Weitere Beiträge zur Spermatogenese beim Menschen.

(8. Beitrag zur Spermatologie.)

Von

Karl v. Bardeleben.

Mit Tafel XVIII—XX und 5 Abbildungen im Text.

Eine im Juli d. J. zum Druck gegebene Arbeit „Beiträge zur Histologie des Hodens und zur Spermatogenese beim Menschen (7. Beitrag zur Spermatologie)“[1]) war aus äußeren Gründen an einen bestimmten Termin und Umfang gebunden. Vor allem bezog sich letzteres auf die Zahl der Tafeln, welche nicht vermehrt werden sollte, wobei dieselben dann allerdings schon etwas mit Abbildungen überlastet werden mußten. Ich habe deshalb einige mir wichtig und interessant erscheinende Zeichnungen, betreffend die Umwandlung der Spermatiden in Spermatosomen, dort in Autotypie wiedergeben lassen. Da verschiedene Einzelheiten dort nicht genügend deutlich zu erkennen sind, habe ich diese Zeichnungen jetzt lithographieren lassen (Taf. XIX).

Ferner schien es mir nützlich, von den verschiedenen, geradezu schlagenden Bildern, welche ich bei weiterem Suchen nach unzweifelhaften Beweisen für die Durchwanderung der „Zwischenzellen“ durch die Wandung der Samenkanälchen zu Gesicht be-

---

1) Inzwischen erschienen: Archiv f. Anat. und Phys., Anat. Abt., 1897 (Suppl., Festschrift für W. His), S. 193—234, 2 Taf. und 6 Abbild. im Texte (Oktober).

kommen hatte, noch eines wiederzugeben, einige andere wenigstens zu beschreiben, event. spätere Reproduktion mir vorbehaltend.

Drittens sollen hier unter Berücksichtigung der zum Teil erst nach Abschluß meiner vorigen Arbeit veröffentlichten Befunde anderer Autoren die Uebergangsstadien von der kugeligen Spermatide in die langgestreckte Form der Spermatosomen sowie das Schicksal der einzelnen Teile der Spermatide für den Menschen zusammenfassend dargestellt werden. Es soll dabei festgestellt werden, was durch übereinstimmende Beobachtungen (und Deutungen derselben) seitens anderer Forscher bei Tieren und eigener beim Menschen nunmehr gesicherter Besitz der Wissenschaft geworden zu sein scheint — und was weiterer Untersuchung vorbehalten bleibt.

Schließlich ist es meine Absicht, weitere Mitteilungen über die von mir gefundene „Nebenform“ der Spermatosomen zu machen und einige neue Abbildungen derselben zu geben.

Alle Befunde beziehen sich auf den Menschen, aber auch andere Säuger (Igel, Stier, Meerschweinchen, Monotremen, Beuteltiere) sind berücksichtigt worden.

Wegen des Materials und seiner Bearbeitung, Untersuchungsmethode, Vergrößerungen u. dgl. verweise ich auf den anfangs citierten Aufsatz. Die Zeichnungen habe ich diesmal zum größten Teile selbst angefertigt, nur einige auf Taf. XVIII stammen von der Hand des Lithographen Giltsch.

I. Weitere Beweise für die Durchwanderung der „Zwischenzellen“.

Daß Krystalle und Partikel solcher, daß ferner Pigment und Fett in den Zellen im Innern der Samenkanälchen sich, oft in großen Mengen, finden, ist von allen Beobachtern der letzten Jahre (Reinke, Plato, Lubarsch, v. Lenhossék, Verf.) übereinstimmend angegeben worden. Ein Zweifel hieran ist ausgeschlossen. Ferner steht fest, daß die Zwischenzellen Krystalle, event. Pigment oder Fett enthalten. Daß Krystalle und deren Partikel oder Trümmer — mögen sie vom Blute stammen oder nicht — auf keinen Fall von den oder innerhalb der in den Kanälchen befindlichen Zellen gebildet werden, dürfte wohl auch allgemein feststehen. Es kommt also darauf an, nachzuweisen: wie kommen die Gebilde von außen nach innen? Gehen sie, wie Plato meint, gewissermaßen selb-

ständig, durch den Lymphstrom oder dergl. dazu getrieben, durch präformierte Lücken der Wandung ins Innere — oder gelangen sie mit und in den Zwischenzellen durch die Wand in das Lumen, um sich dann weiter an die anderen Zellen zu verteilen?

Es liegt auf der Hand, daß, falls besondere Lücken in der Wand vorhanden sind, in diesen und dann in der Nähe derselben die Krystalle und Pigmentkörper besonders zahlreich anzutreffen sein müssen — ferner daß bei gleichzeitigem Auftreten der Partikel an mehreren Stellen — oder einige Zeit nach demselben — eine mehr wenige diffuse Verbreitung von Krystallen oder Pigment sich zeigen müßte. Nach dieser Richtung hin konnten meine Figg. 1 u. 2, Taf. IX der letzten Arbeit (Archiv, 1897, Suppl.) gedeutet werden — abgesehen allerdings von dem Vorhandensein bereits „infiltrierter" Zellen zwischen der Intima und den übrigen Schichten der Wand (Fig. 2).

Wenn aber die zweite — von mir vertretene — Auffassung richtig ist, dann mußte man erstens ganze Zellen antreffen, welche durchwandern, zweitens aber einzelne, eben durchgewanderte Zellen welche mit Krystallen beladen sind — daneben andere, welche keine solche oder keine mehr führen. Ich habe nun derartige Bilder, d. h. Querschnitte vom Samenkanälchen, in denen nur zwei oder drei Zellen mit Krystallen beladen sind, während alle anderen — Sertoli'sche und „Spermazellen" — leer sind, solche Bilder habe ich bei dem letzten jungen (23-jährigen) Enthaupteten (Vo . . .) bei verschiedener Behandlung des Materials wiederholt angetroffen. Von Wichtigkeit scheint mir, daß an den Stellen, wo Zellen mit Krystall-Partikeln liegen, eine Ruhe- oder Erschöpfungspause in der Spermatogenese — die also auch beim Menschen vorkäme — eingetreten ist. Alles deutet darauf hin, daß neues Ernährungsmaterial herbeigeschafft wird, um den alten Turnus der Entwickelung mit frischen Kräften oder richtiger neuem Stoff zu beginnen.

In der Nähe solcher Durchtrittsstellen sieht man in dem Zwischengewebe „leere Nester", d. h. Stellen, an welchen Zellen gelegen haben müssen — wahrscheinlich doch wohl diejenigen, welche man auf der anderen Seite der Kanalwand angelangt sieht.

Die Hämoglobinkrystalle — um solche handelt es sich m. E. nach allem, was Reinke, Lubarsch und ich (vergl. „7. Beitrag") eruiert haben — sind in den „Zwischenzellen" stets nur in kleinerer Menge, dafür aber in großen, meist regelmäßig

und vollständig entwickelten Exemplaren vorhanden. In den Sertoli's sind sie in eine große Menge, 100 und mehr, Partikel zerfallen, welche erstens sehr viel kleiner, zweitens unregelmäßiger geformt sind, als dort. Es kann sich nach alledem nur um eine Fraktionierung, Zertrümmerung und beginnende Auflösung der Krystalle handeln. Bei weiterem Fortschreiten des Prozesses werden nämlich die Partikel ovoid, dann kugelig — schließlich verschwinden sie ganz.

Die mit Krystallpartikeln strotzend beladenen Sertoli'schen Zellen des Menschen unterscheiden sich von den mit langen, nadelförmigen, besser: dünnen Holzstangen ähnlichen Krystallen — oft ganz dicht gedrängt — beladenen Zellen am Rande des Kanälchens bei Phascolarctos, auf welche ich im vorigen Jahre[1]) aufmerksam machte und die mir damals vollständig rätselhaft erschienen. Bei diesem Beuteltiere lagen diese Krystall-Sertoli's — sit venia verbo! — regelmäßig mit den Spermatogonien alternirend — an der Innenseite der Kanalwand, sodann weiter nach innen, nach dem freien Lumen zu. Je weiter nach innen, desto mehr erscheinen auch hier die Krystalle zerbrochen und in Auflösung begriffen. Durch die Vergleichung der Befunde beim Menschen und bei Phascolarctos — jeder für sich bisher unverständlich — wird jetzt ein Verständnis angebahnt und eine richtige Deutung ermöglicht.

Nicht alle Zwischenzellen sind (beim Menschen) mit Krystallen versehen, weder bei demselben Individuum, noch wenn wir die Befunde bei verschiedenen Individuen vergleichen — und nicht alle Sertoli's haben Krystalle — ebensowenig wie alle gerade ganz oder teilweise in der Wand steckenden Zellen.

Vielleicht findet eine Auflösung von Krystallen aber bei vielen schon außerhalb der Kanäle statt — vielleicht ist die in der Nähe des Kerns der Zwischenzellen auftretende, zuerst von v. Lenhossék beschriebene Granulierung des Protoplasmas oder aber auch die von mir früher angegebene Vakuolisierung desselben von Bedeutung?

Unsere Methoden und Instrumente reichen noch nicht aus, die Frage zu entscheiden, ob dort (Granulierung) vielleicht ganz fein verteilter Krystallstaub vorliegt, kurz vor seiner Auflösung, seinem

---

1) Verhandlungen der Anatomischen Gesellschaft, 10. Versammlung Berlin 1896, S. 38—43, 4 Fig.

physikalischen und optischen, aber nicht chemischen Verschwinden — während hier (Vakuolisierung) der Auflösungsprozeß — eingetreten ist.

II. Die Umwandlung der Spermatiden in die „Spermatosomen".

Ich werde von jetzt an, mit der Bitte, dies allgemein zu thun. nur die in den Hodenkanälchen befindlichen, unreifen Samenkörper „Spermatosomen" nennen, während ich für die reifen Formen im Nebenhoden, Vas deferens, Samenbläschen, Ejakulat etc. die Bezeichnung „Spermatozoen" oder besser „Spermien" reservieren möchte (vergl. unten).

a) Befunde anderer Forscher bei Tieren.

Bereits 1874 hat Freiherr von la Valette St. George [1]) das Mittelstück und den „Faden" bei Wirbellosen mit Bestimmtheit, für Wirbeltiere vermutungsweise von dem 1867 von ihm entdeckten Nebenkörper (Nebenkern) abgeleitet.

1880 machte W. Flemming [2]) auf ein „Knötchen" hinter dem Mittelstück der Spermatosomen des Salamanders aufmerksam, s. l. c. Taf. IX, Fig. 55, Spermatozoon a, „k" — Erklärung S. 259. Im Text S. 244 äußert sich der genannte Forscher: „auf das Mittelstück folgt gegen den Schwanz zu zunächst eine Verdünnung, dann ein kleines, meist rauh konturiertes Knötchen, das direkt in den Schwanzfaden übergeht." Das hier von Flemming gesehene Gebilde dürfte wohl dem einen Centrosoma oder einem Derivate desselben entsprechen (s. unten).

Während Flemming 1880 nicht den ganzen Kern, sondern nur das Chromatin zum Kopf werden ließ, sagt er 8 Jahre später [3]): „auch die nicht chromatische Substanz des Kerngerüstes

1) Freiherr von la Valette St. George, Ueber die Genese der Samenkörper, Arch. f. mikroskop. Anat., Bd. 10, 1874, S. 495—504, 1 Taf.

2) Walther Flemming, Beiträge zur Kenntnis der Zelle und ihrer Lebenserscheinungen, Teil II. Arch. f. mikrosk. Anat., Bd. 18, 1880, S. 151—259, 3 Taf. Hier nur: Abschnitt 3. Ueber die Entwickelung der Samenfäden bei Salamandra, S. 233—250, Taf. IX (3).

3) Derselbe, Weitere Beobachtungen über die Entwickelung der Spermatosomen bei Salamandra maculosa, Arch. f. mikroskop. Anat., Bd. 31, 1888, S. 71—97, 1 Taf.

wird jedenfalls zum Teil mit zum Aufbau des Kopfes verwendet. Ob zum Teil oder ganz ist schwer zu entscheiden". Die Hülle oder Scheide des Kopfes sei die Kernmembran, zwischen dieser und dem Kopfe liegt eine helle Substanz, von der Verf. es zweifelhaft läßt, ob es sich um den Kernsaft oder auch um achromatische Substanz handle. 1888 macht Flemming ferner Angaben über die Bildung des Mittelstücks und des Schwanzfadens (Achsenfaden, B.) die Anlage des Mittelstücks ist ein 1,3 μ großes, winziges, abgeplattetes Körperchen, das deutlich chromatisch ist und der Kernmembran dicht anliegt. Später werden daraus zwei, ein vorderes scheibenähnliches und ein hinteres schüsselähnliches, von etwas über 2 μ Größe. Die Anlage des Schwanzfadens geht durch die Mitte des Schüsselchens. Flemming statuiert zwei Möglichkeiten für die Entstehung des Mittelstücks: a) von der geformten Innensubstanz des Kerns aus; b) von einer lokalen Verdickung der Kernmembran aus. Ersteres sei wahrscheinlicher. In einem Nachtrag erklärt Verf. mit Hinsicht auf v. la Valette's Arbeit über Forficula (s. unten), daß er die Entstehung des Mittelstücks und Schwanzfadens aus dem Nebenkern nicht bestreiten wolle, aber er habe bei Salamandra den wohl sehr kleinen „Nebenkern" noch nicht gesehen.

1887 bestätigte Freiherr v. la Valette St. George[1]) seine früheren Angaben über die Bildung des „oberen Teiles des Fadens" an dem Nebenkern beim Ohrwurm.

Um nicht zu ausführlich zu werden, verweise ich für andere vor 1887 erschienene, die Frage der Umwandlung der Spermatiden also der letzten zelligen Teilungsprodukte der Samenzellen, in die Spermatosomen, d. h. zunächst unreife, dann reife „Spermatozoen" (Samenkörper, Samenfäden, Spermien) behandelnden Arbeiten auf Waldeyer's Referat auf der ersten Versammlung der Anatomischen Gesellschaft (Leipzig 1887)[2]). Unser Altmeister A. v. Koelliker war damals und ist im wesentlichen wohl noch bis vor kurzem der Ansicht gewesen, daß die Spermatozoen in allen ihren Teilen reine Kerngebilde seien (vergl. u. Georg Niessing). — Andere, wie Henle, A. v. Brunn, M. Nussbaum, Brissaud, Helman Sertoli, Merkel, leiten den Kopf vom Kern, den „Faden" im

---

1) Frhr. v. la Valette St. George, Zellteilung und Samenbildung bei Forficula auricularia. Mit 2 Tafeln. S.-A. aus Festschrift für A. v. Koelliker, Leipzig, Engelmann, 1887. 120 SS.

2) Anatomischer Anzeiger, Jahrg. 2, 1887, S. 345—368.

engeren Sinne[1]) („Schwanzfaden", „Achsenfaden", „Schwanz", nicht immer identisch!) vom Protoplasma der Spermatide ab. (Litteraturnachweise s. bei WALDEYER.)

Die Ansicht, welche den Kern ganz unbeteiligt an der Bildung des Spermatosoma sein läßt, soll hier nur der Vollständigkeit wegen erwähnt werden, da sie wohl nur noch historisches Interesse haben dürfte.

Gehen wir etwas näher auf die seit WALDEYER's Referat erschienenen Arbeiten ein (FLEMMING's Aufsatz von 1888 ist oben im Anschluß an den von 1880 schon erwähnt).

Hier ist zunächst CARL BENDA[2]) zu nennen, welcher sich 1887 auf Säugetiermaterial (Ratte, Maus, Brandmaus, Meerschweinchen, Kaninchen, Stier, Widder, Eber, Hund, Kater) in seiner an WALDEYER's Referat sich anschließenden Mitteilung[3]) auch auf Befunde an einem kastrierten menschlichen Hoden stützt. Bei einigen Species (bes. Maus, Kaninchen) repräsentiert ein unregelmäßiges Chromatinkorn des Spermatidenkerns das Kernkörperchen, ein ähnliches Gebilde liegt bei Kater und Eber „in der Wand selbst". Am vorderen Pol der Chromatinkapsel findet BENDA bei den meisten Species ein Körperchen = MERKEL's Spitzenknopf. Beim Meerschweinchen findet BENDA keinen Spitzenknopf, statt dessen eine Kopf- oder Spitzenkappe. Am hinteren Pol des Kernbläschens liegt bisweilen ein „Chromatinknöpfchen", der „Schwanzknopf". Ob die Kernmembran vorn zerreißt oder geschlossen bleibt, wurde nicht entschieden. Beim Stier sieht man vorn am Kern einen Protoplasmazipfel. Am hinteren Ende ent-

---

1) Ich benutze diese Gelegenheit, um nochmals die Herren Kollegen zu bitten, den Ausdruck „Samenfaden" für das ganze Spermatozoon oder Spermatosoma (Spermie, Spermatozoid, Samenkörper) aufzugeben, da er — oft selbst innerhalb ein und derselben Arbeit — in verschiedener Bedeutung (mal gleich dem ganzen, mal gleich Schwanz, oder Achsenfaden, oder Mittelstück, Schwanz etc.) gebraucht, nur zu Mißverständnissen und Verwirrung Anlaß giebt. Vergl. WALDEYER's Referat S. 364, Z. 1 und Z. 8 von oben.

2) CARL BENDA, Untersuchungen über den Bau des funktionierenden Samenkanälchens einiger Säugetiere und Folgerungen für die Spermatogenese dieser Wirbeltierklasse. Arch. f. mikrosk. Anat., Bd. 30, 1887, S. 49—110, 3 Taf.

3) Derselbe, Zur Spermatogenese und Hodenstruktur der Wirbeltiere. Verhandl. der Anat. Ges., 1. Versammlung Leipzig, Anat. Anz., Jahrg. 2, 1887, S. 368—370.

steht (beim Kaninchen) die anfangs kegel-, dann scheidenförmige „Schwanzkappe“ (Röhre, Blase). „Von der Spitze des Kegels ragt anfänglich der Schwanzknopf, später ein deutliches Fädchen in den von der Schwanzkappe umgrenzten Hof hinein.“ Später durchbohrt der Schwanz die Kappe und erstreckt sich frei in den Zellleib oder über diesen hinaus. Schließlich werden Kopf und Schwanz „frei von zelligen Hüllen“. — In Benda's „Resumé“ heißt Satz 8: „Die Umwandlung der Samenzellen besteht in der Umwandlung des Kernes in die verschiedenen Organe des Spermatozoons unter Auflösung des Zellleibes.“ (Auf die „Kopulations“-Hypothese soll hier nicht eingegangen werden.)

Eine ganz andere Auffassung vertritt die wohl unter Koelliker's Einfluß entstandene Arbeit von Georg Niessing [1]) 1888 (Material: Stier, Kalb, Schwein, Ratte, Meerschweinchen, Kater). G. Niessing erkennt nur eine Art von Zellen in den Kanälen geschlechtsreifer Säuger an. Aus dem Chromatin des Kernes entstehe ein feines Fädchen: der Achsenfaden, aus dem achromatischen Cylinder der Spiralfaden des Mittelstücks. „Das ganze Spermatozoid wird nur aus dem Kerne und zwar aus dem ganzen Kern gebildet.“ Der Kern trennt sich dabei vom Zellleibe. Diese letzteren bilden die Protoplasmamassen.

Aehnlich wie G. Niessing hatte sich schon einige Jahre früher Carl Fürst [2]) dahin geäußert, daß das Samenkörperchen einfach der veränderte Kern der Samentochterzelle sei und von dem ganzen Kern gebildet werde. 1887 modifizierte Fürst [3]) auf Grund von Untersuchungen an Beuteltieren (Metachirus, Phascogale) seine Auffassung dahin, daß nicht einmal der ganze Kern in die Bildung des Spermatosoma eingehe, sondern daß vorher „Polkörperchen“, und zwar am Schwanzpole, ausgestoßen werden. Der Achsenfaden entstehe aus dem Kopfchromatin, die Zellsubstanz

---

1) Georg Niessing, Untersuchungen über die Entwickelung und den feinsten Bau der Samenfäden einiger Säugetiere. (Von der mediz. Fakultät der Universität Würzburg gekrönte Preisschrift.) Verhandl. der Phys.-med. Ges. Würzburg, N. F. Bd. 22, No. 2, 29 SS., 2 Taf., 1888. (Würzburg, Stahel.)

2) Carl M. Fürst, Bidrag till kännedomen om sädeskropparnas struktur och utweckling. Nord. Med. Arkiv, Bd. 19, No. 1, 1887, 4 Taf. (im Original steht irrtümlich „2“ statt „4“), S. 1—51.

3) Derselbe, Ueber die Entwickelung der Samenkörperchen bei den Beuteltieren. Arch. f. mikrosk. Anat., Bd. 30, 1887, S. 336—365, 3 Taf.

der Spermatide werde abgestoßen und aus dem Samenkanälchen weggeführt.

F. Hermann[1]) wendet sich 1889 gegen Flemming (s. o.). Er leitet (beim Salamander) das Mittelstück vom Nebenkörper ab, es entstehe also extranukleär. Den Nebenkörper trennt Hermann in einen farblosen ovalen und einen chromatischen Anteil, welch letzterer wieder in ein rundes, bei Safraninfärbung leuchtend rotes Knöpfchen und einen dunkelviolett tingierten Ring zerfällt. Das rote Knöpfchen wandert in den Kern hinein, Ring und farblose Kugel bleiben im Zellleibe. Die Kernmembran liegt dann zwischen Knöpfchen und Ring. Der rote Knopf ist Anlage des Mittelstücks, die farblose Kugel geht zu Grunde (?), der Ring soll zum Spiralfaden oder Spiralsaum des Schwanzes werden. Das farblose Körperchen erinnert an ein Centrosom. — Bei der Maus findet Hermann folgendes. Das Kernkörperchen teilt sich. Der Spitzenknopf ist eine halbmondförmige Protoplasma-Einlagerung, der Schwanzknopf ist gleich dem Endknopf des Achsenfadens oder dem gefärbten Teile des Nebenkerns. Der Achsenfaden wächst aus dem färbbaren, in den Kern eindringenden Bestandteil des Nebenkerns aus, nicht aus dem Kern selbst.

Schon bei Beginn seiner Untersuchungen und später zu wiederholten Malen hat Freiherr v. la Valette St. George seiner Auffassung, daß der Samenkörper einer ganzen Zelle seinen Ursprung verdanke, einer ganzen Zelle und damit der Eizelle entspreche, unumwundenen Ausdruck gegeben, zuerst 1865, gleichzeitig mit Schweigger-Seidel, dann wieder 1874, 1876.

Diese Auffassung ist dann im Laufe der folgenden Jahre mehr und mehr in den Hintergrund gedrängt worden, sei es auf Grund positiver, teils aber wohl auch negativer Beobachtungen oder Beobachtungslücken, zum Teil wohl unter dem bewußten oder unbewußten Einflusse der Lehre, daß die befruchtenden Substanzen sich ausschließlich im Kern der Samenzelle befinden.

Ich bin, soweit ich sehe, 1891[2]) wieder der Erste gewesen, welcher — auf Grund von Beobachtungen an lebendem Sperma von Säugetieren (Hund, Katze, Meerschweinchen, Kaninchen, Widder

---

1) F. Hermann, Beiträge zur Histologie des Hodens. Ebenda, Bd. 34, 1889, S. 58—106, 2 Taf.

2) Karl Bardeleben, Ueber den feineren Bau der menschlichen Spermatozoen. Verhandl. d. Anat. Gesellsch. 5. Vers. (München, Mai 1891), S. 157—164, 4 Abb. Diskussion Krause, Bardeleben, Benda, v. Koelliker, Waldeyer, Nussbaum.

etc.) und vom Menschen, sowie gestützt auf die Untersuchung an Schnitten von frisch fixiertem menschlichen Material — die Zellen-Natur des Samenkörpers [1]) von neuem behauptet hat. Ich äußerte in meinem Vortrage auf der Münchener Anatomen-Versammlung (l. c. S. 164): „Nach dem oben Mitgeteilten und nach dem, was meine Untersuchungen über die Spermatogenese ergeben, muß ich das Spermatozoon als eine wirkliche Zelle bezeichnen, die dem Ei nicht nur gleich steht, sondern vor ihm noch die aktive Ortsbewegung voraushat.“ In der darauf folgenden Diskussion hatte A. v. Koelliker seinen abweichenden Standpunkt geltend gemacht, darauf wies Waldeyer „auf die Wichtigkeit hin, welche die Anwesenheit von Protoplasma an reifen Spermatozoen für die Befruchtungs- und Vererbungslehre haben muß“ — worauf ich nochmals meine Ansicht vertrat, daß, „wie aus dem Mitgeteilten hervorgeht, das Spermatozoon als wahre Zelle zu betrachten ist“ [2]). Schon im Mai 1891 in München, sodann im September desselben Jahres in Halle (Naturforscher-Versammlung) und November 1891 in Jena (Mediz.-naturwiss. Gesellsch.) habe ich, unter Vorlegung von Zeichnungen und Präparaten, diese meine Ansicht weiter zu stützen und zu begründen gesucht, wobei mir im einzelnen, wie ich nach jahrelangen Studien erkannt, eine Reihe von Irrtümern untergelaufen sind. Wie ich vor einigen Monaten (Juli 1897) erklärt habe, stehe ich noch immer auf dem Boden der Auffassung, daß das Spermatosoma und das Spermatozoon oder die Spermie — abgesehen von kleinen Partikeln, die am vorderen Ende des Kopfes abgestoßen werden, und von Protoplasmafetzen, welche vielleicht am hinteren Ende verloren gehen, ferner abgesehen von der wahrscheinlich ihm fremden, von den Sertoli's herrührenden „Protoplasmaresten“ am hinteren Ende des Kopfes („Hals“), die aber meistens oder bei längerer Lebensdauer der Spermie wohl stets wieder verschwinden — in allen seinen Teilen einer Spermatide, also einer ganzen, echten Zelle entspricht — und umgekehrt, daß die Spermatide mit allen ihren Bestandteilen in das Spermato-

---

1) Ich habe bereits damals, wie neuerdings (1897, Archiv) angegeben, daß am vorderen Ende des Kopfes bei der Reifung Teilchen abgestoßen werden. Ich hielt sie damals für „Polkörperchen“ (Hertwig), jetzt vermute ich, daß es sich um Kernkörperchen handelt. Vielleicht handelt es sich aber um noch etwas anderes?

2) Die hier gesperrten Worte sind dies auch im Original.

soma übergeht, wie ich dies im einzelnen in der neulich [2]) gegebenen Tabelle ausgeführt habe.

In derselben Mitteilung habe ich (S. 159) angegeben, daß man in dem auf den Kopf folgenden ganz kurzen, hellen Halse „öfter ein rundes Körperchen" sehe. In der Skizze l. c. (S. 160) jener Mitteilung habe ich den Endknopf des Centralfadens, nebst diesem Faden selber, innerhalb des Kopfes liegend, abgebildet. Die Figg. 1c und 2d dort zeigen ferner Persistieren, 2d sogar sehr starke Entwickelung des embryonalen Spießes (s. u.).

Im Dezember 1891 vertrat auch C. Benda [1]) in einem Vortrage vor der Physiolog. Gesellschaft zu Berlin, „entgegen seinen früheren Anschauungen die Ansicht, daß das Spermatozoon eine vollständige allerdings reduzierte Zelle darstellt, deren Kern in Kopf, deren Archiplasma im Spitzenknopf und Kopfkappe enthalten ist". In der Beurteilung der Beziehungen der Geißel zu dem chromatoiden Nebenkörper schließt sich Benda den Beobachtungen Hermann's (s. o.) an, läßt aber die Frage nach der Abstammung des chromatoiden Nebenkörpers noch offen. „Die Beobachtungen über die Entstehung des Spitzenknopfes, deren Zulänglichkeit an vorläufigen Präparaten auch für andere Wirbeltierklassen (Vögel, Reptilien, Amphibien) bereits festgestellt wurde, eröffnen die Aussicht, in ihm die Anlage der nach den Beobachtungen van Beneden's, Boveri's, Fol's bei der Befruchtung in Thätigkeit tretenden Attraktionssphäre aufgefunden zu sehen."

1892 kam Benda [2]) für Säuger zu folgenden Ergebnissen: Das Archiplasma der Spermatide sondert sich in zwei Bestandteile. Der eine, blasser und homogen färbbare verfällt dem (von Hermann beschriebenem) Schicksal, mit dem Zellleib der Spermatide zu Grunde zu gehen. Der andere beteiligt sich beim Aufbau des Spermatozoons. Er erscheint zuerst als eine zartrandige Vakuole,

---

1) Archiv für Anatomie, 1897, Suppl., S. 232.

2) C. Benda, Neue Mitteilungen über die Entwickelung der Genitaldrüsen und über die Metamorphose der Samenzellen (Histiogenese der Spermatozoen). Verhandlungen der Physiol. Gesellschaft zu Berlin (Sitzung 11. Dez. 1891), Jahrg. 1891/92, No. 4 und 5. 18. Dez. 1891. (Als Manuskript gedruckt für die Mitglieder der Physiol. Gesellschaft zu Berlin; abgedruckt im Arch. für Physiol., Physiol. Abt. Jahrg. 1891.)

3) C. Benda, Ueber die Histiognese des Sauropsidenspermatozoons. Verhandlungen der Anatom. Gesellschaft a. d. 6. Versammlg. Wien, Juni 1892, S. 195—199.

die einen bei vielen Säugern kornartigen, beim Meerschweinchen einen fast die ganze Vakuole erfüllenden, stark färbbaren Körper enthält. Er stellt sich an den proximalen Pol des Spermatidenkerns und wandelt sich in die Kopfkappe, das Korn in den Spitzenknopf des Spermatozoons um. — Das von Hermann entdeckte, von Benda als „chromatoider Körper" bezeichnete Gebilde hat auch bei Säugetieren (inklusive Mensch) zwei Bestandteile, einen größeren, bei vielen Species (auch Mensch) ringförmigen, der „nur zum Spiralfaden des Verbindungsstückes in Beziehung steht, während der andere Teil des Nebenkörpers zum Endknopf des Achsenfadens zu werden scheint".

Bei Sauropsiden (bes. Sperling) ist auffallend eine scharfe, kugelige Begrenzung des Archiplasmas, welche Benda mit der Vakuolisation desselben bei Säugetieren vergleicht. Die Archiplasmakugel legt sich einer kleinen Delle des Kernes ein, später erreicht jene die Größe des Kernes, beide sind als zwei Halbkugeln aneinander gelagert[1]).

In diesem Stadium bemerkt Benda zuerst den „chromatoiden Nebenkörper" als ein „extrem kleines (bei Behandlung mit Safranin und Lichtgrün F. S. oder Säureviolett), rot gefärbtes Pünktchen, das in der Gegend der Grenze von Kern und Archiplasma im Zellprotoplasma von einem kleinen hellen Hofe umgeben erscheint". Später tritt die archiplasmatische Halbkugel an den vorderen, der chromatische Nebenkörper an den hinteren Pol. Gleichzeitig erscheint — sehr plötzlich — an dem Archiplasma ein neues Gebilde, in Gestalt eines stark färbbaren Korns in dessen Mitte — das v. Brunn für den Nucleolus hielt. Benda glaubt es mit dem Spitzenknopf der Säuger vergleichen zu dürfen. — Das Archiplasma wird dann elliptisch, das Korn legt sich seiner Wandung an; das Chromatin verkleinert sich, am distalen Pol erscheint der Geißelfaden. Seitlich von dessen Ansatz ist die Hauptmasse des chromatoiden Nebenkörpers, als kurzes Stäbchen, gelagert. Ein Endknopf der Geißel ist nicht zu erkennen. Von der distalen Spitze des Nebenkörperstäbchens beginnt ein Spiralfaden auszuwachsen. Benda sieht demzufolge das Vorderstück des Sperlingspermatozoons als Abkömmling des Archoplasma an und vergleicht es dem Spitzenknopf und der Kopfkappe des Säugetierspermatozoons.

---

1) Ich habe solche Bilder auch beim Menschen gesehen und auf der 10. Versammlung der Anatom. Gesellschaft in Berlin 1896 gezeigt.

Im folgenden Jahre (1893) kommt Benda [1]) auf Grund von Beobachtungen der Zellteilungen im Salamanderhoden zu der Anschauung, daß das Zwischenkörperchen ein Centrosom sei und daß die Rückbildung der Spindel in genau umgekehrter Weise vor sich gehe, wie ihre Bildung. Benda vermutet, daß das doppelte Centrosoma der ruhenden Kerne den Rest der vergangenen Teilung, nämlich ein Centrosom und ein halbes Zwischenkörperchen darstelle. Der „Nebenkörper" Hermann's würde sich dann als Centrosom und Zwischenkörperchen erklären lassen. B. bemerkt ausdrücklich, daß für diese Anschauungen damals noch keine genügenden Beobachtungen vorlagen.

Bei Behandlung reifer Spermatozoen des Axolotl mit Weigert'schem Eisenhämatoxylin (M. Heidenhain) sah R. Fick [2]) 1892 bez. 1893 das ganze Verbindungs-(Mittel-)Stück, und zwar nur dieses, sich schwarz färben. „Diese Reaktion weist, wenn wir überhaupt im Samenfaden eine Attraktionssphäre und Centrosoma vorgebildet vermuten, entschieden auf das Verbindungsstück hin." Das Verhalten des Samenfadens im Ei erhob diese Vermutung zur vollen Gewißheit. Bei menschlichen Spermatozoen erhielt Fick nach Anwendung derselben Methode Schwarzfärbung des hintersten Kopfendes und des Mittelstücks.

Die im Juni 1893 im Anatomischen Anzeiger erschienene Mitteilung von George Wilton Field [3]) über Spermatogenese bei den Echinodermen (Holothurien, Crinoiden, Echiniden, Ophiuren, Asteriden) ist, soweit mir bekannt, die erste, welche genaue Auskunft über das Schicksal sämtlicher Bestandteile der Spermatide bei der Umwandlung in das Spermatosoma, insbesondere auch das Centrosoma [4]) gegeben hat. Dieses liegt bei Echinodermen (und anderen Wirbellosen) im Kopfe; seine Größe schwankt hier

---

1) Benda, Zellstrukturen und Zellteilungen des Salamanderhodens. Verhandlungen der Anatom. Gesellsch., 7. Vers. Göttingen, Mai 1893, S. 161—165.

2) Rudolf Fick, Ueber die Befruchtung des Axolotleies. Vorläuf. Mitt., Anat. Anz., Jahrg. 7 (1892), No. 25 u. 26, S. 818—821, Sept. 1892. — Derselbe, Ueber die Reifung und Befruchtung des Axolotleies. Zeitschr. f. wiss. Zool., Bd. 56, S. 4, 529—614, 4 Taf., 1893. (Kurze Mitteilung ferner in: Verhandl. d. Anat. Ges., 7. Versammlung Göttingen, Mai 1893, S. 120—122.)

3) George Witton Field, Echinoderm Spermatogenesis. Anat. Anzeiger, Jahrg. 8, 1893, No. 14 u. 15, 3. Juni, S. 487—493.

4) Vorausgesetzt, daß es sich dort wirklich um „das" oder „ein" Centrosoma handelt.

zwischen 0,3 und 1,3 μ. Bei Asteriden besteht es anscheinend aus zwei Teilen, einem kugeligen und einem hantelförmigen (Teilung?). Außerdem sind im Spermatozoon nachweisbar Kern mit Nuclein und Karyoplasma, Nebenkern, Cytoplasma, Zellmembran. Der Schwanz wird vom Cytoplasma gebildet (Pictet); er ist aber nicht, wie Pictet will, mit an den Kern, sondern an die Zellmembran fixiert und hat Beziehungen zum Nebenkern. Wichtig ist noch der entgegen der Auffassung der Gebrüder Hertwig, Boveri und Fol ausgesprochene Satz, das Centrosoma sei im Spermatozoon als besonderer Körper, getrennt vom Nebenkern wie vom Kern vorhanden; es entstammt direkt dem Centrosoma der Spermatogonie und dringt bei der Befruchtung mit dem Kern zusammen in das Ei ein. Hier trennt es sich dann wieder von diesem.

Den Nebenkern hält G. W. Field ebenso, wie John Moore [1]) beim Salamander für eine Bildung der Spindelfäden.

Veranlaßt durch G. W. Field's Mitteilungen, bestätigte dann einige Monate später John E. S. Moore [2]) gleichfalls im Anatom. Anzeiger einen großen Teil der für Echinodermen gefundenen Thatsachen für Säugetiere. Vor allem wies Moore nach, daß hier sowohl in den Spermatiden wie in den Spermatosomen Nebenkern und (2) Centrosomen vorhanden sind. Außer dem bis dahin bekannten „Nebenkern" findet Moore in den Spermatocyten der Ratte, kurz vor der Teilung, noch einen kleineren der Art (Lesser „Nebenkern", s. v. v.!), so daß hier folgende Dinge vorhanden sind: 1) ein Kern mit 8 Chromosomen [3]); — 2) ein extranucleärer chromatischer Körper (Hermann); — 3) der „kleine Nebenkern"; — 4) der eigentliche Nebenkern (Archiplasma); — 5) zwei Centrosomen, nicht im Nebenkern, wie beim Salamander, sondern frei im Zellkörper [4]).

---

1) John E. S. Moore, Quart. Journal of Microscop. Science, Vol. 34, p. 181—196, 1893.

2) Derselbe, Mammalian Spermatogenesis. 4 Fig. Anatom. Anzeiger, Jahrg. 8, 1893, S. 683—688.

3) Diese Zahlen 16 und 8 habe ich, soweit ich sehe, zuerst für Säugetiere angegeben, s. Verhandl. der Anat. Ges. in Wien 1892. Die Spermatiden haben vielfach (Beuteltiere, Mensch) vier Chromosomen.

4) Ich bemerke, daß Moore für die Centrosomen im Text S. 684 auf „Fig. 1 b" verweist, daß aber in der Figur 1 (nach dem Original autotypisch angefertigt) ein kleines *e* steht, wofür also „*b*" zu setzen ist. Das größere *c* in Fig. 1, S. 685 bedeutet den „chromatischen Körper".

In dem Nebenkern der Spermatiden entsteht eine Anzahl von hellen Bläschen mit einem dunklen kugeligen Körper, event. fließen die Bläschen zu einem zusammen, mit einem Körper darin. So entsteht ein „Residual-Nebenkern", die Blase verschwindet, die dunkle Sphäre legt sich der Kernmembran an. Die Centrosomen werden sehr deutlich. Der Kern spitzt sich in der Richtung des Kanallumens zu, und ein sehr kleines Körperchen wird ausgestoßen. Von diesem Körper aus geht eine schwach lichtbrechende Linie[1]) durch die Zelle: das erste Erscheinen des Schwanzes. Während der Nebenkernrest nach dem hinteren Ende wandert, geht der chromatische Körper nach der Wurzel des Schwanzes, wo er mitsamt den Centrosomen durch eine feine Membran umschlossen wird, welche eine Art Kragen um den sich verlängernden farblosen Kern bildet. Der chromatische Körper teilt sich in zwei ungleiche Teile und wird dann in den Kern aufgenommen, der hierbei sich mehr und mehr färbt. Wie zwar nicht im Text angegeben, aber in Fig. 4 gezeichnet ist, läuft das vordere Ende des Achsenfadens in einen Endknopf aus (Fig. 4 *Ek*), hinter dem die beiden Centrosomen — auf beiden Seiten des Fadens — liegen. (Vergl. hierzu meine Abbildungen vom Menschen auf Taf. XIX. Die von Moore erwähnte Membran dürfte die Kernmembran sein, wie ich vermute.) Der Nebenkernrest wandert mit einer degenerierenden Masse von Cytoplasma nach dem Kanallumen und wird zum Residualkörper. Ob Moore das ganze Cytoplasma oder nur einen Teil verschwinden läßt, ist mir zweifelhaft geblieben.

Zum Schluß giebt Moore eine Tabelle für die Säugetier-Spermatogenese, welche ich behufs Vergleich mit den Angaben anderer Autoren und meiner Tabelle hier wiedergebe:

1) Chromatin des Kerns in einer durchsichtigen Kapsel, die wahrscheinlich aus Paranuclein und Linin besteht.	Kopf	Kopfabschnitt (cephalic portion)
2) Eine Portion des Spermatiden-Nebenkerns, von der kleinen Erhebung an der Kernmembran, cytoplasmatischen Ursprungs.	Kopf	Kopfabschnitt (cephalic portion)
3) Zwei Centrosomen.	Kopf	Kopfabschnitt (cephalic portion)
4) Eine weitere Portion von Cytoplasma		Schwanz.

Vergleichen wir damit die von Moore in tabellarische Form gebrachten Ergebnisse von G. W. Field (s. oben) für Echinodermen:

1) „a faint refractive radius".

Kern	Kopf	Kopfabschnitt
Centrosoma		
Nebenkern	Mittelstück	
Zellmembran		
Cytoplasma		Schwanz

In der ausführlichen, 1895 erschienenen Arbeit von G. W. Field [1]) wird gleichfalls der „small refringent body at the apex of the head" als Centrosoma gedeutet, jedoch finde ich — im Texte nicht erwähnt — auf Taf. XVI, Fig. 50 (*c*) das Centrosoma von Arbacia pustulosa hinten am Kopfe gezeichnet.

In einer gleichfalls 1895 veröffentlichten Arbeit über Lumbricus kommt Gary N. Calkins [2]), zu dem Ergebnisse, daß der Kern oder Kopf vom ganzen Chromatin gebildet werde, daß das Mittelstück (Archoplasma) aus den „Polen" samt den Spindelfasern bestehe, daß die interzonalen Fasern wahrscheinlich den Nebenkern darstellen. Dieser verschwinde schließlich nach einem nutzlosem Dasein (useless existence)! Vom Centrosoma ist nicht die Rede.

Wilcox [3]) machte 1895 Angaben (für Caloptenus femur-rubrum) über das Centrosoma der Spermatiden, einen kugeligen Körper nahe der Chromatinmasse, welcher in die Kernblase eingeschlossen wird, sobald sich eine Membran bildet. Wilcox hält den Körper für das Centrosoma, ferner für identisch mit dem sehr ansehnlichen Körper, welcher den „Hals" des Spermatozoons bildet. Die Abbildungen zeigen das Körperchen, sowie seine Lage am vorderen Ende des Schwanzes — an dem kein Achsenfaden oder dergl. zu erkennen ist — ganz deutlich. (Vergl. unten.)

---

1) George William Field, Echinoderm Spermatozoon. Journ. of Morphology, Vol. 11, p. 235—270, 2 Pl. (15, 16), 1895.

2) Gary N. Calkins, The Spermatogenesis of Lumbricus. Journ. of Morphology, Vol. 11, p. 271—302, 3 Pl. (17—19), 1895.

3) E. V. Wilcox, Spermatogenesis of Caloptenus femur-rubrum and Cicada tibicen. Bulletin of the Museum of Comparative Zoölogy at Harvard College, Vol. 27, No. 1, 5 Plates, Cambridge, Mass. N. S. A., May 1895, 32 pp. Die Stelle heißt im Original (p. 13): „. . . a spherical body near the chromatic mass, and this body becomes included in the nuclear vesicle when a membrane is formed. I regard this body as the centrosome which is left in each spermatid after the last spermatocyte division, and I also believe it to be identical with the very conspicuous body which forms the neck of the spermatozoön."

In demselben Jahre fand Bühler [1]) ein oder zwei Centrosomen in den Spermatiden der Kröte und verfolgte ihr Schicksal bei der Umwandlung. Sie liegen anfangs als Kügelchen dicht am Kern; wenn zwei vorhanden, ist eins größer. Später wird das — oder das größere Centrosom in die Kernmembran aufgenommen. Aus dem Kügelchen wird ein kurzes Stäbchen, das „diametral zur Chromatinkugel steht — und oft deutlich von der Kernmembran überzogen wird". Gleichzeitig treibt die Chromatinkugel nach dieser Seite hin einen kegelförmigen kurzen Fortsatz, der nach Bühler seine Färbbarkeit verliert und zum Mittelstück wird. — Das schwarze Stäbchen nimmt an Länge zu und wird immer dünner, färbt sich dann auch schwächer. Häufig findet man an Stelle des Stäbchens ein lancettähnliches Gebilde oder eine Art Pincette, wohl infolge künstlicher Trennung der Fäden. Schließlich entsteht so durch einfaches Längenwachstum der Schwanz mit seinen beiden Randfäden. — Die Kernmembran hüllt den Kopf ein und bildet nach vorn den Spieß; nach hinten geht sie auf das Mittelstück und — wie Bühler an jungen Stadien gesehen zu haben meint — auch auf den Schwanz über. Die Attraktionssphäre läßt Verf. mit dem Zellprotoplasma verschwinden, wobei das Centrosoma übrig bleibe.

Böhm und v. Davidoff stützen sich in ihrem Lehrbuche [2]) wesentlich auf Hermann '89 (s. o.), äußern aber besonders betreffs des Centrosomas (Amphibien) eine neue Auffassung: „im Protoplasma (der Spermatide) sieht man mehr oder weniger deutlic heine Astrosphäre mit einem darin gelegenen, relativ großen Centrosoma. Letzteres verläßt die Astrosphäre und zerfällt, wenigstens bei einigen Tieren, in einen kugel- und in einen ringförmigen Körper. Der Kern wird dann länglich, schließlich langcylindrisch. Der kugelförmige Körper, Abkömmling des Centrosoms, gerät durch die Membran in den Kern hinein und liegt am späteren Ende des Spermatozoenkopfes der Innenseite der Kernmembran an. Man bemerkt einen mehr oder weniger langen fadenförmigen Streifen in der Spermatide, der von einem im Kern liegenden kugelförmigen Körper ausgeht und mitten durch den Ring (vergl.

1) Bühler, Spermatogenese bei Bufo vulgaris. Verhandl. der Anat. Ges. 9. Vers. (Basel) 1895, p. 62—66.

2) A. A. Böhm und M. v. Davidoff, Lehrbuch der Histologie des Menschen, einschließlich der mikroskopischen Technik. Mit 246 Abbild. Wiesbaden „1895". (Oktober 1894). XV, 404 SS., hier S. 257.

Hermann, B.) sich bis zur Peripherie der Zelle erstreckt. Dies ist die Anlage des Achsenfadens. Ob derselbe aus dem Kern oder, was wahrscheinlicher ist, aus dem Protoplasma oder vielleicht aus der Astrosphäre stammt, ist noch unentschieden."

Jener kugelige Abkömmling des Centrosoms wird zum Endknöpfchen des Achsenfadens. Der ringförmige Körper gestaltet sich zur Anlage des Randfadens und der undulierenden Membran. Die übrigen Teile des Bewegungsapparates an der Geißel bilden sich sehr wahrscheinlich aus dem Protoplasma der Spermatide.

Weitere Angaben über das Verhalten des Centrosomas macht Wilcox [1]) 1896 für Caloptenus femur-rubrum. In späteren Stadien teilt es sich in zwei, um sich noch später wieder zu vereinigen; das Ganze verlängert sich und bildet schließlich das Mittelstück, das sich in den Schwanz fortsetzt. Von einem Achsenfaden ist nicht die Rede.

Befunde von größter Wichtigkeit brachte J. E. S. Moore [2]) 1896 in seiner Arbeit über die Strukturveränderungen der Stammzellen während der Spermatogenese bei Haien und Rochen, Befunde, welche ganz neue Gesichtspunkte für die Bedeutung der Centrosomen und der Spermatosomengeißel eröffnen. Moore teilt die Spermatogenese hier in zwei Hauptperioden ein, zwischen denen eine synaptische Phase [3]) liegt. In der ersten Periode haben die Stammzellen nämlich 24, in der zweiten 12 Chromosomen, aber es handelt sich nicht um Reduktionsteilung im bisherigen Sinne, sondern um Verschmelzung der Chromatinteile. Schon während der Synapsis fallen Wanderungen der beiden Centrosomen nach der Zellmembran hin auf. In der zweiten Periode, welche wiederum in zwei Teilungen zerfällt, entsteht von den Centrosomen aus bereits bei der ersten, d. h. also bei der vorletzten Teilung (oder Bildung der Spermatiden), je ein feiner protoplasmatischer Faden,

---

1) E. V. Wilcox, Further Studies on the Spermatogenesis of Caloptenus femur-rubrum. Bulletin of the Museum of Comparative Zoölogy at Harvard College. Vol. 29, No. 4, p. 193—202, 3 Pl. Cambridge, Mass. June, 1896. (Verfaßt April 1895.)

2) J. E. S. Moore, On the Structural Changes in the Reproductive Cells during the Spermatogenesis of Elasmobranchs. Quart. Journ. of Microsc. Science, Vol. 38, N. S., p. 275—313. 4 Pl. Figs. in text. Sep.-Abdr. dem Verf. zugekommen 27. Febr. 1896.

3) *συνάπτω* (nicht „*συνᾶπτω*", wie Moore schreibt): verbinden, verknüpfen, hier = „verschmelzen" (to „fuse" together).

welcher nach der Zellperipherie hin wächst, diese hier etwas einkerbt („indented") und über sie hinaus wächst, also frei hervorragt wie eine kurze Geißel. Die Samenzelle der Elasmobranchier nimmt also während der Synapsis den Charakter einer Geißelzelle an. Bei der zweiten und letzten Teilung der zweiten Periode wird dann der definitive lange Schwanz des Spermatosomas von den Centrosomen aus gebildet. Inwieweit die aus einem dünnen Faden bestehende Geißel dem Schwanze bei höheren Wirbeltieren entspricht, bedarf wohl noch weiterer Feststellung. Es handelt sich wohl um das Aequivalent des Achsenfadens. Von einem Spiralfaden oder Spiralsaum und von protoplasmatischen Hüllen dieses Fadens wird nichts bemerkt. Von Interesse, weil mit den Reifungserscheinungen bei Säugetieren mit Einschluß der Menschen im wesentlichen oder doch in vielen wesentlichen Punkten übereinstimmend, ist das Verhalten des Chromatins der Archoplasmablase, der Kernmembran und des Kernsaftes, vor allem des Nebenkerns. Das Kernchromatin bildet eine Art „Kragen" um die Basis der Archiplasmablase, während der Rest des Chromatins sich zu einer flaschenähnlichen Masse (Chianti-) verdichtet. Die Flasche bekommt eine kleine Flansche (Rand, engl. flange) am Halse, wo dann das Archoplasma den Stöpsel darstellt. Um das Chromatin liegt der Kernsaft (Argin, Verf.), um dieses die Kernmembran. Die Basis des intracellulären Teiles der Geißel (nebst den Centrosomen) liegt jetzt zwischen dem Archiplasma und der chromatischen Flansche, aber die Ansatzsstelle der Geißel wandert um die Oberfläche des Kerns, das Archiplasma dringt in die Kernmembran ein und lagert sich nebst der Geißelbasis als trichterähnliche Masse dem Chromatin an. Die Centrosomen verschwinden dann, entweder gehen sie „verloren", oder sie können nicht mehr von der chromatischen Substanz an der Schwanzbasis unterschieden werden. Die Ansatzstelle der Geißel wandert weiter, bis sie schließlich an dem Boden der Flasche anlangt, d. h. dem Halse gegenüber. Der Nebenkern macht diese Wanderung mit; seine Substanz mischt sich eventuell mit dem eigentlichen Archiplasma, beide zusammen bilden eine deutlich differenzierte „protoplasmatische" Masse um den intracellulären Teil der Geißel an deren Basis bis zu ihrem Austritt aus der Kernmembran (? wohl Zellmembran). Diese ganze Masse (Nebenkern, Archiplasma, intracellulärer Teil der Geißel) bildet eventuell das lange Mittelstück des reifen Spermatozoons.

Zu ganz anderen Ergebnissen kam — für Säugetiere: Meer-

schweinchen, Ratte, Maus — Carl Niessing[1]) Frühjahr 1896. Er nennt „Mitosom“ einen Körper (Kern), der aus „der Sammlung der Mikrosomen samt den früher centrierten Fibrillen innerhalb der Sphäre und der Centralkörper zu einer anscheinend gleichmäßigen Masse, dem dunklen Kern“ entsteht. Aus diesem Körper entstehe der Spitzenknopf, aus dem „glashellen Körper“ mit dem Häutchen die Kopfkappe, aus dem Kern der eigentliche Kopf. „Das Centrosom“ befinde sich beim reifen Spermatozoon „am vorderen Pole des Kopfes und nicht etwa im Mittelstück oder am hinteren Kopfpol“, d. h. also das Centrosom wird zum „Spitzenknopf“, andere Sphärenteile zur Kopfkappe. Den Achsenfaden läßt Niessing mit derselben Bestimmtheit wie für die anderen Teile: „nicht aus dem chromatoiden Nebenkörper, sondern aus dem Kern“ hervorgehen. Aus den schönen und klaren Abbildungen Niessing's — welche ich auch im Original zu sehen Gelegenheit hatte — scheint mir nicht das, was Verf. folgert, sondern das, was ich, in Uebereinstimmung mit Meves und v. Lenhossék, für mehrere Säugetiere und den Menschen beobachtet habe, hervorzugehen. Man vergl. besonders Fig. 16, 18a, 18b, 19, 25, 35.

P. Bertacchini[2]) ist — entgegen seiner früheren Anschauung — auf Grund von Untersuchungen an Anuren (Rana, Bufo, Hyla), sowie einigen anderen niederen Wirbeltieren 1896 gleichfalls zu der Ueberzeugung gelangt, daß das Spermatozoon eine ganze Zelle darstellt. Vom Protoplasma der Spermatide leitet er die Hülle des Kopfes, Mittelstückes und Schwanzes — vom Kern den centralen Teil des Kopfes und das „Schwanzkörperchen“ (granulo caudale) aus dem der Achsenfaden hervorwächst, ferner den axialen Körper des Mittelstückes ab. Das Schwanzkörperchen und der Schwanzfaden beständen wahrscheinlich aus der achromatischen Kernsubstanz. An dem hinteren Kernpol, wo das rundliche, stark lichtbrechende Körperchen auftritt, zeigte der Kern manchmal eine Art Oeffnung, durch welche jenes auszutreten schien.

---

1) Carl Niessing, Die Beteiligung von Centralkörper und Sphäre am Aufbau des Samenfadens bei Säugetieren. Arch. f. mikroskop. Anat. u. Entwick., Bd. 48, 1896, S. 111—142, 2 Taf.

2) P. Bertacchini, Ricerche biologiche sulla spermatogenesi nel gruppo degli Anfibi anuri. Con 2 tavole. Internat. Monatsschr. f. Anat. u. Phys., Bd. 13, 1896, H. 12, S.-A. 38 SS.

Sehr eigentümliche Befunde habe ich[1])[2]) im März und April 1896 von Monotremen und Beuteltieren veröffentlicht. Ich beschrieb lange, Achsenfäden oder ganzen Schwänzen ähnliche Gebilde, welche in den SERTOLI'schen Zellen stecken, und welche bei weiterer Entwickelung am inneren Ende eine, manchmal zwei knopfähnliche Verdickungen zeigen. Ich brachte mit diesen „Schwanzanlagen", wie ich sie zunächst auffaßte und nannte, Bilder in Zusammenhang, die im Lumen der Kanäle sich zeigen: Eintreten solcher Anlagen in die Spermatiden. Das Eintreten eines knopfähnlichen, stark gefärbten und lichtbrechenden Gebildes mit einem gleichfalls stark tingiblen Faden in den hinteren Pol der sich langstreckenden, cylindrische Form annehmenden Spermatide konnte aus den verschiedenen Bildern mit Sicherheit geschlossen werden.

Nachdem ich in diesem Jahre[3]) zu der Auffassung gelangt

---

1) KARL VON BARDELEBEN, Die Entstehung der Samenkörper. Anat. Anz. Bd. 11, No. 23 und 24, März 1896, S. 697—702.

2) Derselbe, Ueber Spermatogenese bei Monotremen und Beuteltieren. Verhandl. d. Anat. Ges., 10. Vers. Berlin, April 1896, S. 38—43, 4 Abbild.

Für richtig halte ich heute noch folgende Sätze oder Teile solcher:

a) (Anat. Anz. 11, S. 699): „Die so getrennt entstandenen Bestandteile des Spermatozoons vereinigen sich, indem das verdickte vordere Ende des . . Achsenfadens in das hintere Ende der schlauch- oder ballonförmig gewordenen Kopfanlage gelangt. . . . Eine vollständige Verschmelzung im eigentlichen Sinne des Wortes tritt eigentlich niemals ein, da bekanntlich beim reifen Spermatozoon der vordere Endknopf des Achsenfadens mit dem Kopfe nur durch Kittsubstanz verbunden ist."

b) (Verh. d. Anat. Ges. 1896, S. 41): „Der ursprünglich polyedrische oder kugelige Körper der Spermatide nimmt allmählich die Form eines Ballons oder eines Cylinders an und bildet am hinteren Pole eine Blase. . . Die Endknöpfe der Achsenfäden dringen nun von hinten oder von der Seite in die Spermatide ein."

c) (Ibidem, S. 42): Aus den geschilderten Befunden . . . kann ich keinen anderen Schluß ziehen, als daß die . . . Achsenfäden mit dem Endknopfe . . . selbständig gebildet werden, und daß sie dann in die . . . Kopfanlagen eintreten.

Als irrtümlich habe ich vor kurzem zurückgenommen die Auffassung, daß „Kopf" und „Schwanz" aus zwei verschiedenen Zellen oder Teilen verschiedener Zellen entstehen.

3) KARL VON BARDELEBEN, Dimorphismus der männlichen Geschlechtszellen bei Säugetieren. Anat. Anz., Bd. 13, No. 21 u. 22, August 1897, S. 564—569, 6 Abbild.

bin, daß die, Kirschen mit langen Stengeln gleichenden Gebilde in den Sertolis Spermatosomen darstellen, und daß die Spermatide ohne fremde Hilfe zu einem ganzen Spermatozoon wird (Monotremen, Beuteltiere, Insectivoren, Ungulaten, Raubtiere, Nager, Mensch), galt es eine Erklärung für die Beobachtungen zu finden, die als ein Eindringen von Schwanzanlagen in die Spermatide gedeutet waren. Ich bin auf Grund von sehr genauen, fast lückenlosen Beobachtungen beim Menschen und den früher untersuchten Säugern zu dem Ergebnis gekommen, daß allerdings ein Eintreten oder Eindringen der Schwanzanlagen in das Innere der Spermatide stattfindet, daß aber diese Anlagen nicht aus den Sertolis, sondern wesentlich aus den Centrosomen der Spermatide, unter Beteiligung des Nebenkörpers, stammen, daß also die Anlagen nicht von außerhalb der Spermatide in diese eindringen, sondern von der Peripherie derselben in das Innere dringen (Einstülpung, Invagination), um schließlich sich an der Kernmembran oder direkt am Chromatin festzusetzen. Frühere Beobachtungen über die Lage des Endknopfes des Achsenfadens beim reifen Spermatozoon des Menschen sprechen gleichfalls schon hierfür [1]).

Doch ich habe vorgegriffen und kehre zur Litteratur 1896 zurück. In dem genannten Jahre hatte Meves [2]) in einer Anmerkung einer Arbeit über Spermatogenese beim Salamander mitgeteilt, daß „die chromatischen Bestandteile des Nebenkörpers" von den beiden Centrosomen herstammen. Der eine Centralkörper erfährt ein kolossales Wachstum und wird zu einem kugeligen Körper, der andere zu dem Ringe Hermann's. Beide bilden später das Mittelstück.

Im Februar 1897 erschien eine vorläufige Mitteilung Desselben [3]), gleichfalls den Salamander betreffend, in welcher er sehr genaue Angaben über die Rolle macht, welche die Centrosomen spielen, sowie über die anderweitigen Prozesse, welche bei der Umwandlung der Spermatide in das Spermatosoma vor sich

---

1) Der obige Passus — von S. 495 Zeile 71 an — ist im Anat. Anz., Bd. 14, S. 145—147 abgedruckt worden. (Ich habe hier einige Worte geändert oder ausgelassen!)

2) Friedrich Meves, Ueber die Entwickelung der männlichen Geschlechtszellen von Salamandra maculosa. 5 Taf. Arch. f. mikroskop. Anat. u. Entw., Bd. 48, S. 1 u. 83, „1897" (Heft 1 1896 erschienen).

3) Friedrich Meves, Ueber Struktur und Histiogenese der Samenfäden von Salamandra maculosa. Vorgetragen im Physiologischen Verein zu Kiel am 8. Febr. 1897. Mitteil. f. d. Verein Schlesw.-Holst. Aerzte, Jahrg. V, No. 5, 4 SS.

gehen. In einer Ende Juli 1897 erschienenen ausführlichen Arbeit [1]), welche mir infolge gütiger Zusendung seitens des Verf. nach Rückkehr von einer Reise Anfang September dieses Jahres zu Gesicht kam, nachdem meine Arbeit im Archiv 1897, Supplement, bereits gedruckt war, führt Meves dies weiter aus und giebt die Abbildungen dazu.

Die beiden Centrosomen der Spermatide liegen in senkrechter Richtung zur Zellwand, das eine periphere unmittelbar an derselben. Von diesem wächst ein Faden aus — die erste Anlage des Achsenfadens. Die Centralkörper und der Anfangsteil des Achsenfadens werden gegen das Centrum der Zelle zu verlagert, die Zelloberfläche von der Stelle aus, wo das periphere Centrosoma lag, gegen das Zellinnere eingestülpt. Die Centralkörper wachsen; der periphere wird zur Scheibe, dann zum Ringe, an dessen Peripherie die Zellwand inseriert. Der centrale Körper wird zu einem leicht gekrümmten Stäbchen, mit welchem der Achsenfaden in Verbindung tritt. Stäbchen und Ring hatte (s. o.) Hermann bereits 1889 beschrieben, jedoch ohne ihre Abstammung und Herkunft angeben zu können. Das Stäbchen lagert sich der Kernmembran an, plattet sich ab, bildet einen Zapfen, der in das Innere des Kernes hinein wächst und kugelig wird, während der Rest als Scheibchen der Kernmembran außen aufliegt. Während das Scheibchen schwindet, wächst die Kugel stark heran, um sich weiter in einen cylindrischen Körper umzuformen, welcher bald die Länge des Mittelstücks des reifen Spermatozoons erreicht, aber nur der „vorderen Partie“ desselben entspricht. — Der Ring liegt später am hinteren Pol der Zelle, an deren Oberfläche er die Einfassung eines Loches der Zellwand bildet. (Bei Beuteltieren sehr deutlich! B.) Das Sphärenbläschen wandert am Kern entlang auf dessen vorderes Ende, tritt durch die Zellwand hindurch aus der Zelle heraus, liegt also dann vor derselben und bildet den „Spieß“.

Die Angabe Hermann's, daß aus dem Ringe der Flossensaum werde — die ich auch stets angezweifelt habe — erklärt Meves für unzutreffend. Man kann beide Gebilde gleichzeitig nebeneinander sehen. Der Ring wird pessar-ähnlich (vergl. Hermann), reißt dann durch, die dorsale Hälfte mit caudalwärts umgebogenen, dem Achsenfaden angelegten Enden bleibt an Ort und Stelle liegen

---

1) Friedrich Meves, Ueber Struktur und Histogenese der Samenfäden von Salamandra maculosa. 2 Taf. Arch. f. mikroskop. Anat. u. Entw., Bd. 50, S. 110—141, 1897 (20. Juli).

und bildet die Begrenzung des Loches der Zellwand, durch welches hindurch sich der Randfaden bis zur vorderen Partie des Mittelstückes verfolgen läßt. Die ventrale Hälfte des Ringes wandert dagegen mit der Zellsubstanz an der Bauchseite des Achsenfadens entlang, dessen Ende sie aber nicht erreicht. Sie bleibt an der Grenze zwischen Hauptstück und Endstück des Schwanzes liegen. Die hintere Partie des Mittelstückes geht aus der dorsalen Ringhälfte hervor. — „Der reife Samenfaden des Salamanders stellt eine vollständige umgewandelte Zelle dar; eine Abstoßung von irgend welchen Teilen hat im Laufe seiner Entwickelung nicht stattgefunden."

M. v. Lenhossék's [1]) vorläufige Mitteilung vom 3. April 1897 bezieht sich wesentlich auf die Ratte. Die „Sphäre" der Spermatocyten leitet Lenhossék nicht von Spindelresten, sondern von einer spontanen Verdichtung des Cytoplasmas um das Centrosoma herum ab; die Sphäre habe mit einem wahren Nebenkern (Blatta, Helix etc.) nichts zu thun. Sie schließt die Centrosomen ein, welche stets paarig sind. Die Spermatocyten der Ratte teilen sich zweimal hintereinander. — Im Cytoplasma der jungen Spermatide bemerkt man drei Dinge: 1) die Sphäre (s. o.); 2) den „chromatoiden Nebenkörper" (Benda); 3) die Centrosomen. — Die Lage des mit Eisenhämatoxylin, Magentarot, Gentianaviolett färbbaren Nebenkörpers ist anfangs keine bestimmte; später findet man ihn stets am hinteren Kernpol, neben der Anheftungsstelle des Achsenfadens. „Mit der Bildung des letzteren hat er nichts zu thun"; Hermann's Darstellung findet in Lenhossék's Beobachtungen keine Stütze. Dagegen scheine er zu der Bildung der cytoplasmatischen Hülle des Verbindungsstückes teilweise das Material zu liefern. Die Centrosomen liegen dicht nebeneinander stets „auf der Oberfläche der Zellen", nicht senkrecht darauf. Eines — das vordere oder das hintere — ist das größere. Aus den Centrosomen wächst nun der Achsenfaden heraus. Das Fädchen geht immer vom kleineren Körperchen aus und wächst zunächst an der Oberfläche der Zelle entlang. Es ist keine direkte „Verlängerung", sondern ein „Ausscheidungsprodukt" desselben, das Centrosoma muß „mit der Fähigkeit der Assimilation ausgestattet gedacht werden". Bald tritt ein merkwürdiger Wanderungsvorgang der Centralkörperchen in die Erscheinung, indem sie sich, von einem

---

1) M. v. Lenhossék, Ueber Spermatogenese bei Säugetieren. Vorläufige Mitteilung. 8 SS. S.-A.?

hellen Hof umgeben, in das Cytoplasma senken und, den Achsenfaden kometenartig nach sich herziehend, an den hinteren Kernpol herantreten. Das größere von den beiden Körperchen verbindet sich nun mit der Kernmembran, zunächst fester, später durch Vermittelung einer Kittsubstanz und stellt mit dem anderen das von Jensen entdeckte „Endknöpfchen" dar. Die Darstellung Niessing's, wonach das Centrosoma im „Akrosoma" enthalten sei, erklärt Lenhossék für irrtümlich.

Eine Verbindung (Kopulation, Benda) der Sertoli'schen Zellen mit den Spermatozoenköpfen stellt Lenhossék gleichfalls in Abrede. Die Zellen bestehen (Swaen und Masquelin) fast ausschließlich aus feinen, parallel verlaufenden Fibrillen, zwischen denen Bahnen für die Fett- und Eiweißstoffe für das Wachstum des jungen Spermatozoons lägen. Die von Plato beschriebenen Kanäle der Membrana propria beruhen nach Lenhossék auf Täuschung.

In einer während der Niederschrift dieser Zeilen (September 1897) mir zugegangenen Arbeit kommt F. Hermann [1]) für Selachier (Scyllium catulus) zu dem Ergebnis, daß der Schwanzfaden (Achsenfaden) aus der Centralspindel der letzten Spermatocytenteilung entsteht, daß das Endknöpfchen als das Centrosom des Spermatozoons zu betrachten sein dürfte. In der Spermatide findet Hermann zwischen Kern und Zellmembran eine homogene, glashelle, scharf konturierte kleine Spindel, an ihren Polen zwei sich namentlich bei Anwendung von Hämatoxylin-Metall-Lackfärbungen (Eisen, Kupfer, Vanadium) dunkel tingierende Kügelchen von verschiedener Größe. Diese Spindel leitet H. (Schlußfolgerung, nicht Beobachtung) aus der Centralspindel der Spermatocyten ab (äquatoriale Abschnürung). Von den beiden Spindelpolen stelle der eine, kleinere, das Centrosom dar, „während der größere sich als die zu einem Kügelchen zusammengesinterte Hälfte des ringförmigen Zwischenkörperchens erweist" (Centrodesmose M. Heidenhain). Letzteres verschmilzt dann mit der Zellmembran, während sich das Centrosom gegen den Kern wendet, dessen Membran erreicht und sich bald mit dem eigentlichen Kern in Verbindung setzt. Das „Zwischenkörperchen" weitet sich wieder zu seiner ursprünglichen Gestalt, einem ungemein zierlichen Ringe, aus, und zwischen beiden spannt sich, entstanden aus der Spindel, die Anlage des Achsenfadens aus.

---

1) F. Hermann, Beiträge zur Kenntnis der Spermatogenese. Arch. f. mikrosk. Anat. u. Entwick., Bd. 50, S. 276—315, 1 Taf. (Selachier-Salamandra).

b) Eigene Befunde beim Menschen.

Seit dem Abschlusse der letzten Arbeit (7. Beitrag zur Spermatologie) — 15. Juli 1897 — habe ich meine Studien betreffend die Vorgänge bei der Umwandlung der Spermatiden in Spermatosomen beim Menschen fortgesetzt und gebe ich im folgenden die Ergebnisse der weiteren Beobachtungen wieder. Ich verweise hierbei auf die Abbildungen der Tafel XIX und Fig. 1 auf Tafel XX und die Erklärungen dazu, ferner auf die Textfiguren I—V.

Als zweckmäßig erscheint es mir, die Vorgänge diesmal für die ganze Spermatide, das ganze Spermatosom darzustellen, nicht, wie in der vorigen Arbeit, nach den einzelnen Teilen (Zellkörper, Kern, Nebenkörper, Centrosomen etc.) getrennt, ferner eine Reihe von gut charakterisierbaren Stadien aufzustellen, auch schon deshalb, um bei Diskussionen mit anderen Forschern oder beim Vergleiche mit anderen Species eine sichere Basis zu gewinnen. Ich unterscheide einstweilen sieben Stadien, von denen das letzte das reife „Spermatozoon", besser die „Spermie" [1]) darstellt, wobei ich bemerke, daß vielleicht zwischen dem 6. und 7. Stadium ein solches, umfassend die Reifungserscheinungen im Nebenhoden, Vas deferens und Samenbläschen, einzuschieben wäre.

Erstes Stadium: Die kugelige, ruhende Spermatide.

Das Ruhestadium der Spermatide dauert jedenfalls nur kurze Zeit, aber auch die anderen Stadien werden, wenigstens zum großen Teile, wohl sehr schnell durchlaufen.

Die ruhende Spermatide des Menschen ist kugelig oder doch der Kugelgestalt sehr nahe kommend, auch polyedrisch. Der Durchmesser derselben beträgt anfangs 6,5—6,75—6,8—7,0 μ, wächst dann bis auf 8 μ. Ist diese Größe erreicht, so beginnen die äußerlich sichtbaren Umwandlungen.

Die beiden Centrosomen liegen noch mehr peripher, nahe dem Außenrande der Zelle, s. Textfigur I *a*. Eine Spindel zwischen beiden, wie sie Hermann für Salamandra beschreibt, habe ich beim Menschen bisher nicht gesehen. Dagegen fand ich sie manchmal wie von einem hellen Hofe umgeben.

Der Kern zeigt, wie ich bereits in Uebereinstimmung mit anderen Forschern angab, anfangs die gewöhnlichen Strukturen. (Ruhender Kern.) Vergl. Taf. XIX, Fig. 1 *a*, *e*.

---

1) Nach dem mir brieflich gemachten Vorschlage Waldeyer's will ich statt Spermatozoon hinfort Spermie sagen. Ueber die Bezeichnung Spermatosoma vergl. oben S. 479.

Zweites Stadium: Polare Streckung der Spermatide, Wanderung der Centrosomen, erste Anlage des Achsenfadens, Einstülpung der Kernmembran, Einschmelzen oder Zusammenballen des Kernchromatins, Fig. 1 *b*, *f*, Taf. XIX, Textfig. I *a*.

Was von diesen Vorgängen das Primäre, was Ursache und was Wirkung sei, ist wohl noch nicht zu entscheiden. Wir wollen sie zunächst einzeln betrachten, dann versuchen, sie auf ein gemeinsames Prinzip zurückzuführen.

Die ursprünglich kugelige oder regelmäßig-polyedrische Zelle streckt sich in einer bestimmten Richtung in die Länge, während sie in der darauf senkrechten Richtung entsprechend abnimmt. Das Volumen der Spermatide nimmt hierbei im ganzen ab, wenn ich richtig gemessen und gerechnet habe, und zwar um etwa 30 Proz. Worauf diese Volumenabnahme zurückzuführen, ist mir noch nicht ganz klar, wahrscheinlich handelt es sich um Kontraktionserscheinungen unter Auspressung von Flüssigkeit, nicht nur im Kern, wo sie leicht zu konstatieren, sondern auch im Cytoplasma, vielleicht auch um Abgabe fester Teile.

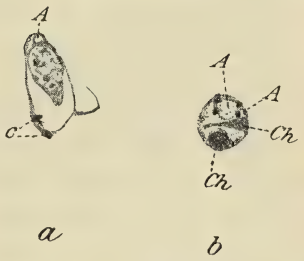


Fig. I *a* und *b*. Spermatiden des zweiten Stadiums. *a*: *A* Argin, *c* Centrosomen, hinten am Kern: Nebenkörper, rechts an der Zellkontur Faden. Ok. 8.

Fig. I *b*. Spermatidenkern im (optischen) Querschnitt. *A.A* Argin, rechts und links davon der Kernmembran anliegend Centrosomen. *Ch*, *Ch* Chromatin des Kerns in zwei Teilen. Ok. 12. 6. 7. 97.

Die Centrosomen wandern vom Rande des Zellkörpers nach dem Kerne hin und zwar im „Gänsemarsch", hintereinander; das vordere erreicht die Kernmembran und stülpt sie ein.

Von dem hinteren Centrosom aus entsteht ein kurzer, dünner, schnell an Länge und Dicke zunehmender Faden, der spätere Achsenfaden des Mittelstücks und Schwanzes. Eine Verbindung zwischen beiden Centrosomen besteht in diesem Stadium noch nicht — oder wohl richtiger, ist mit den bisher angewandten Methoden nicht nachweisbar. Die Centrosomen oder doch eines von ihnen teilen sich, in zwei Teile, s. Textfigur I *b*. Das Kernchromatin ballt sich in einer bisher noch nicht beschriebenen Weise zusammen, indem sich, nachdem die bekannte Ansammlung der Brocken an der Membran vorüber, zwei größere Klumpen bilden, von denen

der eine kegelförmig, der andere kugelig ist. Daneben liegen gleichfalls zwei Arginkörper („Vakuolen“ der Autoren), aus Kernsaft bestehend, s. Textfigur I *b*, sowie Fig. 1 *c*, Taf. XIX, zwischen ihm und der Membran liegt ein heller Raum, bei Beuteltieren (Verf.) und Selachiern (Hermann) deutlicher, als beim Menschen (Taf. XIX, Fig. 2 *a* gut zu sehen). Diese das Kernchromatin umgebende Schale besteht jedenfalls aus dem ausgepreßten Kernsaft („Argin“). Sie verschwindet später vorn an der Spitze, dann auch an den Seiten, um noch längere Zeit am hinteren Ende der Kopfanlage zu persistieren. Bei niederen Säugern ist dies ebenso.

Als treibende Kraft für alle oben erwähnten Vorgänge muß ich die Centrosomen ansehen. Die Streckung der Zellen entspricht der Verbindungslinie zwischen den Centrosomen; sie stülpen die Zellsubstanz[1]) und Kernmembran nach dem vorderen Ende ein, während hinten der Achsenfaden auswächst. Es erinnert das Ganze an einen „Propeller“. Bei weiterem Wirken der im Centrosom befindlichen Kraft wird dann, wie wir gleich sehen werden, der Kopfteil der Spermatide nach vorn heraus- oder hervorgestoßen, ja das Spermatosom als Ganzes fortbewegt.

Ueber die Substanz, aus welcher der Achsenfaden besteht, sind die Autoren nicht einig. Hermann (Selachier) läßt die Anlage desselben aus der Centralspindel der letzten Spermatocytenteilung entstehen, anscheinend aus einer Anzahl parallel laufender Fibrillen bestehen. Meves ist geneigt, ihn für einen „Mitomfaden der Zellsubstanz zu halten, „welcher ebenso wie z. B. ein Polstrahl oder eine Spindelfaser der achromatischen Figur der Mitose, an dem Centralkörper angeheftet ist und welcher die Substanz, auf Grund deren er wächst, um den Centralkörper herum oder vielleicht durch ihn hindurch aus der Zelle bezieht“. Ich möchte dem Achsenfaden bei höheren Tieren, sowohl dem vorderen intercentralen, wie dem postcentralen Abschnitte, eine höhere Dignität zuerkennen; ich habe mir die Vorstellung gebildet, daß er einen Teil der Centrosomensubstanz oder doch Substanz, welche durch die Centrosomen assimiliert ist, enthält. (Vgl. oben v. Lenhossék)

Drittes Stadium: Hervortreten der Kopfanlage, Bildung

---

1) Ob man beim Menschen von einer „Zellmembran“ sprechen kann, möchte ich bezweifeln. Eine „Crusta“ (F. Eilhard Schulze) ist aber vorhanden.

der Schwanzblase: Form der Retorte und der Chianti-Flasche. Entstehung eines Ringes von dem vorderen Centrosom aus, hinter dem hinteren Ende des Kerns (Kopfes), Fig. 2, Taf. XIX, Textfigur II *a*, *b*?

Die Kopfanlage, also der Kern mit seiner Membran, wird verlängert, verjüngt und nach vorn hervorgetrieben; der Kernsaft sammelt sich am vorderen Ende des Kopfes an, und zwar unsymmetrisch. Schon jetzt kann man eine konkave und konvexe, also, wenn man will, Bauch- und Rückseite des Spermatosoms unterscheiden. Später zerfällt diese Ansammlung von Kernsaft in mehrere Partikel („Vakuolen"). Am vorderen Kopfende entsteht eine ganz kleine feine Spitze — Taf. XIX, Fig. 2 *a*, *b* (?), *e*, *f* — von der Kernmembran aus. Sie ist weder in diesem noch in späteren Stadien an allen Exemplaren zu erkennen (s. Fig. 3, 4, 5, Taf. XIX), weil sie asymmetrisch liegt, wie ich dies 1891 angegeben habe. Der Rest der Spermatide bildet die Koelliker'sche „Schwanzblase". Diese muß, nach meinen Erfahrungen, beim Menschen bald zerreißen und in Stücke gehen. Jedenfalls findet man schon im nächsten Stadium nur ausnahmsweise vollständige und geschlossene Schwanzblasen, dagegen ist eine solche in dem Stadium Taf. XIX, Fig. 4 *a*, *b* und *c*, vielleicht auch *e* und *f* wohl noch intakt vorhanden. (Bei Beuteltieren persistiert sie viel länger und ist dort sehr groß, so daß ich der Meinung zuneige, sie rühre nicht allein von der Spermatide, sondern auch von dem Protoplasma der Sertoli's her.

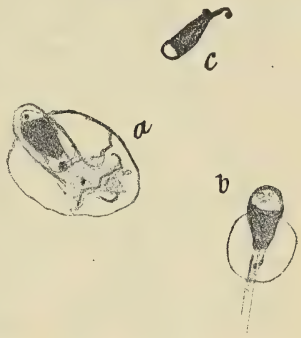


Fig. II *a*—*c*. *a*: Spermatide des 3. Stadiums, *b*: Kernmembran abgehoben, Ringbildung, *c*: kleines Körperchen dicht hinter dem hinteren Kopfende, vgl. Taf. XIX, Fig. 5 *f*.

Figuren, wie sie Meves soeben für Salamandra von der Schwanzblase und der Einstülpung oder Einziehung des Cytoplasmas infolge der Wanderung der Centrosomen gegeben hat, habe ich bei höheren Säugern und beim Menschen bisher nicht gesehen. Bei Monotremen und Beuteltieren beobachtete ich dieselben häufig, ja allgemein, und schloß daraus die Wanderung des Endknopfes samt dem Achsenfaden (vergl. oben). Beim Menschen sah ich nur Zu-

stände, wie sie Fig. 3 *h* der Tafel XIX zeigt. Der Weg, welchen die Centrosomen nebst dem an ihnen hängenden Achsenfaden durch die Zellsubstanz machen, die Richtung, in welcher das vordere Centrosom den Kopf vordrängt, sind nicht geradlinig, auch nicht jener der Polachse entsprechend, sondern schief (schräg) und krumm.

So ist die „Chianti-Flasche", der die Spermatide auf dieser Stufe ähnlich sieht, anfänglich gleichfalls gekrümmt, also mehr eine Retorte, wie die Abbildungen Taf. XIX, Fig. 2 *a*, *b*, *c* deutlich zeigen, während bei *d*, *e*, *f* die Geradstreckung anhebt.

So ist auch nur bei 2 *e* und *f* ein längeres Stück des Achsenfadens sichtbar. Diese Verhältnisse kommen nach meinen Untersuchungen bei Monotremen und Beuteltieren, sowie nach den Beobachtungen anderer Forscher bei niederen Wirbeltieren allgemein vor. Auch im weiteren Verlauf der Entwickelung wird uns niemals das Prinzip der geraden Linien, sondern stets das der Kurven und Schlängelungen d. h. also der Spiralen entgegentreten (vergl. hierzu E. Fischer's Arbeiten), welches man in Anbetracht des bekannten Verhaltens anderer Gewebe und Gebilde des tierischen Körpers (Knochen, Muskeln, Gefäße) und der Pflanzen als ein sehr weit verbreitetes Wachstumsprinzip hinstellen kann. Jedenfalls deuten auch die Erscheinungen bei der Spermatogenese und die Bewegungen der reifen Spermie auf eine hohe Elasticität der Fadengebilde in der Zelle und im Kern hin (vergl. die Untersuchungen von M. Heidenhain, Drüner, Braus u. a.).

Die Entstehung des „Ringes am hinteren Kopfende" — oder kürzer, des „vorderen Ringes", da es noch einen zweiten, hinteren Ring, am späteren hinteren Ende des Mittelstückes, giebt, wohl noch einen dritten, an der Einstülpungsstelle der Cytoplasmas — die Entstehung dieses vorderen Ringes ist schwierig festzustellen. Auch die Entstehung des zwischen den beiden Centrosomen gelegenen Teiles des Achsenfadens ist nocht nicht klar. Die erste Anlage des Fadens entsteht (s. o.) vom hinteren Centrosom aus, später geht er scheinbar direkt vom vorderen Centrosom oder dem kleinen Endknöpfchen ab, das diesem entspricht. Dies spricht dafür, daß beide Centrosomen ihre Stellung vertauschen, d. h. das „hintere" zum „vorderen" wird. Der Faden ist anfangs scheinbar einfach, später sieht man deutlich zwei (vielleicht mehrere) Fäden: intercentr(osom)ale Fäden. — Da bei späterer Verlängerung der eine Faden Achsenfaden bleibt, während der andere „Randfaden" wird, kann man sie schon jetzt als solche unterscheiden.

Wenn das „vordere" Centrosom, wahrscheinlich schon in zwei Tochter-Centrosomen geteilt[1]), an der hinteren Peripherie des Kernmembran angelangt ist, teilt es sich in zwei, später in mehrere kleine Körnchen, welche sich in einiger Entfernung von der Kernmembran in Form eines Ringes mit senkrecht zum Achsenfaden stehender Achse gruppieren. Der Ring besteht somit ursprünglich aus einzelnen Kügelchen, etwa wie ein Korallen-Armband, später wird ein geschlossener, zusammenhängender Ring daraus. S. Textfiguren II *b*, III *a*—*g*. Auch eine Platte oder ein

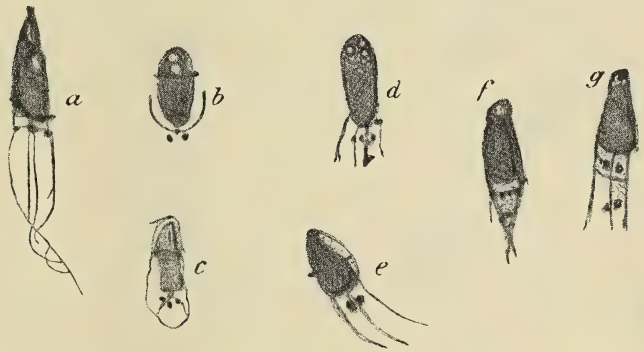


Fig. III *a*—*g*. Spermatiden des 4. und 5. Stadiums. Verschiedene Formen des Kopfes. Verschiedene Anordnung des vorderen Centrosoms, Teilung, Ringbildung; bei *g* auch das hintere Centrosom (?). *a* (Ok. 12) Chromatin sehr unregelmäßig, unsymmetrisch, bei *b*, *c*, *e* Ringbildung am Kopfe (Kernmembran), *b*—*g* Ok. 8, *a*—*f* Hämatoxylin-Eosin, *g* HEIDENHAIN.

napfähnliches Gebilde, bestehend aus einer Platte, und Fäden, die nach dem Kernchromatin zu verlaufen, ferner eine Verdoppelung des Ringes habe ich gesehen (Figg. 3*f*, 4*b*, *e*, Tafel XIX; vergl. MEVES, Fig. 14, Taf. VII, Arch. mikrosk. Anat., Bd. 50). Ob die Platte oder der Ring das Primäre, wage ich nicht zu entscheiden; MEVES leitet den Ring für Salamandra aus einer Platte ab, ich möchte es für den Menschen umgekehrt machen, wobei zu bemerken wäre, daß aus der einen Platte später wieder zwei solche oder zwei Ringe würden. Das „vordere" Centrosom oder richtiger das vordere in der Achse gelegene Kügelchen, welches wohl das ursprünglich hintere Centrosom darstellen dürfte (s. o.), der spätere vordere Endknopf des

1) Ich habe diese quer nebeneinander liegenden Teile der vorderen Centrosomen eine Zeit lang für das vordere und hintere Centrosoma gehalten. Vergl. S. 228 der vorigen Arbeit. Dies war, soweit ich jetzt sehe, ein Irrtum.

Achsenfadens, entschwindet sodann mit dem eingestülpten Teile der Kernmembran den Blicken, indem er von dem zusammengeschmolzenen Kern- (Kopf-)Chromatin verdeckt wird. Jedoch sah ich öfter, nicht axial, sondern peripher an oder neben dem Kopfchromatin, an dessen hinterer Peripherie, ein kleines Kügelchen von der Reaktion eines Centrosoms. Ob dies der vordere, seitlich verschobene Endknopf oder ein neues Gebilde ist, konnte ich nicht entscheiden. S. Textfigur III *c*, *d*, *f*, IV *b*?

Fig. IV.

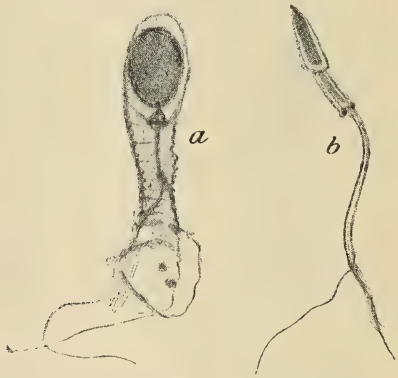


Fig. V.

Fig. IV *a*—*e*. 4. und 5. Stadium. Eigentümliches Verhalten der Centrosomen bei *b*, *c*, *e*; bei *d* Abhebung der Kernmembran am Kopfe (Kopfring?); bei *e* Achsenfaden mit Centrosomen (Heidenhain).

Fig. V. Spermatiden resp. Spermatosomen des 5. (*a*) und 6. (*b*) Stadiums; *a* Ok. 12, *b* Ok. 8. Heidenhain. *a* scheint die Anlage einer Riesenspermie zu sein; äußere Spirale des Mittelstücks, Fäden vom vorderen (Centrosoma) Ring zum Kopfchromatin; *b* hat zwei lange Fäden am Schwanze, Grenze gegen Mittelstück (Ring) deutlich.

Viertes Stadium: Weitere polare Streckung der Spermatide, Kopf- und Mittelstück-Anlage des Spermatosoms cylindrisch, Schwanzblase erreicht die Cylinderform, Entstehung eines knopf-, spulen-, knäuel-ähnlichen Gebildes („hinterer Knopf"). Verbindung zwischen dem vorderen Centrosom und seinen Derivaten mit dem Kopfchromatin. Zwei Fäden am hinteren Ende frei auslaufend. Argin in mehreren Partikeln. Taf. XIX, Fig. 3 *f*, Fig. 4 *b*, *a*, *c*, dann *d*, *e*, *f*, *g*, *h*.

Wie besonders die Figuren 4 *a*—*c* der Tafel XIX zeigen, verlängert und verdünnt sich die Schwanzblase und erreicht allmählich die Form eines Cylinders (4 *c*) und des hinteren Schwanz-

endes eines Urodels (4 *a*). Kopf und gleichfalls cylindrisch gewordene Mittelstück-Anlage sind gleich dick. Das hintere Centrosom, welches sich wahrscheinlich schon vorher (s. o.) in zwei Teile getrennt hat, wird zu einem ringähnlichen Gebilde, welches aber von Anfang an kompakter ist als der deutlich ein Lumen umschließende vordere Ring. Das hintere Gebilde scheint mehr ein Knäuel, vielleicht feinster Fädchen zu sein, und erinnert an eine Citrone, eine Spule, eine bipolare Ganglienzelle. Sehr bald stellt es sich schräg und dann longitudinal zur Achse oder dem Achsenfaden. Auf die Entstehung aus der Ringform scheint mir Fig. 4 *g*, Taf. XIX, hinzuweisen, wo man an den Konturen der Spule sechs feinste Körnchen in Ring- oder Oval-Anordnung sieht. Falls in diesem oder im vorigen Stadium (vergl. Fig. 4 *a*, *b*, *c*) eine Teilung des vorderen Ringes in zwei solche eintritt, dann hätten wir um diese Zeit drei Ringbildungen. Vergleiche für den hinteren Ring auch Fig. 1 *a*, Taf. XX, sowie für die Gebilde beider Centrosomen Fig. 1 *d*, für die vorderen 1 *g*, *h* ebendort.

Fünftes Stadium: Kopf des Spermatosoms dicker als die Mittelstück-Anlage. Schwanz-Anlage ist langgestreckt, mit spitzen Enden. Zwei Fäden im Mittelstück, spiralig umeinander geschlungen, weiter hinten frei auslaufend. Argin in einen Körper vereinigt. (Taf. XIX, Fig. 3 *a*—*g* außer *f*).

Infolge weiterer polarer Streckung des Spermatosoms und der Wanderung des hinteren Gebildes caudalwärts, wird die Mittelstück-Anlage verlängert und verjüngt, so daß jetzt dieser Abschnitt schon deutlich dünner wird als der Kopf. Der vordere — anscheinend doppelte — Ring behält seine Lage in einiger Entfernung vom hinteren Kopfende noch bei. Der axiale, stark tingierbare Faden wird doppelt, beide Fäden schlagen sich in einer (später in mehreren) Spiraltour umeinander, siehe besonders Fig. 3 *c* und *e*, Taf. XIX, ein Teil des Knäuels (Spule) wird zur Bildung oder Abgabe des Fadens verbraucht, ein anderer bleibt als kleines Körperchen übrig — bei Fig. 3 *c*, auch bei *e* sehe ich es noch. — Ueber die Ausbildung des hinteren Ringes an der hinteren Grenze des Mittelstückes s. u.

Das Mittelstück besteht jetzt aus den beiden axialen Fäden und ungefärbten feinen protoplasmatischen Fäden um diese herum — Körper des Mittelstückes — es fehlt noch die Hülle, d. h. die äußere Spirale. Der Kernsaft ballt sich im Kopfe zu einer Masse zusammen, welche an das vordere Kopfende tritt — soweit die Teile nicht schon dort lagen; später teilt er sich wieder.

Sechstes Stadium: Modellierung des Kopfes zur definitiven Form. Entstehung von Spiraltouren an seiner Oberfläche. Bildung von Spieß, Spitzenknopf, Kopfkappe? Centrale und periphere Spirale des Mittelstückes.

Die Entstehung von gedrehten (torquierten) Fäden und spiraligen Bildungen ist mechanisch leicht zu verstehen, wenn man eine in axialer Richtung nach vorn oder hinten und zweitens eine um die Achse drehende Kraft annimmt. Man denke nur an die Herstellung von Bindfäden und dergl. beim Seiler: derselbe geht — rückwärts — in axialer Richtung, während der Faden durch die Drehungen des Rades um seine Achse gedreht wird. Daß die Centrosomen Bewegungen in axialer Richtung ausführen, wissen wir ja. Daß sie sich dabei aber auch um diese Achse drehen, ist neu. Daß lebende Spermien sich um ihre Achse drehen, habe ich 1891 mit Bestimmtheit beobachtet und mitgeteilt [1]). Auch für die entstehenden Samenkörper habe ich wiederholt darauf hingewiesen, daß sich hier Spiralen allmählich entwickeln. Die Spiraltouren am Kopfe können nur von der Kernmembran herrühren. Ob diese hier erhalten bleibt oder etwa vorn an der Spitze einreißt, habe ich nicht sicher feststellen können, meine aber jetzt, daß sie erhalten bleibt. Selbstverständlich kann sie nicht eine vor ihr gelegene, vom Protoplasma der Spermatide (oder Sertoli'scher Zellen?) herstammende Kopfkappe miteinhüllen, wie man einen Satz meiner letzten Arbeit [2]) mißverstehen könnte. Von einer Kopfkappe ist übrigens in diesem Stadium beim Menschen selten etwas deutlich zu sehen, Figg. 5*a*, *b*, vergl. Taf. XIX. Ob bei 5*f* das Gebilde eine Kopfkappe darstellt oder hervorgepreßten Kerninhalt, konnte ich nicht sicher entscheiden.

Das Mittelstück entsteht aus folgenden Teilen:

---

1) Verhandlungen der Anat. Gesellsch. München 1891, S. 161: . . . „Dreht sich das Spermatozoon dabei um seine eigene Längsachse, hierbei wirkt . . . der Spiralsaum als Schraube oder Bohrer. . . . So sieht man oft Spermatozoen, die sich in einem fort um ihre Längsachse drehen, während andere lange Zeit dem Beschauer dieselbe Seite zuwenden und dann gelegentlich einige Drehungen erfahren.

2) Arch. für Anat. 1897, Suppl., S. 228, Z. 9 v. u. Dort waren die Worte „ganz vorn die rudimentäre Kopfkappe“ nachträglich eingefügt worden, so daß sich die Worte „das Ganze“ ursprünglich nur auf „Chromatin und die hellere Partie mit einem oder mehreren Arginkörpern“ bezogen und beziehen sollten.

a) den Abkömmlingen der beiden Centrosomen, soweit sie nicht in die Kopfanlage wandern (Endknopf);
b) den centralen, stark tingierbaren Fäden (vordere Teile von Achsenfaden und Randfaden);
c) den peripheren, nicht oder nur schwach färbbaren Fäden, welche den eigentlichen Körper des Mittelstückes darstellen;
d) einer Hülle, die schließlich Spiraltouren bis zu sechs (sieben?) besitzt.

Die Wanderung des hinteren Ringes oder der vielleicht nur zeitweise oder scheinbar aus ihm entstehenden anderen Formen habe ich nur bis zur hinteren Grenze des Mittelstücks verfolgen können.

Daß es sich im Mittelstück wie im Schwanze des Spermatosoms der späteren Stadien und der Spermie um zwei centrale Fäden handelt, von denen einer als eigentlicher Achsenfaden — oder vielleicht besser „Hauptfaden" — in den Schwanz übergeht, während der andere den Randfaden oder Nebenfaden des Schwanzes darstellt, zeigen schon Bilder aus früheren Stadien, so die Figg. 3 *c* — wo die beiden Fäden im Bereiche des Mittelstücks je eine ganze Spiraltour umeinander machen — 3 *e*, wohl auch 3 *d*, — ferner 4 *f*, 4 *h* der Tafel XIX, — sodann Fig. 1 *a*, 1 *h*?, 1 *l*? auf Taf. XX.

Die allmähliche Entstehung der äußeren Spirale ist auf den Abbildungen der Fig. 5, Taf. XIX, leicht zu ersehen. Siehe auch Figuren-Erklärung.

Man vergleiche nun hierzu die Figg. 1 *k* und 1 *i*, Taf. XX. Das sieht doch so aus, als wenn ein kleiner Körper vom Kopfe aus rückwärts laufend sich um den Achsenfaden herumschlingt und dabei kleiner wird, denn bei *k* mit zwei Windungen ist er noch etwa doppelt so groß als bei *i* mit vier Windungen. Die stark gefärbten centralen Fäden dieser Figuren scheinen doch mit den viel zarteren peripheren Spiraltouren nichts zu thun zu haben. Man vergleiche hierzu Fig. 39 von Meves (Taf. VIII, Arch. f. mikr. Anat., Bd. 50), wo ein dünner Randfaden sich von dem Hauptfaden nicht nur bis an, sondern bis über die Peripherie (Kontur) des Mittelstückes — nach meiner Auffassung — abhebt. Daß der Körper, oder die sog. protoplasmatische Hülle des Mittelstückes aus dem Nebenkörper und dieser aus den Spindelfäden entsteht, ist wohl kaum mehr zu bezweifeln. Die beiden Ringe mit diesen Fäden zusammen erinnern stark an die bei der Karyokinese von Pflanzenzellen statt

der Spindeln so weit verbreitet vorkommenden cylindrischen und tonnenähnlichen Bildungen.

Der vordere Ring entschwindet ebenso wie das vordere Knöpfchen gewöhnlich vollständig den Blicken. — Bei der Spermie werden wir aber ihre Spuren wiederfinden; ob der hintere Ring als hintere Grenze des Mittelstückes erhalten bleibt, oder ob der dort befindliche Ring mit der letzten Spiralwindung der Kernmembran, also der Hülle, identisch ist — oder ob beide Gebilde hier verschmelzen, kann ich zur Zeit nicht angeben.

Siebentes Stadium: Das fertige Spermatozoon oder die Spermie. Taf. XX, Fig. 5 *a*, *b*, *c*, *e*.

Meine früheren Angaben (1891) habe ich nach einigen Richtungen hin zu vervollständigen, z. T. auch zu berichtigen. Ueber den sog. „Spieß" habe ich mich schon neulich ausgesprochen. Ich muß nochmals darauf hinweisen, daß ein embryonaler Spieß auch beim Menschen vorhanden ist, daß er aber bei der reifen Spermie, selbst als weiche protoplasmatische Bildung — Reste der Kopfkappe — nicht konstant zu sein scheint. Die von mir gezeichneten Exemplaren Fig. 5 *a*, *b*, *c*, *e*, Taf. XX, zeigen nur Andeutungen von Kopfkappe. Der Protoplasmamantel des Kopfes war bei 5*a* mit Okular 12 sehr deutlich, bei *b*, *c*, *e* (Okular 8) nicht.

Das Endknöpfchen des Achsenfadens ist bei frischen Exemplaren im Kopfe nicht sichtbar, wenigstens nicht ohne besondere Hilfsmittel — aber bei deren Anwendung hört dann die Frische schon aus zeitlichen Gründen, auf. Nachweisbar ist es, wie ich früher gezeigt habe (vergl. Ballowitz). Die hier im Kopfe sichtbaren kleinen runden Körper sind die sog. Arginkörper, Vakuolen der Autoren, bei 3 Exemplaren doppelt vorhanden.

Die Querstreifung am hinteren Kopfende ist vielleicht mit dem vorderen Ringe, der sich ja in zwei teilt, in Verbindung zu setzen?

Die äußere Spirale des Mittelstückes habe ich wiederum bei ganz frischen, lebenden, lebhaft sich bewegenden Exemplaren gesehen, die Zahl der Windungen belief sich auf 5—6. Auch der hintere Ring ist stets deutlich zu sehen.

Am Schwanze ist die Zahl der Spiralen hier lange nicht so bedeutend, wie ich früher angegeben und abgebildet hatte (etwa 50). Wiederholte Untersuchungen haben ergeben, daß die Zahl der Windungen außerordentlich schwankt, und zwar derart, daß gar keine solchen vorhanden sein können, im anderen Extrem

über 50. Der Schwanz der menschlichen Spermie besitzt nämlich, wie die Abbildungen deutlich zeigen, besonders Fig. 5 *c* (Taf. XX), einen Protoplasmasaum, der dem der Amphibien nicht unähnlich ist, zwischen dem Achsen- oder Hauptfaden und dem Randfanden.

Die verschiedene Zahl der Spiraltouren, welche der Randfaden beschreibt, rührt nun einfach von der größeren oder geringeren Anzahl von Drehungen ab, welche die Spermie vollführt, oder mit anderen Worten, von ihrem Alter und der Länge des Weges, welche sie von ihrem Entstehungsorte aus zurückgelegt hat. Es soll aber natürlich nicht behauptet werden, daß jede Drehung der Spermie eine neue Spiraltour hervorbringt, sondern die Sache wird wohl sich so verhalten, daß immer wiederholte Drehungen schließlich eine Fixierung der Spiraltouren herbeiführen, wie man dies leicht an beliebigen Fäden bemerken kann, die sich bis zu gewissem Grade wieder aufdrehen, schließlich aber die Drehungen beibehalten. Man vergleiche die bekannten Drehungen der Nabelschnur, welche auch in der Zahl sehr schwanken.

Die fester gedrehten, also die älteren, Spermien werden ceteris paribus wohl schneller vorwärtskommen und die Zona pellucida besser durchbohren, als die jüngeren, weicheren Gebilde.

Am hinteren Ende des Schwanzes sah ich jetzt bei ganz frischen Exemplaren eine einfache Spitze (bei 5 *e* etwas stumpf), ohne Fäden oder Protoplasmaklumpen.

Ueber die absolute Größe der Spermien s. u. Nebenform. Versuchen wir zum Schlusse, uns über den Sinn der Umwandlungen, welche die Spermatide durchmacht, klar zu werden. Die Gesamtheit der Vorzüge kann, meine ich, verstanden werden, wenn wir sie nach zwei Richtungen hin auffassen:

Erstens liegt hier — hinsichtlich der inneren Vorgänge — gewissermaßen der Versuch einer weiteren Zellteilung vor; dieser Versuch mißglückt zunächst, er wird zum Stillstand gebracht, bis die Spermie in das Ei eingedrungen ist.

Zweitens handelt es sich um die Anpassung der äußeren Form der Zelle an die Aufgabe, das Ei zu erreichen und in das Innere desselben einzudringen, um die Ortsbewegung.

Ein Vergleich der Erscheinungen bei der inneren Umwandlung der Spermatide mit jenen der Karyokinese lehrt folgendes:

Bei der Zellteilung ballt sich die chromatische Substanz des Kerns in mehrere (abgesehen von Ascaris megalocephala univalens)

Chromosomen zusammen (4, 6, 8 etc.), hier in schließlich einen Chromatinklumpen, —

dort wie hier sind zwei Centrosomen vorhanden, —

dort wie hier wandern die Centrosomen von außen her nach der Kernmembran hin, —

dort wird die Kernmembran zerstört, aufgelöst, — hier bleibt sie erhalten, —

dort dringen deshalb die Centrosomen durch die Peripherie in das Kern-Innere ein, hier erfolgt eine Einstülpung, —

dort wie hier bilden sich Fäden vom Centrosoma zum Chromatin, —

bei beiden Vorgängen bilden sich centrale und periphere Spindelfasern aus, —

bei der Spermatide werden dann ein oder zwei Fäden (Spindel, Protoplasma?) vom Centrosoma angezogen und festgehalten, nach außen entsandt (Schwanzfäden).

Schließlich setzt sich hier die ganze Zelle in Bewegung, wir haben also hier eine Kytokinese, Bewegung der ganzen Zelle, gegenüber der Karyokinese oder den Bewegungen der einzelnen Teile.

Die Anpassung der äußeren Form der Spermatiden an die Ortsbewegung der Spermie, am ihre Aufgabe, nicht nur das Ei, sondern das Innere des Eies zu erreichen (Spirale, Schraube, Bohrer, Zuschärfung des vorderen Endes), braucht ja nicht näher erläutert zu werden. Diese Dinge liegen auf der Hand, bieten aber gewiß bei eingehenderen Vergleichen zwischen der Form der reifen Spermie und den Außenverhältnissen des Eies noch eine Fülle interessanter Details und allgemeiner Gesichtspunkte.

Das Obige möchte ich nur als einen schwachen Versuch zu einer Theorie der Spermatogenese angesehen wissen.

III. Die Nebenform der Spermatosomen und Spermien.

Unter Hinweis auf die Litteraturübersicht, wo ich über eigene frühere Mitteilungen berichtet habe, auf die bereits vorläufig publizierten Skizzen von Monotremen und Beuteltieren (Anat. Anz., Bd. 13, S. 564 ff.), denen bald die im April 1896 auf der Anatomenversammlung in Berlin gezeigten Abbildungen in einer Reihe von lithographischen Tafeln folgen sollen (Jenaische Denkschriften),

möchte ich hier nur zusammenstellen, was ich beim Menschen neuerdings von der Nebenform beobachtet habe.

Man betrachte zunächst die Fig. 21—24, Taf. X der vorigen Arbeit, ferner Fig. 2—5, Taf. XVIII, Fig. 1 *b*, *c*, *n*; Fig. 2 *a*, *e*, *f*, *h*; Fig. 3 *a*, *c*; Fig. 4 *a*, *b* und 5 *d* der Tafel XX dieser Mitteilung.

Es handelt sich um Bildungen, welche einem Endknopf mit Schwanzfaden, gelegentlich mehreren Fäden sehr ähnlich sehen, die ich auch bei der ersten Begegnung (Monotremen, Beuteltiere) für separat angelegte Schwänze nebst Endknopf („Kirschen") angesprochen habe und die ich auch heute noch nicht immer sicher zu unterscheiden imstande bin. Die Größe des Knopfes oder Kopfes ist verschieden, ebenso ist die Reaktion gegen Farbstoffe nicht immer dieselbe, sie scheinen erst von einer gewissen Größe an färbbar zu sein, auch bei M. Heidenhain's Verfahren ist eine sichere Differentialdiagnose gegen Centrosomen mir nicht immer gelungen.

Von den auf den genannten Figuren wiedergegebenen Bildungen halte ich einen Teil für die Nebenform, einen anderen für eventuell durch den Schnitt oder sonstwie abgetrennte Schwänze der Hauptform — bei anderen bin ich zweifelhaft.

Für Exemplare der Nebenform (Spermatosomen-Stadium derselben) halte ich folgende:

a) in Fig. 21, Taf. X des Archivs (Suppl.) 1897 die ganz kleinen Formen rechts, 3 oder 4, ungefärbt, die beiden mit größeren rosa Knöpfen über der Mitte,
b) Fig. 22 ebenda, mit rosa Knopf,
c) Fig. 2, Taf. XVIII, über der Mitte, 5 oder 6 Exemplare
d) Fig. 3 ebenda, links-oben im Lumen frei, mit dem Kopfende nach dem Lumen gerichtet, ferner etwas über der Mitte der Figur,
e) Fig. 4 einige sicher — andere zweifelhaft,
f) Fig. 5 wohl nur links unten,
g) Taf. XX, Fig. 2 *e*, *f*, *h*,
h) ebenda, Fig. 3 *a* (s. u.).

Das entwickelte oder Spermien-Stadium der Nebenform habe ich Fig. 5 *d*, Taf. XX, lebend (in Bewegung) gezeichnet.

Zweifelhaft, ob Nebenform oder Schwänze (Teile) der Hauptform, erscheinen die Exemplare:

a) Fig. 21, Taf. X (Archiv), rechts-unten von den sicheren, links von den ganz kleinen Nebenformen,
b) Fig. 4, Taf. XVIII, in der Mitte unten,

c) Taf. XX, Fig. 1 *b*, 1 *n*??,

d) ebenda Fig. 2 unter *a*.

Für Schwänze oder Centrosom mit Achsenfaden der Hauptform halte ich:

a) Fig. 23, Taf. X (Archiv),

b) ebenda Fig. 24, ganz links, über 23,

c) Taf. XVIII, Fig. 5, 3 Exemplare.

Ueber die Entstehung der Nebenform habe ich bereits Angaben für Monotremen und Beuteltiere gemacht. Wohl bewußt, daß man sich hüten muß, wie es v. Ebner lange Zeit für die Hauptform gethan, die in dem Protoplasma der Sertoli'schen Zellen steckenden, in dasselbe eingedrungenen oder eingebetteten Gebilde als aus oder in, von dem Protoplasma dieser Zellen entstanden anzunehmen, glaube ich doch bei den genannten niedrigsten, ferner bei höheren Säugern und dem Menschen eine Bildung kleiner zellenähnlicher Körper, die ich mit Scheiben oder Kokarden verglichen habe, haben feststellen zu können. Solche Körper, die ich als Zerfall- oder Teilungsprodukte der Sertoli's ansehen muß, liegen sowohl nahe der Wand wie mitten zwischen den eigentlichen Samenzellen und gelegentlich in größeren Mengen am freien Rande, am Lumen, oft massenhaft zwischen den Spermatiden und den Umwandlungstadien.

Ich verweise für den Menschen auf folgende Figuren:

a) Fig. 21, Taf. X (Archiv), ganz unten, an der Wand,

b) ebenda Fig. 24, besonders rechts-unten,

c) Taf. XVIII, Fig. 2, nahe dem Lumen,

d) ebenda Fig. 4, oben, nahe der Wand,

e) Taf. XX, Fig. 3.

In diesen kleinen, in der optischen Ebene als Scheiben oder Kokarden erscheinenden Körpern, die ich als echte Zellen mit Kern anzusprechen genötigt bin, tritt gelegentlich ein Nebenkörper auf, in Gestalt eines hellen Bläschens, wohl eine Vakuole. Von dem leicht färbbaren Kern aus entsteht ein Schwanzfaden ohne Protoplasmahülle, soweit ich sehe.

Diese Fig. 3 *a*, Taf. XX dargestellten drei Entwickelungsstufen, die auch stetig zunehmende Größe zeigen, sind mit denen der Hauptform selbst für minder Geübte doch nicht gut zu verwechseln, sie erinnern dagegen an manche Abbildungen von anderen, besonders wirbellosen Tieren. Ich finde solche Figuren als Skizzen oder genau ausgeführt schon in meinen Notizen von 1891 vor. Man

vergleiche übrigens auch von Ebner's Fig. 21, Taf. XVI im Archiv für mikroskopische Anatomie Bd. 31.

Das Größenverhältnis der Haupt- und der Nebenform ist aus den mit Prisma gezeichneten Abbildungen leicht ersichtlich, vergl. Tafelerklärung, wo die Okulare (es handelt sich nur um 8 oder 12) angegeben sind.

Der Kopf eines frischen Exemplars der Hauptform mißt etwa 5,2—5,8 μ in der Länge und 3,7—4,9 in den beiden, bekanntlich verschiedenen Dickendurchmessern, der birnförmige Kopf der Nebenform ist nur etwa 3,2 μ lang (die hintere Spitze mitgemessen) und in maximo 1,6 oder 1,7 μ dick. Kopf, Hals, Mittelstück und Schwanz zusammen messen, die sichtbaren Schlängelungen mitgemessen, bei der Hauptform 61 μ — wovon auf Mittelstück und Hals, soweit sichtbar, 5—5,5—5,7 μ kommen — die hier abgebildete Nebenform mißt im Ganzen 34,3 μ, es giebt aber noch kleinere Exemplare. Hals oder Mittelstück sind hier ebensowenig nachweisbar, wie besondere Bildungen im Kopfe oder Schwanze. Das hintere Schwanzende lief spitz zu und war umgeschlagen.

Interessant scheint mir noch ein Vergleich der Größe zwischen den Spermatosomen der Stadien 5 und 6 gegenüber der reifen Spermie (Hauptform). Dort fand ich die Länge des Kopfes zwischen 6 und 7 μ, mit dem Spitzenknopf immer 7 μ, die Dicke dagegen nur 3—4 μ. Obwohl die Wirkung der Reagentien in Betracht zu ziehen ist, habe ich doch den Eindruck gewonnen, als wenn die Köpfe der menschlichen Spermien bei der Reifung schließlich wieder etwas kürzer und dicker würden.

Die Nebenform scheint dagegen langsam aber stetig zu wachsen.

Eine Vergleichung der für den Menschen und für andere Wirbeltiere oder Wirbellose festgestellten Thatsachen der Spermatogenese gedenke ich in dem April 1898 auf der Anatomen-Versammlung in Kiel zu erstattenden zusammenfassenden Referate zu geben. Dort soll auch auf die Lücken unserer Kenntnisse und auf eine Reihe von neuen Fragen hingewiesen werden, welche sich nach der, wenn auch vielfach noch unvollständigen Lösung älterer ergeben.

Wenn ich zum Schlusse noch einen Wunsch aussprechen darf, so ist es der nach einer Verbesserung nicht der Färbe- und

Differenzierungstechnik, sondern der planimetrischen und körperlichen Darstellung der genau unter dem Mikroskope gesehenen Dinge. Betreffs der planimetrischen Darstellung würde es mein Ideal sein, wenn wir eine große Reihe von Photogrammen anfertigen könnten, welche man dann durch den elektrischen Schnellseher lebendig machen könnte, und so eine wirkliche Entwickelung, ein wirkliches Wachstum, Werden und Vergehen der Teile, wirkliche Formveränderungen und Bewegungen vor sich hätte. Auch für die Befruchtung des Eies und für die Embryologie der späteren Stadien müßte so etwas außerordentlich anschaulich wirken. Die Bilder brauchten ja gar nicht direkt nach der Natur, sondern könnten nach Zeichnungen oder dergl. photographiert sein. Vielleicht könnte ein Schnellsehapparat an einer der größeren Anstalten Deutschlands eingerichtet werden; die dazu erforderlichen Bilder zu liefern, würde wohl viribus unitis möglich sein.

Ein anderer Gesichtspunkt führt uns zu der ja schon so vielfach geübten Modellierung. Da es sich aber bei der Spermatogenese nicht allein um die äußere Form, sondern vor allem um innere Strukturen handelt sowie aus anderen Gründen werden wir wohl mit den üblichen Modellierungsmethoden, vor allem dem bisherigen Material nicht viel erreichen. Hier kann wohl nur Glas in Betracht kommen. Vielleicht gelingt es der ja jetzt gerade in Thüringen, zumal hier in Jena so in Aufschwung gekommenen Glastechnik, ein Material zu schaffen, welches zwar die Durchsichtigkeit des Glases, aber nicht seine Sprödigkeit und seinen hohen Schmelzpunkt besitzt?

Jena, im September und Dezember 1897.

Erkärung zu den Tafeln XVIII—XX.

Alle Präparate stammen, mit Ausnahme von Fig. 5, Taf. XX, von dem 23-jährigen Enthaupteten Vo . .

Abgesehen von den Fig. 2—5 der Taf. XVIII, welche vom Lithographen Giltsch gezeichnet sind, rühren alle Abbildungen auf den Taf. XVIII—XX vom Verf. her. Sämtliche Figuren sind mit Zeiss homogene Immersion, Apochromat 2 mm BW., Apertur 1,40, Tubuslänge 160 mm, Kompensations-Okularen 8 und 12 und Zeichenprisma aufgenommen. Vergrößerung 1226- oder 1839-fach.

Fixierung mit Sublimat-Essigsäure. Behandlung der Schnitte mit Hämatoxylin-Eosin und nach M. Heidenhain. Dicke der Schnitte 5 μ.

Tafel XVIII, Fig. 1—5.

Fig. 1. Teil eines Querschnittes durch ein Hodenkanälchen des 23 jährigen Enthaupteten Vo . . nebst benachbartem interstitiellen Raume. Oben Wand eines anderen Kanälchens.

i Interstitieller Raum, *L* Inneres des Kanals.

Das hier zum kleinen Teile gezeichnete Kanälchen war vollgefüllt mit Spermatogonien, Spermatocyten und Sertoli'schen Zellen. Spermatiden und Spermatosomen fehlen! Die Wand erscheint am linken, hier wiedergegebenen Rande wie aufgelöst, so daß die einzelnen Schichten nicht erkannt werden konnten. An den übrigen Stellen ist die Wand in den Einzelheiten ebenso deutlich wie die des am oberen Rande der Figur gelegenen anderen Kanälchens.

Bei * wandert eine Sertoli'sche Zelle durch die Wand. Rechts daneben sind zwei oder drei interstitielle oder mit Krystallpartikeln beladene Zellen soeben durchgewandert — die letzte, unterste, noch nicht vollständig — darüber befindet sich noch eine solche ganz große, gleichfalls mit Krystallpartikeln erfüllte Zelle. Diese Zellen sind die einzigen unter mehr als hundert auf dem gesamten Querschnitt des Kanälchens, welche Krystalle tragen (Krystallophoren). Alle anderen Zellen, Spermazellen und Sertoli's, sind frei von Krystallen. Eine große interstitielle Zelle mit Krystallen und mehrere ohne solche zwischen den Kanälen (*c*). Hämatoxylin-Eosin. Okular 8. Vergrößerung 1226-fach.

Fig. 2. Aus einem Querschnitt eines sehr dünnwandigen Hodenkanälchens; die Wandung, Spermatogonien, Spermatocyten, Spermatiden, Sertoli's skizziert; genau ausgeführt: in Bildung be-

griffene Spermatosomen, zwischen diesen die scheibenähnlichen Bildungen („Kokarden"), ferner einzelne Exemplare der „Nebenform" oder durch den Schnitt abgetrennte Schwänze bezw. Achsenfäden mit Centrosomen? Okular 8.

Fig. 3. Teil des Querschnittes eines Hodenkanälchens mit sehr dicker Wandung. Sertolis genau ausgeführt. Das Protoplasma derselben erscheint in Autlösung begriffen; in demselben, sowie frei im Lumen links-oben ein Exemplar der „Nebenform", mit dem Knopfe (Kirsche) nach dem Lumen zu gerichtet. Oben-rechts Spermatosom, Hauptform.

Fig. 4. Aus dem Querschnitt eines Kanälchens mit dünner Wand. Zerfallende Sertoli's. Nahe der Peripherie scheibenähnliche Körper (Kokarden), weiter nach innen, links-unten dieselben mit Fäden, ferner die ausgebildete Nebenform.

Fig. 5. Aus dem Lumen eines Kanälchens. Bilder, welche das Eintreten einer „Kirsche" in die Spermatiden vortäuschen. Entscheidung, ob es sich um die „Nebenform" oder um Achsenfäden handelt, kaum möglich.

Tafel XIX, Fig. 1—5.

Umwandlung der Spermatiden in Spermatosomen. Erstes bis sechstes Stadium [1]).

(Fig. 1—5 entsprechen den Text-Fig. II—VI auf S. 225 und 226 des 7. Beitrages zur Spermatologie: Arch. f. Anat. u. Physiol., Anat. Abtlg., Suppl.-Bd., 1897.)

Fig. 1. *a*, *b*, *c*, *e*, *f* Spermatiden.

a, *e*: Erstes oder Ruhestadium.

c, *f*, *b*: Zweites Stadium, polare Streckung etc.

a: Kugelige Spermatide, *NK* Nebenkörper. Zwischen *a* und *b* ein weit entwickeltes Spermatosom.

e: Im Cytoplasma der Spermatide ein rhombischer Körper *Kr*, wohl ein Krystall?

c: Ungleichmäßige Verteilung des Chromatins im Kern, stärkere Anhäufung am rechten Rande des Kerns, Beginn der Bildung des Kopfchromatins (Kopfpols). In der Mitte des Kerns: Kernkörperchen (?). Neben *c* ganz links: angeschnittenes Spermatosom (Kopf, Centrosom) dazwischen?

f: Im Beginn der polaren Streckung befindliche Spermatide; rechts der ovoide Kern, nahe dessen hinterem Pole die beiden Centrosomen (*CK*).

---

1) Die Gruppierung und Reihenfolge der Figuren ist aus äußeren Gründen dieselbe geblieben, wie in den Autotypien der vorigen Arbeit (Archiv f. Anat. u. Entw., 1897, Suppl.). Diese Anordnung stammt aus dem Juli 1897 und entspricht nicht gerade der zeitlichen Reihenfolge der Entwickelung. Vergl. besonders Fig. 3 und 4! Eine fortlaufende Entwickelungsreihe der menschlichen Spermatide bis zur Spermie gedenke ich auf der 12. Versammlung der Anatomischen Gesellschaft (Kiel, April 1898) zu geben.

b: Noch länger ausgezogene Spermatide, *A* Arginkörper, darunter ein Centrosom mit einem Stück Achsenfaden; rechts der Kern mit randständigen Chromatinkörnern. Cytoplasma etwas schattiert, um *A* besser zu zeigen.

d: 2 scheibenähnliche Bildungen („Kokarden"), von der einen (links) geht ein Fädchen aus in einen sackähnlichen Anhang.

Zeitliche Reihenfolge: *a*, *e*, *c*, *f*, *b*.

Fig. 2 *a*—*f* und Fig 3 *h*. Drittes Stadium: Hervortreten des Kopfes. Form der Chianti-Flasche (Dudelsack).

Abgesehen von *a* ist in allen Exemplaren bereits der Achsenfaden zu erkennen.

Entstehung des Achsenfadens und des „Randfadens" von den Centrosomen aus, Wanderung der Centrosomen nebst den Fäden bis an die Kernmembran, Befestigung an derselben, Entsendung feinster Fäden bis zum Kern-(Kopf-)Chromatin. Einstülpung der Kernmembran.

Bildung des vorderen Ringes von dem vorderen Centrosom aus.

Bei *a*, *e* und *f* eine kleine Spitze vorn am Kopf, bei *c* ein kleines Körperchen nahe dem vorderen Kopfende im Argin. Verschiedene Formen des chromatischen und hellen (Argin-)Anteils des Kopfes.

Zeitliche Reihenfolge: 3 *h*, dann 2 *a*, *b*, *c*, *d*, *e*, *f*.

Fig. 3 *f* und Fig. 4. Viertes Stadium. Bei *a* und *b* noch nicht deutlich, bei *c*—*h* leicht erkennbar die Entstehung eines knäuel- oder spulenähnlichen Gebildes, das etwas an eine bipolare Ganglienzelle erinnert („hinterer Knopf").

Bei *c* ist der zweite Faden schon deutlich erkennbar.

Fig. 3 *a*, *b*, *c*, *d*, *e*, *g* (*h* s. o. bei 2). Fünftes Stadium. Das vordere Centrosom ist noch ringförmig. Hier und Fig. 4 sieht man den vorderen Ring bei Einstellung auf seinen in der optischen Ebene gelegenen Durchmesser in Gestalt zweier kleiner Kreisdurchschnitte (Punkte): *a*, *b*, *c*, — bei hoher Einstellung oder etwas Drehung der Schraube als Linie oder Kombination beider Figuren: *d* *e*, *f*.

Bei *a* undeutlich, bei *c* und *d* deutlich ein zweiter Faden neben dem Achsenfaden, spiralig um diesen geschlungen.

Fig. 5 *a*—*f*. Sechstes Stadium der Umwandlung. Bildung des embryonalen Spießes und des Spitzenknopfes, Auftreten der Spirale des Mittelstückes. Embryonaler Spieß bei *a* (undeutlich), *e* und *b*, Spitzenknopf bei *a*, *b*, *d* (*f*?). Spirale des Mittelstückes mit 2—3 Windungen bei *e*, 4 Windungen bei *b*, 5 Windungen bei *c*, 5—6 Windungen bei *d*, 6 Windungen bei *f*.

Zeitliche Reihenfolge: *a*, *e*, *b*, *c*, *d*, *f*.

Tafel XX, Fig. 1—5.

Spermatosomen des 4.—6. Stadiums; Nebenform („Kirschen"); scheibenähnliche Bildungen („Kokarden"); eigentümliche Zerfallserscheinungen an den Sertoli's.

Fig. 1. Viertes Stadium der Spermatosomenbildung: *g*, *h*, *l*? Fünftes Stadium: *a*, *c*, *d*, *n*?

Sechstes Stadium: *e*, *f*, *i*, *k*, *b* „Kirsche"? oder hinterer Knopf mit Faden? Vergl. *c*!

An *e* und *f* undeutlich, sehr deutlich bei *k* und *i*: Spirale des Mittelstückes, 2 Windungen bei *k*, 3—4 Windungen bei *i*.

An *i* und *k* ferner: embryonaler Spieß bez. Spitzenknopf.

h und *l* Ok. 12 (1839); die anderen Ok. 8 (1226).

Fig. 2. Haupt- und Nebenformen der Spermatosomen in situ nebeneinander. Ocular 12 (1839). *a*—*d* und *g* Hauptformen, zweites Stadium. Links von *a*, bei *e*, *f*, *h* (oben am Rande der Tafel) „Nebenformen" oder „Kirschen" — die Körper neben *a* und *h* haben Aehnlichkeit mit dem vergrößerten zweiten Centrosom, die Gebilde bei *e* und *f* weniger. Vergl. Fig. 2—5 der Tafel XVIII.

Fig. 3 zeigt die scheibenähnliche Gebilde, u. a. in situ bei *a* ein gewöhnliches, eines mit hellem und dunklem (Kern) Innenkörper und eines mit diesen beiden und einem Faden: Entwickelungsstadium der Nebenformen bei *c* mehrere gewöhnliche „Scheiben", *b* Spermatosoma Hauptform (Kopf), *d* Kern einer Sertoli'schen Zelle, *W* Wandung des Kanälchens (skizzirt).

Fig. 4. Skizzirt: *W* Wandung, *c* Spermatosomenkopf, *a* und *b* Sertoli'sche Zellen mit dunklen Innenkörpern (Kerne?), sowie Fäden, welche zum Teil von diesen Körpern ausgehen (Nebenform?).

Fig. 5. Siebentes oder Endstadium der Spermatogenese: reife „Spermatozoen" oder „Spermien" aus dem serösen, an Samenkörpern reichen, an Schleim und sonstigen Beimischungen armen Teile des Ejakulats (Mann in den vierziger Jahren).

a ganz frisch, lebend, in Bewegung, vitale Methylenblaufärbung. Wegen der Bewegungen des Schwanzes war eine genaue Zeichnung nur bei Kopf und Mittelstück möglich. An der Grenze zwischen Mittelstück und Schwanz ein Stück Achsenfaden sichtbar. Am Mittelstück 4—5 periphere Windungen. Querstreifung am Kopfe frisch nicht oder „kaum" sichtbar. Okular 12. Vergrößerung 1839-fach.

b und *c* nach 24 Stunden in Kochsalz und Methylenblau: Spirale des Mittelstückes, „Spiralsaum" des Schwanzes (s. Text), bei *c* und *e* Grenze zwischen Hals und Mittelstück erkennbar. Mittelstück von *c* hat 5 Windungen. Hinterer Teil des Kopfes blau gefärbt, vorderer hell.

d Nebenform, frisch, dann mit Methylenblau (vital) gefärbt.

b—*d*: Okular 8, Vergrößerung 1226-fach.

Die Zeichnungen sind — mit Ausnahme der aus dem Frühjahr 1896 stammenden Figg. 2—5 der Taf. XVIII — sämtlich im Juli 1897 ausgeführt worden.

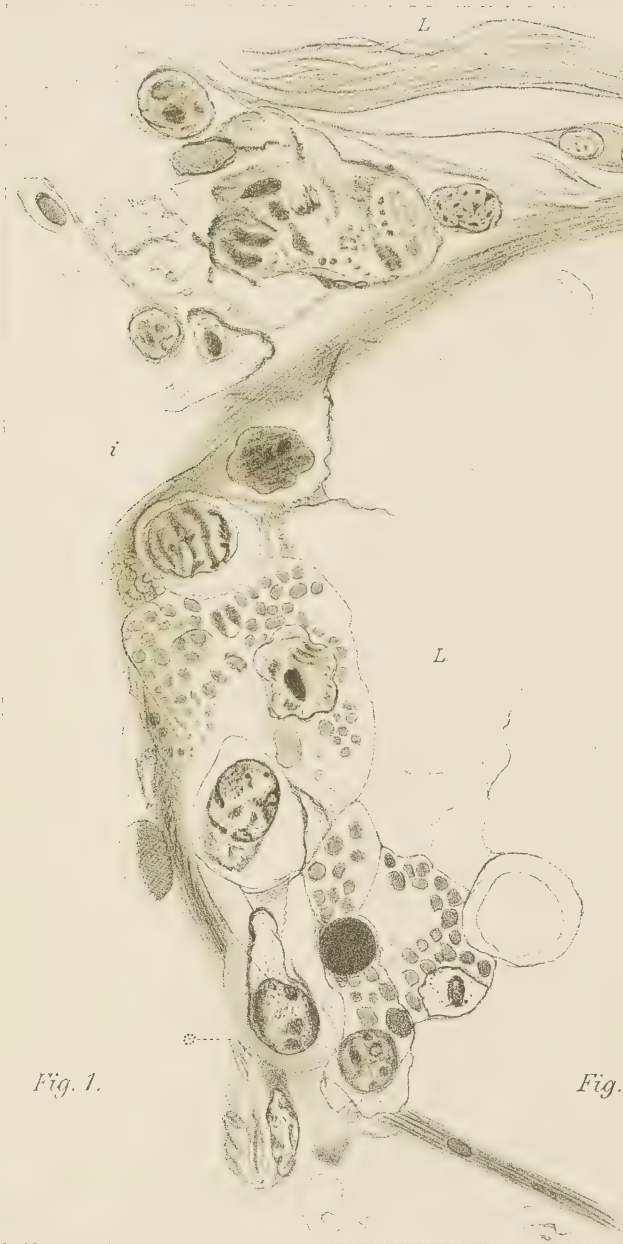
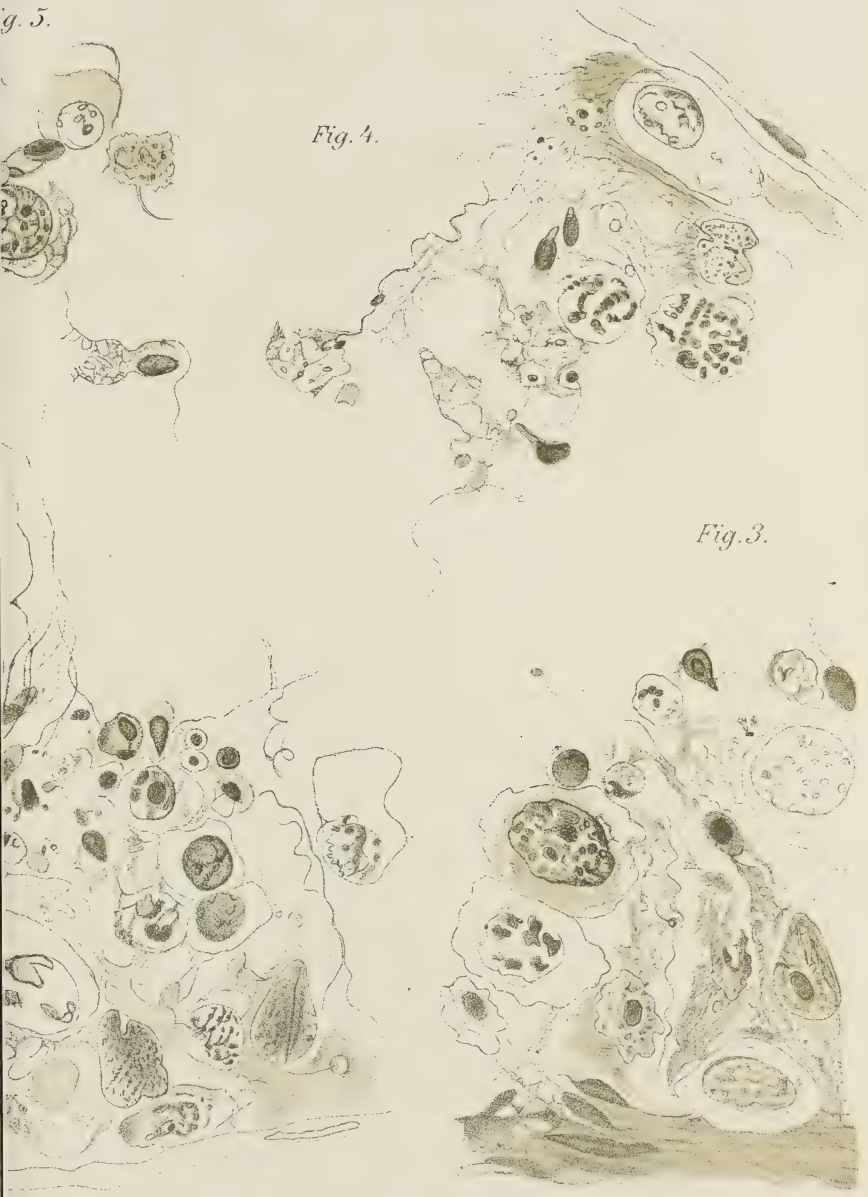


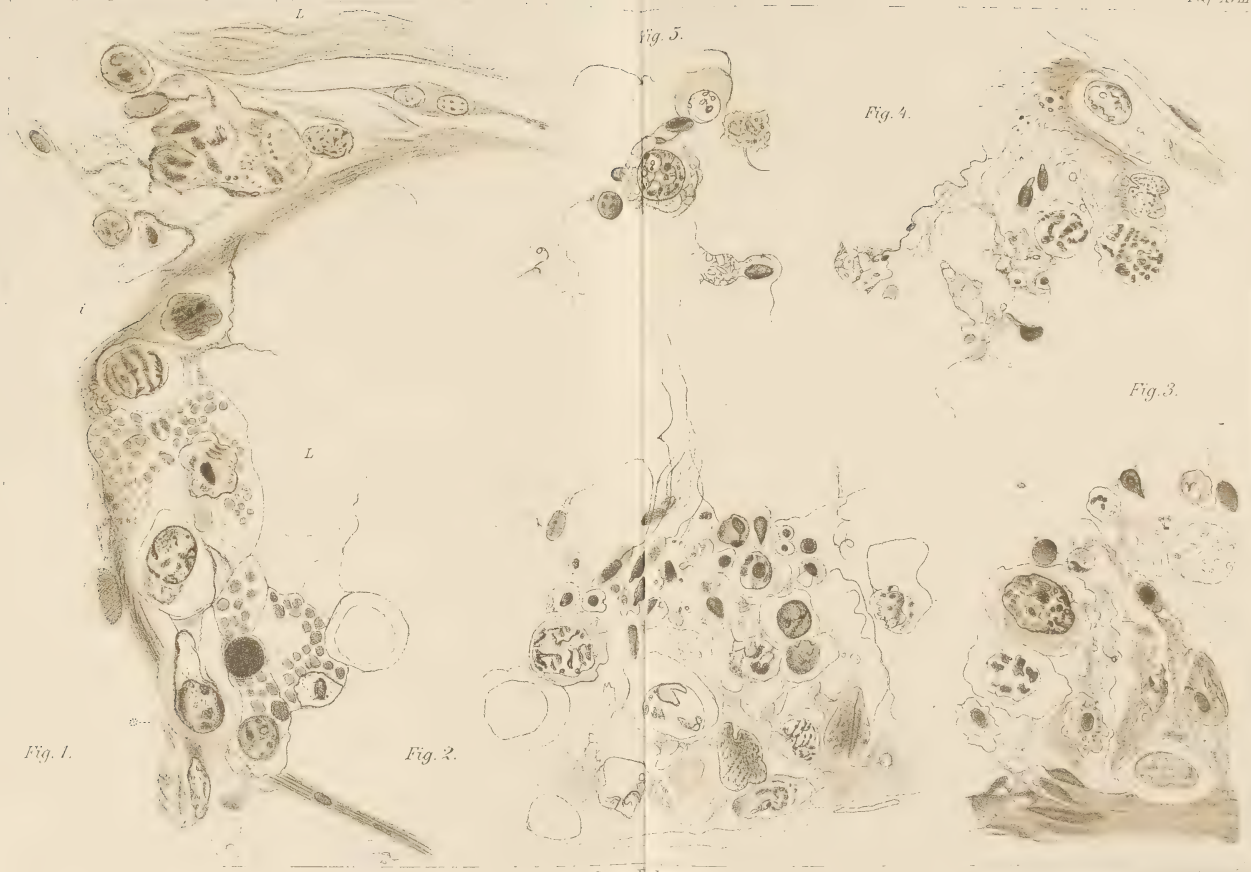
Fig. 1.

Fig. 2.

Verlag von Gustav



her in Jena.
Lith. Anst. v. K. Wesser, Jena.



Verlag von Gustav Fischer in Jena.

Fig. 1.

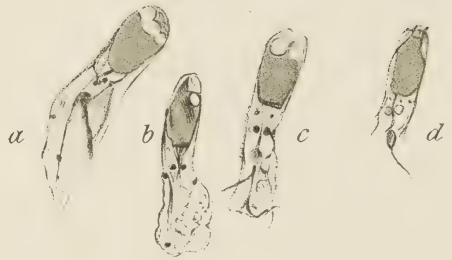


Fig. 4.

Fig.

Fig. 3.

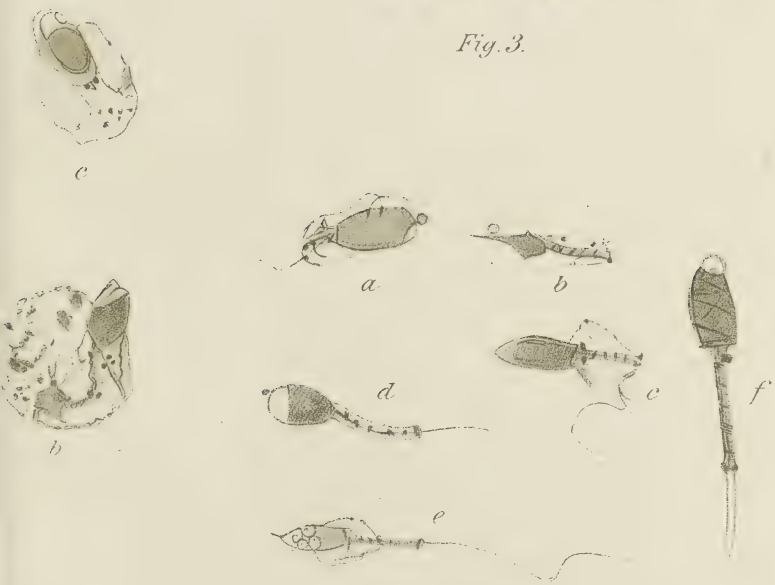


Fig. 5.

her in Jena.

ith Anst. v. K. Wesser, Jena.

Fig. 1.

Fig. 4.

Fig. 2

Fig. 3.

Fig. 5.

Karl v. Bardeleben gez.

Verlag von Gustav Fischer in Jena.

Lith. Anst. v. K. Wesser, Jena

Fig. 1.

Lith. Anst. v. K. Wesser, Jena.

Karl v. Bardeleben gez. Verlag von Gustav Fischer in Jena. Lith. Anstv. K. Wesser, Jena.