

Zur Spermatologie der Turbellarien.

Von

W. Repiachoff

(Odessa).

Mit Tafel VII.

Während eines mehrmonatlichen Aufenthaltes in Messina im Jahre 1889 habe ich Gelegenheit gehabt die bereits von anderen Forschern beobachtete, aber bis jetzt nicht näher beschriebene »durchsichtige pelagische Acoele¹« in anatomischer Hinsicht zu untersuchen und dabei unter Anderem auch die großen etwas eigenthümlich aussehenden Spermatozomen dieses Thierchens kennen zu lernen. Obgleich mir damals manche für die feineren histologischen Untersuchungen unentbehrlichen Hilfsmittel (wie namentlich stärkere homogene Immersions-systeme) nicht zu Gebote standen, so konnte ich doch der Versuchung nicht widerstehen, einige Beobachtungen über den Bau und die Entwicklung der erwähnten Spermatozomen anzustellen, da ich Angesichts der beträchtlichen Größe dieser Elemente doch hoffen konnte, einige neue und nicht ganz bedeutungslose spermatologische Thatsachen feststellen zu können, um so mehr, als es meine Absicht war, nach meiner Rückkehr nach Odessa meine Studien am konservirten Material mit besseren optischen Instrumenten fortzusetzen.

Gewisse ungünstige Privatangelegenheiten und oft wiederkehrendes Unwohlsein haben mich aber gezwungen, alle wissenschaftliche Arbeiten für eine längere Zeit zu unterbrechen, und erst im Frühling des laufenden Jahres (1892) war ich im Stande, meine fast vor drei Jahren begonnenen Untersuchungen wieder aufzunehmen.

In dem vorliegenden Aufsätze nun möchte ich zunächst nur die Entstehung der Spermatozomen unseres Thierchens aus Spermatiden

¹ Das Thierchen wird von METSCHNIKOFF in seinen »Embryologischen Studien an Medusen« (Wien 1886) p. 156 erwähnt.

beschreiben und an diese Beschreibung einige Bemerkungen allgemeiner Natur anknüpfen.

In Messina fand ich bei meinen Untersuchungen eine wesentliche Unterstützung von Seiten des Herrn Professor KLEINENBERG, welcher mir gütigst die Benutzung eines Arbeitsplatzes in seinem Laboratorium gestattete und mich täglich mit frischem Material versorgen ließ. Es ist mir eine angenehme Pflicht an dieser Stelle Herrn KLEINENBERG für seine Liebenswürdigkeit meine herzlichste Dankbarkeit auszusprechen.

Bevor ich nun zum eigentlichen Thema dieses Aufsatzes übergehe, möchte ich im Interesse der Klarheit mir erlauben, ein Paar orientierende Bemerkungen über die Organisation der von mir untersuchten Turbellarie zu machen.

Das Thierchen besitzt eine wohl entwickelte Leibeshöhle. Diese wird von zelligen Elementen durchsetzt, welche (ob alle?) die Bedeutung mesenchymatöser Muskelzellen haben. Die erwähnten Gebilde füllen jedoch die Leibeshöhle bei Weitem nicht aus, so dass der Mitteldarm (»Verdauungsparenchym« der Autoren), durch einen deutlichen Zwischenraum von der Leibeswand geschieden wird. Der unpaare längliche, »kompakte« auf der Dorsalseite gelegene Hoden und das paarige ventrale Ovarium stehen mit der Leibeswand im innigsten Zusammenhang, vom Mitteldarm (»Verdauungsparenchym«) sind sie dagegen immer scharf abgegrenzt.

Die Leibeswand besteht aus der Epidermis und den unter derselben gelegenen Muskelfibrillen, Drüsen- und indifferenten Zellen. Die Gesamtmasse der letzteren ist wohl mit dem »reticulum de la couche musculaire« von DELAGE (»interstitielle Zellen« der Epidermis von v. GRAFF) identisch. Um nicht zu präjudiciren, werde ich im Folgenden diese Gewebsschicht, welche bekanntlich mit der parietalen Muskulatur und den Drüsen des Integumentes innig zusammenhängt, mit dem indifferenten Namen der inneren Parietalschicht bezeichnen.

Die innere Parietalschicht besteht aus Zellen mit eigenthümlichen Kernen, welche an gefärbten Präparaten grob-granulirt erscheinen¹. Ihre Granuli oder Körner scheinen aber weder Durchschnitte der Fadengebilde, noch wahre Nucleolen zu sein: vielmehr stellen sie beträchtliche Knotenverdickungen eines sehr feinen und wenig entwickelten Kerngerüstes dar und sind größtentheils an der Peripherie des Kernes gelegen — können also auch in gewisser Beziehung zur Kernmembran stehen. Es gelang mir leider nicht, die feinere Struktur

¹ Die Kerne der Epidermiszellen finde ich an meinen gefärbten Schnitten immer farblos. Jedenfalls besteht die Epidermis aus distinkten Zellen mit deutlichen Kernen.

dieser Kerne vollständig aufzuklären, doch ist es auch ohnedem leicht, dieselben von allen anderen im Leibe unserer Turbellarie zu beobachtenden Kernen (diejenigen der die Leibeshöhle durchsetzenden Zellen ausgenommen) zu unterscheiden. Die innere Parietalschicht besitzt nicht überall dieselbe Mächtigkeit. Gehirn, laterale Hauptnervenstämmе und die Geschlechtsdrüsen (wenigstens die Ovarien) sind in dieselbe eingebettet. Der in Rede stehenden Gewebsschicht sind außerdem besondere rundliche oder ovale, aus grobkörnigem Protoplasma und einem großen excentrisch liegenden Kerne bestehende Zellen an- resp. eingelagert. Solche Zellen kann man hier und da auch im Inneren der Geschlechtsdrüsen beobachten.

Auf Schnitten ist es sehr leicht nachzuweisen, dass auf der Oberfläche des Ovariums eine kontinuierliche Schicht abgeplatteter Zellen besteht, deren Kerne den oben beschriebenen Kernen der Parietalschicht vollkommen ähnlich sind (vgl. Taf. VII, Fig. 3 f). Diese äußere Ovarialmembran entsendet ins Innere des Eierstockes Fortsätze, welche nach Art der Dissepimente die einzelnen Eierstockseier von einander trennen (Follikelzellen). Andererseits geht sie in die mehrmals erwähnte innere Parietalschicht über.

Den Hoden anlangend, so muss ich bemerken, dass ich auf seiner freien (d. h. der Leibeshöhle zugewendeten) Oberfläche nur selten eine besondere (von den spezifischen Elementen seines Inhaltes verschiedene) äußere Zellschicht zu unterscheiden im Stande war. Die letztere erscheint in Schnitten aus höchst abgeplatteten Zellen zusammengesetzt, deren Kerne in sehr weiten Abständen von einander gelagert und denjenigen der inneren Parietalschicht gleich gebaut sind. Ich bin geneigt anzunehmen, dass diese Zellen keine zufälligen Auflagerungen auf der Oberfläche des Hodens darstellen, sondern als eine der äußeren Ovarialmembran entsprechende Bildung aufzufassen sind. Zu Gunsten dieser Ansicht scheint mir zunächst die Analogie mit der weiblichen Geschlechtsdrüse, andererseits aber auch folgende Beobachtung zu sprechen.

Wenn man ein ganzes (lebendes, oder mit Reagentien behandeltes) Thierchen unter dem Mikroskope untersucht, so erscheint der Samen- gang als eine direkte Fortsetzung des Hodens, welche den letzteren mit der Samenblase verbindet. Bei genauerer Betrachtung der Sagittalschnitte überzeugt man sich außerdem, dass der genannte Samenleiter nur eine Lücke (oder vielleicht ein Lückensystem) in der inneren Parietalschicht darstellt, da man im Inneren der letzteren zwischen dem Hoden und der Samenblase Spermatozoiden findet. Nach alledem

glaube ich annehmen zu dürfen, dass der Hoden wie der Eierstock unseres Thierchens von der inneren Parietalschicht allseitig umhüllt sei.

Auf Schnitten der Individuen mit reifer männlicher Geschlechtsdrüse erscheint der Inhalt der letzteren aus augenscheinlich regellos neben einander liegenden Zellenhaufen und Gruppen von Spermatozomen auf verschiedenen Stufen ihrer Ausbildung zusammengesetzt. Die Elemente eines jeden Haufens sind ungefähr gleich gebaut, in verschiedenen Gruppen findet man aber auch verschiedene Zellenarten resp. verschiedene Entwicklungszustände der Spermatozomen.

Was zunächst die Zellen anbelangt, so unterscheiden sich ihre verschiedenen Arten von einander durch ihre Größe und namentlich durch die Größe und die Beschaffenheit ihrer Kerne. Karyokinetische Figuren kommen massenhaft vor.

Da es nicht in meiner Absicht liegt an diesem Orte den ganzen Process der Samenbildung bei unserer Turbellarie zu schildern, so werde ich im Folgenden alle erwähnten Zellenarten nur in so fern berücksichtigen, als es für meinen Zweck nothwendig sein wird. Wie bereits oben bemerkt, soll hier nur die Umwandlung der Spermatiden in Spermatozomen näher besprochen werden. Dabei könnte man entweder von einer Spermatide, oder von einem fertigen Spermatozoma ausgehen. Das Letztere scheint mir viel bequemer zu sein, da es gewiss viel schwieriger ist eine Spermatide, denn ein fertiges Spermatozoma als solches zu erkennen und von anderen Gebilden zu unterscheiden. Ich beginne also mit dem

Bau der fertigen Spermatozomen.

Die Schnitte eignen sich nur wenig zur Untersuchung der fertigen Spermatozomen: letztere besitzen, wie bereits erwähnt, eine relativ bedeutende Größe und sind außerdem in der Samenblase, wie gewöhnlich, dicht neben einander gehäuft, wobei sie die verschiedensten Lagerungen einnehmen und deshalb in verschiedenen Richtungen durchschnitten werden. Dasselbe gilt auch von solchen Spermatozomenhaufen, welche man im Hoden selbst findet. In einem solchen Gewirr ist es kaum möglich ein Spermatozoma aufzufinden, dessen Längsachse in der Schnittebene gelegen wäre, und selbst in diesem Falle würde es schwer fallen, die Struktur des etwas geschrumpften und von seinen Nachbarn dicht umsäumten Samenkörperchen genau zu ermitteln. Daher habe ich den Bau der ausgebildeten Samenelemente hauptsächlich an Quetschpräparaten studirt.

An solchen Quetschpräparaten der ganzen Thiere habe ich die

Spermatosomen zuerst im lebenden Zustande untersucht, dann auch andere, namentlich folgende Methoden verwendet.

1) Behandlung des ganzen Thierchens mit HERTWIG's Flüssigkeit (Osmium-Essigsäure); Maceration (von 1 bis mehreren Stunden) in mit Essigsäure angesäuertem Meerwasser; Zerquetschen; Klopfen an das Deckgläschen. — Solchen Präparaten wurde gewöhnlich noch ein Tröpfchen Glycerin zugesetzt.

2) Behandlung des ganzen Thierchens mit 2⁰/₀iger Osmiumsäure (einige Sekunden, höchstens 1—2 Minuten); Färbung mit BEALE's Karmin; Quetschen; Untersuchung in BEALE's Karmin, Glycerin, oder in einem Gemisch von diesen beiden Flüssigkeiten, bisweilen mit Zusatz von Meerwasser.

3) Behandlung des ganzen Thieres mit einem Gemisch von Meerwasser und 2⁰/₀iger Osmiumsäurelösung (etwas längere Zeit, doch höchstens einige Minuten); Färbung mit BEALE's Karmin (die Farbe wurde in diesem Falle dem Gemisch von Meerwasser und Osmiumsäure einfach zugesetzt und die Thiere in dieser Flüssigkeit mehrere [bis 24] Stunden gelassen); Zerquetschen; Untersuchung in derselben Flüssigkeit, manchmal mit Zusatz von etwas Glycerin.

4) Zerquetschen eines lebenden Thieres; Zusatz von 2⁰/₀iger Osmiumsäurelösung; nach einigen Sekunden — Zusatz von BEALE's Karmin. — Die nach dieser Methode bereiteten Präparate sind manchmal schon nach 10'—15' fertig, können aber unter Umständen (das hängt von der Quantität der zugesetzten Säure und Farbe ab) ohne Übertragung der Objekte in ein anderes Medium tagelang brauchbar bleiben. Diese Methode liefert manchmal sehr schöne Präparate, ist jedoch ziemlich unsicher.

Zerquetscht man unter dem Deckgläschen ein lebendes, die männliche Geschlechtsreife erreicht habendes Thier, so bekommt man immer eine Anzahl isolirter, ziemlich langsam im Meerwasser sich bewegendes Spermatosomen zu Gesicht.

Jedes Samenkörperchen besteht aus einem ungefähr spindelförmigen Kopfstück, welches an einem seiner Enden in einen dünneren Abschnitt — den Schwanzfaden — übergeht (Taf. VII, Fig. 10 und 11). Die Spermatosomenköpfe scheinen bei oberflächlicher Betrachtung quergestreift zu sein, bei näherer Prüfung erweist es sich aber, dass die scheinbare Querstreifung dadurch hervorgerufen wird, dass im Inneren des Kopfes eine Längsreihe großer, das Licht ziemlich stark brechender Körner sich befindet (Taf. VII, Fig. 10 und 11 n). Die äußere hyaline Schicht des Kopfes geht direkt in die Substanz des »Schwanzes« über. Die Körner verhalten sich den Färbemitteln gegen-

über als Chromatin; an Osmiumkarminpräparaten sind sie immer viel intensiver als die sie umhüllende hyaline Substanz und dabei ganz gleichmäßig gefärbt — erscheinen also, wie auch im lebenden Zustande, homogen. In der Nähe der etwas verjüngten Spitze des spindelförmigen Kopfstückes werden diese Körner allmählich kleiner. Auch will ich hier nicht unerwähnt lassen, dass die Anordnung der Körner, namentlich an komprimierten Präparaten manchmal einige Unregelmäßigkeiten aufweist.

Bei starken Vergrößerungen und sehr aufmerksamer Beobachtung bemerkt man am Schwanzfaden zwei einander gegenüberstehende »undulirende Membranen« (Taf. VII, Fig. 11 und 12 *u*).

Von einem besonderen »Zwischenstück« konnte ich nichts bemerken, und darf man wohl behaupten, dass ein solches nicht vorhanden ist.

So viel ich mich erinnere, sind die ziemlich langsamen Bewegungen der in Rede stehenden Spermatozoonen im Meerwasser manchmal deutlich kriechend, wobei an diesen Gebilden sich wurmförmige Kontraktionen bemerken lassen und der Schwanzfaden nach vorn gerichtet wird.

Die Entstehung der Spermatozoonen aus den Spermatiden.

Alle oben erwähnten Methoden wurden auch bei der Untersuchung der Spermatozoonentwicklung verwendet. Es ist aber selbstverständlich, dass die dabei erlangten Resultate nur dann als brauchbar sich erweisen konnten, wenn sie beständig durch Beobachtungen an Schnittrihen kontrollirt wurden.

Die zum Schneiden bestimmten Thiere wurden mit Sublimat oder KLEINENBERG'S Flüssigkeit behandelt, dann, nach allmählicher Entwässerung, mit Boraxkarmin gefärbt und schließlich in Paraffin eingebettet.

4) Beobachtungen an Quetschpräparaten. An Quetschpräparaten der reifen, sowohl lebenden, als mit Reagentien behandelten Exemplaren findet man neben den oben beschriebenen fertigen Spermatozoonen auch solche Gebilde, welche von denselben sich dadurch unterscheiden, dass ihr dem Schwanzfaden entgegengesetzter Kopfabschnitt kolben- oder keulenförmig angeschwollen erscheint. Fig. 8 auf Taf. VII stellt ein solches mit Osmiumsäure und BEALE'S Karmin behandeltes Samenkörperchen dar: Kopf- und Schwanzstück sind deutlich von einander zu unterscheiden; die im Inneren des Kopfes sich befindende Reihe chromatinhaltiger Körner ist in der Gegend der keulenförmigen Auftreibung schleifenförmig gebogen.

Fig. 7 derselben Tafel ist auch nach einem Osmiumkarminpräparat

entworfen: ein Bündel von spermatozoenartigen Gebilden wurde durch Zusatz von Osmiumsäure fixirt; dann wurde dem Präparate BEALE's Karmin zugesetzt, das Ganze mit einem Deckgläschen bedeckt und die einzelnen Spermatosomen nach einiger Zeit durch Klopfen an das Deckgläschen isolirt. — Ich habe die Herstellungsweise dieses Präparates deshalb so ausführlich geschildert, weil ich es für möglich halte, dass die Gestalt des betreffenden Spermatosomas durch die in diesem Falle angewendete Behandlungsweise etwas verändert wurde. Ich habe bereits oben erwähnt, dass die eben angegebene Methode ziemlich unsichere Resultate liefert. Dies ist auch wohl begreiflich: um ein gutes Osmiumkarminpräparat zu erhalten, muss man vor der Färbung Osmiumsäure um so länger auf das zu untersuchende Objekt einwirken lassen, je geringer die Konzentration der angewendeten Säurelösung ist. Wenn man aber einem Wassertropfen 2⁰/₀ige Osmiumsäurelösung zusetzt, so ist es sehr schwierig den Konzentrationsgrad des Gemisches zu schätzen. Außerdem kann in diesem Falle, selbst bei einer sorgfältigen Vermischung der Flüssigkeiten, Osmiumsäure zu verschiedenen in demselben Wassertropfen zerstreuten Elementen unmöglich in derselben Konzentration und zu gleicher Zeit gelangen. Deshalb findet man an derartigen Präparaten neben gut konservirten und gefärbten Zellen — resp. Samenkörperchen — auch solche, welche durch Osmiumsäure nur ungenügend fixirt und daher durch BEALE's Karmin unzweifelhaft alterirt, ja sogar zur Zersetzung gebracht worden sind. Umgekehrt kann man bisweilen an misslungenen Präparaten hier und da eine gut fixirte und gefärbte Zelle beobachten. — Schlecht konservirte Elemente können weiterhin auch durch das Klopfen auf das Deckgläschen und Verschiebung des letzteren gezerrt werden. — Jedenfalls glaube ich annehmen zu dürfen, dass bei dem auf der Fig. 7, Taf. VII gezeichneten Gebilde die im Verhältnis zur Fig. 8 bedeutende Verdickung des Kopfstückes an seinem freien Ende kein Kunstprodukt ist, denn solche bedeutende Verdickung habe ich auch an lebenden und an mit anderen Reagentien behandelten (Beobachtungen an Schnitten) unfertigen Spermatosomen gesehen.

In der Fig. 9, Taf. VII kann man ein Bündel von solchen durch Osmiumsäure und BEALE's Karmin fast gar nicht veränderten Gebilden sehen.

Außer den eben geschilderten Gebilden, welche den ausgebildeten Spermatosomen schon ziemlich ähnlich sind, findet man in Quetschpräparaten verlängerte keulen- oder birnförmige Zellen, deren Kerne durch je eine gewundene Reihe von Chromatinkörnern (wie in Spermatosomen) repräsentirt wird (Taf. VII, Fig. 4, 5, 6; die äußere Gestalt

der auf der Fig. 6 dargestellten Zellen, scheint durch das Reagens etwas verändert zu sein). Bisweilen scheinen die Chromosomen Spuren einer mehrreihigen Anordnung aufzuweisen (Fig. 4 bei den mit *a* bezeichneten Zellen; man vergleiche weiter unten: Beobachtungen an Schnitten).

Es ist nicht schwer in den oben beschriebenen Elementen Entwicklungszustände der Spermatozonen zu erkennen. Eine solche Annahme wird schon durch den Umstand höchst wahrscheinlich gemacht, dass Zellen, deren Kerne aus je einer gekrümmten oder spiralig eingewickelten Reihe von chromatinhaltigen Körnern bestehen, mit den ausgebildeten Samenkörperchen durch eine ganze Serie von Übergängen verbunden sind. Zur Gewissheit wird die in Rede stehende Annahme dadurch erhoben, dass, wie die Untersuchung vollkommener Schnittserien der ganzen Thiere lehrt, alle erwähnten Gebilde im reifen Hoden, und zwar ausschließlich in diesem Organe sich vorfinden.

Etwas Ähnliches kann man freilich auch in der weiblichen Geschlechtsdrüse beobachten, doch können die im Ovarium vorkommenden Gebilde mit den oben beschriebenen wohl nur bei oberflächlicher Betrachtung verwechselt werden.

In Quetschpräparaten findet man nämlich große runde Zellen, in welchen man ohne Weiteres Eier erkennt, was übrigens durch Vergleichung mit den an Schnitten gemachten Befunden bestätigt wird. Im Protoplasma mancher von diesen Eizellen ist nun eine Menge in Form einer gekrümmten Linie oder Spirale angeordneter Körner deutlich zu sehen. Letztere erscheinen an gefärbten Präparaten intensiver als das Protoplasma tingirt. Dass solche spiralige Körnerreihen wirklich im Inneren der Eizellen sich befinden und nicht etwa nur äußerlich angeklebte Gebilde vorstellen, davon habe ich mich durch Untersuchung isolirter Eizellen, welche ich durch Verschiebung des Deckgläschens wiederholt hin und her gerollt habe, überzeugt. (Man vergleiche die Fig. 43 und 44 auf Taf. VII und deren Erklärung.)

Die Thatsache, dass die eben beschriebenen Zellen von verschiedenen Dimensionen sind und ein Vergleich mit den von unserer Turbellarie abgelegten Eiern berechtigt die Annahme, dass wir es hier mit jungen Ovarialeiern zu thun haben, und zu demselben Resultate führen auch die an Schnitten gemachten Beobachtungen. Bei manchen dieser Eierstockseier sind die oben besprochenen Körnerreihen auf Schnitten deutlich zu sehen (Taf. VII, Fig. 45 *x*).

Die Bedeutung dieser Gebilde bleibt mir vollkommen räthselhaft, dass sie aber von den oben beschriebenen Entwicklungszuständen der Spermatozonen verschieden sind, ist, nach dem Gesagten, klar.

Ich kehre nunmehr, nach dieser Abschweifung, zu unserem Thema zurück.

Wir haben gesehen, dass gewisse Entwicklungszustände der Spermatozoonen durch verlängerte oder keulenförmige Zellen repräsentiert werden, deren Kerne aus je einer gewundenen Reihe von chromatinhaltigen Körnern bestehen. Es fragt sich nun, woher solche Zellen selbst stammen?

Diese Frage vermag ich nicht endgültig zu entscheiden, möchte aber, auf Grund der gleich mitzutheilenden Beobachtungen, mir eine, wie mir scheint, ziemlich plausible Vermuthung erlauben.

Wenn wir uns zunächst an Quetschpräparate halten, so scheinen die auf Taf. VII, Fig. 2 und 3 dargestellten Gebilde den in Rede stehenden Entwicklungsstadien der Spermatozoonen am nächsten zu stehen: es sind Zellen, deren Nuclei aus einer Anzahl dicht neben einander liegender, homogener, in Osmiumpräparaten stark tingirter Fragmente bestehen.

An solche Gebilde reihen sich ferner Zellen an, deren Kerne an Osmiumkarminpräparaten kugelförmig und dabei vollkommen homogen erscheinen (Taf. VII, Fig. 4 a).

Nun bin ich geneigt in diesen mit homogenen Kernen versehenen Zellen Spermatozoonen zu erblicken — eine Vermuthung, welche auch durch die an Schnitten gemachten Befunde unterstützt wird, zu deren Beschreibung ich nunmehr übergehe.

2) Beobachtungen an Schnitten. An wirklichen Schnitten der Individuen mit reifen Hoden fallen im genannten Organ zunächst die uns bereits bekannten (zu Bündeln vereinigten) unfertigen Spermatozoonen mit keulenförmig aufgetriebenem Kopfstück (Taf. VII, Fig. 8) ins Auge.

Da diese Gebilde in verschiedensten Richtungen durchschnitten werden und die Schnittebene manchmal nur durch ihre angeschwollenen Kopfabschnitte geht, so ist es selbstverständlich, dass sie an Schnitten von den oben erwähnten, verlängerten oder birnförmigen Zellen mit gleich gebauten Kernen nicht immer zu unterscheiden sind.

Auf manchen Schnitten finde ich ferner (immer zu Haufen vereinigte) Gebilde, welche ich als Übergangsstadien zwischen den eben besprochenen und den oben an Quetschpräparaten beschriebenen Zellen mit fragmentirten Kernen zu betrachten geneigt bin. Es sind dies nämlich die auf Taf. VII, Fig. 49 abgebildeten verlängerten Zellen mit ebenfalls stark verlängerten und (ob immer?) mehr oder weniger gekrümmten Kernen. Letztere erscheinen bei starken Vergrößerungen

(ZEISS homog. Immersion 3,0 mm Ap. 4,40) aus dicht gedrängten, aber keine einfache Reihe bildenden Körnern zusammengesetzt.

Es ist selbstverständlich, dass auch diese Elemente beim Schneiden in verschiedensten Richtungen durchschnitten werden und deshalb an Schnitten verschiedenartig aussehen können. Manchmal glaubt man z. B. Haufen von verhältnismäßig kleinen runden Zellen mit ebenfalls runden Kernen zu beobachten, welch' letztere bei starken Vergrößerungen aus einer Anzahl grober Körner zu bestehen scheinen. Untersucht man solche Gebilde auf ziemlich dicken Schnitten, so kann man bei wiederholter Hebung und Senkung des Tubus sich davon überzeugen, dass die scheinbar kreisrunden Kerne nur Durchschnitte verlängerter Gebilde darstellen. Dies ist namentlich dann leicht festzustellen, wenn die Schnittebene etwas schief zu der Längsachse der Zelle ausgefallen ist. Werden die in Rede stehenden Zellen in einer noch schiefere Richtung durchschnitten, so erscheinen sie mehr oder weniger verlängert und ihre Kerne kurz-, resp. länglich-spindelförmig. Manchmal sieht man in einer Zelle zwei Querschnitte (von je einem Schenkel) des gekrümmten Kernes (Taf. VII, Fig. 19 a).

Zellen mit homogenen (stark tingirbaren) Kernen — sowohl aus einzelnen Fragmenten bestehenden, als solchen, deren Substanz eine einheitliche Masse bildet — lassen sich im Hoden an Schnitten mancher Individuen leicht nachweisen (Taf. VII, Fig. 48 und 46 a). Die einheitlichen homogenen Kerne bergen in ihrem Inneren manchmal ein vacuolenartiges Gebilde (Fig. 46 b) — manchmal auch mehrere solche Gebilde (Taf. VII, Fig. 47).

Ich habe bereits oben die Vermuthung ausgesprochen, dass die Zellen mit homogenen Kernen Spermatiden seien. In der That ist bekanntlich das Homogenwerden des Kernes eine der charakteristischsten Erscheinungen, welche in den ersten Phasen der Umbildung einer Spermatide in ein Spermatozoon Platz finden. Die Untersuchung der Schnittserien hat uns außerdem gelehrt, dass Zellen mit homogenen Kernen einen der wichtigsten Bestandtheile des reifen Hodens unseres Thieres bilden. Wir haben endlich gesehen, dass Zellen mit homogenen Kernen durch eine ganze Reihe von Übergängen mit den fertigen Spermatozoen verbunden sind. Nach alledem scheint mir folgende Vorstellung von der Entstehung der Spermatozoen unserer Turbellarie aus den vermeintlichen Spermatiden mit homogenen Kernen nicht ungerechtfertigt zu sein.

Der homogen gewordene Kern der Spermatide zerfällt allmählich in einzelne (ebenfalls homogene) Abschnitte. Während dieser Process weiter geht, werden die einzelnen Kernfragmente immer kleiner, wobei

sich der Kern und die ganze Zelle mehr und mehr in die Länge streckt. Die Streckung des Kernes vollzieht sich schneller als die des Protoplasmaleibes, wesshalb sich der verlängerte Kern bald schlingenartig krümmen muss. Die einzelnen Kernfragmente nehmen dann eine einreihige Anordnung an. Der Zellenleib streckt sich immer mehr aus und differenzirt sich dabei in ein Kopf- und ein Schwanzstück; indem das letztere als ein fadenförmiger Anhang der Samenzelle hervorsprosst, bleibt das erstere, namentlich an seinem dem Schwanze entgegengesetzten Ende, noch lange sehr dick. Später gleichen sich diese Unterschiede mehr aus, doch bleibt der Kopf immer viel dicker als der Schwanz, was wohl mit dem Umstande zusammenhängt, dass hier, wie gewöhnlich, der Spermatozoonkern ausschließlich im Kopfe seinen Platz findet.

Ich habe mich bemüht es wahrscheinlich zu machen, dass die im Hoden unserer Turbellarie beobachteten Zellen mit homogenen Kernen als Spermatiden zu deuten sind. Wenn dem aber wirklich so ist, so muss die homogene Beschaffenheit des Kernes bei diesen Zellen allmählich im Inneren des Hodens sich entwickelt haben¹; mit anderen Worten — es müssen sich im Hoden Zellen mit solchen Kernen vorfinden, welche man als Übergangsstadien zwischen homogenen und gewöhnlichen Kernen betrachten könnte. Für solche Zwischenstadien bin ich geneigt die auf Taf. VII, Fig. 46 *n* gezeichneten Gebilde zu halten. Es sind Zellen, bei welchen die chromatische Substanz des Kernes im optischen Durchschnitt in Form von mehreren mit einander zusammenhängenden Kreisen erscheint. Fixirt man einen solchen Chromatinring, indem man den Tubus langsam hebt oder senkt, so bemerkt man, dass die Kontouren des Ringes immer verschwommener werden und der innere helle Fleck sich allmählich verkleinert, bis er gänzlich schwindet. Aus diesen Beobachtungen schließe ich, dass die unter dem Mikroskop sichtbaren chromatischen Ringe Durchschnitte sphärischer Flächen sind, dass also der ganze Kern eine so zu sagen schaumartige Beschaffenheit besitzt.

Nun habe ich bereits oben erwähnt, dass die »homogenen« Kerne in ihrem Inneren manchmal ein vacuolenartiges Gebilde bergen, manchmal auch mehrere solche Gebilde enthalten. Denken wir uns, dass diese Vacuolen sich vergrößern, und ihre Wände immer dünner werden, so muss der ganze Kern natürlich ein schaumartiges Gefüge annehmen. Schließlich könnten die Wände der Vacuolen auch durch-

¹ Dafür spricht einerseits die Analogie mit anderen Thieren, und andererseits der Umstand, dass alle übrigen im Hoden wie überhaupt im Körper unserer Turbellarie sich vorfindenden Zellen Kerne besitzen, die keineswegs homogen sind.

löchert werden, wobei der Kern die Gestalt eines Korbes oder eines Knäuels annehmen würde. — Habe ich mit meiner Vermuthung das Richtige getroffen, so sind die eben geschilderten Vorgänge in den Spermatiden unseres Thieres als in entgegengesetzter Richtung verlaufende zu denken.

Wie bereits in der Einleitung gesagt, werde ich hier bei der Frage nach der Herkunft der Spermatiden selbst nicht verweilen. Es wäre zwar sehr leicht den ganzen Process der Samenbildung unseres Thierchens auf das bekannte Schema von v. LA VALETTE ST. GEORGE zurückzuführen, resp. alle Elemente des Hodeninhaltes, welche in obiger Darstellung keine besondere Berücksichtigung erfahren haben, in Spermatogonien und Spermatocyten (im Sinne v. LA VALETTE'S) einzutheilen. Der Begriff der Spermatocyten wurde aber in der neueren Zeit von PLATNER¹ und dann auch von O. HERTWIG² etwas präciser gefasst, resp. nur auf die zwei der Spermatidenbildung unmittelbar vorhergehenden (vorletzten und drittletzten) Zellgenerationen angewendet, welche sich nach den genannten Autoren durch gewisse wichtige Eigenthümlichkeiten auszeichnen. Nach PLATNER und O. HERTWIG unterscheiden sich nämlich die Spermatocyten von den Spermatogonien namentlich dadurch, dass die zwei Theilungen der ersteren ohne eingeschaltetes Ruhestadium sich unmittelbar an einander anschließen, wesshalb nach der zweiten Theilung die Zahl der chromatischen Elemente um die Hälfte vermindert ist³. Andere Merkmale der Spermatocyten scheinen, nach den Beobachtungen der genannten Gelehrten zu urtheilen, bei verschiedenen Thieren verschiedenen Variationen unterworfen zu sein. PLATNER äußert sich hierüber folgendermaßen: »Zunächst zeichnen sich die Spermatocyten durch ihre beträchtliche Größe aus, besonders ist auch noch das Protoplasma im Verhältnis zum Kern sehr vermehrt. Diese Differenzen sind bei den von mir untersuchten Lepidopteren so bedeutende, dass sie allein schon genügen, um die betreffende Zellart sofort erkennen zu lassen. . . . Bei den Pulmonaten findet der Übergang mehr allmählich statt. Die Unterscheidung der einzelnen Zellgenerationen wird dadurch eine viel schwierigere. Hier muss ein anderes Merkmal bei der Beurtheilung mehr berücksichtigt werden. Es ist dies die Differenz in dem Theilungsmodus der Spermatocyten und Spermatogonien. Bei den Lepidopteren lässt sich ohne Mühe bei der Theilung der letzteren Zellen das Vorkommen regulärer Knäuel und Schleifen feststellen, die, wie meine früheren Untersuchungen

¹ Archiv für mikr. Anatomie. Bd. XXXIII. 1889. p. 193.

² Archiv für mikr. Anatomie. Bd. XXXVI. 1890. p. 8.

³ Vgl. PLATNER, l. c. p. 193 und O. HERTWIG, l. c. p. 61.

ergeben haben, bei der Theilung der Spermatocyten völlig fehlen¹. Die Erscheinungen, welche O. HERTWIG während der Spermatogenese bei den Nematoden beobachtet hat, erinnern mehr an die bei Lepidopteren obwaltenden Verhältnisse, indem bei den ersteren die Periode der Spermatogonienvermehrung von den Spermatocytheilungen durch eine Wachstumsperiode geschieden wird. Während dieser Wachstumsperiode vermehren sich die jungen Spermatocyten (»Spermatomeren« O. H.) nicht, sondern nehmen nur an Größe beträchtlich zu.

Indem nun O. HERTWIG seine an *Ascaris megalcephala* gemachten Befunde mit den von seinen Vorgängern bei anderen Thieren konstatariten Vorgängen vergleicht, kommt er zu dem wohl berechtigten Schluss, »dass dem bei *Ascaris* beobachteten Process der Samenbildung wohl eine allgemeinere Verbreitung zukommt«². Es sollte demnach in Zukunft die nächste Aufgabe jeder Untersuchung über die ersten Prozesse der Samenbildung irgend eines Thieres sein, alle Details der Kerntheilungen bei verschiedenen im Hoden sich vorfindenden Zellengenerationen genau zu ermitteln, um dieselben mit den bei Pulmonaten, Lepidopteren und Nematoden sich abspielenden Vorgängen vergleichen zu können. Von diesem Gesichtspunkte aus habe auch ich die jüngeren Stadien der Spermatogenese bei der Messiner Acoele untersucht, bin aber bis jetzt zu keinen bestimmten Resultaten gelangt.

Theoretische Betrachtungen.

Eine genaue Kenntnis derjenigen Prozesse, in Folge deren bei verschiedenen Thieren Spermatozoon aus Spermatozoiden entstehen, ist namentlich für die Bestimmung des morphologischen Werthes der Samenkörper — resp. deren einzelnen Theile — von Bedeutung.

Wie bekannt, bestehen in Bezug auf diesen Punkt gegenwärtig zwei verschiedene Ansichten: während die Mehrzahl der Histologen in

¹ PLATNER, l. c. p. 493.

² l. c. p. 73. Nach PICTET, dessen Arbeit (in den »Mittheilungen aus der Zool. Station zu Neapel«, Bd. X, 1. Heft) im Jahre 1894, also später als diejenige von O. HERTWIG, erschienen ist »les spermatocytes se multiplient dans la règle par caryocinèse; mais on observe quelquefois, à la fin de ce mode de division, une ou deux générations de cellules qui prennent naissance par simple étranglement du noyau (division directe ou acinétique)« (p. 145). Da nun PICTET dieser »division acynétique« keine besondere Aufmerksamkeit gewidmet zu haben scheint und sie jedenfalls nicht näher beschreibt oder abbildet, so ist wohl die Vermuthung erlaubt, dass es auch hier (*Echinidae*, *Siphonophorae*, *Pteropoda*, *Cephalopoda*, *Polychaeta*, *Tunicata*) sich um einen dem von PLATNER und O. HERTWIG beschriebenen homologen Vorgang handelt. — Den Ausdruck »spermatocytes« gebraucht PICTET in seinem früheren Sinne.

Samenelementen aller Thiere umgewandelte Zellen erblickt, nehmen Andere mit v. KÖLLIKER an, dass Spermatozomen in der Regel lediglich Abkömmlinge der Spermatidenkerne darstellen¹. Die Meinung v. KÖLLIKER's stützt sich hauptsächlich auf Beobachtungen über die Spermatogenese bei höheren Metazoen und namentlich Säugethieren², wo derartige Untersuchungen mit außerordentlichen Schwierigkeiten zu kämpfen haben. Dass diese Schwierigkeiten bei dem jetzigen Zustande der mikroskopischen Technik kaum zu überwinden sind, beweist, meiner Meinung nach, schon der Umstand, dass die Frage nach dem Ursprung des Schwanzes von solchen Autoritäten, wie v. KÖLLIKER auf der einen Seite und v. LA VALETTE St. GEORGE auf der anderen, auf Grund ihrer Beobachtungen in verschiedener Weise beantwortet wird. — Diese Frage, obgleich rein faktischer Natur, scheint mir zu denjenigen zu gehören, welche vorläufig nur annäherungsweise, und zwar auf Grund vergleichender Untersuchungen und mit Hilfe von theoretischen Betrachtungen gelöst werden können.

Ich habe oben zwei Ansichten über den morphologischen Werth der Spermatozomen citirt: zwischen diesen Ansichten hat man zu wählen, wenn man in der Zelle nur zwei wesentliche und nie fehlende Bestandtheile — das Protoplasma und den Kern anerkennt. Nun scheint aber eine Reihe von den in diesen letzten Jahren publicirten Beobachtungen darauf hinzuweisen, dass es in jeder Zelle »außer dem Kern, ein permanentes Organ eigener Art: die Attraktionsphäre mit dem Centrakörper« gäbe, welches bei den samenbildenden Zellen verschiedener Thiere schon längst beobachtet und unter dem Namen »Neben-kern« beschrieben wurde³. Ich glaube jedoch an diesem Orte auf die gewiss sehr wichtige Frage nach der Rolle, welche der Nebenkern bei der Spermatogenese spielt, nicht näher eingehen zu müssen: bei dem

¹ Die Meinung, dass es Spermatozomen gebe, welche ausschließlich aus Protoplasma bestehen, kann jetzt wohl nur eine historische Bedeutung haben.

² »Ich legte in der fünften Auflage meiner Gewebelehre 1867, p. 534 und Fig. 383 neue Schilderungen und Abbildungen über die Entwicklung der Samen-fäden des Stieres vor, aus denen hervorgeht, dass die Kerne der Bildungszellen derselben mit ihrem größeren Abschnitte den Körper der Samenfäden und aus einem Theile ihres Inneren, d. h. des Kernsaftes, den Faden erzeugen. Diese meine letzten Darstellungen halte ich vor Allem für die Säuger, aber auch für viele andere Geschöpfe, auch neueren abweichenden Beschreibungen gegenüber aufrecht.« — Diese Zeitschr. Bd. XLII, 1885, p. 2—3 (A. v. KÖLLIKER, Die Bedeutung der Zellkerne für die Vorgänge der Vererbung).

³ Die einschlägige Litteratur wird bei W. FLEMMING, Über Zelltheilung, in Verhandl. der anat. Gesellsch. auf der fünften Versammlung in München vom 18. bis 20. Mai 1894 (Jena 1894), p. 126—129 citirt. Vgl. auch BÜRGER, Anat. Anzeiger, 7. April 1892, p. 223.

von mir untersuchten Objekte gelang es mir überhaupt nicht, einen »Nebenkern« zu sehen¹, und was die in der Litteratur vorhandenen Angaben über das in Rede stehende Gebilde anbetrifft, so sind dieselben zum Theil schon ziemlich alten Datums, zum Theil von einander so abweichend², dass ich auf deren Grund mir keine bestimmte Vorstellung von dem definitiven Schicksal des Nebenkernes der Spermatiden bei verschiedenen Thieren zu bilden vermag; außerdem hat die neue Lehre von der Attraktionssphäre (mit ihrem Centralkörperchen), als einem selbständigen und permanenten Organ jeder Zelle, keineswegs einen allgemeinen Beifall gefunden und kann in der That in ihrer bisherigen Fassung zu gewissen Einwänden Anlass geben³. Nach alledem darf ich wohl bei meinen theoretischen Betrachtungen von der Existenz der Nebenkernkerne absehen und nur folgende Frage zu beantworten suchen: ist es wahrscheinlich, dass das Protoplasma den typischen thierischen Spermatozomen gänzlich fehle, so dass die letzteren nur aus Derivaten des Kernes — eventuell auch des Nebenkernes — bestehen?

Zu Gunsten einer bejahenden Antwort scheint zunächst der Umstand zu sprechen, dass absolut keine Gründe vorliegen, dem Protoplasma eine wesentliche Rolle bei der Befruchtung zuzuschreiben.

Bis vor Kurzem konnte gewiss die Ansicht, dass das bei der Befruchtung allein thätige väterliche Element die Bedeutung des Zellkernes besitze, als allgemein verbreitet und wohl begründet gelten, und mussten demnach selbst diejenigen Gelehrten, welche alle thierischen Spermatozomen für Zellen halten, zugeben, dass ihr Protoplasma schwinden könnte (vielleicht auch schwinden müsste), wenn es nicht zu einem für die Befruchtung nothwendigen Hilfsorgan umgewandelt wäre. So sagt z. B. PICTET: »le spermatozoïde n'ayant plus besoin de protoplasme, il devient évident que ce dernier doit disparaître, à moins qu'il ne puisse se modifier dans un but utile à la fécondation. Or c'est précisément ce qui arrive«⁴.

In der letzten Zeit haben freilich einige Forscher nicht nur die Betheiligung des Centrosomas an der Bildung der Samenkörperchen beschrieben, sondern auch eine wichtige Rolle des ersteren bei dem

¹ Einige Male glaube ich jedoch das Centrosoma beobachtet zu haben.

² Man vergleiche z. B. die Angaben von PLATNER (Archiv für mikr. Anatomie, Bd. XXXIII, 1889) mit denen von PICTET (Mittheilungen aus d. Zool. Stat. zu Neapel. Bd. X, 1. Heft, 1891) und CUÉNOT (Zool. Anzeiger, 28. März 1892, Nr. 387, p. 122).

³ Vgl. A. v. KÖLLIKER, Handbuch der Gewebelehre des Menschen. 6. Auflage (Leipzig 1889), p. 64—68 (§ 19); C. C. SCHNEIDER, Arbeiten aus dem zool. Institute der Universität Wien, Tom. IX, 2. Heft, p. 15—24, auch p. 32; O. BÜRGER, Anat. Anzeiger, 7. April 1892, p. 222—234.

⁴ Mitth. aus der Zool. Station zu Neapel. Bd. X, 2. Heft, p. 146.

Befruchtungsakt, wenigstens für gewisse Thiergruppen, wahrscheinlich gemacht¹. Das Centrosoma gehört aber nicht zum Protoplasma (*s.str.*), sondern zum Nebenkern. Man darf also nach wie vor annehmen, dass das Protoplasma für die Spermiosomen ganz überflüssig wäre, wenn es die Fähigkeit nicht besäße, ein für die Zwecke der Befruchtung nützliches Bewegungsorgan der Samenkörperchen zu bilden.

Nun scheint der Kern auch selbst bewegungsfähig zu sein. Amöboide Bewegungen des ganzen Kernes und seiner Bestandtheile (Kernkörperchen) sind schon mehrmals beschrieben worden und es ist wohl nicht einzusehen, warum unter Umständen der Kern nicht, wie das Protoplasma, auch Geißeln oder Wimpern treiben könnte. Jedenfalls muss man zugeben, dass, so lange bei einer männlichen Geschlechtszelle das Protoplasma noch da ist und seine uralte Eigenschaft — Lokomotionsorgane der Zelle zu liefern — nicht verloren hat —, für das Schwinden desselben keine Gründe vorliegen. Außerdem darf man die Bewegungsfähigkeit des Kernes im normalen Zustande nicht als streng bewiesen betrachten, denn sie wird von einigen hervorragenden Histologen bezweifelt — und unter Anderen von v. KÖLLIKER², mit dessen Ansicht über die Natur der Samenfäden sie so gut harmoniren würde.

Alle diese Bedenken wären gewiss von einer sehr geringen — vielleicht von gar keiner — Bedeutung, wenn man wenigstens nachweisen könnte, dass es Spermiosomen gebe, deren zellige Natur nicht zu bezweifeln sei, bei welchen aber der Kern schon einen wesentlichen Antheil an der Bildung des Bewegungsorgans nehme.

Nun sind bekanntlich in der That solche Samenkörperchen beschrieben worden, bei welchen der Schwanz aus einer äußeren Protoplasmaschicht und einem aus dem Kern stammenden Achsenfaden bestehen soll. Es sind nämlich die haarförmigen Spermiosomen der *Paludina vivipara* nach MAX v. BRUNN³. Die betreffenden Angaben scheinen mir aber nicht überzeugend genug zu sein. Den nucleären Ursprung des Achsenfadens festzustellen würde wenigstens eben so schwierig sein, wie die Entstehung des ganzen Schwanzes aus dem Kern zu beweisen, und ist ein solcher Ursprung des in Rede stehenden Gebildes bei *Paludina* jedenfalls nicht direkt beobachtet worden. Die Bildung der haarförmigen Samenkörper beschreibend, giebt MAX v. BRUNN in Bezug auf das erste Auftreten des Achsenfadens nur an,

¹ PLATNER, Archiv f. mikr. Anat. Bd. XXXIII, 1889, p. 131—132, 142—144 u. 192—203; CUÉNOT, Zool. Anzeiger, 28. März 1892, Nr. 387, p. 123.

² Handbuch der Gewebelehre des Menschen. 6. Auflage, 1889, p. 24 u. 25.

³ Archiv für mikr. Anat. Bd. XXIII, 1884, p. 431 u. 463.

dass in einem gewissen Stadium »die Zelle schon einen außerordentlich zarten Faden« besitzt¹, und später, wenn er seine Befunde zu deuten versucht, sagt er: »Es hat sich mir im Laufe der Untersuchung unwillkürlich die Überzeugung aufgedrängt, dass der Kern das eigentlich plastische Element sei, indem er sich zu einem centralen Faden umbildet, der durch sein Längswachsthum das dadurch nicht resorbirte Protoplasma der Zelle mit in die Länge zieht und davon wie von einer zarten Haut überzogen wird. Mit dieser Erklärung steht keine der beobachteten Erscheinungen in Widerspruch«² . . . etc. Der genannte Autor ist geneigt auch den Cilienbüschel der wurmförmigen Spermatozoonen von *Paludina* aus dem Kern entstehen zu lassen, bemerkt aber ausdrücklich: »ich wage nicht zu entscheiden, ob sie (d. h. die Cilien) primär von dem Kerntheile aus entstehen oder erst sekundär damit in Verbindung treten, doch halte ich entschieden Ersteres für das Wahrscheinlichere«³.

Nach der Analogie urtheilend, darf man wohl vermuthen, dass der Achsenfaden bei den Spermatozoonen der Mollusken immer ein Protoplasmaprodukt sei, wie es nach den Beobachtungen von PICTET für Samenkörperchen der *Cymbulia Peronii* anzunehmen ist. — PICTET spricht in seiner Beschreibung jedenfalls nicht von einem Achsenfaden, sondern nur von einem Schwanz im Allgemeinen, er sagt aber, dass die erste Anlage des letzteren »part d'un noyau, et traverse la cellule jusqu'à sa périphérie« und dass später, wenn der Faden aus dem Zellenleib hervortritt, das Protoplasma »commence à couler en gouttelettes le long de la queue«⁴. Wäre also der betreffende Faden ein Kerngebilde, so müsste derselbe einen, sei es nur einen vergänglichen, Protoplasmaübergang erhalten. Der nucleäre Ursprung des Achsenfadens (resp. des ganzen Schwanzes) ist hier aber nach PICTET nur ein scheinbarer, wovon sich der genannte Gelehrte durch Anwendung verschiedener Reagentien und namentlich durch Messungen der einzelnen Spermatozoonen- und Spermatozoonentheile überzeugt hat⁵. Bei anderen Mollusken (Cephalopoden), wie bei den meisten Thieren, bei welchen die Samenbildung von PICTET untersucht wurde, beobachtete derselbe die Entstehung des Spermatozoonenschwanzes in Form eines äußeren, allmählich sich verlängernden Protoplasmafortsatzes.

Bei den obigen Betrachtungen bin ich von der Voraussetzung

¹ l. c. p. 453.

² l. c. p. 462.

³ l. c. p. 464.

⁴ Mitth. aus der Zool. Station zu Neapel. Bd. X, 4. Heft, p. 447.

⁵ l. c. p. 447—448.

ausgegangen, dass die Spermatozooten der ursprünglichsten Metazoen jedenfalls zellige Elemente repräsentirten. Die Richtigkeit dieser Annahme könnte aber bezweifelt werden, wenn man die zellige Natur der Spermatozooten nur für einige aberrante Formen der letzteren zugäbe. v. KÖLLIKER äußert sich hierüber sehr vorsichtig. Er sagt nämlich: »Zellen gleichwerthig sind auf jeden Fall die Samenkörper der Nematoden, wahrscheinlich auch die der höheren Kruster und möglicherweise noch manche andere«¹.

Für die Entscheidung der eben berührten Frage über die morphologische Bedeutung der Spermatozooten bei den ursprünglichsten Metazoen wäre es aber sehr wichtig, die zellige Natur einiger typischen, oder wenigstens von der typischen Form nicht sehr abweichenden thierischen Spermatozooten zu beweisen und noch wichtiger wäre es, derartige Samenkörperchen bei niederen Metazoen, wie Coelenteraten und Plattwürmern zu finden.

Dieser Forderung entsprechen die Beobachtungen von PICTET über den Bau und die Entwicklung der Spermatozooten bei den Siphonophoren. Das allmähliche Hervorwachsen des Schwanzes aus dem Protoplasmaleib der Spermatozootide ist auf den Abbildungen von PICTET so klar zu verfolgen, die beobachteten Übergangsstadien zwischen einer birnförmigen Spermatozootide und einem fertigen Samenkörperchen sind so zahlreich und die äußere Protoplasmaschicht des Kopfes, selbst bei den ausgebildeten Samenkörperchen, so deutlich, dass man schwerlich an der Richtigkeit des Schlusses zweifeln wird, welchen PICTET aus seinen in Rede stehenden Beobachtungen gezogen hat. Der genannte Autor resumirt nämlich seine Angaben über die Spermatozooten von *Halistemma* folgendermaßen: »les spermatozoïdes de l'*Halistemma* sont de véritables cellules, normalement constituées. Les spermatozootides ont seulement changé de forme, sans perdre aucune de leur parties, et nous retrouvons chez le zoospere mûr une membrane cellulaire, un cytoplasme, un noyau et un Nebenkern. La tête du spermatozoïde est donc ici une cellule entière et non pas seulement un noyau, tandis que la queue peut être considérée comme un appendice vibratile, dérivant du cytoplasme, et servant à la locomotion«².

Was nun meine Beobachtungen über die Spermatozootogenese der Messiner Acoele anbetrifft, so glaube ich, dass dieselben, trotz ihrer Unvollständigkeit in mancher Beziehung, entschieden für die Zellennatur der betreffenden Spermatozooten sprechen. Bei den fertigen Samenkörperchen geht die äußere hyaline Schicht des Kopfes direkt in

¹ Diese Zeitschr. 1885, Bd. XLII, p. 3.

² l. c. p. 113.

den Schwanzfaden über, und auf keinem Entwicklungsstadium ist weder die erstere, noch der letztere von einer besonderen Substanz bedeckt, welche man als Rest des Spermatidenprotoplasma deuten könnte; im Gegentheil kann man sowohl bei den fertigen Samenelementen, als bei verschiedenen Entwicklungszuständen derselben immer nur zwei in einander geschaltete Bestandtheile unterscheiden — eine äußere protoplasmaähnliche Substanz und eine von derselben umschlossene chromatinhaltige Masse. Es liegt also absolut kein Grund vor, die erstere nicht für Protoplasma, sondern für Achromatin des Kernes zu halten.

Vergleicht man diese Spermatozoonen mit denjenigen der Nematoden, so bemerkt man, dass die Hauptunterschiede zwischen beiden genannten Gebilden — ihre äußere Form und die Zahl der Chromosomen — wohl keine sehr wesentliche Merkmale bilden.

Die Mehrzahl der thierischen Samenelemente unterscheidet sich aber in erster Beziehung viel schärfer von den Zoospermien der Nematoden, Dank der vorgeschrittenen Differenzirung von Kopf und Schwanzfaden.

In Bezug auf solche typische Spermatozoonen ist die Meinung sehr verbreitet, dass ihr Kopf lediglich ein metamorphosirter Kern, der Schwanzfaden aber ein Protoplasmaprodukt sei. Diese Ansicht wird auch von PICTET in seinem oben citirten Aufsätze vertreten, obgleich die Beobachtungen des genannten Forschers, eben so wenig wie diejenigen seiner Vorgänger, zu derselben zwingen.

PICTET hat allerdings, in Übereinstimmung mit manchen anderen Forschern, bei der Mehrzahl der von ihm untersuchten Spermatozoonen keinen Protoplasmanmantel am Kopfe nachweisen können. Dieser Umstand könnte aber eben sowohl von der Abwesenheit, als von außerordentlicher Dünnhheit und Zartheit des fraglichen Gebildes abhängen. Das Letztere ist um so weniger für unmöglich zu halten, als PICTET selbst bei Siphonophoren eine zwar ziemlich dünne, aber vollkommen deutliche Protoplasmaschicht an der Oberfläche des Spermatozoonkopfes beschrieben und abgebildet hat. Nun scheint mir die Annahme, dass der Kopf eines Samenkörperchens nur aus dem Kern der Spermatide und der Schwanzfaden nur aus deren Protoplasma stamme, an und für sich so befremdend und unwahrscheinlich zu sein, dass ihr, meiner Meinung nach, nur dann beizupflichten wäre, wenn sie aus unwiderleglichen Thatsachen mit unabweislicher Nothwendigkeit gefolgert würde, und freue ich mich, mich dabei auf das Urtheil einer so hohen Autorität wie A. v. KÖLLIKER berufen zu können, welcher meint, »dass eine solche Entstehung einheitlicher beweglicher Elementartheile,

wie die Samenfäden sie darstellen, aus zwei verwachsenden Bildungscentren außer aller Analogie wäre¹.

Ich glaube also, dass wir bei dem jetzigen Zustand der Spermatozoologie zwischen folgenden zwei Vorstellungen zu wählen haben: entweder sind die Schwanzfäden der Spermatosomen, deren Köpfe nackte Kerne darstellen, auch Kernprodukte, oder die Abwesenheit des Protoplasmas auf der Oberfläche der erwähnten Spermatosomenköpfe ist nur eine scheinbare und muss durch die Unvollkommenheit der jetzigen mikroskopischen Technik erklärt werden. Wie man aus den obigen Auseinandersetzungen wohl ersehen kann, neige ich mich entschieden zu Gunsten der letzteren Annahme.

Zum Schluss noch ein paar Worte über die Kerne der von mir beschriebenen Spermatosomen.

Die auffallendste Eigenthümlichkeit dieser Kerne besteht darin, dass sie von je einer langen Reihe von chromatinhaltigen Körnern gebildet sind. Dies scheint jedoch, nach einer von BÖHM mitgetheilten Beobachtung KUPFFER'S zu urtheilen, keine ganz isolirt dastehende Thatsache zu sein. KUPFFER beobachtete nämlich bei einer Turbellarie aus der Kieler Bucht Spermatosomen, welche BÖHM mit folgenden Worten schildert: »In der Achse des keulenförmigen Spermatozoons (Fig. 37) findet sich eine Reihe kugelförmiger, glänzender Gebilde, die in der sich verjüngenden Partie desselben an Volumen abnehmen, um in dem fadenförmigen Schwanztheil, immer kleiner werdend, zu verschwinden.« (Archiv f. mikr. An. Bd. XXXII, 1888. p. 166, Taf. XXV, Fig. 37.)

Leider wissen wir nicht, von welcher Turbellarie die von KUPFFER beobachteten Spermatosomen stammten, und selbst die Frage, ob dieselben vollkommen reif waren, lässt sich auf Grund der von BÖHM gemachten Angaben nicht entscheiden, um so mehr als die betreffenden Gebilde eine auffallende Ähnlichkeit mit den unfertigen Samenkörperchen der von mir untersuchten Messiner Acoele haben.

Odessa, im September 1892.

Erklärung der Abbildungen.

Allgemein gültige Bezeichnungen.

f, Follikelzellen; *m*, Kernmembran; *n*, Nucleus; *n'*, Nucleolus; *n^c*, ein im Kernkörperchen sich befindendes vacuolenartiges Gebilde (»Nucleolus«); *o*, Ei;

¹ Diese Zeitschr. 1885, Bd. XLII, p. 3.

p, Protoplasma; *u*, undulirende Membran; *v*, ein im homogenen Kern sich befindendes vacuolenartiges Gebilde; *x*, ein im Protoplasma eines Eierstockseies sich befindendes räthselhaftes Gebilde; μ , Kerngerüst.

Tafel VII.

Die Fig. 4—14 stellen Osmiumkarmin-Präparate verschiedener Entwicklungsstadien der Spermatozoonen — resp. ausgebildeter Samenelemente — aus zerquetschten Thieren dar. Fig. 9 ist bei ZEISS Syst. D, Oc. 3, alle übrigen sind bei ZEISS Syst. F, Oc. 3 gezeichnet.

Fig. 4. Drei Zellen (*a, a, a*) mit homogenen Kernen (Spermatiden) und drei andere (*b, b, b*), deren Kerne aus einer Anzahl homogener Fragmente bestehen (weiteres Entwicklungsstadium der Spermatozoonen).

Fig. 2 u. 3. Zellen, deren Kerne aus einer Anzahl homogener Segmente bestehen.

Fig. 4. Ein Stück eines aus konischen Zellen bestehenden Zellenhaufens. Die Kerne der Zellen bestehen aus je einer gewundenen oder gekrümmten Reihe chromatinhaltiger Körner. (Ein noch späteres Entwicklungsstadium der Spermatozoonen.) In den Zellen *a, a* scheinen diese Körner Spuren einer mehrreihigen Anordnung zu zeigen.

Fig. 5. Ungefähr dasselbe Entwicklungsstadium eines Spermatozoonen: eine birnförmige Zelle, deren Kern aus einer gewundenen Reihe chromatinhaltiger Körner besteht.

Fig. 6. Ein Zellenhaufen mit eben solchen Kernen. Die äußere Gestalt der Zellen scheint durch das Reagens etwas verändert zu sein.

Fig. 7. Ein junges Spermatozoon.

Fig. 8. Ein etwas späteres Entwicklungsstadium eines solchen.

Fig. 9. Ein Bündel der unfertigen Spermatozoonen.

Fig. 10 u. 11. Reife Spermatozoonen.

Fig. 12. Ein Theil des Kopfes nebst dem Schwanzfaden eines reifen Spermatozoonen. Ein Thierchen wurde nach Behandlung mit HERTWIG'S Flüssigkeit (Osmium-Essigsäure) ca. 1½ Stunde in mit Essigsäure angesäuertem Meerwasser macerirt, dann in derselben Flüssigkeit zerquetscht, und die herausgetretenen Spermatozoonen, nach Zusatz von etwas Glycerin, untersucht und gezeichnet.

Fig. 13. Ein isolirtes Eierstocksei (aus einem zerquetschten Thiere). Osmiumkarmin-Präparat. ZEISS Syst. F + Oc. 3.

Fig. 14. Dasselbe Ei in einer anderen Lagerung (durch Verschiebung des Deckgläschens gerollt).

Die Fig. 15—20 sind aus Schnitten der mit Sublimat behandelten und mit Boraxkarmin gefärbten Thiere gezeichnet.

Fig. 15. Ein Theil des Eierstockes (im Durchschnitt). ZEISS Syst. F + Oc. 3.

Fig. 16—20 stellen verschiedene Elemente des Hodeninhaltes dar und sind bei ZEISS, homog. Immers. 3,0 mm Ap. 4,40, Oc. 8/22,5 mm gezeichnet.

Fig. 16. Zellen mit schaumartigen und (*a, b*) homogenen Kernen (Spermatiden).

Fig. 17. Eine Zelle, deren Kern aus einer homogenen chromatinhaltigen Masse besteht, welche in ihrem Inneren vier Vacuolen enthält.

Fig. 18. Zellen, deren Kerne aus homogenen chromatinhaltigen Fragmenten bestehen.

Fig. 19. Zellen, deren verlängerte und gekrümmte Kerne aus einer großen Anzahl chromatinhaltiger Körner bestehen. In den Zellen *a, a* sieht man je zwei Durchschnitte des gebogenen Kernes.

Fig. 20. Ein Durchschnitt durch die Köpfe der unfertigen (zu einem Bündel vereinigten) Spermatozoonen.



ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

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

Jahr/Year: 1893

Band/Volume: [56](#)

Autor(en)/Author(s): Repiachoff W.

Artikel/Article: [Zur Spermatologie der Turbellarien. 117-137](#)