

Zum Schluß ist zu bemerken, daß der Seligèrsee zu den reichen Seen in bezug auf die Hydracarinafauna gehört. Im Verlauf von 2 Monaten (Juni, Juli) wurden von mir in diesem See 36 Arten gesammelt, während im Genfer See, welcher sehr gut erforscht ist, nur 15 Arten gefunden worden sind.

Diese kleine Notiz ist nur ein Auszug aus meiner ausführlichen Arbeit, welche in den »Berichten der Borodinschen Biologischen Süßwasserstation der Kais. Naturforscher-Gesellschaft zu St. Petersburg, Bd. IV« erscheinen soll.

6. Über die Spermatogenese bei *Polyxenus* sp.

Von J. Sokoloff.

(Aus dem Zootomischen Laboratorium der Kaiserl. Universität zu St. Petersburg.)

(Mit 10 Figuren.)

eingeg. 17. April 1914.

In der vorliegenden Arbeit beabsichtige ich bloß eine kurze Mitteilung über die wichtigeren Ergebnisse meiner Untersuchungen über die Spermatogenese bei *Polyxenus* sp. zu machen; einen ausführlicheren Bericht gedenke ich in der nächsten Zeit im Archiv f. Zellforschung folgen zu lassen.

Die von mir untersuchte *Polyxenus*-Art, welche ich nicht näher bestimmt habe, sammelte ich im Sommer 1913 (Juni—Juli) in Gagry (Schwarzmeer-Gouvernement), wo ich sie an den Stämmen von *Chamaerops*-Palmen und unter der Rinde von *Dracaenen*, welche die Alleen des Parks zierten, finden konnte. Der Inhalt der Hoden und der *Receptacula seminis* der Weibchen wurde in einer physiologischen Kochsalzlösung untersucht. Von solchen lebenden Zellen sind zahlreiche Zeichnungen angefertigt worden, welche nachher beim Studium der Schnittbilder zum Vergleich herangezogen wurden.

Die männlichen Geschlechtsorgane bestehen bekanntlich aus einem unpaaren Samenleiter, der sich vorn in 2 Zweige spaltet, die zu den Copulationsorganen führen, und aus zahlreichen Samenfollikeln von birnenförmiger Gestalt zu beiden Seiten des Samenleiters. In jedem Follikel kann eine zonenartige Anordnung der Zellen beobachtet werden, welche sich auf verschiedene Momente der Spermatogenese beziehen. So liegen die Spermatogonien an dem spitzen proximalen Ende, dann folgen die Spermatocyten und schließlich distal die Spermatiden oder auch reife Spermatozoen. Um in den Samenleiter zu gelangen, werden die Spermatozoen durch einen besonderen Kanal gedrängt, welcher die Zone der Spermatocyten und der Spermatogonien durchbricht.

Die Spermatogonien zeichnen sich durch eine geringe Größe aus (10—15 μ) und nehmen in dem Follikel eine kleine Zone ein, da sie in geringer Anzahl vorhanden sind. Charakteristisch ist für die Spermatogonien, daß ihr Kern fast den gesamten Umfang der Zelle einnimmt, so daß das Cytoplasma die Chromatingebilde nur als dünner Rand umfaßt. Die Anzahl der Spermatogonienteilungen ist schwer zu bestimmen, jedenfalls sind ihrer nicht viele. Bilder der Teilungen von Spermatogonien kommen selten vor, und findet man ein solches, so ist es gewöhnlich schwer, die Anzahl der Chromosomen festzustellen (es werden derer ungefähr 16 vorhanden sein).

Der bei weitem interessantere Moment ist die Entstehung der Synapsis bei den Spermatogonien, welche im Stadium des dünnen Spirems auftritt.

Das Anwachsen der Spermatocyten findet höchst intensiv statt; hierbei vermehrt sich die Menge des Kernsaftes beträchtlich, welcher sich in der Gestalt von wenigen, aber umfangreichen Kügelchen ansammelt und die mittlere Gegend der Zelle ausfüllt. Diese Kügelchen vereinigen sich zum Teil miteinander, so daß der Kern eine formlose, gelappte Gestalt erhält (Fig. 1). Die Kernmembran ist sehr dünn.

Das Chromatin zerfällt unterdessen in zahlreiche Körnchen, die sich in mehrere Gruppen ordnen; anfangs sind diese Gruppen über den ganzen Kern zerstreut; darauf tritt der Zeitpunkt ein, wo sich die Körner um den Nucleolus ansammeln, während der übrige Teil des Kerns vom Achromatin eingenommen wird. Darauf beginnt die Zerstreung des Chromatins über den ganzen Kern zum Zweck der Spirembildung.

Der Nucleolus ist am besten während der Wachstumsperiode zu beobachten und zeichnet sich durch eine relativ bedeutende Größe (6—10 μ) und seine unregelmäßige Gestalt aus. Mit Hilfe verschiedener Färbungsverfahren gelingt es nachzuweisen, daß der Nucleolus aus zweierlei Substanzen besteht, von welchen die sich intensiver färbende die andre in der Weise einer Scheide umfaßt. Nachher zerfällt der Nucleolus in mehrere Teile, die sich offenbar im Plasma auflösen.

Das Spirem erscheint als stark und unförmig gewundener Knäuel. Bei starker Vergrößerung ist leicht zu ersehen, daß das Spirem gespalten ist, d. h. aus 2 Fädchen chromatischer Körnchen besteht. Vor der I. Reduktionsteilung zerfällt das Spirem in 8 Chromosomen, und jedes

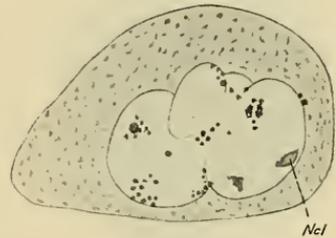


Fig. 1. Spermatocyt I. Ordn. (Benda). Gelappte Form des Kernes. Gruppen von Chromatinkörnchen. Ncl, Nucleolus. Mitochondrien. Vergr. etwa 660.

Chromosom besteht aus zwei fadenförmigen Hälften, von welchen eine die andre umwindet (*Strepsinema*).

Darauf verkürzen sich die beiden Hälften stark und nehmen dementsprechend an Dicke zu. Die 8 Tetraden haben nun die verschiedensten Formen: Ringe, Kreuze, verbogene Figuren usw. Es muß hervorgehoben werden, daß einzelne Tetraden von verschiedener Größe sind. Dieser Unterschied in der Größe erhält sich auch im Laufe der beiden Reduktionsteilungen.

Die I. Reduktionsteilung ist als eine Äquationsteilung anzusehen, weil dabei solche Teile an die Pole wandern, die den beiden Hälften des gespaltenen Spirems entsprechen.

Die II. Teilung wird eine Reduktionsteilung sein, weil jedes Chromosom sich knieförmig biegt und an der Biegungsstelle teilt. Die einzelnen Momente dieses Vorganges sind an einer Reihe von Präparaten beobachtet worden.

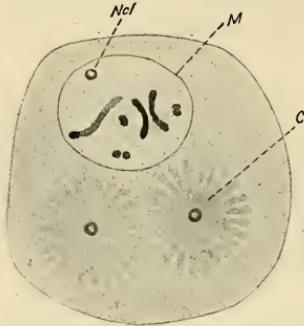


Fig. 2. Interkinese (Biondi).
M, Kernmembran; Nol, Nucleolus;
C, Centralapparat. Verggr.
etwa 660.

Zwischen den beiden Reduktionsteilungen gibt es kein eigentliches Ruhestadium, da alle 8 Chromosomen unverändert bleiben. Andererseits vollzieht sich eine gewisse Rekonstruktion des Kerns, der eine kugelförmige Gestalt annimmt und eine dünne Membran bildet, die einen durchsichtigen Inhalt umschließt.

Außerdem erblickt man auf den Präparaten, die nach Biondi gefärbt sind, ein rundes rotes Körperchen, das ohne Zweifel dem Nucleolus entspricht, in der Folge aber verschwindet.

Die Spindelfigur tritt sehr schwach hervor. Trotz der verschiedensten Färbungsverfahren blieben ihre Fäden unklar.

Die Mitochondrien nimmt man erst beim Wachsen der Spermatozyten deutlich wahr. Anfangs treten sie als formlose Klümpchen von verschiedener Größe auf, dann zerfallen diese Klümpchen und es bilden sich zahlreiche Körnchen, unregelmäßige, gewundene Stäbchen, welche das Cytoplasma anfüllen. In dieser Gestalt verharren sie während der Reduktionsteilungen und gehen unverändert in die Spermatisden über.

Zur Zeit des Beginnes der Spirembildung erscheinen an einem Pol der Zelle zwei sich dunkelfärbende Körperchen, die nahe beieinander liegen — das sind die Centrosomen.

Diese entfernen sich bald darauf voneinander, nehmen an Umfang zu und erscheinen oft schon in diesem Stadium in hantelförmiger Gestalt, d. h. es äußern sich Vorbereitungen zur II. Teilung. Um jedes

Centrosom bildet sich nun eine Sphäre. Es muß hierbei hervorgehoben werden, daß derjenige Teil des Plasmas, welcher an der Bildung dieser Sphärenfigur teilnimmt, starke Veränderungen erleidet. An dieser Stelle erscheinen zahlreiche längliche Gebilde, die sich radiär ordnen und so die erwähnte Sphäre bilden, die an lebenden Zellen sehr deutlich zu beobachten ist (Fig. 3). In gleicher Weise erleiden diese Gebilde auch chemische Veränderungen, weil sie sich jetzt anders färben als das sie umgebende Plasma. So erhält das Plasma durch Färbung nach Mallory eine rötliche Schattierung, die Sphäre aber eine hellblaue. Im Verlauf der weiteren Entwicklung wird die Färbung immer intensiver, insbesondere bei den Spermatischen.

Während der Reduktionsteilung erscheint der centrale Apparat aus 2 Teilen bestehend. Im Centrum befindet sich ein kleines Centriol, das durch Eisenhämatoxylin sich stark färbt, es ist von einer kugelförmigen Centrotheca mit ziemlich starken Wänden umgeben, die sich in derselben Weise färbt, aber diese Eigenschaft nach der II. Teilung einbüßt. Endlich liegt nach außen die oben erwähnte kugelförmige Sphäre. Die weitere Entwicklung der Sphäre besteht darin, daß die länglichen Gebilde, aus welchen sie besteht, massiver werden, indem sie teilweise zusammenfließen und eine kegelförmige Gestalt annehmen, wobei ihr erweitertes Ende nach der Peripherie der Kugel gerichtet ist. Mir hat sich oft die Gelegenheit geboten, die Sphäre in diesem Zustand an lebenden Zellen zu beobachten (Fig. 3).

Nach der II. Reduktionsteilung beginnt die Sphäre eine abgeplattete Gestalt anzunehmen, was dadurch entsteht, daß die sie zusammensetzenden Gebilde in einer Fläche sich zu gruppieren bestrebt sind, wobei sie sich mit ihren Längsachsen parallel zueinander stellen.

Nach der II. Reduktionsteilung hat die junge Spermatische die Gestalt (Fig. 4). Ihr Körper ist rund und enthält unmittelbar unter ihrer Oberfläche einen runden, mit einer Membran versehenen Kern mit hellem Kernsaft und Chromosomen, die bald ineinander aufgehen, nachdem sie in Körnchen zerfallen sind, und eine dünne, an der Peripherie ringförmig verdickte Chromatinscheibe bilden. Die Sphäre ist nun ganz flach geworden, das Centrothek ist verschwunden, und das

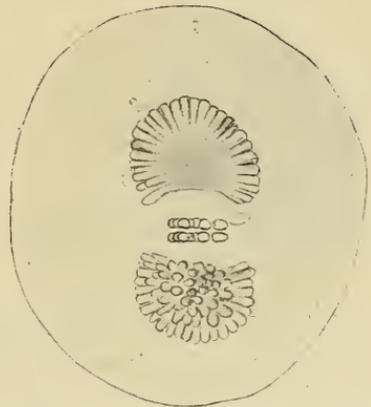


Fig. 3. II. Reduktionsteilung (intra vitam). Starke Entwicklung der Sphären. Chromosomen. Vergr. etwa 750.

Centriol von der Gestalt eines kleinen Bläschens hat sich längs der Kernmembran an den der chromatischen Scheibe gegenüberliegenden Pol des Kerns geschafft. Die Mitochondrien sind im ganzen Plasma gleichmäßig verteilt.

Die weiteren Veränderungen der Spermatiden sind auf die Bildung der kompliziert gebauten Spirale gerichtet, welche schließlich das endgültige Spermatozoon ergibt. An der Bildung dieser Spirale nehmen teil: das Centrosom, der Kern mit allen seinen Bestandteilen, ein Teil der Mitochondrien und ein gewisser Teil des Plasmas.

Es verdient hervorgehoben zu werden, daß die Sphäre mit ihrem recht komplizierten Bau (eine vollständigere Beschreibung desselben soll in einer ausführlicheren Arbeit gegeben werden) keinerlei Anteil an

Fig. 4.

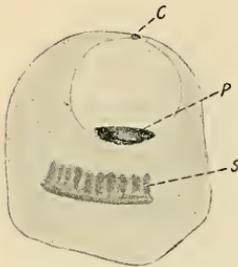


Fig. 5.

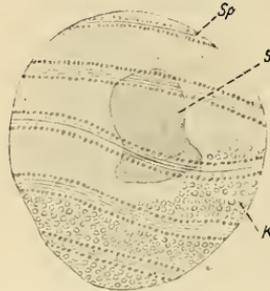


Fig. 6.



Fig. 4. Spermatide vor der Verwandlung (Biondi). *C*, Centrosom; *P*, Chromatinplatte; *S*, Sphäre. Vergr. etwa 660.

Fig. 5. Spermatide mit einer Spirale mit 5 Windungen (intra vitam). *Sp*, Spirale; *S*, Sphäre (urnenförmig); *K*, Kügelchen an der Oberfläche (nicht überall eingezeichnet). Vergr. etwa 750.

Fig. 6. Querschnitt der Spirale (E. H.). *C*, centrosomaler Teil; *M*, mitochondrialer Teil; *P*, Chromatinplatte. Vergr. etwa 920.

dem Aufbau des Spermatozoons hat und zuletzt einfach zusammen mit dem überflüssigen Plasma abgeworfen wird.

Die Bildung der Spirale beginnt damit, daß das Chromatinscheibchen sich längs einer bestimmten Achse auszieht; mit ihm zusammen wird auch der übrige Teil des Kerns und das Centrosom langgezogen. Zur gleichen Zeit verlassen die Mitochondrienkörner das Plasma und verteilen sich an der Oberfläche der Spermatide. Der größere Teil jedoch konzentriert sich anfangs in Form von breiten Bändern zu beiden Seiten des fadenförmig ausgedehnten Centrosoms.

Die Ausdehnung vollzieht sich immer in einer Richtung. Indem sich die Spirale in dieser Weise immer mehr in die Länge dehnt, umfaßt sie die Spermatide und wird gleichzeitig dünner. Im Laufe der weiteren Ausdehnung macht sie noch einige Windungen um die Spermatide, bis deren fünf vorhanden sind.

Von diesem Augenblick an beginnt die Spirale sich zusammenzuziehen, wobei eine Komplizierung ihres Baues stattfindet. Der fadenförmige centrosomale Teil, der gewissermaßen den Halt der Spirale bildet, erhält nun die Form einer Platte. Die Mitochondrien gruppieren sich als 2 Reihen kleiner Kügelchen an den Rändern von zwei besonderen Platten, welche parallel zu der mittleren Platte laufen. Infolge des Anwachsens der Centrosomenplatte wird die Höhlung des ursprünglichen Kerns spaltenförmig; sie wird von der einen Seite durch die Kernmembran und von der andern durch die Chromatinplatte umschlossen. An jeder Seite der Spirale tritt ein gewisser Teil des Cytoplasmas hinzu. Noch im Ausdehnungsstadium der Spirale fällt eine stark hervortretende Alveolschicht auf, die sich über die ganze Spermatide ausbreitet. Ein Teil dieser Alveolen, die zu beiden Seiten der Spirale in parallelen Reihen laufen, sind es, die am Aufbau des Spermiums teilnehmen. Die Alveolen dehnen sich allmählich in centripetaler Richtung in die Länge, so daß eine Art Röhrrchen entstehen. Sie sind gleichfalls in geraden parallelen Reihen geordnet, deren Anzahl anfangs gering ist (5—6), in der Folge aber bis auf etwa 20 an jeder Seite des Spermiums steigen (Fig. 9).

Die Sphäre soll, wie schon erwähnt, gesondert beschrieben werden, da sie an der Bildung des Spermiums keinen Anteil hat, trotzdem aber während der Entwicklung der Spirale eigentümliche Veränderungen erleidet.

In der jungen Spermatide hat die Sphäre die Form einer Scheibe, aus einzelnen Gebilden bestehend, die parallel zueinander, aber senkrecht zur Scheibenfläche gestellt sind. Die Gebilde beginnen bald sich in die Länge zu dehnen, so daß die Sphäre eine eigentümliche Gestalt erhält, die an eine Art Urne erinnert. An der Sphäre unterscheidet man 2 Teile: einen homogenen Basalteil von der Form einer Scheibe und einen über dem ersten sich befindenden andern Teil, in welchem lange Zeit fast bis zu seiner endgültigen Loslösung der Bau aus einzelnen Säulchen zu beobachten ist — auch an lebenden Spermien. Dieser letztere Teil färbt sich immer intensiver als der erste. Im weiteren Verlauf verkürzt sich die Sphäre wieder und erhält in der Mitte eine Einschnürung nach der Art einer Sanduhr. Zum Schluß der Spermiohistogenese erhält sie die Gestalt einer ovalen Schale.

Wenn sich die Spirale bis auf eine Windung verkürzt hat, so erhält die Spermatide eine scheibenförmige Gestalt. Die Spirale umgibt in der Art eines Ringes, längs der Peripherie, die im allgemeinen unregelmäßige Scheibe, und ihre beiden Enden berühren sich fast. Im Centrum der Scheibe befindet sich die veränderte und bereits degenerierende Sphäre.

In der Folge beginnt die Spirale sich auszudehnen bis sie eine wurstartige Gestalt mit einer leichten Biegung erhält. An ihrer konkaven Seite sammelt sich der überflüssige Teil des Protoplasmas an, welcher beim Aufbau des Spermiums keine Verwendung fand, und die in ihr enthaltene ovale schalenförmige Sphäre (Fig. 7). Schließlich wird dieser Teil des Plasmas zusammen mit der Sphäre abgeworfen; der wurstförmige Körper streckt sich noch etwas gerade, zieht sich zusammen

Fig. 7.

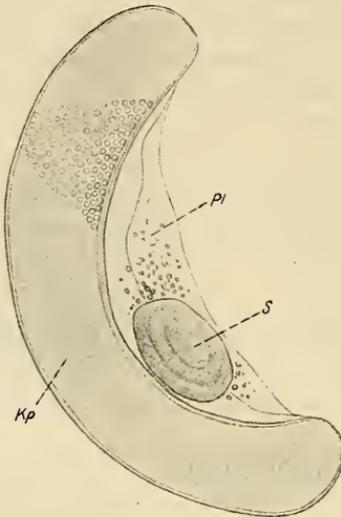


Fig. 8.

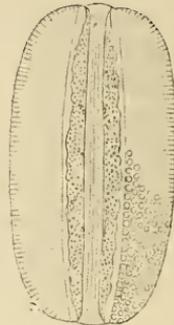


Fig. 9.

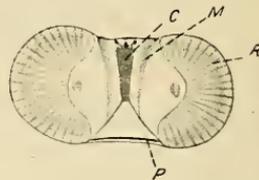


Fig. 7. Spermatide gegen Ende der Spermiohistogenese (intra vitam). *Kp*, Körper des Spermium (die Kügelchen an der Oberfläche nur teilweise eingezeichnet); *Pl*, Plasmaüberrest; *S*, Sphäre. Vergr. etwa 750.

Fig. 8. Reifes Spermatozoon aus dem Vas deferens (intra vitam). (Die Kügelchen an der Oberfläche nur teilweise eingezeichnet). Vergr. etwa 750.

Fig. 9. Querschnitt durch das reife Spermatozoon (E. H.). *C*, centrosomaler Teil; *P*, Chromatinplatte; *R*, Die beiden Seitenteile, aus Röhrrchen bestehend. Vergr. etwa 920.

— und das Spermium hat seine endgültige Gestalt erhalten, in welcher es die Endteile der Follikel und die Samenleiter der Männchen anfüllt.

Diese Art Spermien erinnert lebhaft an irgendeine Diatomee. In der Symmetrieebene befinden sich die bekannten Teile der Spirale: die mittlere centrosomale Platte und senkrecht zu ihr die Chromatinscheibe, die von außen mit einer Membran verdeckt ist. An den Seiten ordnen sich die Mitochondrienteile: 2 Seitenplättchen mit Reihenkügelchen. Zuletzt bilden den größten Teil des Spermiumkörpers, d. h. seine Seitenteile, eine Menge dünner Röhrrchen, die in der Richtung der

Längsachse des Spermiums und im Querschnitt radiär zur gewölbten Oberfläche orientiert sind.

Es muß erwähnt werden, daß unter den Spermien von der normalen Größe (etwa 60μ) bei vielen Männchen auch Spermien von unterschiedlicher Zwerggestalt gefunden wurden, deren Länge 30μ , nicht selten auch nur 18μ betrug. Im Bau waren sie jedoch von den normalen nicht verschieden.

Von dieser Form füllen die Spermien den Samenleiter des Männchens an und gelangen dann in die Receptacula seminis des Weibchens.

In den letzten Entwicklungsstadien sind die Spermatiden, wie auch die Spermien von besonderen Kügelchen umgeben (etwa $1-4 \mu$ Größe), welche die leeren Stellen der Samenfollikel und die Lichtung des Samenleiters einnehmen. Diese Kügelchen sind gewöhnlich mit Vacuolen versehen. Sie färben sich sehr stark orange nach Mallory, kristallviolett nach Benda u. a.

Diese Kügelchen verdanken, meiner Ansicht nach, ihre Entstehung den Alveolen, welche die scharf hervortretende Oberflächenschicht bei den Spermatiden zur Zeit der Entwicklung der Spirale und auch nachher bilden. Während der Untersuchung der entsprechenden Stadien *intra vitam* ist zu beobachten, wie ihre gesamte Oberfläche von regelrecht geordneten Kügelchen bedeckt ist (Fig. 5, 7 u. 8). Darauf trennen sich die Kügelchen von den Spermatiden und schwimmen in demselben Milieu, in welchem sich auch die fertigen Spermien befinden. Es ist sehr wahrscheinlich, daß an der Entstehung dieser Kügelchen jene Mitochondrienkörner beteiligt sind, die gleichmäßig geordnet auf der Oberfläche der Spermatiden verharren. Der Zweck dieser Gebilde besteht offenbar in der Verhütung von Reibung zwischen den Spermien. Bei der Befruchtung gelangt auch ein Teil der Kügelchen mit den Spermien zusammen in die Receptacula seminis des Weibchens.

Untersucht man die Receptacula des Weibchens, so findet man nur selten die beschriebene Spermienart von Diatomeenform, sondern bandförmige Spermien, die, mit einem Kopfe versehen, spiralförmig in einer Fläche gewunden sind. Ein solches Spermium ist in einer durchsichtigen, dünnwandigen Kapsel verschlossen, die *intra vitam*, wie auch an Schnitten, leicht zu sehen ist und die Gestalt einer dicken Scheibe hat.

Die ganze Spirale ist in der Ebene dieser Scheibe gelegen und hat $6-6\frac{1}{2}$ Windungen, die ziemlich nahe umeinander liegen, so daß das Gesamtbild der Spirale an eine Grammophonplatte erinnert (Fig. 10). Der größte Teil der Spirale stellt den Schwanz des Spermiums dar, der in seiner ganzen Ausdehnung bandförmig ist, wobei die Bandfläche senkrecht zur Fläche der Spirale steht. An dem Band ist ein mittlerer Teil als elastischer Faden zu unterscheiden, der offenbar dem gewöhn-

lichen Achsenfaden der typischen Spermien homolog ist, und die verdickten Seitenteile, längs deren — demnach auch zu beiden Seiten des mittleren Fadens — Reihen geordneter Kügelchen laufen, die sich mit Kristallviolett nach B e n d a färben. An dem vorderen Ende des Spermiums (also an der Außenwindung) schließt sich offenbar unmittelbar an die beiden Körnchenreihen eine körnige Masse, die den Kopf des Spermiums bildet. Diese körnige Masse war sehr leicht an lebenden Spermien zu beobachten; die sie zusammensetzenden Körnchen haben eine bilateral-symmetrische Anordnung; in einigen Fällen war der

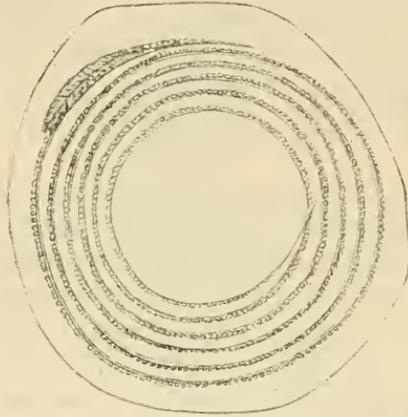


Fig. 10. Bandförmiges Spermatozoon aus dem Receptaculum seminis des Ω (intra vitam). Vergr. etwa 750.

Kopf, der eine verlängerte, spitz auslaufende Gestalt hat, der Länge nach in 2 Hälften gespalten, wahrscheinlich infolge der Wirkung der Kochsalzlösung. Der elastische Faden, der sich längs dem Schwanze zieht, durchzieht auch den Kopf bis an dessen äußerstes Ende, und zwar an der inneren (der Spirale zugewandten) Seite. Bei andauernder Wirkung der physiologischen Lösung trennt sich die Masse des Kopfes von dem Faden und krümmt sich seitwärts.

Es ist mir nicht gelungen, die Bewegungen dieser Spermien zu

beobachten. Bei längerer Beobachtung konnte nur ein Teil der Ausstreckung der Spirale verfolgt werden.

Ogleich es mir nicht gelungen ist, Übergangsstadien zwischen dem eben beschriebenen bandförmigen Spermium und dem diatomeenförmigen zu finden, so unterliegt es keinem Zweifel, daß zwischen beiden eine innige genetische Beziehung besteht. Die Struktur des bandförmigen Schwanzes hat große Ähnlichkeit mit dem oberflächlichen Bilde des mittleren Teiles eines diatomeenförmigen Spermiums. Offenbar ist der Prozeß der letzten Differenzierung des Spermiums auf eine starke Verlängerung und die Windung jenes Teiles zurückzuführen, welcher diese Fähigkeit während der Spermiohistogenese bereits geäußert hat, während die seitlichen Teile zerfallen.

Im März 1914.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Zoologischer Anzeiger](#)

Jahr/Year: 1914

Band/Volume: [44](#)

Autor(en)/Author(s): Sokoloff Iwan

Artikel/Article: [Über die Spermatogenese bei Polyxenus sp. 558-566](#)