

Beiträge zur Kenntnis des Spermatozoons von *Ascaris megalcephala*.

Von

Leonhard Scheben.

(Aus dem zoologischen Institut der Universität Marburg a. L.)

Mit Tafel XX, XXI und 3 Figuren im Text.

Einleitung.

Bei der Untersuchung der männlichen Geschlechtszellen von Nematoden, die ich zur Vornahme eines morphologischen Vergleichs der Spermatozome dieser Tiere unternahm, machte ich Beobachtungen, die mich bald bewogen, meinen ursprünglichen Plan zu modifizieren und die Genese der Spermatozome der Ascariden, speziell des klassischen Objekts cytologischer Untersuchungen, der *Ascaris megalcephala*, zum Gegenstand meines näheren Studiums zu machen.

Ich unternahm diese Untersuchung in der sich immer mehr festigenden Überzeugung, daß jenes rätselhafte Gebilde, welches von den Autoren als »Glanzkörper«, »Fettkörper«, »Kopfkappe«, »Schwanzkappe« usf. bezeichnet und das durchweg für das Spermatozoon als solches wie für den Befruchtungsprozeß als unwesentlich und entbehrlich angesehen wird, eine falsche Beurteilung erfahren haben müsse.

Die jüngsten Stadien der Spermatozome von *Ascaris megalcephala* sind vielfach Gegenstand der Untersuchung gewesen. Ich verweise nur auf die Arbeiten von O. HERTWIG und AUG. BRAUER, in welchen die Veränderungen, welche die Ursamenzellen bis zum Spermatozoon hinauf erfahren haben, trefflich beschrieben sind. Über die weiteren Veränderungen des Spermatozoids bis zur Entstehung des reifen Spermatozoons liegen fast nur ältere Arbeiten vor. Die jüngste Arbeit stammt von VAN BENEDEN und JULIN aus dem Jahre 1884. Sie enthält auch eine kritische Beleuchtung der vorhergehenden

Untersuchungen. Während die meisten Autoren dabei wenig günstig beurteilt werden, erntet die Arbeit H. MUNKS über »Ei- und Samenbildung bei den Nematoden« aus dem Jahre 1858 reichliches Lob. Sie wird als eine hervorragende Arbeit bezeichnet. Es heißt an einer Stelle mit Bezug auf diese MUNKSche Arbeit wörtlich: »Si nous sommes en mesure de rectifier et de compléter sur quelques points les recherches déjà anciennes de l'éminent physiologiste de Berlin nous le devons à valeur des méthodes auxquelles nous avons en recours aussi à cette circonstance que les progrès réalisés en matière d'histologie et d'embryologie ont fait surgir des questions nouvelles. Il est étonnant qu'après la publication, dans un recueil partout répandu d'un travail aussi consciencieux et dont les résultats sont si faciles à contrôler, des recherches aussi incomplètes que celles de SCHNEIDER, de NUSSBAUM et de HALLEZ aient pu être livrées à la publicité.«

Was die Genese des fertigen Spermatozoons aus dem Spermatid anbetrifft, so machen die beiden genannten Autoren, VAN BENEDEN und JULIN, indes merkwürdigerweise wenig positive Angaben. Es werden vier Typen des Spermatozoons aufgestellt, von denen nur einer im Besitz des »corps réfringent« ist. Daß aus dem »Type sphéroidale« die übrigen Typen entstehen, wird gesagt, aber wie dieser Prozeß vor sich gehen soll, ist mir aus der Darstellung der beiden Forscher nicht ersichtlich geworden; Abbildungen sind der Abhandlung nicht beigegeben. So viel steht indes fest, daß sie das »corps réfringent«, unsern Glanzkörper, vom Plasma herleiten, nicht vom Kern. Es heißt: »ce corps est un produit de transformation du protoplasme de la papille caudale«.

Daß das Resultat der MUNKSchen Arbeit in diesem Punkt ein geradezu entgegengesetztes war, konnte ich nach der oben zitierten Darstellung der beiden genannten Autoren nicht voraussetzen, zumal VAN BENEDEN und JULIN bei der diesbezüglichen Darstellung MUNK gar nicht in die Debatte ziehen. So unterzog ich erst gegen Ende meiner Untersuchung lediglich der Vollständigkeit halber die schon ältere Arbeit von MUNK einem genaueren Studium. Ich werde an geeigneter Stelle auf sie näher einzugehen haben.

Im übrigen sind die Ansichten aller Autoren über das Spermatozoon von *Ascaris megalocéphala* im Prinzip ziemlich übereinstimmend. Es besteht — sehen wir hier von den später zu besprechenden VAN BENEDENSchen »Typen« ab — aus dem »Kern« und einem stark lichtbrechenden kegel- oder hutförmigen Körper, dem sog.

»Glanzkörper«. Um diese Gebilde liegt ein Protoplasmamantel, der an der breiten Basis breiter und stark gekörnt erscheint. Die Ergebnisse der bisherigen Untersuchungen mußten jedenfalls zu der Ansicht führen:

1) Der Glanzkörper des *Ascaris*-Spermatozoons ist ein unwesentlicher und für die Befruchtung entbehrlicher Teil der Samenzelle.

2) Die *Ascaris*-Spermatozoen wie überhaupt die Nematodenspermatozoen sind Gebilde, die sich mit den typischen Spermatozoen zunächst nicht vergleichen lassen.

Auf Grund meiner eignen Untersuchung der Entwicklung des Spermatozoons von *Ascaris megalcephala bivalens* aus dem Spermatid bin ich indes zu dem Resultat gekommen, daß jener rätselhafte Glanzkörper ein durchaus nicht unwichtiger Bestandteil des Spermatozoons sein müsse. Die Richtigkeit dieser aus der spermatogenetischen Untersuchung sich ergebenden Behauptung ließ sich natürlich nur durch die Feststellung des Verhaltens des Spermatozoons bei der Befruchtung einwandfrei beweisen. Die Untersuchung dieser Vorgänge zeigte in der Tat, daß die aus den spermatogenetischen Beobachtungen gewonnene Vermutung das Richtige traf und daß der Glanzkörper ein nicht unwesentlicher Bestandteil des *Ascaris*-Spermatozoons ist, der später nicht funktionslos zugrunde geht, sondern bei der Befruchtung eine Rolle spielt. Weiterhin führten meine Untersuchungen zu dem Ergebnis, daß das so abweichend von andern Spermatozoen gebaute Spermatozoon von *Ascaris megalcephala* sich infolge des Vorhandenseins gewisser, bisher nicht bekannter Einrichtungen dennoch auf die typischen, mit Spitzenstück und Geißel versehenen Spermatozoen anderer Tiere zurückführen lassen dürfte. Wenn ich mich in dieser Hinsicht recht vorsichtig ausdrücke, so geschieht es deshalb, weil die äußerst schwierige Untersuchung gerade dieser Verhältnisse mich schließlich doch nicht zu dem völlig sicheren Ergebnis führte, zu welchem ich erst gekommen zu sein glaubte. Inwieweit meine Darstellung in dieser Beziehung als beweisend anzusehen ist, muß ich der Beurteilung des Lesers anheimstellen.

Während der ganzen Dauer meiner Untersuchungen waren mir sowohl Herr Professor Dr. E. KORSCHULT wie auch Herr Dr. C. TÖNIGES durch Rat und Tat stets behilflich, wofür ich auch an dieser Stelle meinen herzlichsten Dank ausspreche.

Untersuchungsmethoden.

Da es nicht leicht ist, brauchbare Präparate zu erhalten, so gebe ich die von mir angewandten Methoden etwas genauer an.

Männliche wie weibliche Geschlechtsorgane werden aus dem lebenden Tiere so schnell als möglich herauspräpariert, nachdem man dasselbe, ohne es in ein feuchtes Medium zu bringen, in einer Wachsschale fixiert hat. Dann werden die Organe in die Konservierungsflüssigkeit geworfen. Mit dem Lospräparieren von Darmteilen hält man sich zweckmäßig nicht lange auf; dieselben lassen sich später sehr leicht entfernen, ohne daß die Güte des Präparates Einbuße erleidet.

Zur Konservierung wurde mit Vorteil benutzt vor allem ein Gemisch von 50 Teilen »Alcoholus absolutus«, 50 Teilen Quecksilberbichlorat und 2 Teilen Eisessig, ferner die von BOVERI empfohlene Pikrinessigsäure; auch die ZENKERsche Lösung tat gute Dienste.

Das Material, das zweckmäßig in kleinere Teile zerschnitten ist, wurde durchweg 3 bis 4, auch ohne Schaden selbst 12 Stunden in der Konservierungsflüssigkeit belassen, dann in 60%igen Alkohol nach der eventuellen Entziehung des Quecksilbers durch Bindung mit Jod ausgewaschen und allmählich in höher prozentigen Alkohol übergeführt bis in absolutem Alkohol, in dem man das Material nicht zu lange liegen lassen darf, die nötige Härtung erreicht ist.

Danach werden die Objekte in Xylol oder besser in reines Chloroform gebracht, und, da sie vermöge ihres geringen spezifischen Gewichts die Oberfläche dieser Flüssigkeit überragen und so durch den Luftzutritt geschädigt werden können, durch eine Schicht absoluten Alkohols von der äußeren Luft getrennt. Nach genügender Durchtränkung des Objekts zieht man mit der Pipette den Alkohol vorsichtig ab und überträgt das Material von neuem in reines Chloroform oder Xylol, worin es, wenn kein Fehler gemacht wurde, alsbald untersinkt. Nach kurzer Zeit, etwa einer halben Stunde, wird es in ein Gemisch von Xylol- bzw. Chloroform-Paraffin gebracht und dann nach einer halben Stunde in reines Paraffin eingebettet. Die Einbettungsdauer beträgt in der Regel 4 Stunden bei etwa 60° C.

Die Dicke der verwendeten Schnitte beträgt 4—10 μ .

Gute Färbungen wurden erzielt mit der HEIDENHAINschen Hämatoxylinmethode. Auch Doppelfärbungen dieser Methode mit einer beliebigen Plasmafärbung, wozu sich nach meinen Erfahrungen Lichtgrün besonders gut eignet, fielen zur Zufriedenheit aus. Einfache Pikrokarminfärbungen taten speziell bei der Untersuchung der Spermatiden gute Dienste. Außerdem wurden Färbungen mit Anilinfarbstoffen und Doppelfärbungen von HEIDENHAINschem Hämatoxylin und Bordeauxrot angewendet.

Außer an Schnitten machte ich Beobachtungen an Totalpräparaten, indem ich entweder den Inhalt frischer Geschlechtsorgane lebender Tiere mittels des heizbaren Objektisches in Eiweißglyzerin oder einer schwachprozentigen Zuckerlösung betrachtete oder den auf dem Objektträger ausgepreßten Inhalt durch Osmiumsäuredampf konservierte oder das auf anfänglich beschriebene Weise konservierte Material behandelte, wie dies von VAN BENEDEN und BOVERI angegeben wurde, und es in Glycerin einschloß. Ich finde indes, daß man nach Entziehung des Alkohols durch Xylol und Einschließen in Kanadabalsam mindestens ebenso gute Bilder ohne merkliche Schrumpfung bei genügender Vorsicht erhalten kann.

I. Genese des Spermatosoms aus dem Spermatid.

Ich beginne meine Darstellung da, wo O. HERTWIG und A. BRAUER ihre Untersuchungen abschlossen, mit der Betrachtung des aus der zweiten Teilung des Spermatoocyts hervorgegangenen Spermatids.

Das Spermatid enthält bei *Ascaris megalcephala bivalens*, den wir zum speziellen Gegenstand unsrer Betrachtung nehmen, zwei chromatische Elemente; »dieselben sind,« sagt O. HERTWIG, »durch einen kleinen Abschnitt voneinander getrennt, sie schicken kleine Fortsätze aus, so daß sie ein amöboides Aussehen gewinnen. Dann legen sich beide dicht aneinander, platten sich an der Berührungsfläche ab und nehmen eine halbkugelige Form an. Endlich schmelzen sie zusammen zu einer Kugel. Ab und zu sieht man Kerne, die durch eine Einschnürung oder durch einen in die Substanz eindringenden Spalt ihre Entstehung aus zwei Halbkugeln bzw. aus zwei chromatischen Elementen erkennen lassen.« Diese Elemente liegen in der Mitte der Zelle, dieselben umgibt ein »homogener Hof« (HERTWIG), auch »Kernvacuole« genannt, dann folgt »die Dottermasse«, in welcher noch lange Zeit die Dotterkörner ihre radiäre Anordnung beibehalten (HERTWIG). Außerdem ist wohl nach der Ansicht der meisten Autoren in diesem Spermatid das vor der letzten Zellteilung plötzlich verschwundene Centrosom unsichtbar enthalten.

Und, da dasselbe, wie A. BRAUER wenigstens bei *Ascaris univalens* nachgewiesen, nucleärer Herkunft ist, dürfte es, sofern man es überhaupt als konstantes Zellorgan ansehen will, wiederum seinen Aufenthalt im Kern genommen haben. O. HERTWIG sagt, daß »das bei der Befruchtung wieder auftretende männliche Centrosom in den kleinen kompakten kugeligen Kern eingeschlossen ist«. A. BRAUER: »Ich glaube an ein freies Fortbestehen desselben im Kern in Form und Größe des Zentralkorns. Spätere Untersuchung mit Hilfe eines nur für das Zentralkorn charakteristischen Farbstoffs müssen weitere sichere Anhaltspunkte bringen.«

Es würde nun meiner Ansicht nach für einen Unbefangenen kaum einem Zweifel unterliegen, daß wir in dem oben beschriebenen Spermatid eine typische Zelle vor uns haben, bestehend aus dem in der Mitte gelegenen Kern, enthaltend die allerdings isolierten, zentral gelegenen chromatischen Elemente, die Chromosome und das Achromatin, den »homogenen Hof«, umgeben von dem Cytoplasma mit den eingelagerten »Dotterkörnchen«.

Indes liegt die Sache keineswegs so einfach. Bei dem Studium

des Befruchtungsprozesses gemachte Beobachtungen haben zu dem Ergebnis geführt, daß von seiten des Spermatozoons das chromatische Element zur Spermakernbildung genüge, abgesehen von der im übrigen von H. MUNK lebhaft bestrittenen Behauptung MEISSNERS und CLAPARÈDES, »daß der Kern — unter diesem Kern haben wir hier nur das Kernbläschen zu verstehen, da man das chromatische Element als Nucleolus auffaßte — im unteren Teile des Hodens (Spermatidenstadium) verschwinde«.

Ich sage »abgesehen« hiervon, weil ich ein Stützen auf die MEISSNER-CLAPARÈDESche Anschauung wegen der meines Wissens unwidersprochenen Beweisführung H. MUNKS für wenig berechtigt halten würde.

Also jedenfalls lediglich die Ergebnisse der Untersuchungen über den Befruchtungsvorgang geben dazu Veranlassung, das chromatische Element mit dem Namen »Kern« zu belegen, wobei man indes nicht, wie es vielleicht den Anschein haben könnte, der Ansicht war, daß das Chromatin in sich das Achromatin beherberge. VAN BENEDEN trägt der Ausnahmestellung des fraglichen Kerns insofern Rechnung, als er ihn »noyau chromatique« nennt.

O. ZACHARIAS wendet sich in längeren Ausführungen gegen die Bezeichnung »Kern«, indem er besonders auf die Äquivalenz des »noyau chromatique« mit dem Chromatin des Eikerns hinweist. Wenn er sich doch zum Schlusse für einen einschränkenden Gebrauch des Namens »Kern« erklärt, so ist dies auf eine Äußerung VON GRAFFS und FLEMMING zurückzuführen, dahingehend, daß der Spermatozookopf ein Kern sei, der seine achromatische Substanz völlig verloren habe. Dem ist aber meines Erachtens entgegenzuhalten, daß den mehr zufällig gemachten spermatogenetischen Untersuchungen VON GRAFFS eine derartige abschließende Deutung wohl kaum beizulegen sein dürfte und daß die modernen Untersuchungen mit Sicherheit dargetan, daß das Achromatin dem Kerne bei seiner Neubildung zum Spermatozookopf keineswegs verloren geht. Außerdem sagt FLEMMING, daß der Kopf beim Spermatozoon vom Salamander »fast« ganz aus verdichteter chromatischer Substanz bestehe.

Durch meine eignen Untersuchungsergebnisse sehe ich mich veranlaßt die Bezeichnung »Kern« für das Chromatin des *Ascaris*-Spermatozoons abzulehnen. »Kern« nenne ich beim Spermatid die chromatischen Elemente + Kernvacuole, für die chromatischen Elemente behalte ich die Bezeichnung »Chromosoma« bei.

Fig. 1 der Taf. XX zeigt ein Spermatid von *Ascaris megalo-*

cephala bivalens wie oben beschrieben, nach dem Verschwinden des Zentralkörpers. In der Mitte liegt der Kern, bestehend aus einem hellen Bläschen mit seinen zentral gelegenen, hier deutlich in ihrer Duplizität sichtbaren beiden Chromosomen, darum das Cytoplasma mit den zahlreichen eingelagerten glänzenden Dotterkörnchen.

Beobachten wir zuerst die Veränderungen, die sich am Kern des Spermatis abspielen: Das anfangs helle kugelige Kernbläschen, das die Chromosomen umschließt, beginnt allmählich an Größe zuzunehmen, aufzuquellen und bald sehen wir den wasserhellen Inhalt sich dunkler färben (Fig. 2).

Hat der Kern eine gewisse Größe erreicht, so wird es leicht ersichtlich, daß diese dunklere Beschaffenheit des Kernes durch das Vorhandensein von kleinen Körnchen hervorgerufen wird; das hierdurch erzeugte kernartige Aussehen wird noch wesentlich verstärkt durch ein außerordentlich feines Fadennetz, das das Ganze durchzieht (Fig. 3). Ob die Körnchen in den Knotenpunkten des Fadennetzes gelegen sind, ist schwer zu entscheiden.

Hat der Kern eine bestimmte Größe erreicht, so beginnt er nach allen Richtungen pseudopodienartige Fortsätze auszusenden (Fig. 4), derart, daß die ihn umgebende, ohnehin äußerst schmale, Zone hellen Plasmas stellenweise völlig verdeckt wird. Ich hebe hervor, daß dieses Bild keineswegs durch Schrumpfung entstanden ist.

Nachdem der Kern den ganzen Raum innerhalb des Dotterkörnchenkranzes eingenommen hat, beginnt er sich allmählich abzurunden und für sein weiteres Verhalten scheint die Neigung charakteristisch, sich in die Länge zu strecken, so daß auf diesem Stadium die Samenzelle oft mehr oval als rund erscheint (Fig. 5). Sein Bestreben ist es an einem Pole die ihn offenbar hindernden Dotterkörner beiseite zu schieben (Fig. 6). Auf diesem Stadium, zuweilen etwas früher, zuweilen etwas später sehen wir die vorher zentral gelegenen beiden Chromosome ihre frühere Lage aufgeben und eine mehr periphere Stellung einnehmen (Fig. 7).

Bevor ich auf die Schilderung der weiteren Veränderungen des Kernes eingehe, seien diejenigen besprochen, die das Cytoplasma mit seinen Dotterkörnern erfährt. Sie werden durch dieselben Figuren erläutert (Fig. 1—6).

Mit dem Wachstum des Kernraumes sehen wir die Cytoplasmamasse an Volumen entsprechend abnehmen. Dieser Vorgang spielt sich auf die Weise ab, daß die in dem hellen Cytoplasma suspendierten kleinen Körnchen proportional der Größenzunahme des Kernes

an Zahl ab, an Größe aber zunehmen. Die vorher kugelige Form der Dotterkörner wird zuletzt unregelmäßiger, schollig (Fig. 6—8).

Endlich ist das Cytoplasma zu einer schmalen, den Kern umgebenden Zone geworden, in der eine einzige Reihe großer Dotterschollen eingelagert ist (Fig. 5 und 6). Die in Fig. 3 sichtbar gewordene Zone hellen Cytoplasmas wird, wie man auf den Bildern verfolgen kann, mit dem Wachstum des Kernes auch undeutlicher. Zuletzt ist sie durch den einreihigen Kranz der Dotterkörner fast völlig verdeckt, um indes bei dem im folgenden zu schildernden Vorgang wieder sichtbar zu werden.

Wie schon oben angedeutet, sehen wir in Fig. 6 den Kern mit seinem den Chromosomen gegenüber liegenden Pole sich zwischen die Dotterschollen hineindrängen; die Dotterkörner weichen, dem Drucke des Kernes nachgebend, auseinander (Fig. 7).

Nunmehr sehen wir den einer freieren Ausdehnung fähigen Kern seine kugelige Gestalt aufgeben und in der Richtung der geringeren Spannung, das nun wieder sichtbar werdende, ihn als dünnen Saum umgebende Cytoplasma, vor sich herschiebend, sich ausdehnen, gleichsam hervorquellen (Fig. 8).

Bald hat die Zelle nach vollendeter Streckung des Kernes eine kegelförmige Gestalt angenommen (Fig. 8 und 9).

Die Körnchenmenge des Kernes hat sich während der zuletzt geschilderten Vorgänge augensichtlich vermehrt. Von einer fädigen Struktur ist infolge der dichten Aneinanderlagerung der Körnchen nichts mehr zu sehen. Diese Verdichtung des Kerninhalts bildet das auffälligste Moment der späteren Veränderungen der Kernsubstanz. Die Verdichtung wird schließlich so intensiv, daß man, ohne die Genese zu kennen, glauben könnte, einen ganz homogenen nucleolusartigen Körper vor sich zu haben.

Von diesem Stadium an sieht man auffallenderweise die Chromosome außerhalb der eigentlichen Kernmembran liegen, wenigstens vermag ich dieses Verhalten nicht anders aufzufassen.

Zunächst erfordert das Schicksal der Dotterkörner wieder unsere Aufmerksamkeit.

In Fig. 6 und 7 erscheint noch der weitaus größte Teil des Kernes von diesen merkwürdigen Gebilden umgeben, in Fig. 8 ist dies noch mit einem kleinen Teile des Kernes der Fall, während sie in Fig. 9 nur noch in der den stumpfen Kernpol bedeckenden Plasmamasse liegen. In Fig. 10 sind die Schollen völlig verschwunden.

Wie dies Verhalten jener Plasmaeinlagerungen zu erklären ist,

kann ich mit Bestimmtheit nicht angeben, doch müssen sie wohl einer allmählichen Auflösung verfallen.

Es ist auch schwer zu konstatieren, wann bzw. wo jener Verlust stattfindet. Es ist überhaupt fraglich, ob dieser Prozeß streng an eine bestimmte Örtlichkeit gebunden ist. Denn während MUNK feststellt, daß dieser Verlust der »lichtbrechenden Körner« in dem männlichen Geschlechtsorgan eintritt, meint VAN BENEDEEN, der Vorgang spiele sich im Uterus ab. Ich selbst habe stets nur als letztes Spermatischenstadium der männlichen Samenblase das in Fig. 9 dargestellte gefunden und als erstes Spermatischenstadium des Uterus das in Fig. 10 dargestellte, das sich dem ersteren unmittelbar anreihen dürfte. Das verschiedenartige Aussehen der Fig. 9 einerseits und der Fig. 10 andererseits ist, abgesehen von dem bereits besprochenen Verlust der Dotterkörner, lediglich durch die Verschiedenheit der Tinktion bedingt. Fig. 9 ist mit Pikrokarmine, Fig. 10 nach HEIDENHAIN gefärbt.

In Fig. 10 haben wir ein Spermatische vor uns, bestehend aus dem jetzt schon recht scharf umschriebenen Körper, der dem späteren »Glanzkörper« entspricht und den basal von diesem gelegenen Chromosomen, sowie dem Protoplasmamantel. Nach meinen Beobachtungen geht der »Glanzkörper« aus dem Kern hervor. Ich möchte diese indifferente Bezeichnung, die er seiner homogenen Beschaffenheit und seinem starken Lichtbrechungsvermögen verdankt, beibehalten. Die Bildung des Glanzkörpers, der uns in Fig. 10 schon ziemlich deutlich entgegentritt, wird durch die vorher beschriebenen Umwandlungsstadien der Spermatische (Fig. 6—9) eingeleitet.

Die Veränderungen, die sich weiterhin an ihm vollziehen, bestehen im wesentlichen in einer Verdichtung seines Inhalts und der Veränderung seiner Form (Fig. 10, 11, 18, 21). Die anfangs halbkugelige Zelle entwickelt sich durch allmähliche Streckung zu einem kegel- bis spitzkugelförmigen Gebilde¹.

¹ Es ist hier vielleicht auch am Platze auf das Vorhandensein von Riesenspermatozoen von *Ascaris megalcephala* hinzuweisen. Man findet relativ häufig im Uterus Spermatozoen, deren Glanzkörper an Volumen den der normalen Spermatozoen um ein Vielfaches übertreffen (Fig. 24). Dem Vorkommen dieser Riesenspermatozoen entspricht das Vorhandensein von Riesenspermatischen (Fig. 23). Über ihre Genese habe ich keine Beobachtungen gemacht. Die Chromosomen weichen in ihrer Morphologie anscheinend nicht von denen normaler Spermatozoen ab.

Zu erwähnen wäre auch noch die Veränderlichkeit in der Form der Samenzelle, insofern sie sich unter Umständen stark zu strecken vermögen und eine

Was das Verhalten der Chromosome anbetrifft, so ist es wohl kein Zufall, daß ihre Duplizität an den Spermatidenanfangs- und Endstadien sehr leicht zu konstatieren ist, während man bei den Zwischenstadien oft lange suchen muß, um diese Erscheinung zu Gesicht zu bekommen. Es hängt dies Verhalten offenbar mit der Tätigkeit der Chromosome zusammen; im Spermatidenstadium deutet die Lücke zwischen den beiden Chromosomen die letzte Phase der Aktion der chromatischen Elemente vor dem nun folgenden Stadium relativer Ruhe an, während sie in den Endstadien der Entwicklung der Samenzelle gleichsam die Einleitung zu der weiteren wichtigen Funktion des Chromatins bei der Befruchtung darstellt.

Das Plasma umgibt als dünner Saum die Samenzelle. Dieser Saum erscheint an der Basis der Zelle etwa um das drei- bis fünf-fache verdickt und an eben dieser Stelle meist erst gegen Ende der Zellausbildung mit körnigen Einlagerungen versehen (Fig. 11, 18, 21). Auch der dünne Saum des übrigen Zelleibes zeigt meist Körnchen-einlagerungen. Jedoch sind die letzteren kleiner und treten färberisch weniger stark hervor. Beziehungen zu den Dotterkörnern der Spermatide sind nicht nachzuweisen, es scheint vielmehr, als ob diese Körnchen Nährmaterial darstellen.

Ziehen wir nunmehr einen Vergleich zwischen meiner Auffassung von der Genese des Spermatozoons mit der VAN BENEDEN-JULIN-schen, so ergibt sich mit Bezug auf den Glanzkörper ein wesentlicher Unterschied.

Während ich annehme und aus meinen Präparaten zu beweisen in der Lage bin, daß das »corps réfringent« sich aus dem Kernbläschen der Spermatocyte entwickelt, behaupten VAN BENEDEN und JULIN: »le corps est un produit de la transformation du protoplasme de la papille caudale«. Diese Behauptung ist aber meines Erachtens durch nichts bewiesen. Da der betreffenden Abhandlung Abbildungen nicht beigegeben sind, halte ich mich an die Abbildungen der aus dem Uterus stammenden Samenkörper, die in der ein Jahr früher erschienenen »Fécondation« VAN BENEDENS wiedergegeben sind. Ein Bild, Fig. 3, Taf. XI, von VAN BENEDEN als eine Form des »type pyriforme« bezeichnet, stellt eine kugelige Zelle dar, in deren Mitte das von einem hellen Hofe umgebene Chromatin liegt, das darum gelegene Plasma tritt an einer Stelle zipfelförmig hervor. Dieses Bild würde offenbar die Behauptung von der plasmatischen Natur des fast stabförmige Gestalt annehmen (Taf. XX, Fig. 22). Spermatozoen dieser Art finden sich überaus häufig in den Furchen des Uterusepithels.

Glanzkörpers illustrieren können. Ich kann dem nur entgegensetzen, daß mir während der ganzen Dauer meiner umfassenden Untersuchungen in meinen mit den verschiedensten Färbemitteln behandelten und auf verschiedene Weise konservierten Schnittpräparaten dies Stadium in dieser Darstellung nie zu Gesicht gekommen ist. Vielmehr trat hier immer färberisch eine überaus deutliche Scheidung zwischen Plasma und dem heranwachsenden Glanzkörper zutage, abgesehen, davon, daß letzterer von einer deutlichen Membran umgeben ist, während die Kernnatur natürlich nur auf früheren von VAN BENEDEN nicht abgebildeten in Fig. 3, 4 ersichtlichen Bildern zutage tritt.

Daß man übrigens bei den Beobachtungen von so kleinen, allzuleicht verletzbaren Zellelementen sehr leicht Täuschungen ausgesetzt ist, zumal bei Untersuchung von Totalobjekten mit Immersion, wo ein schädigender Druck auf das Deckglas schwer zu vermeiden ist, habe ich selbst recht unliebsam erfahren. Und ist es doch VAN BENEDEN selbst, der tadelnd hervorhebt, daß NUSSBAUM durch ungeeignete Manipulationen, die zum Abbrechen des Glanzkörpers führten, zu der Behauptung gekommen ist, daß vor dem Befruchtungsakte der Glanzkörper vom Spermatozoon abgeworfen werde.

Daß es indes möglich ist, selbst bei schwacher Vergrößerung die Bildung des Spermatozoons zu verfolgen bzw. zu der Erkenntnis zu gelangen, daß der Kern bzw. das Kernbläschen sich zu dem Glanzkörper entwickelt, zeigt bereits die aus dem Jahre 1858 stammende Arbeit von H. MUNK. Er sagt in dieser Beziehung: »Die Entwicklungszellen der Samenkörperchen, wie wir sie oben verlassen haben, bestanden aus einem Kern, der sich äußerlich nur durch das hellere Zentrum der Körperchen zu erkennen gibt, mit einem dunkeln runden Kernkörperchen (Chromosom) aus einer zähen unregelmäßigen körnigen, den Kern umschließenden Masse, endlich aus einer die letztere umgebenden Zellmembran Die zähe körnige Masse wird allmählich schmaler, das helle Zentrum, der Kern, nimmt immer mehr an Größe zu, bis endlich nur noch eine feine Schicht von Körnchen zwischen dem Kern und der Zellmembran übrig geblieben ist. Jetzt geht mit dem Kern eine bedeutende Veränderung vor sich: er verdichtet sich und zwar zur Form einer hohlen Halbkugel, wobei sein Lichtbrechungsvermögen sehr zunimmt. Gleichzeitig ist auch die letzte schmale Schicht an Körnchen zwischen dem Kern und der Zellmembran verschwunden

Die Entwicklungszelle besteht also jetzt aus einem soliden, stark lichtbrechenden Kerne von der Form einer hohlen Halbkugel oder

einer englischen Mütze mit einem Kernkörperchen, das unter einer feinkörnigen flockigen Masse in der Höhlung des Kernes liegt.«

»Wir sind jetzt zur letzten Veränderung der Entwicklungszelle gelangt, die in dem Zugrundegehen der Zellmembran, wahrscheinlich durch Platzen derselben besteht. Der Kern wird hierdurch frei, streckt sich, wenn er gekrümmt war und stellt das reife Samenkörperchen vor Wir hatten oben eine Frage offen gelassen. MEISSNER, BISCHOFF und CLAPARÈDE lassen den von der körnigen Masse umhüllten bläschenartigen Kern im Hoden noch vor dem gegen Ende desselben stattfindenden Teilungsprozeß verschwinden, untergehen; ich habe behauptet, daß das Kernbläschen persistiert. Die Frage konnte vorher unwesentlich erscheinen, sie hat aber jetzt große Bedeutung erlangt, wo wir aus dem bläschenartigen Kern unmittelbar das reife Samenkörperchen haben hervorgehen sehen.«

Man sieht, daß diese Darstellung von H. MUNK mit der meinigen viel Übereinstimmendes zeigt, ganz besonders, was die Entstehung des Glanzkörpers aus dem Kern betrifft. Ich erwähnte bereits und darf es nochmals hervorheben, daß ich ohne Kenntnis der MUNKSchen Arbeit zu dieser Auffassung gelangt war.

Eine weitere Stütze erfahren meine Beobachtungen meiner Ansicht nach durch die interessanten mikrochemischen Untersuchungen L. AUERBACHS über das *Ascaris*-Spermatozoon. Der Verfasser kommt zu folgenden Resultaten: »Bei meinen Doppeltinktionen hat sich nun aber konstant ergeben, daß sowohl der kugelige Samenkörper des Kopfes (»Kopf« nach VAN BENEDEN, kugeliges Samenkörper = Chromosome, Anm. d. Verf.) als auch der kegelförmige Einschluß (= Glanzkörper) des hinteren Abschnittes mit blauer Farbe aus der Procedur hervorgehen, während alles Übrige an dem Gebilde rot gefärbt ist. Danach könnte dieser Körper sehr wohl gleichsam ein Auswuchs des Kernes sein.«

Zur Ergänzung füge ich hier gleich eine weitere, allerdings mehr in den zweiten Teil meiner Arbeit gehörige Bemerkung desselben Autors bei: »Wenn aber auch die Substanz dieses Körpers (Glanzkörper, Anm. d. Verf.) in gewissem Sinne überschüssig ist, so kann ich doch nicht umhin, wenigstens kurz zu bemerken, daß ich nach meinen Beobachtungen über die ersten Vorgänge im befruchteten Ei von *Ascaris megalocéphala* Grund zu der Vermutung habe, daß der accessorische Innenkörper des Spermiums zwar zur Befruchtung nicht nötig ist (s. hierüber meine

Ausführungen S. 411, 412 und 416) aber, wenn vorhanden, doch nicht so gänzlich funktionslos sein dürfte, wie bisher angenommen wurde.«

Zum Schlusse noch einen weniger wichtigen Punkt, in dem meine Befunde von den VAN BENEDENSchen abweichen.

Wie schon oben gesagt, entsteht nach VAN BENEDEN und JULIN das corps réfringent durch Umwandlung des Schwanzplasmas. (Den größten vom Glanzkerne eingenommenen Teil des Samenkörpers nennt VAN BENEDEN gelegentlich »Schwanz«; er besteht nach ihm vollständig aus Plasma.)

Dies Schwanzplasma ist nach VAN BENEDEN von einer Membran umgeben. Nun wandelt sich nach demselben Autor dieses innerhalb der Membran liegende Plasma auf irgend eine Weise — wie wird nicht näher erläutert — in das corps réfringent um. Das heißt nur ein Teil des Cytoplasmas, denn wie aus einer andern Stelle hervorgeht, befindet sich zwischen Membran und corps réfringent noch eine cytoplasmatische Verkleidung. Nach dieser Darstellung würde also der Glanzkörper selbst membranlos sein, und ferner muß man annehmen, daß das Schwanzplasma aus zwei differenten Partien besteht, deren eine den Glanzkörper, deren andre die cytoplasmatische Verkleidung liefert, eine Annahme, die doch wenig Wahrscheinlichkeit für sich hat.

Was nun aber das Vorhandensein der von VAN BENEDEN behaupteten Membran angeht, so wird ihre Existenz von BOVERI stark angezweifelt, ebenso, wie wir oben gesehen haben, von H. MUNK. Ich selbst habe ebenfalls am Spermatozoon nie eine isolierbare Membran konstatieren können, wohl aber eine Membran, die den Glanzkörper umhüllt; diese Membran ist auch von andern Autoren gesehen worden und sie ist nach meinen Befunden noch lange im Ei nach der Befruchtung, wie ich später noch ausführen werde, vorhanden. Weiterhin! VAN BENEDEN sagt, daß das basal unter den Chromosomen gelegene Plasma keine solche Membran besitzt. Den Beweis für diese Membranlosigkeit sieht VAN BENEDEN in der Tatsache, daß sich um diese »hémisphère céphalique« post mortem eine helle blasse Kontur befindet, die offenbar ausgetretene Flüssigkeit darstellt; denn niemals zeigt sich die leiseste Runzel, was doch offenbar bei dem Vorhandensein einer Membran der Fall sein würde. — Ist diese Beweisführung richtig, so existiert, abgesehen von allem andern, die von VAN BENEDEN behauptete Membran auch nicht, da die gleiche blasse Zellflüssigkeitszone auch in der Umgebung der Plasma-bekleidung des Glanzkörpers zu finden ist, sowohl an frischem wie

konserviertem Material. Diese Beweisführung würde auch indirekt für die Anwesenheit der von VAN BENEDEN gelegneten Glanzkörpermembran sprechen, indem an gut konservierten Spermiosomen der Glanzkörper stets prall und glatt ist, an schlecht konservierten sich aber zahlreiche Runzeln und Falten zeigen, wie sie in vielen VAN BENEDENSchen Abbildungen deutlich als solche zu erkennen sind; die äußerste Umgrenzung des Spermatozoons zeigt aber an diesen Bildern nie eine Faltung oder Schrumpfung. — Die strenge Scheidung aber von Cytoplasma und Glanzkörper muß schon darauf hindeuten, daß wir es mit zwei genetisch verschiedenen Substanzen zu tun haben.

Das reife Spermatozoon.

Neben der übereinstimmenden Ansicht der Autoren, daß das fertige Spermatozoon die bekannte Spitzkugelform hat, existiert eine abweichende Darstellung VAN BENEDENS, die meines Wissens unerörtert geblieben ist. VAN BENEDEN stellt bekanntlich vier Typen der *Ascaris*-Spermatozoen auf:

1) Type sphéroidale, 2) type pyriforme, 3) type campanuliforme, 4) type conoide. Diese Typen entwickeln sich nacheinander derart, daß der Kegeltypus das Endstadium darstellt. Nehmen wir mit VAN BENEDEN an, daß diese Entwicklungsstadien vielleicht mit Ausnahme des »type sphéroidale« befruchtungsfähige Spermatozoen darstellen, so müssen wir bei *Ascaris* eine normale Befruchtung durch unreife Spermatozoen für Regel halten. Denn als unreife Spermatozoen müssen wir doch Samenzellen bezeichnen, deren Entwicklungsgang noch nicht abgeschlossen ist. Betrachten wir diese vier Typen VAN BENEDENS näher:

Die Entstehung des ersten Typus geht nach VAN BENEDEN in der Weise vor sich, daß die lichtbrechenden Körner des Spermatisid verschwinden. Wir haben also hier das von uns in Fig. 1—6 dargestellte, früher beschriebene Spermatisidenstadium vor uns. Ein Vergleich dieses in Fig. 1 und 13 auf Taf. XI von VAN BENEDEN dargestellten Gebildes mit obigem zeigt aber wohl zur Genüge, daß jenes von VAN BENEDEN im Uterus gefundene und das von mir auf Schnittpräparaten in seiner Genese genau verfolgte Spermatisid zwei sehr verschiedene Dinge sind.

In Schnitten habe ich ein solches Gebilde nie gefunden, wohl aber sehr häufig bei Untersuchung frischer bzw. konservierter totaler Samenkörper. Diese Bilder kamen dadurch zustande, daß sich der Glanzkörper ablöste, während sich der übrige Teil in der Gestalt des VAN BENEDENSchen »type sphéroidale« dem Auge präsentierte, ein

Bild, wie es VAN BENEDEN selbst in seiner Fig. 4 derselben Tafel zur Abbildung bringt.

Wäre das fragliche Körperchen ein Spermatid, so müßte man allenfalls annehmen, daß die körnige Masse Kernsubstanz sei, an der noch keine Verdichtung eingetreten sei; dem widerspricht aber sowohl die zentrale Lage des Chromatins als anderseits das Fehlen von Cytoplasma. Ziehen wir aber Fig. 13 etwa mit Fig. 18 in Vergleich, und bedecken hierbei den Glanzkörper der Fig. 18, so ist der Gedanke kaum abzuweisen, daß wir es in dem type sphéroïdale mit einem arteficiellen Gebilde zu tun haben.

Die zwei nächsten Typen, die in den folgenden Bildern bis Fig. 29 dargestellt sind, bedürfen keiner längeren Erörterungen. Es sind etwa meine in Fig. 11—13, Taf. XX abgebildeten Zellen, die die Umformung des Glanzkörpers zu der typischen granatförmigen Gestalt demonstrieren.

Meine Einwände gegen die VAN BENEDENSche Anschauung von der plötzlichen Bildung eines Glanzkörpers, gegen die Plasmanatur, Membranlosigkeit des Glanzkörpers usw. habe ich schon des näheren erörtert.

Wenngleich meines Wissens VAN BENEDEN nicht ausdrücklich versichert, daß sein type sphéroïdale nicht copulationsfähig ist, scheint er doch dieser Ansicht zu sein. Denn ein befruchtungsfähiges Spermatozoon besteht nach ihm außer der granulierten »Kopfhälfte« aus einem »Schwanz«, der entweder ausschließlich aus Protoplasma oder aus einem lichtbrechenden Körper + Protoplasma besteht.

Der Vollständigkeit halber erwähne ich, daß VAN BENEDEN unter seinem »type conoïde« eine Reihe von Formverhältnissen seines »corps réfringent« anführt, die offenbar zum großen Teil nur pathologischer Natur sind. Hiervon kann man sich sehr leicht bei Untersuchung frischen Materials überzeugen; in einigen Minuten entstehen die Formen, die VAN BENEDEN als die eines »tigelle« oder eines »bâtonnet axial« oder als »bien cannelée« bezeichnet, vor unserm Auge. In gut konservierten Schnitten sind derartige Gebilde keinesfalls zu erblicken. War es an und für sich ziemlich unwahrscheinlich, daß Spermatozoen, die ihre Entwicklung noch nicht abgeschlossen haben, schon befruchtungsfähig seien, so sind meiner Ansicht nach noch drei gewichtige Punkte vorhanden, die dies geradezu unmöglich machen dürften.

Der erste Punkt ist die seit langem bekannte Tatsache, daß die Befruchtung an einen bestimmten Abschnitt, an das sog. Receptaculum

seminis gebunden ist, eine Örtlichkeit, die relativ weit von der Scheide entfernt ist; ehe die Spermatozoen hierher gelangt sind, haben sie wenigstens nach meinen Erfahrungen Entwicklungsstadien, wie sie z. B. Fig. 3—6 in Taf. XI der VAN BENEDENSchen Arbeit angedeutet sind, längst durchlaufen.

Ferner spricht gegen die VAN BENEDENSche Auffassung auch die von mir zuerst gefundene Tatsache, daß im Uterus bzw. speziell im Receptaculum seminis, also an dem Orte, wo die Befruchtung sich abspielt, sich überaus charakteristische Nährzellen, die nur Spermatosome vom »type conoide« in ungeheurer Anzahl beherbergen, sich befinden. Auf diese Verhältnisse werde ich später noch näher einzugehen haben.

Ein dritter und meines Erachtens nicht der unwichtigste Einwand aber ist die Anwesenheit eines von mir aufgefundenen Zellapparats, den ich als Spitzenstück des Spermatozoons bezeichne und weiter unten näher beschreiben will.

Ferner habe ich mehrfach an reifen Spermatozoen das Vorhandensein eines zarten Fadens beobachtet, der, von den Chromosomen ausgehend, in etwas schräger Richtung das Plasma durchzog, dessen äußere Begrenzung er meist zu überragen schien. Hier und da bemerkte ich an demselben zwei Verdickungen oder Körnchen (Taf. XX, Fig. 18). Wennschon es mir mit Rücksicht auf die Kernnatur des Glanzkörpers und die Anwesenheit des Spitzenstückes nicht gar zu gewagt erscheinen dürfte, in dem zuletzt erwähnten Gebilde ein dem Achsenfaden anderer Spermatozoen äquivalentes Gebilde zu erblicken, so möchte ich doch, wie ich schon anfangs ausgeführt habe, mit Rücksicht auf die Schwierigkeit einer derartigen Untersuchung, die insbesondere durch die Einlagerung von dunkelgefärbten Körnchen in die cytoplasmatische Substanz bedingt ist, mich äußerst vorsichtig ausdrücken, da die Möglichkeit einer Täuschung nach dieser Richtung nicht ausgeschlossen erscheint, zumal meine Hoffnung, Zentralkörper in der Spermotide, und zwar speziell in Verbindung mit jenem Fädchen nachzuweisen, sich trotz allem Bemühen nicht erfüllt. Alle Versuche in dieser Richtung scheiterten an dem Umstand, daß es zur Zeit kein spezifisches Färbemittel für Centrosomen gibt. Im basalen Teil des *Ascaris*-Spermatozoons sind so viele sich ähnlich dem Centriol färbende Gebilde, daß es unter keinen Umständen zu rechtfertigen wäre, selbst wenn sich die Bilder noch so verlockend präsentieren, in dieser Beziehung positive Angaben zu machen.

Nach meiner Darstellung würde sich das reife Spermatozoon,

so weit wir es bis jetzt kennen, zusammensetzen aus den Kernelementen, bestehend aus dem spitzkugelförmigen, von einer Membran umschlossenen Glanzkörper, an dessen Spitze sich das Spitzenstück befindet, den basal hiervon gelegenen Chromosomen und einem Plasmamantel, der an dem dem Spitzenstück gegenüberliegenden Pole beträchtlich dicker erscheint und mit körnigen Einlagerungen versehen ist, und in dem an eben dieser Stelle ein vielleicht dem Achsenfaden entsprechendes Fädchen auftreten kann.

Das Spitzenstück.

In Fig. 20 und 21 der Taf. XX ist ein Bestandteil des *Ascaris*-Spermatozoons zu erkennen, welcher trotz den zahlreichen Untersuchungen an den Geschlechtszellen der Nematoden, der Aufmerksamkeit der Forscher bisher entgangen ist. Es handelt sich um ein an der Spitze des Spermatozoons gelegenes Gebilde, bestehend aus einer basal gelegenen kreisförmigen Platte, die an ihrer Peripherie etwas verdickt erscheint und einem sich aus dem Zentrum dieser Platte erhebenden Stifte, der an seinem distalen Ende knopfförmig verdickt ist.

Dieses Gebilde entsteht nach meinen Untersuchungen aus einem gegen Ende der Entwicklung der Samenzelle an deren Spitze auftauchenden, nicht färbbaren sphärenartigen Gebilde (Taf. XX, Fig. 12), dessen Herkunft festzustellen mir leider nicht möglich war.

An der Basis dieses hellen Bläschens sieht man des weiteren eine schmale stark färbbare Platte auftreten (Taf. XX, Fig. 13). Von der Mitte dieser Platte ragt im späteren Verlaufe der Entwicklung ein feiner Faden in das Innere der Sphäre hinein (Taf. XX, Fig. 13); dieser Faden trägt auf einem gewissen Stadium an seinem distalen Ende ein kleines Knöpfchen (Taf. XX, Fig. 14). Ob dieses Knöpfchen genetisch auf den Verbindungsfaden mit der Basalplatte zurückzuführen ist, ist nicht so leicht zu entscheiden, da diese Vorgänge ja nur an Schnittpräparaten zu studieren sind.

Einerseits kamen mir, wenn auch selten, Bilder zu Gesicht, die das Körnchen ohne Faden zeigen, die aber vielleicht durch schräge Schnittführung, wodurch der Faden eliminiert wurde, zu erklären sein könnten, andererseits waren Bilder, welche die Basalplatte in Verbindung mit dem Knöpfchen zeigten, relativ häufig zu sehen.

Im weiteren Verlaufe der Entwicklung nimmt die Basalplatte an Dicke und Färbbarkeit immer mehr zu (Taf. XX, Fig. 15, 16, 17), während der Faden mit dem Endknöpfchen ebenfalls unter Volumen-

zunahme bis zur Peripherie der Sphäre heranwächst. Hier — oft auch schon früher — beginnt sich die Form des helleren Teiles der Sphäre in degenerativer Weise zu verändern; er hängt dem nun nahezu ausgebildeten neuen Zellapparate zuletzt noch müthenartig an (Taf. XX, Fig. 17, 18), um schließlich ganz zu verschwinden (Taf. XX, Fig. 19). Das in Fig. 20 und 21, Taf. XX, dargestellte Gebilde hat offenbar den Grad der höchsten Vollendung erreicht. Eine weitere Formveränderung tritt nicht ein. Die Färbung des vorbeschriebenen Zellapparates nach HEIDENHAIN differiert anscheinend nicht von der der Chromosome und unterscheidet sich lebhaft von der des Glanzkörpers, dem er ansitzt.

Das vorbeschriebene Gebilde glaube ich als Spitzenstück des *Ascaris*-Spermatozoons ansprechen zu dürfen.

Dafür spricht, abgesehen von seiner typischen Gestalt und seiner Lage am spitzen Ende des Samenkörpers, vor allem seine Entwicklung, die, soweit bekannt, in dem wesentlichen Punkte mit der anderer typischer Acrosome übereinstimmt, ferner auch die Art des Eindringens der Spermatozoen in das Ei, die ich später beschreiben werde, endlich, wenn auch indirekt, die Lagerung der Spermatozoen mit dem spitzen Ende in den von mir als »Nährzellen« angesprochenen Uterusepithelzellen (Taf. XXI, Fig. 43 und 44), kurz dieselben Verhältnisse, wie sie bei typischen Spermatozoen schon länger genauer bekannt sind.

II. Umwandlung des Spermatozoons im Ei.

1. Eindringen des Spermatozoons ins Ei.

Bevor ich den Umwandlungsprozeß des Samenkörpers im Ei handle, ist die Frage zu erledigen, wie das Eindringen des Spermatozoons in das Ei vor sich geht. Über diesen Punkt sind die Ansichten der Autoren sehr verschieden. Diese Meinungsdivergenz geht Hand in Hand mit der differenten Auffassung über die äußere Beschaffenheit des befruchtungsfähigen Eies, insofern dasselbe mit einer Membran versehen sein soll oder nicht.

Auf die Verschiedenheit der Ansichten über die Beschaffenheit des Eies sind ebenfalls die sehr differenten Auffassungen über die Bildung einer Schutzvorrichtung gegen Polyspermie zurückzuführen. So läßt VAN BENEDEN das Spermatozoon eine Mikropyle seinen »bouchon d'imprégnation« aufsuchen, während nach O. ZACHARIAS das Spermatozoon membranauflösende Eigenschaften besitzt.

Die VAN BENEDENSche Schutzvorrichtung gegen Polyspermie besteht erstens in der Eigenschaft des Samenkörpers, mit seiner hüllenlosen Basis an eine hüllenlose Stelle des Eies, also die Mikropyle, sich zu begeben und einzudringen, um dann, wenn es zur Berührung der Membranen des Eies und des Spermatozoons gekommen ist, zusammen mit seiner und der Eimembran zu einer einzigen zu verschmelzen. Diese so aus beiden Geschlechtszellen sich bildende »Membrane ovospermatique« ist es, die dem weiteren Eindringen von Spermatozoen Einhalt gebietet (VAN BENEDEN Fécondation S. 164). Nach meinen Untersuchungen existiert eine Membran im Sinne VAN BENEDENS am Spermatozoon nicht (s. S. 409). Auch BOVERI bemerkt da, wo er dieser VAN BENEDENSchen Auffassung von dem Copulationsvorgange widerspricht, daß er die Existenz einer solchen Membran nicht habe konstatieren können.

BOVERI nimmt an, daß ähnlich wie bei Eiern von anderen Tieren das Ei von *Ascaris* infolge des Copulationsaktes sofort auf seiner ganzen Oberfläche in der Weise verändert wird, daß die übrigen Spermatozoen am Eindringen in dasselbe verhindert werden.

Nach KULTSCHITZKY entsteht die Eimembran infolge der Vereinigung des Sperma- und Eiprotoplasmas, während POLJAKOFF sogar sagt: »Der Samenkörper, der sich sofort nach seiner Berührung mit dem Ei nährt, bekleidet selbst das Ei mit der Membran.«

In einem andern Kapitel werde ich etwas näher auf die äußere Beschaffenheit des reifen Eies einzugehen haben; es genüge hier die Bemerkung, daß nach meinen Erfahrungen das reife Ei sowohl relativ hüllenlos, als auch mit einer sehr deutlichen Membran bekleidet sein kann. Was die Art des Eindringens angeht, so habe ich sowohl an Totalpräparaten wie auch an Schnitten verschiedenster Konservierung Bilder gesehen, die wohl kaum einen Zweifel darüber lassen, daß das Eindringen des Spermatozoons, wie dies nach dem Studium seiner Genese und der Anwesenheit des Spitzenstückes auch erwartet werden mußte, mit dem spitzen Ende erfolgt (Taf. XX, Fig. 25, 26, 27).

Äußerst selten kamen mir Bilder zu Gesicht, die nur das von den Autoren geschilderte Eindringen mit der Basis hätten illustrieren können. Ich muß es für wahrscheinlich halten, daß man hinsichtlich der Deutung der Bilder, die die Spermatozoen mit ihrer Basis der Außenfläche der Eier anhaftend zeigen, einer Täuschung unterworfen war.

Es ist naheliegend, daß die in der Umgebung des Eies zahlreich vorhandenen Spermatozoen dieses von allen Seiten berühren und ihm auch mit dem weichen (stumpfen) cytoplasmatischen Ende anhaften.

Solche Bilder aber sind ebenso häufig an befruchteten wie unbefruchteten Eiern zu sehen. Ich muß es aber nach meinen Beobachtungen für unwahrscheinlich halten, daß das Eindringen des Spermatozoons wirklich mit dem stumpfen Ende voran erfolgt.

Eine Befruchtung durch ein Spermatozoon ohne Glanzkörper ist von mir nie beobachtet worden. Vielmehr fand ich sowohl am Orte der Befruchtung, wie auch im eben befruchteten Ei immer nur wohl ausgebildete typische Spermatozoen, wie ich sie im ersten Teile meiner Abhandlung als solche beschrieben und abgebildet habe. Im übrigen betone ich nochmals, daß »type campanuliforme« und »pyriforme« bereits im Besitze des »corps réfringent« bzw. eines dem corps réfringent identischen Körpers sind und somit keine prinzipiell abweichende Form darstellen.

2. Das Spermatozoon im Ei.

a. Während seiner Wanderung zum Eizentrum.

Sobald das Spermatozoon die Eiperipherie durchbrochen hat, wandert es nach der übereinstimmenden Schilderung aller Autoren in der Stellung, daß es mit der Spitze der Peripherie des Eies, mit der Basis der Eimitte zu gerichtet ist, dem Eizentrum zu, wo seine hauptsächlichliche Umbildung zum Spermakern vor sich geht.

Auch nach meinen Untersuchungen spielt sich die Wanderung des Spermatozoons in der von den Autoren beschriebenen Lagerichtung ab, mit einem Unterschiede, der aus der von mir beobachteten Art des Eindringens mit dem Spitzenstück sich ohne weiteres ergibt.

Das Spermatozoon macht nämlich, ehe es die in der geschilderten Weise verlaufende Wanderung antritt, eine Drehung um seine Querachse durch, wie sie auch bei andern Tieren nach dem Eindringen des Spermatozoons in das Ei vor sich geht. Die Tatsache dieser Drehung des Spermatozoons, die somit einen weiteren Vergleich dieses Samenkörpers mit dem normalen Samenkörper anderer Tiere ermöglicht, ist durch die Fig. 27, 28, 29 zur Anschauung gebracht. Es ist dieser Vorgang meiner Ansicht nach auch ein indirekter Beweis für das Eindringen des Samenkörpers mit der Spitze. Denn dränge das Spermatozoon mit der stumpfen Basis ein, wären Bilder, die das Spermatozoon in tangentialer Lage in Eidotter zeigen, unerklärlich, es sei denn, man nehme an, das Spermatozoon mache, nachdem es mit der stumpfen Basis nach seinem Eindringen dem Mittelpunkt zugekehrt ist, eine gänzlich

zwecklose Drehung, um sich nachher wiederum in seine alte Stellung zu begeben.

Daß übrigens auch VAN BENEDEN solche Bilder durchaus nicht selten vorgekommen sind, zeigen seine Figuren 9, 10, 14 und 15 auf Taf. I, S. 410, sowie seine dazu gemachte Bemerkung: »Le spermatozoïde qui était resté pendant un certain temps adhérent à la membrane de l'oeuf par l'extrémité de sa queue et qui, dans beaucoup si non dans tous les oeufs, s'était si je puis ainsi exprimer couché sous la membrane, son axe étant dirigé non pas normalement, mais plutôt tangentiellement à la surface du vitellus se rapproche progressivement du centre de l'oeuf.«

Was weiterhin die Veränderungen des Spermatozoons auf dem Wege zum Eizentrum anbetrifft, so haben meine Untersuchungen auch hier zu Resultaten geführt, die zum Teil wesentlich von denen anderer Autoren verschieden sind. Ich komme zuerst auf den Glanzkörper zu sprechen, dem ich nach meinen spermatogenetischen Befunden erhöhte Aufmerksamkeit schenken mußte. War dieser Körper wirklich nucleärer Herkunft, so mußte er, was mit großer Wahrscheinlichkeit anzunehmen ist, bei der Bildung des Spermakerns verwendet werden; er konnte kaum zweck- und spurlos verschwinden, wie dies angenommen wird.

Die spitzkugelförmige Gestalt des Glanzkörpers geht, wie dies aus den Fig. 27—30, Taf. XX, sowie Fig. 32—35, Taf. XXI ersichtlich ist, allmählich in ausgesprochene Kugelform über. Gleichzeitig mit dieser Gestaltsveränderung erleidet die von einer Membran eingeschlossene, homogen erscheinende Glanzkörpermasse eine merkwürdige Modifikation. Diese Metamorphose geht in der Weise vor sich, daß die homogene kompakte Substanz des Glanzkörpers sich in kleine Körnchen auflöst.

Dieser Vorgang erfolgt nicht plötzlich, sondern nimmt geraume Zeit in Anspruch. Er stellt sich dem Auge in der Weise dar, daß zuerst an der inneren Peripherie der Membran des Glanzkörpers kleine Körnchen auftreten (Taf. XX, Fig. 28 und Taf. XXI, Fig. 33). Diese Körnchenmasse nimmt, je näher der Samenkörper sich dem Eizentrum nähert, zu, und zwar auf Kosten der zentral von ihr gelegenen homogenen Masse (Fig. 27—30 und Fig. 33—37). Da sich dieser Auflösungs Vorgang innerhalb einer geschlossenen Membran abspielt, so kann die Identität dieser feinkörnigen Masse mit der homogenen Glanzkörpermasse nicht angezweifelt werden.

Der oben geschilderte Prozeß geht so lange weiter, bis der von der anscheinend noch intakten Membran des Glanzkörpers umschlossene Raum mit einer feinen körnigen Substanz erfüllt ist (Fig. 38), die sich gegen die Chromosome, auf deren Verhalten ich unten eingehen werde, durch die Färbung scharf abhebt. Zuweilen scheint es, als ob ein Rest des Glanzkörpers von kugeligler Gestalt nicht aufgelöst, sondern ins Eiplasma ausgestoßen werde. Ich habe wenigstens mehrfach Bilder gesehen, die ein solches Kügelchen neben dem sich zum Spermakern umbildenden Spermatozoon, mehr oder weniger weit von der Eiperipherie entfernt liegend, zeigen. Eine derartige Beobachtung ist übrigens von VAN BENEDEN und andern Autoren ebenfalls gemacht worden.

Was das Cytoplasma des Spermatozoons angeht, so wird es auf dem Wege bis zum Mittelpunkt des Eies immer undeutlicher, insbesondere erscheint die Umhüllung des basalen Teiles, der den Chromosomen anliegt, feinkörniger, zarter, die Umrisse desselben unregelmäßiger und die Masse verringert (Fig. 34—36, Taf. XXI). Die Beobachtungen VAN BENEDENS, daß das Cytoplasma des Spermatozoons, sobald es mit dem Ei in Berührung gekommen ist, sich mit Karminfarben intensiver als das Plasma des freien Spermatozoons färbe, in so charakteristischer Weise, daß man diese Eigenschaft gleichsam wie eine chemische Reaktion zur Unterscheidung des freien Spermatozoons von copulierten benutzen könne, kann ich nicht bestätigen. Vielleicht handelt es sich bei der Beobachtung dieser scheinbaren Reaktion des Spermaplasmas um einen Irrtum, indem die sich auflösende Glanzkörpermasse zum Teil für Cytoplasma gehalten wurde. Hierzu würde auch die Annahme von VAN BENEDEN stimmen, daß sich die Plasmahülle des Glanzkörpers nach dem Eindringen verdicke. Und in der Tat sind diese Verhältnisse an mit Karmin gefärbten Objekten und zumal an Totalpräparaten weit weniger deutlich zu beobachten.

Die Chromosome blieben während des Verlaufs der hier beschriebenen Vorgänge zunächst anscheinend unverändert an ihrer früheren Stelle, der Basis des Glanzkörpers, liegen. Es ist indes hervorzuheben, daß man sie nunmehr fast immer durch einen deutlichen Zwischenraum voneinander getrennt findet. Dieser Ruhezustand nimmt indes ein Ende, sobald die Umwandlung des Glanzkörpers ganz oder teilweise abgeschlossen ist.

Man sieht in diesem Stadium die beiden Chromosome ihre Lage

in der Weise verändern, daß sie die hintere Grenze des Glanzkörpers überschreiten (Taf. XXI, Fig. 36).

Im weiter fortgeschrittenen Stadium sieht man dann die Chromosome weiter innerhalb der achromatischen Kernmasse, der umgewandelten Glanzkörpersubstanz, liegen (Fig. 37, 38, Taf. XXI), und schließlich rücken sie bis in die Mitte des Kernraumes vor (Fig. 39, Taf. XXI).

Es liegen jetzt ungefähr im Eizentrum die beiden Chromosome, um sie herum das Achromatin, das jedenfalls noch von einem Rest des männlichen Cytoplasmas umgeben ist, der indes infolge der Verschmelzung mit dem Ooplasma nicht immer als solches sicher zu unterscheiden ist, zumal um diese Zeit die Membran des ehemaligen Glanzkörpers anfängt undeutlicher zu werden (Fig. 38 und 39).

Wir haben jetzt die notwendigsten Bestandteile für die Bildung des Spermakerns, und zwar sind es dieselben, die vor der Bildung des reifen Spermatozoons den Spermatidenkern dargestellt haben. Es fragt sich jetzt, wie die hier vertretene Auffassung zu derjenigen anderer Autoren sich verhält.

Nach deren Ansicht liegt das seines Glanzkörpers verlustig gegangene Spermatozoon, bestehend aus Chromatin und einem Plasmamantel, in der Mitte des Eies. Aus diesem Chromatin und dem Cytoplasma baut sich der männliche Kern auf. BOVERI leitet die Flüssigkeit zur Bildung der Kernvacuole aus dem protoplasmatischen Anteil des Spermatozoons her, und es dringe diese Flüssigkeit auch »wahrscheinlich aus dem Eiprotoplasma durch die Hülle hindurch« (BOVERI, Zellenstudien, Heft 2, S. 43). Interessant erscheint mir in dieser Hinsicht eine Bemerkung VAN BENEDENS (VAN BENEDEN, Fécondation p. 307): »L'analogie avec ce qui passe dans l'œuf nous porte à supposer que, en ce qui concerne le pronucleus mâle les éléments achromatiques qui forment une couche bien délimitée autour de la masse chromatique ont, comme ceux du pronucleus femelle, une originelle nucléaire.« Indes da, wie gesagt, außer dem »noyau chromatique« nur Protoplasma zur Verfügung zu stehen schien, sah sich VAN BENEDEN gezwungen, dies Protoplasma als Quelle der achromatischen Kernsubstanz anzunehmen, und zwar denjenigen Teil, den er als »couche périnucléaire« bezeichnet.

Ich halte es für am Platze, ausdrücklich darauf hinzuweisen, daß sich VAN BENEDEN offenbar der Schwäche dieses Punktes seiner Darstellung wohl bewußt scheint. Er glaubt, daß hier nur eine spermatogenetische Untersuchung die nötige Aufklärung bringen könne

(VAN BENEDEN, Fécondation p. 307): »Il resterait pour être bien édifié sur la valeur et l'origine de cette couche périnucléaire à faire l'étude de la spermatogénèse. Il y a longtemps que j'ai entrepris des recherches sur cet objet; mais je ne suis encore arrivé à aucun résultat quant à la question de l'origine de la couche périnucléaire.«

Ich erwähne hier, daß die im ersten Teil dieser Abhandlung angeführte spermatogenetische Untersuchung von VAN BENEDEN und JULIN erst später vorgenommen wurde. Wie nahe eigentlich VAN BENEDEN der Wahrheit war, ehe er mit JULIN die Untersuchung der Genese des *Ascaris*-Spermatozoons vornahm, soll unten noch näher erörtert werden. Zunächst muß ich nochmals auf den Glanzkörper zurückkommen. Bei der Klarheit der von mir erhaltenen, offenbar das Gegenteil demonstrierenden Bilder war mir die Deutung der Autoren von einem Verschwinden bzw. einem Entarten jenes markanten Gebildes schwer verständlich. Offenbar hat man dem Glanzkörper deshalb sehr geringe Beachtung geschenkt, weil man ihn nach den VAN BENEDENSCHEN Befunden für ganz funktionslos beim Befruchtungsprozeß ansah. BOVERI sagt darüber in seinen Zellenstudien, II., S. 19: »Während das Keimbläschen, welches im nicht copulierten Ei eine annähernd zentrale Lage einnimmt, nach der Besamung unter allmählicher Bildung der ersten Richtungsspindel an die Oberfläche emporsteigt, dringt das Spermatozoon immer tiefer ins Innere vor, bis es nun seinerseits den Mittelpunkt des Eies erreicht hat, wo es bis zur Ablösung des zweiten Richtungskörpers verweilt. Die Veränderungen, die es während dieser Periode erleidet, hat VAN BENEDEN so vorzüglich beschrieben, daß ich seiner Schilderung nichts zuzufügen wußte. Auch ich bin gleich ihm zu der Überzeugung gelangt, daß diese Umbildungen im Sinne einer langsamen Entartung und Auflösung aufzufassen sind.«

VAN BENEDEN sagt in bezug auf diese Vorgänge: »Ce corps réfringent de la queue commence à diminuer de volume, aussitôt après la pénétration. Le réfringent diminue rapidement de volume: il perd sa forme conoïde et devient globulaire. Le contour du corps réfringent quelque soit sa réduction, reste toujours très net et bien régulier de sorte que l'on pourrait croire à une dissolution de sa substance. Mais je ne pense pas, qu'il s'agisse là d'un phénomène de dissolution où de resorption, en fut à mesure que le corps réfringent diminue de volume la queue se remplit d'une substance claire et finement granulée. Je pense, que cette substance est un produit de transformation du corps réfringent« (Fécon-

dation, p. 242). Die hier wiedergegebene Stelle von VAN BENEDEN zeigt, daß seine Beobachtung über das Schicksal des Glanzkörpers mehr mit meinen Untersuchungsergebnissen hinsichtlich der Persistenz der Glanzkörpersubstanz übereinstimmt, und ich mich insofern ihm und nicht der oben zitierten Auffassung BOVERIS anschließen muß.

b. Die Bildung des Spermakerns.

Zuletzt sahen wir im Zentrum des Eies das umgewandelte Spermatozoon liegen in Gestalt eines kugeligen Kerns, um den eine dünne Plasmaschicht lagert. Der Kern besteht aus der als chromatische Substanz angesprochenen, durch Umwandlung des Glanzkörpers entstandenen Masse und den zentral gelegenen Chromosomen, um die zu dieser Zeit eine »Vacuole« sichtbar wird (Fig. 38, Taf. XXI). Die Chromosomen beginnen nunmehr, nachdem sie sich etwas in die Länge gestreckt haben (Fig. 39 und 40), feine Ausläufer in die achromatische Kernmasse auszusenden. Indem dieser Prozeß, der im einzelnen nicht leicht zu verfolgen ist, eine Zeitlang fort dauert, bildet sich eine Art Netzwerk von Chromatinsträngen innerhalb des Kernraumes, und so sieht man schließlich den Spermakern vor sich (Fig. 41, Taf. XXI).

Ich habe diesen Prozeß nur ganz flüchtig skizziert, weil hierbei meine Beobachtungen mit denen der früheren Autoren übereinstimmen, und zwar ganz besonders mit den ausgezeichneten Untersuchungen BOVERIS, und erlaube ich mir daher bezüglich dieser Vorgänge auf die Arbeit des genannten Forschers hinzuweisen, die ich nur bestätigen konnte.

Dies gilt mit der aus dem Vorhergehenden sich ergebenden Einschränkung, daß BOVERI zum Aufbau des Spermakerns das Material aus dem Plasma des Spermatozoons und des Eies herleitet, während es nach meinen Beobachtungen aus der im Glanzkörper erhaltenen achromatischen Kernsubstanz der Samenzelle herrührt. Außerdem möchte ich, wie aus meiner Darstellung ja auch wohl hervorgeht, nochmals hervorheben, daß die Chromosomen, die das Chromatin des Spermakerns liefern, bis zum Beginn der Netzwerkbildung durchaus ihre regelmäßige Anordnung beibehalten. — Auch hinsichtlich des Verhaltens des Cytoplasmas, das den Spermakern umgibt, kann ich nur die Beobachtungen BOVERIS bestätigen: Das männliche Cytoplasma liegt, sobald der Kern sich seiner entledigt hat (BOVERI, Zellenstudien, Heft 2, Taf. I, Fig. 12), frei im Ooplasma (BOVERI, Zellenstudien, Heft 2, Taf. II, Fig. 31); hier scheint es sich aufzulösen.

Nicht selten aber hängt es dem »Archoplasma« an, sofern dasselbe sich in diesem Stadium um den Spermakern konzentriert hat (BOVERI, Zellenstudien, Heft 2, Taf. II, Fig. 27). In andern Fällen war es mir überhaupt nicht möglich, weder um den Samenkern noch im Ooplasma das männliche Zellplasma mit Sicherheit nachzuweisen. Möglicherweise geht es bald, früher oder später, mit dem Teil des weiblichen Cytoplasmas, das BOVERI »Archoplasma« benannt hat, und das eine so wichtige Rolle bei den folgenden Prozessen spielt, ganz oder teilweise eine Vereinigung ein, so daß auch das Cytoplasma der männlichen Geschlechtszelle bei der Bildung der Furchungsspindel eine Rolle spielen wird. Dieser Annahme dürfte auch die Tatsache, daß BOVERI ein einziges Mal einen spärlichen Rest des Plasmamantels in einem Ei fand, in welchem die erste Furchungsspindel sich schon ausbildete, nicht widersprechen.

Ein interessanter Fall von Polyspermie.

Fälle von Polyspermie bei Eiern von *Ascaris megalcephala* sind bekannt. VAN BENEDEN kennt sechs Fälle von Eiern mit zwei Samenkörperchen.

ZACHARIAS hat Eier mit sechs bis zehn Spermatozoen gesehen; sie sind seiner Ansicht nach gleichmäßig eingedrungen. BOVERI sagt, daß er nur zwei Eier mit mehr als einem Spermatozoon angetroffen habe und zwar enthielten beide Eier deren zwei. Die Frage, ob die in Überzahl eingedrungenen Spermatozoen eine entsprechende Anzahl Spermakerne bilden, bleibt offen.

Über die Ausbildung von mehr als einer Richtungsspindel ist in dieser Richtung meines Wissens nichts bekannt, insbesondere nicht, ob eventuell in einem überfruchteten Ei sich auch mehrere Eikerne ausbilden können.

Die erstere Frage gelang — wenigstens bei künstlich durch Kälte beeinflussten Eiern — SALA zu entscheiden, da er in solchen Eiern die Entwicklung mehrerer Spermakerne beobachtete. Solche Eier enthielten aber nur einen Eikern.

Eier mit mehreren Eikernen entstanden, wie SALA beobachtet hat, nur durch Verschmelzung zweier normaler Ureier und ferner durch sekundäre Vereinigung mehrerer der Kälte ausgesetzter Eier.

Demnach dürfte der von mir Taf. XX, Fig. 31 zur Abbildung gebrachte Fall von Polyspermie neu sein, insofern es sich hier um zwei sich bis jetzt normal umbildende Spermatozoen und zwei typische Richtungsspindeln handelt, in einem nicht pathologisch veränderten Ei.

Nährzellen im Uterus der *Ascaris megalocephala*.

Vergleichen wir einen Querschnitt des männlichen und weiblichen Geschlechtsapparates bzw. der Vesicula seminalis und des Uterus mit Bezug auf das allgemeine Verhalten der männlichen Geschlechtszellen miteinander, so fällt uns als erstes wohl die Verschiedenheit der Lagerung derselben in beiden Organteilen auf.

Erfüllten die Spermatiden beim Männchen das Lumen der Samenblase hauptsächlich, so haben sie im Uterus eine wandständige Stellung eingenommen und zwar befinden sie sich in auffälligem Kontakt mit den großen papillenförmigen Epithelzellen des Uterus.

Im Uterus ist nur insofern ein Unterschied in der Lagerung der Samenzellen vorhanden, als sich die Spermatozoen da, wo er in den Oviduct übergeht, in unverhältnismäßig viel größerer Anzahl zusammengedrängt finden als auf dem Wege, den sie zuvor durchwandert haben müssen. Dieser innige Zusammenhang mit dem Wandepithel des Uterus hatte manche Forscher zu der jetzt als irrig erkannten Ansicht geführt, diese Gebilde seien Zellfortsätze. BISCHOFF stützt sich noch bei dieser Behauptung auf »die ersten Mikroskopiker« seiner Zeit.

H. MUNK ist es wiederum, der dieser Anschauung entgegentritt; er findet, daß die »zähe, klebrige« Beschaffenheit des feinkörnigen basalen Endes die beschriebene Erscheinung bedingt, und er weist darauf hin, daß man an schon befruchteten Eiern in derselben Weise Samenkörperchen angeklebt findet.

VAN BENEDEN ist es dann zuerst wieder, der in seinen ausführlichen Untersuchungen über die Befruchtung des Eies von *Ascaris megalocephala* diese Verhältnisse des näheren studiert und physiologisch zu begründen versucht hat. Er wirft die Frage auf, wie es zu erklären sei, daß die Spermatozoen in so ungeheurer Anzahl wohlbehalten in das »Receptaculum seminale« gelangen konnten, ohne vorher von der Strömung der das Lumen des Uterus anfüllenden Eier auf dem relativ weiten Wege von der Scheide bis zum Oviduct mitgerissen worden zu sein. Die Beantwortung dieser Frage sieht VAN BENEDEN in der Struktur der Uterusepithelzellen gegeben. Ihre Größe, ihre bauchige Form und ungleiche Länge, diese Eigenschaften ließen ihn der Wahrscheinlichkeit Ausdruck geben, daß es sich hier um Fixierung von Bewegungszuständen des Cytoplasmas handelt. Er vermutet, daß die Papillen plötzlich in das Lumen des Uterus gleichsam zur Errettung der Spermatozoen, die in Gefahr sind, von

dem Strome der ihnen entgegenkommenden Eier mitgerissen zu werden, hineinschnellen und beladen mit Spermatozoen wieder eingezogen werden können. Zweifellos, meint VAN BENEDEN, suchen Samenkörperchen, die in Gefahr sind wieder nach außen befördert zu werden, die intercellularen Furchen zu gewinnen. Diese Ansicht scheint auch von VOGT und YUNG adoptiert worden zu sein. Es heißt in ihrem Lehrbuche: »Man trifft auf der ganzen Länge des Uterus Spermatozoen von verschiedenster Gestalt an, die amöbenartige Bewegungen ausführen und in der Röhre emporsteigen, indem sie sich der Epithelfalten als Stufen bedienen. Da Wimperhaare nicht existieren, so würden diese Spermatozoen von der herabsteigenden Strömung der Eier mitgerissen, wenn sie nicht eine besondere Vorrichtung am Epithel finden, dessen tiefe Furchen sie schützen.«

Es schien mir von vornherein nicht recht wahrscheinlich, daß einerseits dem Epithel des Uterus die ihm von VAN BENEDEN zugeschriebene Rolle zukomme, während sich andererseits die Samenzellen relativ passiv verhalten sollen. Auch der Stufentheorie von VOGT und YUNG, insofern sie einzig oder doch hauptsächlich das Verhalten der Spermatozoen erklären soll, stand ich ziemlich skeptisch gegenüber.

Die große Wahrscheinlichkeit, daß auch das Spermatozoon einer Ernährung bedarf, und zu diesem Zwecke häufig mit Zellen der Eierstockwand in Beziehung tritt, brachte mich auf den Gedanken, daß auch diese innige Vereinigung der Epithelzelle mit dem *Ascaris*-Spermatozoon möglicherweise mit einem solchen Prozeß der Hauptsache nach in Zusammenhang stehen könne.

Wir wissen, daß die männlichen ebenso wie die weiblichen Geschlechtszellen der Nematoden in ihren jüngsten Stadien mit einem axial in den Geschlechtswegen verlaufenden Strang, den wir Rhachis nennen, in Verbindung stehen. Daß dieser Strang nutritive Bedeutung hat, erscheint nicht zweifelhaft. Für die weitere Ernährung kommt dann möglicherweise den eigentümlich gestalteten, in ihrem Bau an das Uterusepithel erinnernden Wandzellen der Samenblase, nutritive Bedeutung zu. Auch nach H. MUNKS Auffassung machen sie den Eindruck secernierender Zellen.

Ich habe daher den Uterus mit Bezug auf das Verhältnis der Samenzellen zu dem Wandepithel einer genaueren Untersuchung unterzogen, und es gelang mir in der Tat, den Beweis zu erbringen, daß die auf rein theoretischen Erwägungen beruhenden Vermutungen das Richtige trafen: Fig. 42, Taf. XXI, stellt einen Schnitt durch

das »Receptaculum seminis« des Uterus dar. Durch etwas schräge Schnittführung sind die Wandzellen des Uterus in größerer Anzahl getroffen. Im Lumen liegt eine Anzahl copulationsfähiger Eier. Es fällt zunächst die außerordentlich charakteristische rosettenförmige Anordnung von zahlreichen punktförmigen Gebilden auf, die sich von dem hellen Plasma der Epithelzellen, um die sie sich gruppiert haben, scharf abheben. Betrachtet man eine Partie davon bei starker Vergrößerung (LEITZ, Oc. III, Ölimmersion 1/12), so erblickt man ein Bild, wie es Fig. 43 zeigt. Ich möchte es ohne weiteres mit einem Cytophor vergleichen, wie er aus der Spermatogenese mancher Tiere bekannt ist. Wir sehen, daß die Rosetten des Übersichtsbildes (Fig. 42) durch die charakteristische Verbindung der Spermatozoen mit dem Epithel, das wir auf dem Querschnitt vor uns haben, hervorgebracht werden. Mit dem spitzen Vorderende, ich möchte dies besonders mit Rücksicht auf die von mir vertretene Auffassung von der Natur des *Ascaris*-Spermatozoons hervorheben, mit dem spitzen Vorderende haften die Spermatozoen fest an den Zellen des Uterusepithels an oder sind, wie ich glaube, sogar in das Cytoplasma versenkt, denn die Konturen der eingesenkten vorderen Partie lassen sich tatsächlich von dem umgebenden Cytoplasma der Epithelzellen nicht unterscheiden; der basale, von mir als Hinterende des Spermatozoons aufgefaßte und durch die tiefschwarzen großen Chromosome kenntliche Teil der Spermatozoen ist durchweg extracellulär gelegen. Die in der Peripherie der Epithelzellen gelegenen, durch ihre intensive Färbung in die Augen fallenden kleinen Körnchen sind offenbar Nahrungsstoffe.

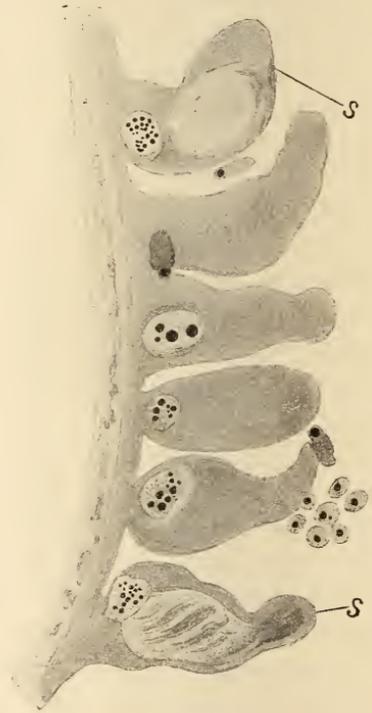
Wenn die von mir als Nährzellen aufgefaßten Zellen des Uterusepithels in den Fig. 42 und 43 als Plasmamassen erscheinen, mit denen die umliegenden Spermatozoen in Beziehung treten, so liegt dies nur an der Führung des Schnittes, der tangential zur Uteruswand geführt wurde.

Als »Nährzellen« fungieren nach meinen Erfahrungen bei *Ascaris* nur Wandepithelzellen, die meist im Besitz mehrerer Kerne sind, die, wie es den Anschein hat, durch direkte Teilung entstanden sind, was sich vielleicht durch die starke Inanspruchnahme der Zellen erklären läßt. Sind doch, wie eine nähere Untersuchung zeigt, die zungenförmig vorgestreckten Epithelzellen mit Spermatozoen wie bespickt, und es hat häufig den Anschein, als ob die Spermatozoen sich gegenseitig zu verdrängen suchten, denn man sieht oft zwei und mehr Reihen Spermatozoen die Epithelzellen umlagern (Taf. XXI, Fig. 44).

Haben sich die Spermatozoen genügend mit Nährsubstanz versorgt, so dürften sie das Epithel verlassen und sie finden sich dann frei zwischen den Epithelzellen (Fig. 43). Es will mir scheinen, als ob ihre pralle Beschaffenheit und intensive Färbung ihren guten Nährzustand andeutete. Hier und da sieht man an geeigneten Schnitten auch die Nährzellen lediglich von einigen Rückzüglern besetzt; anders scheint mir, ist das nebenstehende Bild (Textfig. 1) kaum zu deuten.



Textfig. 1.



Textfig. 2.

Drüsenzellen im Uterus.

Bei Untersuchung der Nährvorrichtungen des *Ascaris*-Spermatozoons fand ich Zellen, die in ihrer Struktur sich wesentlich von den übrigen Wandzellen unterscheiden, Zellen, die das Bild typischer Drüsenzellen darbieten.

Die Form dieser Zellen ist nicht konstant und anscheinend von der der übrigen Wandzellen nicht wesentlich verschieden; bald kugelig, bald langgestreckt, bald an der Basis bauchig, während die Spitze zungenförmig in das Innere vorgestreckt ist (Textfig. 2 S und Textfig. 3).

Diese Drüsenzelle ist charakteristisch durch eine färberisch

(HEIDENHAIN'S Eisenhämatoxylinmethode) fast plastisch hervortretende intracelluläre Differenzierung von teils fädigem, teils körnigem Aussehen, die als zähschleimige Masse ausgestoßen wird (Textfig. 3). Die Drüsenzelle erinnert an eine »Becherzelle«. Der kernhaltige Teil ist fußständig gelegen, nach dem Lumen des Uterus zu wird die reife Zelle von einem relativ schmalen, sich deutlich von der mit Sekret erfüllten Höhlung abhebenden Plasmasaume begrenzt. Es gelingt bei einiger Ausdauer die verschiedensten Stadien solcher Zellen zu Gesicht zu bekommen. Textfig. 2S zeigt zwei Drüsenzellen in der »Reifungsphase«, Textfig. 3 eine solche in der »Entleerungsphase«. Das Sekret wird durch einen feinen Kanal in das Lumen des Uterus entleert.

Diese Drüsenzellen sind nach meinen Befunden zwischen die übrigen Epithelzellen derart eingelagert, daß auf einer großen Anzahl Nährzellen — die Zahl ist anscheinend sehr variabel — eine oder mehrere Drüsenzellen folgen (Textfig. 2).

Bezüglich der Funktion der Drüsenzellen möchte ich die Vermutung äußern, daß sie möglicherweise ein zur Bildung der Eimembran dienendes Sekret abscheiden.

Um in dieser Frage klar sehen zu können, scheint es mir am Platze zu sein, kurz zu rekapitulieren, was über die Entstehung der Eimembran bekannt ist.

Bei dem Studium der diesbezüglichen Literatur fällt bald auf, daß selbst bei sehr kompetenten Forschern über die äußere Beschaffenheit des copulationsfähigen Eies schon seit altersher Meinungsverschiedenheiten vorhanden sind. So findet die Angabe der einen, daß das Ei vor der Befruchtung von einer Membran umschlossen sei (MEISSNER, BAGGE, REICHERT, SCHNEIDER), viele Gegner (NELSON, THOMPSON, BISCHOFF u. a.). Die Befunde dieser Autoren sind in übersichtlicher Weise in der Monographie VAN BENEDENS zitiert (S. 99—104). Vor allem tritt dann VAN BENEDEN der Behauptung MEISSNERS, die Nematodeneier seien da, wo sie sich von der Rhachis losgelöst, mit einer Mikropyle versehen, entgegen; gleichwohl nimmt



Textfig. 3.

auch dieser Forscher das Vorhandensein eines allerdings von MEISSNERS Mikropyle genetisch zu unterscheidenden »bouchon d'imprégation« an, der ebenfalls eine Unterbrechung der nach ihm erst am befruchtungsfähigen Ei entstehenden Membran darstellt.

CLAPARÈDE bemerkt, daß schon eine Eihülle am copulationsfähigen Ei vorhanden sei, die etwas konsistenter als Plasma sei, den Namen »Membran« aber nicht verdiene.

Nach O. ZACHARIAS besitzt das copulationsfähige Ei ebenfalls eine geschlossene »Perivetillinmembran«; diese Membran verstärke sich nach dem Eindringen des Samenkörpers zu einer Maximaldicke von 0,0075 mm. Er betont aber ausdrücklich, daß sich auch solche Eier mit einer Membran umgeben, welche nicht befruchtet worden sind.

Der Vollständigkeit halber füge ich hier hinzu, daß die VAN BENEDENSche Anschauung über das Vorhandensein einer Mikropyle heute abgetan ist; die vermeintliche Mikropyle ist offenbar, wie auch schon BOVERI bemerkt, artefizieller Natur.

Aus dieser ganzen Literaturbetrachtung geht wohl zur Genüge hervor, daß die Verhältnisse der äußeren Beschaffenheit des befruchtungsfähigen Eies nicht so schematisch aufzufassen sind.

Die einen Autoren sagen, das befruchtungsfähige Ei ist hüllenlos, die andern, es ist im Besitze einer Membran.

ZACHARIAS kommt meiner Ansicht nach der Wahrheit, die wohl auch hier wieder in der Mitte liegt, am nächsten. Auch ich habe ähnliche Beobachtungen gemacht, speziell habe ich mehrfach unbefruchtete Eier im Besitze einer deutlichen Membran gesehen. Und da nun bei der Bildung dieser Membran das Spermatozoon als Hauptfaktor offenbar nicht in Betracht kommen kann, stehe ich nicht an die Frage aufzuwerfen: Hat die von mir oben beschriebene Drüsenzelle nicht vielleicht einen Hauptanteil an der Bildung der Eimembran, und zwar der primären wie der sekundären?

Die Vermutung, daß Drüsenzellen die sekundäre Eihülle liefern, wird übrigens in dem Lehrbuche von VOGT und YUNG ausgesprochen.

Durch eine derartige Erklärung würden sich viele scheinbare Widersprüche der Autoren ungezwungen erklären lassen.

Marburg, im Februar 1904.

Literaturverzeichnis.

- M. ADERS, Beiträge zur Kenntnis der Spermatogenese bei den Cölenteraten. Zool. Anz. XXVI. Bd. 1903.
- L. AUERBACH, Spermatologische Mittheilungen. 72. Jahresbericht der Schlesischen Gesellschaft für vaterl. Kultur. Breslau 1894.
- VAN BENEDEN, Recherches sur la maturation de l'œuf, le fécondation et la division cellulaire. Leipzig 1883.
- VAN BENEDEN et JULIN, La spermatogénèse chez l'Ascaride megalocéph. Bull. Acad. Roy. Belg. 3^e sér. Tom. VII. 1884.
- BOVERI, Zellenstudien. I—IV. Jena 1887, 1888, 1890, 1901.
- A. BRAUER, Zur Kenntnis der Spermatogenese von *Ascaris megalcephala*. Arch. f. mikr. Anat. Bd. XLII. 1893.
- v. ERLANGER, Über die Befruchtung und Teilung des *Ascaris*-Eies. Archiv für mikr. Anat. Bd. XLIX. 1897.
- W. FLEMING, Weitere Beobachtungen über die Entwicklung der Spermatozoen bei *Salamandra maculosa*. Arch. f. mikr. Anat. XXXI. Bd. 1888.
- C. FÜRST, Über das Centrosom bei *Ascaris megalcephala*. Arch. f. mikr. Anat. Bd. LII. 1898.
- J. H. MC GREGOR, The Spermatogenesis of *Amphiuma*. Journ. Morph. Vol. XV. Suppl. 1899.
- K. GROBBEN, Über die Anordnung der Samenkörper zu Bündeln im Hoden vieler Thiere sowie deren Ursache. Zool. Anz. XXII. Bd. 1899.
- W. GÖRICH, Zur Kenntnis der Spermatogenese bei den Poriferen und Cölenteraten. Diese Zeitschr. Bd. LXXVI. 1904.
- HANSEMANN, Über Centrosomen und Attractionssphären im ruhenden Kern. Anat. Anz. 1893.
- O. HERTWIG, Vergleich der Ei- und Samenbildung bei Nematoden. Archiv für mikr. Anat. XXXVI. Bd. 1890.
- Die Zelle und die Gewebe. Jena 1892—1898.
- A. KÖLLIKER, Physiologische Studien über die Samenflüssigkeit. Diese Zeitschr. VII. Bd. 1856.
- E. KORSCHULT u. K. HEIDER, Lehrbuch der vergleichenden Entwicklungsgeschichte der wirbellosen Thiere. Jena 1902.
- E. KORSCHULT, Beiträge zur Morphologie und Physiologie des Zellkerns. Zool. Jahrb. Abth. f. Anat. 1889.
- KULTSCHITZKY, Die Befruchtungsvorgänge bei *Ascaris megalcephala*. Arch. f. mikr. Anat. Bd. XXXI. 1887.
- LENHOSSÉK, Untersuchungen über Spermatogenese. Arch. f. mikr. Anat. LI. Bd. 1898.
- N. LÖWENTHAL, Die Spermatogenese bei *Oxyuris ambigua*. Internat. Monatschrift für Anatomie und Physiologie. VI. Bd. 1889.
- MOZSKOWSKI, Zur Richtungkörperbildung von *Ascaris megalcephala*. Arch. f. mikr. Anat. Bd. LIX. 1902.
- H. MUNK, Über die Ei- und Samenbildung und Befruchtung bei Nematoden. Diese Zeitschr. IX. Bd. 1858.

- P. POLJAKOFF, Biologie der Zelle. Arch. f. mikr. Anat. Bd. LVI u. LVII. 1901.
- SALA, Experimentelle Untersuchungen über die Reifung und Befruchtung der Eier von *Ascaris megalcephala*. Arch. f. mikr. Anat. Bd. XLIV. 1895.
- A. SCHNEIDER, Monographie der Nematoden. Berlin 1866.
- Über die Auflösung der Eier und Spermatozoen in den Geschlechtsorganen. Zool. Anz. 1880.
- C. SCHNEIDER, Vergleichende Histologie der Tiere. Jena 1902.
- C. TÖNNIGES, Beiträge zur Spermatogenese und Oogenese der Myriopoden. Diese Zeitschr. Bd. LXXI. 1902.
- VOGT u. YUNG, Lehrbuch der vergleichenden Anatomie der wirbellosen Tiere. I. Bd.
- WALDEYER. »Die Geschlechtszellen«. Aus dem Handbuch der vergl. und experim. Entwicklungslehre der Wirbeltiere. I. u. IX. Lieferung. Jena.
- O. ZACHARIAS, Neue Untersuchungen über die Copulation der Geschlechtsprodukte und den Befruchtungsvorgang bei *Ascaris megalcephala*. Arch. f. mikr. Anat. XXX. Bd. 1887.

Erklärung der Abbildungen.

Die Untersuchung wurde mittels eines LEITZschen Mikroskops, der homogenen Öl-Immersion 1/12, sowie den Ocularn I und III und den Compensationsocular 12 ausgeführt.

Die Figuren wurden mit dem Zeichenapparate auf den Tisch entworfen bei regulärer Tubushöhe. Fig. 1—15 sind mittels Öl-Immersion 1/12 und Ocular III skizziert, ebenso Fig. 16—23, die nachträglich um sich selbst vergrößert wurden.

Fig. 24—28 sind mit Immersion und Ocular I gezeichnet, Fig. 29—40 mit System VII.

Die Fig. 40—45 sind der Kleinheit der Darstellung halber nachträglich vergrößert worden. Als Maßstab dienen die vorhergehenden Bilder sowie Fig. 46, die unter Benutzung System VII und Ocular I entworfen wurde.

Tafel XX.

Fig. 1 stellt ein Spermatid dar nach Verschwinden des Zentralkörpers, besteht aus dem zentral gelegenen Kern, in dessen Mitte die Chromosome liegen und dem umgebenden Plasma mit seinen körnigen Einlagerungen.

Fig. 2—6 zeigen das Wachstum des Kerns, die Abnahme des Plasma, sowie die Größenzunahme der körnigen Einlagerungen.

Fig. 7. Der wachsende Kern schiebt die Dotterschollen beiseite, die Chromosomen wandern polwärts; diese Prozesse fortschreitend zeigen die Fig. 8, 9.

Fig. 10 zeigt das Spermatid nach Verlust der scholligen Einlagerungen, sowie die intensive Verdichtung des Kerninhaltes.

Fig. 11. Streckung des Kernraumes, der nunmehr als Glanzkörper zu bezeichnen ist.

Fig. 12—20. Genese des Spitzenstückes.

Fig. 18. Spermatozoon mit fast ausgebildetem Spitzenstück und eventuellen Achsenfaden.

Fig. 21. Spermatozoon mit typischem Spitzenstück.

Fig. 22. Eine Bewegungsform des Spermatozoons.

Fig. 23 u. 24. Riesenspermatiden.

Fig. 25—27. Eindringen der Samenzelle.

Fig. 28. Beginnende Umdrehung derselben.

Fig. 29 u. 30. Die Umdrehung des Samenkörpers ist vollendet; das Spermatozoon wandert dem Zentrum des Eies zu.

Fig. 31. Ein Fall von Polyspermie; zwei Spermatozoen und zwei Richtungsspindeln im Ei.

Tafel XXI.

Fig. 32—37 zeigt die langsam, während der Wanderung des Spermatozoons zum Eizentrum, vor sich gehende Heteromorphose des Glanzkörperinhaltes.

Fig. 36. Die Chromosomen überschreiten die Peripherie der Glanzkörpermembran.

Fig. 37. Die Chromosomen rücken in das Zentrum des Glanzkörpers.

Fig. 38. Die Glanzkörpersubstanz beginnt sich aufzulösen, indem sie feinkörnig wird. Die Membran um den Glanzkörper wird undeutlich.

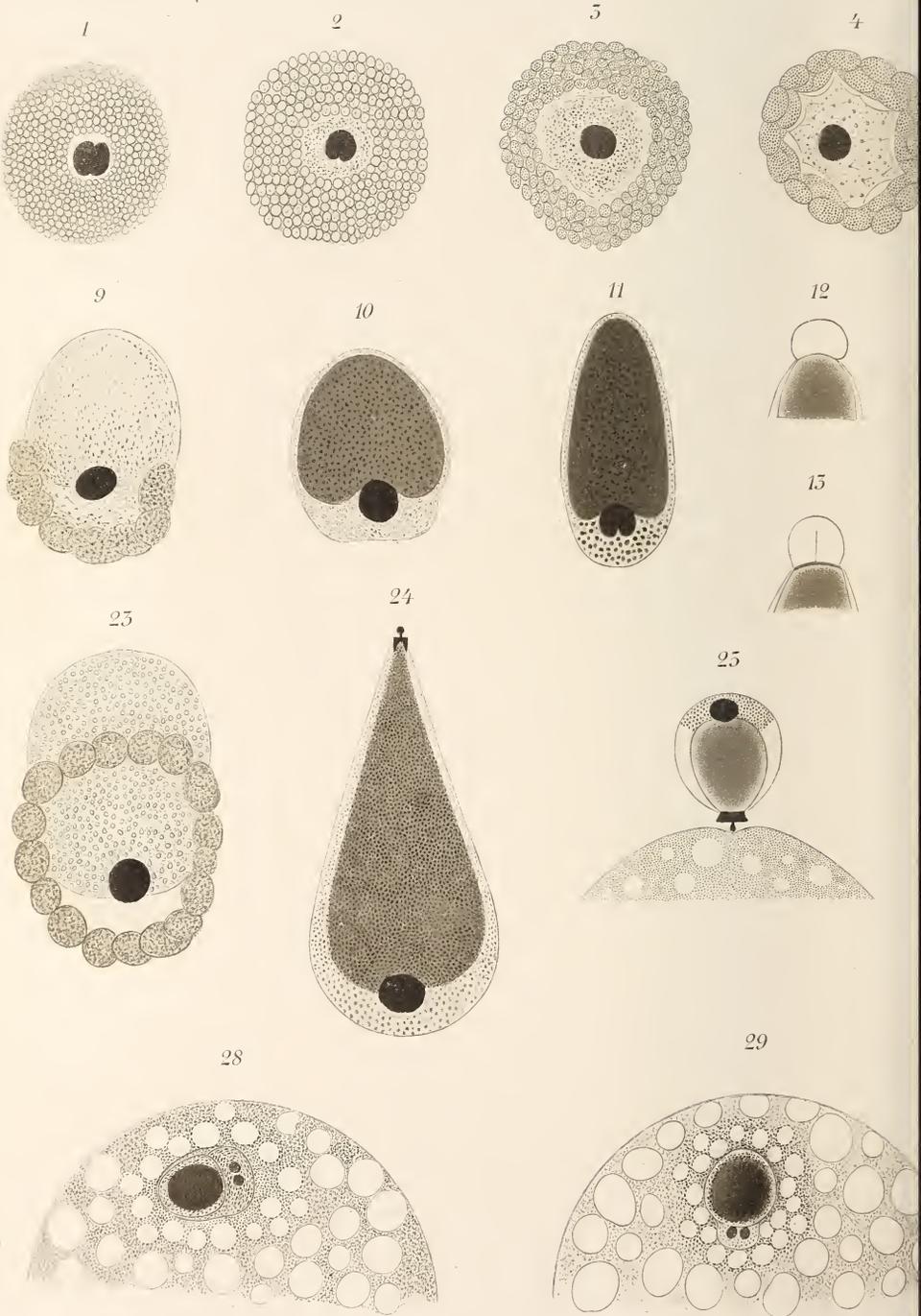
Fig. 39 u. 40. Glanzkörpersubstanz völlig geschwunden. Membran aufgelöst. Das Chromatin breitet sich in der übrigen Kernsubstanz aus.

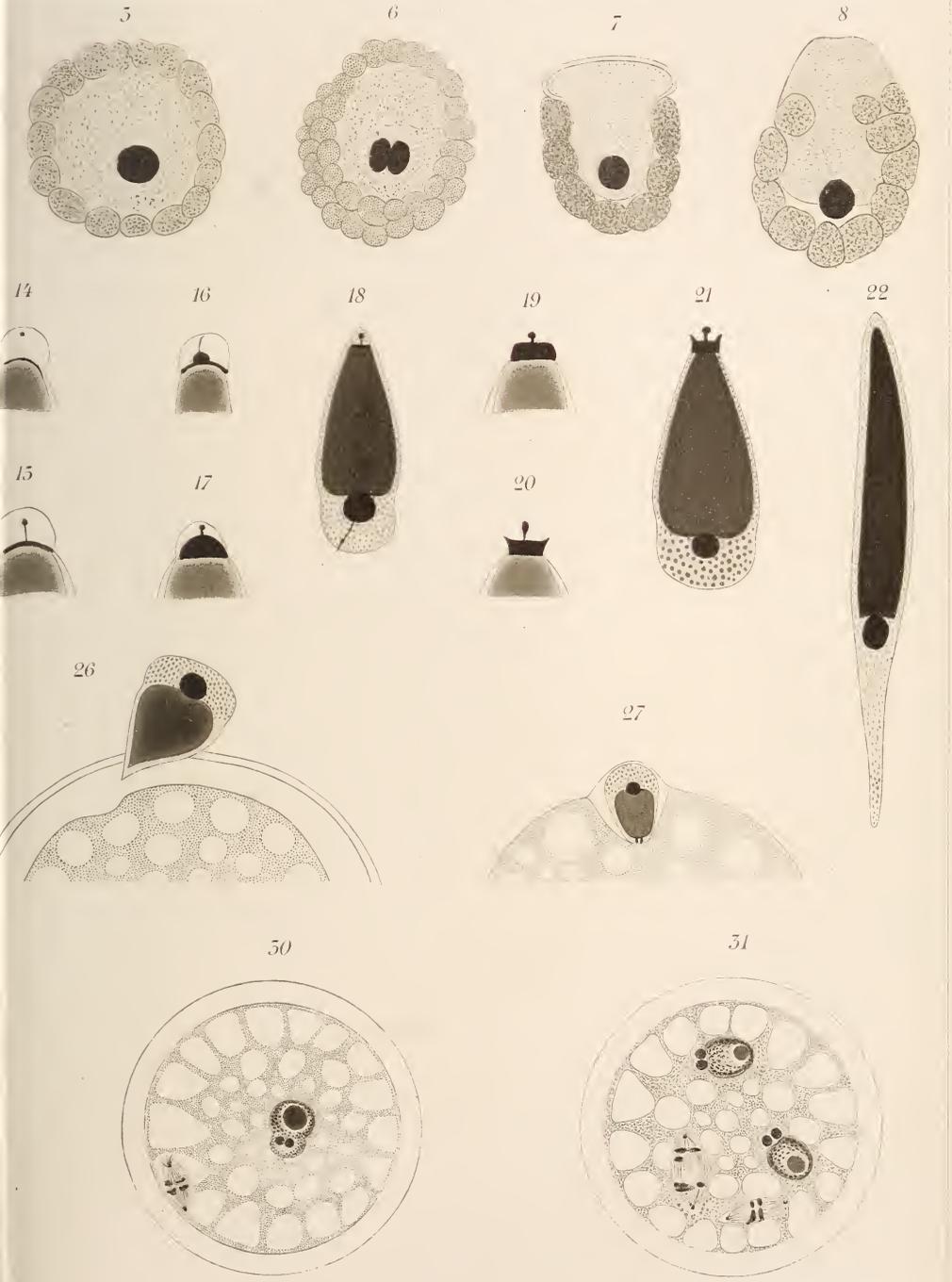
Fig. 41. Spermakern.

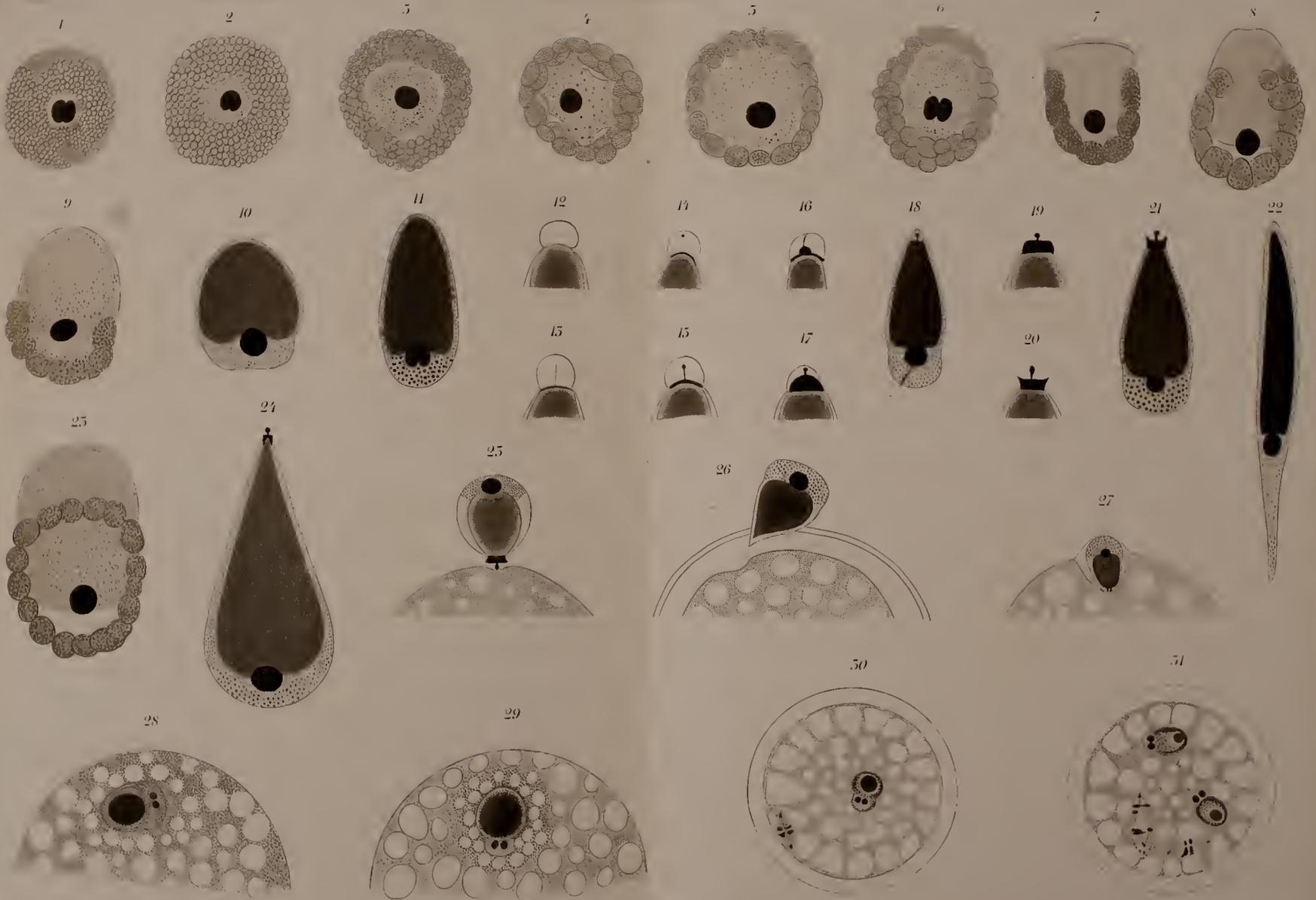
Fig. 42. Übersichtsbild. Ein Schnitt durch den Samenbehälter des Uterus. Spermatozoen in Nährzellen steckend.

Fig. 43. Eine Partie der Fig. 42 stark vergrößert; Nährzellen im Querschnitt.

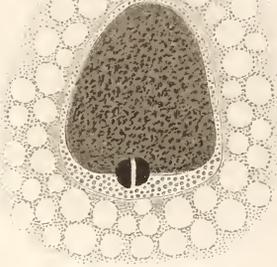
Fig. 44. Nährzellen im Längsschnitt mit sich nährenden Spermatozoen besetzt.



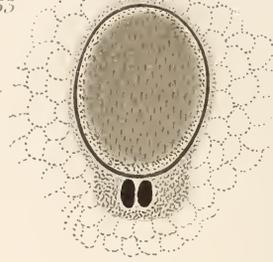




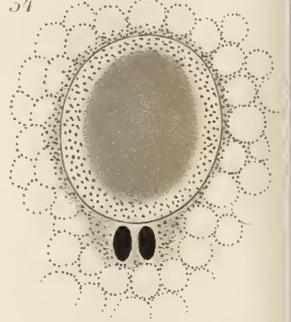
52



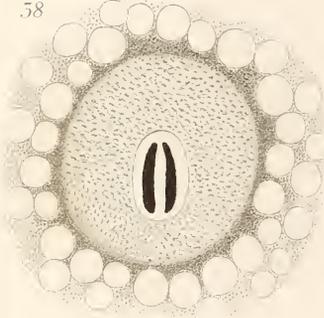
53



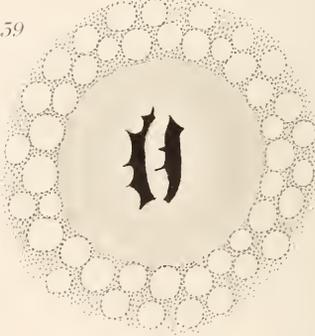
54



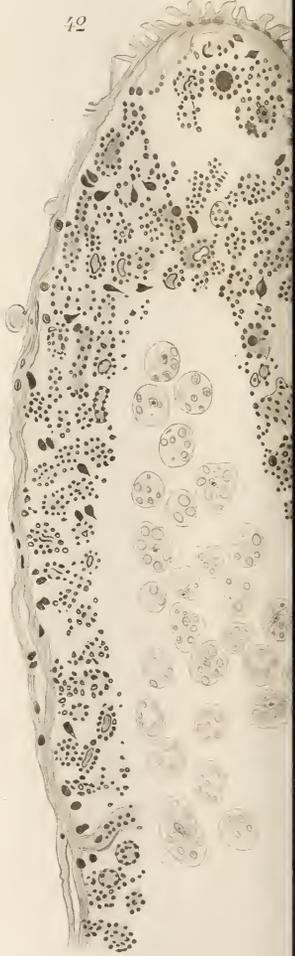
58



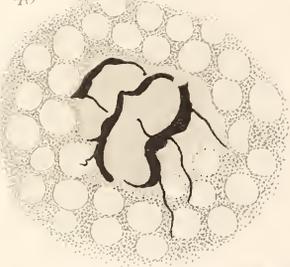
59



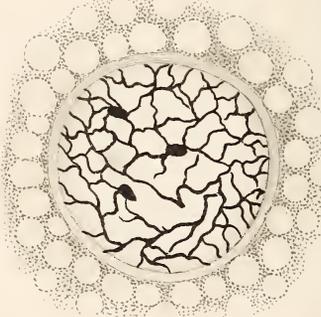
42



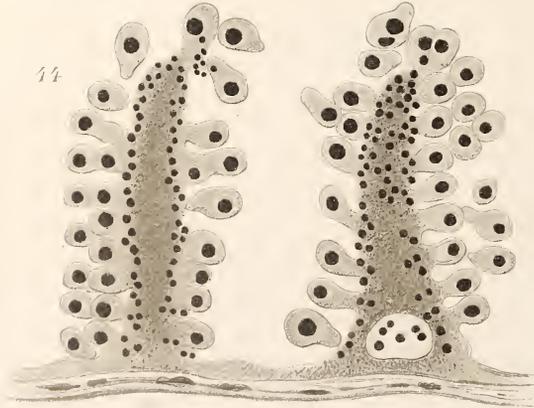
40

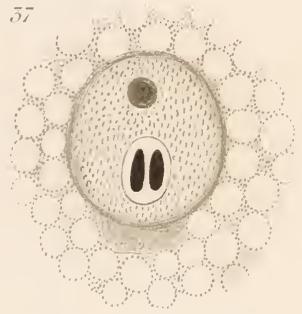
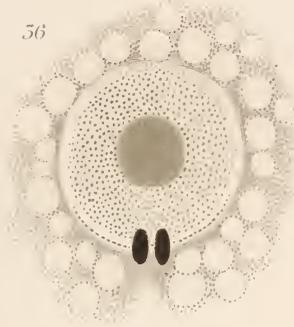
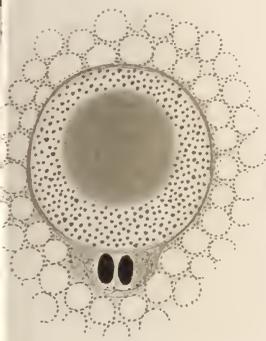


41

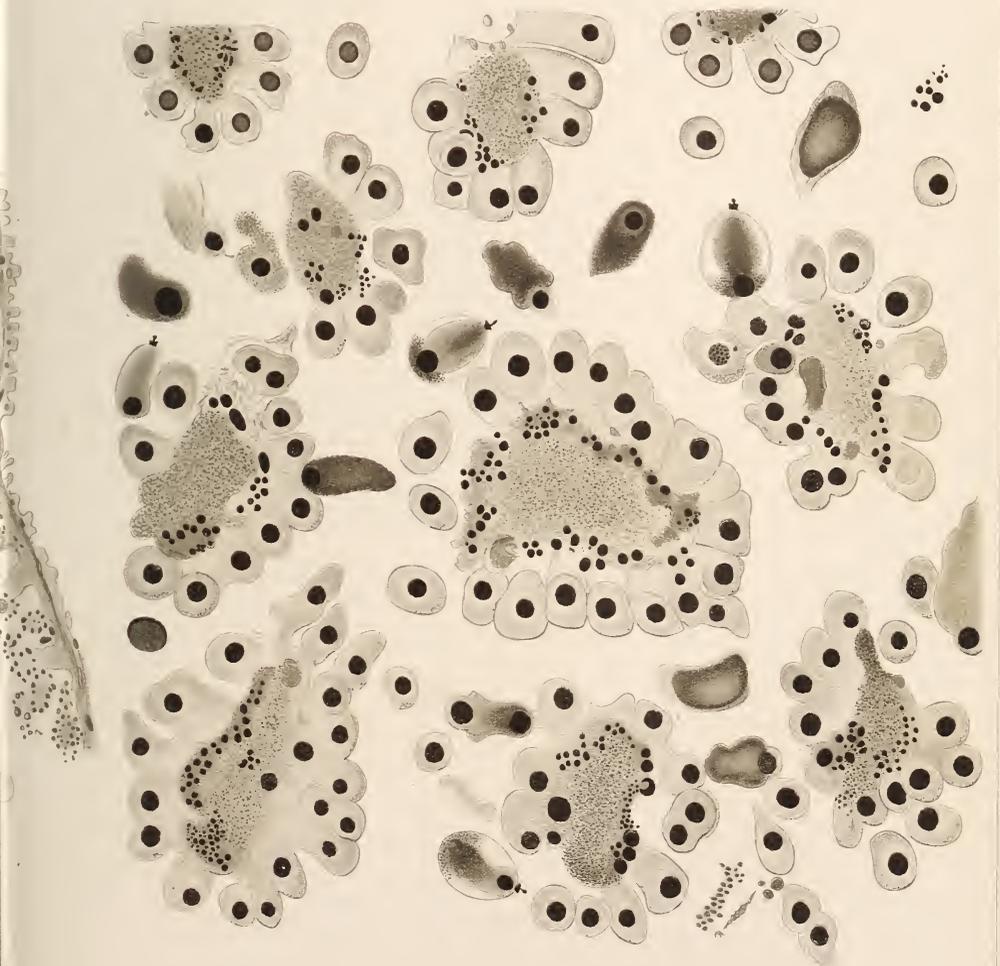


44





45





ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

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

Jahr/Year: 1905

Band/Volume: [79](#)

Autor(en)/Author(s): Scheben Leonhard

Artikel/Article: [Beiträge zur Kenntnis des Spermatozoons von *Ascaris megalcephala* 396-431](#)