

### 3. Morphologie und Genese der Spermatozoen von *Gammarus pulex*.

Von Hermann Köster.

(Aus dem Zoologischen Institut in Marburg.)

(Mit 1 Figur.)

eingeg. 25. November 1909.

Im folgenden seien die Ergebnisse spermatogenetischer Untersuchungen mitgeteilt, die an nicht abweichend gestalteten Samenfäden von Crustaceen vorgenommen wurden, um festzustellen, ob es sich bei ihnen in jeder Hinsicht um typische (flagellatenförmige) Spermien handelt. Diese Fragestellung liegt nahe, da bei den Crustaceen atypische Spermatozoen sehr verbreitet sind und die Vermutung aufkommen kann, daß man es auch bei den anscheinend flagellatenförmigen Spermien möglicherweise mit modifizierten Spermien zu tun haben könne. Es war also nachzuweisen, daß die spermatogenetischen Vorgänge dieselben wie bei den typischen Spermien sind, wofür sich *Gammarus* als geeignetes Objekt darbietet. Ausführlich wurden diese Untersuchungen an anderer Stelle (Marburg 1909) mitgeteilt, wovon hier nachträglich noch ein Bericht über die hauptsächlichsten Punkte gegeben werden soll.

Die Materialbeschaffung macht keine Schwierigkeit, und die Tiere lassen sich auch im Winter in Aquarien mit fließendem Wasser halten, so daß stets genügendes Material zur Verfügung steht. Als Konservierungsmittel dienten: Sublimat-, Zenkersche, Hermannsche, Flemmingsche Lösung und Sublimat-Salpetersäure. Sublimatlösung erwies sich am geeignetsten für Nachbehandlung mit Eisenhämatoxylin, Flemmingsche für die Anwendung der Bendaschen Methode, und Hermannsche ließ Kernstrukturen am deutlichsten hervortreten.

Der männliche Genitalapparat besteht aus zwei selbständigen Schläuchen, die, am 2. Thoraxringe beginnend, auf der Dorsalseite des Darmes verlaufen und ventralwärts am 7. Thoraxringe in je einem Penis endigen. Jeder Schlauch besteht aus 3 Abschnitten: Testis, Vesicula seminalis und Vas deferens. Der erste, größte Teil stellt eine Keimdrüse dar. Eine leichte Einschnürung leitet zu dem 2. Abschnitt über, der etwa die halbe Länge des vorigen besitzt, aber erheblich weiter als jener ist. Vor dem kurzen Blindsack der Vesicula führt ein feiner Kanal, das Vas deferens, in seitlichem Bogen um Darm und Leberschläuche abwärts zu dem kurzen, schräg einwärts gerichteten Penis nahe der Bauchmittellinie.

Um die genauere Verteilung der verschiedenen Samenzellen innerhalb der Keimdrüse festzustellen, wurde dieselbe in Querschnittserien zerlegt, aus denen hervorgeht, daß das Keimepithel, womit die Hoden-

wand ausgekleidet ist, besonders an der Dorsalseite wuchert, und daß sich hauptsächlich von dort aus die Keimzellen ventralwärts verschieben, so daß die ältesten Samenzellen stets am weitesten ventralwärts innerhalb des Hodenschlauches anzutreffen sind.

Infolge dieses ventralwärts gerichteten Vorrückens der Samenzellen findet man oft die verschiedensten Entwicklungsstadien übereinander geordnet. Je weiter vom Beginn des Hodens entfernt, um so vorherrschender werden die älteren Samenzellen, bis schließlich fast nur noch fertige Spermatozoen vorkommen. Schon Bütschli<sup>1</sup> und Leydig<sup>2</sup> haben die Form des reifen Spermatozoons in ihren Grundzügen richtig erkannt, dagegen ist die spätere Beschreibung Gilsons<sup>3</sup> wenig zutreffend. Nach meinen eignen Beobachtungen besteht das Spermatozoon von *G. pulex* aus einem Kopf mit deutlichem Spitzenstück, einem Mittelstück und einem bandartigen Schwanzfaden (Fig. 1). Letzterer ist sehr lang und übertrifft die Kopflänge um das Sieben- bis Achtfache, so daß eine Gesamtlänge von 160  $\mu$  erreicht werden kann gegenüber einer mittleren Breite von 1,4  $\mu$ .

Das Spitzenstück besteht aus einem zarten Röhrchen, an dessen Spitze ein feines Körnchen liegt. Dieses ist mit einem zweiten Korn, das in der Spitze des Kopfes eingesenkt liegt, durch einen äußerst dünnen Faden verbunden, dem Verbindungsfaden, welcher die Achse des Röhrchens bildet (Fig. 1). Das untere Basalkorn, das stärker ist als das Spitzenkorn, tritt nicht hervor; nur auf Längsschnitten wird es sichtbar.

Der Kopf des Spermatozoons ist walzenförmig, bei einer mittleren Breite von 1,35  $\mu$  und einer mittleren Länge von 16,5  $\mu$ . Man unterscheidet an ihm einen homogenen Innenkörper (Chromatin) und einen spiraligen Überzug (Mitochondrien). Diese Spirale umzieht in ziemlich dichten Touren den ganzen Kopf. Durch letzteren geht als Achse ein Faden, der die direkte Verlängerung des Fadens im Spitzenstück bildet und nicht durch Chromatinverdichtung entstanden ist, sondern ein von dieser Masse unabhängiges Gebilde darstellt. Der Kopffaden setzt sich distalwärts im Verbindungsfaden der Centrosome des Mittelstückes fort und weiter im Achsenfaden des Schwanzes (Fig. 1).

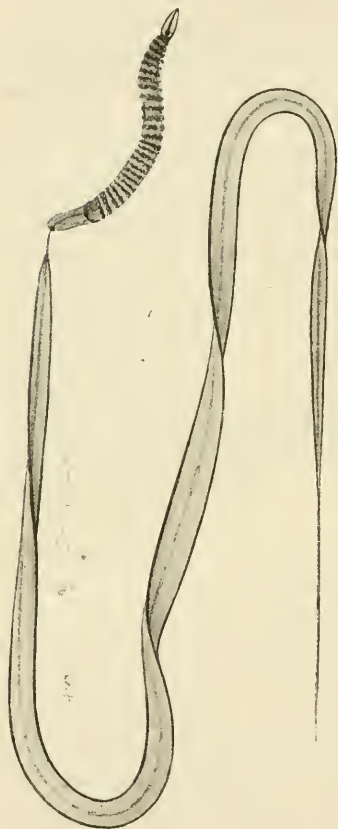
An den Kopf setzt sich unmittelbar das kelchförmige Mittelstück an, das in seinen Konturen eine Verlängerung des Kopfes bildet und nur durch besondere Färbbarkeit von diesem sich abhebt. Die Färbung

<sup>1</sup> Bütschli, O., Vorläufige Mitteilung über Bau und Entwicklung der Samen-fäden bei Insekten und Crustaceen. Zeitschr. f. w. Zool. Bd. XXI. 1871.

<sup>2</sup> Leydig, F., Untersuchungen zur Anatomie und Histologie der Tiere. Bonn 1883.

<sup>3</sup> Gilson, G., Etude comparée de la spermatogenèse chez les Arthropodes. La Cellule. T. I. II. 1885. 1886.

lehrt, daß es aus einer plasmatischen Grundsubstanz mit zahlreich eingestreuten Mitochondrien aufgebaut ist. Diese Mitochondrienmasse dürfte wohl zur Festigung des Mittelstückes dienen, wozu wahrscheinlich auch der centrale Faden beiträgt, der die beiden Centrosome verbindet. Das proximale Centrosoma ist in das basale Ende des Kopfes hineingesenkt, das distale liegt am verjüngten Ende des Mittelstückes und leitet zum Schwanz hinüber (Fig. 1).



Der Schwanzfaden ist bandförmig, nur Anfang und Ende laufen in eine Spitze aus, die sich in einem dünnen Faden fortsetzt. Die bandartige Mittelpartie des Schwanzes besteht aus Plasma, das am Rande von je einer violett tingierbaren Randlinie umsäumt wird, die weniger stark sind als der Achsenfaden. Jene setzen sich aus feinen Mitochondrien zusammen und gehen vorn und hinten allmählich zum Achsenfaden über (Fig. 1). Bei Macerationsversuchen mit Chlornatriumlösung erwiesen sich der Verbindungsfaden des Mittelstückes, der Kopffaden und der Faden des Spitzenstückes weniger resistent als der Achsenfaden des Schwanzes. Während der letztere sich bei längerer Maceration in drei anfangs gleichstarke Fäden zerlegt, bleiben die ersteren ungeteilt bis zur völligen Auflösung. Die Randlinien des Schwanzes zeigten keine größere Widerstandsfähigkeit als das Plasma: sie zerfallen mit diesem gleichzeitig. Von den 3 Fibrillen, in welche der Achsenfaden sich teilt, verschwindet zuerst die mittlere, die seitlichen behalten

länger ihre anfängliche Stärke. Die oft vorgefundene spiralförmige Drehung des Schwanzes dürfte wohl einen Schluß auf die Art der Fortbewegung des Spermatozoons gestatten, insofern, als diese wohl durch eine aktive Schraubendrehung des Schwanzes erreicht wird. Leider konnte sie nicht direkt beobachtet werden.

Die ausführliche Beschreibung des reifen Spermatozoons greift etwas vor, weil sie sich bereits auf die Ergebnisse der spermatogenetischen Untersuchung stützt. Geht man bei der Histogenese des Spermatozoons

von den Veränderungen des Kernes aus, so sieht man zunächst, daß die junge Spermatide einen großen Kern, ein Idiozom mit Centrosoma, viele Mitochondrien und zuweilen Vacuolen enthält.

Der kugelfunde Kern liegt anfangs in der Zelle etwas exzentrisch. Die dicken Chromatinballen, aus denen er sich zusammensetzt, lösen sich in feine Partikel auf, die teils dem feinmaschigen Kernnetz eingelagert, teils an der Kernperipherie zu einem gleichmäßigen Ringe angeordnet sind. Um den Kern liegt eine helle Zone von regelmäßiger Breite, die erst bei der Längsstreckung des Kernes verschwindet. Es kann sich hier nicht um ein Kunstprodukt oder um eine Brechungserscheinung handeln, sondern wohl mit Rücksicht auf ähnliche Befunde bei andern Forschern<sup>4</sup> um eine Ansammlung von Kernsaft, der aus dem Kerninnern austrat und später wieder in ihn zurückkehrt.

Zur Aufnahme des proximalen Centrosomas bildet der Kern eine größere Delle dort, wo er der Peripherie der Zelle am nächsten kommt. Diese Delle, die nachher verstreicht, erleichtert jedenfalls die Versenkung des proximalen Centrosomas. Der von diesem Centrosom auswachsende Faden durchzieht nicht sofort den ganzen Kern, sondern tut dies zunächst nur teilweise. Später setzt er sein Wachstum fort bis zum Spitzenstück. Der Kern wandert dicht an die Peripherie des Zellkörpers. Von dieser Stelle aus verschiebt sich das Plasma nach hinten. Dabei wird der Kern umgeformt. Er nimmt eine halbkugelige oder halbellipsoide Gestalt an, doch kehrt er später zu der kugeligen Form zurück.

Während der Umgestaltung des Kernes scheinen sich Mitochondrien auf der Kernoberfläche abgelagert zu haben; denn bei der Aufsicht auf diese fanden sich dort Komplexe, die nach Benda violett gefärbt werden. Wie oben schon erwähnt, ist die hofartige, helle Zone um den Kern verschwunden, wenn dieser sich zu strecken beginnt. Gleichzeitig ist aber dann auch eine Lockerung des Chromatinringes zu erkennen. Es liegt daher die Vermutung nahe, daß der in den Kern zurückgekehrte Kernsaft zur Auflockerung des Chromatinringes beigetragen habe.

Der Faden, der den Kopf des Spermatozoons durchzieht, wächst vom proximalen Centrosoma aus. Wenn auch in der Literatur wiederholt ein Kopffaden am Spermatozoon beschrieben wird, so weichen die betr. Gebilde doch nach ihrer Entstehung von dem bei *Gammarus* ab, denn jene entstehen sämtlich vom Spitzenstück aus. Vgl. Ballowitz<sup>5</sup>

<sup>4</sup> Meves, Fr., Über Struktur und Histogenese der Samenfäden bei *Salamandra maculosa*. Arch. f. mikr. Anat. Bd. 50. 1897. — Bösenberg, H., Beiträge zur Kenntnis der Spermatogenese bei den Arachnoiden. Zool. Jahrbücher. Bd. 21. 1905.

<sup>5</sup> Ballowitz, E., Untersuchungen über die Struktur der Spermatozoen III. Fische. Amphibien usw. Archiv f. mikr. Anat. Bd. 26. 1890.



(90), Broman<sup>6</sup> (07) und Thesing<sup>7</sup> (04). Demnach kann der Kopffaden von *Gammarus* nicht mit jenen Gebilden identifiziert werden; es liegt näher, ihn mit dem Achsenfaden des Schwanzes in Zusammenhang zu bringen, der ebenfalls von einem Centrosom aus und in Verbindung mit diesem seinen Ursprung nimmt. Der Kopf des Spermatozoons gewinnt mit zunehmender Streckung schließlich eine cylindrische Gestalt. So lange der Kern seine kugelige Gestalt beibehält, zeigt sein Inneres die schon erwähnte feinmaschige Struktur. Bei seiner Streckung treten größere Maschen auf, der Chromatinring lockert sich und nimmt teil an dem netzartigen Aufbau des Kernes, bis er schließlich ganz geschwunden ist. Durch das Reißen von Netzfäden treten kleinere Chromatinpartikel zu größeren Brocken zusammen. Die letzten Reste des Netzwerkes verschwinden, und anscheinend lösen sich die Chromatinmassen auf; denn es findet eine Aufhellung des Kerninnern statt.

Der Kern nimmt schließlich das Basalkorn des Spitzenstückes in eine Vertiefung seines Vorderendes auf. Während der Kernstreckung haben sich die Mitochondrienkomplexe auf der Kernoberfläche wieder in feine Körnchen aufgelöst. Sie ordnen sich so, daß sie um den Kern eine Spirale bilden, deren Touren dicht aufeinander folgen. Daß es sich hierbei um Mitochondrien handelt, geht aus der Art der Färbbarkeit hervor.

Das Doppelcentrosom ist wohl anfänglich im Idiozom liegend anzunehmen; später dürfte es austreten, jedenfalls wird es dann deutlich sichtbar. Es teilt sich in zwei gleich große Körnchen, die anfangs dicht beieinander liegen, dann eine kurze Strecke auseinander weichen, jedoch stets durch den Verbindungsfaden im Zusammenhang bleiben. Die später hantelförmigen Centrosome nehmen in der Zelle eine verschiedene Lage ein, ohne daß ein Achsenfaden sichtbar wird. Sie wandern dahin, wo die Schwanzbildung geschehen soll. Das proximale Centrosoma dringt schließlich in die benachbarte Delle des Kernes, worauf letztere verstreicht. Die Centrosome entfernen sich weiter voneinander bis zur endgültigen Größe des Mittelstückes. Vom proximalen Centrosoma (Endknöpfchen) wächst jetzt der Kopffaden, vom distalen der Achsenfaden aus. Hinsichtlich des verschiedenen Volumens der Centrosome liegen die Verhältnisse ähnlich, wie sie Meves<sup>8</sup> (1907) bei der Honigbiene beschrieb.

---

<sup>6</sup> Broman, J., Über Bau und Entwicklung der Spermien bei *Rana fusca*. Arch. f. mikr. Anat. Bd. 70. 1907.

<sup>7</sup> Thesing, C., Beiträge zur Spermatogenese bei Cephalopoden. Zeitschr. f. w. Zool. Bd. 77. 1904.

<sup>8</sup> Meves, Fr., Die Spermatocyteileungen der Honigbiene (*Apis mellifica*), nebst Bemerkungen über Chromatinreduktion. Arch. f. mikr. Anat. Bd. 71. 1907.

Der plasmatische Mantel des Mittelstückes entsteht dadurch, daß vom Plasma, das sich dem Achsenfaden entlang zog, der Teil um den »centrosomatischen Teil des Achsenfadens« sich abschnürt und eine beutelförmige Gestalt annimmt. Die Differenzierungen der Färbung am Mittelstück machen es höchstwahrscheinlich, daß Mitochondrien hier eingelagert sind. Von einer spiraligen oder nur peripheren Anordnung derselben war nichts zu sehen, vielmehr durchsetzen sie reichlich die ganze Plasmamasse.

Der ausgebildete Schwanzfaden weist 3 Abschnitte auf: den dünnen Anfangsteil, die bandartige Mittelpartie und das fädige Endstück. Er entsteht dadurch, daß das Plasma sich dem Achsenfaden entlang hinzieht. Zuweilen zeigt sein Ende ein feines »Endkörnchen«, das Bösenberg bei Araneen (1905) mit der weiteren Ausbildung des Schwanzes in Verbindung bringt. Der Hauptteil des Achsenfadens zeigt zu beiden Seiten einen flossenartigen Saum. Dieser entsteht auf folgende Weise: die Mitochondrien, die in den Schwanzabschnitt eingetreten sind, schließen sich zu einem Mitochondrienkörper zusammen. Dieser verquillt und ruft dadurch eine Auftreibung des Plasmas hervor. Infolgedessen nimmt der Schwanz ein spindelartiges Aussehen an. Diese Spindel ist flach und nicht dicker als der Achsenfaden anzunehmen. Die Quellung des Mitochondrienkörpers, die eine Folge der Vacuolisierung ist, schreitet fort. Die Blasen werden größer und verschmelzen miteinander. Durch diesen Vorgang tritt eine Scheidung von flüssigen und festen Bestandteilen ein; die flüssigen gehen ins Cytoplasma über, das dadurch eine Aufhellung erfährt; die festeren reihen sich in feinen Körnchen zu beiden Seiten des Achsenfadens zu regelmäßigen Linien auf, die später dem Achsenfaden parallel gerichtet sind und dann einen homogenen Saum bilden. Das Plasma, das außerhalb ihres Bereiches ist, wird abgestoßen. Die Randlinien gehen vorn und hinten in die Mittellinie über. Bei dem fadenförmigen Anfangs- und Endstück des Schwanzes handelt es sich wohl hauptsächlich um den freien Achsenfaden.

Das Idiozom tritt als kugelförmiges Gebilde auf, das oft nach Benda intensiv violett gefärbt wird. Daß es sich hier nicht um einen »Nebenkörper« handelt, geht aus dem späteren Schicksal des Zellbestandteiles hervor. Das Idiozom hellt sich von innen nach außen auf und läßt dabei im Innern ein »Centralkorn« entstehen. So ist aus dem Idiozom ein helles Bläschen mit einem »Centralkorn« entstanden. Von letzterem wächst ein Fädchen aus, an dessen Ende das »Spitzenkorn« gebildet wird. Das »Centralkorn« wird von nun an »Basalkorn« genannt. Das Bläschen hat sich bei diesem Vorgang in der Richtung des Fädchens gestreckt und nimmt die Gestalt eines Röhrchens an, dessen Achse das

Fädchen bildet. Das so weit entwickelte Spitzenstück ist isoliert vom Kern entstanden. Es stellt sich jetzt so vor den Kern, daß es in seiner Lage der Verlängerung des Kopffadens entspricht. Letzterer wächst nun bis zum Spitzenstück aus, so daß der Kernfaden mit dem Spitzenstück in einer Richtung liegt. Der Kern streckt sich dem Spitzenstück entgegen bis zum »Basalkorn«, das sich in seine Spitze einsenkt. Auf diese Weise ist eine enge Verbindung von Kern und Spitzenstück geschaffen.

Eine Erläuterung der beschriebenen spermatogenetischen Vorgänge durch Figuren soll hier nicht gegeben werden, und es sei in dieser Hinsicht auf die oben erwähnte Darstellung verwiesen, worin auch auf die Morphologie der Spermien, sowie auf diejenige des männlichen Genitalapparates näher eingegangen wurde. Zum Schluß sei noch darauf hingewiesen, daß es sich nach den Ergebnissen dieser Untersuchung bei *Gammarus pulex* um die Ausbildung eines typischen Spermatozoons handelt, wie sie in recht übereinstimmender Weise für Spermatozoen von Tieren aus andern Abteilungen des Tierreiches festgestellt wurde.

#### 4. Beiträge zur Hydracarinen-Fauna der Umgebung von Lunz (Nieder-österreich).

Von Dr. C. Walter.

Zoologische Anstalt der Universität Basel.

(Mit 3 Figuren.)

eingeg. 11. Januar 1910.

In dem mir gütigst durch Herrn Dr. V. Brehm (Elbogen) zur Bestimmung übersandten Wassermilbenmaterial aus Seen und Bächen des Gebietes der Biologischen Station Lunz fanden sich einige Arten vor, deren Diagnose zu ergänzen oder zu berichtigen der Zweck dieser Arbeit sein soll. Sie enthält außerdem die Beschreibung einer neuen Art, *Piona brehmi* n. sp. Die vollständige Liste der erbeuteten Formen wird später in einem faunistischen Bericht über das untersuchte Gebiet erscheinen.

##### 1. *Protzia squamosa* Walter.

Nymphe: Die Körpergestalt des 2. Jugendstadiums dieser Art gleicht derjenigen des Imago. Das einzige Exemplar hat eine Länge von 0,785 mm und eine Breite von 0,540 mm. Die Epidermis ist mit kleinen, schuppenförmigen Papillen besetzt. Die Reduktion des Medianauges macht sich schon hier bemerkbar. Ein kleiner Chitinring zeigt dessen einstige Lage an. Die vorderen Epimeren sowie das Maxillarorgan liegen ganz am Stirnrande, ragen sogar etwas über denselben hinaus. In den Hüftplatten finden sich die Eigentümlichkeiten, welche für diejenigen der erwachsenen Tiere dieser Species charakteristisch sind.

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

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Zoologischer Anzeiger](#)

Jahr/Year: 1909

Band/Volume: [35](#)

Autor(en)/Author(s): Köster Hermann

Artikel/Article: [Morphologie und Genese der Spermatozoen von Gammarus pulex. 490-496](#)