (Fig. 26), an denen dann die Kammern direkt sitzen. In der That kann man beim jungen Schwamm dieses Verhalten sehr häufig feststellen. WELTNER beschreibt bei der erwachsenen Spongilla (44, p. 3), dass es außer den Kammern, zu denen lange Gänge von den Subdermal-räumen aus hinführen, auch solche giebt, die dem Boden des Subder-malraumes direkt angelagert sind. Ich möchte aus den obigen Gründen annehmen, dass dies letztere das vorausgehende Verhalten ist, während sich die Gänge erst durch spätere Wachsthumänderungen ausziehen.

Auf solche eigenthümliche Vorgänge des Wachsthumes weist auch das Verhalten der Nadeln hin, die immer mehr nach der Peripherie zu vorrücken und wenigstens theilweise eine Anordnung in Zügen senkrecht zur Oberfläche eingehen (vgl. ferner p. 534).

Meine Ergebnisse glaube ich ganz kurz folgendermaßen zusammenfassen zu können:

4) Aus dem dotterreichen Ei der *Spongilla* entsteht durch totale, äquale Furchung eine kompakte Morula.

2) Am einen Pol dieser Morula bildet sich zunächst eine Delle, und aus dieser eine Höhle, die zum Schlusse gelangt, während die Zellen noch Blastomerencharakter tragen.

3) Die Verarbeitung des Dotters und die Differenzirung der Gewebe beginnt an allen Punkten des Embryo gleichzeitig. Es entsteht dadurch eine dreischichtige Larve.

4) Die schwärmende Larve enthält a) eine von cylindrischen, flimmernden Zellen gebildete Außenschicht, b) eine aus platten, spindelförmigen Zellen bestehende epitheliale Auskleidung der Höhle mit gangartigen Ausläufern und ansitzenden Geißelkammern, die oft bis in die mittlere Schicht hinein zu sehen sind. c) Diese selbst besteht zunächst aus Zellen mit noch nicht verarbeitetem Dotter, dann aus einer Bindesubstanz, d. h. einer Gallerte mit Zellen und aus Silicoblasten mit ihren Nadeln.

5) Das Festsetzen geschieht mit dem Pol der Höhle und hat eine außerordentliche Abflachung der ganzen Larve zur Folge.

6) Hand in Hand damit geht ein Flacherwerden der Ektodermzellen von der cylindrischen bis zur ganz platten gestreckten Gestalt. Die Zellen der Randpartie werden dabei amöboid.

7) Sobald bei der Abflachung der Larve die Geißelkammern der Oberfläche nahe kommen, bilden sich durch Einschlagen der Ektodermzellen die Einströmungsöffnungen.

8) Das ausführende System entsteht durch sekundäres Durchbrechen der ursprünglichen Höhle nach außen.

9) Durch spätere Wachstumsvorgänge entstehen die Subdermalräume und die zu den Kammern führenden Gänge.

Berlin, im April 1890.

Litteraturverzeichnis.

1. BARROIS, Mémoire sur l'embryologie de quelques Éponges de la Manche. Ann. des Sciences naturelles. 6. sér. Zoologie. III. 1876.
2. BRANDT, Über die morphologische und physiologische Bedeutung des Chlorophylls bei Thieren. Mittheilungen der Zool. Stat. Neapel. IV. 1883.
3. CARTER, On the Ultimate Structure of *Spongilla*. Ann. and Mag. of Nat. hist. ser. 2. Vol. XX. 1857.

4. CARTER, On the Development of the Marine sponges from the Earliest Recognizable Appearance of the Ovum to the Perfected Individual. Ann. and Mag. of Nat. Hist. ser. 4. Vol. XIV. 1874.
5. — Notes Introductory to the Study and Classification of the Spongida. Ann. and Mag. of Nat. Hist. ser. 4. Vol. XVI. 1875.
6. FIEDLER, Über Ei- und Spermabildung bei *Spongilla fluviatilis*. Diese Zeitschr. Bd. XLVII. 1888.
7. GANIN, Zur Entwicklung der *Spongilla fluviatilis*. Zool. Anz. 1. Jahrg. Nr. 9. 1878.
8. — Beiträge zur Kenntnis des Baues und der Entwicklung der Schwämme. Warschau 1879. (Russisch.)
9. GÖTTE, Über die Entwicklung der Spongillen. Zool. Anz. 7. Jahrg. Nr. 183/184. 1884.
10. — Untersuchungen zur Entwicklungsgeschichte von *Spongilla fluviatilis*. 3. Heft der Abh. zur Entwicklungsgesch. der Thiere. Hamburg und Leipzig 1886.
11. HAECKEL, Die Kalkschwämme. Eine Monographie. Berlin 1872.
12. HAMANN, Zur Entstehung und Entwicklung der grünen Zellen bei *Hydra*. Diese Zeitschr. Bd. XXXVII. 1882.
13. HEIDER, Zur Metamorphose der *Oscarella lobularis*. Arbeiten aus dem zool. Inst. der Universität Wien etc. Bd. VI. 1886.
14. KELLER, Studien über Organisation und Entwicklung der Chalcidien. Diese Zeitschr. Bd. XXXIII. 1880.
15. v. LENDENFELD, Experimentelle Untersuchungen über die Physiologie der Spongien. Diese Zeitschr. Bd. XLVIII. 1889.
16. LIEBERKÜHN, Beiträge zur Entwicklungsgeschichte der Spongillen. Müller's Archiv für Anatomie und Physiologie. 1856.
17. — Zur Entwicklungsgeschichte der Spongillen. Nachtrag. Ebenda.
18. — Zusätze zur Entwicklung der Spongillen. Ebenda.
19. — Beiträge zur Anatomie der Spongien. Ebenda. 1857.
20. — Neue Beiträge zur Anatomie der Spongien. Ebenda. 1859.
21. — Über Bewegungserscheinungen bei Schwämmen. Ebenda. 1863.
22. — Über das kontraktile Gewebe der Spongien. Ebenda. 1867.
23. MAAS, Zur Metamorphose der Spongillalarve. Zool. Anz. Nr. 346. 1889.
24. MARSHALL, Die Ontogenie von *Reniera filigrana*. Diese Zeitschr. Bd. XXXVII. 1882.
25. METSCHNIKOFF, Spongiologische Studien. 4—5. Diese Zeitschr. Bd. XXXII. 1879.
26. SCHMIDT, Zur Orientirung über die Entwicklung der Spongien. Diese Zeitschr. Suppl.-Bd. XXV. 1875.
27. F. E. SCHULZE, Über den Bau u. die Entwicklung von *Sycandra raphanus*. Diese Zeitschr. Suppl.-Bd. XXV. 1875.
28. — Untersuchungen über den Bau und die Entwicklung der Spongien. Die Gattung *Halisarca*. Ebenda. Bd. XXVIII. 1877.
29. — Dasselbe. III. Mittheilung. Die Familie der *Chondrosidae*. Ebenda. Bd. XXIX. 1877.
30. — Dasselbe. IV. Mittheilung. Die Familie der *Aplysiniden*. Ebenda. Bd. XXX. 1878.

31. F. E. SCHULZE, Untersuchungen über den Bau u. die Entwicklung der Spongien. V. Mittheilung. Die Metamorphose von *Sycandra raphanus*. Diese Zeitschr. Bd. XXXI. 1878.
32. — Dasselbe. VI. Mittheilung. Die Gattung *Spongelia*. Ebenda. Bd. XXXII. 1879.
33. — Dasselbe. VII. Mittheilung. Die Familie der Spongidae. Ebenda.
34. — Dasselbe. VIII. Mittheilung. Die Gattung *Hircinia*. Ebenda. Bd. XXXIII. 1880.
35. — Dasselbe. IX. Mittheilung. Die Plakiniden. Ebenda. Bd. XXXIV. 1880.
36. — Dasselbe. X. Mittheilung. *Corticium candelabrum*. Ebenda. Bd. XXXV.
37. — Über das Verhältnis der Spongien zu den Choanoflagellaten. Sitzungsber. der Akad. der Wissensch. Berlin. Physik.-mathem. Klasse. Bd. X. 1883.
38. SOLLAS, On the Development of *Halisarca lobularis*. Quarterly Journal of micr. Science. Vol. XXIV. 1884.
39. VOSMAER, Spongien (Porifera) in BRONN'S Klassen u. Ordnungen des Thierreichs. Leipzig und Heidelberg 1887.
40. — Note on the Metamorphosis of the Sponge larve. Tijdschrift der Nederlandsche Dierkundige Vereeniging. Leiden 1889.
41. WELTNER, Die Spongillen der Spree und des Tegelsees. Sitzungsber. der Ges. naturf. Freunde Berlin. 1886. Nr. 10.
42. — Über das Fortleben von Spongillen nach der Ausbildung von Schwärm-larven. Ebenda. 1888. Nr. 2.

Erklärung der Abbildungen.

Auf allen Figuren bedeutet :

a, Zellen der äußeren Gewebsschicht (Ektoderm); *dz*, Dotterzellen der mittleren Gewebsschicht (Bindesubstanz); *mz*, differenzirte Zelle der mittleren Schicht; *i*, Zellen der inneren Schicht; *gk*, Geißelkammer; *h*, Höhle.

Tafel XXII.

Fig. 1. Ei, längs geschnitten (der Follikel ist hier, wie im Folgenden weggelassen). Vergr. ungef. 400.

Fig. 2. Zweitheiliges Furchungsstadium quer geschnitten. Kerne als helle Bläschen. Vergr. ungef. 400.

Fig. 3. Vierteiliges Furchungsstadium, quer. Die punktirten Linien geben Schnittrichtungen an. Vergr. ungef. 400.

Fig. 4. Achtheiliges Furchungsstadium. Keine Furchungshöhle zu erkennen. Vergr. ungef. 400.

Fig. 5. Vieltheiliges Furchungsstadium (Morula) längsgeschnitten. Vergr. ungefähr 400.

Fig. 6. Beginn einer Einsenkung (*h*). Vergr. ungef. 400.

Fig. 7. Einsenkung fortgeschritten. Vergr. ungef. 400.

Fig. 8. Querschnitt durch das vorige in der Richtung von ---- Fig. 7. Vergr. ungef. 400.

Fig. 8 *a*. Körperliche Ansicht dieses Bildes. Vergr. ungef. 400.

Fig. 9. Höhle geschlossen. Vergr. ungef. 400.

Fig. 10. Zellformen der freischwärmenden Larve. Vergr. 100. *a*, cylindrische Ektodermzellen, *b*, sich dazwischen stellende; *dz*, dotterreiche Zellen; *mz*, gewöhnliche Zellen der mittleren Schicht; *e*, Auskleidungszellen der Höhle und Gänge; *i*, Geißelkammerzellen.

Fig. 11—16. Sechs Bilder der Ektodermveränderungen während der Metamorphose (nach dem Leben gezeichnet). *a*, Außenschicht; *b*, opake mittlere Gewebsmasse. Vergr. 700.

Fig. 11. Flimmerndes, hochcylindrisches Ektoderm.

Fig. 12. Kubisch werdendes Ektoderm.

Fig. 13. Längliche Zellformen des Ektoderms. Geißeln in unregelmäßiger Anordnung.

Fig. 14. Sehr gestrecktes Ektoderm. Kerne nicht mehr sichtbar, Geißeln (Fig. 11—14 während $\frac{1}{2}h$).

Fig. 15. Amöboidwerden einer Stelle. Dauer etwa 24 h .

Fig. 16. Ausgeglichenere, definitiver Kontour des Schwammes (nach etwa 24 h).

Fig. 17. Der amöboide Hof (vgl. Fig. 37) mit NO_3Ag behandelt, als Theil eines Plattenepithels. Vergr. 700. *cy*, Stellen, wo das Ektoderm sich noch nicht verflacht hat; *am*, amöboide Stellen; *p*, Plattenepithel.

Fig. 18. Eine solche Stelle im Schnitt. *cy*, cylindrisch gebliebene, *p*, gestreckte Ektodermzellen. Vergr. 700.

Fig. 34. Schema des Fortschreitens der Pseudopodienbewegung auf der Peripherie. *am*, hyaline und amöboide Stellen; *p*, Ektoderm noch als feine Haut im optischen Schnitt.

Fig. 28 und 35. Schema der Höhle in der freischwärmenden und eben angesetzten Larve.

Fig. 36. Eine eben angesetzte Larve, Oberflächenansicht, nach dem Leben gezeichnet. Die Ansatzbasis durch punktirte Linie bezeichnet. Vergr. 400.

Fig. 37. Ein junger Schwamm mit amöboidem Hof, der allmählich die definitiven Kontouren annimmt. Vergr. 400.

Tafel XXIII.

Fig. 19. Erste Differenzirung. Stück eines Längsschnittes. *a*, äußere Schicht; *i*, innere Schicht; *m*, mittlere Schicht. Vergr. 700.

Fig. 20. Differenzirung weiter fortgeschritten. Vergr. 700.

Fig. 21—26. Sechs Bilder über das Verhalten des Ektoderms während der Metamorphose aus Schnitten ausgewählt (vgl. Fig. 11—16). Vergr. 700.

Fig. 21. Freischwärmende Larve.

Fig. 22. Beginn der Wellenbildung.

Fig. 23. Kubisches Epithel. Larve sitzt fest.

Fig. 24. Übergänge von kubischem zu langgestrecktem Epithel und amöboider Bewegung (*am*).

Fig. 25. Ektodermzellen gestreckt. Geißelkammern treten mit ihnen in Verbindung.

Fig. 26. Definitive Gestalt der Ektodermzellen. Geißelkammer in einen Subdermalraum ausgezogen (*su*).

Fig. 27. Längsschnitt durch eine freischwärmende Larve, kombinirt aus verschiedenen Schnitten. Vergr. ungef. 350.

Fig. 29. Ektodermfetzen von der Fläche gesehen. Vergr. 700.

Fig. 30. Struktur der Dotterkörner. Vergr. 1200.

Fig. 31. Nadeln aus einer freischwärmenden Larve, das Ektoderm sehr weit her austreibend. Vergr. 300.

Fig. 32. Stück eines jungen Schwammes, Ektoderm über die Nadeln gespannt. Vergr. 200.

Fig. 33. Stück eines Querschnittes durch einen jungen auf einem Elodeablatt sitzenden Schwamm. Ektoderm auf der Unterlage. Vergr. 200.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

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

Jahr/Year: 1890

Band/Volume: [50](#)

Autor(en)/Author(s): Maas Otto

Artikel/Article: [Über die Entwicklung des Säuwasserschwammes. 527-554](#)