Fig. 11. Embryo mit 25 Urwirbeln. Medianschnitt durch den Scheitel des Kopfdarmes und das Chordavorderende. Vergr. 250fach.

Die Schnitte der Tafelfiguren 4 und 10 gehören zwei Serien des Herrn Professor Rabl, jener der Tafelfigur 2 einer Serie des Herrn Prosector Dr. Fischl an. Für die lebenswürdige Bereitwilligkeit, mit welcher mir beide Herren ihre Serien zur Verfügung stellten, sage ich denselben auch an dieser Stelle meinen verbindlichsten Dank.

(Aus dem anatomischen Institut in Kiel.)

Ueber Structur und Histogenese der Samen- fäden von *Salamandra maculosa*.

Von

Dr. **Friedrich Meves.**

Hierzu Tafel VII und VIII.

Die Samenfäden der geschwänzten Amphibien und speciell des Salamanders sind bereits häufig untersucht und beschrieben¹⁾ worden. Man unterscheidet an ihnen einen Kopf, ein Verbindungs- oder Mittelstück und einen Schwanzfaden, welcher letzterer mit einem Flossensaum versehen ist.

Für die im Folgenden zu gebende genauere Beschreibung empfiehlt es sich, eine Rücken- und eine Bauchseite der Samenfäden zu unterscheiden, wie dies Czermak (7) schon vor beinahe fünfzig Jahren gethan hat; und zwar will ich diejenige Seite, auf welcher sich der Flossensaum erhebt, mit Czermak als Rückenseite bezeichnen.

Der Kopf eines Samenfadens von *Salamandra maculosa* ist ein langer, schmaler, im Querschnitt runder Strang, welcher

1) Die Literatur findet sich ausführlich bei Ballowitz (1, pag. 254) citirt.

sich nach vorn hin allmählich verjüngt, um schliesslich in eine Spitze auszulaufen. Er setzt sich (Retzius, 21) aus zwei chemisch differenten Bestandtheilen zusammen, einem hintern „eigentlichen Kopfstück“ und einem vordern Abschnitt, dem sogen. „Spiess“, welcher am Vorderende ein oder mehrere Widerhaken trägt. Zwischen Spiess und eigentlichem Kopfstück sieht man nach Retzius einen mehr oder weniger deutlichen Querstrich oder sogar einen Absatz. Der Spiess endet jedoch nicht hier, sondern lässt sich als feiner gerader Faden noch eine Strecke weit nach hinten im Innern des eigentlichen Kopfstücks (ungefähr in das vordere Drittel desselben) verfolgen.

Mit Bezug auf den Spiess stellte Ballowitz (1) weiter fest, dass er aus einem dünnen Mantel, dem auch die Widerhaken angehören, und einem davon umhüllten, sehr resistenten Innenkörper besteht. Unterwirft man nämlich Samenfäden der Maceration, so bröckelt von dem Spiess ein sehr dünner Mantel sammt den Widerhaken ab; es ragt dann aus dem Kopf eine längere, sehr feine, borstenförmige Spitze, der Innenkörper, hervor. Dieser Innenkörper ist es, welcher sich als feiner Faden nach hinten zu fortsetzt; er erstreckt sich jedoch nach Ballowitz nicht in das Innere des eigentlichen Kopfstücks hinein, sondern ist am Rande in einer Rindenschicht desselben gelegen.

Das kurze, cylindrische Verbindungs- oder Mittelstück zeigt ein halbkugelig abgerundetes vorderes und ein ebensolches hinteres Ende. Während es nach den älteren Untersuchern durch und durch homogen ist, beschreibt neuerdings Ballowitz (1) nach Macerationspräparaten folgende Structuren desselben. Er beobachtete an ihm einen unregelmässigen Zerfall, wobei in der Axe ein dickerer, fadenförmiger Theil erschien, der sich nur sehr blass färbte und wie ein Axenfaden aussah. Bisweilen fand er, dass die dunkle Mantelbildung vollständig aufgelöst und nur ein sehr schmales blasses Gebilde übrig geblieben war, welches nach ihm eine Fortsetzung des Axenfadens des Schwanzes darstellt. Das vordere Ende dieses Axenkörpers endigte frei ohne Verdickung, das hintere dagegen sass einer intensiv tingirten, breiten Verdickung auf, welche nach Ballowitz den Endknopf des eigentlichen Axenfadens darstellt.

Ballowitz kommt also zu dem Resultat, dass das Verbindungs- oder Mittelstück bei urodelen Amphibien einen Axen-

faden besitzt, der aber von dem Axenfaden des Schwanzes abgegliedert und von demselben durch das Dazwischentreten eines Endknöpfchens getrennt wird.

Ich selbst habe mich von der Existenz eines „Axenkörpers“ im Mittelstück nicht überzeugen können, habe allerdings auch keine Macerationspräparate von Samenfäden angefertigt. Ist ein solcher Axenkörper vorhanden, so stellt er jedenfalls nicht, wie aus den Färbungsreactionen hervorgeht, substantiell eine Fortsetzung des Axenfadens des Schwanzes dar.

Das Vorhandensein eines „Endknöpfchens“ dagegen kann ich Ballowitz bestätigen; jedoch möchte ich es zum Mittelstück rechnen und demgemäss eine grössere, vordere und eine kleinere, hintere Partie desselben unterscheiden. Von der letzteren, d. h. also dem Endknöpfchen von Ballowitz, habe ich die folgende genauere Beschreibung zu geben.

In reinen Seitenansichten der Samenfäden (Fig. 44, 45) sieht man, dass die vordere Partie des Mittelstücks an ihrem hinteren Ende nicht quer abgestutzt, sondern von vorn und dorsal nach hinten und ventral abgeschrägt ist. Auf diese Abschrägung ist die kleinere hintere Partie des Mittelstücks aufgelagert; sie ergänzt die vordere in der Weise, dass das hintere Ende des ganzen Mittelstücks halbkugelig abgerundet ist. In Ansichten von dorsal oder ventral dagegen sind die beiden Partien des Mittelstücks von einander durch eine Querlinie abgegrenzt.

Um sich die beiden Partien des Mittelstücks zur Anschauung zu bringen, kann man Ausstrichpräparate von reifem Sperma, das aus dem Vas deferens entnommen ist, mit Osmiumsäure fixiren und 24 Stunden lang mit Alaunfuchsin färben; an solchen Präparaten (Fig. 45) erscheint die hintere Partie des Mittelstücks stärker gefärbt als die vordere. Tingirt man dagegen mit Osmiumsäure fixirte Präparate mit Gentianaviolett, so nimmt die kleine hintere Partie des Mittelstücks überhaupt keine Farbe an. Zwischen dem hinteren Ende der vorderen Mittelstückspartie und dem Anfang des Axenfadens bleibt ein nicht gefärbter heller Zwischenraum in der Weise, wie es Fig. 46 zeigt.

An dem Schwanz des Samenfadens unterscheidet man ein Hauptstück und ein Endstück, welches letztere aus dem Hauptstück unter plötzlicher Verengung mit einem deutlichen Absatz hervorgeht (Fig. 48). Längs dem Hauptstück und dem Endstück

des Schwanzes sitzt die sogen. Flossenmembran, deren freier, in wellenförmigen Biegungen verlaufender Rand zu einem von der Membran scharf abgesetzten „Randfaden“ verdickt ist. Dieser Randfaden entspringt vorn am hinteren Ende des Mittelstücks; während aber die Membran selbst nur bis an das äusserste Ende des Endstücks reicht, ragt der Randfaden noch um eine Strecke weit darüber hinaus, sodass also das hinterste Ende des ganzen Samenfadens allein von dem Randfaden gebildet wird (Fig. 48).

Während die äusseren Formverhältnisse des Schwanzes bereits seit längerer Zeit richtig beschrieben werden, ist die von dem innern Bau desselben gegebene Darstellung noch in mehreren Punkten unzutreffend.

Für die Schwänze der Säugethiersamenfäden hat Eimer (8) zuerst beschrieben, dass sie aus einem Centalfaden und einem umhüllenden Protoplasmamantel bestehen. Diese Beobachtung wurde durch v. Brunn (5) für Salamandra bestätigt; das von Czermak (7) zuerst beschriebene Endstück des Schwanzes stellt den des Protoplasmamantels entbehrenden Theil des Central- oder „Axenfadens“ (v. Brunn) dar.

Die Flossenmembran fasst v. Brunn als eine Bildung der Mantelschicht auf. „Man wird nicht fehlgehen,“ sagt er, „wenn man den Protoplasmamantel und jene Membran in nahe Beziehung zu einander stellt und letztere als Anhängsel des ersteren betrachtet.“

Gegen letztere Auffassung kann man nun aber geltend machen, dass der Flossensaum sich auch auf das Endstück des Schwanzes erstreckt, welches doch dem Anschein nach frei von der Mantelschicht ist. Ballowitz, welcher gleichfalls den Flossensaum zur Mantelbildung rechnet, folgert daher (1, pag. 263), „dass das Endstück nicht einfach der entblösste Axenfaden sein kann, sondern noch von einer, wenn auch sehr dünnen Hülle umgeben sein muss“.

Eine genaue Untersuchung des Schwanzfadens hat mir nun aber gezeigt, dass der Flossensaum überhaupt nicht als der Mantelschicht zugehörig zu betrachten ist; es gelang mir nämlich über das Verhältniss von Axenfaden und Mantelschicht zu einander und zum Flossensaum Folgendes feststellen.

Wenn man Schwänze, an denen der Axenfaden gefärbt ist, in der Ansicht von dorsal oder ventral oder in halber Seitenansicht mikroskopirt, so sieht man an den Seiten des Axen-

fadens, diesem parallel, je eine Conturlinie verlaufen, welche der äussern Begrenzung der Mantelschicht entspricht. Betrachtet man dagegen Samenfäden in reiner Seitenansicht (Fig. 44—46), so ist jetzt diese Mantelschicht nur auf der Bauchseite des Schwanzes wahrzunehmen. Letzteres Verhalten könnte nun darin seinen Grund haben, dass der sogen. Axenfaden innerhalb der ihn umhüllenden Mantelschicht stark dorsalwärts¹⁾ verlagert ist, sodass sein dorsaler Randcontur in der Seitenansicht mit der Aussenwand der Hülle zusammenfällt.

Diese Annahme trifft aber noch nicht das Richtige, wie man erkennt, wenn man Querschnitte des Schwanzes betrachtet, welche bisher wohl nicht zur Untersuchung herangezogen wurden. Ein solcher Querschnitt (Fig. 49) zeigt, dass zunächst derjenige des sogen. Axenfadens nicht rund, sondern etwa hufeisenförmig gestaltet ist. Und zwar ist die Convexität der Krümmung nach der Bauchseite, die Concavität nach der Rückenseite des Samenfadens zu gerichtet. Es läuft also auf der Rückenseite des Axenfadens eine Furche entlang, wodurch das beschriebene Querschnittsbild zu Stande kommt.

Ferner erkennt man an den Querschnitten, dass die sogen. Mantelschicht den Axenfaden nicht ringsum, sondern nur einseitig umhüllt und zwar nur auf der konvexen, also ventralen Seite. Die äussere Wand der Mantelschicht ist auf den Kämme festgeheftet, welche die auf der dorsalen Seite des Axenfadens entlang ziehende Furche jederseits begrenzen.

In dieser Furche des Axenfadens entspringt der Flossen-
saum; derselbe ist also nicht, wie bisher (v. Brunn, Ballowitz) angenommen wurde, eine Bildung der Hülle, sondern steht allein zum Axenfaden in Beziehung. Wir werden später sehen, dass er wahrscheinlich auch histogenetisch zum Axenfaden gehört.

Mit Bezug auf den Randfaden ist noch nachzutragen, dass er sich nach Ballowitz durch Anwendung von Maceration der Länge nach in feine Fädchen zerlegen lässt.

Die Umbildungsprocesse, durch welche die Samenfäden aus den Spermatiden hervorgehen, beginnen unmittelbar nach Ablauf der zweiten Reifungtheilung. Bis zu diesem Punkt habe ich

1) Dass der Axenfaden „etwas excentrisch“, liegt hat Ballowitz bereits (2, pag. 438) angegeben.

die Entwicklung der männlichen Geschlechtszellen von Salamandra in einer früheren Arbeit (16) verfolgt. Dasselbst habe ich gezeigt, dass in den Telophasen der Reifungstheilungen die in den vorhergehenden Stadien der Mitose verdoppelten Centralkörper gegen die neugebildete Zellwand verschoben werden, wobei sie sich dicht unter der Zelloberfläche entlang bewegen. Die Grösse der Drehung um den Kern pflegt zwischen 45 und 135° zu schwanken. Mit Bezug auf die Art und Weise, wie ich mir das Zustandekommen dieses Vorgangs denke, erlaube ich mir auf 16, pag. 54 u. folg. zu verweisen.

Ein Stadium einer solchen Centralkörperverschiebung in einer Tochterzelle der zweiten Reifungstheilung ist hier noch einmal in Fig. 1 abgebildet. Man sieht die Centralkörper von einer Strahlung umgeben oberhalb der ursprünglichen Polstelle liegen.

Nachdem die Centralkörper meistens noch weiter als in dieser Figur gegen die neugebildete Zellwand zu verschoben sind, wird in einem nächsten Stadium die von ihnen ausgehende Strahlung undentlich. Die Zelle kehrt allmählich zum Ruhestand zurück. Die Centralkörper bleiben an der Zellwand liegen; ihre Verbindungslinie steht senkrecht zu dieser, sodass nur der eine von ihnen, welcher grösser als der andere zu sein pflegt, unmittelbar an die Zellwand anstösst (Fig. 2).

Da die Verdoppelung der Centralkörper in den Anaphasen in der Weise erfolgt, dass ihre Verbindungslinie senkrecht zur Spindelaxe, also parallel der Zelloberfläche, zu liegen kommt, so muss die durch die Centralkörper hindurchgelegte Axe im Verlauf der Verschiebung eine Drehung gegen die Zelloberfläche erfahren haben; in Fig. 1 hat sich diese Drehung, wie man sieht, bereits vollzogen.

Zwischen den Centralkörpern und dem Kern hat sich eine nicht färbbare, graue, homogen aussehende Masse ohne scharfen Randcontur angesammelt. Dass es sich hier um Sphärensubstanz handelt, ist mir nicht im Geringsten zweifelhaft. Dieselbe umgibt also nicht, wie gewöhnlich, die Centralkörper in Form einer Hülle, sondern bildet für sich einen Ballen, welcher zwischen den Centralkörpern und dem Kern gelagert ist.

Die Umbildungsprocesse, durch welche die Spermatiden in Samenfäden übergeführt werden, nehmen nun damit ihren Anfang, dass von dem der Zellwand anliegenden grössern der beiden

Centralkörper aus ein feines Fädchen aus der Zelle hervorwächst (Fig. 3, 4). Das Fädchen stellt die erste Anlage des Axenfadens des Schwanzes dar.

Dieser Befund ist geeignet, eine heute noch vielumstrittene Frage zur Entscheidung zu bringen, nämlich ob der Axenfaden des Schwanzes dem Kern oder dem Zelleib der Spermatide seine Entstehung verdankt. Die Mehrzahl der neueren Autoren (z. B. noch C. Niessing in einer im vorigen Jahr erschienenen Arbeit (15)) sprechen sich für eine nucleäre Herkunft desselben aus. Meine Beobachtungen zeigen aber, dass, zunächst bei Salamandra, der Axenfaden in seiner ersten Anlage sicher extranucleär entsteht ¹⁾.

Ähnliche Beobachtungen, wie die hier geschilderten, sind übrigens schon früher bei Elasmobranchiern von Moore (19) beschrieben worden. Moore schildert, dass nach Abschluss der zweiten Reifungstheilung die Sphären zunächst über die Oberfläche des Kerns entlang einer Furche äquatorialwärts wandern; wenn sie einen Punkt mitten zwischen der polaren und äquatorialen Kernoberfläche erreicht haben, bewegen sie sich von der Kernmembran fort gegen die Zellperipherie zu. Weiter heisst es dann (19, pag. 294): The centrosomes pass on to the outer archoplasmic surface, and from this ²⁾ there passes a fine protoplasmic strand to the cell periphery, and the cell membrane is indented where this strand perforates it as the whiplash-like spermatozoon tail.

Nach obigem Wortlaut differirt Moore von mir unter anderm darin, dass er bei Elasmobranchiern den Axenfaden von der Sphäre auswachsen lässt; seine Abbildungen (19, Taf. 16, Fig. 80—82) scheinen mir allerdings im Gegensatz zu seiner Beschrei-

1) Ähnliche Bilder, wie sie Fig. 3, 4 dieser Arbeit hinsichtlich der Centralkörper zeigen, habe ich auch bei Säugethieren und zwar bei der Ratte beobachtet. Auch hier fand ich die Centralkörper in jungen Spermatiden unmittelbar unter der Zelloberfläche liegend und zwar ohne Beziehung zur Sphärensubstanz (vgl. dagegen C. Niessing unten, pag. 135); wie bei Salamandra bilden sie auch hier den Ausgangspunkt eines feinen Fädchens, welches die erste Anlage des Axenfadens darstellt. Hinsichtlich der extranucleären Herkunft des letzteren kann daher auch für Säugethiere kein Zweifel sein.

2) Im Original nicht gesperrt gedruckt.

hung zu zeigen, dass der Axenfaden auch hier von dem einen Centralkörper ausgeht.

Nachdem die extranucleäre Herkunft des Axenfadens festgestellt ist, fragt es sich nun weiter, aus welchen Theilen des Zellleibes derselbe hervorgeht. Da der Centralkörper, welcher seinen Ausgangspunkt bildet, unmittelbar unter der Zelloberfläche gelegen ist, könnte man glauben, den Axenfaden als einen Auswuchs des Centralkörpers betrachten zu müssen. In den spätern Stadien zeigt sich aber auf Grund verschiedener Färbung deutlich, dass beide, Centralkörper und Axenfaden, substantiell von einander verschieden sind. Es dürfte sich daher vielmehr um einen Mitofaden der Zellsubstanz handeln, welcher ebenso, wie z. B. ein Polstrahl oder eine Spindelfaser der achromatischen Figur der Mitose, an dem Centralkörper angeheftet ist und welcher die Substanz, auf Grund deren er wächst, um den Centralkörper herum oder vielleicht durch ihn hindurch aus der Zelle bezieht.

Mit dem Auswachsen des Axenfadens beginnt nun die Zelloberfläche da, wo der mehr periphere der beiden Centralkörper ihr anliegt, zunächst eine leichte Einziehung zu zeigen (Fig. 4). Später (Fig. 5 u. folg.) werden die Centralkörper und mit ihnen der Anfangstheil des jungen Axenfadens gegen das Centrum der Zelle zu verlagert. Dabei wird die Zelloberfläche von derjenigen Stelle aus, wo ihr der mehr periphere der beiden Centralkörper anliegt und wo schon vorher eine Einziehung zu bemerken war, gegen das Zelleninnere zu eingestülpt. Diese Einstülpung trägt an ihrem zugespitzten Ende die Centralkörper und umhüllt scheidenartig den Anfangstheil des jungen Axenfadens.

In der Folge setzen die Centralkörper ihre Wanderung fort und beginnen zugleich mehr und mehr heranzuwachsen. Der peripher liegende formt sich dabei (Fig. 8) in ein kleines Scheibchen um, dessen Fläche senkrecht zur Längsaxe der Einstülpung gelegen ist. Mit dieser Umgestaltung des Centralkörpers nimmt auch die Einstülpung, besonders am centralen Ende, an Durchmesser zu. Während sie vorher (Fig. 5, 6) zugespitzt am Centralkörper endete und im Ganzen Trichterform hatte, wandelt sie sich jetzt (Fig. 8) in eine Röhre um, welche überall den gleichen Durchmesser hat und nur nahe der Zelloberfläche noch wenig trichterförmig erweitert ist.

In Folge der Feinheit der beschriebenen Verhältnisse glückt

es nicht gerade leicht, die Einstülpung wahrzunehmen; dazu ist es durchaus nöthig, dass sie mit ihrer Längsaxe der Ebene des Objecttisches parallel liegt. Nachdem man sie aber zu Gesicht bekommen hat, will es ferner häufig nicht gelingen, den Axenfaden nachzuweisen, wahrscheinlich deshalb nicht, weil er im Innern der Einstülpung ihrer Wand dicht anliegt und ausserhalb derselben der Zelloberfläche angeschmiegt ist.

Bevor wir nun das weitere Verhalten der Centrankörper ins Auge fassen, wollen wir zunächst den übrigen Verhältnissen der Spermatide unsere Aufmerksamkeit zuwenden.

Was zunächst die Zellsubstanz anlangt, so zeigt diese an Präparaten, die mit einem Osmiumgemisch fixirt sind, in Folge verschiedener Reagentienwirkung ein verschiedenes Aussehen, je nachdem man centrale oder periphere Partien der eingelegten Hoden oder Hodenstücke untersucht.

In den mehr central gelegenen Zellen, deren Structur den natürlichen Verhältnissen, wie ich glauben möchte, durchaus entspricht, findet sich ein ausserordentlich deutliches, lockeres, mit Eisenhämatoxylin färbbares Fadenwerk. Die Fäden haben einen unregelmässigen, gewundenen Verlauf und sind dicht mit Körnern besetzt. An diesen Fäden spielen sich nun Wachsthumsprouesse ab; indem einzelne von ihnen stark in die Länge wachsen, wird die Zelloberfläche häufig an mehreren Stellen in Form von fingerförmigen Fortsätzen vorgetrieben. An meinen Abbildungen ist hiervon allerdings, ausgenommen in Fig. 12, nichts wahrzunehmen; jedoch sind solche Fortsätze schon von dem Stadium der Fig. 3 an oft zahlreich vorhanden.

In den Zellen der peripheren Partien dagegen ist die durch Fleming bekannte Osmiumwirkung an der Zellsubstanz bemerkbar. Hier ist von Fadenstructuren nichts zu sehen; die Zellsubstanz zeigt vielmehr ein gleichmässig blass granulirtcs Aussehen.

Der Kern hat sich bald nach Ablauf der zweiten Reifungstheilung in eine ausgesprochen excentrische Lage begeben. Das an das Dispirem erinnernde Aussehen des Kerngerüsts (Fig. 2—4) ist völlig verschwunden. Das Chromatin findet sich im Innern in feinen Körnern angeordnet, welche stellenweise stärker gehäuft liegen, während es unter der Oberfläche eine dünne, vielfach durchbrochene Schale bildet (z. B. Fig. 6).

Diese Beschreibung gilt nur für die Kerne der mehr central gelegenen Zellen; diejenigen der peripheren Partien des Hodens zeigen ähnlich wie die Zellsubstanz ein diffus körniges Aussehen, welches darauf beruht, dass in ihnen die Kernstructur in Folge der Wirkung der Osmiumsäure durch Niederschläge im Kernsaft verdeckt ist.

Was schliesslich noch den Ballen von Sphärensubstanz anbetrifft, so findet er sich stets in der Nachbarschaft der Centrakörper. In ihm treten eine grössere Zahl kleiner, heller Bläschen auf, welche sich offenbar auf Kosten seiner Substanz unter Verflüssigung derselben bilden; sie sind übrigens nur schwer und nicht in jeder Zelle wahrzunehmen (Fig. 3, 6, 8).

Verfolgen wir nunmehr das fernere Schicksal der beiden Centrakörper, so finden wir, dass das Scheibchen, der Abkömmling des einen von ihnen, sich weiterhin in einen Ring umformt, wahrscheinlich, indem es in der Mitte durchbricht (Fig. 9 u. folg.). Die Wand der Einstülpung setzt rings an der Peripherie des Ringes an. Der Axenfaden, welcher mittlerweile schon erheblich an Länge zugenommen hat, tritt durch das Lumen des neu entstandenen Ringes hindurch und setzt sich mit dem mehr central gelegenen der beiden Centrakörper in Verbindung, welcher seinerseits zu einem kurzen, leicht gekrümmten Stäbchen herangewachsen ist. Der Ring nimmt weiter an Durchmesser an, bis er schliesslich mehr als doppelt so gross ist wie zu dem Zeitpunkt, wo er zuerst als solcher zu erkennen war. Ebenfalls der andere, stäbchenförmige Centrakörper wächst in allen Dimensionen stark heran; in einigen Fällen (Fig. 14) habe ich konstatiren können, dass er seinerseits schliesslich aus zwei Parallelstäbchen zusammengesetzt ist.

Während diese weitem Veränderungen mit den Centrakörpern vor sich gehen, ist in der Sphärensubstanz unter den zahlreichen kleinen Vacuolen eine grössere (Fig. 10) aufgetreten, welche wahrscheinlich durch Verschmelzung mehrerer kleinerer entstanden ist. Diese nimmt immer mehr an Grösse zu; was noch nicht von Sphärensubstanz durch Vacuolenbildung verflüssigt ist, erscheint schliesslich dem gross gewordenen Bläschen (Sphärenbläschen) einseitig „lunulaartig“ angelagert.

Stäbchen und Ring sind auf den zuletzt beschriebenen Sta-

dien bereits früher (13) von Hermann als „chromatische Bestandtheile des Nebenkerns“ beschrieben worden, nachdem sie in noch spätern Stadien zuerst von Flemming (11) gesehen waren. Das Stäbchen wird von Hermann als „Knöpfchen“ bezeichnet und als Kugel abgebildet; als solche erscheint es jedoch nur in Ansichten von den Enden.

Dass Stäbchen und Ring von den Centalkörpern der Spermatide abstammen, habe ich bereits im vorigen Jahre (1896, 16 pag. 70) anmerkungsweise mitgetheilt; jedoch waren sie schon früher von Böhm und Davidoff (Lehrbuch der Histologie, Wiesbaden 1895) als Abkömmlinge eines Centrosoma bezeichnet worden.

Der Ballen von Sphärensubstanz ist mit dem von Hermann sogen. „farblosen Bestandtheil des Nebenkerns“ identisch. Dass in den Spermatiden eine Sonderung der Sphärensubstanz in zwei Theile eintritt, hat zuerst Benda (3) bei Säugethieren beschrieben; die Vorgänge, die dazu führen, sind dann von Moore (18) genauer geschildert worden.

Nachdem das Stadium der Fig. 14 erreicht ist, beginnt eine neue zweite Entwicklungsperiode, welche ich bis zum Auftreten des Flossensaumes rechne, im Laufe derer die Samenzelle ihrer definitiven Form erheblich näher kommt. Im Interesse der Darstellung will ich nach einander Kern, Zellsubstanz, Centalkörper und Sphäre durch diese Periode hindurch verfolgen.

Mit dem Beginn derselben bildet sich zunächst der Kern zum Samenfadencopf um, ein Vorgang, der speciell bei diesem Object zuerst von Flemming (11) genauer beschrieben ist.

Zuerst machen sich Veränderungen im Kerninnern bemerkbar. Es tritt ein ausserordentlich dichtes, aus feinen Balken gebildetes Chromatingertüst auf, welches sich im weiteren Verlauf aufflockert, indem die Stränge weniger werden, aber an Dicke zunehmen. Es gehen also, wie ich bemerken möchte, mit dem Chromatin die gleichen Umwandlungen vor sich, wie sie für den Beginn einer Mitose, speciell für denjenigen der ersten Reifungstheilung im Salamanderhoden, charakteristisch sind ¹⁾.

1) Meine Abbildungen der zweiten Periode betreffen fast sämmtlich Zellen aus peripheren Hodenpartien, in welchen die Kerne in Folge der Osmiumwirkung ein nahezu homogenes Aussehen angenommen haben. Solche Zellen habe ich deswegen abgebildet, weil in ihnen

Zu gleicher Zeit nimmt man an den fixirten Präparaten eine Abhebung der Kernmembran wahr. Dieselbe ist offenbar vielfach durch Reagentienwirkung verstärkt; denn sie ist bald mehr, bald weniger hochgradig.

Bald nachdem die ersten Veränderungen im Innern aufgetreten sind, beginnen auch die Kerne sich umzuformen, indem sie aus der rundlichen Gestalt zunächst in eine ei- oder birnförmige übergehen (Fig. 16 und folg.). Bevor sie aber diese Gestalten erreichen, müssen sie häufig noch einen mehr oder weniger grossen Formenwandel durchmachen, welcher damit zusammenhängt, dass diejenigen Punkte der Kernoberfläche, welche zum vordern und hintern Ende des Samenfadenskopfes werden, einander meistens von vornherein nicht diametral gegenüberliegen.

Im weitem Verlauf wachsen nun die Birnformen allmählich zu langen Strängen aus, wobei das chromatische Fadengerüst sich mehr und mehr verdichtet. Die abgehobene Kernmembran liegt (Flemming) scheidenartig um den jungen Kopf, relativ weit von diesem abgerückt. Zwischen ihr und dem Kopf findet sich eine recht erhebliche Schicht von heller Substanz. Diese Substanz, offenbar Kernsaft, welcher in Folge der Verdichtung des Chromatingerüsts nach aussen entweichen musste, wird durchsetzt von Lininfäden, welche von der rauhen Oberfläche des jungen Kopfes zur Kernmembran herüber gespannt sind.

Weiterhin wird nun der ganze Kopf vollständig kompakt, wobei er die Form des reifen Samenfadenskopfes annimmt. Die Kopfoberfläche glättet sich; die Lininstränge, welche zwischen Kopf und Kernmembran ausgespannt waren, verschwinden, sei es nun, dass sie in den Kopf einbezogen werden oder sich im Kernsaft lösen.

Die Kernmembran erhält sich bis zum Ende dieser Periode oder auch noch darüber hinaus intact. Später ist nichts mehr von ihr wahrzunehmen; sie muss sich entweder aufgelöst oder, indem der Kernsaft in die Zelle übertrat, sich der Kopfoberfläche dicht angelegt haben. Jedenfalls ist eine Vermischung von Kernsaft und Zellsubstanz eingetreten.

Die Zellform richtet sich im Allgemeinen nach der Kernform; wie der Kern streckt sich auch die umgebende Zellsubstanz das weitere Verhalten der Centrankörperabkömmlinge, welche für mich im Mittelpunkt des Interesses standen, am klarsten zu erkennen ist.

in die Länge. Jedoch sind die Conturen der Zellen im Anfang noch häufig ausserordentlich unregelmässig. Während der vorhergehenden Periode war die Zellwand vielfach in schmale und spitze Fortsätze ausgezogen. Solche Ausbuchtungen der Zelloberfläche sind auch jetzt noch häufig vorhanden; jedoch sind sie im Gegensatz zu denen der ersten Periode breit und abgerundet.

Mit diesen Fortsätzen greifen die Zellen vielfach tief in einander ein. Der in Fig. 19 oben rechts sichtbare Kreis ist der optische Querschnitt eines solchen Fortsatzes, mit welchem eine Nachbarzelle in die Zelle der Fig. 19 eingreift.

Was die Bedeutung dieser Fortsätze anlangt, so möchte ich daran erinnern, dass die sich entwickelnden Samenfäden später sämmtlich einander parallel innerhalb der Spermatocyste zusammenliegen, sodass die Schwanzenden nach der Cystenwand zu gerichtet sind. Ich könnte mir denken, dass die beschriebenen Fortsätze dazu helfen, der heranwachsenden Samenzelle diese Lagerung zu ertheilen, um so mehr, als sie verschwunden sind, nachdem die jungen Köpfe sich stärker in die Länge gestreckt haben und die Parallelordnung derselben erreicht ist. Die Zellsubstanz bildet dann eine schlauchförmige Hülle um den Kopf.

Indem die Zelle noch stärker in die Länge wächst, wird die Einstülpung der Zellsubstanz, an deren Spitze der ringförmige Körper liegt, meistens mehr und mehr ausgekrämpt (Fig. 20—23), sodass er am Ende dieser Periode gewöhnlich am hinteren Pol der ganzen Zelle unmittelbar an der Zelloberfläche liegt, wo er die Einfassung eines Loches der Zellwand bildet.

Was die Structur der Zellsubstanz anbetrifft, so müssen wir mit Bezug auf diesen Punkt wieder centrale und periphere Partien des Hodens unterscheiden.

In den Zellen centraler Partien erkennt man, dass die Zellsubstanz mit dem Beginn dieser Periode anfängt, ein verändertes Aussehen zu zeigen. Die Filarmasse nimmt an Dichtigkeit erheblich ab; es macht mir den Eindruck, als wenn sie sich zum grössten Theil verflüssige. Das Zelleninnere sieht hell aus; nur auf der Innenseite der Zellwand findet sich ein spärlicher, körnig-fädiger Belag, von dem aus vereinzelte Fäden zum Kern hinübergespannt sind.

Die beschriebenen Bilder können auf den ersten Blick den Eindruck machen, als seien sie artefizieller Natur. Jedoch finden

sie sich in denselben Hoden unmittelbar neben früheren Stadien, die auf's beste konservirt sind. Wenn die Zellsubstanz daher in der That künstlich verändert ist, so ist wenigstens soviel sicher, dass sie von dem Beginn dieser Periode an den fixirenden Reagentien gegenüber besonders empfindlich ist.

In den peripheren Partien des Hodens dagegen ist ebenso wie bei den Entwicklungsstadien der ersten Periode in Folge der starken Osmiumwirkung eine körnige Koagulirung der Zellsubstanz eingetreten ¹⁾.

Besonderes Interesse können die weiteren Schicksale des stäbchen- und des ringförmigen Körpers beanspruchen, von denen wir gesehen haben, dass sie Abkömmlinge der Centralkörper sind. Von dem stäbchenförmigen Körper wissen wir durch Hermann, dass er an einer Stelle, welche zum distalen Ende des Samenfadenskopfes wird, in das Innere des Spermatidenkernes hineingeräth.

Dies geht in der folgenden, bisher noch nicht beschriebenen Weise vor sich.

Das Stäbchen lagert sich zunächst an die Kernmembran an, um sich weiterhin an ihr abzulatten (Fig. 16). Von der der Kernmembran aufliegenden Seite desselben wächst dann ein Zapfen aus durch die Kernmembran hindurch (Fig. 17—19). Dieser Zapfen schwillt nun im Inneren des Spermatidenkernes rasch an (Fig. 20). Das ganze Gebilde besteht dann aus einem grossen, innerhalb des Kerns gelegenen kugeligen Theil und einem Scheibchen, welches am hinteren Pol des verlängerten Kernes der Kernmembran aussen aufliegt; dadurch, dass Kugel und Scheibe die Kernmembran zwischen sich fassen, wird das ganze Gebilde an ihr fixirt.

Die Kugel wächst nun, während das Scheibchen schwindet, stark heran (Fig. 21), um sich weiter zu einem cylindrischen Körper (Fig. 22) umzuformen, welcher zunächst noch relativ kurz ist, aber bald die Länge des Mittelstücks des reifen Samenfadens erreicht (Fig. 23) und sich dann nach Fixirung mit Hermannschem Gemisch bei Anwendung der Eisenhämatoxylinmethode leichter als der ringförmige Körper entfärbt.

1) Meine Abbildungen der zweiten Periode betreffen, wie erwähnt, fast nur Zellen peripherer Hodenpartien.

Dieser cylindrische Körper (Fig. 23) entspricht jedoch nicht dem ganzen Mittelstück, sondern nur der von mir sog. „vorderen Partie“ desselben.

Der ringförmige Körper nimmt (Hermann) seine Lage an derselben Stelle, an welcher das Stäbchen in den Kern eingedrungen ist, aber ausserhalb der Kernmembran; es ist dasselbe Gebilde, welches Flemming zuerst auf Stadien, wie Fig. 18, als schüsselförmigen Körper beschrieben hat. Er erleidet im Lauf dieser Periode keine Formveränderungen, ausgenommen solche des Querschnitts. Sein Querschnitt, welcher vorher rund war, wird zunächst kommaförmig (Fig. 20—22) und ändert sich dann weiter so, dass er schliesslich halbmondförmig gestaltet ist (Fig. 23). Dass der Ring bis gegen Ende der Periode meistens an der Zelloberfläche zu liegen kommt, habe ich bereits oben mitgetheilt.

Was die Lagerung der beiden Centrankörper, bez. Centrankörperabkömmlinge zu einander anlangt, so ist diese, wie es durch die Verhältnisse bedingt wird, im Lauf des Entwicklungsprocesses konstant; mit Bezug auf die durch sie hindurch gelegte Axe scheint mir folgender Punkt von Interesse. Flemming hat früher (12) die Vermuthung ausgesprochen, dass durch die Verbindungslinie der beiden Centrankörper eine Axe der Zelle und zwar eine Axe mit ungleichwerthigen Enden gegeben sei. Die Spermatide hat sich nun im Verlauf der Umwandlung zu einem ausgesprochen bipolaren Gebilde (und zwar zu einem Radiargebilde) umgestaltet. Dabei scheint es mir mit Bezug auf die von Flemming geäusserte Muthmaassung bemerkenswerth, dass die durch die beiden Centrankörper hindurchgelegte Axe, bez. die Hauptaxe der Centrankörperabkömmlinge (eine Linie, deren Verlängerung nach der einen Seite durch den Axenfaden repräsentirt wird), welches auch Anfangs ihre Stellung zum Kern sein möge, später mit der Hauptaxe des ganzen Radiargebildes zusammenfällt.

Das Sphärenbläschen wird bis zum Anfang dieser Periode in der Nachbarschaft des stäbchen- und ringförmigen Körpers gefunden. In der Folge entfernt es sich nun von ihnen, indem es an der Kernperipherie herumrückt, wobei der ihm noch anliegende kleine Rest von Sphärensubstanz meistens völlig schwindet. Nach einer verschieden weiten Wanderung lagert es sich in einer Delle dem Kern an, an einer Stelle, welche später

zum Vorderende des Kopfes wird. Dieselbe liegt keineswegs demjenigen Punkt, an welchem der stäbchenförmige Körper durch die Kernmembran eindringt, gerade gegenüber, sondern ist meistens um einen kleineren Winkel als 180° auf der Kernoberfläche von ihm entfernt. Zwischen den beiden Fixationspunkten des stäbchenförmigen Körpers und des Sphärenbläschens an der Kernmembran wächst der Kern in die Länge und zwar in der Weise, dass die Verbindung beider Punkte schliesslich zur Hauptaxe eines Radiärgebildes wird.

Indem nun der Kern beginnt sich in die Länge zu strecken, tritt das Sphärenbläschen allmählich durch die Zellwand hindurch und aus der Zelle heraus. Verschiedene Stadien dieses Durchtritts sind in den Figuren 15—18 abgebildet. Das Sphärenbläschen liegt schliesslich vor der ganzen Zelle am Kopfende des heranwachsenden Samenfadens. Durch weitere Umwandlung geht aus ihm der von Retzius sog. Spiess hervor, und zwar in folgender Weise. Zuerst ist, wie gesagt, das Sphärenbläschen einer Delle des Kerns angelagert. Soweit beide, Kern und Sphärenbläschen, einander anliegen, tritt nun zwischen ihnen an der Oberfläche des letzteren eine dünne schalenförmige Schicht einer Substanz auf, die sich mit Eisenhämatoxylin intensiv schwarz färbt ¹⁾. Nach den mir vorliegenden Bildern hält es schwer zu entscheiden, ob diese Substanz zum Kern oder zum Sphärenbläschen gehört. Jedoch scheint sie mir vom Chromatin verschieden zu sein und möchte ich glauben, dass sie aus dem Inhalt des Sphärenbläschens abgeschieden wird, in ähnlicher Weise, wie das „färbbare Korn“, dessen Auftreten in der aus der Sphäre hervorgegangenen „Vacuole“ Benda bei Säugethieren zuerst beschrieben hat (vergl. unten pag. 133).

Indem nun der Kern Strangform annimmt, plattet sich die Delle ab; die erwähnte Schicht erhebt sich gegen das Centrum des Sphärenbläschens in Form eines Kegels, welcher zunächst eine breite Basis, aber nur geringe Höhe hat (Fig. 24). Von seiner Spitze aus wächst ein feines Fädchen mitten durch das Bläschen hindurch bis zur gegenüberliegenden Wand desselben.

Wenn weiterhin das Chromatin des Kopfes sich stärker

1) Bei starker Osmiumwirkung geht die Färbbarkeit verloren; daher ist an meinen Figuren 15—20, welche Zellen mit starker Osmiumwirkung betreffen, nichts von dieser Schicht wahrzunehmen.

verdichtet und der Querdurchmesser desselben in Folge dessen geringer wird, verschmälert sich auch die Basis des Kegels, während seine Höhe zunimmt (Fig. 25, 26). Zuletzt ist er in ein kurzes, am Grunde nur wenig dickeres Stäbchen umgewandelt (Fig. 27).

Wie der Kegel selbst, wächst auch das von seiner Spitze ausgehende Fädchen in die Länge.

Dieses Wachsthum eines axial gelegenen Theiles des Sphärenbläschens hat nun zu Folge, dass das ganze Gebilde sich mehr und mehr in die Länge streckt. Zuerst nimmt es eine auf dem optischen Längsschnitt ovale (Fig. 25), später eine Flammenform (Fig. 26) an; zuletzt hat sich seine Gestalt in eine lang lancettförmige umgewandelt (Fig. 27), welche der definitiven Form des Spiesses bereits sehr nahe steht.

Auf den weiteren Stadien der Entwicklung einen Innenkörper und eine Mantelschicht von einander zu trennen, ist mir durch Färbung bisher nicht gelungen. Dies ist aber, wie Ballo-witz (1) beschrieben hat, durch Maceration noch am reifen Samenfaden möglich.

Ueber die Entstehung desjenigen Theils des Spiesses, welcher sich am reifen Samenfaden als fadenförmige Fortsetzung des Innenkörpers nach hinten ins Innere (Retzius) oder in die Rindenschicht (Ballo-witz) des Kopfes verfolgen lässt, habe ich durch Beobachtung bisher nichts feststellen können, jedoch darf man wohl annehmen, dass derselbe von der Basis des Kegels (Fig. 24—27) nach hinten auswächst.

Ueber die Spiessbildung bei Salamandra lagen bisher nur Angaben von Flemming (11) und Hermann (13) vor. Während Flemming annahm, dass der Spiess aus der nicht färbbaren Substanz des Kerngerüsts hervorginge, leitete Hermann ihn von der achromatischen Kernmembran ab. Meine Beobachtungen zeigen dagegen, dass er ebenso wie die Kopfkappe bei Säugethieren (Benda, Moore) aus der Sphärensubstanz¹⁾ hervorgeht. Beide, Spiess und Kopfkappe, sind histogenetisch gleichwerthige Bildungen; der zuerst von Ballo-witz beschrie-

1) Der Ballen von Sphärensubstanz, der „farbloser Bestandtheil des Nebenkerns“ (Hermann) sollte nach Hermann mit dem Zelleib der Spermatide zu Grunde gehen.

bene Innenkörper des Spiesses dürfte dem Spitzenknopf der Kopfkappe analog sein.

Eine dritte und letzte Periode in der Entwicklung der Samenfäden datire ich von dem Auftreten des Flossensaums. Nach Hermann (13) sollte der letztere aus der Ringbildung hervorgehen. Diese Angabe ist aber unzutreffend. Auf Stadien, wo der Ring noch vollständig unverändert daliegt, sieht man neben dem Axenfaden diesem parallel eine zarte Linie verlaufen, welche den Randfaden des Flossensaums darstellt. An Eisenhämatoxylinpräparaten, die mit Alaunfuchsin nachgefärbt sind, kann man auch die dünne Membran selbst wahrnehmen, durch welche der Randfaden an den Axenfaden des Schwanzes angeheftet ist. Nach diesen Bildern bestehen hinsichtlich der Genese des Flossensaums, soweit ich sehe, zwei Möglichkeiten. Entweder könnte der Randfaden in ähnlicher Weise, wie vorher der Axenfaden, vom Mittelstück, bez. der vorderen Partie desselben auswachsen, und in demselben Maass, wie er sich am Axenfaden entlang herunterzieht, könnte sich zwischen ihm und dem Axenfaden die Membran ausspannen. Oder aber der Flossensaum könnte sich mit verdicktem, von dem Randfaden gebildetem Rande kammartig in ganzer Länge auf dem Axenfaden erheben. Ich bin nun der Ansicht, dass die Entwicklung auf letzterem Wege vor sich geht, und zwar deshalb, weil ich den Randfaden sofort in ganzer Länge neben dem Axenfaden liegen sehe.

Zu dieser Ansicht stimmt es auch, dass die Entfernung zwischen Axen- und Randfaden, d. i. also die Breite des Flossensaums, zuerst nur sehr gering ist, dann aber mehr und mehr zunimmt, bis der Flossensaum seine definitive Breite erreicht hat.

Der Querschnitt des Axenfadens, welcher bis zum Anfang dieser Periode rund war, beginnt nach dem Auftreten des Flossensaums sich allmählich hufeisenförmig umzugestalten.

Sehr bald tritt ausserdem ein Längenwachsthum des Randfadens auf. Hieraus resultirt einmal, dass der freie Rand des Flossensaums sich in wellenförmige Biegungen legt, und zweitens, dass schliesslich der Randfaden den Axenfaden um eine Strecke weit überragt und das hinterste Ende des ganzen Samenfadens bildet.

Mit dem Auftreten des Flossensaums ist nun der heranwachsende Samenfaden, welcher bis dahin ein Radiärgebilde darstellte, bilateral-symmetrisch geworden; diejenige Seite desselben, auf welcher sich der Flossensaum erhebt, will ich, wie gesagt, mit Czermak (7) als Rückenseite bezeichnen. Ich bemerke noch besonders, dass bei allen Samenfäden eines Bündels die Randfäden auf denselben Seiten der Axenfäden gefunden werden, sodass die Medianebenen der Samenfäden eines Bündels einander sämtlich parallel liegen.

Bald nachdem der Flossensaum zuerst aufgetreten ist, beginnt auch die Bildung der sog. Hülle des Axenfadens. Dieselbe umgibt am reifen Samenfaden den Axenfaden nicht vollständig, wie oben besprochen wurde, sondern ist ihm nur einseitig, auf der Bauchseite, aufgelagert. Sie wird in der Weise gebildet, dass Zellsubstanz sich an der Bauchseite des Axenfadens entlang gegen das untere Ende zu hinunterzieht. Dabei muss der Ring, welcher am hintern Ende der ganzen Samenzelle die Einfassung eines Loches in der Zellenwand bildet, nothwendiger Weise in seinem Verhalten alterirt werden. Er erfährt zunächst Formveränderungen (Fig. 28—34) und schliesslich eine Theilung in zwei Hälften, indem die ventrale Hälfte des Ringes von der sich caudalwärts vorschiebenden Zellsubstanz mitgenommen wird (Fig. 35—39).

Im Einzelnen stellen sich die Vorgänge folgendermaassen dar. Der Ring zieht sich zunächst von dorsal- nach ventralwärts in die Länge und biegt sich dann um eine zur Medianebene senkrechte Axe so durch, dass die Concavität gegen den Kopf zu gerichtet ist. Fig. 28 zeigt den durchgebogenen Ring in der Seitenansicht, Fig. 29 in der Ansicht von der Rückenseite. Sieht man halb von vorn (bez. hinten) und halb von der Seite auf den Ring, so bekommt man beim Heben und Senken des Tubus eine im Ganzen ∞ -förmige Figur zu Gesicht (Fig. 30).

Der in dieser Weise umgestaltete Ring beginnt nun in einem nächsten Stadium sich mit seiner ventralen Umbiegungsstelle vom Mittelstück zu entfernen, während die dorsale an Ort und Stelle liegen bleibt (Fig. 31). In Seitenansichten (Fig. 31) erkennt man, dass sich seine Krümmung dabei in der Weise ändert, dass jetzt an einer Stelle eine stärkere Einknickung auftritt. Letztere liegt aber nicht in der Mitte der Längsseite,

sondern etwas weiter ventralwärts, so dass der Ring in der Seitenansicht aus einem kürzeren Schenkel besteht, der mit dem Axenfaden einen Winkel von ungefähr 45° bildet, und einem längeren, der ihm nahezu parallel verläuft. Beide Schenkel gehen abgerundet in einander über.

Weiterhin wird nun die grössere proximale Partie des Ringes noch einmal eingeknickt und zwar in der Weise, dass die Concavität der Einknickung caudalwärts sieht (Fig. 32—34). Der ganze Ring ist also jetzt pessarförmig umgestaltet, so dass er in der Seitenansicht etwa S-förmig (bez. (Fig. 32) umgekehrt S-förmig) aussieht. Der zwischen den beiden Einknickungsstellen gelegene mittlere Theil liegt dem Axenfaden ungefähr parallel; von den beiden Bügeln des Pessars ist der proximale auf der dorsalen, der distale auf der ventralen Seite des Axenfadens gelegen. Die Zellwand setzt nach wie vor an den Ring an, erstreckt sich also auf der ventralen Seite des Axenfadens weiter nach hinten.

In einem nächsten Stadium reisst nun der in dieser Weise umgestaltete Ring in der Mitte durch.

Von den beiden Hälften bleibt die dorsale an der Rückenseite des Axenfadens an Ort und Stelle liegen. Ihre caudalwärts umgebogenen Enden sind dem Axenfaden angelagert. Sie bildet auf der Rückenseite des letzteren die Begrenzung eines Loches der Zellwand, durch welches hindurch sich der Randfaden bis zur vordern Partie des Mittelstücks verfolgen lässt (Fig. 35—39).

Die ventrale Ringhälfte dagegen beginnt mit der Zellsubstanz zur Bildung der Mantelschicht an der Bauchseite des Axenfadens entlang zu wandern, wobei ihre beiden freien, proximalwärts umgebogenen Enden auf dem Axenfaden gleiten (Fig. 35 bis 39). Die Zellwand heftet sich dabei fest auf den Kanten, welche die (Anfangs noch flache) Rinne auf der dorsalen Seite des Axenfadens beiderseits einfassen. Die Ringhälfte erreicht aber nicht das Ende des Axenfadens, sondern bleibt vorher liegen an einer Stelle, welche die Grenze zwischen Hauptstück und Endstück des Schwanzes bezeichnet¹⁾ (Fig. 48).

Zu dieser Auflagerung auf der Bauchseite des Axenfadens

1) An Samenfäden, die aus dem Vas deferens entnommen waren, habe ich sie allerdings an dieser Stelle (Fig. 48) bisher nicht nachweisen können.

wird allmählich die Zellsubstanz um den Kopf herum verbraucht, in Folge dessen sich die äussere Zellwand im Bereich des Kopfes der Oberfläche des letzteren immer mehr nähert, um sich schliesslich ihr fest anzulegen (Fig. 39—44).

Zuweilen bleibt jedoch noch an einer Stelle ein grösserer Haufen von Zellsubstanz liegen, welcher dann eine halbkugelige Hervorragung am Samenfadenkopf bildet.

Der Samenfaden ist nunmehr fertig bis auf die von mir sog. hintere Partie des Mittelstücks, welche aus der liegen gebliebenen dorsalen Ringhälfte hervorgeht in einer Weise, deren Sinn mir bisher noch dunkel geblieben ist.

Wenn man bei Seitenansichten von Samenfäden aus dem Februar oder März, bei welchen die Bildung der sog. Mantelschicht meistens nahezu beendet ist, auf die Medianebene einstellt (Fig. 41), so kann man am hintern Ende der „vordern Partie des Mittelstücks“ auf der Rückseite des Axenfadens ausser dem optischen Querschnitt der von früher bekannten Ringspange vorn und innen von diesem einen zweiten kleinern Punkt wahrnehmen. Beim Heben und Senken des Tubus erkennt man dann, dass dieser letztere Punkt den optischen Querschnitt einer zweiten kleineren Ringspange darstellt; deren Enden ebenfalls am Axenfaden liegen (Fig. 42). Der erste Halbring bildet nach wie vor die Begrenzung eines auf der dorsalen Seite des Axenfadens gelegenen Loches in der Zellwand, während der zweite, neu hinzugekommene innerhalb der Zellsubstanz gelegen ist.

Was die Entstehung dieses zweiten Halbrings anlangt, so spaltet er sich von dem ersten ab, und zwar anf dessen unterer und innerer Seite (Fig. 40). Zuerst laufen beide Reifen zusammen, später sind sie durch einen kleinen Zwischenraum von einander getrennt.

Noch vordem diese Verdoppelung der dorsalen Ringhälfte eintritt, haben Veränderungen am hintern Ende der „vordern Partie des Mittelstücks“ begonnen, die ebenfalls mit der Bildung der „hintern Partie des Mittelstücks“ in Zusammenhang stehen.

Bereits auf denjenigen Stadien, auf welchen die Zellsubstanz anfängt sich am Axenfaden herunterzuschieben, sieht man (Fig. 28, 32) einen hellen Zwischenraum zwischen Axenfaden und vorderer Partie des Mittelstücks auftreten. Diese Erscheinung

rührt daher, dass am hintern Ende der letzteren, am Ursprung des Axenfadens beginnend, eine Art Einschmelzungsprocess auftritt, in Folge dessen dieses Ende mit Eisenhämatoxylin nicht mehr färbbar ist oder wenigstens bei Differenzirung den Farbstoff leicht abgiebt. Später geht der Process stärker vor sich an Theilen des Hinterendes, die von der Axe des Samenfadens entfernt liegen, so dass bald am Hinterende ein Zapfen vorragt in einer Weise, wie es die Figg. 35—42 zeigen; und zwar reicht die Einschmelzung auf der dorsalen Seite weiter nach vorn als auf der ventralen.

Nachdem schliesslich auch der Zapfen geschwunden ist, ist die vordere Partie des Mittelstücks an ihrem hintern Ende in der Weise von vorn und dorsal nach hinten und ventral abgeschrägt, wie ich es bereits oben bei der Schilderung des reifen Samenfadens beschrieben habe.

Auf das in dieser Weise abgeschrägte hintere Ende der vordern Mittelstückspartie lagert sich nun zunächst die zweite, abgespaltene Ringhälfte auf, indem sie sich gegen den Kopf zu vorschiebt; die andere Ringhälfte bleibt zunächst noch daneben liegen (Fig. 43); Bilder wie dieses sind in Hoden aus dem Juni und Juli zahlreich zu finden.

Später schiebt sich auch die andere Ringhälfte proximalwärts vor; beide Ringhälften verschmelzen und bilden auf diese Weise die hintere, kleinere Partie des Mittelstücks (Fig. 44, 45).

Der reife Samenfaden des Salamanders stellt eine vollständige umgewandelte Zelle dar, deren Kern im Kopf, deren Cytoplasma im Schwanzfaden, deren Sphärensubstanz im Spiess enthalten ist. Von den beiden Centralkörpern der Spermatide ist der eine zur grössern vordern Partie des Mittelstücks herangewachsen; der andere Centralkörper ist zur Hälfte in die Bildung der kleinern hintern Partie des Mittelstücks aufgegangen; die zweite Hälfte dagegen ist an der Spitze der Zellsubstanz am Axenfaden bis zur Grenze zwischen Hauptstück und Endstück des Schwanzes entlang gewandert. Eine Abstossung von irgendwelchen Theilen der Spermatide hat im Laufe ihrer Entwicklung zum Samenfaden nicht stattgefunden.

Was die zeitlichen Verhältnisse des Entwicklungsprocesses anlangt, so zieht sich derselbe über ein ganzes Jahr hin. Er beginnt nach Ablauf der zweiten Reifungstheilung im Juli oder

August des einen Jahres und dauert mindestens bis Ende Juli des folgenden Jahres. Wenn das Sperma reif ist, wird es meistens sofort in die Ausführungsgänge befördert, wo es auf weitere Verwendung wartet.

Bei der vorliegenden Untersuchung kam es mir vor Allem darauf an, über die Verwendung der Centralkörper und der Sphäre beim Aufbau des Samenfadens Aufschluss zu bekommen.

Dass eine Beziehung zwischen Mittelstück und Centralkörper vorhanden ist, stand auf Grund des Verhaltens des Samenfadens im befruchteten Ei schon seit Langem fest.

In allen bisher untersuchten sehr zahlreichen Fällen war nämlich beobachtet worden, dass, nachdem der Samenfaden ins Ei eingedrungen ist, eine Strahlung um das Mittelstück desselben sich entwickelt. Man hat daraus geschlossen, dass das Mittelstück den Centralkörper in sich birgt. Meine Beobachtungen zeigen dagegen, dass derjenige Theil des Samenfadens, welchen man bei Salamandra als Mittelstück bezeichnet, ganz aus Centralkörpersubstanz gebildet wird.

Speziell bei Amphibien hat zuerst Fick (9) die Entstehung einer Plasmastrahlung „aus“ dem Verbindungs- oder Mittelstück des eingedrungenen Samenfadens beobachtet. Er hat ausserdem gezeigt, dass letzteres sich bei Anwendung der Eisenhämatoxylinmethode intensiv schwarz färbt, also dieselbe Reaction giebt wie die Centralkörper der Zellen. Er fand es aber höchst unwahrscheinlich, dass das ganze Verbindungsstück ein etwa in die Länge gezogenes Centrosoma darstellen sollte, da es viel zu gross dafür sei, und versuchte deshalb, durch weitere Differenzirung zur Darstellung feinerer Details im Verbindungsstück, etwa eines oder mehrerer Centrosomen zu gelangen, ein Versuch, der resultatlos bleiben musste, weil, wie wir gesehen haben, thatsächlich das ganze Mittelstück aus Centralkörpersubstanz besteht.

Während also, wie gesagt, alle Beobachtungen über das Verhalten des Samenfadens im befruchteten Ei auf das Mittelstück als Sitz der Centralkörper hinweisen, sind dagegen sämtliche Autoren, welche die Histogenese der Samenfäden unter Berücksichtigung der Centralkörper untersucht haben, mit einer einzigen Ausnahme zu dem Ergebniss gelangt, dass die Centralkörper an das vordere Kopfbende des Samenfadens treten. Nur Wilcox (22) ist bisher beim Studium der Spermatogenese einer

Heuschrecke, *Caloptenus*, zu dem Resultat gekommen, dass hier ein Körper, von welchem er nach Lage, Färbbarkeit und Grösse glaubt, dass es sich um ein Centrosom handelt, in das Mittelstück aufgeht.

Betrachten wir zunächst die Angaben, welche über das Verhalten von Sphäre und Centralkörpern bei Wirbelthieren vorliegen! Hinsichtlich des Schicksals der Sphäre haben Benda (3, 4), Moore (18) und C. Niessing (15) unter einander der Hauptsache nach übereinstimmende Beschreibungen gegeben, die auch mit meinen Befunden bei *Salamandra* durchaus im Einklang stehen. Ueber die Verwendung der Centralkörper dagegen liegen Angaben von Moore (18, 19), Bühler (6) und C. Niessing (15) vor, die unter einander stark differiren und mit den von mir bei *Salamandra* gewonnenen Resultaten nicht übereinstimmen.

Benda hat (3) 1891) bei Säugethieren zuerst festgestellt, dass die Sphärensubstanz Kopfkappe und Spitzenknopf aus sich hervorgehen lässt.

In den Spermatiden sondert sich das Archiplasma in zwei Bestandtheile. Der eine blasser und homogen färbbare geht mit dem Zelleib der Spermatide zu Grunde. Der andere dagegen theiligt sich beim Aufbau des Spermatozoons. Er erscheint zuerst als zartwandige Vacuole, die einen bei vielen Säugern kornartigen, beim Meerschweinchen einen fast die ganze Vacuole erfüllenden stark färbbaren Körper enthält. Er stellt sich an den proximalen Pol des Spermatidenkerns und wandelt sich in die Kopfkappe, das Korn in den Spitzenknopf des Spermatozoons um.

Ein von Benda als „chromatoider Nebenkörper“ bezeichnetes Gebilde, welches nach ihm den von Hermann sog. chromatischen Bestandtheilen des Nebenkerns bei *Salamandra* (Stäbchen und Ring) entspricht, kommt bereits in den Spermatocyten zur Beobachtung. Da dasselbe aber neben Centrosomen vorkommen kann und durchaus keine konstanten Beziehungen zum Archiplasma erkennen lässt, ist seine Herleitung aus diesem Zelltheil nach Benda unsicher, und ist vielleicht in Betracht zu ziehen, ob es sich um ein vom Kern isolirtes Chromosom handeln könnte. Während nun dieser chromatoide Nebenkörper in den Spermatocyten einfach gebaut ist, lässt er bei den Spermatiden eine complicirtere Natur erkennen; er besteht hier, wie beim Salamander, aus zwei Bestandtheilen, von denen der eine grössere bei vielen der untersuchten Species (auch beim Menschen) ringförmig ist. Letzterer steht zum Spiralfaden des Verbindungsstücks in Beziehung, während der andere Theil des Nebenkörpers zum Endknopf des Axenfadens zu werden scheint.

Bei Sauropsiden konnte Benda (4) die Entstehung der Kopfkappe auf die Verhältnisse bei Säugethieren zurückführen. Der chromatoide Nebenkörper tritt zuerst als ein extrem kleines Pünktchen auf, welches sich an den distalen Kernpol begiebt. An diesem erscheint später der Geisselfaden, „und es ist zu erkennen, dass die Hauptmasse des chromatoiden Nebenkörpers seitlich von dem Ansatz des Geisselfadens gelagert ist und jetzt als kurzes Stäbchen erscheint. Dass ein besonderer Theil als Endknopf der Geissel abgespalten wird, ist hier nicht zu erkennen, sondern nur aus der Analogie zu vermuthen; jedenfalls ist das stäbchenförmige Gebilde nur mit dem Ringtheil des Nebenkörpers in Analogie zu bringen.“

Die Entstehung der „Vacuole“ und des „färbbaren Korns“ (Benda) aus der Sphärensubstanz ist dann zuerst von Moore (18) genauer beschrieben worden. Moore schildert bei Säugethieren, dass sich das Archoplasma der Spermatide 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. Eine undifferenzierte Portion von Archoplasma (residual archoplasm) bleibt an der Aussenseite des Archoplasmabläschens liegen.

Das Archosom wird nun dem Kopfende des Spermatozoons angelagert und bildet, nach Moore allein, die Kopfkappe; das „residual archoplasm“ wird mit der degenerirenden Zellsubstanz abgestossen.

Ueber das Schicksal der Centralkörper macht Moore folgende Angaben. Centralkörper treten in der Spermatide auf, wenn der Kern beginnt sich in die Länge zu strecken, nachdem sie bereits vorher bald nach Ablauf der letzten Spermatocytenheilung sichtbar gewesen, dann aber wieder verschwunden waren. Sie lagern sich an die Basis des Axenfadens und verschmelzen hier zu einer einheitlichen Masse zusammen mit einem kleinen Körperchen, welches den Ausgangspunkt des Axenfadens bildet (cercosom), und einem Chromatinkörper, der auf Kosten von eliminirtem Kernchromatin entstanden ist. In einem nächsten Stadium findet ein plötzlicher Schwund des Chromatinkörpers statt, dessen Substanz wieder in den Kern aufgenommen wird. Man sieht jetzt den Axenfaden wieder zu seiner Insertion am Cercosom verlaufen und ferner nahe seiner Insertionsstelle zwei kleine Körperchen, je eines auf jeder Seite des Axenfadens, welche nach Moore die Centralkörper darstellen. Weiterhin werden die Centralkörper dislocirt und schliesslich dem Samenfadendkopf so eng angelagert, dass es unmöglich ist, ihr ferneres Verhalten zu verfolgen.

In einer zweiten Arbeit über Spermatogenese bei Elasmobranchiern (19) beschreibt Moore, dass nach Ablauf der zweiten Reifungstheilung die Archoplasmen über die Oberfläche des Kerns entlang einer Furche äquatorialwärts wandern. Wenn sie einen Punkt

mitten zwischen der polaren und äquatorialen Kernoberfläche erreicht haben, bewegen sie sich von der Kernmembran fort gegen die Zellperipherie zu. Die Centralkörper treten an die Oberfläche des Archoplasmas, und von diesem aus wächst die Anlage des Schwanzes als ein feiner Faden aus der Zelle heraus.

Am Ursprungspunkt dieses Fadens tritt weiterhin im Archoplasma ein klares rundes Bläschen auf, welches grösser wird und sich mit dem umgebenden Archoplasma und den Centralkörpern dem Kern anlagert. In der Folge wandert nun der Anheftungspunkt des Schwanzfadens, während Archoplasmabläschen und Centralkörper an Ort und Stelle liegen bleiben, fort, an der Kernoberfläche entlang, bis er dem Archoplasmabläschen gegenüber zu liegen kommt. Aus dem letzteren geht die Kopfkappe des Samenfadens hervor. Die Centralkörper gehen entweder unter oder werden, wenn sie in die Kopfkappe übergehen, jedenfalls ununterscheidbar.

Bühler (6) giebt an, dass bei Bufo ein kleines Kügelchen, welches er für einen Centralkörper hält, durch einfaches Längenwachsthum zum Schwanz mit seinen beiden Randfäden sich entwickelt. Das Mittelstück soll aus dem Chromatin, der Spiess aus der Membran des Kernes hervorgehen.

Die von C. Niessing (15) gegebene Darstellung stimmt hinsichtlich des Verhaltens der Sphäre mit der Benda-Moore'schen der Hauptsache nach überein, unterscheidet sich jedoch von dieser dadurch, dass nach Niessing ausser Bestandtheilen der Sphäre auch die Centralkörper in die Kopfkappe und zwar in den Spitzenknopf aufgenommen werden.

Die Spermatiden des Meerschweinchens enthalten eine Sphäre, in deren Innern nach Niessing 2—3 Centralkörper nachweisbar sind.

Aus den Microsomen der Sphäre entstehen grössere, runde, dunkel und scharf gefärbte Kügelchen. In derselben Weise verändern sich auch die Centralkörper; anstatt mehrerer Centralkörper ist nur noch ein einziges den veränderten Microsomen gleichendes Kügelchen vorhanden. Welches Kügelchen aus der Centralkörpergruppe hervorgegangen ist, ist später nicht mehr zu entscheiden. Weiterhin nehmen die Kügelchen an Zahl ab und vereinigen sich durch Verschmelzung mit einander zu wenigen grösseren, welche sich innerhalb der Sphäre jedes mit einem glashellen, kugelschalenartigen Körper umgeben.

Durch weitere Verschmelzung der Kügelchen entsteht ein einziges Korn, „Mitosom“ von Niessing genannt, offenbar dem „färbbaren Korn“ Benda's und dem Archosom Moore's entsprechend, welches von einem einzigen glashellen Körper umgeben ist. Aus dem glashellen Körper geht die Kopfkappe, aus dem Mitosom der Spitzenknopf hervor; in letzterem sind nach Niessing die Centralkörper enthalten.

C. Niessing's Angaben über die Verwendung der Centralkörper beim Aufbau der Säugethierspermatozoon kann ich

ebensowenig wie diejenigen Moore's für richtig halten. Ich bin vielmehr mit Hermann (14) der Meinung, dass die Centralkörper bei Säugethieren im sog. Endknöpfchen des Axenfadens enthalten sind, welches ich, wie auch Hermann, als gleichwerthig mit dem Mittelstück bei Salamandra betrachte.

Hermann ist zu diesem Resultat im Hinblick auf die Beobachtungen Fick's gekommen, und, weil er (13) in den Spermatiden der Maus ebenso wie in denen des Salamanders einen Nebenkern gefunden hat, der sich aus einem nicht färbbaren Element und einem Kügelchen, welches Farbstoff annimmt, zusammensetzt. Von letzterem beschreibt er, dass es mit dem sich umbildenden Spermatidenkern in Verbindung tritt, „um dann am relativ ausgereiften Samenkörper den Anfangstheil des Axenfadens, das sog. Endknöpfchen zu bilden“.

Die Richtigkeit der von Hermann bei der Maus beschriebenen Beobachtungen, auf welche hin er zu obigem Ergebniss gelangt ist, wird allerdings von C. Niessing (15) bestritten. Es hat aber auch Benda (3) bereits oben citirte Befunde mitgetheilt, nach welchen in den Spermatiden von Säugethieren ein sog. chromatoider Nebenkörper vorhanden ist, der ebenso wie bei Salamandra aus zwei Bestandtheilen besteht, von welchen der eine zum Spiralfaden des Verbindungsstücks in Beziehung steht, „während der andere Theil des Nebenkörpers zum Endknopf des Axenfadens zu werden scheint“¹⁾.

Bei wirbellosen Thieren liegen über die Verwendung des von v. la Valette St. George entdeckten sog. Nebenkerns beim Aufbau der Samenfäden zahlreiche unter einander differirende Angaben vor, von deren Aufführung ich absehen möchte. Ueber das Schicksal der Centralkörper haben meines Wissens bisher nur Platner (20), Field (10) und Wilcox (22) Beobachtungen²⁾ mitgetheilt.

1) Ich selbst habe bei der Ratte die weitem Schicksale der Centralkörper, welche ich hier in jungen Spermatiden in der gleichen Lage wie in Fig. 3, 4 unmittelbar unter der Zelloberfläche auffand (vgl. pag. 16, Anm. 1), bisher noch nicht genauer verfolgen können, so dass ich über die Beziehung der Centralkörper zum chromatoiden Nebenkörper Benda's auf Grund eigener Beobachtung keine Auskunft zu geben vermag. Ich hoffe jedoch, über diese Verhältnisse binnen Kurzem Mittheilung machen zu können.

2) In der Arbeit von Calkins: The Spermatogenesis of Lumbricus (Journal of Morphology, vol. II, 1895) ist nicht von den Central-

Platner (20) fand in den Spermatiden von Lepidopteren (*Pygaera bucephala* und *Sphinx Euphorbiae*) ein Centrosom, welches kurz nach Ablauf der letzten Spermatocytentheilung noch von einer Strahlung umgeben ist, und ferner zwei Gebilde, welche aus den Spindelfasern hervorgegangen sind und als grosses und kleines „Mitosoma“ unterschieden werden. Bei der Umwandlung in Samenfäden lagert sich das Centrosoma an die Spitze des Kopfes, während die Mitosomen eine Umhüllung um den Axenfaden bilden.

Ebenfalls bei Echinodermen lagert sich nach G. W. Field (10) das Centrosom an das vordere Kopfende, während der Nebenkern in das Mittelstück übergeht.

Wilcox (22) ist, wie gesagt, bisher der einzige gewesen, welcher eine Beziehung zwischen Centralkörper und Mittelstück auf Grund spermatogenetischer Untersuchung behauptet hat. In den Spermatiden von *Caloptenus femur-rubrum* fand er ausser einem aus den Spindelfasern der letzten Reifungstheilung hervorgegangenen Nebenkern einen Körper, welchen er nach Lage, Färbbarkeit und Grösse für ein Centrosom hält. Beide Gebilde liegen zuerst an entgegengesetzten Seiten des Kerns; das Centrosom wandert dann aber um den Kern herum und lagert sich zwischen ihm und dem Nebenkern an die Kernmembran an. Weiterhin streckt es sich zur Bildung des Mittelstücks in die Länge, während der Nebenkern den Axenfaden des Schwanzes aus sich hervorgehen lässt.

Untersuchungsmethode.

Die Untersuchungsmethode war die bereits bei einer früheren Arbeit für das Studium der Spermatocyten angewandte: Fixirung der Hoden mit dem Hermann'schen Osmiumgemisch, in welchem sie meistens ein bis zwei Monate belassen wurden; ein Theil wurde dann, nach dem Auswaschen in fliessendem Wasser, noch in toto mit rohem Holzessig weiter behandelt. Einbettung in Paraffin. Aufkleben der (6—10 μ dicken) Schnitte mit Eiweiss, kombinirt mit Wasser. Färbung nach der Eisenhämatoxylinmethode von M. Heidenhain, welche ich neuerdings in der Weise anwandte, dass die Schnitte sowohl in dem schwefelsauren Eisenammonoxyd als auch in dem wässerigen Hämatoxylin je 24 Stunden verblieben. Für einige Zwecke erwies sich eine Nachfärbung mit Fuchsin als vortheilhaft.

körpern, sondern nur vom Archoplasma die Rede, welches nach Calkins das Mittelstück des Spermatozoon bildet.

Für das Studium von reifen Sperma (aus dem Vas deferens) verwandte ich ausserdem Ausstrichpräparate, die in 1%iger Osmiumsäure fixirt und in Alaunfuchsin oder Gentiana 24 Stunden lang gefärbt wurden. Ueber das Verhalten der kleinern hintern Partie des Mittelstücks bei diesen Färbungen vergl. Text pag. 112; die Mantelschicht des Schwanzes erhielt ich zuweilen farblos (Fig. 45, 46), zuweilen mitgefärbt (Fig. 48).

Literaturverzeichniss ¹⁾.

1. Ballowitz, E., Untersuchungen über die Structur der Spermatozoen. Arch. f. mikr. Anat. Bd. 36, 1890.
2. Derselbe, Fibrilläre Structur und Contraktilität. Arch. f. Physiol. Bd. 46, 1890.
3. Benda, C., Neue Mittheilungen über die Entwicklung der Genitaldrüsen und über die Metamorphose der Samenzellen. Verh. d. physiol. Ges. zu Berlin 1891/92, Nr. 4 u. 5.
4. Derselbe, Ueber die Histogenese des Sauropsidenspermatozoons. Verh. d. anat. Ges. Wien 1892.
5. v. Brunn, A., Beiträge zur Kenntniss der Samenkörper und ihrer Entwicklung bei Säugethieren und Vögeln. Arch. f. mikr. Anat. Bd. 23, 1884.
6. Bühler, Spermatogenese bei *Bufo vulgaris*. Verh. d. anat. Ges. Basel 1895.
7. Czermak, J. N., Ueber die Spermatozoiden von *Salamandra atra*. Ein Beitrag zur Kenntniss der festen Formbestandtheile im Samen der Molche. Gesammelte Schriften, Bd. I. Leipzig 1879.
8. Eimer, Th., Untersuchungen über den Bau und die Bewegung der Samenfäden. Verh. d. physik.-mediz. Ges. Würzburg, N. F. Bd. VI, 1874.
9. Fick, R., Ueber die Reifung und Befruchtung des Axolotleies. Zeitschr. f. wiss. Zoologie, Bd. 56, 1893.
10. Field, G. W., Echinoderm Spermatogenesis, Anatomischer Anz. Jahrg. 9, 1893.
11. Flemming, W., Weitere Beobachtungen über die Entwicklung der Spermatozoen bei *Salamandra maculosa*. Arch. f. mikr. Anat. Bd. 31, 1887.
12. Derselbe, Neue Beiträge zur Kenntniss der Zelle. Arch. f. mikr. Anat. Bd. 37, 1891.

1) Es sind nur diejenigen Arbeiten aufgenommen worden, auf welche im Text verwiesen ist.

13. Hermann, Fr., Beiträge zur Histologie des Hodens. Arch. f. mikr. Anat. Bd. 34, 1889.
14. Derselbe, Urogenitalsystem. Ergeb. d. Anat. u. Entwicklungsgesch. Bd. 2, 1892.
15. Niessing, C., Die Betheiligung von Centralkörper und Sphäre am Aufbau des Samenfadens bei Säugethieren. Arch. f. mikr. Anat. Bd. 48, 1896.
16. Meves, Fr., Ueber die Entwicklung der männlichen Geschlechtszellen von *Salamandra maculosa*. Arch. f. mikr. Anat. Bd. 48, 1896.
17. Derselbe, Ueber Structur 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. V., Nr. 5. 1897¹⁾.
18. Moore, J. E. S., Some Points in the Spermatogenesis of Mammalia. Internat. Monatschr. f. Anat. u. Physiol., Bd. II, 1894.
19. Derselbe, On the Structural Changes in the Reproductive Cells during the Spermatogenesis of Elasmobranchs. Quart. Journ. of microsc. sc. vol. 38, 1895.
20. Platner, G., Beiträge zur Kenntniss der Zelle und ihrer Theilung. V. Samenbildung und Zelltheilung im Hoden der Schmetterlinge. Arch. f. mikr. Anat. Bd. 33, 1889.
21. Retzius, G., Zur Kenntniss der Spermatozoen. Biologische Untersuchungen. Jahrg. 1881.
22. Wilcox, E. V., Further Studies on the Spermatogenesis of *Caloptenus femur-rubrum*. Bull. of. the Museum of Comparative Zoology at Harvard College, vol. 29, 1896.

Erklärung der Figuren auf Tafel VII u. VIII.

Sämmtliche Figuren sind mit Zeiss' Apochromat 2 mm (Apert. 1,40) und Ocular 12 (Tubuslänge 16 cm, Projection auf Objekttischhöhe) unter Benutzung des Abbe'schen Zeichenapparates entworfen.

Fig. 1—44 sämmtlich nach Präparaten, die mit dem Hermannschen Osmiumgemisch fixirt und nach der Eisenhämatoxylinmethode von M. Heidenhain gefärbt sind. Die Präparate, nach denen die Figg. 29, 30 und 34 gezeichnet sind, sind mit Alaunfuchsin nachgefärbt.

Fig. 1. Eine Tochterzelle der zweiten homoeotypisch verlaufenden Reifungstheilung. Centralkörper, von Strahlung umgeben, oberhalb der ursprünglichen Polstelle gelegen.

Fig. 2—43. Histogenese der Samenfäden.

Fig. 2—14. Erste Entwicklungsperiode. Zellen centraler Partien des Hodens. Juli oder erste Hälfte des August.

1) Enthält eine vorläufige Mittheilung über den Inhalt der vorliegenden Arbeit.

- Fig. 2. Zwei Tochterzellen der zweiten Reifungstheilung nach Abschluss der Telophase. Centralkörper in der linken Tochterzelle stark, in der rechten nur wenig gegen die neugebildete Zellwand zu verschoben; unmittelbar unter der Zelloberfläche gelegen, so, dass ihre Verbindungslinie senkrecht zu dieser steht. Zwischen Centralkörpern und Kern Ballen von Sphärensubstanz.
- Fig. 3, 4. Axenfaden von dem peripheren Centralkörper auswachsend. In 3 Vacuolen in der Sphärensubstanz sichtbar; in 4 leichte Einziehung der Zelloberfläche an der Stelle, wo ihr der mehr periphere der beiden Centralkörper anliegt.
- Fig. 5, 6, 7. Centralkörper gegen das Centrum der Zelle zu verlagert. Einstülpung der Zelloberfläche. Axenfaden nur in 7 wahrnehmbar. Text pag 117. In 6 Vacuolen in der Sphärensubstanz.
- Fig. 8, 9. Der mehr periphere der beiden Centralkörper zu einem kleinen Scheibchen, dessen Fläche senkrecht zur Längsaxe der Einstülpung gelegen ist, der mehr centrale in 9 zu einem kurzen Stäbchen herangewachsen. Vacuolen in der Sphärensubstanz.
- Fig. 10. Das Scheibchen (Fig. 8, 9) ringförmig geworden. Unter den Vacuolen der Sphärensubstanz ist eine grössere aufgetreten.
- Fig. 11—14. Weitere Entwicklungsstadien von Stäbchen und Ring. Das Stäbchen (in 11—13 mehr von den Enden, in 14 von der Seite gesehen) lässt in 14 Zusammensetzung aus zwei Parallelstäben erkennen. In Fig. 11 wird die Sphärensubstanz von Stäbchen und Ring verdeckt und ist deshalb nicht mitgezeichnet. Fig. 12—14 Sphärenbläschen mehr und mehr heranwachsend; Rest von Sphärensubstanz ist ihm lunulaartig angelagert. Einstülpung der Zelloberfläche, an deren Spitze der Ring liegt, nicht (Fig. 14) oder nur theilweise Fig. 12, 13) zu erkennen. In Fig. 12 Zellwand in mehrere spitz endigende Fortsätze ausgezogen.
- Fig. 15—27. Zweite Entwicklungsperiode des Samenfadens. Mitte August bis Mitte September.
- Fig. 15—20. Zellen mit starker Osmiumwirkung aus den peripheren Partien des Hodens.
- Fig. 15. Das Sphärenbläschen hat sich von Stäbchen und Ring entfernt und sich in einer Delle dem Kern angelagert.
- Fig. 16—20. In die Länge wachsende Spermatiden. Stäbchenförmiger Körper in den Kern eindringend. Sphärenbläschen durch die Zellwand durchtretend. Text pag. 120—125. In Fig. 20 Ringquerschnitt kommaförmig.
- Fig. 21—23. Hintere Enden der stark in die Länge gewachsenen Samenzellen. Der in den Kern eingedrungene Centralkörper ist in Fig. 21 zu einer grossen Kugel, in Fig. 22 zu einem kürzeren, in Fig. 23 zu einem längeren cylinderförmigen Körper von der Grösse des Mittelstücks des reifen Samenfadens herangewachsen. Ringquerschnitt in Fig. 21, 22 kommaförmig, in Fig. 23 halbmondförmig gestaltet.

- Fig. 24—27. Verschiedene weitere Entwicklungsstadien des Sphärenbläschens. Text pag. 125—126.
- Fig. 28—49. Dritte Entwicklungsperiode bis zur Reife des Samenfadens.
- Fig. 28. Ring von ventral nach dorsal in die Länge gezogen und so durchgebogen, dass die Concavität nach vorn sieht. Randfaden des Flossensaums. Anfang September.
- Fig. 29. Gleiches Stadium, wie Fig. 28, in der Ansicht von dorsal, bei Einstellung auf den dorsalen Theil des Ringes.
- Fig. 30. Gleiches Stadium wie Fig. 28, halb von der Seite, halb von ventral gesehen; bei wechselnder Einstellung gezeichnet.
- Fig. 31. Die ventrale Umbiegungsstelle des Ringes (Fig. 28) hat sich von der „vordern Parthie des Mittelstücks“ entfernt, während die dorsale an Ort und Stelle liegen geblieben ist.
- Fig. 32—34. Ring pessarförmig umgestaltet. Fig. 32 in der Seitenansicht; Fig. 33 in der Ansicht von dorsal; Fig. 34 halb von der Seite, halb von dorsal gesehen. Septemberhoden.
- Fig. 35—38. Ring in eine dorsale und eine ventrale Hälfte getheilt; letztere mit der Zellschubstanz am Axenfaden entlang wandernd. Einschmelzungsprocess am hintern Ende der vordern Mittelstückspartie. Sämmtlich Seitenansichten.
- Fig. 39. Gleiches Stadium wie Fig. 38; Ansicht von der Rückenseite
- Fig. 40—42. Dorsale Ringspange gespalten. In Fig. 40 beide Spalthälften noch dicht nebeneinander liegend; in Fig. 41 (Einstellung auf die Medianebene des Samenfadens) und 42 durch einen kleinen Zwischenraum getrennt. Märzhoden.
- Fig. 43. Von den beiden Spalthälften der dorsalen Ringspange hat sich die eine dem hintern abgeschrägten Ende der vordern Mittelstückspartie aufgelagert, während die andere noch daneben liegt. Julihoden.
- Fig. 44—49. Reife Samenfäden.
- Fig. 44, 45. Vordere und hintere Partie des Mittelstücks. Fig. 44 aus einem Schnitt durch eine in Entleerung begriffene Cyste. Hermann'sches Gemisch, Eisenhämatoxylin. Fig. 45. Ausstrichpräparat von reifem Sperma aus dem Vas deferens. Osmiumsäure, Alaunfuchsin.
- Fig. 46. Hintere kleinere Partie des Mittelstücks ungefärbt geblieben. Ausstrichpräparat. Osmiumsäure, Gentiana. Text pag. 112.
- Fig. 47. Vorderes Kopffende; Spiess mit Widerhaken, Ausstrichpräparat. Osmiumsäure, Alaunfuchsin.
- Fig. 48. Hinteres Schwanzende. Text pag. 112—113. Ausstrichpräparat. Osmiumsäure, Alaunfuchsin. Mantelschicht mitgefärbt.
- Fig. 49. Schwanzquerschnitt. Text pag. 114. Hermann'sches Gemisch, Safranin. Aus einem Schnitt durch eine in Entleerung begriffene Cyste.