(Aus dem anatomischen Institut in Kiel.)

Ueber Struktur und Histogenese der Samen- fäden des Meerschweinchens.

Von

Dr. **Friedrich Meves.**

Hierzu Tafel XIX, XX u. XXI und 16 Figuren im Text.

Im Folgenden lege ich eine Untersuchung über Struktur und Histogenese der Samenfäden des Meerschweinchens vor. Was mich bewog, gerade den Hoden dieses Thieres zum Gegenstand eines eingehenderen Studiums zu machen, war einmal die Beobachtung, dass die Centralkörper, deren Schicksale bei der Samenbildung ich in erster Linie zu verfolgen wünschte, beim Meerschweinchen ein Verhalten zeigten, welches ziemlich erheblich von demjenigen abwich, das ich soeben in einer vorläufigen Mittheilung (98. 1) für Mensch und Ratte festgestellt hatte. Sodann erkannte ich schon bei oberflächlichem Zusehen, dass der Hoden des Meerschweinchens geeignet war, über Entstehung und Schicksale eines sog. Appendiculargebildes des sich entwickelnden Samenfadens, der Schwanzblase bez. Schwanzmanschette, genauere Aufschlüsse zu geben.

Inhalt.

- A. Untersuchungsmethode.
- B. Struktur der Samenfäden.
 - 1) Kopf.
 - 2) Hals.
 - 3) Schwanz.
 - a. Verbindungsstück.
 - b. Hauptstück und Endstück.
- C. Histogenese der Samenfäden.
 - 1) Eintheilung des Entwicklungsprocesses.
 - 2) Erste Periode. Vom Ende der letzten Reifungstheilung bis zum Auftreten der Schwanzmanschette.

- 3) Zweite Periode. Vom Auftreten bis zum beginnenden Schwund der Schwanzmanschette.
 - a. Die Schwanzmanschette als Faserkorb.
 - b. Die Schwanzmanschette als membranöses Rohr.
 - 4) Dritte Periode. Vom beginnenden Schwund der Schwanzmanschette bis zur Abschnürung der Zellsubstanz.
 - 5) Vierte Periode. Sog. Reifungserscheinungen.
- D. Kritische Besprechung von Litteraturangaben über Histogenese der Samenfäden.
- 1) Kern.
 - 2) Centralkörper.
 - a. Amphibien.
 - b. Selachier.
 - c. Säugethiere.
 - d. Aufgabe der Centralkörper am Samenfaden, Beziehungen derselben zu den Polkörperchen der ersten Furchungsspindel.
 - 3) Schwanzfaden.
 - 4) Idiozom (Sphäre).
 - 5) Schwanzmanschette.
 - 6) Chromatoider Nebenkörper.
 - 7) Tingirbare Körner (v. Ebner).
 - 8) Abschnürung der Zellsubstanz.

A. Untersuchungsmethode.

Die reifen (dem Nebenhoden entnommenen) Samenfäden habe ich theils lebend, theils an Ausstrichpräparaten untersucht. Letztere wurden entweder getrocknet oder mit Sublimat oder Osmiumsäure fixirt. Zur Färbung kamen besonders Gentianaviolett, Alaunfuchsin und Eisenhämatoxylin nach M. Heidenhain in Anwendung. Hauptsächlich, um Querschnittsbilder reifer Samenfäden zu erhalten, wurden kleine Stücke des Nebenhodens mit Sublimat, Osmiumsäure, Flemming'schem und Hermann'schem Gemisch fixirt, geschnitten und in verschiedener Weise, besonders mit Eisenhämatoxylin gefärbt.

Für das Studium der Samenbildung habe ich von Fixirungsflüssigkeiten besonders das Hermann'sche und Flemming'sche Osmiumgemisch angewandt, ausserdem (theils in kaltem Zustand, theils nach Erwärmung auf 35°) Sublimat, Sublimat-Eisessig und

Sublimat-Alcohol-Eisessig (letzteres Gemisch in der von v. Lenhossék (97. 2) empfohlenen Zusammensetzung).

In diese Flüssigkeiten habe ich die Hoden entweder zerschnitten hineingebracht oder aber ganz nach vorsichtiger Entfernung der Albuginea. Immer wurden nur die peripheren Partien der eingelegten Stücke zur Untersuchung verwandt, weil nur diese sich als brauchbar erwiesen.

Die Stücke wurden in Paraffin eingebettet und 6—7 μ dick geschnitten; die Schnitte mit Wasser, bez. nach Fixirung mit Osmiumgemischen mit Eiweiss-Wasser, aufgeklebt.

Von Färbungen kam hauptsächlich das Eisenhämatoxylinverfahren nach M. Heidenhain in Anwendung; wobei die Schnitte sowohl in dem schwefelsauren Eisenammonoxyd als auch in der wässerigen Hämatoxylinlösung je 24 Stunden belassen wurden¹⁾; ausserdem wurden zu Tinktionen benutzt: Safranin, Safranin-Gentiana (mit nachfolgender Jodjodkalibehandlung), Safranin-Gentiana-Orange nach Flemming und, nach Fixirung mit Sublimat oder Sublimatgemischen, die Ehrlich-Biondi'sche Dreifarbmischung.

B. Struktur der Samenfäden.

1. Kopf.

Bei den Samenfäden des Meerschweinchens erscheint der Kopf in der Flächenansicht als eine etwa eiförmige Scheibe mit abgestutzter, dem Schwanz zugekehrter, also hinterer Spitze (Fig. 50). Man unterscheidet an ihm den eigentlichen Kopf und einen dem Vorderrand desselben angefügten halbmondförmigen Aufsatz, welcher (Ballowitz, Benda, v. Lenhossék) dem Spitzenknopf bei andern Säugethieren entspricht, beim Meerschweinchen aber passender als Spitzenkörper (Benda) bezeichnet wird. Letzterer ist an seiner Oberfläche von einer feinen Haut überzogen, welche sich nach hinten als eine zarte, den eigentlichen Kopf in seiner vordern Hälfte umgebende Hülle fortsetzt. Durch den hintern Rand dieser Hülle, der sog. Kopf-

1) Schnitte von Objekten, die in Osmiumgemischen fixirt sind, bringe ich vor der Färbung häufig auf mehrere (bis 24) Stunden in Terpentin, um etwa vorhandene Fettgranula zu entfernen, welche den Centralkörpernachweis stören könnten.

kappe, wird der eigentliche Kopf in ein „Vorder- und Hinterstück“ (Ballowitz) eingetheilt¹⁾. Bei Tinktion mit Anilinfarben weist das Hinterstück noch wieder eine Differenzirung in zwei Abtheilungen, eine vordere hell und eine hintere intensiv gefärbte Zone, auf.

Diese Flächenansichten sind bereits früher beschrieben worden. Sie genügen aber nicht, um eine richtige Vorstellung der Kopfform zu gewinnen. Diese bekommt man erst, wenn man Kanten- und ausserdem auch Querschnittsbilder heranzieht.

Die Betrachtung von Kantenbildern (Fig. 49) lehrt zunächst, dass die platte Scheibenform des Kopfes nicht der Wirklichkeit entspricht, sondern ein Projektionsbild darstellt. Es zeigt sich nämlich, dass Kopf und Spitzenkörper von vorn nach hinten gekrümmt sind und zwar in entgegengesetzter Richtung. Diejenige Seite, welcher die Concavität des eigentlichen Kopfes zugekehrt ist, bezeichne ich als Bauchseite; die Concavität des Spitzenkörpers ist nach der entgegengesetzten Seite, also dorsalwärts, gerichtet.

Diese beiden einander entgegengesetzt gerichteten Krümmungen, welche die Kantenansicht zeigt, lässt bereits eine Abbildung (Fig. 21, VI, B, pag. 88) erkennen, die Hensen (81) in seiner Physiologie der Zeugung gegeben hat.

Dieselben sind nur an Samenfäden des Nebenhodens oder des vas deferens vorhanden; innerhalb der Hodenkanälchen dagegen ist der Spitzenkörper entweder gerade oder in demselben Sinne wie der Kopf gekrümmt, in der Weise, dass die Concavität des Spitzenkörpers diejenige des eigentlichen Kopfes fortsetzt.

Ferner zeigen die Kantenbilder, dass der Dickendurchmesser des eigentlichen Kopfes nach hinten zu erheblich zunimmt; er ist hier mehr als dreimal so gross als vorn. Man wird daher jedenfalls daran denken dürfen, dass die intensivere Färbbarkeit des Kopfes in seinem hintersten Theil vielleicht nicht in Structurdifferenzen, sondern nur in der grösseren Dicke derselben ihren

1) Bei vielen Thieren ist hinter dem hintern Rand der Kopfkappe zwischen Vorder- und Hinterstück noch ein sog. Innenkörper (Ballowitz 91. 1 u. 91. 2) eingeschaltet; beim Meerschweinchen habe ich von einem solchen ebensowenig wie Ballowitz etwas wahrnehmen können.

Grund hat; allerdings spricht dagegen, dass nach Ballowitz (91. 2 pag. 199) die Färbung der beiden Zonen des Hinterstücks bei Tinktion mit Jodgrün sich umkehrt; die hintere Zone erscheint hell, die vordere dunkel gefärbt¹⁾.

Was den hintern, stark verdickten Kopfrand anlangt, so gewahrt man in der Kantenansicht, dass derselbe ausgekerbt, bez. mit einer Querfurche versehen ist. Der Schwanz des Samenfadens ist nicht etwa in der Furche selbst, sondern an dem ventral von der Furche hinziehenden Kamm inserirt.

Endlich lassen die Kantenbilder (Fig. 49) mit Bezug auf den Spitzenkörper noch erkennen, dass dieser aus zwei Blättern zusammengesetzt ist, die durch einen hellen Spalt von einander getrennt sind. Beide Blätter sind übrigens auch in der erwähnten Abbildung von Hensen zu sehen.

Nimmt man schliesslich Querschnitte der Köpfe zu Hilfe (Fig. 48 d, e), so erkennt man, dass Kopf und Spitzenkörper ausser von vorn nach hinten auch von rechts nach links gekrümmt sind; beim Kopf ist die Concavität der Krümmung nach der Bauchseite, beim Spitzenkörper dorsalwärts gerichtet. An Querschnitten des Spitzenkörpers erkennt man ebenfalls die schon oben erwähnten beiden Blätter, aus denen er zusammengesetzt ist (Fig. 48 f).

Der eigentliche Kopf ist demnach löffelförmig ausgehöhlt. Der Spitzenkörper setzt an der vorderen Hälfte des Löffelrandes an; er ist im entgegengesetzten Sinne wie der eigentliche Kopf gekrümmt.

Nachdem man auf die verschiedenen Krümmungen von Kopf und Spitzenkörper in Kanten- und Querschnittsbildern einmal aufmerksam geworden ist, ist es häufig möglich, dieselben auch in Flächenansichten, z. B. an Ausstrichpräparaten (namentlich dickeren) des Nebenhodeninhalts, zu erkennen und festzustellen, ob der Kopf dem Beschauer die Bauch- oder Rückenseite zukehrt. Da wir ausserdem ein vorderes und ein hinteres Ende am Samenfadenkopf haben, so wird auf diese Weise die Unterscheidung einer rechten und linken Seite desselben ermöglicht; es hat sich mir aber nicht gezeigt, dass diese Unterscheidung in irgend welcher Beziehung von Bedeutung wäre.

1) Diese Beobachtung von Ballowitz bezieht sich allerdings nicht auf das Meerschweinchen, sondern auf das Kaninchen.

2. Hals.

Zwischen Kopf und Schwanz ist eine helle Partie eingeschaltet, welche wohl zuerst von Grohe (65) und von Schweigger-Seidel (65) gesehen wurde; diese Lücke ist es, welche ich mit Ballowitz (91. 1) als Hals bezeichne¹⁾.

Beim Meerschweinchen konstatirt man in Flächenansichten zunächst die schon frühern Untersuchern bekannte Thatsache, dass der Schwanz mittels dieser Partie meist seitlich von der Medianebene des Kopfes an diesem angeheftet ist; und zwar glaube ich gefunden zu haben, dass er in der Mehrzahl der Fälle näher dem rechten Seitenrand des Kopfes inserirt; so z. B. in den Figg. 45 u. 50, welche die concave (Bauch-)Seite des eigentlichen Kopfes dem Beschauer zukehren.

Der Hals wird in der Flächenansicht jederseits begrenzt durch zwei feine, mit Eisenhämatoxylin schwarz färbbare Fäden, welche gegen den Schwanz hin etwas convergiren; mitten zwischen diesen sieht man noch einen dritten Faden verlaufen.

Alle drei Fäden beginnen am Kopf mit knöpfchenartigen Verdickungen, die sich in gleicher Weise wie die Fäden mit Eisenhämatoxylin schwarz tingiren. Die Verbindungslinie dieser Knöpfchen bildet mit der Längsaxe des ganzen Samenfadens keinen rechten Winkel; sondern zeigt, wenn der Schwanzfaden wie in den Figg. 45 u. 50 näher dem rechten Seitenrand des Kopfes inserirt, einen von links nach rechts (im andern Falle einen umgekehrt von rechts nach links) ansteigenden Verlauf.

Am Schwanz enden die beiden seitlichen Fäden mit mehr oder weniger deutlichen, ungleich grossen Verdickungen (Fig. 45); und zwar ist bei Insertion des Schwanzes seitlich von der Medianebene des Kopfes stets diejenige Verdickung die grössere, welche der Medianebene zunächst liegt. Beide Verdickungen (in Fig. 45 zu gross und deutlich gerathen) liegen hinter dem Beginn der Spiralhülle, in diese eingebettet.

Kantenbilder (Fig. 46) zeigen, dass die drei Knöpfe, mit welchen die Fäden am Kopf beginnen, angeheftet sind an dem ventralwärts von der Quersfurche gelegenen Wall; und dass von

1) Eimer (74), welcher den Namen „Hals“ zuerst gebrauchte, verstand darunter etwas anderes, nämlich einen Theil des Central- oder Axenfadens, welcher nach seiner Beschreibung die Lücke durchsetzen sollte.

dem mittleren derselben nicht nur ein einziger Faden, wie es nach den Flächenansichten den Anschein hat, sondern in Wirklichkeit zwei Fäden divergirend (nach hinten und ventral und nach hinten und dorsal) ausgehen; ferner, dass auch diese Fäden (wovon in Flächenansichten nichts wahrzunehmen ist) am Verbindungsstück hinter dem Beginn der Spiralhülle mit leichten Verdickungen endigen.

Ausserdem zeigt sich bei Färbungen mit Eisenhämatoxylin, dass auch die Spitze des dorsal von der Querfurche gelegenen Kammes schwarz erscheint. Ich war zunächst zweifelhaft, ob diesem Umstand eine Bedeutung beizulegen sei; ich habe mich aber überzeugt, dass diese Schwarzfärbung durch eine dem dorsalen Kamm aufliegende stäbchenförmige Bildung bedingt wird, welche die gleiche Natur und Herkunft besitzt, wie die drei auf dem ventralen Kamm gelegenen Knötchen.

Wenn man Querschnittsbilder (Fig. 48 b, c) mit den Kantenbildern kombinirt, so kann man feststellen, dass die oben beschriebenen vier Fäden, welche von den drei auf dem ventralen Wall gelegenen Knöpfchen ausgehen, einen Raum umschliessen, welcher die Form eines Cylinders aufweist, dessen vorderes, dem Kopf zugekehrtes Ende von ventral und dorsal zusammenge-drückt ist.

Das Innere dieses Raums wird, wie man am besten an Querschnittsbildern erkennt, durch eine die Fäden verbindende Zwischensubstanz eingenommen.

Das Vorkommen einer Lücke zwischen Kopf und Schwanz ist, wie schon erwähnt, zuerst von Grohe (65) und Schweigger-Seidel (65) beschrieben worden.

Nach Eimer (74) sollte diese Lücke von dem von ihm sog. Centrafaden (Axenfaden v. Brunn's) durchsetzt werden, welcher am vorderen Ende des Verbindungsstücks frei hervortritt, um sich mit dem Kopf zu verbinden.

Ballowitz (86) bestätigte diesen freien Theil des Axenfadens und bezeichnete ihn als Halsstück desselben, die Lücke selbst als Hals. Er beschrieb weiter, dass das von ihm sog. Halsstück des Axenfadens nicht ein einfacher Faden sei, sondern von zwei Fäden gebildet werde. Nach Ballowitz kommen aus dem Verbindungsstück zwei feine Fäden hervor, welche Theil-

stränge des Axenfadens darstellen, gegen den Kopf hin etwas divergiren und jeder mit einer dunklen, rauhen, knöpfchenförmigen Verdickung (Endknöpfchen) endigen.

Gegenüber Eimer und Ballowitz konstatirte dann aber Jensen (87), dass die Lücke zwischen Kopf und Hals nicht vom Axenfaden, sondern von einer klaren Substanz eingenommen wird. Der Axenfaden hört mit einem Knöpfchen auf, welches am vordern Rande des Verbindungsstücks gelegen ist. Die Lücke zwischen Kopf und Hals wird beim Schaf durch dunklere Linien eingefasst, welche Jensen als den optischen Ausdruck einer feinen Membran ansieht. Jensen schliesst sich damit Schweigger-Seidel (65) an, welcher annahm, dass im Bereich der Lücke die Aneinanderheftung von Kopf und Schwanz durch die von ihm sog. Grenzschrift vermittelt werde, welche als zusammenhängende Membran den ganzen Samenfaden einhüllen sollte.

Ballowitz stimmt in seiner ausführlichen Arbeit (90. 2) Jensen darin bei, dass bei einzelnen Arten (z. B. der Ratte) der Endknopf in der That mit der vordern Grenze der Hülle des Mittelstücks zusammenfällt; ein „Halsstück“ ist dann nicht vorhanden und wird der „Hals“ nur von Kittsubstanz eingenommen. Bei den meisten andern Säugern geht das vordere Ende des Axenstranges indessen frei durch den „Hals“ als Halsstück hindurch, um mit seinem Endknöpfchen in dem Grübchen am Hinterrande des Kopfes durch Vermittelung einer meist sehr spärlichen Kittsubstanz zu inseriren. Bei andern Species ist endlich das „Halsstück“ des Axenfadens im „Halse“ bereits in seine beiden Hälften zerlegt, sodass sich im Halse zwei dicht neben einander liegende, bisweilen (Schwein) sehr deutlich ein wenig gegen den Kopf hin divergirende Fädchen vorfinden, welche mit ihren Endknöpfchen gleichfalls durch Vermittelung einer spärlichen Kittsubstanz am hintern Rande des Kopfes sich anheften (Maulwurf, Dachs, Fischotter u. a.).

Nach dem oben Gesagten sind demnach Ballowitz und Jensen darin einig, dass der sog. Endknopf bei der Ratte hinter der Halspartie gelegen ist; bei andern Thieren aber findet er sich nach Ballowitz direkt am Hinterrand des Kopfes, während er nach Jensen durch die Halspartie vom Kopf getrennt ist. Jedoch lassen viele Abbildungen, die Ballowitz (90. 2, Taf. 13—15) von Samenfäden anderer Thiere als der

Ratte gegeben hat, auch hinter der Halspartie, am vordern Rande des Verbindungsstücks, Differenzirungen erkennen; bei manchen ist durch den Buchstaben *g* ausdrücklich darauf hingewiesen.

Ich selbst möchte, soweit ich mir auf Grund meiner bisherigen Erfahrungen ein Urtheil gestatten darf, glauben, dass überall zwei Knöpfchen existiren, ein vorderes und ein hinteres, von denen das eine vor, das andere hinter der Halspartie gelegen ist. Beide Knöpfchen können ihrerseits in zwei, drei oder mehr Körnchen zerlegt sein.

Ich erinnere zunächst an meine Befunde bei der Ratte, die ich im vorigen Jahr in einem auf der Kieler Anatomenversammlung gehaltenen Vortrag (98. 1) beschrieben habe. Bei diesem Thier soll nach der übereinstimmenden Angabe von Jensen und Ballowitz nur ein einziger Endknopf vorhanden sein, welcher am vordern Ende des Verbindungsstücks gelegen ist; derselbe ist seinerseits aus zwei nebeneinander¹⁾ liegenden Körnchen, einem grössern und einem kleinern zusammengesetzt. Ich vermochte aber ausser diesem noch einen zweiten Knopf nachzuweisen, welcher dem Chromatin des Kopfes eingelagert ist (Textfigur a). Beide Knöpfe sind, soweit ich bisher feststellen konnte, nur durch eine klare Kittsubstanz unter einander verbunden.

Beim Meerschweinchen existiren ebenfalls zwei Knöpfchen, das eine vor, das andere hinter der Halspartie, welche aber bei diesem Thier jedes noch wieder in eine Anzahl von Körnchen zerlegt sind. Während ausserdem bei der Ratte beide Knöpfchen anscheinend nur durch Kittsubstanz vereinigt sind, treten beim Meerschweinchen die Körnchen, in welche der eine Knopf zerlegt ist, mit denen des andern durch Stränge in Verbindung, welche aus derselben Substanz wie die Körnchen selbst bestehen.

Für mich liegt nun der Gedanke sehr nahe, dass die Fäden, von denen Ballowitz (86 und 90. 2) beschrieben hat, dass sie bei verschiedenen Thieren aus dem vordern Ende des Verbindungsstücks hervorkommen, den von mir beim Meerschweinchen

1) Nach Jensen (87 pag. 390) sollen beide Körnchen hintereinander liegen.

gefundenen Verbindungssträngen (zwischen dem vordern und hintern Endknopf, bezw. ihren Theilstücken) homolog sind. Ballowitz würde demnach meiner Meinung nach im Unrecht sein, wenn er diese Stränge, die aus derselben Substanz wie die Knöpfchen bestehen, als den getheilten Axenfaden auffasst.

3) Schwanz.

Hinter der Halspartie beginnt die Geissel, an welcher man bekanntlich ein Verbindungs- oder Mittelstück, ein Hauptstück und ein Endstück unterscheidet. Die ganze Geissel wird vom Axenfaden durchzogen, welcher nach den Beobachtungen von Jensen (79 und 87) und Ballowitz (zuerst 86) einen fibrillären Bau aufweist.

a. Verbindungsstück.

Im Bereich des Verbindungsstücks ist der Axenfaden, wie ich nach Beobachtungen an sich entwickelnden Spermien vermuthen möchte, zunächst von einer sehr dünnen Hülle umgeben. An reifen Samenfäden ist von ihrer Existenz nichts wahrzunehmen. Näheres über diese supponirte Hülle bitte ich unten pag. 354 u. 360 zu vergleichen.

Auf diese Hülle folgt dann die sog. Spiralhülle, welche aus einem Spiralfaden und einer die Windungen desselben verbindenden Zwischensubstanz besteht (Ballowitz 91. 1).

Hinsichtlich der Spiralhülle ergaben mir meine Beobachtungen nichts Neues. Dagegen hat eine weitere aus Zellsubstanz gebildete Hülle, welche den Hals und die Spiralhülle des Verbindungsstücks umgiebt, so viel ich weiss, bisher noch nirgends eine zutreffende Beschreibung erfahren.

Diese letztere Hülle ist am besten zu studiren an solchen reifen Samenfäden des Hodens (Fig. 46), an denen ihre Aussenwand von der Oberfläche der Spiralhülle noch durch einen grössern Zwischenraum getrennt ist. Beim Meerschweinchen sieht man sie in Kantenansichten am Kopf auf den dorsal und ventral von der Querfurche gelegenen Kämme inseriren. Hinten schliesst sie mit dem hintern Ende des Verbindungsstücks ab.

An den meisten Samenfäden des Hodens und fast an allen des Nebenhodens ist die Aussenwand der Hülle der Oberfläche der Spiralhülle so dicht aufgelagert, dass beide für das Auge

zusammenfallen. Nur an einer Stelle (Fig. 45, 49, 50), die bald mehr vorne, bald weiter nach hinten gelegen ist, zeigt die Hülle eine ovale oder spindelförmige Auftreibung, deren Kontour vorn und hinten in denjenigen der Spiralhülle überzugehen scheint.

Diese Auftreibung ist der zuerst von Dujardin (37) beschriebene Schwanzanhang. Derselbe wurde v. Kölliker (56) als ein hängengebliebener Ueberrest des Körpers der Samenzelle bezeichnet. Nach den Abbildungen v. Kölliker's hat es, wie Schweigger-Seidel (65 pag. 332) sagt, den Anschein, „als ob ein rundliches oder ovales Klümpchen dem Schwanz einfach angeklebt sei.“

Schweigger-Seidel hatte dagegen ebenso wie Grohe (65) die Vorstellung, dass der ganze Samenfaden von einer strukturlosen Hülle (Schweigger-Seidel bezeichnet sie als Grenzschrift) umgeben sei. Die oben erwähnten Bildungen sind nach Schweigger-Seidel nicht eigentliche Anhänge, sondern „Verdickungen der Grenzschrift, die entweder stationär geworden sind, oder im Laufe der Zeit noch weitere Umwandlungen erfahren haben würden.“

Diese Auffassung trifft das Richtige, wenn man davon absieht, dass die Hülle, von welcher die Dujardin'schen Anhänge Auftreibungen darstellen, nicht den ganzen Samenfaden, sondern nur Hals und Verbindungsstück desselben umgiebt.

b. Hauptstück und Endstück.

Ueber Hauptstück und Endstück des Schwanzes habe ich neue Beobachtungen nicht beizubringen. Ich erinnere nur daran, dass das Hauptstück aus dem Axenfaden und einer diesen umgebenden Hülle gebildet wird, an welcher verschiedene Autoren (Jensen 87, Ballowitz 91. 1) Querstreifung beschrieben haben; dass das kleine Endstück dagegen den entblösten Axenfaden darstellt.

C. Histogenese der Samenfäden.

1) Ueber die Eintheilung des Entwicklungsprocesses.

Die Vorgänge, welche zur Bildung der Samenfäden führen, beginnen unmittelbar nach Ablauf der letzten Reifungstheilung und enden, wenigstens vorläufig, damit, dass der grösste Theil des Zelleibes der ursprünglichen Spermatide abgeschnürt wird.

Diesen ganzen Entwicklungsgang schlage ich vor in drei Perioden einzutheilen.

Im Lauf desselben tritt ein röhrenförmiges Gebilde auf, welches das hintere Segment des Kopfes und den Anfangstheil des Schwanzfadens umgiebt. Es ist dies die sog. Schwanzkappe oder Schwanzmanschette (nach meinem Vorschlag 98. 2), welche auf einem spätern Stadium der Entwicklung wieder schwindet. Der Zeitpunkt ihres Auftretens soll den Anfang der zweiten Periode bezeichnen, während die dritte Periode nach vollzogenem Schwund der Schwanzmanschette beginnen möge.

Das Verhalten dieses Rohres ist, wenigstens beim Meerschweinchen, für eine Eintheilung sehr verwendbar, da es vom Augenblick seines Erscheinens bis zu seinem Untergang ein sehr in die Augen fallendes Gebilde darstellt.

Trotzdem würden die genannten Ereignisse, Auftreten und Schwund der Schwanzmanschette, wohl für sich allein kaum die nöthige Bedeutung beanspruchen können, um auf sie hin eine Eintheilung zu begründen. Geeignet hierfür werden sie erst dadurch, dass sie nahezu oder ganz mit andern Vorgängen zusammenfallen, welche wichtige Marksteine im Entwicklungsgang der Samenfäden repräsentiren, speciell solchen, die sich an den Centrankörpern abspielen: die Schwanzmanschette tritt auf sogleich, nachdem die Centrankörper dem Kern angelagert sind; sie schwindet, eben vordem der aus einem Theil des distalen Centrankörpers hervorgegangene Ring beginnt am Axenfaden entlang zu wandern. Bei Thieren, bei denen die Schwanzmanschette nicht so deutlich wie beim Meerschweinchen hervortritt, wird man demnach eine Eintheilung in dieselben drei Perioden auf den eben erwähnten Vorgängen basiren können, die sich an den Centrankörpern abspielen.

Am Schluss der dritten Periode werden die Samenfäden in's Kanallumen abgestossen. Ihre Entwicklung ist aber dann noch nicht vollständig abgeschlossen; sondern, während sie in den Kanälen des Nebenhodens verweilen, spielen sich an ihnen, in einer vierten und letzten Periode, noch sog. Reifungserscheinungen ab.

Das Bedürfniss nach einer Eintheilung des Umwandlungsprocesses hat sich übrigens schon frühern Untersuchern fühlbar

gemacht. Zuerst bemühte sich meines Wissens Benda (87), einzelne besonders charakteristische Stadien aus dem Entwicklungsgang der Samenfäden herauszugreifen, um sie bei verschiedenen Species mit einander vergleichen zu können. Er unterschied folgende fünf Formengruppen, zwischen denen noch verschieden deutlich Uebergangsbilder zur Beobachtung kommen können: 1. runde Zellen; 2. ei- oder birnförmige Zellen mit runden kapselartigen Kernen 3. Zellen mit kapselartigen Kernen und an diesen die Anlage des Schwanzfadens; 4. Zellen mit abgeplatteten Kernen und an diesen unvollendete Schwanzfäden; 5. Kopf und Schwanz frei von zelligen Hüllen.

Die Charakterisirung, die Benda seinen fünf Hauptstadien zu geben im Stande war, dürfte nun aber über die Zugehörigkeit eines bestimmten Entwicklungsstadiums zu dieser oder jener Formengruppe häufig Zweifel lassen. Was speciell den Unterschied zwischen Stadium 2 und 3 anlangt, so wissen wir heutzutage mit Bestimmtheit, dass die Anlage des Axenfadens schon im Stadium 1 Benda's vor sich geht; der wesentlichste Unterschied zwischen diesen beiden Gruppen wird demnach hinfällig.

Ebenfalls die sieben Entwicklungsstadien, die v. Bardeleben im vorigen Jahre (98) nach seinen Befunden am Menschen aufgestellt hat, dürften sich, entgegen den Erwartungen ihres Autors, wenig dazu eignen, „um bei Discussionen mit andern Species eine sichere Basis zu gewinnen“.

2) Erste Periode.

Vom Ende der letzten Reifungstheilung bis zum Auftreten der Schwanzmanschette.

Das Ausgangsstadium des Entwicklungsprocesses ist in Fig. 4 dargestellt: zwei Spermatiden unmittelbar nach Ablauf der zweiten Reifungstheilung, welche noch durch den Rest der achromatischen Spindel in Zusammenhang stehen.

Zellsubstanz und Kern zeigen in dieser Figur ein homogen-körniges Aussehen; letzteres hat darin seinen Grund, dass beide Zellen aus der Peripherie eines in Hermann'schem Gemisch fixirten Hodenstückes stammen, in welcher durch starke Osmiumwirkung in Kern- und Zellsaft körnige Niederschläge entstanden sind. Dadurch sind die vorhandenen Structuren theilweise oder ganz verdeckt. Diese bekommt man an Zellen aus tiefern Theilen

der eingelegten Stücke (mit vorwiegender Platinchlorid-Essigsäurewirkung) zu Gesicht. Hier gewahrt man in der Zellsubstanz ein deutliches Fadenwerk; im Kerninnern dagegen eine grössere Anzahl größerer Chromatinbrocken, die durch Lininstränge in Zusammenhang stehen¹⁾.

Neben dem Kern fällt in Fig. 4 in beiden Zellen ein rundlicher, grau aussehender Ballen auf (Sphäre, Idiozom), welcher von zahlreichen kleinen, durch Eisenhämatoxylin schwarz tingierten Körnchen durchsetzt ist. Eben solche Körner findet man in den Idiozomen bei den Spermatocyten erster (Fig. 2) und zweiter (Fig. 3) Generation. Dagegen scheinen sie, wenigstens nach meinen bisherigen Feststellungen, in den Zellen der Wachstumsperiode und in den Spermatogonien nicht vorzukommen. Ich vermochte sie übrigens nur nach Fixirung mit Osmiumgemischen und ausschliesslich in den oberflächlichsten Theilen der eingelegten Stücke nachzuweisen, welche der Osmiumwirkung am stärksten ausgesetzt waren; in den mehr centralen Theilen sind sie, wie ich vermuthete, durch die Essigsäure, herausgelöst²⁾.

Ausser dem von Körnchen durchsetzten Idiozom sind im Zelleib der Spermatide Centralkörper nachweisbar. Dieselben haben in den sämtlichen Zellen des Hodens, nicht nur in den Spermatiden, die Form von kleinen, an den Enden etwas angeschwollenen Stäbchen. Fig. 1, welche ein etwas früheres Stadium eines Spermatocyten erster Generation als Fig. 2 darstellt, zeigt zwei hantelförmige Centralkörper, welche im Innern des Idiozoms gelegen sind³⁾. In den Spermatiden liegen sie stets ausserhalb des Idiozoms unmittelbar unter der Zellwand (Fig. 4,

1) Auch durch Sublimat und Sublimatgemische werden in der Peripherie eingelegter Stücke körnige Niederschläge in Zellsubstanz und Kern ausgefällt.

2) Letzteres ist wahrscheinlich auch bei Fig. 1 geschehen, welche ein etwas früheres Stadium eines Spermatocyten erster Generation als Fig. 2 darstellt.

3) In den Figuren 2 und 3 sind Centralkörper im Innern der Idiozomen entweder nicht gefärbt oder zwischen den oben beschriebenen Körnchen nicht heraus zu finden, oder aber sie liegen schon ausserhalb der Idiozomen in der Zellsubstanz. Das grosse, zuweilen schwarz gefärbte Korn, welches in Fig. 2 im Innern des Idiozoms gelegen ist, wird von C. Niessing (96) mit Unrecht als Verklumpungsfigur der Centralkörper gedeutet.

obere Zelle). Der eine mehr peripher gelegene berührt mit seinem einen Ende direct die Zellwand; er bildet mit dieser gewöhnlich einen rechten Winkel. Der andere Centralkörper ist dem Kern näher gelegen. In Fig. 4 (obere Zelle) hat er die gleiche Richtung zur Zellwand wie der mehr periphere Centralkörper, an dessen proximales Ende er mit einem distalen Ende anstösst.

Ein letzter Bestandtheil des Spermatidenleibes ist der sog. „chromatoide Nebenkörper“ (Fig. 4—8, 10, 12, 14). Derselbe setzt sich beim Meerschweinchen aus einem oder mehreren unregelmässig geformten Brocken zusammen, die sich mit Eisenhämatoxylin intensiv schwarz färben; an Präparaten, die mit Sublimat oder Sublimatgemischen fixirt sind, nehmen sie bei Anwendung der Ehrlich-Biondi'schen Färbung einen leuchtend rothen Ton an. Nach dieser letzten Reaktion bestehen sie demnach nicht aus Chromatin, sondern aus einer Substanz, die sich färberisch wie diejenige der Nucleolen verhält.

Die eben geschilderten Bestandtheile der Spermatide erfahren nun während der ersten Periode folgende Umwandlungen.

Kern. Der Kern, welcher anfangs noch seine Lage in der Mitte der Zelle beibehält, wird am Ende der Periode (Fig. 16) excentrisch verlagert. In seinem Innern häuft sich das Chromatin, welches nach Ablauf der letzten Reifungstheilung zuerst noch in mehreren Brocken im Kern vertheilt war, in einem grossen centralen Klumpen an, von welchem aus dünne Stränge in radiärer Richtung sich bis zur Kernwand erstrecken; an der Peripherie des centralen Klumpens liegen meistens ein oder zwei kleine Nucleolen. Ein derartiges Bild der Kernstructur ist hier in Fig. 9 wiedergegeben. Die übrigen Abbildungen betreffen dagegen ebenso wie die schon besprochene Fig. 4 solche Zellen, in denen die Structuren des Kerns (und der Zellsubstanz) grösstentheils durch Niederschläge verdeckt sind. Dieses Bild der Kernstructur ändert sich nun gegen das Ende der ersten Periode in der Weise, dass unter gleichzeitigem Schwund des centralen Klumpens ein lockeres grobbalkiges Chromatinnetzwerk auftritt, dessen Züge mit Vorliebe an der Kernperipherie verlaufen.

Zellsubstanz. Mit der Zellsubstanz gehen während der ersten Periode keine Veränderungen vor sich; ganz am Ende

derselben treten vereinzelte kleine Fettkörnchen in ihr auf (in den Figuren nicht dargestellt).

Idiozom (Sphäre). Am meisten fallen während der ersten Periode die Vorgänge in's Auge, welche sich am Idiozom abspielen. Dieselben sind der Hauptsache nach bereits durch frühere Untersucher festgestellt; ich bitte darüber Näheres unten pag. 387—390 zu vergleichen.

Bald nach Ablauf der zweiten Reifungstheilung bemerkt man, dass die Körner im Innern des Idiozoms schnell an Zahl abnehmen, dafür aber grösser werden (Fig. 5—8). Mit Vorliebe sammeln sie sich dabei an der Kernseite an (Fig. 6). Jedes Korn ist in ein Bläschen eingeschlossen, so dass es wie von einem lichten Hof umgeben scheint. Indem die Verschmelzung der Körner und der sie einschliessenden Bläschen immer weiter fortschreitet, liegt schliesslich ein einziges grosses Korn innerhalb eines Bläschens, welchem der Rest von Idiozomsubstanz „lunulaartig“ angelagert ist. Dieses Stadium habe ich nicht abgebildet.

Das Korn, welches dem Spitzenknopf (Acrosoma, v. Lenhossék) bei andern Thieren entspricht, zeigt nun beim Meeresschweinchen eine an der Peripherie beginnende Sonderung in zwei Zonen, welche sich am deutlichsten in folgendem Verhalten bei der Eisenhämatoxylinfärbung kund giebt. Eine immer breiter werdende periphere Zone des Spitzenknopfs bez. Spitzenkörpers giebt bei der Differenzirung den Farbstoff leicht ab und zeigt sich dann in einem gelblichen Ton, während ein centraler Theil (Innenkorn) sich nach wie vor intensiv schwarz färbt (Fig. 9). Beide Partien sind übrigens auch bei andern Färbungen und nach Fixirung mit Osmiumgemischen schon am ungefärbten Präparat deutlich zu unterscheiden, stellen demnach nicht etwa blosse „Differenzirungsprodukte“ dar.

Während dieser von der Peripherie gegen das Centrum fortschreitende Sonderungsprocess am Spitzenkörper vor sich geht, nähert sich das ganze, von dem Idiozom abstammende Gebilde (das Bläschen mit dem ihm ansitzenden Idiozomrest und dem Spitzenkörper in seinem Innern) dem Kern und lagert sich an ihm an; schliesslich verschmilzt die Wand des Bläschens mit derjenigen des Kerns (Fig. 9).

Nach dem Eintritt dieser Verschmelzung gelangt dann auch der von dem Bläschen umschlossene Spitzenkörper in directe Be-

rührung mit dem Kern. Das Innenkorn desselben nimmt zunächst eine excentrische Lage (nach der Kernseite hin) innerhalb der umhüllenden Aussenzone ein (Fig. 10), tritt dann theilweise aus ihr heraus und verschmilzt unter halbkugeligter Abplattung mit der Kernwand (Fig. 11), welche sich ihrerseits etwas vorbuchtet. Die Aussenzone, welche das Innenkorn früher rings umgab, bedeckt es jetzt nur noch kappenförmig auf der einen (vorderen) Seite.

In den folgenden Stadien breitet sich das den Spitzenkörper umgebende Bläschen von seiner Anheftungsstelle (Fig. 10) flach über die Kernoberfläche aus (Fig. 11—16), um die sog. Kopfkappe zu bilden. Mit seinem hintern Rand dringt es immer weiter nach hinten vor; schliesslich (Fig. 16) hat es den Kern mehr als zur Hälfte umwachsen. Der von dem Bläschen bez. der Kopfkappe umschlossene Spitzenkörper plattet sich während dessen mehr und mehr halbmondförmig ab; der an der Kopfkappe ansitzende Idiozomrest gleitet auf ihr bis an ihren hintern Rand nach hinten (Fig. 15, 16).

Centralkörper. Gleichzeitig mit dem Eintritt der eben beschriebenen Vorgänge, welche sich am Idiozom abspielen, wächst von dem an die Zellperipherie anstossenden Ende des peripheren Centralkörpers ein feines Fädchen aus der Zelle heraus, welches die erste Anlage des Schwanzfadens darstellt und, wie besonders Zupfpräparate zeigen, schon sehr bald eine ganz bedeutende Länge erreicht (vergl. darüber unten pag. 385).

Der dem Kern näher gelegene (proximale) Centralkörper nimmt darauf konstant eine derartige Lage ein, dass er einen rechten Winkel mit dem mehr peripheren (distalen) bildet, welcher letztere mit seiner Längsaxe nach wie vor senkrecht zur Zellwand steht. In Fig. 6 u. 7 sieht man den proximalen Centralkörper in seiner ganzen Länge, in Fig. 8 dagegen in Verkürzung von seinem einen Ende.

Formveränderungen der Centralkörper treten zunächst (Fig. 5—8) nicht auf. Erst in Fig. 10 sieht man, dass der distale Centralkörper länger geworden ist und sich etwas gekrümmt hat. Das freie Ende hat sich hakenförmig gegen die Zellwand umbogen; das andere Ende ist offenbar durch den jungen Schwanzfaden an ihr fixirt.

Bald darauf beginnen die Centralkörper auf den Kern zu verlagert zu werden (Fig. 12, 13). Schliesslich verbindet sich der

vordere stäbchenförmige Centralkörper mit der Kernwand (Fig. 14). Diese buchtet sich an der Anlagerungsstelle zunächst etwas vor (Fig. 15). Später macht es dagegen den Eindruck, als wenn der proximale Centralkörper mit seinem einen Ende etwas in den Kern eingedrückt wäre. Das entgegengesetzte Ende dieses selben Centralkörpers setzt sich mit einem feinen Fädchen fort, welches sich frei in die Zellsubstanz erstreckt (Fig. 16). Es haben sich demnach zwei verschieden beschaffene Enden des vordern stäbchenförmigen Centralkörpers herausgebildet. Ebenfalls zwischen den beiden Schenkeln des distalen hakenförmigen Centralkörpers ist häufig schon am Ende der ersten Periode eine Verschiedenheit insofern bemerkbar, als der freie Schenkel des Hakens sich etwas stärker verdickt zeigt als derjenige Schenkel, welcher dem Axenfaden als Ursprung dient (vergl. Fig. 18, welche allerdings schon der zweiten Periode angehört).

3) Zweite Periode.

Vom Auftreten bis zum beginnenden Schwund der Schwanzmanschette.

Die zweite Periode, welche ich vom Auftreten bis zum beginnenden Schwund der Schwanzmanschette rechne, theile ich beim Meerschweinchen ihrerseits in folgender Weise in zwei Unterabtheilungen. Die Schwanzmanschette wird zuerst, wie wir sehen werden, als Faserkorb angelegt; die Fasern erleiden nach anfänglichem Wachsthum eine erhebliche Verkürzung. Nachdem diese Verkürzung eingetreten ist, wird die Schwanzmanschette membranös und beginnt dann ein neues Wachsthum. Dieser Zeitpunkt möge die erste und zweite Unterabtheilung der zweiten Periode von einander trennen. Während der ersten Unterabtheilung existirt demnach die Schwanzmanschette als Faserkorb, während der zweiten dagegen als membranöses Rohr.

a. Die Schwanzmanschette als Faserkorb.

Kern. Der Kern, welcher bereits gegen das Ende der ersten Periode eine excentrische Lage in der Zelle eingenommen hatte, tritt ziemlich schnell, soweit er von der Kopfkappe bedeckt ist, aus ihr heraus (Fig. 16—18). Vielleicht beschreibt man denselben Vorgang richtiger, indem man sagt, dass die

Zellsubstanz sich nach hinten bis zum hintern Rande der Kopfkappe über den Kern zurückzieht.

Bald nach seinem Austritt streckt sich der Kern in geringem Grade von vorn nach hinten in die Länge, wobei er sich an seinem vordern Ende etwas zuspitzt. Vom Stadium der Fig. 22 an beginnt er sich abzuplatten, und zwar stets in einer ganz bestimmten Ebene, nämlich senkrecht zur Längsaxe des vordern Centralkörpers.

Im Kerninnern war das Chromatin am Schluss der ersten Periode in Form eines grobfädigen Netzwerks angeordnet, welches vorzugsweise die Peripherie einnahm. Nunmehr geht es in ein Gerüstwerk über, das aus dünnern Balken gebildet ist, welche das Kerninnere ziemlich gleichmässig durchsetzen; im weiteren Verlauf werden die Balken noch feiner, das Gerüstwerk selbst engmaschiger.

Kopfkappe, Spitzenkörper. Der in der Seitenansicht halbmondförmige Spitzenkörper zeigte am Schluss der vorigen Periode eine Sonderung in zwei Schichten: eine innere, halbkugelförmige, deren plane Fläche mit der Kernwand verbunden war, und eine äussere schalenförmige, welche die convexe Fläche der innern bedeckte und den vor dem Kern gelegenen Innenraum der Kopfkappe ausfüllte. Im Beginn der zweiten Periode zeigt der ganze Spitzenkörper durchgehends die Beschaffenheit, wie sie im Stadium der Fig. 9—16 nur die äussere bez. vordere schalenförmige Schicht aufweist; offenbar hat der Umwandlungsprocess, welcher auf einem frühern Stadium einsetzte, auch die bis dahin verschonte innere bez. hintere Partie ergriffen.

Weiter (Fig. 18—21) wird der ganze Spitzenkörper kegelförmig (in Flächenansichten etwa dreieckig) mit hinterer an der Kernseite gelegener Basis und vorderer abgerundeter Spitze.

Der Kegel nimmt später noch an Höhe zu (Fig. 22, 23); gleichzeitig verschmälert sich seine Basis, während die Strecke, auf welcher Kopf und Spitzenkörper direkt zusammenhängen, breiter wird. Daher kommt es, dass in Stadien, wie Fig. 22, 23 der Spitzenkörper mit dem ganzen Vorderrand des Kerns verbunden ist.

Zugleich mit der Abplattung des Kerns wird etwa vom Stadium der Fig. 22 an auch eine solche des Spitzenkörpers bemerkbar.

Der Idiozomrest, welcher in Fig. 16 noch der Kopfkappe zunächst ihrem hintern Rande anhaftete, löst sich gleich mit dem

Beginn der zweiten Periode von ihr los, kugelt sich ab und nimmt im hintern Theil der Zellsubstanz seine Lage.

Zellsubstanz. In der Zellsubstanz sind schon gegen Schluss der ersten Periode ziemlich zahlreiche kleine Fettkügelchen aufgetreten. Dieselben liegen anfangs im ganzen Zelleib verstreut; später läufen sie sich meistens an einer Stelle zusammen. In meinen Figuren ist von diesen Fettkörnchen deshalb nichts zu sehen, weil die Präparate, nach welchen die Figuren gezeichnet sind, vor der Färbung einer Terpentinbehandlung unterworfen waren (vergl. die Anm. auf pag. 331).

Den Beginn der zweiten Periode habe ich datiert vom Auftreten der Schwanzmanschette, über welche ich jetzt näheres beibringen will.

Im Zelleib bildet sich (Fig. 17 u. folg.) ein System von Fäden aus, welches folgende Anordnung zeigt. Die Fäden entspringen an der Oberfläche des Kerns im Kreis um die Centralkörper bez. den Ursprung des Axenfadens. Von dort ziehen sie nach hinten, aber nicht in einer Richtung parallel dem Axenfaden (bez. der Längsaxe der Samenzelle), auch nicht so, dass sie bez. ihre Verlängerungen sich mit ihm schneiden. Sie liegen vielmehr (wind)schief zum Axenfaden, gegen welchen sie sämtlich gleiche Neigungen haben (Textfigur b).

Zu einer richtigen Vorstellung von dem Verlauf dieser Fäden dürfte man am leichtesten auf folgende Weise gelangen. Man denke sich einen Kreiscylinder, dessen Endflächen von zwei Ringen gebildet werden, während die Mantelfläche durch Fäden dargestellt wird, welche in gleichen Abständen parallel der Axe von Ring zu Ring gezogen sind. Der eine von beiden Ringen möge nun um seinen Mittelpunkt (bez. die Axe des Cylinders) um ein Stück gedreht werden. Dann werden

die Fäden, welche die beiden Ringe mit einander verbinden, den Verlauf der Zelleibsfäden darstellen.

Durch diese Fäden wird ein Raum umschlossen, welcher auf einem beliebigen senkrecht zum Axenfaden gelegten Querschnitt rund ist, auf einem Längsschnitt aber durch zwei gegen den Axenfaden convex gekrümmte Linien begrenzt wird ¹⁾.

Wenn die Fäden im Anfang dieser Periode zuerst auftreten, sind sie zunächst nur kurz; von dem Mitom des Zelleibes sind sie von vornherein durch ihren Verlauf, ihre Glätte und Färbbarkeit unterschieden (Fig. 17).

In der Folge nehmen sie, während der Kern gleichzeitig mehr und mehr aus der Zelle heraustritt, erheblich nicht nur an Länge, sondern auch an Dicke zu (Fig. 18, 19). Zuweilen werden sie so lang, dass sie sich mit ihren Enden an der Zellwand umlegen müssen.

Nach diesem Stadium tritt dann eine allmähliche Verkürzung und eine in demselben Mass fortschreitende Verdickung der Fäden ein (Fig. 20—23); ihre freien Enden tragen jetzt häufig kleine knopfartige Anschwellungen. Die Fäden oder besser Fasern verkürzen sich noch über die engste Stelle des von ihnen umschlossenen Hohlraums hinaus, bis etwa auf $\frac{1}{4}$ oder $\frac{1}{5}$ ihrer grössten Länge; ihre freien Enden liegen schliesslich beinahe in derselben Höhe wie der hintere Rand des Kopfes, welcher in den jetzt trichterförmig gestalteten Faserkorb mit einem hintern Segment hineinragt.

Um diese Zeit treten die nunmehr stark verdickten Fasern ihrer Länge nach seitlich mit einander in Verbindung; erst von diesem Stadium an existirt die Schwanzmanschette als eine geschlossene Membran (Fig. 23, 24).

C e n t r a l k ö r p e r. Zwischen den beiden Centralkörpern

1) In ihrer Gesamtheit würden die Fäden, eine geometrisch genaue Anordnung vorausgesetzt, ein sog. einschaliges Hyperboloid bilden; die gekrümmten Linien, welche einen durch die Längsaxe gelegten Schnitt beiderseits begrenzen, würden demnach Hyperbeln darstellen. Ein einschaliges Hyperboloid entsteht nämlich, wenn sich eine Gerade um eine Axe dreht, welche nicht mit ihr in derselben Ebene liegt; zeichnen wir die sich bewegende Gerade in verschiedenen, etwa äquidistanten Lagen ihrer Drehung auf, so würde sich ein genaues Bild der in der Zelle beobachteten Fädenanordnung ergeben.

bildet sich mit dem Anfang dieser Periode folgendes Lageverhältniss aus. Die Längsaxe des vordern stäbchenförmigen Centralkörpers und der Haken mit seinen beiden Schenkeln kommen in derselben Ebene zu liegen und zwar so, dass das stärker in den Kern eingedrückte Ende des vordern Centralkörpers und das freie Ende des Hakens stets nach derselben (z. B. in Fig. 16 linken, in den Fig. 17—24 rechten) Seite sehen. Dieses Lageverhältniss ist durchaus gesetzmässig; eine Ausnahme davon ist mir nicht zu Gesicht gekommen.

Von den beiden Centralkörpern präsentirt sich der vordere dem Kern angelagerte am klarsten nach Fixirung mit Osmiumgemischen in denjenigen peripheren Theilen der eingelegten Stücke, in denen die Kerne in Folge starker Osmiumwirkung ihre Färbbarkeit verloren haben (Fig. 16), während er in den tiefern Theilen, wo die Kerne tingiert sind, meistens durch das Chromatingertist verdeckt wird (Fig. 17—23).

Dieser vordere Centralkörper erhält sich während des ersten Theils der zweiten Periode ziemlich unverändert; dagegen treten an dem hintern, hakenförmigen Centralkörper, und zwar an demjenigen Schenkel desselben, von welchem der Axenfaden seinen Ursprung nimmt, wichtige Umwandlungen auf. Der genannte, „verticale“ Schenkel, wie ich ihn der Kürze halber bezeichnen will, zerfällt durch zwei Einschnürungen in zwei hinter einander gelegenen Knötchen (Fig. 16, 17); von diesen findet sich das eine hintere am Ursprung des Axenfadens, das andere vordere zwischen dem hintern und der Umbiegungsstelle des Hakens. Das hintere Knötchen, von welchem der Axenfaden entspringt, wächst rasch zu einer kleinen anfangs sehr dünnen Platte aus, welche sich schliesslich, wahrscheinlich, indem sie in der Mitte durchbricht, zu einem Ring umgestaltet (Fig. 18—23). Der Axenfaden tritt dann durch das Lumen des Ringes hindureh und setzt sich mit dem vordern Knötchen in Verbindung.

Der andere freie oder „horizontale“ Schenkel des Hakens ist während dessen, besonders an seinem freien Ende, stark angeschwollen, sodass er Keulenform bekommen hat.

Schwanzfaden. Am Schwanzfaden ist, zuweilen schon in den ersten Stadien dieser Periode (Fig. 18), ein kleines Bläschen sichtbar, über welches ich unten (pag. 354) näheres beibringen werde.

b. Die Schwanzmanschette als membranöses Rohr.

Kern. Der Kern erscheint vom Stadium der Fig. 24 an in Flächenansichten grösser, was offenbar mit der immer stärker werdenden Abplattung desselben zusammenhängt. Letztere ist auf dem Stadium der Fig. 26, wie eine Kantenansicht (Fig. 27) des gleichen Stadiums lehrt, schon recht weit vorgeschritten. Sie wird aber besonders an der vordern Kopfhälfte noch erheblich viel stärker (Fig. 29, 31).

Eine besondere Beschreibung erfordert noch das hintere Segment des Kopfes, welches in die Schwanzmanschette hineinragt. Dasselbe zeigt bei Fixierung mit Osmiumgemischen in den peripheren Partien der eingelegten Stücke stets die Form einer abgerundeten Kuppe (Fig. 28, 30). In den mehr centralen Partien dagegen hat es meistens die Gestalt eines Zapfens (Fig. 23, 24); d. h. es zeigt rechts und links von der Mittellinie keine konvexe, sondern eine konkave Begrenzung; im Innern des Zapfens ist das Chromatin stärker verdichtet als im übrigen Kopf. Diese Zapfenform des hintern Kopfsegments, welche sich häufig noch viel stärker ausgesprochen findet als in meinen Figuren 23 u. 24, halte ich für ein Artefakt, das, wie ich glaube, auf folgende Weise zu Stande kommt.

Die Kopfkappe stellt ein festes und starres Gebilde dar (vgl. auch v. Brunn (76, pag. 530)), welches in Folge von Reagenswirkung nicht so leicht schrumpft wie die Kernsubstanz. Letztere zeigt Neigung dazu bei Fixierung mit Osmiumgemischen besonders in den mehr centralen Partien, in denen die Osmiumwirkung mehr oder weniger zum Fortfall kommt. Soweit nun aber der Kern von der Kopfkappe bedeckt ist, hängt er innig mit ihr zusammen und vermag sich von ihrer Wand nicht zurückzuziehen. Die durch die Schrumpfung bewirkte Volumensverkleinerung des Kopfes kommt daher ausschliesslich im Bereich des hintern, nicht von der Kopfkappe bedeckten Segmentes zum Ausdruck, welches letztere dadurch in eine zapfenförmige Vorrangung umgeformt wird.

Eine Verkleinerung des Kernvolumens vollzieht sich übrigens auch vital Hand in Hand mit der oben beschriebenen Abplattung des Kerns, aber ohne dass es dabei zu Einziehungen der Kopfoberfläche im Bereich des hintern Segmentes käme. Mit dieser Volumsabnahme hängt es offenbar zusammen, dass das Chromatin-

gerüst im Kerninnern immer dichter wird und der Kern schliesslich ein homogenes Aussehen annimmt. Der Kernsaft scheint sich dabei zu verdichten; von einer Ausstossung desselben ist jedenfalls nichts zu bemerken.

Spitzenkörper. Der Spitzenkörper hatte schon auf dem Stadium der Figg. 22, 23 begonnen, sich ebenso wie der Kern, in derselben Richtung wie dieser, abzuplatten. Diese Abplattung macht nun stärkere Fortschritte (vergl. die Kantenansicht der Fig. 27), wird jedoch weiterhin nicht so hochgradig wie diejenige des Kerns (Fig. 29, 31). Gleichzeitig nimmt der Spitzenkörper in Flächenansichten mehr und mehr die Gestalt eines Halbmonds an, dessen Konkavität fest mit dem vordern Kopfrande verwachsen ist.

Zellsubstanz. Die Zellsubstanz überkleidet bis zum Stadium der Figg. 28, 29 den Kopf bis zum hintern Rand der Kopfkappe; von diesem Zeitpunkt an zieht sie sich weiter nach hinten zurück (Fig. 30 u. folg.).

In ihrem Innern beginnt, von dem Stadium der Fig. 23, 24 an, die jetzt membranöse Schwanzmanschette wieder zu wachsen; dabei gestaltet sie sich zu einem kurzen und breiten Rohr (Fig. 28), welches entsprechend der Kopfform auf dem Querschnitt seitlich komprimirt erscheint (Fig. 33 a stellt einen Querschnitt durch die Schwanzmanschette in der Höhe des Ringes, von einem Stadium wie Fig. 28, dar). Eine Rippung, welche an dem Rohr zunächst noch nachweisbar ist (Fig. 24, 26), deutet auf seine Entstehung aus Fäden hin.

In Fig. 30 ist die Schwanzmanschette noch länger, zugleich aber schmaler geworden; auf dem Querschnitt hat sie eine mehr rundliche Form angenommen (Fig. 33 b).

Auf diesem Stadium (Fig. 30) sieht man in ihrer Wand häufig noch einen vereinzelt Faden verlaufen, der wahrscheinlich vom Stadium der Fig. 27 übrig geblieben, d. h. in die Bildung der membranösen Wand der Schwanzmanschette nicht mit aufgegangen ist.

Eben solche Fäden trifft man nicht selten im Zelleib ausserhalb der Wand der Schwanzmanschette (Fig. 30, oben links). Ich vermüthe, dass es sich dabei um Fasern handelt, die in der Bildung der Schwanzmanschettenwand gleichfalls zunächst nicht mit aufgegangen, dann über den hintern Rand der-

selben hinausgewachsen sind und schliesslich die Verbindung mit ihr verloren haben. Ich möchte dies besonders deshalb glauben, weil ich mehrfach constatiren konnte, dass das eine Ende einer solchen frei in der Zellsubstanz gelegenen Faser sich in die Wand der Schwanzmanschette hinein fortsetzt.

Dadurch, dass die Zellsubstanz sich, wie erwähnt, vom Stadium der Figg. 28, 29 an weiter nach hinten über den Kopf zurückzieht, wird es bedingt, dass die Schwanzmanschette nicht mehr fest am Kopf, sondern in einiger Entfernung davon an der Peripherie der Zellsubstanz entspringt (Fig. 30—32).

Centralkörper. Das weitere Verhalten der Centralkörper ist recht komplizirt und bei ihrer Kleinheit ausserordentlich schwierig klar zu stellen. Was ich darüber ermittelt habe, ist Folgendes.

Von dem vordern oder proximalen Centralkörper, welcher dem Kern angelagert ist, gewahre ich in Flächenansichten, dass er in drei in einer Reihe liegende, gleich grosse, undeutlich von einander getrennte Theile zerfällt; diese treten durch Fäden mit ihnen gegenüberliegenden Knötchen, die aus dem horizontalen Schenkel des distalen Centralkörpers hervorgehen, in Verbindung (Fig. 30, 32).

Nimmt man nun aber Kantenansichten zu Hülfe, so ergibt sich über den vordern Centralkörper noch Folgendes. Bis zum Stadium etwa der Figur 24 ist er auf dem Querschnitt rund; später dagegen beginnt er mehr und mehr länglich zu werden (Fig. 27, 29); er wächst also offenbar zu einer kleinen rechteckigen Platte aus. Diese Platte wird nun (anders vermag ich das Kantenbild der Fig. 31 nicht zu deuten) der Länge nach halbart. Von den beiden Spalthälften liegt die eine auf der ventralen, die andere auf der dorsalen Seite des Samenfadens. Diejenige, welche auf der ventralen (in Fig. 31 linken) Seite liegt, ist es, welche in drei Theile zerfällt, die sich durch Fäden mit Theilen des horizontalen Hakenschenkels verknüpfen. Die andere Spalthälfte, welche auf der dorsalen (in Fig. 31 rechten) Seite gelegen ist, tritt ihrerseits ebenfalls durch ein feines Fädchen mit dem horizontalen Hakenschenkel (mit welchem Theil desselben ist nicht festzustellen) in eine, wie es scheint, allerdings nur vorübergehende Verbindung.

Mit den Theilen des distalen Centralkörpers geben in dem gleichem Zeitraum folgende Veränderungen vor sich.

Von den Abkömmlingen des verticalen Hakenschenkels wächst der Ring ziemlich rasch heran (Fig. 24, 26, 28, 30), während das nach vorn von dem Ring gelegene kleine Knötchen, von welchem nach Bildung des Ringes der Schwanzfaden abgeht, sich bis zum Ende der Periode unverändert und in gleicher Grösse erhält.

Der freie oder horizontale Hakenschenkel dagegen zerfällt in drei, in einer Reihe liegende Knötchen (Fig. 30, 32). Und zwar entsteht dem keulenförmig verdickten Ende dieses Schenkels entsprechend ein grosses Knötchen; gegen die Umbiegungsstelle des Hakens hin folgt dann ein kleines, und schliesslich als drittes ein ebenso kleines oder etwas grösseres Knötchen, welches letztere seiner Lage nach der Umbiegungsstelle selbst entspricht.

Diese drei aus dem horizontalen Hakenschenkel hervorgegangenen Knötchen treten nun mit den drei ihnen gegenüber liegenden, welche aus dem proximalen Centralkörper, bez. der ventralen Spalthälfte desselben, entstanden sind, durch feine Fäden in Zusammenhang.

Sämmtliche Centralkörperabkömmlinge erscheinen ausserdem durch eine homogen aussehende Kittsubstanz unter einander verbunden.

Schwanzfaden. Schon oben (pag. 350) habe ich das Vorhandensein einer spindelförmigen Blase erwähnt, welche der Länge nach vom Axenfaden durchsetzt wird. Der Seitenkontur dieser Blase scheint vorn und hinten in denjenigen des Schwanzfadens überzugehen. Ausserdem kann man vielfach konstatiren, dass der die Blase durchsetzende Theil des Schwanzfadens dünner ist als die vor und hinter der Blase gelegenen Abschnitte. Daraus glaube ich entnehmen zu können, dass die Blase eine Auftreibung einer den Axenfaden umgebenden Hülle darstellt.

Die Blase hat keine konstante Lage; bis zum Schluss dieser Periode wandert sie regelmässig nach hinten (jedoch niemals über einen bestimmten Punkt hinaus) und wird dann häufig auch ganz oder zum Theil ausserhalb der Zellsubstanz gefunden (Fig. 28). Letztere Beobachtung bildet eine Bestätigung für die eben vorgetragene Auffassung von der Natur dieser Blase; jedenfalls wird dadurch erwiesen, dass die Blase nicht etwa nur eine im

Bereich des Axenfadens auftretende Vacuole der Zellsubstanz darstellt.

Der Schwanzfaden beginnt sich gegen Schluss der zweiten Periode zu verdicken und zwar besonders stark in seinem hintern Theil, von einer Stelle an, welche sich etwa $13\ \mu$ entfernt vom hintern Kopfe findet und welche der Grenze zwischen Verbindungsstück und Hauptstück des Schwanzes entspricht (Fig. 32); beide Abtheilungen der Geißel sind also schon am Schluss dieser Periode deutlich von einander zu trennen. Die oben beschriebene spindelförmige Blase wandert so weit nach hinten, dass ihr hinterer Pol mit der Grenze zwischen beiden Abtheilungen zusammenfällt.

4) Dritte Periode.

Vom beginnenden Schwund der Schwanzmanschette bis zur Abschnürung der Zellsubstanz.

Kopf und Spitzenkörper. Der Kopf nimmt gegen den Schluss der dritten Periode die dem reifen Samenfadenkopf zukommende Löffelform an. Dagegen entspricht das Bild, welches der Spitzenkörper am Ende dieser Periode in Kantenansichten darbietet (Fig. 40, 43, 44), noch keineswegs demjenigen, welches an den Samenfäden des Nebenhodens beobachtet wird. Die definitive Krümmung des Spitzenkörpers und ebenso, wie es scheint, seine Trennung in zwei Blätter kommen erst nach erfolgter Abstossung der Samenfäden zur Ausbildung.

Zellsubstanz. In der Zellsubstanz machen sich mit dem Beginn der dritten Periode folgende Aenderungen bemerkbar.

Zunächst schwindet die Schwanzmanschette. Als Residuen von ihr hinterbleiben häufig im Zelleib noch ein, zwei, oder mehrere dicke Fäden; anscheinend sind es dieselben Fäden, welche auf Stadien wie Fig. 30 in der Wand der Schwanzmanschette verlaufen (vergl. über diese Fäden pag. 352). Diese überdauern den Schwund der Schwanzmanschette, wobei sie ihre frühere Lage, jedenfalls aber ihren Urprung an der Zellwand zunächst meistens noch beibehalten (Fig. 34). Später trifft man sie in den verschiedensten Lagen im Zelleib (Fig. 35, 37, 39, 42).

Ferner treten in der Zellsubstanz mit dem Beginn dieser Periode und schon gegen Schluss der vorigen zahlreiche kleine Körner auf. Dieselben wurden schon früher von v. Ebner (88) bei der Ratte beschrieben; sie zeigen die Neigung, sich mit Farbstoffen aller Art lebhaft zu tingieren; weswegen sie von v. Ebner als „tingirbare Körner“ bezeichnet wurden.

Die Färbbarkeit dieser Körner geht durch starke Osmirung völlig verloren; daher ist in den Figuren 34, 35, 36, 39, welche von Zellen gezeichnet sind, die in peripheren Partien der eingelegten Hodenstücke gelegen waren, nichts von den Körnern wahrzunehmen, obwohl sie etwa vom Stadium der Fig. 34 an vorhanden sind.

Die Körner nehmen weiterhin an Zahl zu und ballen sich allmählich (Fig. 38, 40—44) zu grössern, unregelmässig gestalteten Klumpen zusammen.

Der Idiozomrest, welcher seine Lage im hintern Theil der Zellsubstanz genommen hatte, ist beim Meerschweinchen gegen Ende der dritten Periode nicht mehr aufzufinden.

Centralkörper. Von den Centralkörpern hatte sich der proximale, mit dem Kern verbundene während des zweiten Theils der zweiten Periode, wie ich oben beschrieben habe, der Länge nach gespalten. Die auf der ventralen Seite des Samenfadens liegende Spalthälfte war dann in drei in einer Reihe liegende Knötchen zerfallen, welches jedes durch einen Faden mit je einem der drei aus dem horizontalen Hakenschenkel entstandenen Knötchen in Verbindung getreten war. Von einem der beiden seitlichen Knötchen ging noch ein zweites, feines, frei endigendes Fädchen ab, welches schon auf dem Stadium der Fig. 16 als eine frei in die Zellsubstanz vorragende Verlängerung des vordern Centralkörpers vorhanden war. Dieses Fädchen ist gegen Schluss der dritten Periode verschwunden,

Die zweite auf der dorsalen Seite liegende Hälfte dieses selben Centralkörpers schien (nach den Kantenansichten, Fig. 31) durch einen Faden mit dem horizontalen Hakenschenkel in Verbindung zu stehen (vergl. pag. 353). Auf spätern Stadien (Fig. 40) scheint dieser Faden frei zu enden. Gegen Schluss der Periode schwindet er, soweit ich sehen kann, ganz (Fig. 44, 46).

Was die Abkömmlinge des distalen Centralkörpers anlangt, so beginnt zunächst der Ring unmittelbar nach erfolgtem Schwund

der Schwanzmanschette am Axenfaden caudalwärts entlang zu wandern (Fig. 35, 36). Er rückt bis an das Bläschen des Axenfadens heran (Fig. 37), welches letztere seine Lage vor dem Anfang des Hauptstücks genommen hat (vergl. pag. 354). Auf einem spätern Stadium scheint das Bläschen zu kollabieren. Der Ring kommt unmittelbar vor dem Anfang des Hauptstücks selbst zu liegen (Fig. 38—40); zuweilen bleibt er jedoch noch durch einen kleinen Zwischenraum von ihm getrennt¹⁾. Nachdem er diesen Platz eingenommen hat, wird er immer kleiner und schwächer färbbar (Fig. 41); beim Meerschweinchen ist er am Ende dieser Periode (Fig. 42 u. folg.) nicht mehr auffindbar.

Die übrigen von dem distalen Centralkörper abstammenden Theilchen bleiben an Ort und Stelle liegen. Sie werden allmählich kleiner; einige von ihnen entziehen sich völlig dem Nachweis, ohne dass es möglich wäre, über ihren Verbleib etwas sicheres auszusagen.

Letzteres ist z. B. der Fall mit dem kleinen aus dem verticalen Hakenschenkel hervorgegangenen Knötchen, welches nach Bildung des Ringes dem Axenfaden zum Ursprung dient. In Flächenansichten hat es den Anschein (Fig. 35, 36), als wenn es sich in zwei Hälften theilte, von denen die eine mit dem einen, die andere mit dem andern der beiden seitlichen aus dem horizontalen Hakenschenkel entstandenen Körnchen in Verbindung tritt.

Diese beiden Körnchen selbst verhalten sich folgendermassen.

Das grössere, aus dem angeschwollenen Endtheil des horizontalen Hakenschenkels hervorgegangene Körnchen nimmt etwa die Form einer Birne an, deren Längsaxe derjenigen des Schwanzfadens parallel verläuft, während die Spitze gegen den Kopf zu gerichtet ist (Fig. 34—38). Unter weiterer Grössenreduktion formt sich die Birne in ein Stäbchen und weiterhin in ein Knötchen um (Fig. 39, 41, 42, 45).

Das kleinere der beiden seitlichen Körnchen, welches aus der Umbiegungsstelle des Hakens hervorgegangen ist, nimmt ebenfalls an Grösse ab (Fig. 34—39, 41, 42). Beide seitlichen Körnchen werden schliesslich in das vordere Ende der Spiralhülle

1) Der Ring ist identisch mit der sog. hinteren Schluss Scheibe des Verbindungsstücks, welche von Jensen (87, pag. 410—411) bei noch unreifen Samenkörpern des Pferdes und der Ratte beschrieben wurde. Vergl. auch Ballowitz 91. 1, pag. 246.

des Verbindungsstücks aufgenommen. Hier bleiben sie auch noch am reifen Samenfaden nachweisbar; ebenso erhalten sich auch die Fäden, welche sie mit den ihnen gegenüber liegenden Theilen des proximalen Centrankörpers in Verbindung setzen.

Dagegen ist das mittlere der aus dem horizontalen Hakenschenkel entstandenen Knötchen in den Flächenansichten der letzten Entwicklungsstadien (Fig. 41, 42), nicht mehr aufzufinden; jedoch erhält sich der Faden, welcher nach vorn hin von ihm abging und es mit dem mittlern der drei Körner verknüpfte, die aus der ventralen Spalthälfte des proximalen Centrankörpers hervorgegangen sind.

Von letzterem Korn sehe ich in Kantenansichten sogar zwei Fäden abgehen, welche hinten mit leichten Verdickungen zu endigen scheinen. Dieses Verhalten entspricht demjenigen, welches beim reifen Samenfaden beobachtet wird. Ueber die Art und Weise, wie es sich entwickelt hat, vermag ich keine Auskunft zu geben.

Schwanzfaden. Der Schwanzfaden erreicht im Lauf dieser Periode seine definitive Dicke, und zwar zunächst im Bereich des Hauptstücks.

Die Dickenzunahme des Hauptstücks beruht zum Theil offenbar darauf, dass der Axenfaden als solcher an Dicke zunimmt; zum andern Theil hat sie darin ihren Grund, dass sich im Bereich des Hauptstücks eine (an meinen Abbildungen allerdings nicht erkennbare) Hülle ausbildet. Ihrer Genese nach muss dieselbe ein Bildungsprodukt des Axenfadens selbst (vielleicht ein Ausscheidungsprodukt desselben) darstellen (über eine gegentheilige Angabe v. Brunn's vergl. unten pag. 387).

Im Bereich des Verbindungsstücks bleibt der Schwanzfaden zunächst noch dünner als in dem des Hauptstücks. Jedoch ist es mir auf Grund meiner oben (pag. 354) mitgetheilten Beobachtungen über die spindelförmige Blase wahrscheinlich, dass eine erste, äusserst zarte Hülle im Bereich des Verbindungsstücks schon von Beginn der zweiten Periode an (dem Zeitpunkt, an welchem die Blase zuerst auftritt) vorhanden ist. Und zwar möchte ich glauben, dass diese Hülle kontinuierlich in die oben beschriebene des Hauptstücks, und zwar mit plötzlicher Verdickung, übergeht.

Eine weitere Umhüllung des Verbindungsstücks, durch welche es etwa auf die Dicke des Hauptstücks gebracht wird,

beginnt sich auszubilden, nachdem der Ring seinen definitiven Platz eingenommen hat. Es ist dies die sog. Spiralhülle, welche sich aus einem Spiralfaden und einer Zwischensubstanz zusammensetzt. Sie entsteht aus Körnern, welche sich dem Verbindungsstück aus dem Cytoplasma auflagern (v. Brunn 84 und neuerdings auch Benda 97 und 98). Im einzelnen habe ich den Vorgang beim Meerschweinchen nicht verfolgt; auch lassen meine Figuren nichts darüber erkennen. Die fertige Spiralhülle nimmt man dagegen in den Fig. 44—46 u. 50 wahr als eine dunkle, etwas körnig aussehende Masse, welche den Schwanzfaden im Bereich des Verbindungsstücks einhüllt.

Der Entwicklungsprocess im Hoden findet dann seinen Abschluss damit, dass am Ende der dritten Periode die Zellsubstanz beginnt sich vom Samenfaden in Gestalt eines Ballens abzuschneiden; wobei es zur Bildung einer dritten, cytoplasmatischen Hülle des Verbindungsstücks kommt.

Dieser Vorgang gestaltet sich folgendermassen. Die Zellsubstanz buchtet sich zunächst in der Richtung gegen die Wand des Samenkanälchens über die ventrale oder dorsale Kopffläche sackförmig vor. Fig. 42 zeigt den Vorgang in Flächenansicht, Fig. 43 in der Ansicht von der Kante. Die Aussackung wird dann immer stärker ausgezogen; schliesslich steht sie mit dem Samenfaden nur noch durch einen kurzen Stiel in Zusammenhang (Fig. 44). Indem letzterer sich vollständig durchschnürt, trennt sich von der Samenzelle ein rundlicher Cytoplasmaballen ab, welcher die zusammengeklumpten tingirbaren Körner und häufig noch einen oder mehrere dicke Fäden (Residuen der Schwanzmanschette) enthält; letztere sind allerdings meistens nur an solchen Ballen nachweisbar, in welchen der Körnerklumpen durch starke Osmirung seine Färbbarkeit ganz oder theilweise verloren hat.

Was das weitere Schicksal des abgeschnürten Cytoplasmaballens anlangt, so wird er von einer Sertoli'schen Zelle aufgenommen, in welcher er peripherwärts wandert, um dann rasch (sammt den ev. in ihm enthaltenen Fäden) der Resorption zu verfallen.

Die Zellsubstanz dagegen, welche am Samenfaden zurückbleibt, bildet um das Verbindungsstück eine äussere Hülle, welche vorn am Kopf inserirt und hinten mit dem hintern Ende des Verbindungsstücks abschliesst.

Die Vorstellung, welche ich auf Grund des Entwicklungsganges von dem Schwanzfaden der reifen Spermie und seinen Hüllen gewonnen habe, erläutere ich noch einmal an beistehendem Schema (Textfigur c), in welches ich zwei nicht weiter zerlegte und nicht durch Stränge verbundene „Endknöpfe“ eingezeichnet habe, wie sie (nach meinen bisherigen Feststellungen) beim Menschen vorkommen. Der Länge nach läuft durch die ganze Geißel der Axenfaden, welcher eine fibrilläre Struktur (Jensen, Ballowitz) aufweist und vorne mit dem hintern Endknopf beginnt. Unmittelbar dem Axenfaden auf liegt eine Hülle, welche im Bereich des Verbindungsstücks sehr dünn ist und am hintern Ende desselben unter plötzlicher Verdickung in die Hülle des Hauptstücks übergeht. Dieser Hülle ist im Bereich des Verbindungsstücks die Spiralhülle aufgelagert, welche hinten mit der von dem Ring gebildeten „Schlussscheibe“ abschliesst¹⁾. Eine letzte Hülle des Verbindungsstücks, die an einer Stelle eine Auftreibung zeigt, wird dann noch von der Zellsubstanz gebildet.

5) Vierte Periode.

Sog. Reifungserscheinungen.

Wenn man abgestossene Samenfäden des Hodens mit solchen des Nebenhodens in Flächenansichten vergleicht, so fällt auf, dass die

1) An den Samenfäden des Nebenhodens ist die „Schlussscheibe“ bei den meisten Thieren ebenso wie beim Meerschweinchen nicht mehr wahrnehmbar; sehr deutlich erhält sie sich z. B. beim Opossum. — Zwischen der „Schlussscheibe“ einerseits, dem hintern Ende des Verbindungsstücks und dem vordern Ende des Hauptstücks andererseits finden sich bei noch nicht völlig reifen Samenfäden häufig kleine Lücken, die ich in der Figur c schematisch dargestellt habe.

Köpfe im Nebenhoden sowohl der Länge als auch der Quere nach kleiner geworden sind. Dieses Kleinerwerden ist wohl zum Theil auf eine noch zuletzt stattfindende Substanzverdichtung zurückzuführen; zum Theil wird es wohl dadurch vorgetäuscht, dass die Krümmung des Kopfes stärker geworden und die definitive des Spitzenkörpers überhaupt erst zur Entwicklung gekommen ist.

Der Spitzenkörper zeigt sich nämlich in Kantenansichten an den eben abgestossenen Samenfäden noch gar nicht oder in demselben Sinne wie der Kopf gekrümmt. Bei den Samenfäden des Nebenhodens hat sich dagegen eine starke derjenigen des Kopfes entgegengesetzte Krümmung und eine Trennung des Spitzenkörpers in zwei Blätter ausgebildet.

Hals und Schwanz sind schon am Schluss der dritten Periode auf dem fertigen Zustand angekommen, jedoch legt sich bei vielen Samenfäden die Wand der im Bereich des Verbindungsstücks vorhandenen cytoplasmatischen Umhüllung später der Oberfläche der Spiralhülle noch dichter an¹⁾.

D. Kritische Besprechung von Litteraturangaben über Histogenese der Samenfäden.

Im Interesse der Darstellung meiner eigenen Beobachtungen habe ich es bei der Schilderung der Entwicklungsvorgänge unterlassen, auf die Litteratur anders als in gelegentlichen Hinweisen Bezug zu nehmen. An dieser Stelle lasse ich eine kritische Besprechung von Litteraturangaben folgen, wobei ich bei dem Kapitel „Centralkörper“ unter d einige Erörterungen allgemeinerer Art anschliessen werde.

1) Sog. Reifungserscheinungen, welche sich noch nach der Abstossung der Samenfäden aus den Hodenkanälchen abspielen, sind besonders durch van Beneden und Julin (84) vom Pferdespulwurm bekannt geworden, dessen Samenkörper ihre Ausbildung zum grossen Theil sogar erst innerhalb des weiblichen Uterus erlangen. Mit Bezug auf Säugethiere lagen Angaben, so viel mir bekannt ist, bisher nicht vor. Von den Samenfäden der Fledermäuse wissen wir zwar, dass sie den ganzen Winter hindurch im Uterus verweilen, dass sie aber während dieser Zeit noch Veränderungen erleiden, ist meines Wissens nicht erwiesen.

1) Kern.

Bei *Salamandra* wandelt sich nach den Beobachtungen von Flemming (80. pag. 243), die ich (97. 2. pag. 121) bestätigen konnte, nur der chromatische Antheil des Spermatidenkerns in den Kopf um.

Bei Säugethieren finde ich ebensowenig wie Klein (80) genügende Anhaltspunkte für eine solche Annahme. Man bemerkt zwar eine starke Verkleinerung des Kernvolumens, sieht aber jedenfalls nichts von einer Ausstossung von Kernsaft. Es scheint demnach, als wenn hier der Gesamtkern unter Verdichtung seines Inhalts in den Samenfadenkopf übergeht.

Nach Benda (97. pag. 3) lassen sich die Vorgänge, welche bei Säugethieren zur Entstehung des Spermienkopfes führen, dahin zusammenfassen, dass die Chromatinmasse des Spermatidenkerns sich zunächst in der Kernperipherie zu einer Kapsel oder Blase sammelt; der Kern wird dann ellipsoid und geht schliesslich unter Abplattung des Binnenraums in die endgültige Kopfform über.

Für das Meerschweinchen trifft diese Darstellung jedenfalls nicht zu. Hier bevorzugt allerdings das Chromatin eine Zeitlang (gegen Ende meiner ersten Periode) die Peripherie des Kerns, dann aber durchsetzt es den ganzen Binnenraum in Form eines Gerüstwerks, dessen Balken feiner und feiner werden; schliesslich nimmt der Kern ein homogenes Aussehen an.

Eigenthümlichkeiten soll nach Benda (97) bei vielen Species die Entwicklung des distalen Kernpols zeigen, an welchem die Abgrenzung eines kuppenförmigen Theiles in Erscheinung tritt. „Diese Kuppe“, sagt Benda 97 pag. 3/4, „macht eine Verdickung der Chromatinschicht, verbunden mit einer der des übrigen Kernes vorausseilenden Verkleinerung durch, sodass sie zuerst kegel-, dann zapfenförmig in die Schwanzkappe hineinragt. Betreffs ihrer endgültigen Verwendung änderte ich mehrmals meine Ansicht. Ich entschied mich aber in meiner letzten Mittheilung dahin, dass ich den feinen Sockel, der bei einer Anzahl von Spermatozoen die Geissel trägt und dem von Jensen als Hals bezeichneten Abschnitt entspricht, daraus herleite. Diese Metamorphose habe ich schon in meiner Tafel (87. Taf. V) bei Stier, Hund, Katze abgebildet. Sie findet sich auch bei Meerschwein-

chen und Eber ausgeprägter, als es dort dargestellt ist, und ist selbst beim Kaninchen angedeutet. Sehr ausgeprägt ist sie beim menschlichen Spermatozoon. Keine deutliche Ausbildung dieses Abschnitts findet sich bei der Gattung *Mus* und bei *Phalangista*.“

Ich selbst habe diese Kuppe beim Meerschweinchen gleichfalls beobachtet, möchte sie jedoch hier entschieden für ein Kunstprodukt erklären. An Präparaten aus Osmiumgemischen findet sie sich beim Meerschweinchen niemals in den peripheren Partien, in welchen die Osmiumsäure zur Wirkung gekommen ist, sondern stets nur in den mehr centralen Theilen; auf welche Weise sie an letzterer Stelle zu Stande kommen dürfte, habe ich oben (pag. 351) erörtert. Dass aus ihr die Halspartie des reifen Samenfadens hervorgehen sollte, wie Benda annimmt, ist vollständig ausgeschlossen.

2) Centralkörper.

a. Amphibien.

Bei *Salamandra maculosa* habe ich (97. 1 und 2) zum ersten Mal das Verhalten der Centralkörper bei der Histogenese der Samenfäden genau verfolgt. Ich habe an der Hand einer lückelosen Reihe von Stadien nachgewiesen, dass bei diesem Thier von den Centralkörpern der eine, welcher kolossal heranwächst, ganz, der andere zur einen Hälfte zur Bildung des sog. Mittelstücks verwandt wird. Das Mittelstück besteht hier nämlich aus zwei Abtheilungen (Textfigur m), einer grössern vordern und einer kleinern hintern, welche letztere mit dem von *Jensen* (86) und *Ballowitz* (90. 2) beschriebenen „Endknöpfchen des Axenfadens“ identisch ist. Die andere Hälfte des zweiten Centralkörpers wird nach hinten verlagert und lokalisiert sich an der Grenze zwischen Hauptstück und Endstück des Schwanzes. Da ich meine 97. 2 gegebene Darstellung hier gegenüber *Hermann* und *Bertacchini* zu vertheidigen haben werde, erlaube ich mir, sie kurz in den Hauptzügen zu wiederholen.

In den Spermatiden von *Salamandra maculosa* liegen zwei Centralkörper unmittelbar unter der Zelloberfläche und zwar so, dass ihre Verbindungslinie ungefähr senkrecht zu dieser steht. Von dem peripher gelegenen, welcher an die Zellwand anstösst,

wächst dann ein feines Fädchen aus, welches die erste Anlage des Schwanzfadens darstellt (Fig. d).

Weiterhin werden die Centralkörper gegen das Centrum der Zelle zu verlagert; dabei wird die Zelloberfläche von derjenigen Stelle aus, wo ihr der mehr periphere der beiden Cen-

tralkörper anlag, gegen das Zellinnere zu eingestülpt. Diese Einstülpung trägt an ihrem zugespitzten Ende die Centralkörper und umhüllt scheidenartig den Anfangstheil des jungen Axenfadens (Fig. e).

Gleichzeitig erfahren die Centralkörper ein starkes Wachstum; dabei formt sich der mehr peripher gelegene zunächst in

ein Scheibchen (Fig. e), später in einen Ring (Fig. f, g) um, während der mehr central gelegene zu einem kurzen, leicht gekrümmten Stäbchen heranwächst.

Das Stäbchen lagert sich nun dem Kern, wenn er beginnt, sich zum Samenfadenkopf umzuformen, an seinem hintern Pol unter Abplattung an und treibt einen Zapfen ins Kerninnere hinein (Fig. g). Dieser Zapfen schwillt rasch ausserordentlich stark an, zunächst zu einer Kugel (Fig. h), später zu einem cylindrischen Körper (Fig. i), welcher letztere die von mir sog. vordere Partie des Mittelstücks darstellt.

Indem die Zelle sich stark in die Länge streckt, wird die Einstülpung der Zellsubstanz, an deren Spitze der ringförmige Körper lag, mehr und mehr ausgekrämpt (Fig. h). Schliesslich liegt der Ring unmittelbar an der Zelloberfläche, an welcher er die Einfassung eines Loches der Zellwand bildet (Fig. i).

In einem nächsten Stadium beginnt nun die Bildung der sog. Mantelschicht des Axenfadens. Der Axenfaden der reifen Spermie ist auf dem Querschnitt nicht rund, sondern hufeisenförmig gestaltet. In der Concavität entspringt der Flossensaum; diejenige Seite, auf welcher er sich erhebt, habe ich mit Czermak (48) als Rückenseite des Samenfadens bezeichnet. Die Mantelschicht umgibt den Axenfaden nur einseitig, auf der konvexen oder ventralen (in den Figuren l und m rechten) Seite; sie ist auf den Kämme der Furche festgeheftet, welche auf der Dorsalseite des Axenfadens entlang läuft.

Die Bildung der Mantelschicht geht nun in der Weise vor sich, dass sich Zellsubstanz an der Bauchseite des Axenfadens herunterzieht. Dabei wird der Ring zunächst pessarförmig umgestaltet (Fig. k); auf einem folgenden Stadium reisst er in der Mitte durch. Von den beiden Hälften liegt die eine auf der dorsalen, die andere auf der ventralen Seite des Axenfadens. Die dorsale bleibt mit caudalwärts umgebogenen, dem Axenfaden angelagerten Enden an Ort und Stelle liegen; sie bildet hier an der Rückenseite des Axenfadens die Begrenzung eines Loches der Zellwand, durch welches hindurch sich der Randfaden bis zur vordern Partie des Mittelstücks verfolgen lässt (Fig. l).

Die ventrale Ringhälfte dagegen wandert mit der Zellsubstanz an der Bauchseite des Axenfadens entlang, wobei ihre beiden freien Enden auf dem Axenfaden gleiten (Fig. l). Sie

erreicht aber nicht das Ende des Axenfadens, sondern bleibt vorher liegen an einer Stelle, welche die Grenze zwischen Hauptstück und Endstück des Schwanzes bezeichnet.

Die liegen gebliebene Ringhälfte dagegen lagert sich dem cylindrischen Körper hinten auf (Fig. m) und bildet mit ihm zusammen das Mittelstück ¹⁾).

Von der obigen abweichende Darstellungen sind von Hermann (97) und Bertacchini (98) gegeben worden.

Nach Hermann (97) besitzt die Spermatide überhaupt nur einen einzigen Centalkörper („Centrosom“, Hermann); wohingegen ich den sichern Nachweis erbracht habe, dass sie deren ebenso wie die meisten andern Zellarten zwei enthält.

Von diesem „Centrosom“, welches meinem „vordern Centalkörper“ entspricht, beschreibt nun Hermann, dass es das Mittelstück bildet. Ich habe angegeben, dass der vordere Centalkörper sich dabei zu einem kurzen, dicken, leicht gekrümmten Stäbchen umgestaltet, dass dieses sich später unter Abplattung an den Kern anlagert und in das Innere desselben einen Zapfen treibt, der rasch anschwillt. Hermann dagegen hat die Mittelstücksanlage, mag dieselbe noch frei in der Zellsubstanz oder schon gerade eingedrungen im Kern der Spermatide gelegen haben, stets als Kügelchen von allerdings wechselnder Grösse, nie aber als ein gekrümmtes Stäbchen wahrnehmen können. Hermann glaubt diese Differenz in unsern beiderseitigen Beobachtungen auf die von mir angewandte Eisenhämatoxylinmethode zurückführen zu sollen, bei der man vor täuschenden Bildern nicht sicher sei. Ich bemerke dazu, dass ich dieselben Bilder nach Fixirung mit Osmiumgemischen beispielsweise auch mit der von Hermann angewandten Safranin-Gentianadoppelfärbung oder dem Dreifachverfahren nach Flemming regelmässig erhalten habe. Nur muss man, um die Gestaltsveränderungen des eindringenden vordern Centalkörpers verfolgen zu können, Zellen peripherer Hodenpartien zur Untersuchung heranziehen, in denen die Chromatinge-

1) Präparate, welche den Vorgang in sämtlichen hier resumirten Hauptpunkten veranschaulichten, habe ich in Kiel Pfingsten 1897 auf einer Versammlung der zoologischen Gesellschaft und im April 1898 auf der zwölften Versammlung der anatomischen Gesellschaft demonstrirt.

rüste der Kerne in Folge starker Osmiumwirkung ihre Färbbarkeit verloren haben ¹⁾).

Das Centrosom soll nun aber nach Hermann das Mittelstück überhaupt nicht in der von mir beschriebenen Weise bilden, indem es sich durch Wachsthum kolossal vergrößert, sondern, indem es sich mit einer Mantelhülle umgiebt.

Letzteres hat Hermann nicht etwa direkt beobachtet, sondern nimmt es an und sucht es durch folgende drei, sehr wenig stichhaltige Gründe zu stützen.

Zunächst soll für das Auftreten einer umhüllenden Mantelsubstanz der Umstand sprechen, „dass das sich bildende Mittelstück sehr bald eine energische Affinität zu Safranin bez. Gentianaviolett bekommt.“ Hermann hat in einer früheren Arbeit beschrieben, dass die „Mittelstücksanlage“ bei Anwendung der Safranin-Gentianadoppelfärbung sich zunächst mit Safranin leuchtend roth färbt; dass sie sich später, nachdem sie zu einem cylinderförmigen Gebilde herangewachsen ist, nur mehr zartrosatingirt; und schliesslich zur Zeit der Reife des Samenfadens von Safranin überhaupt nicht mehr gefärbt wird, sondern die Farbe des Gentianavioletts annimmt. Inwiefern aber dieser Wechsel, der in der Färbbarkeit des ausgewachsenen Mittelstücks eintritt, für das Auftreten einer Mantelsubstanz spricht, vermag ich auch nicht entfernt einzusehen.

In zweiter Linie führt Hermann eine Beobachtung von Ballowitz (90. 2) in's Feld. Letzterer sah an Macerationspräparaten einen unregelmässigen Zerfall des Mittelstücks, wobei in der Axe ein dickerer fadenförmiger Theil erschien, der sich nur sehr blass färbte und wie ein Axenfaden aussah. Wenn Hermann nun aber annimmt, dass dieser Axenkörper das „Centrosom“ selbst repräsentirt, so ist letzteres ja auch dann nicht unverändert geblieben, sondern noch immer kolossal gewachsen; für die

1) Auch von der Einstülpung der Zelloberfläche, die bei der Wanderung der Centralkörper gegen das Zellinnere auftritt, erinnert sich Hermann nie etwas gesehen zu haben. In der That ist diese Einstülpung auch an meinen Präparaten nicht ganz leicht wahrzunehmen und überhaupt nur dann, wenn sie mit ihrer Längsaxe der Ebene des Objektisches parallel liegt. Jedoch ist sie mir bei Triton bereits von Benda (98, pag. 396) bestätigt, welcher sie sogar schon an frischen Zupfpräparaten in allen Umwandlungsstadien beobachten konnte.

Vermuthung aber, dass ein „Centrosom“ noch im Innern des Axenkörpers gelegen sei, bietet die Beobachtung von Ballowitz keinen Anhalt.

Schliesslich beruft sich Hermann auf die von ihm bei Selachiern geschilderten Verhältnisse und sagt, dass auch diese darauf schliessen lassen, dass auch bei Salamandra das Mittelstück des Samenfadens aus dem Centrosom und einer dasselbe umhüllenden, gewisse Farbstoffe aufnehmenden Mantelschichte bestehen dürfte. Die Entwicklungsvorgänge bei Selachiern sind nun aber von Hermann unrichtig dargestellt, wofür ich auf die hier pag. 373—374 referierten Arbeiten von Suzuki (98) und Benda (98) verweisen kann.

Noch schwerwiegender sind die Differenzen, welche bezüglich des ringförmigen Körpers zwischen Hermann und mir bestehen. Hermann leitet den Ring nicht, wie ich, von einem Centrakörper, sondern von einem Flemming'schen Zwischenkörperchen ab. Er schliesst sich damit einer zuerst von Benda (93) ausgesprochenen Annahme an, welche aber von diesem selbst heute nicht mehr aufrecht erhalten wird (vergl. 97, pag. 8). In der That ist diese Annahme unrichtig. Ich habe an einer ununterbrochenen Serie von Stadien die Herkunft des Ringes von dem distalen Centrakörper erwiesen. Dass mir eine Verwechselung mit einem Zwischenkörperchen passirt wäre, ist durch folgende Umstände ausgeschlossen. In den ersten Stadien nach Ablauf der zweiten Reifungstheilung sind beide Centrakörper und das Zwischenkörperchen gleichzeitig nachweisbar. Von dem distalen Centrakörper wächst gleich nach Ablauf der letzten Reifungstheilung, häufig bei noch vorhandenem Zwischenkörperchen, der junge Axenfaden aus. Durch diesen Umstand und dadurch, dass der distale Centrakörper an der Spitze der sich bildenden Einstülpung der Zelloberfläche zu liegen kommt, ist er auf das deutlichste gekennzeichnet und kann man mit Bestimmtheit feststellen, dass er es ist, welcher sich in den Ring umformt. Hermann geht bei seiner Muthmaasung, nach welcher der ringförmige Körper von einem Zwischenkörperchen abstammen soll, von einer Beobachtung aus, die durchaus zutreffend ist, dass nämlich das Zwischenkörperchen zuweilen ringförmig sein kann. Die Annahme aber, dass es sich theilt und die Theilstücke in

die beiden Tochterzellen aufgenommen werden, ist rein hypothetisch; Belege lassen sich dafür nicht beibringen.

Ebenso wenig wie in Bezug auf die Herkunft stimme ich mit Hermann hinsichtlich des weiteren Verhaltens des Ringes überein.

Hermann beschreibt, wie auch ich, dass der Ring zunächst pessarförmig wird, behauptet dann aber weiter, dass wir von einer gewissen Epoche an zwei getrennte den Axenfaden umzirkende, hinter einander stehende Ringe vor uns haben. Demgegenüber habe ich gezeigt, dass durch Theilung des Ringes zwei auf entgegengesetzten Seiten des Axenfadens gelegene Ringspangen entstehen, deren Enden dem Axenfaden angelagert sind.

Der hintere Ring, heisst es weiter bei Hermann, schiebt sich caudalwärts gegen die Zellgrenze des Spermatidenleibes vor und „stellt sich dort ein“. Letzteres ist insofern unrichtig, als der Ring von vornherein an der hinteren Grenze der Zellsubstanz gelegen ist.

Zwischen den beiden auseinanderweichenden Ringen spinnt sich nach Hermann eine zarte Substanzmenge aus, welche als zarte Scheide den Anfangstheil des Schwanzfadens umgiebt. Das Vorhandensein einer solchen Scheide ist nun aber direkt ausgeschlossen dadurch, dass die Ringhälften auf entgegengesetzten Seiten des Axenfadens liegen.

Hermann beschreibt dann, dass der Schwanzfaden eine weitere cytoplasmatische Scheide erhält, indem sich die Zellsubstanz der Spermatide mehr und mehr über ihn herüberzieht. Jedoch steckt der Schwanzfaden nur auf kurze Zeit axial in ihr; schon bald nimmt er, namentlich in seinen distalen Abschnitten, eine rein randständige Stellung ein, sodass die Protoplasmascheide lediglich als fester Saum sich in die Concavität des gebogen verlaufenden Schwanzfadens einlagert. Ich habe demgegenüber nachgewiesen, dass die von der Zellsubstanz gebildete Mantelschicht den Axenfaden von vornherein nur einseitig umhüllt¹⁾;

1) Aus diesem Grunde kann auch die Angabe von Benda (98) nicht richtig sein, dass sich bei Triton in der Mantelsubstanz eine äusserst dicht gewundene, sehr feinfädige Spirale entwickelt, „die fast die ganze Länge des Axenfadens umgiebt“; jedenfalls kann es sich nicht um eine den Axenfaden rings „umgebende“ Spirale handeln.

sie ist angeheftet auf den Kämme, die die Furche auf der dorsalen Seite des Axenfadens beiderseits begrenzen.

Ueber die definitiven Schicksale der beiden Ringhälften enthält die Hermann'sche Arbeit keine Angaben.

Nach Obigem ist es mir unverständlich, wie Hermann sagen kann: „In Bezug auf die Theilungserscheinungen, die sich an der Ringbildung abspielen, sowie über die Beziehungen dieser Theilhälften zur Bildung einer protoplasmatischen Mantelschicht um den Axenfaden stimmen meine oben beschriebenen Beobachtungen mit Ausnahme mehr oder minder untergeordneter Dinge mit denen Meves' überein“. Unsere beiderseitigen Beschreibungen differiren so ziemlich in allen Punkten.

Ebenso wie Hermann vertritt auch Bertacchini (98) die Ansicht, dass das Zwischenkörperchen Flemming's bei der Histogenese der Samenfäden eine Rolle spielt. Jedoch leitet er nicht den ringförmigen Körper, sondern das von mir als Abkömmling des vordern Centralkörpers beschriebene Gebilde, die „Mittelstücksanlage“ Hermann's, von dem Zwischenkörperchen ab.

Der ringförmige Körper dagegen bildet sich nach Bertacchini aus zwei Theilen, erstens aus einer achromatischen Substanz, welche von den Resten der Centralspindel und der Polstrahlung abstammt und zweitens aus zwei kleinen färbbaren Körnchen, den Centralkörperchen, welche sich in der achromatischen Substanz vertheilen und sich schliesslich ganz in ihr auflösen. Das ganze Gebilde hat dann eine starke Affinität für Färbungsmittel angenommen. Es formt sich zunächst in eine Scheibe, später in einen Ring um.

Ich kann gegenüber dieser Darstellung ebenfalls nur versichern, dass sie nach meinen Beobachtungen unzutreffend ist; übrigens vermögen auch die Abbildungen Bertacchini's für keine seiner Behauptungen als Stütze zu dienen.

Nachdem der Ring Pessarform angenommen hat, beginnt nach Bertacchini der umgekehrte Process wie derjenige, welcher der Entstehung des Ringes vorherging. Im Ring differenzirt sich wieder eine achromatische Substanz von einer chromatophilen, welche in Form kleiner Körner auftritt. Letztere sammelt sich immer mehr an demjenigen Ende des Ringes, welches an das hintere Ende des Mittelstücks angeheftet ist. Ein Theil

von ihr ist schliesslich noch unterscheidbar als ein Paar kleiner Körnchen am Beginn des Randfadens der undulirenden Membran. Bertacchini meint, dass in diesen beiden Körnern die Centrankörper der Spermatide wiedererscheinen.

Auf spätern Stadien der Entwicklung verschwinden die Körner; dagegen hat Bertacchini auf diesen Stadien einen centralen Körper im Innern des Mittelstücks zu färben vermocht, welchen er dem von Ballowitz beschriebenen Axenkörper vergleicht. Dieser Innenkörper soll die Centrankörper darstellen, welche demnach ins Innere des Mittelstücks eingedrungen sind.

Zu diesen letzten Angaben Bertacchini's erlaube ich mir folgendes zu bemerken. Was zunächst die Sonderung des Ringes in zwei Substanzen anlangt, eine achromatische und eine chromatophile, welche letztere in Form von Körnern auftritt, so ist dieselbe meiner Meinung nach durch eine zu starke Extraktion des Farbstoffes vorgetäuscht. Dagegen ist es richtig, dass in spätern Stadien der Entwicklung am Beginn des Randfadens bei einer gewissen Einstellung (auf die Medianebene der Samenzelle) zwei kleine Punkte zu sehen sind. Eine Abbildung davon habe ich selbst in 97. 2, Fig. 41 gegeben; dieselbe scheint Bertacchini ebenso wie meine Deutung derselben unbekannt geblieben zu sein. Nach meiner Darstellung, an der ich durchaus festhalte, handelt es sich um die optischen Querschnitte zweier Ringspannen, welche durch eine Längsspaltung aus der dorsalen liegen gebliebenen Ringhälfte hervorgegangen sind; Genauerer darüber bitte ich in 97. 2 pag. 130 zu vergleichen.

b. Selachier.

Bei Selachiern findet Hermann (97) im Zelleib der Spermatiden ein kleines durch Halbierung der Centralspindel in den Anaphasen entstandenes Spindelchen, dessen einer Pol von einem „Centrosom“, der andere von der zu einem Kügelchen zusammengesinterten Hälfte des Zwischenkörperchens gebildet wird. Dieses Spindelchen stellt sich radiär zum Kern ein, und zwar so, dass das grössere der Polkörperchen, das halbirte Zwischenkörperchen, mit der Zellmembran verschmilzt. Der andere von dem Centrosom gebildete Spindelpol dagegen nähert sich immer mehr dem Kern und verschmilzt schliesslich mit ihm. Zwischen dem Centrosom und dem mittlerweile ringförmig gewordenen

Zwischenkörperchen spannt sich, entstanden aus der Spindel, die Anlage des Axenfadens aus, welcher letztere auch durch den Ring hindurch aus der Zelle heraus gewachsen ist. Das innerhalb der Zelle gelegene Stück des Axenfadens, welches den Ring mit dem Centrosom (Endknöpfchen) verbindet, ist die Anlage des Mittelstücks. Dieselbe besteht zunächst aus Fibrillenzügen, um welche sich erst im weiteren Verlauf der Ausreifung eine kortikale Mantelsubstanz bildet.

R a w i t z (98) hat dann behauptet, dass das Mittelstück des Samenfadens aus der „Attraktionssphäre“ der Spermatide entsteht.

Demgegenüber hat S u z u k i (98) in einer aus dem hiesigen Institut hervorgegangenen Arbeit festgestellt, dass das Mittelstück bei den Selachiern ebenso wie bei Salamandra der Hauptsache nach aus dem einen der beiden, auch hier in der Zweizahl vorhandenen Centralkörper hervorgeht. Auch in den Spermatiden der Selachier liegen unter der Zelloberfläche zwei Centralkörper, deren Verbindungslinie senkrecht zu dieser gerichtet ist. Der distale von ihnen formt sich alsbald wachsend zu einer Scheibe um, welche später, indem sie in der Mitte durchbricht, ringförmig wird. Der proximale Centralkörper dagegen beginnt in die Länge zu wachsen in der Richtung auf den Kern zu. Sein distales Ende verharret an Ort und Stelle bei dem distalen Centralkörper; das andere freie oder proximale Ende dagegen verbindet sich schliesslich mit dem Kern. Auch nach diesem Zeitpunkt schreitet das Längenwachsthum des aus dem proximalen Centralkörper entstandenen Stabes noch weiter fort. Dieser Stab ist es, welcher allein oder jedenfalls zum bei weitem grössten Theil das Mittelstück des reifen Samenfadens bildet. Ob auch der Ring, wie bei Salamandra, sich an der Bildung des Mittelstücks theilnimmt, darüber vermochte S u z u k i bisher keinen Aufschluss zu erhalten¹⁾.

Zu demselben Resultat, dass das Mittelstück bei Selachiern einem vordern Centralkörper entspricht, ist gleichzeitig auch B e n d a (98) auf Grund folgender Erwägungen gekommen: „H e r-

1) Ergebnisse, die mit denen Suzuki's in den Hauptpunkten übereinstimmen, haben v. Korff und ich auch bei einem Wirbellosen (*Helix pomatia*) erhalten. Vergl. darüber die gleichzeitig an die Redaktion dieses Archivs eingesandte Arbeit von v. Korff: Zur Histogenese der Spermien von *Helix pomatia*.

mann“, sagt er, „beschreibt, dass das Korn (so bezeichnet Benda den proximalen Centralkörper) von dem an der Zelloberfläche verbleibenden Ring sich entfernt, als Endknopf mit dem Axenfaden gegen den Kern wandert, und sich hierbei der Axenfaden durch Umlagerung eines Mantels zum Mittelstück verdickt. Hiergegen spricht erstens, dass in diesen ersten Stadien der Spermatidenmetamorphose in keiner Wirbelthierklasse Mantelbildungen auftreten, dass zweitens in keiner Wirbelthierklasse Korn und Ring so zeitig von einander entfernt werden und dass drittens mit allen entsprechenden Färbungen das Mittelstück durchaus homogen in der Farbe des angeblich centralen Axenfadens (Hermann's) sowie in der des angeblichen centrosomalen Endknopfes erscheint und sich an Dicke und Färbbarkeit von dem aus dem Ring hervorragenden Axenfaden völlig unterscheidet. Ich behaupte aus diesen Gründen auf das Entschiedenste, dass das gesammte stabförmige Mittelstück der Selachier dem mächtig ausgewachsenen vorderen Centralkörperchen entspricht.“

c. Säugethiere.

Hermann (89) hat die von ihm bei Salamandra beschriebenen sog. chromatischen Bestandtheile des Nebenkerns (Stäbchen und Ring, welche ich als Centralkörperabkömmlinge erkannt habe) auch bei der Maus gesucht und das Homologon beider in einem Kügelchen zu finden geglaubt, welches bei Doppelfärbung mit Safranin-Gentiana den Ton einer Mischfarbe zwischen beiden annahm. Von diesem Kügelchen beschreibt er, dass es den Endknopf des fertigen Samenfadens bildet.

Nun ist es aber für mich nicht im geringsten zweifelhaft, dass das von Hermann (89) z. B. in den Figg. 35 u. 36 gezeichnete Kügelchen nichts mit Centralkörpern zu thun hat, also auch dem Stäbchen und Ring bei Salamandra nicht homolog ist. Die Centralkörper sind stets doppelt und sehr klein, das von Hermann dargestellte Kügelchen dagegen ist einfach und selbst für eine Verklumpungsfigur beider Centralkörper verhältnissmässig viel zu gross; ausserdem sind die Centralkörper mit der von Hermann angewandten Methode in Spermatiden von Säugethieren nicht färbbar.

Ich würde es daher für überflüssig gehalten haben, auf diese alte Angabe Hermann's überhaupt noch einzugehen,

wenn Hermann nicht neuerdings (98) behauptete, dass es dies von ihm zuerst dargestellte Körperchen sei, welches v. Lenhossék (97. 1 und 2) als das Centrosomenpaar der Spermatide nachzuweisen vermocht habe. Davon kann meines Erachtens keine Rede sein.

Benda (91) hat eben dieses von Hermann in den Spermatiden gesehene Gebilde als „chromatoiden Nebenkörper“ bezeichnet. Die Centralkörper der Spermatide aber vor ihrer Anlagerung an den Kern haben ihm dabei ebenso wenig wie Hermann vorgelegen. Der frei neben dem Kern der Spermatide vorkommende Körper, welchen Hermann und Benda irrthümlicher Weise für ein Homologon von Stäbchen und Ring bei Salamandra angesehen haben, ist vielmehr höchst wahrscheinlich dasselbe Gebilde wie der später (pag. 393—394) noch näher zu charakterisirende chromatische oder chromatoiden Nebenkörper Moore's, Niessing's und v. Lenhossék's; ein besonders bei Ratte und Maus leicht wahrnehmbares Gebilde, von dem man sonst annehmen müsste, dass es Hermann und Benda vollständig entgangen wäre¹⁾.

1) Hermann sagt 98, pag. 313: „Ich kann nicht umhin, sowohl Meves wie v. Lenhossék gegenüber zu betonen, dass ich in Bezug auf die Entdeckung der Beziehungen von Centrosom und Endknöpfchen des Axenfadens die Priorität doch für mich beanspruchen möchte, insofern als ich schon im Jahre 1892 das Endknöpfchen direkt als das Centrosom des Samenfadens bezeichnete. Ich darf dabei versichern, dass ich diese Ansicht nicht als blosse Vermuthung äusserte, sondern auf Grund bestimmter Beobachtungen aussprach.“

Hierzu möchte ich folgendes bemerken. Es ist richtig, dass Hermann 93, pag. 227 (nicht 92, wie er irrthümlich angiebt) das Endknöpfchen direkt als Centrosom bezeichnet hat. Dem lagen aber als ausschlaggebend nicht eigene Beobachtungen von Hermann, sondern solche von Fick (92) zu Grunde. Fick hatte (92) konstatiert, dass das Mittelstück des reifen Samenfadens des Axolotls sich mit Eisenhämatoxylin schwarz färbt, und weiter, dass sich im Ei eine Attraktions-sphäre aus ihm entwickelt. Fick hatte daraus bereits selbst gefolgert, „dass, wenn überhaupt im Spermatozoon eine Sphäre mit Centralkörpern vorgebildet ist, wir diese im Verbindungsstück (Mittelstück) zu suchen haben.“ Hermann schliesst sich ihm (93, pag. 227) an, indem er erklärt: „Die Untersuchungen Fick's vermochten darzuthun, dass der fragliche Abschnitt des Samenfadens das Centrosom in sich birgt.“ Hermann hat sich also zuerst offenbar auf Grund der Fick'schen Beob-

Dagegen bin ich der Meinung, dass Benda schon 91 auf spätern Entwicklungsstadien die (von ihm allerdings als solche nicht erkannten) Centralkörperabkömmlinge gesehen hat. Noch deutlicher geht dies hervor aus seiner Mittheilung aus dem Jahre 97, die veröffentlicht wurde, nachdem zuerst meine und dann v. Lenhossék's vorläufige Mittheilung bereits erschienen waren. Jedoch vermochte Benda auch damals (97) den „Nebenkörper“ noch nicht von den Centralkörpern abzuleiten, wollte aber „zugeben“, dass nach dem tinktoriellen Verhalten die Verwandtschaft mit „Centrosomen“ einleuchte. Hermann befindet sich also im Irrthum, wenn er angiebt (98, pag. 314), dass der chromatoide Nebenkörper sich für Benda 97 als „Centrosom“ erwiesen habe.

achtung die noch heute von ihm vertretene Vorstellung gebildet, nach welcher das sog. Mittelstück des Amphibiensamenfadens aus dem Centrosom und einer umhüllenden Mantelsubstanz bestehen soll; als letztere hat er damals wohl das „Archoplasma“ vermuthet.

Hermann folgert nun (93, pag. 224 b) weiter: „Da es möglich war, die Entstehung des sog. Mittelstückes bei den Salamandersowie des Endknöpfchens bei den Säugethierspermatozoen auf einen im wesentlichen gleichgebauten Nebenkörper im Zelleibe der Spermatide zurückzuführen, so dürfte einerseits wohl der Analogieschluss gerechtfertigt erscheinen, auch für die Säugethiere im Endknöpfchen das eigentlich befruchtende Element zu suchen und zweitens dürfte der Befund von Fick uns einen gewissen Konnex zwischen dem sog. Nebenkörper oder Nebenkern der Spermatiden und dem allen generativen Hodenzellen eigenen Archoplasma ahnen lassen.“ Weiterhin (pag. 227) spricht Hermann von dem Endknöpfchen als dem Centrosom des Samenfadens, dem die Rolle zuertheilt werden dürfe, den Anstoss zu den Theilungserscheinungen der Eizelle zu geben.

Ich habe nun aber oben gezeigt, dass der Nebenkörper, welchen Hermann in den Spermatiden der Maus aufgefunden hat, dem Stäbchen und Ring bei Salamandra überhaupt nicht homolog ist. Angenommen aber, dass Hermann die Homologie zwischen dem Mittelstück des Samenfadens bei Amphibien und dem Endknöpfchen bei Säugethieren durch seine Befunde erwiesen hätte, so hätte er logischer Weise das Endknöpfchen nicht direkt als Centrosom bezeichnen dürfen, sondern hätte es als Centrosom und Mantelsubstanz auffassen müssen (wie er es auch neuerdings (98, pag. 313) zu thun scheint).

Hermann ist demnach zu dem Resultat, dass das Endknöpfchen das Centrosom des Samenfadens sei, auf Grund einer falschen Voraussetzung und Schlussfolgerung gelangt.

v. Lenhossék (97. 1 u. 2) und unabhängig von ihm ich selbst (schon in 97. 2, vergl. auch 97. 3) sind die ersten, welche Centralkörper in den Spermatiden von Säugethieren (Ratte) aufgefunden haben. Sie liegen hier, ebenso wie bei Salamandra (Meves, zuerst in 97. 1), unmittelbar unter der Zelloberfläche. v. Lenhossék beschreibt, dass sie bei der Ratte auf den Kern zu wandern und sich mit ihm verbinden. Nach v. Lenhossék bleiben sie dabei, abgesehen von einer geringen Vergrößerung, ganz unverändert. Am reifen Samenfaden sollen sie das von Jensen beschriebene Endknöpfchen bilden, welches sich aus einem grössern und einem kleinern Körnchen zusammensetzt.

Gegen diese Darstellung habe ich in einem auf der Kieler Anatomenversammlung gehaltenen Vortrag (über das Verhalten der Centralkörper bei der Histogenese der Samenfäden von Mensch und Ratte (98. 1)) folgenden Einspruch erhoben. Mit v. Lenhossék differire ich zunächst darin, dass nach meinen Beobachtungen bei der Ratte die Verbindung zwischen Centralkörpern und Kern in der Weise vor sich geht, dass der Kern gegen die Centralkörper hin einen Fortsatz aussendet, welcher sich mit seiner Spitze an diese anlöthet. In einem folgenden Stadium wird der Fortsatz wieder eingezogen, wobei er die Centralkörper mit sich nimmt.

Für die Ratte halte ich an dieser Beschreibung durchaus fest. Beim Meerschweinchen dagegen habe ich oben gleichfalls geschildert, dass die Centralkörper von der Zellperipherie auf den Kern zuwandern¹⁾; nachdem sie sich mit ihm verbunden haben, buchtet sich die Anlagerungsstelle etwas nach aussen vor (vergl. darüber oben pag. 346).

Dieser Differenzpunkt bezüglich der Art und Weise, wie die Centralkörper bei der Ratte mit dem Kern in Verbindung treten, ist jedoch nur nebensächlich. Vor allem stellte ich gegenüber v. Lenhossék fest, dass die Centralkörper nach ihrer Anlagerung an den Kern bei Mensch und Ratte erhebliche Veränderungen erleiden. Jedoch sind diese Umwandlungen nach meinen bisherigen Feststellungen hier sehr viel weniger kompliziert als beim Meerschweinchen.

1) Von einer Einstülpung der Zelloberfläche, wie ich sie bei Salamandra beschrieben habe, gelang es mir bei Säugethieren bisher nirgends etwas zu beobachten.

Für Mensch und Ratte beschrieb ich, dass der dem Kern zunächst liegende, proximale Centralkörper nach einer Seite hin in einer Richtung senkrecht zum Axenfaden zu einem Stäbchen in die Länge wächst (Fig. o; die beigegebenen Textfiguren n—q beziehen sich auf den Menschen). Das Stäbchen verbindet sich zuerst nur durch das in der Verlängerung des Axenfadens liegende Ende (Fig. o, p), später in grösserer Ausdehnung mit dem Kern (Fig. q).

Der hintere Centralkörper dagegen gestaltet sich zu einem stumpf kegelförmigen Gebilde um, dessen Spitze dem Samenfadenkopf zugekehrt ist (Fig. p); später findet sich an seiner Stelle ein kleines Knöpfchen oder wohl richtiger Stäbchen und dahinter ein Ring (Fig. q). Diese beiden Gebilde sind aus dem Kegel hervorgegangen, wahrscheinlich in der Weise, dass die dem Samenfadenkopf zugekehrte Spitze desselben abgesprengt wurde und die übrig bleibende basale Masse sich zu einem Ring umgestaltete. Der Axenfaden steht durch das Lumen des Ringes mit der abgesprengten Partie (dem Knöpfchen bez. Stäbchen) in Verbindung.

In einem folgenden Stadium wandert der Ring am Axenfaden entlang nach hinten, um sich an der Grenze zwischen Verbindungsstück und Hauptstück zu lokalisieren. Die übrigen Centralkörpertheile dagegen bleiben an Ort und Stelle liegen. Der Fortsatz, welcher sich von dem proximalen Centralkörper aus frei in die Zellsubstanz erstreckt, verschwindet. — Das Endknöpfchen Jensen's, welches nach v. Lenhossék die beiden Centralkörper der Spermatiden enthalten sollte, wird also thatsächlich nur von einem Theil des distalen Centralkörpers gebildet.

Beim Menschen hatte noch vor meinem Vortrag v. Bardeleben (98) in seinem „achten Beitrag zur Spermatologie“ über das Verhalten der Centrankörper beim Menschen Angaben gemacht, die ich damals zu kritisiren unterlassen habe.

In einem ersten Stadium findet v. Bardeleben die Centrankörper nahe dem Aussenrande der Zelle; in seiner Fig. I a liegen zwei schwarze Körner beide an der Zellwand und soweit auseinander, wie es Centrankörper niemals thun. Ich möchte daher bezweifeln, dass die beiden in dieser Figur dargestellten Körper überhaupt Centrankörper darstellen.

Im zweiten Stadium wandern sie nach dem Kern hin; das vordere erreicht die Kernmembran und soll sie einstülpen, wovon ich beim Menschen niemals etwas gesehen habe. Erst auf diesem zweiten Stadium wächst nach v. Bardeleben von dem hintern Centrankörper der Axenfaden aus.

Auf dem dritten Stadium vollziehen sich nach v. Bardeleben folgende Umwandlungen. Der vordere, der Kernmembran anliegende Centrankörper theilt sich zunächst in zwei, später in mehrere Körnchen; diese Körnchen gruppiren sich in einiger Entfernung von der Kernmembran zu einem Ring zusammen, dessen Ebene senkrecht zum Axenfaden steht. Der ursprünglich hintere Centrankörper wird dann zum vordern, indem beide Centrankörper ihre Stellung vertauschen; er bildet den Endknopf des Axenfadens und entschwindet mit dem eingestülpten Theile der Kernmembran den Blicken, indem er von dem Chromatin des Kopfes verdeckt wird. — Diese Darstellung muss ich nach meinen Beobachtungen für durchaus unzutreffend erklären.

Auf dem vierten Stadium taucht nun in v. Bardeleben's Beschreibung ein weiteres „Centrosom“ auf, von dem mir nicht klar geworden ist, ob und wie es mit den beiden ersten zusammenhängt. Dieses weitere „Centrosom“ wird als hinteres bezeichnet und als ringähnliches Gebilde beschrieben, welches aber von Anfang an kompakter ist als der deutlich ein Lumen umschliessende vordere Ring. Nach v. Bardeleben „scheint es mehr ein Knäuel vielleicht feinsten Fäden zu sein und erinnert an eine Citrone, eine Spule, eine bipolare Ganglienzelle“. Aus diesem Gebilde geht der v. Bardeleben sog. hintere Ring hervor, welcher die hintere Grenze des Verbindungsstücks bezeichnet.

Das Gebilde, welches v. Bardeleben bei dieser Schilde-

rung offenbar im Auge hat, ist die spindelförmige Auftreibung der Axenfadenhülle im Bereich des Verbindungsstücks. Der Inhalt dieser Auftreibung ist beim Menschen mit Eisenhämatoxylin dunkel färbbar; sie hat aber mit einem Centralkörper nicht das geringste zu thun; auch geht die sog. Schlusscheibe des Verbindungsstücks nicht aus ihr hervor.

d. Aufgabe der Centralkörper am Samenfaden;
Beziehungen derselben zu den Polkörperchen der ersten
Furchungsspindel.

Nach dem oben Geschilderten ist es eine jedenfalls bei vielen Thieren verbreitete Erscheinung, dass die Centralkörper, indem sie sich am Aufbau der Samenfäden betheiligen, mehr oder minder stark heranwachsen und complicirte Formveränderungen und Zerlegungen, an einem Theil auch Verlagerungen erleiden. Und zwar ergiebt sich in denjenigen Fällen, in denen der Process bis an's Ende verfolgt ist (Salamander, Mensch, Ratte, Meerschweinchen), bei einer im Uebrigen grossen Verschiedenheit eine principielle Uebereinstimmung darin, dass der proximale Centralkörper und ein Theil des distalen unmittelbar hinter dem Kopf zu liegen kommen, während ein anderer Theil des distalen Centralkörpers in Form eines Halbringes oder Ringes nach hinten verlagert wird.

Der Sinn dieser Vorgänge ist noch in den meisten Beziehungen dunkel. Offenbar haben die Centralkörper in der Spermatide ihre Rolle als Theilungsorgane ausgespielt. Die sich entwickelnde Spermie kümmert sich auch anscheinend nicht darum, woher sie die Polkörperchen für die erste Furchungsspindel nehmen soll, sondern stellt ihre Centralkörper für anderweitige Verwendung zur Verfügung.

Ueber die Art und Weise dieser Verwendung glaube ich Folgendes aussagen zu können.

Die liegen bleibenden Centralkörpertheile dienen dem Schwanz, durch dessen Contraktilität der Samenfaden bewegt wird, als Ursprung und vermitteln seine Verbindung mit dem Kopf. Es scheint mir nahe zu liegen, ihre Aufgabe am Samenfaden mit derjenigen zu vergleichen, welcher die Centralkörper bei der Mitose vorzukommen haben. Auch die Polkörperchen dienen wenigstens nach meiner Vorstellung lediglich als Angriffs-

punkte für die Fäden des Zelleibes. Durch die Thätigkeit dieser Fäden werden die Centralkörper und die mit ihnen (indirekt durch die Halbspindelfasern) verknüpften Chromosomen verlagert. Ebenso wird durch die Thätigkeit des Schwanzfadens der Samenfadenskopf, der durch Vermittlung von Centralkörpertheilen mit ihm verbunden ist, vorwärts getrieben. In beiden Fällen, am Samenfaden sowohl als auch bei der Zelltheilung, spielen die Centralkörper also dieselbe Rolle, indem sie einmal als Angriffspunkte für die „motorischen Fibrillen“ und zweitens als Anheftungspunkte für die Kerntheile (Spermienkopf bezw. Chromosomen) dienen, welche fortbewegt werden sollen.

Der vordere Centralkörper, welcher bei Salamandra, noch mehr aber bei Selachiern, ein starkes Wachsthum besonders in der Längsrichtung des Samenfadens erfährt, trägt dadurch zu einer Verlängerung des vordern unbeweglichen Theiles der Spermie bei. Jedoch wird die Bedeutung seines Wachstums damit sicher noch nicht erschöpft sein.

Was den dislocirten Theil des hintern Centralkörpers anlangt, so scheint er als eine Art von Bindemittel zu fungiren, indem er die Verbindung zwischen dem Schwanzfaden und dem hintern Ende der cytoplasmatischen Hülle vermittelt, welche den Schwanzfaden auf eine kleinere oder grössere Strecke weit umgiebt.

Nach dem Gesagten möchte ich glauben, dass die Veränderungen der Centralkörper mehr oder weniger mit der Fadenform der Spermien bei den untersuchten Thieren zusammenhängen. Es wird daher von Interesse sein, bei Thieren, deren Samenkörper diese Form nicht haben (Ascaris, Krebse), dem Verhalten der Centralkörper bei der Histogenese der Spermien nachzuforschen.

Mehrere Autoren (Hermann (97), v. Lenhossék (98) u. a.) sehen die Aufgabe der Centralkörper am Samenfaden darin, dass sie für die Bewegungen desselben „Impulse“ geben. v. Lenhossék (98) citirt einen Satz von Benda (90 pag. 33): „Ich stehe nicht ab davon, nach einem Motor zu suchen, der in der Gegend des Verbindungsstücks peripherisch einwirkend die pendelnden, vibrirenden und rotirenden Bewegungen der Geissel am

einfachsten hervorrufen würde“¹⁾. „Dieser Motor“, meint v. L e n - h o s s é k (98), „ist nun gefunden; er wird durch die Centralkörper dargestellt.

Ich habe mich bemüht, über die Frage, ob von den Centralkörpern Impulse ausgehen, Aufschluss zu bekommen, indem ich lebende Samenfäden zerschnitt und untersuchte, ob die von den Centralkörpern abgetrennten Schwanztheile noch Bewegungen zeigten. Ich verfuhr dabei in der Weise, dass ich Sperma aus dem Nebenhoden oder vas deferens in ein kleines Tröpfchen physiologischer Kochsalzlösung auf den Objektträger brachte, ein scharfes Scalpell mit gebogener Schneide aufsetzte und damit wiegende Bewegungen ausführte. Es gelingt auf diese Weise leicht, eine Anzahl Samenfäden in Stücke zu zerschneiden.

Bei Samenfäden von Säugethieren (Maus) vermochte ich nun bei keinem meiner allerdings nicht sehr zahlreichen Versuche Bewegungen der abgetrennten Schwanztheile wahrzunehmen. Natürlich ist dies kein Beweis dafür, dass die Centralkörper tatsächlich „dynamische Bedeutung“ haben. Vielmehr kann der durch das Durchschneiden bewirkte Eingriff zu stark sein, so dass in Folge dessen die Bewegung sistirt.

Mit mehr Erfolg habe ich an Samenfäden des Salamanders experimentirt. Bei diesen ist die Geißel selbst unbeweglich, trägt aber an der einen Seite einen mit einem Randfaden versehenen Flossensaum, welcher von vorn nach hinten fortschreitende, undulirende Bewegung zeigt. Die Bewegung wird durch Kontraktionen des Randfadens bewirkt, welcher letztere dem Axenfaden der Säugethierspermien homolog ist (Ballowitz 90. 1).

Wenn man nun Samenfäden von Salamandra hinter dem Mittelstück durchschnitten hat, so sieht man, dass die undulirende Membran des hintern Theilstücks ihre Bewegung unverändert beibehält; dieselbe schreitet von der Durchschneidungsstelle nach hinten fort und sistirt häufig nicht eher, als wie die Bewegung im Präparat überhaupt sistirt. Daraus geht hervor, dass das sog. Mittelstück des Salamandersamenfadens, welches sich, wie wir gesehen haben, aus dem proximalen stark herangewachsenen Centralkörper und der Hälfte des distalen zusammensetzt, für das Zustandekommen der Bewegungen ohne Bedeutung ist.

1) Benda hat, als er diesen Satz schrieb, augenscheinlich an die Spirale des Verbindungsstückes gedacht.

Jedoch könnte man, um die Hypothese von der angeblichen „dynamischen Bedeutung“ der Centralkörper aufrecht zu erhalten, gegen die Beweiskraft dieses Versuches noch einen Einwand erheben; dass nämlich den hinter dem Mittelstück abgetrennten hintern Hälften der Samenfäden noch ein Centralkörperteil, die dislocirte Ringhälfte an der Grenze zwischen Hauptstück und Endstück, ansitzt, von welcher möglicher Weise Impulse ausgehen könnten. Dieser Einwand wird nun aber dadurch hinfällig, dass es mir wiederholt gelungen ist, das sog. Endstück des Salamandersamenfadens mehr oder weniger weit hinter seinem Anfang abzuschneiden, ohne dass auch der Flossensaum dieses Abschnittes seine Bewegung eingebüsst hätte¹⁾.

Auf Grund dieser Versuche muss ich demnach eine dynamische Bedeutung der Centralkörper entschieden in Abrede nehmen und mich auf den Standpunkt stellen, den Ballowitz schon 90 auf der dritten Versammlung der anatomischen Gesellschaft vertreten hat, dass der Impuls zur Bewegung ebenso wie die Bewegung selbst den fibrillären Theilen der Geissel (Axenfaden bez. Randfaden) inne wohnt. Dass die Centralkörper auch bei der Mitose nicht als „dynamische Centren“ aufgefasst werden dürfen, glaube ich schon früher (97. 4) an der Hand der um die Spindelpole auftretenden Fädenanordnung nachgewiesen zu haben.

Schliesslich ist noch die Frage zu erörtern, was aus dem eben beschriebenen Verhalten der Centralkörper für den Befruchtungsvorgang zu entnehmen ist.

Nach der Ansicht von Boveri, dem sich zahlreiche andere Forscher angeschlossen haben, sind die Polkörperchen der

1) Nachdem ich obige Zeilen bereits niedergeschrieben hatte, erschien im Anatomischen Anzeiger (Bd. 15. 1899) eine Abhandlung von K. Peter: Das Centrum für die Flimmer- und Geisselbewegung. Peter hat gleichfalls Samenfäden (von Rana und Salamandra) zertheilt, dabei aber gefunden, dass nur solche Theile sich bewegen, welche mit dem Mittelstück in Zusammenhang stehen. Dieses, dem meinigen entgegengesetzte Resultat erklärt sich wohl durch die Art und Weise, wie Peter seine Versuche angestellt hat. Peter hat nämlich das Sperma durch Druck auf das Deckglas zerstückelt. Dass die auf diese Weise isolirten, der ganzen Länge nach gequetschten Schwanztheile Bewegungen vermissen lassen, kann meines Erachtens nicht Wunder nehmen.

ersten Furchungsspindel ausschliesslich von einem „Centrosom“ abzuleiten, welches mit der Spermie eingeführt wird und als ein winzig kleines, bei Färbung mit Eisenhämatoxylin intensiv schwarzes Körnchen im Centrum der Spermastrahlung gelegen ist. Auf Grund der oben geschilderten Beobachtungen über das Verhalten der Centrankörper bei der Histogenese der Spermien kann man nun mit Bestimmtheit behaupten, dass dieses Körnchen mit dem Centrankörperpaar der Spermatide nicht identisch ist. Dagegen ist anzunehmen, dass es sich seiner Substanz nach von ihm herleitet. Und zwar wird es von einem derjenigen Centrankörpertheile abstammen, welche bei der Entwicklung hinter dem Kopf der Spermie liegen bleiben. Denn wir wissen, dass das Centrum der im Ei auftretenden Strahlung direkt hinter dem Kopf der eindringenden Spermie seine Lage hat. Dagegen erscheint es ausgeschlossen, dass der aus einem Theil des distalen Centrankörpers hervorgegangene Halbring bez. Ring, welcher nach hinten dislocirt wird, bei der Genese des im Centrum der Spermastrahlung gelegenen Gebildes eine Rolle spielt.

Nach einer andern Ansicht, die zuerst von Fol geäußert wurde, stammen die Polkörperchen der ersten Furchungsspindel nicht ausschliesslich vom Samenfaden ab, sondern es kommt eine Verschmelzung eines „Spermocentrums“ und eines „Ovocentrums“ oder vielmehr deren Theilhälften zu Stande; die Polkörperchen der Furchungsspindel sollen sich, wie Fol meint, aus gleichwerthigen Stücken von Vater und Mutter her kombiniren. Nun stellt aber, wie gesagt, das im Centrum der Spermastrahlung gelegene Körnchen (Spermocentrum) seiner Substanz nach sicher nur einen Bruchtheil von dem Centrankörperpaar der Spermatide dar. Wenn daher von einer Gleichwerthigkeit von Spermio- und Ovocentrum die Rede sein soll, so würde auch nur ein Bruchtheil der Centrankörpersubstanz, welche nach der letzten Richtungskörpertheilung im Ei zurückbleibt, als Ovocentrum an der Konstituierung der Polkörperchen der ersten Furchungsspindel sich betheiligen dürfen.

3) Schwanzfaden.

Die Frage nach der Entstehung des Schwanzfadens ist lange Gegenstand einer Kontroverse gewesen. v. Kölliker (56), Brissaud (80), Biondi (85), Benda (87) (bis vor kurzem

(98)), Fürst (87), G. Niessing (89) und andere, neuerdings noch C. Niessing (96), gaben an, dass der Schwanzfaden aus dem hintern Theil des Kerns auf Kosten desselben auswächst. Dagegen liessen Henle (54), v. la Valette St. George (65), Merkel (74), Sertoli (75), Jensen (83) u. a. den Schwanz aus dem Cytoplasma hervorsprossen. Diese letztere Angabe ist die richtigere und nur auf Grund der neueren Befunde (Meves (97.1, 97.2 und 97.3), v. Lenhossék (97.1 und 97.2), Benda (98), Suzuki (98)) dahin zu ergänzen, dass am Ursprungspunkt des Schwanzfadens aus der Zellsubstanz die Centrialkörper gelegen sind, welche später die Verbindung mit dem Kern vermitteln.

v. Brunn (84, pag. 119—120) konstatirte, dass der Schwanzfaden schon sehr früh seine definitive Länge erreicht. Er entdeckte, dass die Schwänze an den Rundzellen, welche die sog. Merkel'sche Kernveränderung zeigen, schon fast so lang sind wie die Schwänze der ausgebildeten Samenkörper, immer aber länger als das Hauptstück und Endstück des Schwanzes zusammengekommen. Eine weitere Beobachtung, nach welcher die Schwänze bei fast allen Zellen von Anfang an gleich lang sind, führte ihn zu der Ueberzeugung, dass sie nicht allmählich aus dem Zellkörper hervorsprossen, sondern sich im Innern der Zelle bilden und plötzlich aus ihr hervorschnellen; und fand er in der That, dass sie in dem peripherischen Theile des Protoplasmas spiralg aufgerollt liegen. „Wenn man Rundzellen untersucht, welche die Merkel'sche Kernveränderung zeigen, zuweilen auch bei solchen, deren Kerne noch gänzlich unverändert sind, so sieht man“, sagt er, „bei hoher Einstellung auf der Oberfläche der Zelle eine feine Linie, dieselbe geht beim Herabschrauben des Tubus jederseits in einen glänzenden, am Rande des grössten optischen Durchschnitts der Zelle gelegenen Punkt über, zugleich tritt das Bild des Kerns in das Gesichtsfeld. Wird abermals tiefer geschraubt, so verschwindet diese Zeichnung und die punktförmigen optischen Querschnitte der Faser gehen wieder in Längsansichten über; man kann sich so, besonders schön an frisch in Serum oder 0,5 proc. Osmiumsäure untersuchten Präparaten, von dem spiralgigen Verlauf der intracellulären Faser zweifellos überzeugen, auch die Verbindung des einen Endes mit dem Kern mittelst eines etwas dickeren glänzenden Pünktchens mitunter erkennen.“

Die Beobachtung, wie sie hier geschildert wird, ist der Hauptsache nach durchaus zutreffend; nur in einem kleinen Punkte ist die Darstellung irrtümlich, insofern als die Fäden niemals in den peripheren Theilen der Zellsubstanz, also intracellulär, verlaufen, jedoch häufig auf der Oberfläche der Spermatide gleichsam aufgewickelt sind. Dieses Verhalten hat sich wahrscheinlich auf folgende Weise herausgebildet.

Die Spermatiden liegen an der Kanalwand in mehreren (4—5) Lagen dicht zusammengedrängt über einander. Der von den Centrankörpern auswachsende Schwanzfaden kann nur bei den am weitesten nach innen gelegenen Zellen ohne Schwierigkeit den Weg in's Kanallumen finden. Bei den Zellen der weiter nach aussen liegenden Schichten ist ihm dies sehr erschwert; z. Th. ist es ihm sogar unmöglich, weil der Weg in's Kanallumen völlig verlegt ist. In diesem Fall kann er also nicht aus dem die Spermatide umgebenden schmalen Spaltraum herausgelangen und muss sich, indem er in die Länge wächst, auf der Oberfläche der Spermatide gleichsam aufwickeln.

Hüllen des Verbindungsstücks. Die oben beschriebene spindelförmige Blase im Bereich des Verbindungsstücks, welche von mir als Auftreibung einer ersten den Axenfaden umgebenden Hülle angesehen wird, ist bisher noch nicht beschrieben worden. v. Bardeleben hat sie allerdings beim Menschen gesehen (98, Taf. XIX, Fig. 4, c, d, e, g), aber falsch gedeutet, indem er sie als ein „hinteres Centrosom“ ansprach. Dieser Irrthum wird dadurch verständlich, dass beim Menschen das Innere der Blase nicht hell, sondern von einer Substanz erfüllt ist, die an Präparaten aus Osmiumgemischen bräunlich erscheint und sich bei der Eisenhämatoxylinmethode (besonders intensiv nach Fixirung in Sublimat-Eisessig) schwarz färbt.

Von der Spiralhülle des Verbindungsstücks hat v. Brunn (84) zuerst gezeigt, dass sie aus Körnern entsteht, welche sich aus dem Cytoplasma auf den Axenfaden auflagern und der Quere nach mit einander verschmelzen. Diese Beobachtungen wurden kürzlich von Benda (97 und 98) bestätigt, welchem es gelang, die Körner durch eine besondere, noch nicht mitgetheilte Methode isolirt zu färben.

C. Niessing (96) und Benda (98) haben neuerdings die

Hypothese ausgesprochen, dass die Spiralhülle als das „motorische Organ der Spermie“ (Benda 98, pag. 398) aufzufassen sei. Diese Vermuthung wird meines Erachtens dadurch hinfällig, dass schon die jungen, eben ausgewachsenen Schwänze der Rundzellen Bewegung zeigen; wie schon Merkel (74, pag. 30) und Jensen (83, pag. 721—722) angegeben haben und ich selbst nach Beobachtungen an Säugethieren bestätigen kann.

Ueber die von mir beschriebene cytoplasmatische Hülle des Verbindungsstücks habe ich die mir bekannten Litteraturangaben schon oben pag. 339 beigebracht; mit Bezug auf den Abschnürungsvorgang der Zellsubstanz vergl. die Litteratur unten pag. 395 u. folg.

Hülle des Hauptstücks. Was schliesslich die Hülle des Hauptstücks anlangt, so habe ich gezeigt, dass sie als ein Produkt des Axenfadens, vielleicht als eine Ausscheidung desselben aufzufassen ist. Dem steht eine Angabe v. Brunn's (84, pag. 122) gegenüber, nach welcher nicht nur die Spiralhülle des Verbindungsstücks, sondern auch die Umhüllung des Hauptstücks durch Auflagerungen aus dem Cytoplasma der Zelle gebildet wird. In welcher Weise diese Auflagerungen entstehen, hat v. Brunn allerdings nicht erkennen können. Er vermuthet aber „nach Analogie mit dem Vorgang bei den Vögeln, dass die betreffenden Theile des Protoplasmas sich an dem Axenfaden nach dem Ende desselben hinunterziehen.“ Ich konstatire demgegenüber, dass die Zellsubstanz bei Säugethieren auf keinem Stadium der Entwicklung weiter als bis zum hintern Ende des Verbindungsstücks nach hinten reicht.

4) Idiozom (Sphäre).

Von der älteren Litteratur (la Valette St. George, Merkel, v. Brunn, Renson, Brown u. a.) über das Verhalten des Idiozoms oder der Sphäre bei der Histogenese der Säugethierspermien erlaube ich mir abzusehen, um mit Benda (91) zu beginnen, der dieses Verhalten zuerst in seinem Zusammenhang richtig dargestellt hat.

Nach Benda (91) tritt im Innern des Idiozoms oder des Archiplasmas, wie er es nennt, eine zartwandige Vacuole auf, die einen kornartigen, stark färbbaren Körper enthält. Der Archiplasmarest ist der Vacuole lunulaartig angelagert. Später trennt

er sich davon ab und geht schliesslich mit dem Zelleib der Spermatide zu Grunde. Die Vacuole dagegen stellt sich an den proximalen Pol der Spermatidenkernes und wandelt sich in die Kopfkappe, das Korn in den Spitzenknopf des Spermatozoons um.

Speziell beim Meerschweinchen liegen, wie schon Benda (91) und Ballowitz (91.2) feststellten, besondere Verhältnisse vor, insofern als hier die „Vacuole“ durch den Spitzenknopf oder Spitzenkörper vollständig ausgefüllt wird.

Die Entstehung der „Vacuole“ und des „färbbaren Kornes“ (Benda) ist dann von Moore (94) genauer untersucht worden. Moore beschreibt, dass bei der Ratte das Archoplasma der Spermatide sich zuerst mit kleinen hellen Bläschen (archoplasmic vesicles) anfüllt. Im Centrum jedes Bläschens tritt ein kleines dunkles Kügelchen (archosom) auf. Diese Bläschen verschmelzen nun unter einander und ebenso verschmelzen auch die Archosomen. Auf diese Weise entsteht ein einziges grosses Bläschen und ein einziges grosses Archosom.

Zu dieser Beschreibung möchte ich bemerken, dass nach meinen Beobachtungen beim Meerschweinchen die Bläschen jedenfalls nicht früher als die Körner (Archosomen) auftreten. Letztere vermochte ich ebenso wie C. Niessing sogar schon in den Idiozomen der Spermatocyten nachzuweisen, woselbst ich von umgebenden Bläschen, jedenfalls bei den Spermatocyten erster Generation (Fig. 2), nichts wahrnehmen konnte.

C. Niessing (96) hat die Körner, durch deren Vermehrung der Spitzenknopf entsteht, (beim Meerschweinchen) schon in den Sphären der Spermatocyten wahrgenommen. Sie sollen nach seiner Beschreibung hier (ebenso wie in den Spermatiden) ein Stratum an der Peripherie der Sphären bilden; gewöhnlich sollen bei den Spermatocyten zwischen diesem Stratum und der Sphärenmitte ¹⁾ noch ein oder zwei concentrisch angeordnete Körnerlagen existiren. Ich für meine Person habe wohl zuweilen bei Sper-

1) Im Centrum der Sphäre liegt bei Spermatocyten erster Generation ein grosses rundliches Gebilde, welches Niessing irrthümlich für eine Verklumpungsfigur der Centralkörper ansieht; von einer radiären Anordnung im Innern der Sphäre, wie sie Niessing beim Meerschweinchen beschreibt, habe ich hier ebenso wenig wie bei Salamandra und wie v. Lenhossék bei der Ratte etwas wahrnehmen können.

matocyten zweiter Generation und bei Spermatiden beobachtet, dass die Körner die Peripherie der Sphäre bevorzugen. Meistens fand ich sie jedoch mehr oder weniger regellos im Innern der Sphäre vertheilt (abgesehen davon, dass sie bei Spermatoeyten erster Generation die durch ein grosses, rundliches Gebilde eingenommene Mitte der Sphäre frei lassen); eine Anordnung der Körner in konzentrischen Straten ist mir jedenfalls niemals zu Gesicht gekommen.

C. Niessing beschreibt dann weiter richtig, dass die Körner der Spermatidensphäre sich durch Verschmelzung zu wenigen grössern und zuletzt zu einem einzigen grossen Korn vereinigen; irrthümlich dagegen sind seine schon von v. Lenhossék zurückgewiesenen Angaben über die Betheiligung der Centrankörper bei diesem Vorgang und über den radiären Bau der Spermatidensphäre.

Nachdem der Spitzenknopf gebildet ist, soll er sich nach Niessing durch einen fadenförmigen Fortsatz mit dem Kern verbinden und sich dann unter Verkürzung des Fortsatzes dem Kern anlagern. Ich konstatiere, dass ich von einem solchen Faden niemals etwas bemerkt habe, und möchte daher seine Existenz in Abrede nehmen.

Die oben geschilderte Sonderung des Spitzenknopfs in zwei Zonen findet sich schon bei Niessing beschrieben. Jedoch lässt er dieselbe irrthümlicher Weise erst vor sich gehen, nachdem der Spitzenknopf sich mit dem Kern vereinigt hat, während er andererseits annimmt, dass die Scheidung sich weit über das Stadium meiner Fig. 16 hinaus erhält. Dass die Vorgänge sich in der Weise abspielen, wie ich es oben geschildert habe, davon überzeugt man sich am sichersten an ungefärbten Schnitten von Hodenstücken, die in einem Osmiumgemisch fixirt sind. An solchen ungefärbten Präparaten kann man die beiden Substanzen des Spitzenknopfs, so lange sie, vom Stadium der Fig. 9 bis zu dem der Fig. 16, vorhanden sind, deutlich unterscheiden und ist man sicher, nicht einer Täuschung durch Färbung zum Opfer zu fallen.

V. Lenhossék (97. 2) bestreitet gegenüber Moore und Niessing, dass der Spitzenknopf sich durch Verschmelzung schon vorhandener Körnchen bildet. Nach seinen Befunden taucht der Spitzenknopf (Acrosom, v. Lenhossék) in der Mitte der

bis dahin ganz homogenen Sphäre „plötzlich wie durch einen Schöpfungsakt“ als ein anfangs ganz minimales Korn auf und erreicht dann durch selbstständiges Wachsthum und nicht durch Verschmelzung mit andern Körnchen allmählich sein späteres Volumen. Ich bin entschieden der Ansicht, dass v. Lenhossék sich hier im Irrthum befindet; die Körnchen, welche später dem Spitzenknopf Entstehung geben, lassen sich, wenigstens beim Meer-schweinchen, schon in den Idiozomen der Spermatocyten erster Generation nachweisen.

Die Scheidung des Spitzenknopfs in zwei Substanzen findet sich bei v. Lenhossék (97. 2) in Fig. 35 dargestellt. v. Lenhossék meint, dass der Erscheinung vielleicht eine Verschiedenheit in der Konsistenz der centralen und peripheren Partien des Gebildes zu Grunde liegt.

5) Schwanzmanschette.

Für dasjenige Gebilde, welches ich mit einer Benennung, die sich schon bei v. Lenhossék (97. 2) findet, als Schwanzmanschette bezeichnet habe, haben die meisten Autoren früher den Namen Schwanzblase oder Schwanzkappe in Anwendung gebracht, auf Grund der Auffassung, die sie sich von der Entstehung dieses Rohres gebildet haben.

Letztere geht nach v. Kolliker (67) in der Weise vor sich, dass „der sich entwickelnde Kern erst an einem Pol in eine zarte Röhre auswächst und dann am Ende derselben eine Oeffnung erhält“, durch welche der Schwanzfaden hervorsprosst. Klein (80) spricht von einem hellen Säckchen, welches sich am hintern Pol des Kerns zwischen ihm und dem Zellkörper einschaltet und sich später in einen Schlauch umwandelt. Biondi (85) und Benda (87) geben an, dass am hintern Kernpol eine Hervorwölbung der Kernmembran entsteht, „die (Benda) bei einigen Species so besonders resistent sein mag, dass sie von dem hervorwachsenden Schwanz als lange Scheide herausgetrieben wird, ehe sie gesprengt wird und den Schwanz freigibt.“ In gleicher oder ähnlicher Weise lassen G. Niessing (88), Hermann (89) und noch neuerdings C. Niessing (96) die „Schwanzblase“ entstehen.

Es kann nun aber nach meinen Beobachtungen keinem Zweifel unterliegen, dass diese Darstellungen sämmtlich unzu-

treffend sind, insofern als erstens das in Rede stehende Gebilde auf keinem Stadium seiner Entwicklung eine Blase, sondern stets einen hinten offenen Schlauch darstellt und zweitens nicht aus dem Kern bez. der Kernmembran entsteht, sondern eine cytoplasmatische Herkunft hat.

Eine richtige Erkenntniss dieses Sachverhalts findet sich bereits bei Renson (82), welcher die Entstehung der hyalinen Röhre folgendermaassen beschreibt: *La portion de protoplasma qui se trouve en contact avec le segment postérieur du noyau devient plus claire que les portions voisines et se différencie pour constituer une sorte de tube hyalin dans lequel le segment postérieur du noyau vient en quelque sorte s'emmancher: le noyau n'est plus désormais en rapport avec la masse du protoplasma que par l'intermédiaire de ce tube clair, dans l'axe duquel on aperçoit le filament caudal et son insertion nucléaire.*

Im Jahre 97 hat dann v. Lenhossék (97. 2) gegenüber den abweichenden Angaben der oben citirten Autoren mit aller Bestimmtheit festgestellt, „dass diese Bildung wenigstens bei der Ratte niemals eine geschlossene Blase, sondern immer nur eine offene Röhre, einen Trichter bildet“. Auch die Ansicht, nach welcher die Schwanzmanschette durch Abhebung der Kernmembran entstehen soll, erklärt v. Lenhossék für vollkommen haltlos; eine derartige Entstehungsweise ist ausgeschlossen „erstens durch den Umstand, dass sich die Röhre von Anfang an durch einen scharfen Rand nach vorn gegen den Kern hin abgrenzt, zweitens dadurch, dass man am hintern Pol des Kerns niemals derartige Veränderungen wahrnehmen kann, die auf eine Ablösung der Kernmembran oder dergl. hinweisen würden.“

v. Lenhossék bringt die Entstehung dieser Bildung bei der Ratte in Zusammenhang mit einem hellen Hof, von welchem die Centralkörper in der Spermatide schon vor ihrer Anlagerung an den Kern umgeben sind. Dieser helle Hof tritt noch lebhafter hervor, nachdem die Verbindung der Centralkörper mit dem Kern hergestellt ist. Zu beiden Seiten dieser letzteren und des Anfangstheiles des von ihnen ausgehenden Axenfadens wird dann „die Grenze des hellen Hofes bezeichnend, zuerst kaum wahrnehmbar, dann stärker hervortretend“, je eine dunkle Linie sichtbar. Beide Linien sind nichts anderes als die Seitenkonturen eines hellen Schlauches, der am Kopf befestigt ist und dessen

Inneres von einer helleren homogenen Substanz — der Substanz des früheren „hellen Hofes“ — ausgefüllt ist. Die Membran, welche diesen Schlauch bildet, glaubt v. Lenhossék mit einer „Sphärenmembran“ in Parallele setzen zu dürfen, wie sie sich sonst wohl an der Grenze zwischen einer Sphäre und dem umgebenden Cytoplasma findet.

Mit dieser Darstellung kann ich mich nun aber nicht einverstanden erklären. Von dem Vorhandensein eines hellen Hofes um die Centalkörper vermochte ich mich (auch in Spermatiden der Ratte) überhaupt nicht zu überzeugen; jedenfalls muss ich in Abrede nehmen, dass dieser Hof bez. seine Abgrenzung gegen die umgebende Zellsubstanz mit der Entstehung der Schwanzmanschette in Zusammenhang zu bringen ist. Dieses Gebilde geht vielmehr in einer Weise, die ich oben (und schon früher (98. 2)) näher beschrieben habe, aus Fäden des Zellleibes hervor.

Ueber das definitive Schicksal der Schwanzmanschette finden sich in der Litteratur folgende Angaben.

v. K ö l l i k e r sagt in seinem Handbuch der Gewebelehre (67), dass der röhrenförmige „Anhang der Kernmembran später verloren geht.“ Ebenfalls B e n d a (87) erklärt, „dass es sich nicht um die Anlage eines persistenten Theiles des Spermatozoons handelt.“ „Die Schwanzkappe geht bei der Reife des Spermatozoons zu Grunde; ihre Reste scheinen höchstens in formlosen Anhängseln des jungen Spermatozoonschwanzes fortzudauern.“

Dagegen lassen eine grosse Anzahl von Autoren, zuerst, so viel ich finde, K l e i n (80), dann B i o n d i (85), G. N i e s s i n g (89), H e r m a n n (89) und noch neuerdings C. N i e s s i n g (96) und v. L e n h o s s é k (97. 2) die Schwanzmanschette nicht untergehen, sondern an der Bildung des Verbindungsstücks sich betheiligen.

Auf Grund meiner eigenen Beobachtungen kann ich nun aber auf das bestimmteste versichern, dass die Schwanzmanschette beim Meerschweinchen kurz von dem Zeitpunkt schwindet, wo der Ring beginnt am Schwanzfaden caudalwärts entlang zu wandern, und dass sie in keiner Form, auch nicht als „formloses Anhängsel“, am reifen Samenfaden persistirt. Residuen von ihr sind, wie ich oben (pag. 359) beschrieben habe, häufig noch in Gestalt dicker Fäden in den abgestossenen Cytoplasmaballen

nachweisbar; mit diesen zusammen werden sie in den Sertoli'schen Zellen rasch resorbirt¹⁾).

6) Chromatoider Nebenkörper.

Als chromatoiden Nebenkörper bezeichne ich ebenso wie C. Niessing (96) und v. Lenhossék (97. 2) ein auf verschiedene Weise intensiv färbbares Gebilde, welches neben dem Idiozom und seinen Abkömmlingen und den Centalkörpern in der Zelle vorhanden ist. Hermann (98) befindet sich demnach im Irrthum, wenn er glaubt, dass dieses Gebilde mit dem Idiozom oder seinem „farblosen Antheil des sog. Nebenkerns“, dem Archiplasma Benda's, identisch sei.

Der chromatoiden Nebenkörper, welcher übrigens schon in den Spermatoeyten vorkommt (Benda, Moore, C. Niessing, v. Lenhossék), ist in den Spermatiden von Ratte und Maus gross und ansehnlich, bei andern Thieren dagegen stark an Grösse reduziert (Moore). Bei Mensch und Stier vermochte Moore ihn überhaupt nicht nachzuweisen. Beim Meerschweinchen fand ich (vergl. oben, pag. 343) während der ersten Periode mehrere stark färbbare (nach Sublimatfixirung bei Anwendung der Ehrlich-Biondi'schen Dreifachfärbung leuchtend roth tingirte), unregelmässig gestaltete Körper, welche in ihrer Gesamtheit den chromatoiden Nebenkörper repräsentiren; über diese Periode hinaus sind sie beim Meerschweinchen nicht nachweisbar.

1) Anmerungsweise möchte ich schon an dieser Stelle einer Vermuthung Ausdruck geben, auf welche ich in einer folgenden Arbeit (Ueber Spermatogenese beim Menschen) zurückkommen werde: dass die von Lubarsch (Virchow's Archiv Bd. 145, 1896) beim Menschen als Charcot'sche Krystalle beschriebenen Gebilde möglicher Weise überhaupt keine Krystalle, sondern Schwanzmanschettentheile darstellen. Es hat mir den Anschein, als ob Schwanzmanschettentheile beim Menschen noch vor eintretender Abschnürung der Zellsubstanz, unmittelbar, nachdem die Schwanzmanschette aufgehört hat, als solche zu existiren, aus der sich entwickelnden Samenzelle heraus und in eine Sertoli'sche Zelle hineingelangen und in dieser dann längere Zeit persistiren. Jedenfalls kommen die von Lubarsch beschriebenen Gebilde nur in bestimmten Umwandlungsstadien der Spermatiden und in Sertoli'schen Zellen vor. — Die hier ausgesprochene Vermuthung möchte ich bitten bis auf Weiteres durchaus nur als solche anzusehen und zu behandeln.

Bei der Ratte dagegen erhält sich der chromatoide Nebenkörper länger und ist hier (C. Niessing) etwa zur Zeit des Auftretens der Schwanzmanschette gewöhnlich am hintern Kernpol zu finden. Er zerfällt später in zwei oder drei Kügelchen, welche oft noch durch Verbindungsbrücken mit einander zusammenhängen. Ueber das endgültige Schicksal der Kügelchen vermochte Niessing nichts auszumachen.

Was die Zusammensetzung des chromatoiden Nebenkörpers angeht, so sollte er sich nach Moore aus eliminiertem Kernchromatin bilden. v. Lenhossék (99.2) findet dagegen, dass das Gebilde weder aus Chromatin besteht, noch aus derselben Substanz wie die Nucleolen, wenn es auch in seinem färberischen Verhalten eine gewisse Annäherung an diese letzteren erkennen lässt. Ich selbst habe von Färbungen, welche geeignet sind, über die Natur des chromatoiden Nebenkörpers Aufschluss zu geben, nur (nach Sublimatfixirung) die Ehrlich-Biondi'sche Dreifachfärbung angewandt, bei der er sich ebenso wie die Nucleolen intensiv rot färbt; ich kann also jedenfalls Moore nicht beistimmen, dass es sich um eliminiertes Chromatin handelt.

7) Tingirbare Körner (v. Ebner).

Von den tingirbaren Körnern beschreibt Brown (85, pag. 347 u. 359), dass es sich nicht um abgestossene Kerntheile, sondern um Cytoplasmabildungen handelt, welche auf einem bestimmten Stadium der Umwandlung in den Samenzellen auftreten.

Entstehung und Schicksal dieser Bildungen ist dann genauer von v. Ebner (88) geschildert worden. Nach v. Ebner sieht man, wie zur Zeit der Reifung der Samenfäden die Protoplasmaappen, welche jedem derselben anhängen, ein immer stärker körniges Aussehen gewinnen. An Präparaten aus Flemming's Gemisch sind einzelne Körnchen, welche zunächst zahlreich und klein, später aber weniger zahlreich und grösser erscheinen, schwarz gefärbt, es sind dies offenbar Fetttröpfchen. Daneben sind Körner vorhanden, welche sich durch Safranin und andere Kernfärbemittel ziemlich lebhaft tingiren; auch diese „tingirbaren Körnchen“, wie v. Ebner sie nennt, nehmen zur Zeit der Reife der Spermatozoen an Grösse zu und färben sich dann mit Safranin sehr intensiv.

Zu dieser Beschreibung habe ich nur zu bemerken, dass beim

Meerschweinchen Fettgranula nur während der zweiten Periode, meistens sogar nur während des ersten Theils derselben, im Zellleib vorhanden, später dagegen, und auch in den abgestossenen Cytoplasmaballen, meistens nicht nachweisbar sind.

8) Abschnürung der Zellsubstanz.

Die meisten Forscher, welche die Histogenese der Säugthierspermien untersucht haben, nahmen bisher an, dass die Zellsubstanz gegen Schluss des Reifungsprocesses zu Grunde geht; so v. Kölliker (56 und 57), v. la Valette St. George (71), Biondi (85), Benda (87), G. Niessing (89), Hermann (89), C. Niessing (96) u. a.; und zwar stellen sie sich diesen Vorgang meistens als allmähliche Auflösung vor.

Benda, welcher 87 pag. 108 ebenfalls angegeben hatte, dass die Bildung der Samenfäden „unter Auflösung des Zelleibes“ erfolge, ist von dieser Meinung später zurückgekommen. In einem Vortrag, den er 91 im Berliner physiologischen Verein gehalten hat, heisst es pag. 4: „Von einem Zerfliessen des Samenzellkörpers, wie es früher auch Votr. mit anderen Autoren annahm, erkennt er jetzt bei guten Härtungen nichts mehr, vielmehr ist die Begrenzung der stark verlängerten Samenzellen bis zuletzt erhalten.“ Benda fährt dann fort: „Die Blase, die man an den Spermatozoengeisseln des Nebenhodens anhaftend findet, scheint der ganze Rest der Samenzelle zu sein, der nicht in die Bildung des Spermatozoons aufgeht. Die Blase enthält oft einen runden Körper, der wohl als Archiplasmarest anzusehen ist.“ Aus diesen Worten geht hervor, dass der oben geschilderte Abschnürungsprocess Benda noch 1891 völlig unbekannt war.

Eine Abstossung von Cytoplasmaballen, wie ich sie oben geschildert habe, ist indessen schon früher von Brown (85) und von v. Ebner (88) beschrieben worden.

Brown (85) sagt, dass ein Theil der Zellsubstanz, welcher bei der Bildung des Verbindungsstücks keine Verwendung findet, sich am hintern Ende dieses letzteren in Form eines Ballens anhäuft, der den Nebenkern und ein oder zwei Haufen kleiner Fettgranula einschliesst. Dieser Ballen bleibt zunächst dem hintern Ende des Verbindungsstücks durch einen kurzen Stiel angeheftet, um sich bald darauf ganz vom Samenfaden abzutrennen. Brown verweist dabei auf Abbildungen (85, Pl. XXIII, Fig. 15 u. 20),

in welchen die Samenfäden mit ihren Köpfchen der Aussenwand des Samenkanälchens fast anliegen¹⁾. Die Abschnürung der Cytoplasmaballen geht nun aber bei der Ratte, so viel ich bisher darüber feststellen konnte, erst auf einem folgenden Stadium vor sich, auf welchen die Samenfäden wieder mehr gegen das Lumen zurückgewichen sind. Ausserdem vollzieht sie sich jedenfalls beim Meerschweinchen in der Regel nicht am hintern, sondern am vordern Ende des Verbindungsstücks. Ich möchte demnach bezweifeln, ob die von Brown angezogenen Figuren 15 u. 20 (mit Vorbuchtung der Zellsubstanz am hintern Ende des Verbindungsstücks) wirklich den Abschnürungsvorgang darstellen, möchte vielmehr glauben, dass Brown einen solchen Process aus den später frei vorkommenden Cytoplasmakugeln richtig erschlossen, ihn aber nicht direkt beobachtet hat.

Ebenso scheint mir dies mit v. Ebner (88) der Fall zu sein, welcher sich auf die Angabe beschränkt, dass Plasmakugeln mit tingirbaren Körnchen im Innern abgestossen werden. Weder v. Ebner, noch Brown haben erkannt, dass eine Zellsubstanzhülle um das Verbindungsstück zurückbleibt.

Dagegen wird bei v. Ebner eingehend geschildert, welches Schicksal die abgestossenen Cytoplasmaballen weiterhin erfahren: dass sie zunächst zwischen den Köpfchen der abgestossenen Spermatozoen liegen, später aber eine Zone zwischen den in's Centrum der Kanälchen gelangten Spermatozoen und zwischen den nach aussen von ihnen liegenden Samenzellen bilden und schliesslich in der Zellsubstanz einer Sertoli'schen Zelle peripherwärts wandern¹⁾.

1) Wie v. Ebner, Renson, Brown, Benda u. a. bei der Ratte beschrieben haben, rücken die sich entwickelnden Samenfäden zunächst von innen nach aussen bis nahe an die Wand des Samenkanälchens vor, um sich gegen das Ende der Entwicklung wieder davon zu entfernen.

2) v. Ebner sagt 83 pag. 271/272: „Um die auffällige Thatsache zu erklären, dass während der Abstossung der Spermatozoen die Fetttropfen und tingirbaren Körner zwischen den Spermatozoen liegen, später aber eine eigene Schichte bilden, welche zwischen den in der Axe des Samenkanälchens befindlichen Spermatozoidenköpfen und den sogenannten Generationssäulen der Samenzellen gelegen ist, könnte man vielleicht die Annahme machen, dass wohl die Spermatozoen vollständig abgestossen werden, während die Fetttropfchen und tingirbaren

Ob bei andern Thieren als bei Säugethieren eine Abstossung von Zellsubstanz im Lauf der Histogenese der Spermien stattfindet, ist noch nicht aufgeklärt. Vom Samenfaden des Salamanders habe ich selbst angegeben, dass derselbe eine „vollständige umgewandelte Zelle“ darstellt. Nachdem ich nun aber die Verhältnisse bei Säugethieren kennen gelernt habe, möchte ich es wenigstens nicht für ausgeschlossen, wenn auch nicht für wahrscheinlich, halten, dass ich bei dem lang sich hinziehenden Lauf der Entwicklung die betreffenden Bilder beim Salamander übersehen habe; ich werde die Samenbildung dieses Thieres demnächst mit Bezug auf diesen Punkt von neuem vornehmen.

Verzeichniss der citirten Literatur.

- Ballowitz, E., 86 Zur Lehre von der Struktur der Spermatozoen. Anat. Anz., Jahrg. 1.
 Derselbe, 90. 1 Fibrilläre Struktur und Kontraktilität. Vortrag, gehalten auf dem III. Congress der anatomischen Gesellschaft zu Berlin am 12. October 1889. Pflüger's Arch. f. Physiol., Bd. 46.
 Derselbe, 90. 2 Untersuchungen über die Struktur der Spermatozoen.
-

Körner, bez. die dieselben enthaltenden Plasmakugeln durch Brücken mit den Sertoli'schen Zellen in Zusammenhang bleiben.“ Später (während oder kurz vor der Neubildung der Spermatoblasten) „müssten sich dann diese Brücken retrahiren und nun die Weiterschaffung der Fetttropfen und tingirbaren Körner in die Füße der Spermatoblasten einleiten.“

Ich möchte glauben, dass diese Annahme viel Wahrscheinlichkeit für sich hat, zumal ich einen Zusammenhang zwischen einem in Abschnürung begriffenen Cytoplasmaballen und der Zellsubstanz einer Sertoli'schen Zelle beim Meerschweinchen einige Male beobachten konnte.

v. Ebner ist es aber nicht gelungen, einen solchen Zusammenhang sicher zu stellen, und zieht er es daher vor, sich vorzustellen, „dass die Sertoli'schen Zellen in ganz ähnlicher Weise auf die Fetttropfen und tingirbaren Körner anziehend wirken, wie dies bezüglich der fast gleichzeitig stattfindenden Kopulation der Spermatozoenanlagen angenommen werden muss.“

- Theil III. Fische, Amphibien und Reptilien. Arch. f. mikr. Anat., Bd. 36.
- Derselbe, 91. 1 Weitere Beobachtungen über den feineren Bau der Säugethierspermatozoen. Zeitschr. f. wiss. Zool., Bd. 52.
- Derselbe, 91. 2 Die Bedeutung der Valentin'schen Querbänder am Spermatozoenköpfe der Säugethiere. Arch. f. Anat. u. Entwicklungsgesch.
- v. Bardeleben, K., 98 Weitere Beiträge zur Spermatogenese beim Menschen (8. Beitrag zur Spermatologie). Jenaische Zeitschr. f. Naturw., Bd. 31, N. F. Bd. 24.
- Benda, C., 87 Untersuchungen über den Bau des funktionirenden Samenkanälchens einiger Säugethiere und Folgerungen für die Spermatogenese dieser Wirbelthiere. Arch. f. mikr. Anat., Bd. 30.
- Derselbe, 90 Die neuesten Publikationen auf dem Gebiete der Samenlehre. Internat. Centralbl. f. d. Physiol. u. Patholog. der Harn- und Sexual-Organen, Bd. 1.
- Derselbe, 91 Neue Mittheilungen über die Entwicklung der Genitaldrüsen und über die Metamorphose der Samenzellen (Histogenese der Spermatozoen). Verhandl. d. Physiol. Ges. Berlin Jahrg. 1891 bis 1892.
- Derselbe, 92 Ueber die Histogenese des Sauropsidenspermatozoons. Verh. d. anat. Ges., Wien 1892.
- Derselbe, 93 Zellstrukturen und Zelltheilungen des Salamanderhodens. Verh. d. anat. Ges., Göttingen 1893.
- Derselbe, 97 Neuere Mittheilungen über die Histogenese der Säugethierspermatozoen. Verh. d. Physiol. Ges. zu Berlin, Jahrgang 1896—1897.
- Derselbe, 98 Ueber die Spermatogenese der Vertebraten und höherer Evertbraten. Vortrag, gehalten am 29. Juli 1898. Verh. d. Physiol. Ges. zu Berlin, Jahrg. 1897—1898.
- van Beneden, Ed. et Julin Ch., 84 La spermatogénèse chez l'Ascaride mégalocéphale. Bull. de l'Acad. de Belgique, ann. 53, ser. 3, t. 7.
- Bertacchini, P., 98 Istogenesi dei Nemaspermi di Triton cristatus. Intern. Monatsschr. f. Anat. u. Physiol., Bd. 15.
- Biondi, D., 85 Die Entwicklung der Spermatozoiden. Arch. f. mikr. Anat., Bd. 25.
- Brissaud, 80 Étude sur la spermatogénèse chez le lapin. Arch. de Physiol., t. 7.
- Brown, Herb. B., 85 On Spermatogenesis in the Rat. Quart.-Journ. of microsc. Sc., vol. 25, N. S.
- v. Brunn, A., 76 Beiträge zur Entwicklungsgeschichte der Samenkörper. Arch. f. mikr. Anat., Bd. 12.
- Derselbe, 84 Beiträge zur Kenntniss der Samenkörper und ihrer Entwicklung bei Säugethieren und Vögeln. Arch. f. mikr. Anat., Bd. 23.

- Czermak, J. N., 48 Ueber die Spermatozoiden von *Salamandra atra*.
 Uebersicht der Arbeiten der Schlesischen Ges. f. vaterländ. Cultur.
- Dujardin, F., 37 Sur les Zoospermes des Mammifères et sur ceux
 du Cochon d'Inde en particulier. Ann. d. Sciences Naturelles. Ser. 2,
 t. 8. Zoologie.
- v. Ebner, V., 88 Zur Spermatogenese bei den Säugethieren. Arch.
 f. mikr. Anat., Bd. 31.
- Eimer, Th., 74 Untersuchungen über den Bau und die Bewegung der
 Samenfäden. Verh. d. physik.-medic. Ges. Würzburg, N. F. Bd. 6.
- Fick, R., 92 Über die Befruchtung des Axolotleies. Anatom. Anz.,
 Jahrg. 7.
- Derselbe, 93 Über die Reifung und Befruchtung des Axolotleies.
 Zeitschr. f. wiss. Zoologie, Bd. 56.
- Flemming, W., 80 Beiträge zur Kenntniss der Zelle und ihrer Lebens-
 erscheinungen. II. Theil. Arch. f. mikr. Anat., Bd. 18.
- Fürst, C. M., 87 Ueber die Entwicklung der Samenkörperchen bei
 den Beutelhieren. Arch. f. mikr. Anat., Bd. 30.
- Grohe, F., 65 Ueber die Bewegung der Samenkörper. Virchow's
 Archiv, Bd. 32.
- Henle, J., 54 Handbuch der Eingeweidelehre des Menschen. Braun-
 schweig, pag. 356.
- Hensen, V., 81 Physiologie der Zeugung. In: Hermann's Handbuch
 der Physiologie. Leipzig 1881.
- Hermann, F., 89 Beiträge zur Histologie des Hodens. Arch. f. mikr.
 Anat., Bd. 34.
- Derselbe, 93 Urogenitalsystem. Struktur und Histogenese der
 Spermatozoen. Erg. d. Anat. u. Entwicklungsgesch., Bd. 2: 1892.
 Wiesbaden 1893.
- Derselbe, 97 Beiträge zur Kenntniss der Spermatogenese. Arch. f.
 mikr. Anat., Bd. 50.
- Derselbe, 98 Bemerkungen über die „chromatoiden Körper“ der
 Samenzellen. Anat. Anz., Bd. 14.
- Jensen, O. S., 79 Die Struktur der Samenfäden. Bergen.
- Derselbe, 83 Recherches sur la Spermatogenèse. Archiv de Biolo-
 gie, t. 4.
- Derselbe, 86 Ueber die Struktur der Samenkörper bei Säugethieren,
 Vögeln und Amphibien. Anat. Anz., Jahrg. 1.
- Derselbe, 87 Untersuchungen über die Samenkörper der Säugethiere,
 Vögel und Amphibien. I. Säugethiere. Arch. f. mikr. Anat., Bd. 30.
- Klein, E., 80 Beiträge zur Kenntniss der Samenzellen und der Bil-
 dung der Samenfäden bei Säugethieren. Centralblatt f. d. medic.
 Wissensch., Bd. 18.
- v. Kölliker, A., 56 Physiologische Studien über die Samenflüssigkeit.
 Zeitschr. f. wiss. Zool., Bd. 7.
- Derselbe, 67 Handbuch der Gewebelehre des Menschen. V. Aufl.
 Leipzig 1867.

- v. Lenhossék, M., 97. 1 Ueber Spermatogenese bei Säugethieren. Vorl. Mitth. v. 3. Apr. 97. Tübingen.
- Derselbe, 97. 2 Untersuchungen über Spermatogenese. Arch. f. mikr. Anat., Bd. 51.
- Derselbe, 98 Ueber Flimmerzellen. Verh. d. anat. Ges., Kiel 1898.
- Merkel, Fr., 74 Erstes Entwicklungsstadium der Spermatozoiden. Untersuchungen aus dem anatomischen Institut zu Rostock.
- Meves, Fr., 96 Ueber die Entwicklung der männlichen Geschlechtszellen von *Salamandra maculosa*. Arch. f. mikr. Anat., Bd. 48.
- Derselbe, 97. 1 Ueber Struktur und Histogenese der Samenfäden von *Salamandra maculosa*. Vortrag, gehalten im physiologischen Verein zu Kiel am 8. Februar 1897. Mittheilungen f. d. Ver. Schlesw.-Holst. Aerzte, Jahrg. 5 Nr. 5.
- Derselbe, 97. 2 Ueber Struktur und Histogenese der Samenfäden von *Salamandra maculosa*. Arch. f. mikr. Anat., Bd. 50.
- Derselbe, 97. 3 Zur Entstehung der Axenfäden menschlicher Spermatozoen. Anat. Anz., Bd. 14.
- Derselbe, 97. 4 Zelltheilung. Ergebnisse der Anatomie und Entwicklungsgesch., Bd. 6, 1896. Wiesbaden 1897.
- Derselbe, 98. 1 Ueber das Verhalten der Centralkörper bei der Histogenese der Samenfäden von Mensch und Ratte. Verh. d. anatom. Ges., Kiel 1898.
- Derselbe, 98. 2 Ueber Entstehung und Schicksal der Schwanzmanschette bei der Bildung der Samenfäden. Mittheilungen f. d. Ver. Schlesw.-Holst. Aerzte, Jahrg. 7 Nr. 3.
- Moore, J. E. S., 94 Some Points in the Spermatogenesis of Mammalia. Internat. Monatsschr. f. Anat. u. Physiol., Bd. 11.
- Derselbe, 95 On the Structural Changes in the Reproductive Cells during the Spermatogenesis of Elasmobranchs. Quart.-Journ. of microsc. Sc., vol. 38.
- Niessing, C., 96 Die Betheiligung von Centralkörper und Sphäre am Aufbau des Samenfadens bei Säugethieren. Arch. f. mikr. Anat., Bd. 48.
- Niessing, G., 89 Untersuchungen über die Entwicklung und den feinsten Bau der Samenfäden einiger Säugethiere. Verh. d. phys.-medic. Ges. in Würzburg N. F. Bd. 22.
- Rawitz, B., 98 Untersuchungen über Zelltheilung II., Arch. f. mikr. Anat., Bd. 53.
- Renson, G., 82 De la spermatogenèse chez les Mammifères. Arch. de Biologie, t. 3.
- Schweigger-Seidel, F., 65 Ueber die Samenkörperchen und ihre Entwicklung. Arch. f. mikr. Anat., Bd. 1.
- Sertoli, 75 Sulla struttura dei canal. seminif. del testicolo. Gazz. med. Ital. Lomb., Nr. 51, Milano.
- Suzuki, B., 98 Notiz über die Entstehung des Mittelstücks der Samenfäden von Selachiern. Anat. Anz., Bd. 15.

- v. la Valette St. George, **65** Ueber die Genese der Samenkörper.
Erste Mittheilung. Arch. f. mikr. Anat., Bd. 1.
Derselbe, **67** Ueber die Genese der Samenkörper. Zweite Mittheilung.
Arch. f. mikr. Anat., Bd. 3.
Derselbe, **71** Der Hoden. In: Stricker's Handbuch der Lehre von
den Geweben, Bd. 1. Leipzig 1871.

Erklärung der Abbildungen auf Tafel XIX, XX u. XXI.

Sämmtliche Figuren sind mit Zeiss' Apochromat 2 mm (Apertur 1,40) und Ocular 18 (Tubuslänge 16 cm) unter Benutzung des Abbeschen Zeichenapparates (Projektion auf Objekttischhöhe) entworfen. Fig. 1—48 stammen von Präparaten, die mit dem Hermann'schen Gemisch fixirt und mit Eisenhämatoxylin gefärbt sind; Fig. 49 aus einem Schnitt des Nebenhodens (Osmiämsäure, Gentianaviolett); Fig. 50 aus einem Ausstrichpräparat von Sperma aus dem Nebenhoden (Sublimat, Eisenhämatoxylin). Untersuchung bei Auerlicht

- Fig. 1. Spermatocyt erster Generation. Idiozom mit zwei hantelförmigen Centralkörpern im Innern.
Fig. 2. Spermatocyt erster Generation, etwas späteres Stadium als Fig. 1. Idiozom mit einem grossen, homogen aussehenden Korn im Centrum und zahlreichen kleinen, durch Eisenhämatoxylin geschwärzten Körnchen rund herum.
Fig. 3. Spermatocyt zweiter Generation. Idiozom mit Körnern, die durch Eisenhämatoxylin schwarz gefärbt sind. Im Zellleib schwarz gefärbte Brocken, welche den „chromatoiden Nebenkörper“ der Spermatocyten repräsentiren.
Fig. 4. Ausgangsstadium des Umwandlungsprocesses. Zwei Spermatiden noch durch den Rest der achromatischen Spindel zusammenhängend. Text pag. 341—343.
Fig. 5—16. Erste Periode. Text pag. 341—346.
Fig. 17—33. Zweite Periode. Text pag. 346—355.
Fig. 17—22 die Schwanzmanschette als Faserkorb, Fig. 23—32 als membranöses Rohr. Fig. 17—26, 28, 30, 32 Flächenansichten. Fig. 27 Kantenansicht eines Stadiums wie Fig. 26, Fig. 29 eines solchen wie Fig. 28, Fig. 31 eines solchen wie Fig. 30. Fig. 33 Querschnitte der Schwanzmanschette in der Höhe des Ringes: a. etwa vom Stadium der Fig. 28; b. etwa von demjenigen der Fig. 30.
Fig. 34—44. Dritte Periode. Text pag. 355—360.
Fig. 34—39, 41, 42 Flächenansichten. Fig. 40, 43, 44 Kanten-

solchen wie Fig. 42; Fig. 44 Kantenansicht eines etwas spätern Abschnürungsstadiums wie Fig. 45.

ansichten, Fig. 40 eines Stadiums wie Fig. 39, Fig. 43 eines Fig. 45 u. 46. Fertige Samenfäden aus dem Hoden. Fig. 45 Flächenansicht, Fig. 46 Kantenansicht.

Fig. 47a und b. Abgeschnürte Cytoplasmaballen.

Fig. 48 a—f. Querschnitte: a durch das Verbindungsstück; b mitten durch den Hals; c dicht hinter dem Kopf durch den Hals; d durch das Hinterstück, e durch das Vorderstück des Kopfes; f durch den Spitzenkörper. Von Samenfäden des Hodens und Nebenhodens.

Fig. 49 u. 50. Samenfäden des Nebenhodens; Fig. 49 Kantenansicht, Fig. 50 Flächenansicht.