

# Zur Kenntnis der Spermatogenese bei den Poriferen und Cölenteraten nebst Bemerkungen über die Oogenese der ersteren.

Von

Wilhelm Görich.

Mit Tafel XXXI und 4 Figuren im Text.

Beim Beginne meiner Untersuchungen hatte ich mir die Aufgabe gestellt, die Oogenese und Spermatogenese der Poriferen zu verfolgen. Bald jedoch gab ich das Studium der Eibildung auf und widmete mich besonders der Spermatogenese, wobei ich meine Untersuchungen anfangs nur vergleichsweise, später eingehender, auch auf die Cölenteraten ausdehnte. Einige von den über die Eibildung gemachten Beobachtungen möchte ich bei dieser Gelegenheit ebenfalls kurz mitteilen. Wegen der Kleinheit der zelligen Elemente war es mir übrigens nicht möglich, alle Einzelheiten der Ausbildung der Spermatozoen zu verfolgen, doch dürften meine Beobachtungen insofern nicht ohne Interesse sein, als über die feineren Vorgänge der Spermatogenese bei den Cölenteraten und besonders den Poriferen noch sehr wenig Genaueres bekannt ist.

Als Untersuchungsobjekte dienten mir von Schwämmen *Sycandra raphanus* und *Spongilla fluviatilis*, und von Cölenteraten *Aurelia aurita*, *Chrysaora*, *Nausithoë punctata*, *Euchilota* und *Tubularia indivisa*. Die Konservierung geschah bei den Schwämmen zum Teil mit Sublimat und mit HERMANNScher Lösung, zum Teil mit Alkohol absol. Die Exemplare von *Sycandra* mußten vor dem Einbetten entkalkt werden, während *Spongilla* mit den Nadeln geschnitten wurde. Als Färbemethode benutzte ich fast durchweg HEIDENHAINsches Eisenhämatoxylin, wozu noch bei Doppelfärbungen Bordeaux-Rot oder Magenta-Rot kamen. Die Dicke der Schnitte betrug zwischen 2 bis 5  $\mu$ , letztere wurde nie überschritten.

Die Spermabildung der Schwämme untersuchte ich nur auf

Schnitten, diejenige der Cölenteraten zum Teil auch an Strichpräparaten, die mir von Herrn Dr. TÖNNIGES in liebenswürdiger Weise zur Verfügung gestellt wurden, wie ich auch Herrn Professor W. WELTNER in Berlin wertvolles, sehr gut konserviertes Material von *Spongilla fluviatilis* verdanke und beiden Herren hier meinen Dank aussprechen möchte. Vor allem aber möchte ich meinem hochverehrten Lehrer Herrn Prof. Dr. KORSCHULT für die Anregungen und Ratschläge während der Bearbeitung dieses Themas meinen aufrichtigen Dank abstatten.

### Bemerkungen über die Oogenese der Poriferen.

**Herleitung der weiblichen Geschlechtszellen der Poriferen.** Bei meinen anfänglichen Untersuchungen kam es mir zunächst auf die Herleitung der weiblichen Geschlechtszellen der Poriferen an. Schon F. E. SCHULZE leitet in seiner Abhandlung »Über den Bau und die Entwicklung von *Sycandra raphanus*« die Generationszellen von amöboiden Wanderzellen des Mesoderms ab, indem er sagt: »Ich meinerseits bin der Ansicht, daß die Eier zunächst aus jenen eben beschriebenen, rundlichen amöboider Bewegung fähigen großkernigen Zellen durch einfaches Wachstum aller Teile hervorgehen, die ich bei allen untersuchten Tieren im Mesoderm antraf.«

O. MAAS verlegt die Differenzierung der Geschlechtszellen schon in ein sehr frühes Entwicklungsstadium des Schwammes und stellt den Satz auf: »Wir können eine direkte Abstammung der Keimzellen der einen Generation vom Ei nachweisen, indem durch Subtraktion aller somatischen spezialisierten Elemente schließlich eine Anzahl indifferent gebliebener Elemente übrig ist, die Urgeschlechtszellen.«

Wieweit diese erste Differenzierung der Geschlechtszellen rückwärts zu verfolgen ist, konnte ich an dem mir zur Verfügung stehenden Material nicht nachweisen. Die Ausführungen von F. E. SCHULZE über diesen Punkt finden dagegen in meinen Untersuchungen eine volle Bestätigung. Übergänge von jenen kleinen amöboiden Zellen zu erwachsenen Eizellen kamen auch mir in großer Zahl zu Gesicht. Dieser Übergang ist so allmählich, daß man nie mit Bestimmtheit sagen kann, ob man noch eine amöboide Zelle oder schon eine junge Eizelle vor sich hat.

**Wachstum des Eies.** In bezug auf die Ausbildung des Eies fand ich durch meine Beobachtungen früher Bekanntes bestätigt, doch möchte ich eine Episode aus der Eibildung etwas näher beschreiben. Durch Nahrungsaufnahme vergrößert die amöboide Zelle ihr Volumen

stark und nimmt nach Verlust ihrer Bewegungsfähigkeit allmählich eine länglich ovale Gestalt an. Diese Volumenzunahme erstreckt sich auch auf den Kern, der schließlich ein helles Bläschen mit stark färbbarem Nucleolus darstellt.

An Exemplaren von *Syeandra raphanus* war es mir möglich, den Vorgang der Nahrungsaufnahme der sich entwickelnden Eizelle genauer zu verfolgen. Die amöboiden Wanderzellen werden nicht alle zu Eizellen, vielmehr dient ein Teil derselben den heranwachsenden Eiern zum Aufbau. In Figg. 1—6 sind die Verhältnisse der allmählichen Verzehung einer amöboiden Zelle durch eine Eizelle dargestellt. Danach spielt sich dieser Vorgang ungefähr folgendermaßen ab: Eine durch ihre Lage begünstigte junge Eizelle umfaßt wie eine Amöbe eine ihr benachbarte, weniger begünstigte Zelle und zieht sie nach und nach vollkommen in sich hinein. Oft entsendet zu diesem Zwecke die Eizelle nach der Nährzelle — wie ich die kleine Zelle bezeichnen will — einen Fortsatz, wie dies in Fig. 1 dargestellt ist. Anfangs ist bei der Resorption die Membran der Nährzelle noch völlig erhalten, so daß man sie noch deutlich erkennen kann. Fig. 2 zeigt eine solche Nährzelle, die durch die Schnittführung etwas von der Eizelle losgerissen wurde. Sobald sich aber ein größerer Teil derselben im Innern der Eizelle befindet, beginnt hier die Auflösung der Membran (Fig. 3). Bei diesen Vorgängen ist der Kern der Eizelle nicht ohne Mitwirkung, denn auf einigen Bildern zeigte er an der Seite der Nährzelle eine Einbuchtung, an der man häufig fingerförmige Ausläufer unterscheiden konnte (Fig. 4). Im Innern der Nährzelle hat sich inzwischen auch manches geändert. Der Kern, der anfangs noch verhältnismäßig groß und von einem feinen Chromatinnetz durchzogen war, ist stark zusammengegangen. Dabei ballt sich das Chromatin zu dichteren Massen zusammen, so daß der vorher deutlich sichtbare Nucleolus vollständig verschwindet (Figg. 5 und 6). Auffallend war mir, daß in allen Nährzellen neben dem Kern stets ein fast gleich großer stark färbbarer Körper zu sehen war, dessen Natur vielleicht als Nahrungskörper zu deuten ist. Nach und nach ist dann das Protoplasma der Nährzelle vollkommen in das der Eizelle übergegangen, und man erkennt nur noch den Kern und neben ihm jenen eben erwähnten schwarzen Ballen.

Von einem Fressen der Eizelle, wie es bei den Amöben uns entgegentritt, kann man eigentlich hier nicht sprechen, denn dort werden die Nährstoffe in einer Vacuole niedergelegt und allmählich verdaut, während hier das Plasma der Nährzelle völlig von dem der

Eizelle aufgesogen wird, und starke Veränderungen in ihm nicht nachweisbar sind.

Die Verhältnisse, die uns hier bei *Syceandra raphanus* entgegen-treten, ähneln in ihrem ganzen Verlaufe sehr den Erscheinungen, die von andern Autoren bei *Tubularia* beobachtet wurden. Die Schilderungen, die A. BRAUER, DOFLEIN und GRÖNBERG von der Eibildung bei *Tubularia* geben, lassen sich mit den oben dargelegten Vorgängen insofern vergleichen, als auch hier für die Ausbildung des Eies eine Anzahl von Zellen verwandt wird, die in früheren Stadien ganz das Aussehen von Keimzellen besitzen. Auch bei *Tubularia* werden die umgebenden Nährzellen ganz vom Ei aufgenommen und in seinem Innern aufgelöst. Dabei verliert es seine amöboide Gestalt, und sein Kern bildet sich zum Keimbläschen um, während die Kerne der Nährzellen allmählich resorbiert werden. Eine Teilung des resorbierten Kernes der Nährzelle, wie sie DOFLEIN bei *Tubularia* gesehen hat, konnte ich bei *Syceandra raphanus* nicht entdecken. Vielmehr deute ich stark färbbare Massen im Innern des Eies als letzte Reste der unterdrückten Nährzellkerne.

Sehr nahe kommen meinen Befunden die Beobachtungen, die SMALLWOOD bei *Pennaria tiarella* gemacht hat. Auch hier entwickelt sich das Ei durch Aufnahme kleinerer umliegender Geschlechtszellen. Die allmähliche Resorption dieser letzteren geht ebenso wie diejenige bei *Syceandra raphanus* vor sich, so daß die Abbildung, die SMALLWOOD von diesem Vorgange gibt, mit den meinigen vollkommen übereinstimmt.

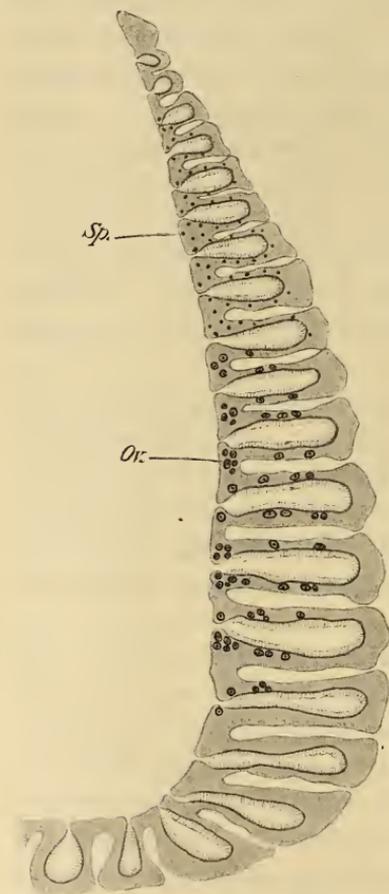
**Lage und Verteilung der weiblichen Geschlechtszellen.** Wie schon oben flüchtig erwähnt, ist die Lage der Eizellen nicht ohne Einfluß auf ihre ganze Ausbildung. Aus meinen Beobachtungen ergibt sich, daß diejenigen Zellen, die direkt an der Wand des Schwammgewebes liegen, zu Nährzellen, die nach der Innenseite des Gewebes gelegenen dagegen sich zu Eizellen entwickeln. Ich erkläre mir dies so, daß die ersten Zellen von vornherein in ihrer Ausdehnung etwas behindert sind, wogegen den anderen bei ihrer Volumenzunahme nichts im Wege steht, und ihre Ernährung eine bessere ist.

Hieran lassen sich wohl am besten einige kurze Betrachtungen über die Lage und Verteilung der Geschlechtszellen im Schwammkörper knüpfen. SCHULZE bemerkte in der oben angeführten Arbeit über *Syceandra raphanus* als auffällig, daß: »Diese Zellen zwar in jeder beliebigen Partie der hyalinen Grundsubstanz vorkommen können, besonders reichlich aber von mir in einzelnen ganz bestimmten

Regionen angetroffen zu werden pflegen. Dahin gehört zunächst die an das Entodermlager der Radialtuben und deren Ausbuchtungen direkt anliegende Grenzschicht, in welcher jene Zellen auf manchen Schnitten bisweilen förmlich reihenweise dem Entodermzellenlager gleichsam außen aufsitzend, immer aber vollständig in die gallertige Grundmasse eingebettet erscheinen. Ferner finden sich die erwähnten Zellen häufig in derjenigen Parenchymmasse des Schwammkörpers,

die sich an der Gastralwandung in Form eines dickbalkigen Netzwerkes zwischen den Gastralostien der Tuben oft ziemlich stark entwickelt zeigt. Hier kommen sie dann in der reichlich vorhandenen Grundsubstanz stets regellos zerstreut vor, variieren aber auch in der Zahl bei den einzelnen Individuen bedeutend, ohne daß sich eine bestimmte Beziehung ihrer Zahl zu andern Momenten hätte erkennen lassen.«

Mit diesen Angaben stimmen meine Resultate im wesentlichen überein, jedoch kann ich sie in bezug auf die Lagerung der Eier noch etwas erweitern. Zunächst fand ich bei den meisten *Sycandra*-Exemplaren eine ganz bestimmte Grenze, bis zu der sich die Entwicklung und Lagerung der Eier im Schwammkörper vollzieht (Textfig. 1). Es ist dies ungefähr  $\frac{2}{3}$  der Höhe des ganzen Tieres vom Grunde aus gerechnet. Auch sah ich fast nie in allzugroßer Nähe der Außenwand Eizellen liegen, sondern stets befanden sie sich nach der Gastralhöhle zu. Diese Lagerung

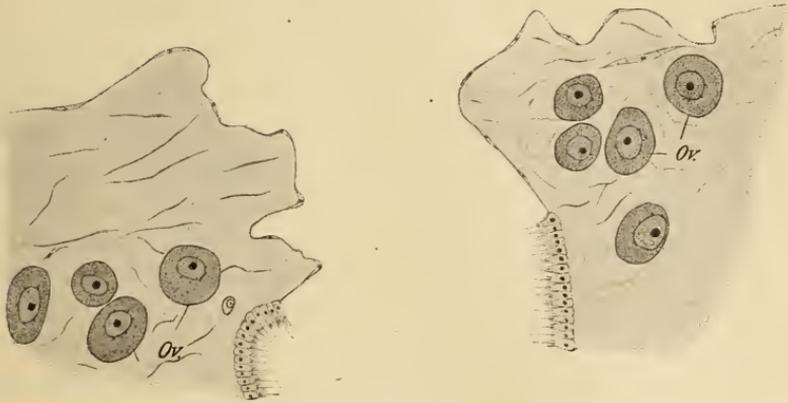


Textfig. 1.

Verteilung der Geschlechtsprodukte im Körper von *Sycandra raphanus* (schematisiert).  
Ov., Eier; Sp., Spermatozoen.

wird noch mehr spezialisiert, indem sich besonders an der Mündung der Radiärkanäle in den Gastralkanal die Eizellen zu größeren Massen ansammeln, ein Vorgang, der sich auch an einzelnen Radialtuben zeigt. Eine gewisse Lokalisierung der Eier ist auch von andern Schwämmen

beschrieben worden, so von *Aplysilla violacea*, wo sie sich ebenfalls in Gruppen zusammenlegen. Eine Vereinigung der Eier in einer besonderen Binde substanz, wie sie bei *Euspongia officinalis* vorkommt, könnte ich bei *Sycandra raphanus* nicht konstatieren. Hier legen sich vielmehr die Eier an den Ausmündungen der Radialtuben in den Gastralraum nur in der Art zusammen, wie dies in Textfig. 2 zu sehen ist,



Textfig. 2.

Mündung eines Radialtubus von *Sycandra raphanus* in den Gastralraum. Auf beiden Seiten Eianhäufungen.

die zwei solcher Eianhäufungen darstellt. Die Lagerung der Eier in unmittelbarer Nähe des Gastralkanals ist für *Sycandra* insofern die günstigste, als einmal die Eier besser ernährt werden können, und es dann auch den ausschwärmenden Larven auf diese Weise am leichtesten ist, mit dem Wasserstrom in den Gastralkanal und somit nach außen zu gelangen.

## Spermatogenese.

### 1. Poriferen.

Meine spermatogenetischen Untersuchungen der Poriferen erstreckten sich auf *Sycandra raphanus* und *Spongilla fluviatilis*, und zwar verfolgte ich die ersten Teilungen der Samenzellen bei *Sycandra raphanus*, die letzten Reifestadien dagegen bei *Spongilla fluviatilis*.

**Herleitung und Lagerung der Samenzellen.** Die Frage der frühen Differenzierung der Generationszellen konnte ich, wie schon eingangs gesagt, nicht behandeln und nehme deshalb mit den andern Autoren als Zellen, die den Spermatogonien zum Ursprung dienen, jene amöboiden Wanderzellen an, aus denen auch die Eier sich entwickeln.

Auch in den Samenmutterzellen haben wir es mit stark wachsenden Zellen zu tun, die wie die Eizellen mit einem bläschenförmigen Kern und stark färbbarem Nucleolus versehen sind. Im Gegensatz zu den Eizellen erreichen jedoch die Ursamenzellen keine solche Größe, sondern runden sich bedeutend früher ab.

Wie sich aus meinen Schnittpräparaten ergab, finden sich die Samenzellen von *Sycandra raphanus* im oberen Drittel des Tieres, während, wie oben angegeben, sich die Eier in dem unteren Teile des Tieres entwickeln (Textfig. 1). Bei *Spongilla* traf ich die Spermatozysten fast ausschließlich oberhalb der Hälfte der Schwammstärke. Die Lagerung der Samenzellen bei *Sycandra* ähnelt sehr den Verhältnissen bei *Hydra*, wo sich die Hoden ebenfalls in den oberen Teilen des Tieres anlegen, und die Ovarien tiefer stehen. Bei *Spongilla* wird die Lage der Samenzellen wohl aus Opportunitätsgründen eine solche sein, denn auf diese Weise gelangen die Samenfäden mit dem Wasserstrom schnell nach außen. In Textfig. 1 sind die Verhältnisse bei *Sycandra* eingetragen.

**Deckzellen.** Schon kurz nachdem sich die Ursamenzellen durch starke Volumenzunahme aus den Wanderzellen herausdifferenziert haben, werden sie von einem hellen Protoplasmasaum kapselartig umgeben. Die Entstehung dieser Hülle — der »Deckzelle« — wurde von POLEJAEFF bei *Sycandra raphanus* und von K. FIEDLER bei *Spongilla* beschrieben. Beide Autoren sind der Ansicht, daß diese Deckzelle sich zugleich mit der Ursamenzelle aus derselben Wanderzelle entwickle, daß beide Elemente Tochterzellen ein und derselben Zelle seien. Nach den Angaben beider Autoren teilt sich der Kern der Wanderzelle in zwei ungleiche Teile. Der kleinere Teil wird zum Deckzellenkern, rückt aus dem Zentrum der Zelle und umgibt sich mit hellerem Protoplasma; der größere Teilkern wird zum Samenzellkern, bleibt in zentraler Lage und wird von dunklerem Protoplasma umlagert.

Dagegen zeigen meine Untersuchungen, daß Deck- und Samenzelle nicht in diesem Verhältnisse zueinander stehen. Beide sind Zellen der mittleren Schicht, aber in Gestalt und Größe voneinander unterschieden. Die Zellen, aus denen sich die Deckzellen entwickeln, sind etwas kleiner als die Samenzellen, und auch ihr Kern bleibt an Größe hinter dem der letzteren zurück; sein Nucleolus ist deutlich in dem dichten Chromatinnetz zu erkennen. Fig. 7 zeigt zwei Zellen, eine amöboide (obere) und eine der eben beschriebenen Art (untere) nebeneinander liegend. Das Cytoplasma der letzteren ist weit

weniger färbbar und zeigt eine feinere Körnelung als das der Samenzelle.

Die Bildung der protoplasmatischen Umhüllung der Samenzelle geschieht durch Umlagerung und ist in Figg. 8—14 dargestellt. In Figg. 8 und 9 sehen wir die Deckzelle — so sei mit POLEJAEFF die hellere Zelle genannt — mützenförmig der Samenzelle aufsitzen. Ihre Ränder sind noch vollkommen frei, und auch das Innere der Deckzelle weist noch keinerlei Veränderungen auf. Allmählich beginnen nun die Ränder der Deckzelle sich fester an die Samenzelle anzulegen, so daß sie an den äußersten Stellen ganz in die Grenzen der letzteren übergehen (Figg. 10 und 11). Die Grenze des Protoplasmas beider Zellen ist jedoch an den Berührungstellen ebenso deutlich wie zuvor. Das Plasma der Deckzelle schiebt sich nun immer weiter über die Samenzelle, so daß wir am Ende des Umlagerungsprozesses jenen kapselartigen hellen Beleg haben, der die Samenzelle in seinem Innern birgt (Figg. 12 und 13).

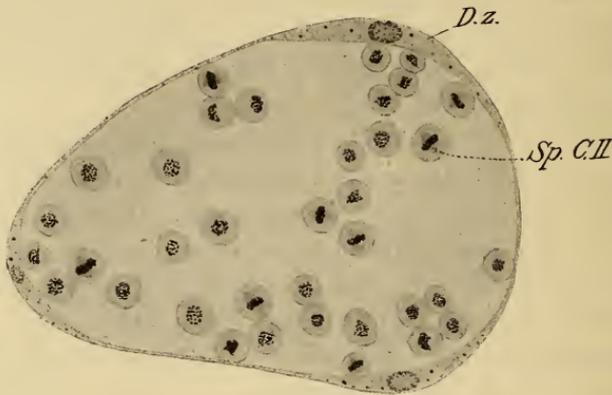
Die den Kern der Deckzelle betreffenden Veränderungen bestehen zunächst in einer Abnahme seines Volumens. Sein Chromatin verdichtet sich und hüllt den Nucleolus vollkommen ein. Deutlich wahrnehmbar war der Kern der Deckzelle noch auf einem Stadium, auf dem die Ursamenzelle sich schon in vier Tochterzellen geteilt hatte (Fig. 14).

Die Form und innere Struktur dieser Deckzellen stimmt im wesentlichen überein mit derjenigen von amöboid beweglichen Zellen, die E. A. MINCHIN bei einigen Species von *Clathrina* beschreibt. Besonders ist es die feine Granulierung des Plasmas und dessen Färbung, die den Deckzellen von *Sycandra raphanus* und jenen »wandering cells« von *Clathrina* gemeinsam ist. Die Zellen, die MINCHIN in Figg. 43—47 Pl. 41 von *Clathrina contorta* darstellt, gleichen sehr denen, die mir bei *Sycandra raphanus* und weiterhin auch bei *Spongilla fluviatilis* zu Gesicht kamen.

Wie das weitere Schicksal der Deckzelle sich bei *Sycandra raphanus* gestaltet, kann ich nicht angeben, da ich die weiteren Studien der Spermatogenese an Exemplaren von *Spongilla* anstellte. Dagegen fand ich bei *Spongilla* Deckzellen von einer Art, wie sie FIEDLER beschrieben hat. Oft nur zu zweien, aber auch zu mehreren, umgeben sie die Spermatoocyten als mehr oder minder flächenförmig verbreiterte Zellen, die im Querschnitt gebogenen Spindeln gleichen (vgl. Textfig. 3). An der Stelle, wo der Kern liegt, sind sie am dicksten und flachen sich nach beiden Seiten hin stark ab. Sehr charakteristisch ist das Aussehen dieses Deckzellenkerns; sein Inneres

wird von einem Netz zarter Chromatinfäden durchzogen, in das zahlreiche Kernkörperchen eingelagert sind.

Diese Gestalt des Kerns und dazu noch die Konstitution des Protoplasmas der Deckzellen bestätigen die vorher aufgestellte Behauptung, daß wir es in ihnen ebenfalls mit echten Parenchymzellen wie bei *Sycandra raphanus* zu tun haben. Es finden sich nämlich im ganzen Körper von *Spongilla* Zellen, die in Kern- und Cytoplasmastruktur vollkommen mit derjenigen der Deckzellen übereinstimmen. Dies sind aber dieselben Zellen, die FIEDLER »amöboide Nährzellen« nennt und aus denen er den Follikel des Eies von *Spongilla fluviatilis* entstehen läßt. Daraus ergibt sich also, daß die Cyste, die die Spermatozoen in sich birgt, dem Eifollikel genetisch gleich zu setzen ist.



Textfig. 3.

Spermocyste von *Spongilla fluviatilis*. D.z., Cystenzellen; Sp.C.II Spermocyten zweiter Ordnung.

Über die Teilungsweise und Vermehrung der Deckzellen kann ich nichts aussagen, da ich die betreffenden Stadien trotz aller darauf verwandten Mühe nicht auffinden konnte.

Die **Spermatogenese** untersuchte ich besonders bei *Spongilla fluviatilis*, da die Exemplare von *Sycandra raphanus* zu jung waren, um die ganze Entwicklung bis zur Reife der Spermatozoen verfolgen zu können. Den Befunden der früheren Autoren kann ich jedoch bezüglich der Ausbildung der Spermatozoen einige wichtige Punkte hinzufügen.

Die Spermatogenese verläuft, wie schon erwähnt, in den Spermocysten. Diese Cysten bestehen aus wenigen Zellen, deren Zahl mit der Vermehrung der Samenzellen zunimmt. So fand ich die jüngeren Cysten aus zwei, die älteren, größeren aus vier bis sechs Zellen bestehend (Textfig. 3).

Die sich mehrfach wiederholende Teilung der Samenzellen liefert immer kleinere Zellgenerationen und geht auf mitotischem Wege vor sich. Innerhalb derselben Spermatocyste weisen alle Kerne meist dieselbe Phase der Teilung auf, und zwar findet man selten einen Kern im Ruhestadium, meist in Knäuelform. Auch die Bildung der Äquatorial- und Tochterplatten sowie die Einschnürung des Zellenleibes konnte man trotz der Kleinheit der Objekte deutlich erkennen. Die Elemente der beiden letzten Teilungen der Samenzellen, die Spermatiden, sah ich öfters eng beieinander liegen.

Den Gang der weiteren Ausbildung beschreibt FIEDLER wie folgt: »Nach der letzten Teilung entsteht aus der Knäuelform des Kerns eine völlig kompakte Chromatinkugel. Dabei wird der Kern natürlich noch etwas kleiner und dichter als vorher und infolge davon nicht nur stärker lichtbrechend, sondern auch durch Farbstoffe noch tiefer färbbar. Die Tinktionsfähigkeit des Protoplasmas ist dagegen im Vergleich zu den Anfangsstadien der Entwicklungsreihe erheblich geringer geworden. Die nächste Umwandlung besteht nun darin, daß dieser kleine Protoplasma-rest, der zuvor den Kern mantelförmig umgab, sich ausschließlich an einer Seite desselben ansammelt und hier sich endlich zu dem langen, dünnen Schwanzfaden des Spermatozoons auszieht.«

Diese Darstellung stimmt zum Teil mit meinen Befunden überein, erfährt aber durch sie verschiedene Erweiterungen. Schon zu der Zeit, wo der Kern der Spermatide noch nicht ganz zur Ruhe gekommen ist, bemerkt man an seiner einen Seite zwei kleine Körnchen, die Zentralkörper (Fig. 15). Das eine ist etwas größer als das andre, und beide liegen so, daß ihre Verbindungslinie tangential zur Kernmembran verläuft. In einem weiteren Stadium sind die Zentralkörper vom Kern weg nach der Zellperipherie gerückt und haben sich senkrecht zu ihr gestellt, wobei das kleinere nach innen zu liegen kommt. Die allmähliche Verlagerung der Centrosome ist in Figg. 16—18 dargestellt. Nun beginnt das innere Centrosom nach dem Kern hinzuwandern und bildet hierbei einen feinen Verbindungsfaden nach dem äußeren Centrosom aus. An der Stelle, wo das Centrosom den Kern berührt, ist häufig eine dellenartige Einbuchtung zu erkennen. Fast gleichzeitig legt sich an dem äußeren Centrosom schon ein kleiner extracellulärer Schwanzfaden an (Fig. 18).

Während dieser Vorgänge macht der Kern nur insofern eine Veränderung durch, als sein Chromatin sich mehr und mehr verdichtet.

Dabei wird sein Volumen etwas geringer, während seine Färbbarkeit zunimmt.

An der den Centrosomen gegenüberliegenden Seite des Kerns, oft auch etwas mehr seitlich davon, beobachtet man schon ziemlich früh ein kleines, stark lichtbrechendes Körnchen, das sich von dem Chromatin des Kerns deutlich abhebt. Seine Herkunft festzustellen gelang mir nicht, doch darf man wohl in Analogie mit den spermatogenetischen Vorgängen anderer tierischer Objekte annehmen, daß es auf die Sphäre zurückzuführen ist (Fig. 19).

Alle weiteren Differenzierungen kamen mir erst durch Doppelfärbungen zu Gesicht. Färbt man nämlich mit Bordeaux-Rot die Schnitte kurz vor und mit Eisenhämatoxylin nach, so erkennt man, daß sich unter dem Zentralkörper, der dem Kern anliegt, eine dünne Platte angelegt hat (Fig. 20). Diese verläuft anfangs als schmaler Saum längs der Kernmembran, verdickt sich aber bei der weiteren Ausbildung des Spermatozoons immer mehr. Auch an der vorderen Seite des Kerns hat sich eine ebensolche Platte angelegt, die in ihrer Mitte das oben erwähnte Körnchen trägt.

Dieses vordere Körnchen ändert nun auch seine Gestalt. Während es anfangs kugelig war, nimmt es allmählich die Form eines Kegels an, der sich im Laufe der Entwicklung zu einer feinen Spitze auszieht (Fig. 21). An seiner Basis befindet sich die nunmehr verbreiterte Platte und bildet mit ihm zusammen das Spitzenstück des reifen Spermatozoons.

Die nunmehr sich an der Spermatide vollziehenden Veränderungen beziehen sich auf Lageverschiebungen von Kern und Protoplasma. Die vorher geschilderten Umbildungen am Kern der Spermatide vollzogen sich alle zu einer Zeit, wo dieser noch auf allen Seiten gleichmäßig von Protoplasma umgeben im Zentrum der Spermatide lag. Schon kurz nach der Bildung des Spitzenstücks nimmt der Kern eine exzentrische Lage ein (Fig. 22), so daß das Protoplasma mehr und mehr an den hinteren Teil der Spermatide zu liegen kommt. Oft hatte es hierbei auch den Anschein, als ob sich der Kern an einer Seite der Zellperipherie anlegte, und das Protoplasma sich über die andre Seite nach hinten verschob. So kommt es, daß die im Innern entwickelte Spitze schließlich die Zellgrenze durchbricht, und diese dem vorderen Teile des Kerns fest anliegt (Fig. 23 und 24).

Mit der zunehmenden Länge des Schwanzfadens geht eine Verminderung des Protoplasmas Hand in Hand. Man findet es am Ende der Samenbildung mützenförmig dem hinteren Teile des Spermatozoons

aufgelagert und schließlich im ausgebildeten Samenfaden nur noch als Kuppe am Grunde des sehr langen Schwanzes (Figg. 25 und 26).

Demnach unterscheidet man am reifen Spermatozoon von *Spongilla fluviatilis* einen rundlichen Kopf, dem vorn auf einer Platte befestigt ein Spitzenstück aufsitzt. Zwischen dem Schwanzfaden und dem Kopfe liegt ein Abschnitt, den ich als Mittelstück bezeichnen möchte. Er besteht aus der dem Kopfe anliegenden Platte mit daraufsitzendem Zentralkörper, der durch einen kurzen intracellulären Faden mit dem zweiten, äußeren Zentralkörper verbunden ist.

Ähnliche Differenzierungen am Spermakopfe von *Poriferen* wurden schon von früheren Autoren beschrieben. Bei Kalkschwämmen hat HAECKEL, bei *Spongilla* GANIN und WELTNER am Kopfe des Spermatozoons das Auftreten eines kleinen Körperchens besprochen, und F. E. SCHULZE schreibt über die Spermatozoen von *Aplysilla sulfurea*: »Sind die Spermatozoen noch nicht ganz reif, so lassen sich in dem alsdann nicht mehr kugelig gestalteten und stärker aufgetriebenen, aber glatt und scharf konturierten Körper ein oder zwei dunkle Flecken wahrnehmen, von denen gewöhnlich der eine, der kleinere, wie ein stark lichtbrechendes Körnchen aussehend, am vorderen Pole, seltener an der Seite, der andre (nicht immer wahrnehmbare) blässere und etwas größere in der Nähe der Insertionsstelle des Schwanzfadens liegt.« Desgleichen sagt derselbe Autor von *Halisarca lobularis*: »Bei noch nicht ganz ausgebildeten, aber schon zu lebhafter Bewegung befähigten, unreifen Spermatozoen ist das Köpfchen etwas voluminöser, weniger lichtbrechend und mehr kugelig gestaltet. Man erkennt in demselben gewöhnlich seitlich von der Insertionsstelle des Schwanzfadens nahe der Peripherie ein dunkelglänzendes Körnchen, das möglicherweise zur vorderen Spitze des reifen Spermatozoons wird. Zuweilen schien mir auch dicht vor der Insertionsstelle des Schwanzes ein größerer dunkler Fleck in dem sonst hellen, kugeligen Kopfe zu liegen, vielleicht die Anlage des späteren Hinterkopfes.«

Bei einem Vergleich meiner Befunde am Spermatozoon von *Spongilla* mit den Darstellungen F. E. SCHULZES würde man das Körperchen am Vorderende des Spermakopfes von *Aplysilla sulfurea* dem Spitzenstück des Spongillaspermatozoons gleichsetzen. Der dunkelglänzende Fleck, der sich vor der Insertionsstelle des Schwanzfadens von *Halisarca lobularis* befand, entspricht dann dem vorher beschriebenen Mittelstück des Samenfadens von *Spongilla*. Auch das von WELTNER erwähnte hellglänzende Korn, das sich an verschiedenen Stellen des Spermatozookopfes von *Spongilla* befindet, entspricht

möglicherweise dem von mir beschriebenen Spitzenstück, wenn dies allerdings auch mit der von WELTNER angegebenen verschiedenen Lage nicht ganz zu stimmen scheint. Jedenfalls vermag ich für die Bedeutung dieses hellen Kornes keine andre Erklärung zu geben.

## 2. Cölenteraten.

Den spermatogenetischen Untersuchungen der Poriferen schloß ich diejenige einiger Cölenteraten an. Genauer verfolgte ich die Spermatogenese von *Tubularia indivisa* und *Aurelia aurita*, vergleichsweise dann noch diejenige von *Chrysaora spec.*, *Euchilota spec.* und *Nausithö punctata* und *Olindias mülleri*. Diese Untersuchungen wurden sowohl an Schnitten wie an Strichpräparaten angestellt.

### Ernährungsverhältnisse im Innern des Hodens.

a. **Tubularia.** Bei *Tubularia indivisa* stieß ich während der spermatogenetischen Untersuchungen auf eigentümlich gestaltete Nährzellen. Der Hoden von *Tubularia* wird nach außen hin von verschiedenen Zellenlagen begrenzt. Unter der Exumbrella und Subumbrella liegt noch eine dritte Zellschicht, deren Elemente größtenteils sehr flach erscheinen. An einigen Punkten wölben sich in größeren oder kleineren Abständen voneinander Zellen über die andern Grenzzenellen empor und ragen in den Hoden hinein. Der Kern, der gleichzeitig mit einer solchen Zelle sein Volumen stark vergrößert hat, dreht sich nun um 90°, so daß seine Längsachse senkrecht zur Hodenoberfläche steht (Figg. 28 und 29).

Die vorgewölbte Stelle des Zelleibes zieht sich stetig weiter aus, so daß die Zelle schließlich zipfelförmig in den Hoden hineinragt (Figg. 28 und 29). Die Zellgrenze ist an der Basis sehr deutlich wahrnehmbar und wird nach dem vorspringenden Teile zu immer undeutlicher, bis sie an der Spitze ganz aufgelöst erscheint. Hier liegen auch die meisten Spermatozoen, die sich dicht an die Nährzelle anpressen. Die Auflösung der Zellgrenze vollzieht sich nach und nach bis zum Grunde der Nährzelle, und gleichzeitig beginnt auch das Cytoplasma sich in den Hoden hinein auszubreiten. Figg. 30 und 31 zeigen solche Stadien, bei denen die umliegenden Spermatozoen vollkommen im Plasma der Nährzelle eingebettet liegen.

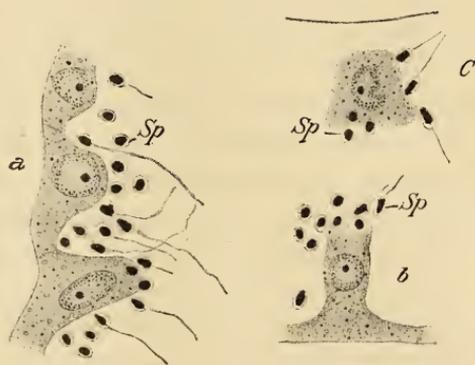
Mit der allmählichen Auflösung der Zellgrenze und der Ausbreitung ihres protoplasmatischen Inhalts geht die Reduktion des Kernes Hand in Hand. Dieser ist inzwischen mit dem Plasma der Nährzelle ins Innere des Hodens eingedrungen und beginnt nun, an

seinem Rand sich einzubuchten (Figg. 30 und 31). Hat sich alles Protoplasma zwischen die Spermatozoen eingelagert, so zerfällt der Kern, der vorher stark tingierbare Nucleolus löst sich auf, und man sieht schließlich ihre Reste in Form eines kleinen Körnchenhaufens zwischen den Spermatozoen liegen (Figg. 32—34).

**b. Eulichota.** Dieselben Erscheinungen, wie ich sie eben von *Tubularia indivisa* geschildert habe, traten mir bei der Untersuchung des Hodens von *Eulichota* spec. entgegen. Auch hier erheben sich in Abständen voneinander einzelne Zellen der Hodenwand und ragen schließlich zipfelartig in den Hoden hinein. Dabei rücken ihre Kerne ebenfalls von der Wand des Hodens weg nach dem Innern zu und legen sich zugleich mit dem Cytoplasma der zugehörigen Zelle zwischen die in der Ausbildung begriffenen Spermatozoen. Wie bei *Tubularia* liegen auch hier die Spermatozoen nach der Ausbreitung des Cytoplasmas dieser Nährzellen vollkommen in demselben eingebettet. Der allmähliche Zerfall des Kerns geht fast gleichzeitig mit der Einlagerung des zugehörigen Cytoplasmas zwischen die Spermatozoen vor sich (Textfig. 4). Die Verhältnisse, die wir bei *Tubularia indivisa* gesehen haben, wiederholen sich also in gleicher Weise bei *Eulichota*.

**c. Olindias mülleri.** Eine ähnliche Art von Ernährung traf ich in dem Hoden von *Olindias mülleri*. Der Hoden dieser Meduse ist gefächert, indem er von Stützfaseren quer durchzogen wird.

Innerhalb der einzelnen Fächer geht die Bildung der Spermatozoen so vor sich, daß die Spermatozonen im Innern, die Spermatozoen nach außen zu liegen kommen. Fig. 37 stellt ein Fach des Hodens dar, das auf beiden Seiten von Stützfaseren (*St*) und außen vom Hodenepithel (*H.E*) begrenzt ist. Aus letzterem entwickeln sich die Nährzellen, deren Bildung und Resorption in Figg. 35—39 wiedergegeben ist. Fig. 35 zeigt eine Stelle der Hodenwand, an der eine Epithelzelle im Volumen ihre Nachbarzellen übertreift und in das Hodeninnere sich vorwölbt. Dies ist das erste



Textfig. 4.

Nährzellen aus dem Hoden von *Eulichota*. *a*, Erhebung einer Nährzelle über ihre Umgebung; *b*, Beginn der Ausbreitung des Cytoplasmas an der Spitze der Nährzelle; *c*, Kern einer Nährzelle im Zerfall; noch von einem Plasmahof umgeben. *Sp*, Spermatozoen.

Entwicklungsstadium der Nährzellen von *Olindias mülleri*. Nun beginnt eine solche Zelle sich von dem Verbande der übrigen Epithelzellen zu trennen und allmählich sich nach den Geschlechtsprodukten zu schieben (Fig. 37). Bei diesem Vorgang zeigt der Kern oft ganz eigentümliche Formveränderungen, die ganz der Lagerung der sich entwickelnden Genitalprodukte entspricht. Fig. 36 läßt einen solchen Kern erkennen, der eine Spermatogonie mit zwei Fortsätzen zu umfassen scheint. Sehr weit dringen die Nährzellen nicht in das Hodeninnere ein, meist sah ich sie in geringer Entfernung von dem Hodenepithel schon in voller Auflösung begriffen. Diese beginnt damit, daß die Zellgrenze an der Seite, an der die Geschlechtsprodukte liegen, verschwindet. Fast gleichzeitig buchtet sich der Kern an derselben Stelle ein und zeigt hier häufig zackige Erhebungen, wie dies in Figg. 38 und 39 ersichtlich ist. Gerade die letztere zeigt deutlich, wie sich die Auflösung der Nährzelle weiter vollzieht. Ähnlich den geschilderten Vorgängen bei *Tubularia indivisa* und *Euchilota* breitet sich hier das Plasma der Nährzelle zwischen den benachbarten Spermatozoen aus, und der Kern geht durch allmähliche Resorption vollkommen zugrunde. Während aber bei jenen beiden Formen die Auflösung der Nährzellen an der Stelle ihrer Entstehung vor sich geht, wandern die Nährzellen von *Olindias mülleri* von der Hodenwand aus zwischen die Genitalprodukte ein. Je nach der Lage dringen die Nährzellen direkt ins Hodeninnere vor, wie in Fig. 36 dargestellt ist, oder sie schieben sich längs der Stützfasern nach dem Ort ihrer Auflösung hin (Fig. 37).

Die Nährzellen von *Tubularia indivisa* und *Euchilota* erinnern namentlich wegen der Lagerung der Spermatozoen lebhaft an die Basalzellen der Gastropoden, da auch hier die Spermatozoenköpfe in dem Plasma der Nährzelle eingebettet liegen (vgl. KORSCHULT-HEIDER, Lehrbuch der vergl. Entwicklungsgesch. Allgem. Teil Figg. 285—286). Die Ernährungsverhältnisse von *Olindias* ähneln sehr denjenigen, die W. ADERS von *Aurelia aurita* beschreibt. Hier wie dort wandern die Nährzellen zwischen die sich entwickelnden Geschlechtsprodukte ein und werden von diesen vollkommen resorbiert. Eine Teilung der Nährzellkerne, wie sie dort stattfindet, konnte ich jedoch nicht auffinden, auch ist es nicht wahrscheinlich, daß sie vorhanden ist, da die Verhältnisse hier wesentlich anders liegen.

### Samenbildung einiger Cölenteraten.

a. *Aurelia aurita*. Meine Untersuchungen über die Spermato-genese der Cölenteraten begann ich mit *Aurelia aurita*, da bei

dieser Art die Verhältnisse wegen der Größe der Zellelemente am deutlichsten waren.

Die Bildung der Samenfäden von *Aurelia aurita* beschreibt W. ADERS etwa in folgenden Zügen: »Zumeist befinden sich die Keimzellen in lebhafter Vermehrung, so daß mitunter in den Follikeln überhaupt keine ruhenden Spermatogonien vorhanden sind. Nach dem Innern der Acini zu liegen häufig Gruppen von größeren und kleineren Zellen, die ich als Spermatocyten 1. und 2. Ordnung aufgefaßt habe. Das Chromatin der Spermatocyten 2. Ordnung verdichtet sich zur Anlage des Spermatozookopfes, an dessen einem Pole sich das Spitzenstück anlegt in Form eines dunkelgefärbten Kügelchens, das in einer hellen Partie (vermutlich der Sphäre) entsteht, und das mit dem Kern vermittelt eines Stieles in Verbindung steht. Am entgegengesetzten Pole des Kerns liegt ein Körnchen, das mit dem Schwanzfaden in engster Verbindung steht, und das als Zentralkörper zu deuten ist. Zwischen dem letzteren und dem Kopf liegt eine hellere Partie, welche von einem zarten, stark dunkelgefärbten Faden, der mit einer Kernplatte, die die Basis des Kopfes bildet, verbunden ist, durchzogen wird.«

Mit diesen Angaben stimmen meine Befunde insofern überein, als sie sich auf die ersten Teilungen der Keimzellen bis zu den Spermatiden beziehen, die Ausbildung der Spermatozoen stellte sich mir jedoch etwas anders verlaufend dar.

Die junge Spermatide zeigt in ihrem Innern einen stark färbaren Kern, der von hyalinem Protoplasma umgeben ist. Schon kurze Zeit, nachdem der Kern ganz zur Ruhe gekommen ist, erkennt man an der einen Seite der Zellgrenze zwei kleine Körnchen von verschiedener Größe, die Zentralkörper (Fig. 40). Als bald rückt nun das kleinere von diesen Körnchen nach dem Kern hin und legt sich eng an diesen an. Mit dem zweiten, noch an der Zellgrenze liegenden Körnchen, ist es durch einen Faden verbunden, der beim Auseinanderrücken beider entstanden ist (Fig. 41).

Auf diesem Stadium erkennt man auch schon deutlich auf der entgegengesetzten Seite des Kerns ein stark lichtbrechendes Körnchen, das um so mehr zur Geltung kommt, je mehr sich das Chromatin des Kerns verdichtet. Es wird wohl ebenso wie früher bei *Spongilla* auf die Sphäre zurückzuführen sein. Auch die erste Anlage des Schwanzfadens läßt sich hier konstatieren, der seinen Ursprung an dem äußeren Zentralkörper nimmt.

Auf Schnitten, die mit Eisenhämatoxylin und Bordeaux-Rot be-

handelt waren, ließen sich am Kern verschiedene Differenzierungen erkennen. Zunächst zeigte sich unter dem innern, d. h. dem Kern anliegenden Zentralkörper eine dünne Platte. Dasselbe konnte man auch an dem vorderen Körperchen bemerken, das gleichzeitig seine kugelige Gestalt verloren und sich kegelförmig zugespitzt hatte (Fig. 42).

Von den nun folgenden Veränderungen kommen namentlich diejenigen des Kerns und des Cytoplasmas der Spermatide in Betracht. Der Kern vertauscht in den weiteren Stadien seine kugelige Gestalt mit der eines langgestreckten Ellipsoids, und das Plasma folgt auch seinerseits dieser Formänderung. Bei der weiteren Streckung des Kerns beginnt nun das Cytoplasma sich von der Spitze des Kerns aus an ihn anzulegen. So kommt es, daß schließlich die letzte Masse von Plasma am hinteren Pole des Spermakopfes sich ansammelt, während dessen vorderer Teil und namentlich die dort befindliche Spitze frei von ihm erscheinen (Fig. 43).

Mit der Streckung des Kerns gehen auch Formveränderungen der ihm anliegenden Gebilde Hand in Hand. Während der Kern immer schmaler wird, nehmen die vordere und hintere Platte an Dicke bedeutend zu. Die anfangs kegelförmige Spitze an seinem Vorderende beginnt mehr und mehr in die Länge zu wachsen und stellt schließlich einen verhältnismäßig langen Faden dar (Fig. 44).

Auch der äußere Zentralkörper ist inzwischen voluminöser geworden, und der Schwanzfaden ist mit der Verringerung des Protoplasmas parallel gehend bedeutend gewachsen. Den letzten Rest des Plasmas der Spermatide sehen wir in Form einer Kuppe dem Hinterende des Spermatozoons von *Aurelia* aufsitzen (Figg. 45 und 46).

Hiernach hat das Spermatozoon im ausgewachsenen Zustande einen langen, vorn zugespitzten Kopf, dem ein fadenförmiges Spitzenstück und ein sehr langer Schwanzfaden ansitzt. Auch hier kann man zwischen Kopf und Schwanz ein Mittelstück erkennen, das aus denselben Teilen zusammengesetzt ist wie das Spermatozoon von *Spongilla* (Fig. 47).

Eine Beschreibung des reifen Samenfadens von *Aurelia aurita* gibt schon E. BALLOWITZ. Er sagt: »Der Kopf ist kurz, zylindrisch und spitzt sich nach vorn allmählich zu. Seinem vorderen Ende sitzt eine feine, sehr lange und deutliche Spitze auf, die bisweilen umgebogen ist, das Spitzenstück. An das hintere, quer abgeschnittene Kopfende schließt sich ein fast kugelig Körper an, der meist dieselbe Breite hat, wie der Kopf, bisweilen aber auch etwas breiter erscheint. Ohne Zweifel handelt es sich in dem hinteren Abschnitte

um ein Verbindungsstück.« Auch W. ADERS unterscheidet am Spermatozoon von *Aurelia aurita* ein Spitzenstück und ein Mittelstück, an dem er ebenfalls das äußere Centrosom erkennen konnte.

Die Beschreibung, die BALLOWITZ gab, stimmt insofern mit meinen Befunden überein, als auch er ein Spitzen- und Mittelstück erkannte. Auch die von ADERS gegebene Schilderung läßt sich un schwer in den von mir gegebenen Gang einfügen und wird durch meine Untersuchungen bestätigt und namentlich in bezug auf die Bildung des Spitzenstücks erweitert.

**b. Tubularia indivisa.** Von Hydromedusen habe ich auf Spermatogenese nur *Tubularia indivisa* genauer untersucht. Die hier erhaltenen Bilder ähnelten sehr denjenigen von *Aurelia aurita*. Die Teilungen der Spermatogonien und diejenigen der Spermatoocyten 1. und 2. Ordnung gehen auch hier sehr lebhaft vor sich. Auch die sonstige Ausbildung der Spermatozoen gleicht sehr den Vorgängen bei *Aurelia*. Dabei ist jedoch hervorzuheben, daß das Cytoplasma der Spermotide sehr lange um das heranreifende Spermatozoon gelagert ist. Es verschwindet dann so schnell auf den Seiten des Kopfes, daß man keine Übergangsstadien von der Zellenform der Spermotide zum reifen Spermatozoon findet. Im übrigen verläuft aber die Anlage des Spitzen- und Mittelstücks fast ebenso wie bei *Aurelia*.

**c. Chrysaora, Euchilota, Olindias mülleri, Nausithoë punctata.** Außer den beiden genannten Vertretern der Cölenteraten untersuchte ich, allerdings nur oberflächlich, die Spermabildung von *Chrysaora*, *Euchilota*, *Nausithoë punctata* und *Olindias mülleri* an. Die mir hierbei zu Gesicht gekommenen Stadien ähneln so sehr den Bildern von *Aurelia aurita*, daß ich es mit Gewißheit aussprechen kann, daß sich bei den genannten vier Formen die einzelnen Momente der Spermabildung sehr ähnlich, wenn nicht gleich denen von *Aurelia aurita* abspielen.

Die Bildung des Spitzen- und Verbindungsstückes geht auch bei diesen Formen ebenso vor sich wie bei *Aurelia aurita*. An letzterer beteiligen sich die Zentralkörper, während das Spitzenstück seinen Ursprung einem stark tinktionsfähigen Körperchen verdankt. Das Cytoplasma, das bei *Olindias mülleri* sehr lange den heranreifenden Kopf des Spermatozoons umgibt, wird bei den genannten Formen ganz zur Bildung des Schwanzes verwandt und sitzt nur noch in dem Verbindungsstück als schwacher Rest dem Kopfe an.

### Schlußbetrachtung.

Fasse ich die Resultate meiner spermatogenetischen Untersuchungen vergleichend zusammen, so tritt zunächst eine große Übereinstimmung in der Ausbildung des Spermatozoons von *Spongilla fluviatilis* und *Aurelia aurita* zutage. Hier wie dort entstanden aus den Zentralkörpern der intra- und extracelluläre Achsenfaden und das Mittelstück des reifen Spermatozoons. In beiden Fällen kommt ein typisches Spitzenstück zur Ausbildung und der lange Schwanz geht aus dem Protoplasma der Spermatide hervor.

Die Objekte sind zwar nicht besonders geeignet, um alle Einzelheiten der Spermatogenese in demselben Maße zu verfolgen, wie dies bei den neueren spermatogenetischen Untersuchungen an höheren Metazoen und Wirbeltieren möglich war. Jedoch ist aus der hier gegebenen Darstellung ohne weiteres zu entnehmen, daß die Vorgänge der Spermatogenese sich bei diesen niederstehenden Metazoen im Prinzip außerordentlich übereinstimmend mit den von andern Autoren für die höher entwickelten Metazoen geschilderten abspielen.

Zum Vergleiche seien hier einige neuere Arbeiten über Spermatogenese herangezogen. So beschreibt MEVES die Histogenese der Samenfäden von *Salamandra maculosa* ungefähr folgendermaßen: »Die Centrosome werden bei der Endphase der Spermabildung zunächst verdoppelt. Während sie erst der Zellwand parallel liegen, drehen sie sich, so daß ihre Achse senkrecht zu derselben steht. Zwischen Kern und Centrosomen liegt die Sphäre in Form eines Ballens. Aus dem größeren Centrosom wächst ein Fädchen nach außen und bildet die erste Anlage des Achsenfadens. Die Centrosome wandern dem Kerne zu, und die Zellmembran buchtet sich ein, da wo der Achsenfaden austritt. Das äußere Centrosom wird ringförmig und der Achsenfaden tritt durch dasselbe hindurch. Das innere Centrosom wird stäbchenförmig und bleibt mit dem äußeren in Verbindung. Der stäbchenförmige Zentralkörper dringt durch die Kernmembran in den Kern ein und bildet hier ein Knöpfchen. An seinem hinteren Teile ist anfangs eine Platte vorhanden, die später verschwindet. Aus dem Knöpfchen entwickelt sich durch Wachstum das Mittelstück.«

Auch K. v. KORFF sagt, daß bei der Spermabildung von *Helix pomatia* ein inneres Zentralkorn zu einem Stäbchen auswächst, das

sich dem Kern unmittelbar anlegt und die Anlage des Mittelstücks bedingt. Die gleichen Schilderungen von der Bildung des Mittelstücks geben B. SUZUKI bei Selachiern und C. BENDA bei Gastropoden, bei denen ebenfalls der intracelluläre Achsenfaden durch das Auswachsen eines Centrosoms zustande kommt.

Mit diesen bei so ganz differenten Vertretern der höheren Metazoen in prinzipiell übereinstimmender Weise sich abspielenden spermatogenetischen Vorgängen lassen sich auch die von mir an Poriferen und Cölenteraten beobachteten Bildungsprozesse durchaus in Übereinstimmung bringen, wie die vorhergehende Darstellung meiner Untersuchungen zeigt.

Marburg, im Dezember 1903.

### Literaturverzeichnis.

- W. M. ADERS, Beiträge zur Kenntnis der Spermatogenese bei den Cölenteraten. Diese Zeitschr. Bd. LXXIV, 1. Heft.
- E. BALLOWITZ, Bemerkungen und spermatologische Beiträge betr. die Tunicaten, Mollusken, Würmer, Echinodermen und Cölenteraten. Monatsschr. f. Anat. u. Phys. 1894.
- C. BENDA, Über Spermatogenese der Vertebraten und höheren Evertebraten. Arch. f. Physiol. 1898. Heft 4.
- A. BRAUER, Entstehung der Geschlechtsprodukte und Entwicklung von Tubularia mesembryanthemum. Diese Zeitschr. Bd. LII.
- C. CLAUS, Untersuchungen über die Organisation und Entwicklung der Medusen. Prag-Leipzig. 1883.
- F. DOFLEIN, Die Eibildung bei Tubularia. Diese Zeitschr. Bd. LXII.
- K. FIEDLER, Über Ei- und Spermabildung bei Spongilla fluviatilis. Diese Zeitschrift. Bd. LXVII.
- M. GANIN, Zur Entwicklung der Spongilla fluviatilis. Zool. Anz. I. Jahrg. Nr. 9. 1878.
- G. GRÖNBERG, Beiträge zur Kenntnis von Tubularia. Zool. Jahrb. Abt. f. Anat. XI. Bd. 1901.
- E. HAECKEL, Über die sexuelle Fortpflanzung und das natürliche System der Schwämme. Jen. Zeitschr. f. Naturw. Bd. VI. 1871.
- F. HERMANN, Beiträge zur Kenntnis der Spermatogenese. Mikrosk. Anat. Bd. L. 1897.
- O. u. R. HERTWIG, Der Organismus der Medusen und seine Stellung zur Keimblättertheorie. Denkschr. d. med. naturw. Gesellsch. Jena. 1880.
- K. v. KORFF, Zur Histogenese der Spermien von Helix pomatia. Mikrosk. Anat. Bd. LIV. 1899.
- KORSCHULT-HEIDER, Lehrbuch der vergl. Entwicklungs-Geschichte der wirbellosen Tiere. Allgem. Teil. Jena. 1902.

- O. MAAS, Über die Differenzierung von Generations- u. Spermazellen bei Spongien. Verhandl. d. deutsch. zool. Gesellsch. Leipzig. 1894.
- Fr. MEVES, Struktur u. Histogenese der Samenfäden von *Salamandra maculosa*. Mikrosk. Anat. Bd. L. 1897.
- E. MINCHIN, Materials for a Monograph of the Ascons. Quart. Journ. of Microsc. Science. London. 1898.
- N. POLEJAEFF, Über Sperma u. Spermatogenese bei *Sycandra raphanus*. Sitz-Ber. d. Akad. d. Wissensch. Wien. 1882. Bd. LXXXVI.
- C. SCHNEIDER, Untersuchungen über die Zelle. Arb. im zool. Institut. Wien. 1891. Bd. IX.
- F. E. SCHULZE, Über den Bau u. die Entwicklung der Spongien. *Sycandra raphanus* Haeckel. Diese Zeitschr. Bd. XXV. Suppl.
- Familie der Aplysiniidae. Ebenda. Bd. XXX.
- Die Metamorphose von *Sycandra raphanus*. Ebenda. Bd. XXXI.
- Familie der Spongidae. Ebenda. Bd. XXXII.
- A. SMALLWOOD, Contribution to the Morphologie of *Pennaria tiarella*. American Natural. Bd. XXXIII. 1898.
- B. SUZUKI, Entstehung des Mittelstücks der Samenfäden bei Selachiern. Anat. Anzeiger. Bd. XV. 1898.
- J. THALLWITZ, Über die Entwicklung der männlichen Keimzellen bei den Hydroideen. Jen. Zeitschr. f. Medizin u. Naturw. Bd. XVIII. Jena. 1885.
- A. WEISMANN, Entstehung der Sexualzellen der Hydromedusen. Jena. 1883.
- W. WELTNER, Der Bau des Süßwasserschwammes. Blätter f. Aquarien- u. Terrarienfrennde. Bd. VII. 1896.

## Erklärung der Abbildungen.

### Tafel XXXI.

- Fig. 1—6. Oogenese von *Sycandra raphanus*. (Imm.  $\frac{1}{18}$ . Oc. 3.)
- Fig. 1. Eizelle einen Fortsatz nach der Nährzelle  $N.x$  entsendend.
- Fig. 2. Nährzelle ( $N.x$ ) durch die Schnittführung von der Eizelle ( $Eix$ ) getrennt.
- Fig. 3. Nährzelle zur Hälfte von der Eizelle eingesogen.
- Fig. 4. Der Kern der Eizelle entsendet Fortsätze nach der Nährzelle hin.
- Fig. 5. Die Nährzelle vollkommen im Innern der Eizelle löst ihre Zellgrenze auf.
- Fig. 6. Das Plasma der Nährzelle völlig resorbiert. Nur der Nährzellkern  $N.x.k$  noch sichtbar.
- Fig. 7—14. Bildung der Spermatozyste (Deckzelle) von *Sycandra raphanus*. (Imm.  $\frac{1}{18}$ . Oc. 6.)
- Fig. 7. Deckzelle ( $Dx$ ) und Spermazelle ( $Sp.x$ ) nebeneinander.
- Fig. 8. Erste Anlagerung der Deckzelle an die Samenzelle.
- Fig. 9 u. 10. Die Deckzelle mützenförmig aufsitzend.
- Fig. 11. Die Umlagerung fast beendet.
- Fig. 12—14. Die Spermatozyste gebildet und erste Teilungen der Samenzelle.
- Fig. 15—26. Spermatogenese von *Spongilla fluviatilis*. (Imm.  $\frac{1}{18}$ . Oc. 12.)
- Fig. 15. Junge Spermateide.  $C$  Zentralkörper am Kern anliegend.

Fig. 16—17. Die Zentralkörper sind an die Zellperipherie gerückt und haben sich gedreht.

Fig. 18. Erste Anlage des intracellulären Achsenfadens und des Schwanzes.

Fig. 19. Auftreten des Spitzenstücks (*Sph*).

Fig. 20. Bildung der Kernplatten unter dem Spitzenstück und inneren Zentralkörper.

Fig. 21. Das Spitzenstück beginnt seine fädige Gestalt anzunehmen.

Fig. 22—25. Bildung des Mittelstücks (*M.st*).

Fig. 26. Ausgebildetes Spermatozoon von *Spongilla fluviatilis*.

Fig. 27—34. Nährzellen im Hoden von *Tubularia indivisa*. (Imm.  $\frac{1}{18}$ . Oc. 6.)

Fig. 27. Erste Erhebung einer Nährzelle über das Hodenepithel (*H.E*).

Fig. 28—29. Die Nährzelle ragt in den Hoden hinein und ihre Zellgrenze löst sich an der Spitze auf. *Sp* Spermatozoen.

Fig. 30—31. Das Nährzellplasma (*Nz.pl*) zwischen den Spermatozoen ausgebreitet. *Nzk* Nährzellkern.

Fig. 32—34. Allmählicher Zerfall des Kerns der Nährzelle.

Fig. 35—39. Nährzellen im Hoden von *Olindias Müll.* (Imm.  $\frac{1}{18}$ . Oc. 6.)

Fig. 35. Hervorwachsen einer Nährzelle (*Nz*). *H.E* Hodenepithel, *Sp.g* Spermatogonien.

Fig. 36—38. Eingewanderte Nährzellen zwischen heranwachsenden Geschlechtsprodukten. Deformation des Kerns. *Sp.t* Spermatide. *St* Stützfasern.

Fig. 39. Die Nährzelle breitet ihr Plasma zwischen die Spermatiden aus. Auflösung des Zellkerns.

Fig. 40—47. Spermatogenese von *Aurelia aurita*. (Imm.  $\frac{1}{18}$ . Oc. 12.)

Fig. 40. Junge Spermatide. *C* Zentralkörper.

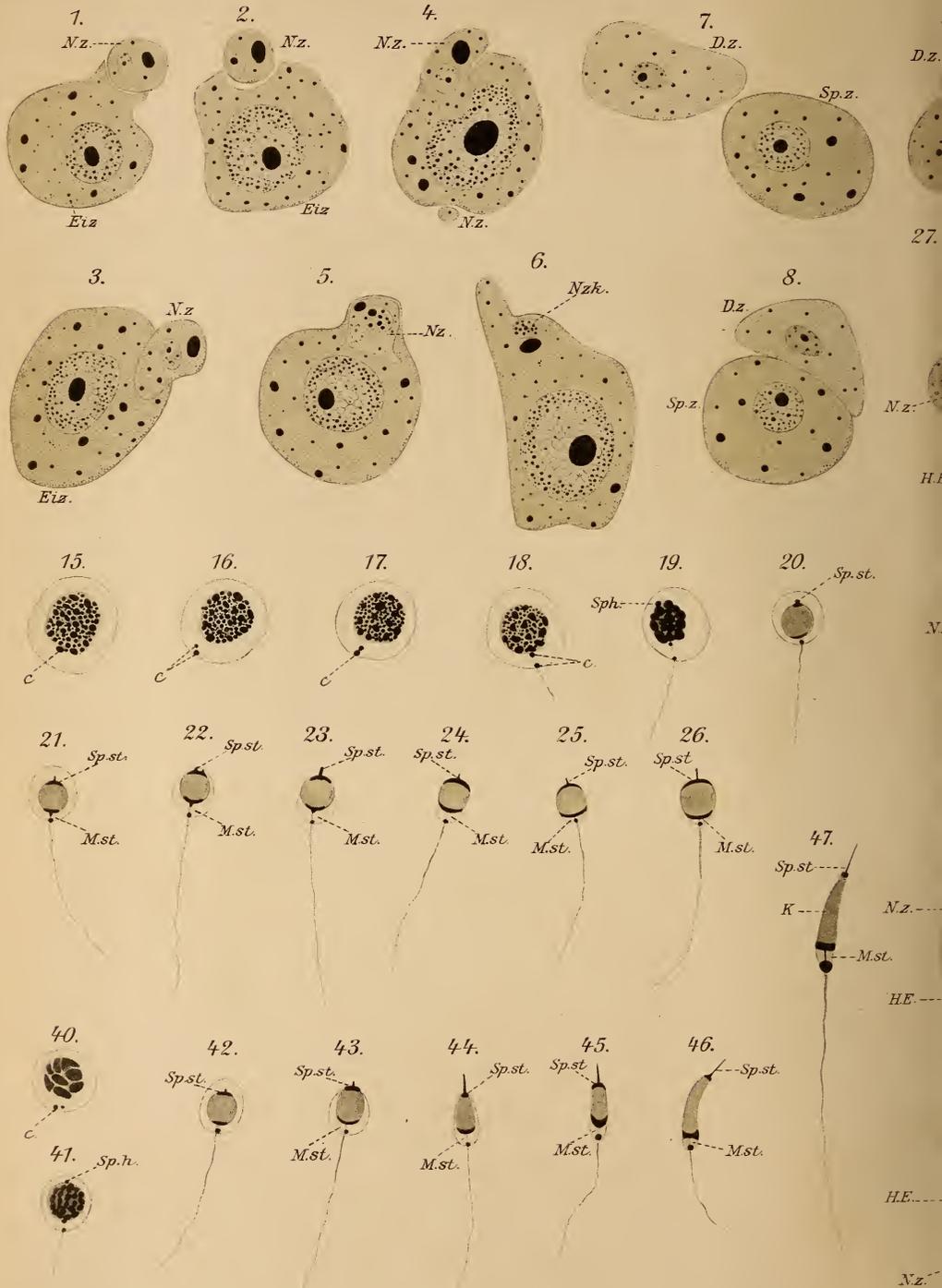
Fig. 41. Erstes Erscheinen des Spitzenstücks *Sp.h* und Anlage des Achsenfadens.

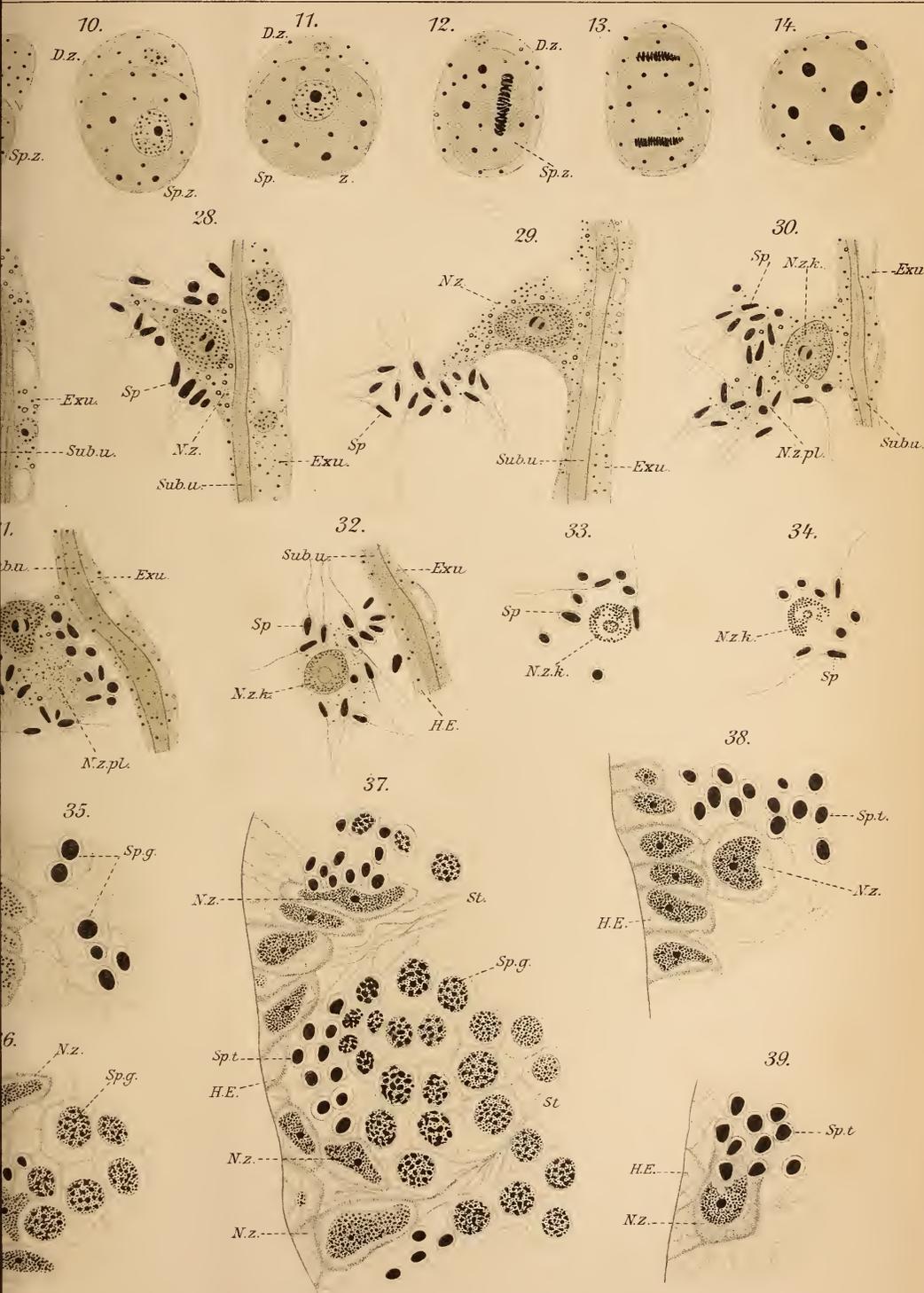
Fig. 42. Bildung der Basalplatten am Kopfe.

Fig. 43—44. Allmähliche Streckung des Kopfes und Bildung des Mittelstücks (*M.st*). Das Spitzenstück wird fadenförmig.

Fig. 45—46. Übergänge zum reifen Spermatozoon.

Fig. 47. Ausgebildetes Spermatozoon von *Aurelia aurita*. *Sp.st* Spitzenstück; *K* Kopf; *M.st* Mittelstück.







# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

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

Jahr/Year: 1904

Band/Volume: [76](#)

Autor(en)/Author(s): Görich Wilhelm

Artikel/Article: [Zur Kenntnis der Spermatogenese bei den Poriferen und Cölateraten nebst Bemerkungen über die Oogenese der ersteren 522-543](#)