

Untersuchungen über die ersten Entwicklungsvorgänge in den Eiern der Insekten.

Von

Dr. H. Henking (Göttingen).

II. Über Spermatogenese und deren Beziehung zur Eientwicklung bei *Pyrrhocoris apterus* L.

Mit Tafel XXXV—XXXVII und 1 Holzschnitt.

Seit längerer Zeit mit den ersten Entwicklungsvorgängen in den Eiern von Insekten beschäftigt, stellte sich das Bedürfnis ein, auch die Entwicklungsgeschichte der Samenfäden mit in den Bereich der Untersuchungen zu ziehen. Denn ein richtiges Verständnis für die Vorgänge im Ei kann nur durch einen Vergleich mit den Veränderungen gewonnen werden, welche die Samenfäden durchzumachen haben. Und da mir gerade von den Eiverhältnissen von *Pyrrhocoris* bereits seit längerer Zeit ein verhältnismäßig reiches Material in Präparaten vorlag, beschloss ich, auch die Spermatogenese dieses Thieres in Angriff zu nehmen.

In den nachfolgenden Blättern theile ich mit, zu welchen Resultaten ich dabei gekommen bin.

Herrn Geheimrath EHLERS bin ich für die Freundlichkeit, mit welcher er mich mit schwerer zu erlangender Litteratur aus seiner Bibliothek unterstützt hat, auch hier wieder zu Dank verpflichtet.

Die paarigen Hoden von *Pyrrhocoris apterus* bestehen in jeder Körperhälfte aus sieben Schläuchen, welche in der Regel derartig angeordnet sind, dass eine Gruppe von drei, und eine andere von vier Schläuchen je eine vereinigte Ausmündungsstelle in das Vas deferens besitzen. Auch P. MAYER (14) hat diese Eigenthümlichkeit schon hervorgehoben (p. 336). Da die beiden Mündungsstellen durch einen Zwischenraum getrennt sind, so ist eben dadurch die Verbindung der

beiden Gruppen keine so feste, wie diejenige der einzelnen Schläuche jeder Gruppe, welche ihrer ganzen Länge nach parallel dicht neben einander herziehen. Wie die Finger von einem Handschuh, so ist der Inhalt eines jeden Hodenschlauches von einer zarten Hülle (*Tunica propria* v. LA VALETTE'S) (Fig. 5 *t.p.*) umgeben, aber auch jede Gruppe trägt noch einmal einen besonderen zarten Überzug (*Tunica adventitia* v. LA VALETTE'S) und außerhalb desselben sieht man zahlreiche Tracheen und Lappen des Fettkörpers angeheftet.

Der Ausmündungsstelle gegenüber endet jeder Hodenschlauch ohne erhebliche Verschmälerung mit vorgewölbter Kuppe, und in ihr finden sich die jüngsten Hodenzellen. Nähert man sich von hier aus der Ausmündungsstelle, so erhält man successive die älteren Stadien, bis ganz unten die Spermatozoen ziemlich fertig ausgebildet vorliegen.

1. Die Theilung der Ursamenzellen (Spermatogonien).

Die jüngsten Hodenzellen (Ursamenzellen) sind gestreckt kegelförmig und entspringen rhachisartig mit der Spitze des Kegels aus einem gemeinsamen Mittelpunkte, indem der Kern in dem peripheren verbreiterten Theile der Zelle gelagert ist. Ein wenig unterhalb der Spitze wird dann aber der gemeinsame Mittelpunkt mehrerer Zellen excentrisch, und einige dieser Gruppen liegen im Kreise um eine anders gebaute Centralzelle, welche leicht an ihrem großen aber chromatinarmen Kerne erkannt wird. Aus Hoden, welche frisch in Kochsalzlösung von 0,5 Procent zerzupft, mit Osmiumdämpfen fixirt und in Glycerin aufbewahrt sind, tritt der rhachisartige Zusammenhang der jüngsten Zellen oft sehr deutlich hervor, wie Fig. 3 zeigt. Das Plasma der Ursamenzellen ist feinkörnig und färbt sich gelegentlich deutlich mit. Besonders in der dem gemeinsamen Mittelpunkte zugewandten Spitze der Zelle wird in den mit FLEMING'S Flüssigkeit gehärteten Hoden eine dunklere Stelle bemerklich (Fig. 2, 4). Der Kern hat etwa $\frac{2}{3}$ der Breite der Zellbasis und fast die Hälfte der Zellhöhe. In ruhendem Zustande ist er ein kugelig Körper von starker Färbbarkeit, in welchem eine große Anzahl von dunklen Körnchen wahrscheinlich als Knotenpunkte eines Netzwerkes aufzufassen sind, wenn auch das Netzwerk selber wegen der Kleinheit der Kerne nicht gesehen wird. Wenn wir die kegelförmigen, strahlenförmig einen gemeinsamen Mittelpunkt umgebenden Zellen der Hodenspitze für gleichwerthig erachten dürfen, so ist zu bemerken, dass in denjenigen, welche mit FLEMING'S Flüssigkeit behandelt waren, nur selten ein nucleolusartiges Gebilde gesehen wird, während ein deutlicher Nucleolus an den mit Pikrinessigsäure gehärteten Zellen leicht auffällt. Derselbe liegt zwi-

schen den sich intensiv mit Karmin färbenden Chromatinkörnchen als ein verhältnismäßig großer, keinen Farbstoff aufnehmender kugeligter Körper von gelblichem Aussehen. Gelegentlich hat sich derselbe in zwei Kugeln geteilt (Fig. 4), welche neben einander liegen oder auch durch dazwischen geschobene Chromatinmassen getrennt sein können. Bei den Ursamenzellen aus Larven von *Pyrrhocoris* hat der Nucleolus meist ein unregelmäßiges stäbchenförmiges Aussehen.

Ein jeder der rhachisartig verbundenen Zellkomplexe ist von einer besonderen Membran umgeben (Fig. 4, 5 c) und bildet somit eine Spermatozyste. Die eine jede Spermatozyste einhüllende Membran ist besonders weiter abwärts im Hoden deutlich zu sehen, dort, wo das Gedränge der Zellhaufen nicht so stark ist, und hier sieht man auch leicht, dass der einhüllenden Membran große Kerne ansitzen, welche flachgedrückt sind, eine große Menge kugeliger getrennter Chromatinkörner besitzen und ähnlich wie Bindegewebszellen von einem Hofe von Plasma umgeben sind.

Wenn die jungen Hodenzellen sich theilen wollen, so bekommt der Kern ein anderes Aussehen. Vorher durchweg dunkel (bei Behandlung mit FLEMMING'S Flüssigkeit) wird er nun licht, indem er sich aufbläht und zwischen die sich ebenfalls nicht unerheblich vergrößern den Chromatinkörner eine helle Substanz einlagert. So erscheint er nun heller als das Plasma seiner Umgebung. Das Chromatin hat sich in getrennten, im Allgemeinen ziemlich gleich weit von einander abstehenden etwa kugeligen Körnern angehäuft (Fig. 4). Gelegentlich ist aber eine Neigung zu einem näheren paarweisen Zusammenrücken der Körnchen unverkennbar. War an dem ruhenden Kerne keine deutliche Membran nachzuweisen (Fig. 4, 2, aber auch zu beachten Fig. 3), so grenzt sich der Kernraum jetzt deutlich durch eine solche gegen das Plasma ab (Fig. 4). — In den mit Pikrinessigsäure behandelten Zellen ist der helle Nucleolus noch eine längere Zeit nachzuweisen, wenn bereits das Aufblähen des Kernes und das Zusammenfließen der Chromatinmassen zu einzelnen Körnern eingetreten ist. Dann aber wird er undeutlich und ist schließlich nicht mehr zu sehen.

Die Annahme, dass die soeben besprochenen Zellen in das nun zu betrachtende Stadium übergehen, bedarf, wie ich glaube, keines umständlichen Beweises. Wir finden nämlich etwa in gleicher Höhe mit ihnen Zellen, welche eine Kernspindel enthalten. Diese Zellen besitzen nicht mehr die deutliche Kegelform der ersteren, auch nicht mehr die dunkle Spitze des Kegels. Das Chromatin ist in einer äquatorialen Platte versammelt und erscheint bei Seitenansicht der Spindel in getrennten ziemlich genau kreisförmigen Körnern angehäuft (Fig. 6 d). Blickt

man vom Pol her auf die Figur herab, so sind die Kugeln nicht so regelmäßig (Fig. 6 a—c, 7). Neben einfachen kreisförmigen oder auch ein wenig eckigen Gebilden kommen in Überzahl solche vor, welche gestreckt sind und dann eine deutlich wahrnehmbare Einschnürung besitzen. Öfter liegen auch einzelne Körperchen so dicht an einander, dass eine Trennungslinie zwischen ihnen nicht gesehen werden kann. Derartige Figuren sind dann verhängnisvoll, wenn es sich um eine Zählung der Körperchen handelt. Aber selbst in solchen Fällen kann man durch ein starkes System (z. B. WINKEL'S Ölimmersion $1/24$) durch gute Beleuchtung und ein vorsichtiges Arbeiten mit der Mikrometerschraube meist sicher erkennen, dass ein zusammengesetzter Körper nicht gleichmäßig gefärbt ist, sondern dunklere Centralpunkte hat mit lichter Stellen dort, wo die differenten Körper sich berühren. So habe ich denn durch möglichst genaue Zeichnung und nachherige Zählung der Chromatinkörper in drei Fällen (Fig. 6 a, b, Fig. 7) die Zahl 24 erhalten, in einem Falle (Fig. 6 c) die Zahl 23. Da die Bilder überall die gleichen sind, so habe ich das Zählgeschäft nicht an einer größeren Zahl vorgenommen und glaube die theoretisch zu erwartende Zahl 24 als das Normale ansehen zu dürfen.

Wie kommt es aber, dass die bei Flächenansicht doch nicht unerheblich verschieden gestalteten Chromatinkörper in der Seitenansicht so regelmäßig kegelförmig erscheinen? Da muss ich hervorheben, dass geringe Abweichungen von der Kugelform in der That beobachtet werden können; aber dieselben sind aus dem Grunde weniger auffallend, weil sie sich stets in der Ebene der Äquatorialplatte halten. Es muss daher eine Kraft vorhanden sein, welche es den einzelnen Chromosomen zwar gestattet, ihre Längsachse in der Ebene der Äquatorialplatte beliebig zu stellen, sie aber daran hindert, aus derselben herauszutreten. Der Querdurchmesser der Chromosomen ist annähernd der gleiche, daher erscheinen dieselben bei Seitenansicht der Spindel so gleichförmig.

Wenn ich einer weit verbreiteten Auffassung beipflichte, so könnte ich sagen, dass es die achromatischen Spindelfäden sind, welche die Chromosomen in so regelmäßiger Lage erhalten. Bei den mit FLEMMING'S Flüssigkeit behandelten Hoden nämlich, weniger deutlich bei den mit Pikrinessigsäure konservierten, gehen von den Polkörperchen, welche als deutliche dunkle Punkte in den ersteren Präparaten sichtbar sind, Fäden aus, welche geradlinig auf die Chromosomen zustreben (Fig. 6, 8, 9). Denkt man sich, dass diese Fäden sich beiderseits an die Chromosomen ansetzen, so folgt weiter daraus, dass, um im Bilde zu bleiben, die Chromosomen gewissermaßen in der Schwebe hängen zwischen

den beiden Fixpunkten, den Polkörperchen. — Die Theilung erfolgt dann in der gewöhnlichen Weise. Gelegentlich sieht man Bilder, in denen die einzelnen Chromosomen gleichmäßig nach den Polen zu etwas verlängert sind, dann schnüren sich die Chromosomen in der Mitte durch (Fig. 5), wie es sonst mit den Chromatinschleifen zu geschehen pflegt, die Theilstücke rücken polwärts zur Bildung des neuen Kernes. In Fig. 8a ist ein Zwischenstadium abgebildet. Das Polkörperchen und die achromatischen Spindelfäden sind verschwunden, dagegen hängen die Chromatinmassen noch durch Verbindungsfäden zusammen. Im Bereiche der letzteren sind dort, wo die Zellmembran sich durchzuschneiden beginnt, getrennte dunkle Kügelchen aufgereiht, der Zellkernplatte in pflanzlichen Theilungsfiguren entsprechend.

Die Zellen einer Spermatocyste pflegen in der Regel sämmtlich sich auf dem gleichen Entwicklungsstadium zu befinden, wie es z. B. der in Fig. 5 abgebildete Schnitt erläutert. Besonders interessant scheint mir aber an dem Bilde das ganz regelmäßige Verhalten zu sein, dass die Zellen sich tangential zum Umfang der Spermatocyste theilen. Man würde bei dem heteraxonen Bau der Zellen (Fig. 2) erwarten, dass die Theilungsebene sich radial stellen müsste, wenn eine gleichwerthige Theilung der Zelle beabsichtigt werden sollte. Jedenfalls ist aber das in Fig. 5 abgebildete Verhalten das normale; es wird damit auch verständlich, dass man in späteren Stadien die Zellen in der Spermatocyste anscheinend regellos vertheilt findet, ohne dass ich anzugeben vermöchte, was aus der ursprünglichen rhachisartigen Verbindung wird.

Mit den bisher betrachteten Figuren stimmen diejenigen genau überein, welche ich in Fig. 9, 10 und 11 abgebildet habe. Der einzige Grund, wesswegen ich sie hier gesondert bespreche, ist der, dass sie etwas weiter von der Hodenspitze (nach dem Ausführungsgange zu) entfernt liegen und eine geringere Größe besitzen als die ersteren, was wenigstens den Zellkörper anbetrifft. Diese beiden Umstände würden die Ansicht berechtigt erscheinen lassen, dass wir es hier mit einem zweiten Theilungszyklus zu thun hätten, indem die aus der ersten Theilung hervorgegangenen Tochterzellen zwar einen erheblichen Zuwachs an Kernsubstanz, aber nur einen sehr geringen an Plasmasubstanz erfahren haben, als sie ihrerseits zu einer Theilung schritten. Im Grunde genommen ist es auch ziemlich gleichgültig, ob diese Figuren den in Fig. 6 und 8 abgebildeten als gleichwerthig zu erachten seien oder nicht; denn das, was hier interessirt, ist klar erkennbar, dass nämlich eine Abweichung von dem vorhin betrachteten Theilungsmodus nicht vorhanden ist. Fig. 10, einem mit Pikrinessigsäure gehärteten Präparate entnommen, lehrt, dass 24 Chromosomen

vorhanden sind, welche ihr ein wenig von Fig. 6 und 7 verschiedenes Aussehen wohl der abweichenden Konservierungsmethode verdanken. Die Anordnung der Chromosomen ist auch die gleiche wie vorhin, und dass die Theilung derselben thatsächlich in einer Durchschnürung besteht, ergibt sich direkt aus der Betrachtung der auch im Präparat neben einander liegenden Stadien der Fig. 9. Die Chromosomen der Tochterplatten haben thatsächlich nur etwa die halbe Dicke von denen der ungetheilten Äquatorialplatte der Mutterzelle. Ferner scheint mir das in Fig. 11 gebotene Bild keinen Zweifel daran zu lassen, dass wir es in der That mit einer Durchschnürung der Mutterchromosomen zu thun haben.

Ich glaube also schließen zu dürfen, dass die Zahl der Chromosomen in den Tochterzellen in der That mit derjenigen der Mutterzellen übereinstimmen wird, wenn mir auch die Zählung derselben in den Tochterplatten nicht gelungen ist. Das liegt vor Allem an der Kleinheit der Elemente, dann aber auch an der Seltenheit der entsprechenden Stadien. So leicht man auch das Stadium des Monaster erhält, ein Beweis für die relativ lange Dauer des zu der Zeit verlaufenden Entwicklungsprocesses, so selten sind die Figuren des Dyaster. Und gehen sie verhältnismäßig rasch vorüber, so tritt noch das Ungünstige ein, dass die Chromosomen nur kurze Zeit getrennt bleiben, etwa nur so lange, wie sich die Entwicklung auf der Höhe von Fig. 9 *a* und *b* befindet. Darüber hinaus tritt eine Verschmelzung der Chromatinmassen ein, wie sie (von dem ersten Theilungszyklus) Fig. 8 *a* in einem früheren Stadium, Fig. 12 *a* etwas weiter vorgerrückt (von dem zweiten Cyklus) veranschaulichen mag. In Fig. 12 *a* ist es überhaupt nicht mehr möglich, einzelne distinkte Körnchen wahrzunehmen, wenn auch dunklere Stellen in den stark gefärbten Kernen noch auf die einstigen chromatischen Centren hindeuten mögen. Noch weiter ist der Verschmelzungsprocess in Fig. 12 *b* gediehen, wo in dem sonst noch gleichmäßiger gefärbten Magma höchstens am Rande ein Unterschied wahrzunehmen ist. Hier weisen auch rundliche Ausbuchtungen auf das Zusammen-treten von einzelnen Körnchen hin.

In Fig. 12 *a* ist noch eine Andeutung der achromatischen Verbindungsfäden zu sehen und dort, wo die Theilungsfurche des Zellkörpers ringsum einsetzt, leuchten einige Körnchen der Zellkernplatte im Bereich der achromatischen Verbindungsfäden hervor. In Fig. 12 *b* sind mit den achromatischen Verbindungsfäden auch die Kugelchen der Zellkernplatte verschwunden. Die Theilung der Zelle ist vollendet.

2. Beschaffenheit der ruhenden Samenmutterzellen (Spermatocyten I. Ordn.).

Der Lage nach gehen aus dem soeben beschriebenen Theilungsakte ganz unzweifelhaft diejenigen Zellen hervor, von denen Fig. 13 einen Vertreter abbildet. Vor Allem auffällig ist es an diesen Zellen, dass ein großer Nucleolus zur Ausbildung gekommen ist. Derselbe tritt bei den verschiedensten Konservierungsmethoden stets scharf hervor, ist aber besonders deutlich an den mit Pikrinessigsäure gehärteten und mit Boraxkarmin gefärbten Hodenzellen. Hier zeigt er auch einen bemerkenswerthen Unterschied von demjenigen der jüngsten Hodenzellen, wie aus einem Vergleiche mit Fig. 4 erhellt. Erscheint der Nucleolus der jüngsten Hodenzellen bei der genannten Methode farblos, so nimmt er nun begierig Farbe auf, ein Verhalten, welches ganz regelmäßig ist und vielfach von den beiderseitigen Nucleolis auf dem gleichen Schnitte beobachtet werden kann.

Im Übrigen ist die Chromatinsubstanz in einzelnen getrennten Körnchen angehäuft. Eine Membran ist nicht vorhanden, daher ist die Oberfläche des Kernes unregelmäßig. In einer Bucht an der Oberfläche der Chromatinkügelchen liegt der Nucleolus eingesenkt. Der Gesamtkern ruht gewissermaßen in einer hellen Vacuole, welche sich mehr oder weniger regelmäßig gegen das schwach gefärbte Plasma abgrenzt. Sie ist besonders groß in den mit FLEMING'S Flüssigkeit konservirten Hoden. Es scheint mir kein Zweifel daran zu sein, dass man diese Vacuole als noch mit zum Kern gehörig ansehen muss (Fig. 13). Denn weiterhin beginnt die Chromatinsubstanz des Kernes sich zu lockern und gleichzeitig werden die Chromosomen mehr schleifenförmig (Fig. 14). Man kann sich die Lockerung des Kernes in der Weise vorstellen, dass man die Chromatinsubstanz sich in der Kernvacuole ausbreiten lässt. Erscheinen die Chromatinschleifen sowohl bei Behandlung mit Pikrinessigsäure als auch bei Anwendung von FLEMING'S Flüssigkeit Anfangs gleichförmig und glatt, so beginnen sie nun Fortsätze auszustrecken und sich so mit einander in Verbindung zu setzen. Wir erhalten so ganz unmerklich das Bild der Fig. 15. Gleichzeitig sehen wir auch, dass der Kernraum sich mit einer Membran gegen das Plasma abgegrenzt hat. Sowohl der Kern wie auch die Zelle ist gewachsen. Das Wachsthum beider schreitet noch weiter fort bis zu der Größe der Fig. 16. Jetzt haben im Kern die einzelnen Chromosomen anscheinend völlig ihre Selbständigkeit aufgegeben. Man sieht nur ein lockeres Netzwerk von Chromatinsubstanz, bestehend aus staubartig feinen und aus größeren Körnchen. Allein der Nucleolus hat bei den Veränderungen von Kern

und Zelle sein Aussehen nicht gewechselt. Er liegt noch wie zu Anfang (Fig. 13) als rundlicher Körper dem Rande des Kernes angenähert, ist, wenn überhaupt, so nur wenig gewachsen. Aus diesem seinem Verhalten wird auch ohne Weiteres klar, warum er außerhalb des chromatischen Kernnetzes liegen bleibt, eine Thatsache, welche bei den verschiedensten Zellen vielfach beobachtet ist. Der Nucleolus behält seine Kugelgestalt unverändert bei, während die Chromosomen gewissermaßen Pseudopodien aussenden und sich so zu einem Netz vereinigen. Der Nucleolus bietet seinerseits den Pseudopodien keine Ansatzflächen und bleibt daher isolirt.

Der Plasmaleib der Samennutterzelle, wie wir die vorliegende Zelle nach ihrem Verhalten zu den Samenfäden nennen können, ist Anfangs feinkörnig oder feinstreifig. Wir haben in dieser Struktur wohl den optischen Ausdruck eines Wabengerüstes vor uns. Wie dann die Zelle ihr Volumen erheblich vergrößert, wird das Maschenwerk gröber und deutlicher und wenn die Samennutterzelle ihr Größenwachstum etwa vollendet hat, treten in den Lückenräumen des Maschenwerkes Körperchen auf, welche schließlich völlig das Aussehen von Dotterkügelchen gewinnen. Sie häufen sich ganz besonders in der Umgebung des Kernes an und lassen eine periphere Plasmazone frei (Fig. 17, 18, 19). Dieselben werden durch FLEMMING'sche Flüssigkeit konservirt und besonders durch die kombinierte Wirkung von Safranin und Gentianaviolett deutlich gefärbt, während Pikrinessigsäure und heißes Wasser sie nicht in einen unlöslichen Zustand überführen. In solchen Präparaten bemerkt man von ihnen nichts.

Erinnert schon der stark aufgeblähte Kern erwachsener Samennutterzellen an das Keimbläschen reifender Eier, so wird die Ähnlichkeit zwischen Ei- und Samennutterzelle noch größer durch das Auftauchen von Dottermassen, wenn auch zwischen der Menge des definitiven Dottermateriales in Ei und Samen bei Insekten ein ungeheures Missverhältnis obwaltet. Es ist jedoch wichtig zu untersuchen, ob die unverkennbare Ähnlichkeit eine nur zufällige ist, oder ob sich in der Entwicklung noch weitergehende Übereinstimmungen finden.

3. Theilung der Samennutterzellen (Spermatocyten I. Ordn.).

Ein unzweifelhaftes Anzeichen für bevorstehende Theilung habe ich darin zu erblicken gelernt, dass die im Ruhestadium ziemlich regellos durch den Kernraum verstreute Chromatinsubstanz (Fig. 16) an Masse zunimmt, damit also den Kernraum dichter füllt und gleichzeitig beginnt, sich von der Membran etwas zurückzuziehen. Wie der helle Raum zwischen Kernmembran und der im Centrum

des Kernes versammelten Chromatinsubstanz größer und größer wird (Fig. 17), bemerkt man, dass die Anfangs in feineren und größeren Körnchen zerstreute Chromatinsubstanz zu dickeren Fäden zusammenfließt. Diese Fäden haben eine zackige Oberfläche, eine Andeutung für die zarten Verbindungsstränge, durch welche sie mit einander in Beziehung stehen. Ganz zarte Fäden sieht man auch von ihnen aus durch den hellen Kernraum sich nach der Membran hin erstrecken.

Wenn der gefärbte Kerninhalt sich so weit zusammengeballt hat, dass sein Durchmesser nur etwa zwei Drittel der hellen Kernblase ausmacht (nach Behandlung mit FLEMMING's Flüssigkeit), so ist ein äußerster Zustand eingetreten und nun beginnen die Chromatinmassen wiederum aus einander zu weichen (Fig. 18). Wie die Auflockerung weiter fortschreitet, bekommt man einen immer klareren Einblick in die Anordnung des Chromatins. Nur die Verhältnisse des Nucleolus werden immer undeutlicher. Sein Volumen ist keinen bemerkenswerthen Schwankungen beim Wachstum der Samenmutterzelle unterworfen, wenn auch bei den einzelnen Individuen größere Unterschiede vorkommen mögen (Fig. 16 von einem erwachsenen Thiere, Fig. 17 von einer Larve *n*). Zur Zeit der Zusammenballung der Chromatinmassen ist er durch seine beträchtlichere Größe immer noch leicht zu sehen, und seine Kugelform macht ihn kenntlich, wenn die Chromosomen durch Zusammenfließen des Chromatins an Volumen ihn zu überragen beginnen. Wenn dann aber die Auflockerung des centralen Haufens anhebt, tritt eine Verkürzung der Chromosomen ein, wodurch dieselben ihm immer ähnlicher werden. Schließlich ist er nicht mehr mit Sicherheit herauszufinden. Dafür, dass er gänzlich rückgebildet wird, habe ich gar keine Andeutungen erhalten. Er ist so lange in voller Ausbildung deutlich zu erkennen, als ihn seine charakteristische Gestalt vor einer Verwechslung mit anderen Gebilden schützt. Allerdings müssen wir annehmen, dass er späterhin eine Einschnürung erfährt, da auf einem definitiven Stadium alle Chromosomen eine gleiche Form besitzen.

Die Chromosomen, welche aus dem ursprünglichen dichten Knäuel sich differenziren, besitzen Anfangs meist eine ringförmige Gestalt (Fig. 18, 19). Unter einander weichen die Ringe durch Größenunterschiede gelegentlich von einander ab (Fig. 19). Ist die Dicke auf dem ganzen Umfange jedes Elementes gewöhnlich auch nur unerheblichen Schwankungen ausgesetzt, so kommen doch auch solche vor, wo der Ring einige Anschwellungen trägt. Ich mache besonders auf die mit vier Verdickungen versehenen Ringe 1 und 2 in Fig. 20 aufmerksam.

Enthalten Fig. 18 und 49 chromatische Ringe sowohl in Flächen- als auch in Seitenansicht, so sind in Fig. 20 einige Chromosomen abgebildet, welche sich nicht ohne Weiteres auf die Ringform zurückführen lassen, z. B. die Elemente 3, 4, 5, 6. Etwas Ähnliches treffen wir in Fig. 23 a. In dieser Figur stellt das Element 4 deutlich den Übergang aus der Ringform zu der definitiven Gestalt der Chromosomen dar. Wir brauchen uns nur vorzustellen, dass die chromatische Substanz in den beiden gegenüberliegenden Bogen des Ringes zusammenströmt. Bei Kontraktion der ganzen Figur muss nothwendig die Gestalt des Körperchens 4 in Fig. 23 a herauskommen. Bei fortschreitender Kontraktion wird 2 und schließlich 3 in Fig. 23 a das Resultat sein.

Aber neben den normalen Gebilden 1, 2, 3 in Fig. 23 a finden wir auch solche, welche einfach kuglig sind, z. B. 4, 5, 6, 7 (Fig. 23 a). Da ihre Größe derjenigen eines aus einem normalen Halbringe hervorgehenden Elementes (z. B. 3 in Fig. 23 a) entspricht, so liegt die Vermuthung nahe, dass sie eben auch nur der Hälfte eines Ringes gleichwerthig zu erachten seien. Fig. 19 ist ein Beispiel für den völlig normalen Fall, dass nur ganze Ringe zur Ausbildung gekommen sind. Wir zählen in Fig. 49 nun zwölf Ringe (einschließlich der von der Kante gesehenen Elemente 1, 2, 3, 4, welche ganz unzweifelhaft je einem Ringe gleichzusetzen sind). Demnach müssen wir in jenen Fällen, wo wir einfache kuglige Elemente neben den normalen antreffen, eine größere Zahl als 12 erwarten, wenn meine Annahme richtig ist, dass eine einfache Kugel einem Halbringe gleichwerthig sei. In der That kann man an Beispielen, wie sie in Fig. 20, 23, 25 abgebildet sind, sich leicht davon überzeugen, dass eine mehr oder weniger größere Zahl als 12 vorliegt.

Halten wir 12 Ringe (Fig. 19) für das Typische, und ist jeder Ring für gleichwerthig mit zwei Kugeln anzunehmen (Fig. 23 a: 3), so müssen in dem Kerne im Ganzen 24 Kugeln zur Ausbildung kommen, sei es paarweise (aus Ringen) oder einzeln (aus Halbringen). Es muss also die Zahl der Doppelkugeln + der Zahl der einfachen Kugeln stets 24 ergeben. Nun ist an den frühen Stadien, wie z. B. Fig. 23 a, die Zahl schwer mit Sicherheit festzustellen; weniger aus dem Grunde, weil es recht mühsam ist, die über und unter einander liegenden Chromosomen in den kleinen Zellen richtig zu erkennen, als vielmehr auf Grund des Umstandes, dass es oft unmöglich ist, die Werthigkeit der Elemente richtig abzuschätzen. Soll man z. B. in Fig. 23 a die Elemente 8, 9, 10 für je zwei oder für je eine Kugel zählen? Größenschwankungen der Chromosomen sind etwas ganz Normales; also ist keine Sicherheit vorhanden. In diesem speciellen Falle möchte ich die genannten Elemente

für gleichwerthig mit der Hälfte des in Fig. 20 bei 1 oder 2 abgebildeten Ringes ansehen. Dass eine Kugel gelegentlich eingeschnürt sein kann, wird durch den Hinweis auf solche Ringe ganz verständlich.

Ich wiederhole, eine Nöthigung dazu, die Elemente 8, 9, 10 in Fig. 23a als einwerthig aufzufassen, liegt nicht vor; denn das als zweiwerthig von mir angesehene Element 5 in Fig. 19 ist nicht größer, als die einwerthigen Elemente 8 und 10 in Fig. 23a. Ich halte die letzteren vielmehr nur aus dem Grunde für einwerthig (wie auch Elem. 9), weil ich damit in Fig. 23a die erforderliche Zahl 24 im Ganzen erhalte. Auf diese Zahl muss man aber zu kommen suchen, weil sie in den späteren unzweideutigen Stadien sich als das ganz Ausnahmslose herausgestellt hat.

Wir müssen uns hier demnach mit dem sicheren Nachweise begnügen, dass vielfach in den zur Theilung sich anschickenden Spermatocyten eine größere Zahl als 12 getrennte Elemente angelegt wird, wobei von dem Unterschiede zwischen ein- und zweiwerthigen Elementen abzusehen ist.

Die 24 Kugeln, welche am Ende des Knäuelstadiums zur Abrundung kommen, stellen sich derartig zu einer Äquatorialplatte auf, wie es Fig. 29 und 37 in Seitenansicht, Fig. 33—36 vom Pol gesehen darstellen. Gerade dieses Stadium ist sehr klar und man kann sich sowohl in den mit FLEMMING'S Flüssigkeit konservirten Hoden, als auch in solchen, welche mit Pikrinessigsäure oder heißem Wasser gehärtet waren, an Hunderten von Exemplaren leicht davon überzeugen, dass überall die Kugeln zweiwerthige Elemente bilden, welche paarweise in der Richtung einer die Pole der Kerntheilungsfigur verbindenden Achse neben einander liegen. Man bekommt demnach vom Pol aus stets 12 Kugeln zu Gesicht, da die anderen 12 hinter diesen liegen (Fig. 33—36).

Ich habe in den Figuren 33—36 die wirkliche Form der Chromosomen wiederzugeben mich bemüht. Man ersieht aus denselben, dass es nicht vollkommene Kugeln sind, sondern dass man vom Pol aus oft mehr viereckige Umrisse sieht, allerdings Vierecke mit stark abgerundeten Ecken. Bei Seitenansicht ist die Kugelform besser gewahrt (Fig. 29, 37). Unzweifelhaft ist aber die Thatsache, dass die Kugeln durchaus kompakt sind und auf diesem Stadium keinerlei Gliederung erkennen lassen. Aus den Fig. 33—36 ist weiter zu ersehen, dass die einzelnen Elemente nicht das gleiche Volumen haben. Es ist das gewöhnliche Verhalten, dass vier oder fünf Elemente bei Polansicht sehr viel dünner erscheinen als die übrigen (Fig. 33—36). Gewöhnlich sind diese kleineren Elemente in der Mitte der Figur auf-

gestellt, derart, dass die größeren Elemente sie im Kreise umgeben (Fig. 33, 36).

Wir haben also in der Äquatorialplatte 24 Kugeln, eine Zahl, welche ja bereits in den Äquatorialplatten der Ursamenzellen vorhanden war (Fig. 6, 7, 10). Bei den letzteren waren jedoch alle 24 Körperchen vom Pol aus gleichzeitig zu sehen. Bei den Spermatocyten dagegen sieht man vom Pol aus nur 12 Körperchen, indem die anderen 12 hinter die ersteren getreten sind. Ich sagte daher schon in meinem ersten Berichte (7), dass die Chromosomen der Ursamenzellen (bei Seitenansicht) einreihig aufgestellt seien (Fig. 6 *d*, 8 *b*, 9 *c*), diejenigen der Spermatocyten zweireihig (Fig. 29, 37) und glaube damit das Verhalten der Chromosomen richtig gekennzeichnet zu haben. Ich fasse also die hantelförmigen Stäbchen, als welche man ja die Chromatinelemente der Fig. 29 und 38 betrachten könnte, nicht in dieser Weise auf (als Einheiten), sondern als zwei Einheiten.

Hierfür bin ich noch einen Nachweis schuldig. Ich bezog mich in meinem ersten Berichte bereits auf ein abnormes Stadium, welches ich nun in Fig. 30 *a* abgebildet habe. Hier sind die 24 Kugeln nicht, wie es normal ist, in zwei Ebenen, sondern in einer Ebene aufgestellt. Die Seitenansicht würde also das in Fig. 30 *b* dargestellte Bild ergeben müssen (vgl. 7 p. 4). Denn die Chromosomen haben in die Tiefe nur die halbe Dicke der normalen Doppelemente aus der gleichen Spermato-cyste. In Fig. 33 ist eine normale Polansicht aus derselben Spermato-cyste abgebildet.

Ich habe eine solche Abnormität nur dieses eine Mal gefunden, muss demnach etwaigen Einwänden gegen einen solchen vereinzelt Fall noch andere Beweise beibringen. Ich knüpfe an an das Vorkommen isolirter Chromosomen, wie sie in Fig. 20 (3, 4, 5) und in Fig. 23 (4, 5, 6, 7) abgebildet sind. Solche Chromosomen müssen sich, wenn meine Annahme richtig ist, mit je einer anderen Kugel zu einem Doppelement verbinden, damit das die Anordnung der Chromosomen in der Äquatorialplatte beherrschende Gesetz erfüllt werde.

Ich muss zunächst nachweisen, dass überhaupt ein Zusammentritt differenter Elemente stattfinden kann. Dieses scheint mir durch derartige Vorkommnisse, wie sie in Fig. 23 *c* bei 1 und 2 abgebildet sind, bewiesen zu werden. Beide Elemente sind aus drei Kugeln zusammengesetzt. Dasselbe ist der Fall mit Element 4 in Fig. 23 *b*. Wollte man auch das Doppelement (Fig. 29, 37) als eine Einheit auffassen, so müsste man doch anerkennen, dass sich hier ein fremder Bestandtheil zu der Einheit gesellt habe, derart, dass die Einheit überhaupt nicht mehr kenntlich ist. Denn welche von den drei Kugeln z. B. in Fig. 23 *c*

bei 1 bilden jene hypothetische Einheit, die mittlere Kugel mit der linken, oder die mittlere mit der rechten? In Fig. 23 b sind bei 2 gar vier Elemente in eine Reihe zusammengetreten.

Aus diesem Allen möchte ich ohne Bedenken den Schluss ziehen, dass die einzelne Kugel als die Grundeinheit aufgefasst werden muss, womit nicht nur eine Übereinstimmung mit dem Zahlenverhältnis bei den Ursamenzellen erreicht wäre, sondern auch ein Verständnis dafür, dass neben der normalen paarweisen Anordnung auch noch vereinzelte Chromosomen gefunden werden, oder auch Gruppen und Ketten von dreien oder viere. Späterhin gleichen sich diese Unregelmäßigkeiten schon wieder aus. Wie die Anfangs regellos durch den Kernraum verstreuten Chromatinelemente durch gewisse Kräfte schließlich in die regelmäßige Figur der Äquatorialplatte gezwungen werden, so sehen wir auch Anfangs vorhandene Ungleichheiten beseitigt. Die mehr als zweizähligen Gruppen werden zerlegt, die einzähligen Elemente paarweise vereinigt. Denn mögen auch in frühen Stadien drei oder vier Elemente zusammenliegen, bei der Ausgestaltung der vollendeten Spindel habe ich es niemals gesehen, auch nicht, dass einzelne Elemente zwischen paarweise vereinigten sich gefunden hätten. Nur in dem einen in Fig. 30 abgebildeten Falle habe ich die einzelnen Elemente in der Äquatorialplatte isolirt gefunden, und zwar alle. Hier also hatte sich das Verhalten der Ursamenzellen erhalten.

Der Kern der Samenanterzelle ist durch eine Membran gegen das Plasma abgeschlossen bis zu der Zeit, in welcher die Chromosomen sich in die Ebene der Äquatorialplatte zu stellen beginnen (Fig. 19—25). Auf die Membran streben auch hier und da die (Linin?) Fäden zu, welche aus unregelmäßig geknickten Körnchenreihen bestehend den Kernraum durchziehen, durch ihren Ansatz an die Chromosomen diesen oft eine zackige Oberfläche verleihen (Fig. 19, 23) und sich vielfach kreuzen. Färbt man mit FLEMMING'S Flüssigkeit richtig konservirte Hoden durch Safranin, so sind die Fäden oft sehr schön mitgefärbt. Wird die Farbe gründlicher ausgezogen, so entfärben sie sich zuerst, schon aus dem Grunde, weil sie dünner sind als die kompakten Chromosomen und daher der betreffenden Flüssigkeit eine im Verhältnis zum Volum viel bedeutendere Angriffsfläche darbieten. Einige etwas größere Körnchen behalten die Farbe am längsten.

An der Membran werden auch zuerst die Polkörperchen (Centrosomen) als kleine rothe Pünktchen sichtbar. Sie verrathen sich durch eine Anfangs nur geringe Strahlung im Plasma. Die Strahlung geht büschelförmig von der Membran in das Zellplasma hinein, während nach

dem Kerninneren zu etwas dem Entsprechendes nicht bemerkt wird. Möglich ist es, dass die kleine Verdickung bei *c* in Fig. 23 *a* das erste Erscheinen der Polkörperchen darstellt, jedenfalls ist es bei *c* in Fig. 23 *b* unverkennbar. In Fig. 23 *c* sind bei *c* und *c'* schon beide Polkörperchen an der richtigen Stelle, einander gegenüber, vorhanden. Ob sie durch Theilung aus einem zuerst unpaar auftretenden Gebilde ihre Entstehung genommen haben, wie es vielfach beobachtet ist, vermag ich nicht anzugeben. Ich habe keine Bilder bemerkt, welche dafür sprechen könnten. Die Polkörperchen sind hier zu winzig, um etwas Sicheres aussagen zu können.

Das Centrosoma *c'* in Fig. 23 *c* ist anscheinend eine kleine Strecke von der Membran des Kernes entfernt. Bei genauer Einstellung jedoch sieht man, dass die Membran an einer Stelle sich bis zum Polkörperchen erhoben hat. Ganz unzweifelhaft aber ist das bei Fig. 24 und 25. Hier ist der Kern zipfelförmig ausgezogen, das Polkörperchen krönt die Spitze des Zipfels.

Auf diesem Stadium hat es mir vielfach so geschienen, als wenn das Netzwerk des Kernes an Deutlichkeit zugenommen habe (Fig. 24). Und weiterhin ist es bemerkenswerth, dass, wie der Kern sich beim Auftreten der Polkörperchen in die Länge streckt, auch das Fadenwerk sich in größerer Menge der Länge nach zu erstrecken beginnt (Fig. 24, 25). Ferner liegen die Chromosomen, wenn nicht alle, so doch die meisten, der Membran des Kernes dicht an (Fig. 24), zuweilen so dicht, dass sie die Membran etwas nach außen vorzutreiben scheinen. Und als ein weiteres Stadium ist es anzusehen, wenn noch gewisse Chromosomen in einem Kreise (d. i. ein Rest der alten Kernmembran) eingeschlossen sind, während andere schon außerhalb desselben liegen. So verschwindet die Membran schließlich ganz.

Während die Polkörperchen schon früh einen Einfluss auf das Zellplasma ausüben, indem sie darin eine Strahlung verursachen, wird das Innere des Kernes erst sehr viel später verändert. Anfangs verhält sich das Fadenwerk des Kernes gegen die Stelle der Membran, wo die Polkörperchen liegen, nicht anders als gegen beliebige andere Stellen (Fig. 23 *b*, 23 *c*). Dann zieht es mehr in der Richtung der Polkörperchen und schließlich bemerkt man, dass die Fäden in größerer Zahl den Centrosomen zustreben (Fig. 25). Ist dann die Membran verschwunden, so sind damit alle äußeren Ansatzpunkte für das Fadenwerk in Wegfall gekommen. Nur die Polkörperchen geben noch einen Hinweis darauf, in welchem Umkreise sich die alte Membran erstreckte. An ihnen hat sich die Zahl der ansetzenden Kernfäden immer mehr vergrößert.

Für andere Objekte (z. B. jüngst von O. SCHULTZE für die Furchungszellen von Siredon) ist wohl angegeben, dass die Spindelfäden aus dem Plasma herrührten. Mir scheint es aber für unser Objekt gar nicht zweifelhaft, dass sie sich aus dem Kernnetz formiren. Denn noch während des Vorhandenseins der Membran sieht man die Kernfäden auf die Polkörperchen zustreben, und ist die Membran verschwunden, so bieten die vom Centrosoma zu den Chromosomen ziehenden Fäden denselben Anblick durch ihre körnige Beschaffenheit, ihre Färbung und den geknickten Verlauf, wie früher innerhalb der Membran.

Überhaupt sind die gekörnten, geknickten, gewissermaßen schlaffen Fäden charakteristisch für die junge Spindel (Fig. 26, 27). Außerdem erinnern die Fäden noch dadurch an das ursprüngliche Kernnetz, dass zwischen ihnen noch quere Verbindungsfäden von der gleichen Beschaffenheit vorhanden sind (Fig. 27). Diese letzteren werden noch besser sichtbar, wenn man eine junge Spindel vom Pol aus betrachtet. Bei hoher Einstellung giebt das Vorhandensein des Polkörperchens die Zuversicht, dass thatsächlich eine Spindel vorliegt. Bei langsamem Senken des Tubus sieht man die Spindelfäden allmählich aus einander weichen, bis die Ebene der Chromosomen erreicht ist. Fig. 28 stellt ein solches Bild dar, gezeichnet ist die mittlere Ebene der Spindel, die Chromosomen liegen noch, ähnlich wie in Fig. 26, verschieden hoch. Ihre Zahl beträgt 12, wie immer.

In Folge des Schwundes der Kernmembran sind die Chromosomen ziemlich weit verstreut und oft wie eingekeilt zwischen die herandrängenden Dotterkugeln. Ich habe sogar nicht selten Fälle beobachtet, in denen einzelne Chromosomen noch über die Region der Dotterkugeln hinaus in das Plasma vorgedrungen waren. Aber sie stehen doch noch durch Fäden mit dem früheren Kernraume in Verbindung. Dieser wird nämlich, wie früher, von einem lockeren Netz von Fäden durchzogen (Fig. 28), welche immer die gleiche gekörnte Beschaffenheit und den vielfach geknickten Verlauf haben. Sie kreuzen einander vielfach und setzen sich an die Chromosomen an. Andere verlieren sich zwischen den Dotterkugeln und stehen unzweifelhaft mit den nur wenig zarteren aber schwächer färbbaren Maschen des Außenplasmas der Zelle in Verbindung (Fig. 27, 28).

Dann ändert sich das Bild langsam. Die Spindelfäden werden dichter, indem die Chromosomen näher zusammengezogen werden. Erstere erhalten ein etwas strafferes Aussehen, ohne dass jedoch ihr wellig-zackiger Verlauf zunächst dadurch beeinträchtigt würde. Weiterhin scheinen sich die Fäden immer mehr zu spannen, ihr unregelmäßiger Verlauf macht einer geradlinigen Erstreckung Platz und gleichzeitig

werden sie ganz feinkörnig. Ist das erreicht, so stehen auch die chromatischen Doppelemente genau geordnet in der Äquatorialebene der Spindel.

Ob jetzt zwischen den einzelnen Spindelfäden noch Verbindungsfäden vorhanden sind, ist nicht zu sagen. Jedenfalls aber ist es sicher, dass zwischen den Chromosomen noch ein Netzwerk vorhanden ist. Ich habe es in Fig. 34 eingezeichnet. Zarte Fäden verknüpfen nicht nur die einzelnen Chromosomen, sondern es gehen andere auch durch den hellen Spindelraum und verlieren sich zwischen den Dottermassen. Es mag dieses Netzwerk recht wohl seine Entstehung von dem Anfangs vorhandenen nehmen (Fig. 28), welches man in gleichem Schritt mit den Spindelfasern zarter, homogener, weniger färbbar werdend sich vorstellen kann.

Die von dem Polkörperchen in das Plasma ausgehenden Strahlen ordnen späterhin die Dotterkügelchen in Reihen, ein Verhalten, welches besonders von PLATNER mehrfach beobachtet ist. In Fig. 66 hat gewissermaßen schon die Halbierung der Dottersubstanz stattgefunden, indem sich dieselbe nach einem der beiden Polkörperchen hingewandt hat. Außerdem ist an den mit FLEMMING'S Flüssigkeit konservierten Zellen stets zu bemerken, dass sich eine besondere Plasmacalotte über jedem Centrosoma angehäuft hat (Fig. 29). Auch in sie geht ein Strahlenbüschel hinein. Im Ganzen aus hellem Plasma bestehend, treten dunkle Kügelchen darin auf, wenn die Einwirkung des Chrom-Osmium-Essigsäure-Gemisches eine stärkere war und Safranin mit Gentionviolett zum Färben angewandt wurde.

Die Centrosomen als gefärbte Kügelchen sind nicht vorhanden bei Anwendung von Pikrinessigsäure oder heißem Wasser; nur die Zuspitzung der Spindel verräth in solchen Präparaten ihre Stelle (Fig. 37). Auch von dem Netzwerke im Inneren der zur Theilung sich anschickenden Kerne ist viel weniger zu sehen, als wenn man FLEMMING'S starke Chrom-Osmium-Essigsäure richtig einwirken lässt.

Eines jedoch ist an klaren Spindeln bei Benutzung sowohl von FLEMMING'S Flüssigkeit (Fig. 29) als auch von Pikrinessigsäure (Fig. 37) wohl zu erkennen, dass nämlich die achromatischen Spindelfäden anscheinend bandförmig sind, mit einer hellen Linie in der Mitte. Aber es liegt schließlich gar kein Grund vor, hier von einem Bande zu sprechen; denn das Bild ist eben so gut erklärt, wenn ich sage, es setzen je zwei achromatische Fäden an ein chromatisches Element sich an und die beiden Fäden sind durch einen hellen Zwischenraum von einander getrennt. Ist diese Auffassung begründet, so wird damit Vieles erklärt und bewiesen.

Zunächst wird damit ein neuer Beweis für die Richtigkeit meiner Auffassung gegeben, dass wir jede Kugel als eine Einheit zu betrachten haben. Denn wir zählen in jeder Spindelhälfte 24 achromatische Spindelfäden. Da nun aber je zwei Kugeln hinter einander liegen, so streift der Spindelfaden von der hinteren Kugel an der vorderen entlang und mag sich wohl an die vordere Kugel mit anheften. Dadurch, so kann man sich denken, wird sein Einfluss auf die ihm ursprünglich zugehörige hintere Kugel aufgehoben. Da auf diese Weise zwei Spindelfäden sich an eine Kugel ansetzen, wird es klar, warum alsbald wiederum eine Theilung einsetzen kann, ohne eingeschobenes Rubestadium. Doch darüber weiter unten.

Ich glaube, dass auch der achromatische Spindeltheil somit einen kräftigen Beweis für meine Auffassung abgibt: Wir haben 24 achromatische Fäden, wir müssen demnach auch 24 Chromosomen als vorhanden annehmen. Das Auftreten von Doppelfäden habe ich nur im vorliegenden Stadium, in welchem es sich gleichzeitig um Doppelchromosomen handelt, beobachten können (Fig. 29, 37). Sowohl bei den früheren Theilungsstadien (Fig. 5, 6, 8, 9, 11), als auch bei den nachfolgenden (Fig. 46, 47) habe ich nur je einen einfachen achromatischen Faden am Chromatinelement bemerkt.

Ich bedaure es lebhaft, dass ich nicht eine abnorme Spermatocyte von der Beschaffenheit der Fig. 30a in Seitenansicht erhalten habe. So ist das Bild, welches ich von einer solchen in Seitenansicht gebe (Fig. 30b), nur ein hypothetisches. Da die Chromosomen hier einreihig stehen, so setzt sich an jedes der Spindelfäden an. Denken wir uns nun, dass das zweite Chromosom von links unter das erste gedrückt wird, so würden wir ein Doppelement mit je zwei achromatischen Fäden erhalten, wie es die normale Fig. 38 thatsächlich zeigt. Ähnlich kann man mit den übrigen Chromosomen verfahren. So, denke ich mir, ist das Bild am einfachsten erklärt, welches in den Spermatocyten die Anordnung der chromatischen und achromatischen Substanz darbietet.

Jetzt trennen sich die Chromosomen in der Äquatorialebene von einander und rücken beiderseits nach dem Pole zu (Fig. 38, Taf. XXXVI). Wie sie sich so von der Äquatorialebene entfernen, tritt zwischen ihnen die Substanz der Verbindungsfäden auf. Es zieht sich nämlich ein feines Fädchen von der einen Kugel eines Doppelementes zu der anderen, und dieses Fädchen ist deutlich gefärbt, als wenn von der Sub-

stanz der Chromosomen ein Weniges an es abgegeben wäre. Ferner ist zwischen den Fädchen und außerhalb derselben ein feines Netz einer achromatischen Substanz deutlich wahrnehmbar, wohl herrührend von dem achromatischen Netzwerk, welches schon zur Zeit der Äquatorialplatte zwischen und neben den Chromosomen bemerkt wurde (Fig. 34). Beide Substanzen sehen deutlich anders aus, als die von den Chromosomen zu den Polen sich erstreckenden Spindelfäden (Fig. 38).

Das achromatische Netzwerk zwischen den Tochterplatten nimmt an Masse zu, je mehr sich dieselben den Polen nähern. Es verschmälert sich dabei die von den Dottermassen eingeschlossene Region etwas (Fig. 38), bleibt aber immerhin am Äquator immer noch ein Wenig breiter als mehr nach den Polen zu (Fig. 39). Die gefärbten Verbindungsfäden zwischen den Chromosomen sind noch vorhanden, mögen zum Theil noch die beiden Glieder eines früheren Paares verbinden, zum Theil sind sie nicht mehr so weit zu verfolgen (Fig. 39). Auf einem etwas späteren Stadium bemerkt man von ihnen kaum noch etwas. Die färbbare Substanz mag zum Theil wieder von den Chromosomen aufgenommen sein, zum Theil sich umgesetzt haben in Achromatin. Zwischen den chromatischen Tochterplatten zieht die jetzt überall etwa gleich breite längsstreifige Verbindungssubstanz (Fig. 44), welche sich in der Höhe des Äquators mehr und mehr verschmälert, je weiter die Einschnürung des Plasmaleibes vorschreitet.

Jede der beiden Tochterplatten enthält 12 einfache Chromosomen. In Fig. 40 *a* und *b* sind die beiden vom Pol gesehenen Tochterplatten derselben Zelle abgebildet und dasselbe ist der Fall mit Fig. 41 *a* und *b*.

4. Die Entstehung der Samenzellen (Spermatiden).

Die aus einander weichenden Chromosomen (Fig. 38) sind Anfangs durch einen deutlichen Zwischenraum von einander getrennt (Fig. 39). Je näher sie aber dem Pole kommen, um so dichter treten sie zusammen (Fig. 44).

Ohne dass sie nun aber in das Stadium eines ruhenden Kernes übergangen, werden sie noch einmal getheilt. Die Theilung wird schon früh vorbereitet. Wenn in den Spermatocyten I. Ordnung die Spindel der Doppелеlemente fertig ausgebildet ist, bemerkt man gelegentlich schon, dass das Polkörperchen etwas in die Länge gezogen ist (Fig. 29 unten). Damit ist der Beginn einer Theilung angedeutet. Je mehr die Tochterplatten sich vom Äquator entfernen, um so mehr streckt sich das Polkörperchen parallel zur Äquatorebene (Fig. 41 *c*, Ansicht des Poles von oben), bis zwei getrennte Chromosomen jederseits am

Pol vorhanden sind (Fig. 38, 39). In Fig. 39 unten hängen die Polkörperchen noch durch einen Faden zusammen.

Mit der Trennung der Polkörperchen wird auch eine Theilung der in das Plasma sich erstreckenden Strahlung vorgenommen, sowie auch eine Trennung der Spindelfäden. Im Verlaufe der ersten Theilung haben dieselben an Masse abgenommen, indem sie erheblich kürzer geworden sind, ohne dabei in die Dicke zu wachsen (Fig. 38, 39). Auf welche Weise sie halbirt werden, ist nicht zu sehen; jedenfalls aber erläutert Fig. 39, dass wir gewissermaßen zwei achromatische Pyramiden an jedem Pole haben, deren Basen sich gegenseitig durchdringen, deren Spitzen aber getrennt und je von einem Polkörperchen gekrönt sind. Die Pyramiden weichen nun mit ihren Spitzen immer mehr aus einander, bis schließlich ihre Höhen eine gerade Linie bilden (Fig. 44 unten, Fig. 43). Es rücken also die Polkörperchen mitsammt ihren Strahlungen und Spindelfäden auf die schmale Seite der chromatischen Tochterplatten. Diese letzteren sind gewissermaßen von der Gestalt einer Ellipse, wie Fig. 44 lehrt. In der unteren Zelle erblickt man die Tochterplatte von der breiten Seite und bemerkt, dass die Polkörperchen sich der schmalen Seite gegenüber befinden. Die obere Zelle zeigt die kurze Achse der chromatischen Ellipse; von den Polkörperchen habe ich eins eingezeichnet, das zweite würde in der Richtung auf den Beschauer zu denken sein.

Die gesammte Kerntheilungsfigur ändert nun ihre Lage in der Zelle. Nach ihrer Entstehung naturgemäß etwas excentrisch gestellt, rückt sie nun in die Mitte der Tochterzelle, wobei die ebenfalls getheilte Calotte, welche ursprünglich den Pol der Samenanterzelle krönte (Fig. 29), mehr und mehr verstreicht (Fig. 44, 43). Inzwischen ist auch die Durchschnürung der Samenanterzelle nahezu vollendet. Die beiden Tochterzellen hängen nur noch dort zusammen, wo die Verbindungssubstanz sich befand. In dieser war durch feine Körnchen eine Zellplatte zur Ausbildung gekommen. Die größte Masse der Verbindungssubstanz verschwindet und Dotterelemente treten an ihre Stelle. Die völlige Durchschnürung der Mutterzelle geht in der Weise vor sich, dass die Zellplatte sich theilt (Fig. 45). Dann lösen sich die Tochterzellen ganz von einander (Fig. 46).

Besonders zu bemerken ist die Umlagerung der Dottersubstanz, welche sich wieder symmetrisch zu den Polkörperchen stellt und zu beiden Seiten derselben vorhanden ist (Fig. 43). Auch die reihenweise Anordnung der Kügelchen tritt bald wieder deutlicher auf (Fig. 46), nachdem sie in der Zwischenzeit weniger gut zu sehen war.

Als weiteres Zeichen der beginnenden Theilung tritt eine Auf-

lockerung der bisher dicht gedrängten chromatischen Tochterplatten ein. Die einzelnen Chromosomen entfernen sich sowohl von einander als auch vom Pol, Letzteres thun wenigstens diejenigen, welche sich in ungleicher Entfernung von beiden Polen befinden. Durch die Auflockerung wird die rundliche Gestalt der Chromosomen wieder sichtbar (Fig. 45). Ein Ziehen und Drücken scheint anzuheben, um die Chromosomen in gleicher Entfernung von beiden Polen aufzustellen. So kommt immer mehr eine Äquatorialplatte zur Ausbildung, welche sich senkrecht zu der Ausdehnung der ursprünglichen Tochterplatte erstreckt (Fig. 46). Schließlich resultirt eine Spindel, welche derjenigen der Samennutterzelle recht ähnlich ist (Fig. 47 und 29): Über dem Pole liegt wieder eine plasmatische Calotte, in welcher sich die Strahlung verliert, die Dotterkugeln sind reihenweise geordnet, bei Ansicht vom Pol zählt man leicht 12 rundliche Chromosomen (Fig. 48), von denen einige kleiner sind als die übrigen, und die Chromosomen sind durch ein zartes achromatisches Netzwerk verbunden, welches sich peripher zwischen die Dottermassen verliert (Fig. 48). Aber darin besteht ein Unterschied, dass 1) die Zellen erheblich kleiner sind, 2) ihre Chromosomen ursprünglich eine einfache, rundliche Form besitzen (Fig. 38, 39, 45, 46), 3) die achromatischen Fäden keine Verdoppelung aufweisen (Fig. 47).

Bei Betrachtung der Fig. 47 scheint auch in Bezug auf die Chromosomen eine Ähnlichkeit mit dem vorigen Stadium zu bestehen (Fig. 29), indem die Chromatinelemente eine deutliche Einschnürung erkennen lassen. Aber die Ähnlichkeit ist nur scheinbar. Fig. 29 entstand aus 24 ursprünglich getrennten Elementen, welche paarweise zusammentraten, Fig. 47 dagegen ging hervor aus 12 Kugeln, welche getrennt blieben und nun zum Zweck einer Theilung eine Einschnürung in der Mitte erfuhren. Die Einschnürung wird tiefer und trennt schließlich das Element in zwei Theile, derart, wie wir es bereits von den Ursamenzellen kennen gelernt haben (Fig. 5, 11, 9), und wie es in Fig. 49 und 50 abgebildet ist.

Dass die Theilung in der That so aufgefasst werden muss, scheint mir bereits aus einer sehr lehrreichen aber abnormen Theilungsfigur einer Spermatocyte hervorzugehen (Fig. 32). Diese Figur ist genau so gestaltet wie Fig. 29 und weicht nur in dem Punkte ab, dass das eine Paar von Chromosomen bereits wieder eine Theilung erfahren hat. Es ist demnach hier ausnahmsweise eine Theilung verfrüht eingetreten, welche gewöhnlich erst nach Ausbildung von Tochterzellen einzutreten pflegt (Fig. 46, 47, 49).

Da die Chromosomen annähernd kuglig sind, so ist es einigermaßen unnütz von einer Längs- oder Quertheilung hier zu sprechen

(Fig. 32, 47, 49). Dennoch bin ich der Meinung, dass die hier vorliegende Theilung theoretisch einer Längstheilung gleichzusetzen sei; denn wo gestreckte Chromosomen vorhanden sind, pflegen sie den Polen nicht ihre Enden, sondern ihre Seiten zuzukehren und also der Länge nach getheilt zu werden. Warum sollten wir hier etwas Anderes annehmen?

Bei der ersten Theilung der Spermatocyten hatte ich mitgetheilt, dass 12 Chromosomen in jede Tochterzelle überzugehen pflegen (Fig. 40 a, b — Fig. 44 a, b). Nun fällt aber bereits bei diesen Theilungen auf, dass sehr häufig ein Paar von Chromosomen beim Auseinanderweichen in zwei Stücke mit den übrigen Doppelementen nicht Schritt hält, sondern zurückbleibt, als wenn die Theilung desselben viel schwieriger wäre (Fig. 38). Oft sind die übrigen 11 Chromosomen jederseits schon nahe am Pole, das 12. dagegen jederseits dem Äquator noch viel näher. Dieses Verhalten, sowie die gelegentliche stärkere Färbbarkeit im Gegensatz zu den anderen Chromosomen habe ich in Fig. 40 andeuten wollen. Hier bekommt man abwärts vom oberen Pole zunächst eine Gruppe von 11 Chromosomen zu Gesicht (Fig. 40 a hellere Chromosomen), dann folgt nach unten das eine zurückgebliebene Chromosom (Fig. 40 a, x). Bei noch tieferer Einstellung sieht man das einzelne Chromosom der Gegenseite (Fig. 40 b, x'), und noch weiter abwärts die untere Gruppe von 11 Chromosomen (Fig. 40 b). Das Gleiche ist der Fall mit Fig. 44 a und b, wo bei x resp. x' das besondere Chromosomenpaar eingezeichnet ist.

In einem Falle habe ich nun gar beobachtet, dass ein Paar von Chromosomen sich überhaupt nicht trennte, sondern dass dieses Paar ungetheilt der einen Tochterplatte einverleibt wurde (Fig. 31 b, x). So kam es, dass die eine Tochterplatte nur 11 Chromosomen enthielt (Fig. 31 a), die andere deren 12 (Fig. 31 b). Das Doppelement x war durch seine beträchtliche Größe sofort zu erkennen, übertraf die anderen Elemente etwa um das Doppelte, jedoch habe ich eine Zusammensetzung aus zwei Theilen nicht erkennen können. Ich werde das weiter unten aufklären.

Kehren wir nach diesem Rückblick zu der zweiten Theilung zurück, so erhalten wir ganz ähnliche Verhältnisse, wie ich sie eben von der ersten Theilung der Spermatocyten geschildert habe. Obgleich bei der zweiten Theilung nicht ein einfaches Auseinanderweichen vorher getrennter Körper stattfindet, sondern eine regelrechte Halbierung vorher einheitlicher Massen, so geht doch die Spaltung glatt von statten (Fig. 47, 49) — wiederum bis auf ein Element. Während die übrigen 11 Tochterchromosomen in der normalen Weise zum Pole

rücken, hält sich das übrigbleibende Element noch länger in der Äquatorialebene auf (Fig. 49), streckt sich dabei und nimmt an Masse zu. Einmal beobachtete ich eine ganz bedeutende Massenzunahme desselben (Fig. 55). Hier waren die Tochterplatten schon ganz nahe am Pol und eine dicke chromatische Brücke, mit schwacher Einschnürung in der Mitte, erstreckte sich von einer Platte zur anderen.

Dass es zu einer regelrechten Durchschnürung dieses sonderbaren Elementes käme, habe ich niemals beobachtet. Ob in Fig. 50 ein Stückchen Substanz an die gegenüberliegende Platte abgegeben sei, wie es den Anschein hat, vermag ich nicht sicher zu sagen. Dagegen kann ich das mit Sicherheit aussagen, dass vorliegendes Element sich schließlich, ohne Theilung, einer der beiden Tochterplatten zugesellt. Und da es in Folge des längeren Zögerns in der Äquatorialebene nicht mehr in den dichter werdenden Verband der übrigen Chromosomen eintreten kann, so ist es leicht an der Innenseite der Tochterplatte aufzufinden (Fig. 56, 57, 58, 60).

Derartige Seitenansichten, wie sie die eben genannten Figuren darbieten, geben aber keine Sicherheit, weil es ja immer vorkommen könnte, dass einmal ein Chromosom außerhalb des Verbandes der übrigen liegen bliebe, ohne dass damit eine Ungleichheit in der Zahl bewiesen wäre. Da müssen also Polansichten zu Rathe gezogen werden. Ich habe solche in Fig. 51, 52, 53, 54, 59 abgebildet. Fig. 51 *a* zeigt eine Tochterplatte von 11 Chromosomen, und bei *x* das größere ungetheilte Element, Fig. 51 *b* ist die Tochterplatte der Gegenseite mit 11 Chromosomen. Man erkennt noch deutlich den Raum, welchen vor der Theilung das Element *x* mit ausgefüllt hatte. Ganz genau dasselbe ist zu sehen bei Fig. 53 *a* (11 Chromosomen), wo das Einzelelement *x* neben den 11 Chromosomen in Fig. 53 *b* gezeichnet ist. — In Fig. 52 *b* ist das Element *x* noch nicht so nahe an die Hauptgruppe der 11 gerückt, wie bisher; Fig. 52 *a* zeigt die 11 Chromosomen der zugehörigen Gegenseite. Und da die bisher betrachteten Figuren von durchschnittenen Zellen herrühren, welche unverletzt und ganz sicher zusammengehörig sich auf je zwei benachbarten Schnitten befanden, so gebe ich doch noch zur Beseitigung etwaiger Zweifel in Fig. 54 die Chromosomen einer unverletzten Zelle in Polansicht. Man wird leicht die obere Gruppe der 11 dunkeln Chromosomen erkennen, sowie unten die entsprechenden, hell gehaltenen, 11 Chromosomen der zweiten Tochterplatte. Letzterer mehr angenähert findet sich bei *x* das bekannte größere Einzelelement. Und auch in Fig. 59, wo die Konstituentien der Tochterplatten mit einander verschmolzen sind, kann man bei *x* das Element noch immer unterscheiden. Ja noch weithin ist es als

solches wahrzunehmen, und da wird auch seine Bedeutung klar werden.

Ausnahmen von dem hier geschilderten Vorkommnisse mögen vorhanden sein, ja mögen sogar recht häufig sein. Ich kann nichts darüber aussagen. So weit meine Erfahrungen gehen, und so weit mir ein Zählen der Chromosomen möglich war, habe ich stets das von mir beschriebene Verhalten gefunden.

Demnach glaube ich sagen zu dürfen: Bei der letzten Theilung der Spermatocyten wird das Chromatin ungleich getheilt, derart, dass die eine Spermatide nur 11 Chromosomen erhält, die andere dagegen außer den 11 Schwester-Chromosomen noch ein ungetheilt bleibendes Chromatin-element.

Die Verhältnisse der übrigen Zellbestandtheile sind Anfangs ähnlich wie bei der ersten Theilung der Spermatocyten. Schließlich aber treten große Abweichungen davon auf.

Wenn die Chromosomen nach den Polen aus einander rücken, so bleiben sie paarweise noch lange durch feingekörnte gefärbte Fäden mit einander in Verbindung (Fig. 49). Die Fäden sind in der Äquatorialebene oft bauchig nach außen gebogen. Unzweifelhaft scheint es mir zu sein, dass von jedem Chromosom mehrere solcher Fäden ausgehen. Das wird besonders deutlich bei etwas älteren Stadien (Fig. 50). Hier sind sie nämlich auf der Höhe des Äquators noch stärker ausgebaucht und nach außen gebogen. Andere Fäden ziehen mehr geradlinig durch die Zelle oder sind auf ihrem Wege geknickt und gebogen. Wie die Zelle sich zum Zwecke der Theilung mehr in die Länge streckt, werden auch sie geradliniger (Fig. 56, 58, 60).

Die Fäden, welche von den Chromosomen seitwärts ziehen, scheinen sich mit den Dottermassen in Verbindung zu setzen (Fig. 50). Man sieht wenigstens späterhin, dass solche Fäden auf die Dottermassen zustreben, welche alsdann dicht an die Chromosomen herantreten (Fig. 58, 59). Allerdings dürfen wir dabei nicht vergessen, dass auch die Centrosomen von jeher einen beträchtlichen Einfluss auf die Dotterkugeln ausüben, und dass die Centrosomen immer noch vorhanden sind (Fig. 56, 58, 60). Aber zu deren Wirkung mag immerhin sich ein neuer, diesmal von den Chromosomen ausgehender Einfluss gesellen; denn die Polkörperchen verschwinden nun bald.

Ich möchte fast glauben, dass es der so von den Verbindungsfäden ausgehende Einfluss ist, welcher die Dottermassen sich anders verhalten lässt als früher. Sonst durchschneidet bei einer Theilung die Furche

einfach den Leib der Zelle; hier geht das nicht so glatt vor sich. Man sieht, wie die Dotterreihen mit einem besonderen fädigen Plasma durch die Trennungsfurche beider Zellen noch länger mit einander in Verbindung stehen (Fig. 60, 64). Erst verhältnismäßig spät löst sich ihr Zusammenhang (Fig. 64).

Außer der mit den Dotterreihen in Beziehung stehenden Verbindung ist noch eine breitere Brücke geschaffen zwischen beiden Zellen. Der mittlere Bezirk des Verbindungsgebietes beider chromatischer Tochterplatten formirt sich nämlich selbständig. Anfangs von grobkörnigeren chromatischen Fäden durchzogen, wird er homogener und feinstreifiger und zieht als etwa überall gleich breites Band von einer Tochterplatte zur anderen. Schon verhältnismäßig früh tritt eine Zellplatte aus feinen Körnchen darin auf. Aber wenn schon längst die von den Dotterreihen ausgehende Verbindung beider Tochterzellen gelöst ist, bleibt das mittlere Band noch lange bestehen, so lange, bis die wichtigsten Veränderungen in den Spermatiden abgelaufen sind.

Was den Kern anbetrifft, so waren ja die Elemente der Tochterplatten dicht zusammengetreten, derart, dass eine Verschmelzung derselben erfolgt war zu einer einheitlichen Masse, in welcher nur einige dunklere Stellen das Vorhandensein ursprünglich getrennter Körperchen andeuteten (Fig. 59). Die Verschmelzung ist vielfach noch viel inniger als es die angezogene Figur darstellt. Es sind das jedenfalls verschiedene Entwicklungszustände. Die geschilderte Verschmelzung ist auf diesem Stadium etwas ganz regelmäßig Vorkommendes. Nur das isolirte Körperchen hält sich davon entfernt, tritt nicht in so innige Berührung mit den 44 Chromosomen (Fig. 59 a, x).

Wenn die Verbindungsfasern homogener werden, erscheint um den chromatischen Platten der jungen Spermatiden ein heller Hof (Fig. 60, 64), welcher größer wird und sich schließlich ringsum durch eine Membran gegen das Plasma abgrenzt. Damit ist der neue Kern konstituiert (Fig. 64). Das Chromatin hat Anfangs noch die Gestalt einer Platte, und es ist daher in derjenigen Zelle, welche das ungetheilte Einzelement erhalten hat, dieses an seiner isolirten Lage sofort zu erkennen (Fig. 85 x). Weiterhin lockern sich aber die Chromatinplatten, es erscheinen wieder einzelne Körnchen, welche von dem äußeren Ende des Kernes, wo sich die zusammenhängende Platte meist fand, in dem Raume des Kernes sich auszubreiten beginnen (Fig. 64, 65, 66). Dann ist die Lage des Einzelementes für seine Erkennung nicht mehr zu verwenden; aber dennoch findet man es unschwer zwischen den einzelnen Körnchen heraus: 1) durch seine Größe, denn es ist ja unge-

theilt; 2) durch die Kugelform, in welche es aus der elliptischen Gestalt übergegangen ist; 3) durch die glatte Oberfläche, im Gegensatz zu den übrigen Chromosomen, welche wie gezackt erscheinen und durch Fortsätze mit einander in Verbindung stehen.

Die Dottermassen jedes Spermatidenpaares standen, wie wir sahen, mit einander durch eine besondere Fadensubstanz in Verbindung (Fig. 60, 64), welche früher als das centrale Faserbündel eine Durchschnürung erfuhr. Dann hängt dieselbe auch nach der Trennung noch, von lockerem Plasma umgeben, eine Zeit lang zipfelförmig den Spermatiden an (Fig. 64). Die Dottersubstanz selbst, bisher in Reihen angeordnet, zieht sich nun zusammen zu einem kompakten Körper, welcher durch Dazwischentreten der centralen Fasersäule paarig wird (Fig. 64). Der Körper besteht aus einem Haufen länglicher Körnchen, welche eine dunkle Peripherie und ein helles Innere haben. Je nach der Konservirung und Färbung sind sie mehr oder weniger deutlich zu sehen, am besten bei Anwendung von FLEMMING's starkem Chrom-Osmium-Essigsäure-Gemisch und Färbung mit Hämatoxylin nach APATHY's Methode. Anfangs stehen die Körnchen radiär zum Kern, dann aber knäueln sie sich auf (Fig. 67, 63), bilden Anfangs einen Körper von unregelmäßiger Oberfläche, dann aber wird die Oberfläche mehr gleichmäßig (Fig. 64—66). Nach Behandlung mit Pikrinessigsäure oder heißem Wasser werden die Dottermassen zum Theil ausgezogen, wie sie ja von Anfang an in Zellen, welche auf diese Weise konservirt wurden, nicht zur Anschauung gebracht werden konnten. In solchen Präparaten liegt an Stelle der dunklen Körper eine helle feinkörnige Substanz.

Wir haben in den beschriebenen oval-nierenförmig gestalteten Körpern den Nebenkern von BÜTSCHLI und v. LA VALETTE ST. GEORGE vor uns. Derselbe entsteht hier also aus einem Theile der Verbindungsfasern, und die in der Samenzelle schon vorher vorhandene Dottersubstanz wird, vielleicht unter einer chemischen Veränderung, gewissermaßen als Füllmasse dabei verbraucht.

Lässt sich die Entstehung des Nebenkernes verhältnismäßig leicht verfolgen, so ist die Umwandlung des centralen Faserbündels sehr viel schwieriger zu beobachten. Nur die zwischen beiden Zellen befindlichen Theile lassen sich unschwer genauer durchmustern, und sieht man daselbst, wie eine aus Körnchen bestehende Zellplatte schon früh auftritt (Fig. 61, 64). Oft sind einzelne Fibrillen des Faserzuges bündelweise in der Zellplatte vereinigt, und derartige vielfach vorhandene Bündel sind dann durch einen kleinen Zwischenraum je von einander getrennt. Später theilt sich die Zellplatte, die Hälften rücken aus

einander (Fig. 66), der Zwischenraum zwischen ihnen wird heller (Fig. 67), und so mögen schließlich die Spermatiden sich trennen.

Bevor es jedoch zu einer Isolirung der Zellen kommt, gehen noch wichtige Veränderungen mit dem proximalen Ende des centralen Faserbündels vor sich. Diese Vorgänge sind sehr schlecht zu beobachten, weil an der entscheidenden Stelle der dunkle Nebenkern leicht eine Verdunkelung und Verdeckung verursacht. Überhaupt ist die Beobachtung durch die Beschaffenheit der betreffenden Gegenstände selber schon sehr erschwert.

An besonders günstigen Objekten habe ich nun gesehen, dass die Verbindungsfasern dort, wo sie dem Kern am nächsten waren, eine Anschwellung bekamen (Fig. 65, 66 unten, 67 unten). In anderen Zellen war diese Anschwellung größer, und wie geteilt in der Mitte (Fig. 67). Zuweilen traten solche Anschwellungen auch wohl in einiger Entfernung vom Kerne auf (Fig. 63). Schließlich sah ich bei der schon isolirten Zelle von Fig. 62, dass der Anschwellung noch einige Fäden anhängen, von denen ich glauben möchte, dass sie von dem centralen Faserbündel herrührten. Wenn dann die Spermatiden sich getrennt haben, liegt an der Stelle, wo die nun verschwundenen centralen Verbindungsfasern den Kern berührten, ein kegelförmiger Körper, das *Mitosoma*.

Wir hatten oben erfahren, dass bei der Trennung der Chromosomen gefärbte Verbindungsfasern zwischen ihnen entstanden waren (Fig. 49, 50, 56). Es fragt sich, ob die Färbung etwa von zurückgelassenem Chromatin herrührt. Ich glaube dieses in der That annehmen zu sollen. Entweder wird ein wenig Chromatin beim Auseinanderweichen der Chromosomen abgestreift und bleibt auf dem Wege zurück, oder es bildet sich aus der Substanz der Verbindungsfäden neues Chromatin. Denn dass solches wirklich vorhanden ist, sehe ich gleichmäßig bei Präparaten aus FLEMMING's Flüssigkeit, Pikrinessigsäure und heißem Wasser, besonders auf Stadien vom Alter der Fig. 49. Sind die Tochterplatten weiter getrennt, so ist die geringe Chromatinmenge bei den letzten beiden Konservierungsmethoden in der Regel nicht mehr klar zu erkennen. Aber z. B. in Fig. 57, einem mit heißem Wasser konservirten Präparate entnommen, sind noch deutlich Reihen feiner Chromatinkörnchen zwischen den beiden chromatischen Tochterplatten zu sehen, während die achromatische Substanz völlig ausgelöscht ist.

An Präparaten aus FLEMMING's Flüssigkeit, welche mit Safranin gefärbt wurden, sind dagegen auch später noch Chromatinkörnchen deutlich wahrzunehmen, besonders im Bereich oder in der Nähe der cen-

tralen Verbindungsfasern, meist unweit des Kernes (Fig. 61, 64, 65, 66). Andere eben so gefärbte Körnchen finden sich gelegentlich außerdem noch im Plasma, ebenfalls gewöhnlich in der Nähe des Kernes (Fig. 61, 66). Ich kann über dieselben einstweilen nichts aussagen.

Jedenfalls möchte ich hiermit festgestellt haben, dass ganz besonders bei dieser letzten Theilung Chromatin in der Erstreckung der Verbindungsfasern auftritt. Es erleidet nun aber dieses Chromatin im Laufe der Entwicklung Umwandlungen in eine achromatische Substanz, da die Menge desselben immer mehr abnimmt. Es dürfte daher nicht von der Hand zu weisen sein, dass umgewandelte Chromatinsubstanz sich am Aufbau des aus einem Theile der Verbindungsfasern hervorgehenden Nebenkernes und des Mitosomas betheiligt. Hierbei setze ich voraus, dass die von mir beschriebene Entstehung des Mitosomas, welche übrigens in Angaben von PLATNER über Lepidopteren eine Bestätigung findet, richtig sei.

Das Eingehen von Chromatin in den Nebenkern und das Mitosoma ist für mich wichtig im Hinblick auf die entsprechenden (aber viel deutlicheren) Vorgänge, welche ich bei der Bildung der Richtungskörper von *Pieris brassicae* beobachtet habe.

5. Ausbildung der Samenkörperchen (Spermatosomen).

Der Kern, eine helle Blase mit den gefärbten Chromatinkörnchen darstellend, erfährt eine ganz langsame Zunahme an Volumen bis zu einem gewissen Maximum (Fig. 66, 67, 78). Die Chromosomen schicken immer deutlichere Ausläufer aus, somit späterhin gewissermaßen Knotenpunkte in einem Netzwerke darstellend.

Eingreifendere Veränderungen gehen mit dem Nebenkern vor. Derselbe erschien uns bisher bei Seitenansicht als ein rundlicher Körper (Fig. 65—67), bei Ansicht von oben dagegen durch einen Eindruck verdoppelt (Fig. 64). Auch selbst in Präparaten wie Fig. 64—66, in denen der Nebenkern ziemlich homogen geworden ist, kann man noch seine Zusammensetzung aus differenten Körperchen erkennen. Weiterhin ändert sich sein Aussehen: Schichtenweise scheinen die Körnchen zu verschmelzen und durch mehrfache Übergänge erhält man das in Fig. 71 und 72 abgebildete Verhalten, welches von v. LA VALETTE mit einem Garnknäuel verglichen wurde. Bereits auf diesem Stadium ist ganz gut zu sehen, dass eine Scheidewand den Nebenkern in zwei Stücke theilt (Fig. 71).

Sind die Körnchen des Nebenkernes zuerst gewissermaßen der Länge nach mit einander verschmolzen, auf die Weise concentrische Ringe

oder Schalenstücke erzeugend, so beginnen nun auch diese einzelnen Abtheilungen successive zu verschmelzen (Fig. 68, 69, 70). Der Process rückt von außen nach innen vor, successive verschwinden in dieser Richtung die Scheidewände, am längsten kann sich in der Mitte ein dunkles Pünktchen halten (Fig. 70 rechts). Dann verschwindet auch dieses und der Nebenkern ist jetzt ziemlich homogen feinkörnig (Fig. 77). Gleichzeitig setzen sich die beiden Hälften immer schärfer gegen einander ab (Fig. 68—70). Von der Seite gesehen ist die Gestalt oval (Fig. 78).

Der Nebenkern streckt sich nun immer mehr, stößt mit dem einen Ende an den Kern an, reicht mit dem anderen fast bis an das Ende des Spermatosomes (Fig. 79). Man sieht, dass er bei dieser Verlängerung erheblich an Volumen zunimmt, bis zu einem Maximum (Fig. 84). Späterhin wächst er dann einfach in die Länge, dabei immer dünner werdend (Fig. 83 u. folg.). So nimmt er Theil an der Bildung des Schwanzfadens.

Die Volumensänderung des Nebenkernes scheint mit derjenigen des Kernes ziemlich Hand in Hand zu gehen; denn wir sehen, dass zu der Zeit, wo der Nebenkern sich unter Streckung erheblich zu verschmälern beginnt (Fig. 83 u. folg.), auch der vorher langsam größer gewordene Kern, nun unter Beibehaltung der Kugelform immer kleiner wird, bis zu dem etwa in Fig. 88 abgebildeten Minimum. Auch die Chromatinsubstanz ändert ihr Aussehen. Die vorher vorhandenen Knotenpunkte des chromatischen Netzwerkes gehen an Deutlichkeit zurück: Das Chromatin vertheilt sich mehr gleichmäßig durch den Kern in Gestalt von Körnchen.

Von der allgemeinen Vertheilung hält sich nur das isolirte Einzel-element zurück, welches bei der letzten Halbiring der Spermatoocyten ungetheilt in die eine Tochterzelle übergegangen war. Es sind somit die, wenn wir so wollen, bevorzugten Tochterzellen auch jetzt immer noch zu erkennen (x in Fig. 82*a* und *c*, Fig. 84*b*, Fig. 85*a*).

Ich glaube, ein jeder unbefangene Beobachter wird mit mir diesen runden von dem übrigen Chromatin scharf unterschiedenen Körper für das Kernkörperchen ansehen. Damit ergiebt sich aber die wichtige Thatsache, dass wir zweierlei Spermatozoen erhalten: die einen besitzen einen Nucleolus, die anderen nicht (x in Fig. 82, 84, 85*a*, dagegen Fig. 82, 84, 85*b* ohne x). Der Nucleolus ist in den Spermatosomen noch lange zu erkennen, überhaupt so lange, als er durch seine Gestalt und seine intensive Färbung sich von seiner Umgebung abheben kann (Fig. 92, 93). Auch in den Stadien wie Fig. 95 ist das Fehlen oder Vorhandensein des Nucleolus noch fest-

zustellen. Später ist es nicht mehr möglich, da der Kern sich gleichmäßiger und intensiver färbt und glänzender wird.

Das Chromatin zeigt nämlich schon früh in dem kleiner werdenden Kerne das Bestreben sich feiner zu vertheilen (Fig. 84, 85). Eine bestimmte Stelle des Kernes bleibt jedoch frei von Chromatin. Weiterhin beginnt der Kern sich langsam zu strecken (Fig. 92, 93), spitzt sich vorn scharf zu (Fig. 94, 95) und nimmt durch die in Fig. 96—101 dargestellten Übergänge allmählich die charakteristische Nadelform des reifen Samenfadens an (Fig. 108). Noch auf der Höhe der Fig. 95 ist eine Vertheilung des Chromatins in feinste Körnchen wahrzunehmen, darüber hinaus aber nicht mehr.

Die von Chromatin frei bleibende Stelle liegt als ein heller Hof seitlich neben der Berührungsstelle des Nebenkernes mit dem Kerne (Fig. 86, 92). Wenn der Kern sich streckt, kommt sie mehr auf dessen Seitenfläche zu liegen, da der Kern auch gegen den Nebenkern hin eine Zuspitzung erfährt (Fig. 94, 96). Die Vacuole nimmt noch an Umfang zu (Fig. 100, 101), ist dabei aber nach außen stets durch eine chromatische Haut abgegrenzt (Fig. 101). Was schließlich aus ihr wird, vermag ich nicht anzugeben, da mir Übergangsstadien von Fig. 101 zu Fig. 108 fehlen.

Die auffallendsten Veränderungen erleidet aber das Mitosoma. Es liegt Anfangs als ein wenig intensiv gefärbter Körper, welcher zwei oder drei Furchen erkennen lässt, in dem Winkel zwischen Kern und Nebenkern (Fig. 62, 67 *m*), dort auch noch zu der Zeit, in welcher der Nebenkern die Gestalt eines Garnknäuels hat (Fig. 71). Wenn dann aber der Nebenkern zu der Gestalt eines Weißbrotes übergeht, fängt das Mitosoma an zu wandern. Es tritt näher an den Kern heran und plattet sich bei Berührung desselben etwas ab. Dadurch bekommt es etwa die Gestalt eines Kegels (Fig. 69). Jetzt gleitet der Kegel gewissermaßen an der Oberfläche des Kernes entlang, bis zu dessen vorderem Ende (Fig. 68, 73, 77, 78). Schließlich sitzt er dem Nebenkern direkt gegenüber (Fig. 79, 80). Man erkennt nun leicht die Einfurchung des Gebildes meist in zwei, seltener in drei Abschnitte. Der dem Kerne angenäherte Abschnitt ist meist etwas dunkler als der abgewandte. Im Ganzen aber ist das Mitosoma homogen mit etwas dunklerer Peripherie.

An der Spitze des Samenfadens verharrt nun aber das Mitosoma nicht lange. Es marschirt wieder auf der Kernoberfläche nach abwärts, begleitet von dem vor dem Kerne gelegenen Plasmahofe (Fig. 81). Schließlich befindet es sich wieder an der alten Stelle, im Winkel zwischen Kern und Nebenkern (Fig. 82, 83, 84). Oft macht es den Eindruck, als wenn der Kern sich etwas in dem Sinne der Wanderung des

Mitosoma mit umböge und umdrehte. Jedenfalls ist er nun etwas nach dieser Seite herübergebogen (Fig. 81, 83, 84 etc.). Bemerkenswerth ist also, dass das Mitosoma die plasmatische Anhäufung über dem Kerne herabgeholt hat, so dass man auch sagen könnte, es habe sich die Spitze des Samenfadens nach abwärts herabgeschlagen. Der Kern sitzt nun scheinbar ganz nackt dem Samenfaden auf.

Das Mitosoma ist aber noch nicht zur Ruhe gekommen. Es löst sich von der Kernperipherie und nimmt noch erheblicher an Volumen ab, als wir es vom Kerne festgestellt hatten (Fig. 79, 83, 84, 85). Die dem Kerne zugewandte Abtheilung des Mitosoma wird nun auch immer dunkler und setzt sich immer schärfer gegen die abgewandte Partie ab (Fig. 85, 86). Schließlich schnürt sie sich ganz davon los unter Abrundung zu einer Kugel (Fig. 86, 87).

Schon vorher sieht man häufig an der dem Kerne zugewandten Seite der dunklen Abtheilung ein unzweifelhaft chromatisches Pünktchen auftreten, von intensiv rother Farbe bei Benutzung von Safranin (Fig. 84 a, Fig. 86). Von diesem Pünktchen geht gewissermaßen eine Infektion auf das ganze Körperchen aus. So wird das ganze Körperchen bald völlig chromatisch, befindet sich zeitweilig in einem Zwischenstadium, in welchem man nicht weiß, ob der Ausdruck chromatisch schon angebracht ist. Später aber ist kein Zweifel mehr, das Körperchen übertrifft in Folge seiner Homogenität sogar den Kern an Intensität der Färbung (Fig. 91). Es trennt sich nun immer weiter von dem heller bleibenden Stücke und unternimmt noch einmal die Wanderung an der Kernoberfläche entlang bis an die Spitze des Samenfadens (Fig. 90, 94, 89 c). Hier beginnt es sich abzuplatten (Fig. 92), besonders unter Ausbreitung nach einer Seite hin (Fig. 93). Später vollendet es besonders die Zuspitzung des Samenfadens (Fig. 95) und ist an seiner intensiven Färbung noch lange an der Spitze der Spermatozoen zu erkennen (Fig. 99). Sogar in so weit entwickelten Stadien wie Fig. 101 ist es noch deutlich als solches zu sehen, da hinter ihm der Kern etwas schwächer gefärbt ist. Späterhin hebt es sich in Folge der gleichmäßigen starken Färbung des ganzen Kopfes nicht mehr ab.

Das Reststück des Mitosoma bleibt als heller Körper an der Grenze von Kern und Schwanzfaden liegen und scheint, wie die Fig. 92, 93, 94, 95 beweisen, eine langsame Rückbildung zu erfahren. Später ist es immer schwerer zu sehen (Fig. 99), mag jedoch wohl in ein unsicheres dunkles Pünktchen am Ende des Kopffadens von Fig. 101 übergegangen sein. In reifen Spermatozoen habe ich mit den von mir benutzten Methoden keine Spur desselben auffinden können, ohne jedoch damit die Möglichkeit des Vorhandenseins in Abrede stellen zu wollen.

Die von mir im Vorhergehenden beschriebene dreifache Wanderung des Mitosomas aufwärts, abwärts und wieder aufwärts ist vielleicht im Stande, Misstrauen gegen meine Angaben zu erwecken. Da will ich noch einmal ausdrücklich betonen, dass die mitgetheilte Reihenfolge ganz unzweifelhaft ist. Wie man in Stadien von der Fig. 71 das Mitosoma stets unten am Kern findet, so wird man es in Samenfäden von der Ausbildung der Fig. 78—84 an der Spitze aufgethürmt sehen, dagegen in älteren mit feinkörnig vertheiltem Chromatin (Fig. 85 ff.) ohne alle Frage wieder an der Ursprungsstelle des Nebenkerns. Und für die Wanderung des Spitzenknopfes (»Spitzenstückes« nach BALLOWITZ [1]) wird man in günstigen Präparaten zahlreiche Belege finden.

Was das Protoplasma anbetrifft, so zeigt es stets einen netzigen wabigen Bau. Der Mangel einer scharfen Zellgrenze sprach sich Anfangs an den mit FLEMMING's Flüssigkeit konservirten Hoden ja schon darin aus, dass bei den Theilungsfiguren über den Polkörperchen sich eine plasmatische Calotte anhäufen konnte (Fig. 29, 32, 47, 49). Auch zu anderen Zeiten ist keine ganz scharfe Zellgrenze gegeben. Wo die Zellen dichter liegen, gehen Balken von Plasma von einer Zelle zur anderen und man kann nicht sagen, wo ein neues Zellterritorium anfängt (Fig. 58—64). Schärfer ist die Zellgrenze bei Anwendung von Pikrinessigsäure, und am deutlichsten, wenn man die Hoden durch Hitze abtödtet. Dann ist das plasmatische Netz völlig verschwunden und als abgerundete Körper liegen die Zellen neben einander, von der Gestalt der Fig. 57, meist durch einen beträchtlichen Zwischenraum von einander getrennt.

Auch die jungen Spermatozomen stehen mit ihrem Plasma nach Behandlung mit FLEMMING's Flüssigkeit meist unter einander in Verbindung und erst, wenn sie älter werden, isoliren sie sich etwas mehr. Da sieht man denn, dass der Schwanz aus dem Nebenkern besteht, welchervon einer zarten plasmatischen Hülle umgeben ist (Fig. 83—88). Noch besser lassen die Querschnitte durch verschieden alte Samenfäden erkennen (Fig. 103—106). In der Mitte ist der paarige Nebenkern vorhanden, darum liegt ein Hof eines netzförmigen Plasmas. — Dass auch über den Kern sich eine plasmatische Hülle fortzieht, wird durch Fig. 97 bewiesen, in welcher das Plasma sich durch Quellung abgehoben hat.

Der Anblick der Plasmatheile ist ein völlig anderer, wenn man mit heißem Wasser konservirte Präparate ansieht. Das grobe Maschenwerk ist verschwunden, das Plasma hat mehr eine feinkörnige Beschaffenheit und umschließt hier und da Vacuolen (Fig. 57). Besonders haben die heranwachsenden Spermatozomen ein abweichendes

Aussehen. So lange sie noch ganz jung sind, ist der Nebenkern als heller ovaler Körper mit einem unregelmäßigen meist längsverlaufenden Netzwerk im Inneren sehr wohl zu sehen (Fig. 113), auch sind seine Hälften durch eine Linie angedeutet. Späterhin ist von demselben bei Seitenansicht kein deutliches Bild mehr zu gewinnen, da erscheint der Schwanzfaden ziemlich gleichförmig (Fig. 114—118). Im Querschnitte jedoch kann man die beiden Hälften des Nebenkernes noch recht wohl als zwei helle Pünktchen sehen.

Die Kernverhältnisse in solchen Präparaten sind ähnlich, wenn auch weniger deutlich als oben beschrieben. Ich verweise auf die Fig. 114—118. Nun bemerkt man aber in den Präparaten in gewissen Altersstadien an der Basis der Kerne kleine helle Kügelchen mit chromatischem Rande (Fig. 114, 115), welche nicht leicht zu deuten sind. Vom Kerne können sie nicht herrühren, denn sie sind scharf davon abgesetzt. Da drängt sich zunächst die Vermuthung auf, dass sie vom Mitosoma herzuleiten sein möchten, welches nicht zu sehen ist. Ich glaube, die Annahme ist richtig. Es wird von dem sonst unsichtbaren Mitosoma der vordere Theil sichtbar, indem er in den chromatischen Zustand überging. Ich möchte das um so mehr annehmen, als später das helle, am Rande chromatische Kügelchen an der Basis des Kernes fehlt, während ein solches dann an der Spitze des Kernes zu sehen ist (Fig. 117, 116). Die Kernvacuole an der Basis des Kernes ist auch bei dieser Methode gelegentlich deutlich zu sehen (Fig. 118), fernerhin noch eine Eigenthümlichkeit der Kerne. Wenn ich die Hoden in toto mit Boraxkarmin vorfärbte, alsdann mit Safranin und Gentianaviolett nach der GRAM'schen Methode nachfärbte, so nahmen die jungen Kerne etwa bis zum Stadium der Fig. 100 vor Allem den rothen Farbstoff auf, während, je älter der Samenfaden wurde (Fig. 108), immer mehr Neigung zu blauer Färbung sich herausstellte. Ähnlich, wenn auch nicht so deutlich, war der Effekt beim Kombiniren von Boraxkarmin und EHRLICH's Hämatoxylin. FLEMING hat bereits früher einer entsprechenden Erscheinung an den Samenfäden im Hoden von Salamandra (6) Erwähnung gethan.

Der Schwanzfaden wird also gebildet von den beiden Hälften des Nebenkernes, sammt einem Überzuge von Plasma. Wie sich der Schwanz in die Länge streckt, wird der Querschnitt der Nebenkernhälften immer kleiner (Fig. 75, 102—106), schließlich ist der Schnitt so klein, dass man nichts Deutliches mehr sieht.

Der Anblick eines Achsenfadens kann bei Seitenansicht schon durch die mittlere gemeinsame Lamelle der beiden Nebenkernhälften

hervorgerufen werden (Fig. 79). Doch habe ich im Querschnitt vielfach auch ein dunkles Pünktchen zwischen den beiden Hälften gesehen, vielleicht von einer Längsverdickung herrührend (Fig. 75, 102, 104, 105). Das Innere des Nebenkernes erscheint meist recht homogen (Fig. 75), doch sieht man im Querschnitt auch wohl kreisförmige helle Stellen in Ein- oder Mehrzahl. Ob durch sie die Möglichkeit eines Zerfalles der reifen Nebenkerns in Fibrillen angedeutet ist, wäre im Hinblick auf die Untersuchungen von BALLOWITZ (1) vielleicht zu behaupten.

Ob der erwachsene Schwanzfaden drehrund ist, oder vielleicht etwas abgeplattet, ist schwer mit Sicherheit festzustellen. Ich neige mehr der letzteren Auffassung zu. Die Querschnitte der mir vorliegenden ältesten Samenfäden aus dem Hoden zeigen wenigstens den Nebenkern deutlich abgeplattet. Auch das Bild in Fig. 109 spricht dafür; es ist nach frisch in $\frac{1}{2}\%$ iger Kochsalzlösung untersuchten, aus dem weiblichen Receptaculum seminis herstammenden Samenfäden gezeichnet. Der etwas gequollene Schwanz setzt sich scharf vom Kopfe ab. In Fig. 109b haben wir das Stück eines Schwanzfadens, mit einer Einschnürung in der Mitte. Dieselbe erklärt sich leicht durch die Annahme, dass der bandförmige Schwanz sich an der Einschnürungsstelle auf die andere Seite gelegt hat. Eben so ist das Bild Fig. 110 und 111 zu verstehen. Diese beiden Bilder führen hinüber zu Fig. 112 und sind sämtlich einem mit Ameisensäure und Dahlia behandelten frischen Zerzupfungspräparate entnommen. Solche Bilder, wie Fig. 112, entstehen da sehr leicht: der Kerntheil ist langgestreckt, der Schwanzfaden eng spiralförmig aufgewunden. An den Umbiegungsstellen sieht man nun aber sehr schön die Durchschnitte der beiden Nebenkernhälften, welche als dunkle Punkte scharf hervortreten. Im Gegensatz hierzu kann ich bemerken, dass frische Samenfäden, welche in einem Tropfen FLEMMING'scher Flüssigkeit eingetrocknet wurden, eine starke Aufrollung des Kopftheiles meist erkennen ließen.

Zwischen den reifenden Samenfäden findet man in großer Zahl die sog. Zwischenkörperchen. Ich habe in Fig. 76 einige derselben abgebildet. Chromatin enthalten dieselben nicht. Woher sie kommen habe ich nicht untersucht. Könnten sie nicht aus den Calotten herrühren, welche sich bei der Theilung über den Polkörperchen bilden? Ich habe in deren Nähe oft isolirte Plasmaklumpchen gesehen (vgl. auch Fig. 62).

6. Über Abnormitäten.

Außer den bereits oben erwähnten und in Fig. 30 und 32 abgebildeten Abnormitäten muss ich hier deren noch einige erwähnen,

welche entweder größere Abweichungen darbieten oder in der Entwicklung schon weiter vorgerückt sind.

In Fig. 42 *a—c* habe ich eine in drei Schnitte zerlegte merkwürdige Theilungsfigur reproducirt. Wir haben es zweifelsohne mit einer in der ersten Theilung begriffenen Spermatocyte zu thun. Beim Überzählen der möglichst genau eingezeichneten Chromatinkörner finde ich, dass es deren etwa 48 sind, also genau so viele, als Chromosomen aus einer Samenzelle hervorgehen (4 Tochterzellen à 12 Chromosomen = 48). Die Abnormität liegt also nicht hierin, sondern in dem Umstande, dass sich gleichzeitig acht Polkörperchen an die zwei Gruppen von Chromosomen mit Spindelfasern ansetzen, während sonst vier Polkörperchen die Zerlegung in vier Zellen successive vornehmen. Sind nun diese acht Polkörperchen durch Theilung aus einem oder zweien entstanden, oder sind sie direkt an der untergegangenen Membran hervorgetaucht?

Mehrfach finden sich in den Spermatocysten riesige Spermatosomen, von denen ich zwei auf etwas verschiedenem Entwicklungsstadium vorführe (Fig. 72, 73). Sie stammen aus verschiedenen Spermatocysten und hatten beide in derselben Spermatocyste nur noch einen einzigen gleichgestalteten Genossen. Die Vermuthung liegt nahe, dass ein solches Paar dann jedes Mal zusammengehört. Abgesehen von der Größe enthalten sie alle Theile eines normalen Spermatosomes. Sie haben also zweifellos die letzte Theilung, aus welcher sich Nebenkern und Mitosoma bildet, richtig durchgemacht. Dagegen dürfte die erste (Reduktions-)Theilung fehlen, weil sich sonst vier gleiche Zellen in der betreffenden Spermatocyste finden müssten. Wir könnten demnach an solche Mutterzellen für diese Riesenspermatosomen denken, wie ich in Fig. 30 eine mit einreihig gestellten Chromosomen abgebildet habe. Fig. 74 ist der Querschnitt durch den Nebenkern einer gleichen Abnormität.

Schwieriger ist Fig. 420 zu erklären. Hier liegen in einer ungewöhnlich großen Zelle zwei kugelige Kerne neben einander, während Nebenkern und Mitosoma vorhanden sind. Ich zähle in jedem Kerne 11 Chromosomen (incl. des abgeschnittenen Stückes *b*). Könnte demnach nicht vielleicht eine solche anomale Zelle wie Fig. 34 *a* als die Erzeugerin angesehen werden?

Fig. 449 *a* (und *b* als Ergänzung zu dem einen Kerne) zeigt zwei Kerne in einer mit Dotterkörnchen versehenen Zelle. Jeder Kern enthält etwa 12 Chromosomen, meist aber zweiwerthige, so dass diese Monstrosität sich wohl schon von einem ziemlich frühen Stadium

herschreibt. Jedenfalls ist die letzte Theilung nicht erfolgt, denn es fehlt Nebenkern und Mitosoma.

Möglicherweise gehen aus Halbiring solcher Zellen derartige Monstrositäten hervor, wie ich in Fig. 407 zur Anschauung bringe. Dieses Zellenpaar liegt inmitten weit entwickelter Spermiosomen, deren Schwanzabschnitte bei *S* getroffen sind. Den Zellen fehlt mindestens die letzte Theilung, aus welcher Nebenkern und Mitosoma hervorgegangen sein würde. Trotzdem ist ein schwacher Versuch zu einer Spermabildung gemacht worden: Der Kern liegt an der Spitze, die Zelle, noch mit Dotter gefüllt, hat sich nach hinten gestreckt. Sogar eine Bildung wie ein Achsenfaden scheint zwischen den Dotterkörnchen hervor.

Ob solche Spermiosomen, wie ich in Fig. 82*c*, 89*a* und 89*b* und in Fig. 94 (rechts) als nicht unbeträchtlich größere Gebilde neben normalen Samenfäden aus je derselben Spermioocyte abgebildet habe, als abnorm anzusehen seien, vielleicht hervorgegangen aus irgend einem der soeben beschriebenen jüngeren Stadien, kann ich nicht sagen. Ich begnüge mich mit dem Hinweise darauf, dass gar nicht selten auch noch weiter vorgerückte Entwicklungsstadien mir durch die Größe ihrer Kerntheile unter den gewöhnlichen Samenfäden aufgefallen sind.

7. Über Reduktionstheilung bei der Bildung der Richtungskörper von *Pyrrhocoris*.

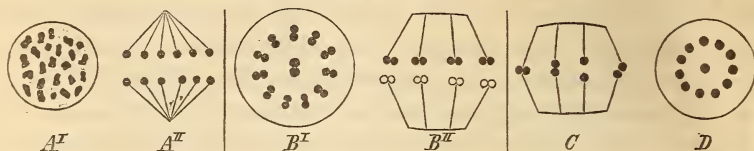
Die Verhältnisse bei der Richtungskörperbildung und Befruchtung von unserem Objekte werde ich in einer besonderen Abhandlung eingehender darstellen. Hier will ich nur zum Zweck des Vergleiches mit der Samenbildung das der Theilung des Eikernes zu Grunde liegende Princip an einigen Schematen erläutern.

In dem Keimfache der Ovarien junger Larven findet man die dicht gedrängt liegenden gleichförmigen Kerne häufig in Theilung. Schließlich sieht man im unteren Ende des Keimfaches, wie eine Anzahl solcher Kerne successive an Volumen zunimmt, sich mit reichlicherem Plasma umgibt, also zu jungen Eiern (Eimutterzellen) heranwächst.

Die Theilungen im Keimfach verlaufen nach dem in Fig. *A^I* u. *A^{II}* dargestellten Schema. In der Äquatorialebene sind 24 Chromosomen vorhanden.

Wird nun die Spindel für das erste Richtungskörperchen angelegt, so bemerkt man bei Polansicht nur 12 Chromosomen, welche meist deutlich hantelförmig aussehen (*B^I*). Unter dieser Schicht liegt eine zweite eben so gestalteter Chromosomen, und beide Schichten weichen bei der Theilung aus einander (*B^{II}*). Beide Schichten zusammen ergeben 24 Chromosomen, 12 derselben gehen in das erste Rich-

tungskörperchen über, also verbleiben auch deren 12 im Ei. Demnach wird durch Bildung des ersten Richtungskörpers eine Reduktionstheilung vollzogen.



Die 12 hantelförmigen, im Ei verbleibenden Chromosomen lagen Anfangs horizontal (B''). Jetzt beginnen sie sich zu drehen (C), richten sich gewissermaßen auf und geben bei der nun sofort erfolgenden (Äquations-)Theilung (Bildung des zweiten Richtungskörpers) nach jeder Seite 12 kugelige Chromosomen ab. Es enthält also das zweite Richtungskörperchen und ebenfalls das Ei nunmehr 12 kugelige Chromosomen (D).

8. Anzahl der Chromosomen bei der Theilung der Körperzellen von *Pyrrhocoris*.

In Bezug auf die Theilung der Körperzellen kann ich bisher nur Angaben über das Bindegewebe machen, welches die larvalen Ovarien umgibt und über die Epithelzellen des Oviductes. Bei der Theilung dieser Zellen habe ich in der Äquatorialplatte mehrfach die typisch zu erwartende Zahl, nämlich 24 Chromosomen, feststellen können. In einem Falle trat mir in einer abnormen großen Zelle des Bindegewebes auch die Zahl 48 entgegen, womit bewiesen zu sein scheint, dass solche abnorme Zellen durchaus lebensfähig sind.

9. Anhang.

In Fig. 123—125 gebe ich einige Abbildungen aus der Spermato-genese von *Pieris brassicae*. Fig. 123c stellt die Seitenansicht der Spindel einer Ursamenzelle dar mit den »einreihigen« Chromosomen. Die Polansichten bei a und b lassen übereinstimmend 30 Elemente zählen. Hiergegen finden sich in den Polansichten Fig. 125a—c nur 15 Chromosomen, in Fig. 125d deren 14. Ich halte diese Figuren für erste Theilzellen von Spermatoeyten, weil ich in ihrer Nachbarschaft noch völlige Kernbläschen, erst im Übergange zu der Spindel aufgefunden habe. Die letzte Theilung dürfte aber auch wohl hier ohne vorherige Rückbildung zu einem Bläschenkern stattfinden. Es ist also hier bereits bei der Polansicht die reducirte Zahl der Elemente zu bemerken. — In gleicher Weise ist in den Polansichten der Spindel in Fig. 124a—c nur die halbe Normalzahl, also 14 oder 15 Chromosomen zu sehen.

Ganz das Gleiche ergibt sich aus Fig. 126—129, von *Pieris napi*.

Fig. 426 enthält verschiedene Theilungsstadien von Ursamenzellen. Die Zahl der Chromosomen ist hier sehr groß (vgl. Litt.-Verz. Nr. 7). In den Polansichten von Fig. 428, 429 ist die Zahl halbirt, und Fig. 427 zeigt eine solche Spindel von der Seite. Ich glaube jedoch, dass wir es in diesen letzten Abbildungen bereits mit solchen zu thun haben, welche aus der letzten Theilung der Spermatocyten herrühren.

10. Hauptergebnisse.

Die Vergleichung der Entwicklung von Ei und Samen bei *Pyrrhocoris apterus* ergiebt also das Folgende:

1) Den Ursamenzellen entsprechen die Ureier. Beide Zellformen enthalten die für die Körperzellen charakteristische Zahl von 24 Chromosomen.

2) Den unreifen Eiern entsprechen die Samenmutterzellen (Spermatocyten I. Ordn.). Beide wachsen erheblich heran, in beiden kommt es zur Ausbildung eines verhältnismäßig großen bläschenförmigen Kernes, in beiden werden Dotterkugeln erzeugt.

3) Die Abschnürung des ersten Richtungskörperchens entspricht der ersten Theilung der Spermatocyten. In beiden Fällen kommt es zu einer (WEISMANN'schen) Reduktionstheilung, indem sich die Chromosomen »zweireihig« aufstellen und zu je 12 Elementen in die neuen Zellen übergehen. Die typische Zahl 24 wird also hier durch einfache Trennung der chromatischen Elemente auf 12 reducirt.

4) Die Ausbildung des zweiten Richtungskörpers entspricht der zweiten Theilung der Spermatocyten. Die 12 chromatischen Elemente werden unter Beibehaltung der Zahl durch Äquationstheilung direkt halbirt, ohne dass sich das Stadium eines ruhenden Kernes dazwischen einstellte. Die sofortige Theilung der Spermatocyten II. Ordn. wurde möglich, weil die vorhergehende erste Theilung nicht als normal anzusehen ist und weil die letztere wahrscheinlich bewirkte, dass sich gleich die auch für eine zweite Theilung nöthige (also doppelte) Zahl achromatischer Fäden an die Chromosomen anheftete.

Für das Spermatozoon ist noch das Folgende bemerkenswerth.

1) Aus den peripherischen Verbindungsfasern und unter Theilung von Spindelfasern entsteht der Nebenkern. Die Dottermasse wird gewissermaßen als Füllmaterial bei Bildung desselben benutzt.

2) Das centrale Bündel der Verbindungsfasern lässt aus sich das Mitosoma hervorgehen.

3) Der paarig gewordene Nebenkern haftet sich hinten an den zum Kopfe des Spermatozoon werdenden Kern an und durchzieht den Schwanzfaden.

4) Das dem Kerne zugewandte Stück des Mitosoma wird chromatisch und wandert als Spitzenknopf an das vordere Ende des Samenfadens.

5) In Nebenkern und Mitosoma sind wahrscheinlich kleine Mengen von Chromatinsubstanz übergegangen.

6) Es sind zwei verschiedenwertbige Arten von normalen Samenfäden vorhanden. Die einen enthalten nur 44 chromatische Elemente, die anderen außer 44 chromatischen Elementen auch noch ein einzelnes zuletzt ungetheilt gebliebenes Chromatinelement, welches wahrscheinlich als Nucleolus anzusehen ist.

11. Kritische Besprechung der Litteratur.

Aus den zahlreichen Untersuchungen über Sperma und Spermato-genese hebe ich hier nur diejenigen Arbeiten hervor, welche, so weit ich augenblicklich die Litteratur übersehe, nähere Beziehungen zu dem vorliegenden Thema haben.

In der ersten Abhandlung von BÜRSCHLI (2) findet sich die Angabe, dass der stark glänzende Kern des Samenfadens noch von einer sehr zarten Schicht von Protoplasma umhüllt wird. Hier, wie auch in der zweiten Mittheilung (3) wird das in den Schwanzfaden sich erstreckende (Doppel-) Körperchen mit dem Namen »Nebenkern« belegt, während das gleiche Gebilde schon 1867 von LA VALETTE (12) beim Mehlkäfer als »glänzender Körper« beschrieben war. An der Kernspitze von *Agrion puellae*, *Hydrophilus piceus*, *Blatta orientalis*, *Dytiscus marginalis*, *Locusta viridissima* wird ein besonderes Spitzchen oder Scheibchen als vorhanden angegeben, während bei einer anderen Locustide außerdem noch eine Mütze mit zwei rückwärts gerichteten Gabelzinken beobachtet wurde. Dieses letztere Gebilde entstand aus einem hellen Bläschen, welches Anfangs dort lag, wo der Nebenkern mit dem Kern in Verbindung tritt (Taf. XLI, Fig. 4, 5, 6). Das Bläschen bekam einseitig einen dunklen Rand, lagerte sich dem Kerne auf und wurde nun ganz dunkel und glänzend. Zwei dunkle Fortsätze wachsen aus dem mützenförmig gewordenen Bläschen rückwärts hervor (die beiden Gabelzinken) und vorn erscheint ein kleines helles Scheibchen. — Dass wir es in dem hellen Bläschen mit unserem Mitosoma (oder wenigstens einem Theile desselben) zu thun haben, ist mir nach den ganz entsprechenden Verhältnissen, welche bei *Pyrrhocoris* ein Theil des Mitosoma eingeht, gar nicht zweifelhaft.

Das Vorkommen eines an dem Vorderende des Samenfadens vorhandenen »Spitzenstückes« hat BALLOWITZ (1) neuerdings von einer Reihe von Insekten nachgewiesen.

J. B. CARNOY (4) bildet mehrfach ringförmige Chromatinelemente

in Spermatocyten von Insekten ab, meist allerdings bereits zu einer Äquatorialplatte formirt. Diese Ringe theilen sich alsdann, z. B. bei *Bacillus linearis* in zwei hufeisenförmige Chromosomen, welche zum Pol rücken. — Unter den Hemipteren hat er besonders *Aphrophora spumaria* untersucht. Hiervon bildet er in Fig. 104, wie es mir scheint, das Knäuelstadium der ersten Spermatocytentheilung ab. Die ovalen Chromatinstäbchen, 12 an Zahl (zehn nach der Tafelerklärung), ordnen sich zur Äquatorialplatte. Sie sind nun etwas auswärts gekrümmt (vielleicht Halbringen gleichwerthig?) und rücken ungetheilt zur Hälfte zum einen, zur anderen Hälfte zum anderen Pol. In Fig. 106 bildet er ab, wie sich je sechs Elemente um den Pol gruppirt haben. Bei einer Seitenansicht (Fig. 108) giebt er dann allerdings wieder nur je fünf Chromosomen an jedem Pole an. Da er jedoch noch ausdrücklich bemerkt¹, dass er mehrfach am Pol nur die Hälfte der am Äquator vorhandenen Elemente gezählt habe, so scheint mir an einer Reduktionstheilung nicht gezweifelt werden zu können.

Da CARNOY die Stadien in der genannten Reihenfolge (Knäuel in einem kugligen Kern mit Membran [ohne Strahlung], Äquatorialplatte, Tochterplatten mit reducirter Zahl) aus einander hervorgehen lässt, so dürften wir wohl die erste Theilung der Spermatocyten darin zu erblicken haben, nicht die letzte. Denn es wird übereinstimmend angegeben von allen Untersuchern, dass die letzte Theilung ohne Rückbildung zu einem Kerne (mit Membran etc.) erfolgt.

Ich befinde mich demnach in völliger Übereinstimmung mit CARNOY'S Beobachtungen.

LA VALETTE ST. GEORGE (41) erkennt an den Hoden von *Blatta germanica*, dass sie zunächst von einer feinen Tunica adventitia und darunter von einer kerntragenden Tunica propria umgeben sind. Innerhalb der letzteren liegen die Spermatocysten, umgeben von einer kerntragenden Umhüllungshaut. Eben so ist es nach ihm (42) bei *Phratora vitellinae*. Es zeigen seine Fig. 20, 60—64 von *Blatta* einen ähnlichen Zusammenhang der Tochterzellen, wie ich ihn von *Pyrrhocoris* in Fig. 64—67 abgebildet habe. Den Nebenkern lässt v. LA VALETTE (allerdings in allen Generationen der Spermatocyten!) aus Cytomikrosomen hervorgehen, diese aber aus Resten der Spindelfasern². Hinzu treten noch einige

¹ p. 287. . . nous avons constaté à plusieurs reprises que ces sortes de couronnes polaires ne renferment que la moitié des éléments de la couronne équatoriale.

² Wie der Hinweis auf die Fig. 20, 56—65 unzweideutig darthut, versteht v. LA VALETTE unter dem Ausdruck Spindelfasern hier nicht die von den Polen ausgehenden, sondern jene Fasern, welche zwischen sich trennenden

daneben liegende helle Körnchen. Der Nebenkern der Spermatiden zeigt später eine Fadenbildung und bekommt die Gestalt eines Garnknäuels. Seine Fig. 74 gleicht in dieser Hinsicht ganz meinen Fig. 71, 72.

Bei Besprechung der Verhältnisse von *Phratora vitellinae* (12) hebt v. LA VALETTE auch die »Zellketten, Zellsprossen, Zelltrauben« hervor, welche durch unvollkommene Theilung der Zellsubstanz zu Stande kommen. Er hat dabei jedenfalls solche Bilder im Sinne, wie ich in Fig. 3 dargestellt und als rhachisartig bezeichnet habe. Auch bei *Phratora* lässt er in den Spermatiden aus den Resten der Spindelfasern den (letzten) Nebenkern hervorgehen.

Die letzte Arbeit von v. LA VALETTE (13) behandelt die Spermatogenese bei *Forficula auricularia* und sind hier die Verhältnisse dem recht ähnlich, was sonst von Insekten bekannt geworden ist. Die schon von CARNOY mitgetheilte und von LA VALETTE bestätigte Angabe, dass die Äquatorialstäbchen der Spermatocyten eine Verschiedenheit in ihren Formen zeigen, lässt sich wohl durch Annahme verschiedener Theilungszyklen erklären. Die Zahl der Stäbchen betrug stets 12, »die der Theilungsprodukte 12—14« (p. 56). Der späterhin paarige Nebenkern verhält sich wie gewöhnlich.

Interessant ist noch die folgende Angabe von LA VALETTE (p. 58): »Ich fand nicht selten bei *Forficula auricularia* Spermatiden, welche in allen ihren Theilen und deren Entwicklungsstadien fast die doppelte Größe der gewöhnlichen besaßen.« Ich verweise zum Vergleich mit *Pyrrhocoris* auf das Kapitel: Über Abnormitäten (oben p. 717).

W. FLEMMING (5) hat uns die Kerntheilung bei den Spermatocyten von *Salamandra maculosa* kennen gelehrt. Er hat hier einen Dimorphismus der Mitose beobachtet, und unterscheidet die beiden Typen als heterotypische und homöotypische Theilung. Bei der ersten Form tritt bereits zu Beginn der Spirembildung eine Längsspaltung der Chromatinfäden auf. Dadurch wird die Zahl derselben auf 24 gebracht, und damit die von FLEMMING und RABL für die verschiedensten Körperzellen von *Salamandra* als typisch festgestellte Zahl erreicht.

Nun heften sich je zwei Schleifen mit ihren Enden derart an einander, dass sie einen völlig geschlossenen Ring bilden. Wir haben also hier das gleiche Verhalten, wie ich es oben von den Spermatocyten I. Ordn. von *Pyrrhocoris* beschrieben habe. Späterhin rücken je 12 Schleifen nach einem Pole, indem jeder Ring in der Ebene des Äquators getheilt wird. Sind die Ringe hier sehr groß, so ist eine große Ähn-

Kernen vorhanden sind. Ich habe für dieselben stets den Ausdruck Verbindungsfasern angewandt, befinde mich demnach mit meiner Darstellung völlig in Einklang mit v. LA VALETTE.

lichkeit mit dem Verhalten bei *Pyrrhocoris* durch einige abnorme Theilungen gegeben, welche FLEMMING zum heterotypischen Modus rechnet, wie ich glaube, mit vollem Rechte. Er hat Taf. XXV Fig. 45 ein Beispiel einer solchen durch starke Verkürzung der Chromatinschleifen ausgezeichneten Abnormität abgebildet. — Die 12 Fäden des Tochterkernes spalten sich alsbald wieder in 24. Könnte damit nicht ein Übergang zu dem folgenden Theilungsmodus gegeben sein?

Für die homöotypische Form ist es charakteristisch, dass die Fadensegmente kurz sind, im Vergleich zu den vorigen. Auch hier tritt früh eine Längsspaltung der Fäden auf. Die neuen 24 Fäden verbleiben getrennt längere Zeit in der Äquatorialebene, dann aber rücken je 12 Schleifen zu einem Tochterkern zusammen.

G. PLATNER (15) untersuchte die Theilung der Spermatocyten aus Puppen von *Pygaera bucephala* und *Sphinx Euphorbiae*, welche hier ganz ähnlich verläuft, wie ich sie oben beschrieben habe. Das Vorhandensein eines reticulum plastidien, aus welchem CARNOY die Spindelfasern hervorgehen lässt, hat er nicht beobachtet. Allerdings scheint hier wenigstens ein Theil der Spindel (die »kegelförmigen Aufsätze«) aus dem Zellplasma hervorzugehen. PLATNER fand, dass die Äquatorialplatte von 30 Chromosomen gebildet wird. Diese theilen sich der Länge nach und rücken auf zwei getrennten Spindelfasern aus einander, von welchen er vermuthet, dass sie von vorn herein doppelt angelegt sind, was ganz mit meinen Beobachtungen stimmen würde. Die Tochterchromosomen sind hantelförmig und ähneln nach seiner Fig. 46 ganz der abnormen Bildung, welche ich von *Pyrrhocoris* in Fig. 32 dargestellt habe.

Die neuen Kerne gehen direkt wieder in die Formation einer Spindel auf, ohne vorherige Bildung eines Netzwerkes oder einer Knäuelfigur. Die Chromosomen werden abermals longitudinal getheilt.

In einer späteren Abhandlung macht PLATNER (17) über das gleiche Objekt (*Pygaera bucephala* und *Sphinx Euphorbiae*) neue Mittheilungen. Während derselbe in seinen früheren Beiträgen unter »Nebenkern« bald das Centrosoma (Polkörperchen) in den Spermatocyten mit umgebender Strahlung, bald den aus den Verbindungsfasern sich aufrollenden Körper verstanden hatte, schlägt er jetzt für Polkörperchen und Strahlung die Bezeichnung Nebenkern definitiv vor, für den anderen Körper den Namen Mitosoma. Da nun aber unzweifelhaft der Ausdruck »Nebenkern« von LA VALETTE und BÜTSCHLI für den im Spermatozoon an den Kern sich anschließenden Körper gebraucht ist, das Polkörperchen oder Centrosoma aber sammt seiner Strahlung keines neuen (noch dazu zweideutigen) Namens bedarf, so habe ich zur Verhütung von Konfusion

die Bezeichnungen in dem alten Sinne gebraucht, möchte allerdings dabei bemerken, dass in Zukunft ein schärferer Unterschied zwischen Spindelfasern und Verbindungsfasern gemacht werden muss, wenn Verwirrung vermieden werden soll. Den PLATNER'schen Ausdruck Mitosoma habe ich für den aus dem centralen Faserbündel der letzten Spermatoocyten-Theilung hervorgehenden Körper beibehalten.

Die Entstehung dieses Mitosoma aus den proximalen Theilen der Verbindungsfasern (»Spindelfasern«) hat PLATNER hier erkannt, leitet den Nebenkern aus den distalen Theilen der Verbindungsfasern ab. Außerdem giebt er an, dass das Mitosoma seine definitive Stelle dort einnimmt, wo der Achsenfaden an den chromatischen Kopf inserirt.

PLATNER (16) giebt von *Limax* (p. 439) an, dass bei der letzten Theilung der Spermatoocyten eine Reduktion der Chromosomen auf die Hälfte ihrer Zahl stattfindet. Den Beweis für diese Behauptung kann ich nun aber nicht als gelungen ansehen. PLATNER sagt nämlich, dass er bei früheren Theilungen stets in der Äquatorialplatte 16 Chromosomen als Doppelkügeln gefunden habe, bei der letzten Theilung dagegen 16 einfach kreisförmige Durchschnitte. Von diesen letzteren bemerkt er, dass immer zwei ganz nahe beisammen liegen (was acht Paar ergeben würde), sagt aber später: »Die je zu einem Paar vereinigten Elemente lagen allerdings nicht so fest bei einander wie früher.« Hierdurch wird doch der ganze Beweis hinfällig; denn ich möchte nur fragen, warum die Paare nicht mehr so fest bei einander liegen wie früher? Auch die Mittheilung, dass er dieses Verhalten bei allen seither von ihm untersuchten Objekten gefunden habe und zwar zuerst bei den Lepidopteren, kann ich erst dann anerkennen, wenn genauere Angaben gemacht sind.

Als ich bereits sämtliche in vorliegender Abhandlung mitgetheilten Untersuchungsergebnisse erhalten hatte¹ und mit der Ausarbeitung derselben beschäftigt war, erschien die für unser Thema äußerst wichtige Arbeit von OSKAR HERTWIG (9) »Vergleich der Ei- und Samenbildung bei Nematoden«. Die in HERTWIG's und meiner Arbeit mitgetheilten Thatsachen zeigen eine bemerkenswerthe Übereinstimmung

¹ Ich erinnere daran, dass ich bereits im Juniheft (1890) der Internat. Monatsschr. für Anat. und Phys. eine mit Zahlen belegte Mittheilung über Reduktionstheilung in den Samenzellen von Insekten (7) veröffentlicht habe, woraus hervorgeht, dass ich damals in der Untersuchung schon weit vorgedrungen war. Die Separata habe ich zum Theil schon im Mai verschickt, so an O. HERTWIG am 28. Mai. Die Mittheilung ist jedoch in HERTWIG's Arbeit nicht mehr genannt.

Über die Richtungkörper von *Pyrrhocoris* habe ich die ersten Angaben im Jahre 1888 gemacht (8).

und auch die Auffassungen sind recht ähnlich, — bis auf einen nicht ganz nebensächlichen Punkt.

Die Ursamenzellen von *Ascaris megaloccephala bivalens* enthalten in der Äquatorialplatte vier Kernschleifen (Fig. 424 a). Aus ihren Theilprodukten werden die Samenmutterzellen, welche ganz ähnliche Veränderungen durchmachen, wie ich es von *Pyrrhocoris* beschrieben habe. Will eine solche Zelle sich theilen, so ordnet sich die chromatische Substanz in Fäden. Zuweilen sah HERTWIG zwei Fäden parallel neben einander. Ihre Entstehung und etwaige Theilungen hat er wegen der Beschaffenheit des Materials nicht erkennen können.

Die Fäden sondern sich schließlich in zwei Gruppen derart, dass je vier Kernfäden sich sternförmig kreuzen. An der Kreuzungsstelle, d. h. in der Mitte ihrer Erstreckung, sind die Theile jeder Gruppe etwas verklebt. Nun verkürzen sich die Fäden (Fig. 424 b), der bis dahin vorhandene Nucleolus löst sich auf. Die Polkörperchen erscheinen an der Kernmembran, die Membran verschwindet. Die beiden Gruppen chromatischer Stäbchen legen sich zur Theilung so, dass »zwei Stäbchen je eines Bündels nach dem einen Polkörperchen, die zwei anderen nach dem entgegengesetzten Polkörperchen gerichtet« sind (9, p. 40). Die chromatischen Elemente krümmen sich zusammen (Fig. 424 c) und weichen nach den Polen aus einander, zwei Elemente von dem einen, zwei von dem anderen Bündel (Fig. 424 d). »Die gemeinsame Abkunft ist noch daran zu erkennen, dass sie paarweise zusammenliegen« (9, p. 41). So kommt die erste Theilung zum Abschluss.

Um die zweite Theilung einzugehen, verändern die vier zunächst in einer Linie angeordneten Elemente (Fig. 424 e) ihre Stellung derart, dass »immer je zwei, die von Anfang an zu einem Paar verbunden waren, sich um ihre Längsachse drehen« (9, p. 46, vgl. Fig. 424 f). So kommen sie in die richtige Lage zur Theilung (Fig. 424 g). Jetzt werden die Paarlinge getrennt, indem in jede Tochterzelle ein Theilstück derselben übergeht (Fig. 424 h).

Bei *Ascaris megaloc. univalens* sind die Verhältnisse dieselben, nur ist die Zahl der chromatischen Elemente halb so groß als bei *bivalens* (Anfangs zwei Fäden statt vier). Hier interessirt nur noch die ausdrückliche Angabe HERTWIG'S (p. 46—47): »Da hier vor der letzten Theilung überhaupt nur ein Stäbchenpaar der Mutterzelle vorhanden ist, so muss jede Tochterzelle ihr einziges chromatisches Element durch Trennung des Paarlings empfangen.« — Aus den Tochterzellen werden die Samenkörper.

Eine große Übereinstimmung mit diesen Vorgängen bietet die Entwicklung der Eier: Die Ureier enthalten auf dem Spindelstadium vier

Fäden (resp. zwei bei univalens). Aus ihnen werden die »Eimutterzellen (unreife Eier)«. Zum Zweck der Richtungskörperbildung ordnet sich in ihnen das Chromatin in zwei Gruppen von je vier Stäbchen. HERTWIG deutet nur darauf hin, dass ja nach BOVERI mit dem ersten Richtungskörper zwei Stäbchenpaare entfernt werden, während durch das zweite Richtungskörperchen die zurückbleibenden zwei Paare je eine Halbierung erfahren.

Ich gehe gleich zur Besprechung des Differenzpunktes über. Ich hatte oben an Insekten festgestellt, dass bei der ersten Theilung der Spermatocyten und bei der Bildung des ersten Richtungskörpers im Ei eine Halbierung der Zahl der Chromosomen eintritt, HERTWIG kommt dagegen bei Nematoden zu dem Schluss: »in beiden Fällen (bei Ei und Samen) wird bei der zweiten Theilung die Anzahl der chromatischen Elemente auf die Hälfte der gewöhnlichen Zahl herabgesetzt« (p. 61).

Ich stimme mit HERTWIG völlig überein, wenn er sagt: »Bei der Wichtigkeit des Gegenstandes ist es wohl am Platz, auf jeden einzelnen Punkt genau einzugehen . . .« (p. 61). Daher will ich mich nicht mit dem Ausspruche begnügen, dass ja recht wohl Verschiedenheiten bei den einzelnen Thiergruppen in diesem Punkte vorhanden sein können, sondern lieber den Versuch wagen, eine Einigung herbeizuführen.

Zunächst handelt es sich dabei wohl um die Frage, ob ich nicht meine Untersuchungsergebnisse der HERTWIG'schen Auffassung anbequemen kann. Auch in meinem Falle ist bei der zweiten Theilung die gewöhnliche Zahl der Chromatinelemente um die Hälfte vermindert, da ist also keine Abweichung vorhanden. Nur lässt es sich nicht verkennen, dass die Verminderung hier nicht als etwas Neues eintritt, sondern dass es ein bereits von der ersten Theilung überkommener Zustand ist. Könnte denn nun aber nicht die Tochterplatte der ersten Theilung die normale Zahl in etwas maskirtem Zustande enthalten? Das muss ich in Abrede stellen. Die 12 aus der ersten Theilung hervorgehenden Chromosomen sind Anfangs so einheitlich, treten schon so früh als einheitliche Gebilde in Erscheinung, dass es einer kühnen Hypothese bedürfte, wollte ich ihnen eine andere Deutung geben als die Untersuchung lehrt.

Bei dieser Sachlage scheint es mir der richtige Weg zu sein, vorher zu versuchen, ob die Resultate HERTWIG's sich nicht etwa ungezwungener an meine Deutung anpassen ließen. Ich betone, dass ich es bisher nur mit HERTWIG's Untersuchungen zu thun habe; denn wie ich bereits oben angab, kann ich die für HERTWIG günstigen Schlussfolgerungen PLATNER's nicht anerkennen.

Ich habe die HERTWIG'sche Anschauung an der Hand einiger aus seiner Abhandlung kopirten Figuren in Fig. 121 schematisch darzustellen versucht (für *Ascaris meg. bivalens*).

Was als die Einheit unter den Chromatinelementen von *Ascaris* zu betrachten sei, ist eine aus dem Objekt heraus schwer zu entscheidende Frage. Sonst würden sich wohl kaum die tüchtigsten Forscher mit entgegengesetzten Ansichten gegenüberstehen. VAN BENEDEN, JULIN und BOVERI halten jede der beiden Gruppen von vier Stäbchen (Fig. 121 b, Grundfarbe schwarz und weiß) für ein einziges chromatisches Element, — CARNOY, VAN GEUCHTEN und nun auch HERTWIG betrachten einen jeden der Fäden als ein chromatisches Element. HERTWIG nimmt also acht selbständige Chromatinelemente für die Samenzelle an, während die Normalzahl für *A. m. bivalens* ja sonst vier ist. Eine Erklärung für diese merkwürdige Verdoppelung, welche als normaler Vorgang bisher meines Wissens kein Analogon hat, vermag HERTWIG nicht zu erbringen, weil die betreffenden Entwicklungsstadien sich nicht enträthseln lassen. Und wenn wir dann sehen, wie ein Forscher von der Erfahrung und dem Geschick HERTWIG's sich mit dem Abwägen von drei Möglichkeiten abmüht, so wird es klar, wie ungünstig doch das Objekt für diese Fragen sein muss.

Es fasst also HERTWIG die acht Stäbchen als selbständig auf (Fig. 121 b, durch verschiedene Zeichnung unterschieden). Von ihnen gehen bei der ersten Theilung je vier in eine Tochterzelle über (Fig. 121 c, d, e) nachdem sie sich einzeln zusammengekrümmt haben (Fig. 121 c). Damit ist die typische Zahl in jeder Zelle wieder erreicht. Bei der nun direkt folgenden zweiten Theilung wird die Anzahl der chromatischen Elemente auf die Hälfte der typischen Zahl herabgesetzt (Fig. 121 f, g, h), damit aber die WEISMANN'sche Reduktionstheilung vollzogen.

Hiergegen möchte ich zunächst einwenden, dass bei der Annahme von acht selbständigen Elementen es streng genommen auch schon bei der ersten Halbierung zu einer Reduktionstheilung kommt (Fig. 121 d); denn es gehen je vier Chromosomen in die Tochterzelle über, ohne auf der Höhe des Äquators eine Äquationstheilung erfahren zu haben.

Weiterhin lässt die HERTWIG'sche Annahme einigermaßen unerklärt, warum denn die Chromosomen sich so streng paarweise zusammenhalten.

Ich möchte es nun unternehmen, auf Grund meiner Erfahrungen, welche, wie ich glaube, an einem für diese Fragen günstigeren Mate-

riale gewonnen sind, eine Erklärung der Verhältnisse von *Ascaris* zu versuchen.

Ich gehe von den vier Schleifen der Ursamenzelle (Fig. 122a) resp. des Ureies aus. Jede Schleife erfährt eine einfache Längsspaltung, ohne dass es zu einer völligen Abschnürung zu kommen brauchte (b). Diese vier Paare von Schleifen gruppieren sich in zwei Bündeln derart zum Zweck einer Theilung, dass jedes zusammengehörige Paar gemeinsam nach einem Pole gewandt ist (Fig. 122c). Jetzt findet mit der ersten Halbierung eine Reduktionstheilung der Chromosomen statt, indem je zwei zusammengehörige Paare nach einem Pole wandern (d, e).

Weil jedes Paar zusammengehört, so ist es durchaus nicht merkwürdig, dass die Chromosomen sich paarweise drehen, um zum Zwecke einer zweiten Theilung in die richtige Stellung zu den Polen zu kommen (f). Jetzt entsendet mit der zweiten Theilung jedes Paar seinen Genossen nach dem anderen Pole. Es findet hier also keine Reduktionstheilung statt, sondern eine gewöhnliche Äquationstheilung, welche jedoch hier schon von fernher vorbereitet war.

Mit diesem Erklärungsversuche übernehme ich eine Vermittlerrolle zwischen den beiden oben erwähnten Gruppen von Forschern und habe ferner die Vorgänge von *Ascaris* in Einklang gebracht mit meinen Beobachtungen an *Pyrrhocoris*.

Die Annahme der Erhöhung der Chromosomenzahl auf das Doppelte der gewohnten Zahl wird unnöthig, das paarweise Zusammenhalten der chromatischen Elemente dagegen findet eine, wie ich hoffe, ausreichende Erklärung.

Göttingen, im November 1890.

L i t t e r a t u r.

1. E. BALLOWITZ, Untersuchungen über die Struktur der Spermatozoen. Diese Zeitschr. Bd. XLV. 3. Heft. 1890.
2. O. BÜTSCHLI, Vorl. Mittheilung über Bau und Entwicklung der Samenfäden bei Insekten und Crustaceen. Diese Zeitschr. Bd. XXI. 1874.
3. ——— Nähere Mittheilung über die Entwicklung und den Bau der Samenfäden der Insekten. Diese Zeitschr. Bd. XXI. 1874.
4. J. B. CARNOY, Cytodiérèse des Arthropodes. La Cellule. T. I. 1885.
5. W. FLEMMING, Neue Beiträge zur Kenntniss der Zelle. Archiv für mikr. Anat. Bd. XXIX. 1887.
6. ——— Weitere Beobachtungen über die Entwicklung der Spermatozoen bei *Salamandra maculosa*. Dasselbst. Bd. XXXI.

7. H. HENKING, Über Reduktionstheilung der Chromosomen in den Samenzellen von Insekten. Internat. Monatsschr. für Anat. und Phys. 1890. Bd. VII. 6. Hft.
8. — Über die Bildung von Richtungskörpern in den Eiern der Insekten. Nachr. d. kgl. Gesellsch. der Wissensch. zu Göttingen. 1888.
9. O. HERTWIG, Vergleich der Ei- und Samenbildung bei Nematoden. Archiv für mikr. Anat. Bd. XXXVI. 1890.
10. v. LA VALETTE ST. GEORGE, Über die Genese der Samenkörper. Archiv für mikr. Anat. Bd. III. 1867.
11. — Spermatologische Beiträge. II. Dasselbst. Bd. XXVII. 1886.
12. — Spermatologische Beiträge. IV. Dasselbst. Bd. XXVIII. 1886.
13. — Zelltheilung und Samenbildung bei Forficula auricularia. Festschrift A. v. KÖLLIKER gewidmet. 1887.
14. P. MAYER, Anatomie von Pyrrhocoris apterus L. MÜLLER'S Archiv für Anat. und Phys. 1874.
15. G. PLATNER, Die Karyokinese bei den Lepidopteren. Internat. Monatsschr. für Anat. und Histol. Bd. III. 1886.
16. — Beiträge zur Kenntnis der Zelle und ihrer Theilung. II. Archiv für mikr. Anat. Bd. XXXIII. 1889.
17. — Dasselbe. Art. V. Ebenda.

Erklärung der Abbildungen.

Die Figuren sind sämtlich mit WINKEL'S neuester Camera lucida den Umrissen nach gezeichnet und später genauer ausgeführt. Bei allen Figuren, mit Ausnahme von Fig. 125, wurde zum Zeichnen benutzt WINKEL'S Ölimmersion $\frac{1}{20}$, Ocular 1, ausgezogener Tubus. Das Zeichenbrett lag direkt auf dem Tische. Es ergibt das eine Vergrößerung von ca. 1230. Man erhält demnach die absolute Größe der Figuren, wenn man dieselben auf dem Papiere misst und in die gefundene Anzahl Millimeter mit 1230 hineindividirt.

Tafel XXXV.

Fig. 1. Ursamenzelle mit ruhendem Kern. Pikrinessigsäure, Boraxkarmin.

Fig. 2. Wie vorige. Chromosmium-Essigsäure, Hämatoxylin, Kaliumbichromat.

Fig. 3. Rhachisartige Verbindung von Ursamenzellen. $\frac{1}{20}$ ige Kochsalzlösung, Osmiumdämpfe, Glycerin.

Fig. 4. Schnitt einer Spermatocyste mit Ursamenzellen im Knäuelstadium. Chromosmium-Essigsäure, Safranin. c, Cystenhülle.

Fig. 5. Schnitt einer Spermatocyste mit Ursamenzellen aus einer Larve. Alle Zellen mit Äquatorialplatte. Pikrinessigsäure, Karminborax. c, Cystenhaut mit Kernen; tp, Tunica propria mit Kern.

Fig. 6. Ursamenzellen im Stadium der Äquatorialplatte. a, b, c, Polansicht. Konservirung wie Fig. 2. d, Seitenansicht.

Fig. 7. Wie Fig. 6.

Fig. 8. Wie Fig. 6. a, Theilung fast vollendet.

Fig. 9. Ursamenzellen im zweiten Theilungscyklus. *a, b*, Stadium des Dyaster; *c*, Monaster. Konservirung wie Fig. 2.

Fig. 10. Wie vorige Figur. Polansicht. Pikrinessigsäure, Boraxkarmin, Pikrinessigsäure.

Fig. 11. Wie Fig. 9.

Fig. 12. Aus derselben Spermatocyste wie Fig. 9 und 11. *a*, Theilung fast vollendet; *b*, Theilung vollendet.

Fig. 13. Junge Samenmutterzelle. Pikrinessigsäure, Karminborax.

Fig. 14. Wie vorige Figur. } Der Kern beginnt bläschenförmig zu werden.

Fig. 15. Wie vorige Figur. }

Fig. 16. Wie vorige Figur. Kern bläschenförmig. *n*, Nucleolus.

Fig. 17. Samenmutterzelle erwachsen, mit Dottersubstanz. Kern in Vorbereitung zur Theilung. *n*, Nucleolus. Aus einer großen Larve, FLEMMING's Flüssigkeit, Safranin.

Fig. 18. Wie Fig. 17. Chromatinsubstanz in einzelnen Ringen. *n*, Nucleolus.

Fig. 19. Wie Fig. 17. Chromatin in getrennten Ringen.

Fig. 20. Samenmutterzelle aus einem erwachsenen Thiere. Ringe 1 und 2 mit je vier Verdickungen; 3, 4, 5, 6, nur einzelne Chromatinkugeln. Pikrinessigsäure, Karminborax.

Fig. 21. Wie Fig. 20. Chromatinkugeln meist paarweis.

Fig. 22. Wie vorige Figur.

Fig. 23 *a, 23 b, 23 c* befinden sich in derselben Spermatocyste. *c, c'*, Polkörperchen. — *a. 1* und *2*, Übergänge zu der Doppelkugelbildung in *3; 4, 5, 6, 7*, Einzelkugeln; *8, 9, 10*, Einzelelemente mit Einschnürung. — *b. 1*, drei Kugeln liegen zusammen; *2*, vier Chromatinkugeln in einer Reihe. — *c. 1, 2*, je drei Chromatinkugeln in einer Reihe.

Fig. 24. Samenmutterzelle im Übergang zur ersten Theilung.

Fig. 25. Wie vorige Figur.

Fig. 26. Ausbildung der Spindel.

Fig. 27. Wie vorige Figur.

Fig. 28. Ausbildung der Spindel. Polansicht.

Fig. 29. Spermatocyte mit der zur Reduktionstheilung führenden »zweireihigen« Äquatorialplatte in Seitenansicht. Über den Polkörperchen plasmatische Callotten. Dotterkugelchen in Reihen angeordnet.

Fig. 30. *a*, abnorme Äquatorialplatte mit 24 »einreihigen« Chromosomen in Polansicht. FLEMMING's starke Chromosmium-Essigsäure, Hämatoxylin, Kaliumbichromat.

b, schematische Seitenansicht der Fig. 30 *a*.

Fig. 31. *a*, Tochterplatte einer Spermatocyte I. Ordnung mit nur 11 Chromosomen in Polansicht.

b, zu Fig. 31 *a* gehörige zweite Tochterplatte mit den getheilten 11 Chromosomen und außerdem bei *x* mit dem ungetheilt gebliebenen 12. Elemente (Nucleolus).

Fig. 32. Spermatocyte I. Ordnung mit Äquatorialplatte. Das in der Mitte liegende Doppelement ist abnormerweise bereits die Theilung eingegangen, welche normal erst im folgenden Stadium eintreten sollte. Es wird durch diese Abnormität schlagend die Reduktionstheilung auf dem ersten Stadium nachgewiesen.

Fig. 33. Normale Äquatorialplatte einer Spermatocyte I. Ordnung aus der gleichen Spermatocyte wie die abnorme Fig. 30 *a*. Polansicht.

Fig. 34. Polansicht der Äquatorialplatte einer Spermatocyte I. Ordnung. FLEMING'S Flüssigkeit.

Fig. 35. Wie Fig. 34. Pikrinessigsäure, Boraxkarmin.

Fig. 36. Wie Fig. 35.

Fig. 37. Seitenansicht der Spindel einer Spermatocyte I. Ordnung. Chromosomen stehen »zweireihig«. Pikrinessigsäure. Boraxkarmin.

Tafel XXXVI.

Fig. 38. Spermatocyte I. Ordnung in Theilung. Reduktionstheilung. Polkörperchen zum Zweck einer sofortigen zweiten Theilung bereits halbirt.

Fig. 39. Theilung weiter fortgeschritten (vgl. Fig. 38).

Fig. 40 a u. b. Tochterplatten aus der ersten Theilung in Polansicht. x, x' , bei der Theilung sich verzögerndes Element (Nucleolus), g , Grenze der Dotterkugelchen.

Fig. 41 a, b. Wie Fig. 40. Fig. 41 c. Der eine Pol von oben gesehen, Polkörperchen schon getheilt.

Fig. 42. Drei Schnitte einer abnormen Theilungsfigur (a, b, c). Es sind etwa 48 Chromosomen vorhanden, acht Polkörperchen mit zugehörigen Strahlungen.

Fig. 43. Die aus der ersten Theilung hervorgegangenen Spermatocyten sind bereits wieder im Begriff sich zu theilen, ohne eingeschobenes Ruhestadium, und ohne dass die Zellen sich bereits getrennt hätten.

Fig. 44. Wie Fig. 43, aber neue Theilungsebenen der Spermatocyten II. Ordnung rechtwinkelig zu einander.

Fig. 45. Wie Fig. 43. Beginn der Ausbildung der Äquatorialplatten.

Fig. 46. Äquatorialplatten der Spermatocyten II. Ordnung fast vollständig ausgebildet.

Fig. 47. Spermatocyte II. Ordnung mit völlig ausgebildeter Äquatorialplatte. Chromosomen bereits eingeschnürt. FLEMING'S Flüssigkeit.

Fig. 48. Dasselbe wie Fig. 47 in Polansicht.

Fig. 49. Äquatorialplatte der Spermatocyte II. Ordnung getheilt.

Fig. 50. Theilung weiter vorgerückt. Verbindungsfäden sich seitlich ausbreitend.

Fig. 51 a. Tochterplatte aus 44 Chromosomen und dem ungetheilten Nucleolus (x).

b. Tochterplatte mit nur 44 Chromosomen.

Fig. 52 a. Tochterplatte mit 44 Chromosomen.

b. Außer den 44 Chromosomen noch der ungetheilte Nucleolus (x) vorhanden.

Fig. 53. Wie Fig. 52.

Fig. 54. Polansicht einer fast getheilten Spermatocyte II. Ordnung. Dunkel: Obere Tochterplatte mit 44 Chromosomen. Hell: Untere Tochterplatte mit 44 Chromosomen und ungetheilten Nucleolus (x).

Fig. 55. Seitenansicht der Theilung einer Spermatocyte II. Ordnung. In der Mitte Nucleolus mit starker Volumenzunahme.

Fig. 56. Theilungsfigur einer Spermatocyte II. Ordnung. Untere Tochterplatte mit Nucleolus.

Fig. 57. Wie Fig. 56. Nucleolus neben oberer Tochterplatte. Im Bereich der Verbindungsfasern einige feine Streifen aus Chromatinkörnchen. Konservierung mit heißem Wasser.

Fig. 58. Wie Fig. 56. Nucleolus oben.

Fig. 59. Chromatinplatten der Spermatiden verklebt. *a* u. *b*. Aus der gleichen Mutterzelle hervorgegangen. *x*, Nucleolus.

Fig. 60. Beginn der Trennung der Spermatiden. Obere Zelle mit Nucleolus.

Fig. 61. Rechts: Ausbildung des Nebenkernes.

Fig. 62. Spermatide mit Nebenkern. *m*, Mitosoma mit daran endigenden zarten Verbindungsfäden.

Fig. 63. Spermatide mit Nebenkern. *m*, Mitosoma in Ausbildung (?).

Fig. 64. Spermatiden noch durch das centrale Faserbündel in Zusammenhang. Seitliche Verbindungsfasern bereits getrennt, Nebenkern ausgebildet. Untere Zelle mit Nucleolus *x*. Vorderansicht.

Fig. 65. Wie Fig. 64. Obere Zelle mit Nucleolus *x*. *m*, Mitosoma in Entstehung. Seitenansicht.

Fig. 66. Wie Fig. 64. Untere Zelle mit Nucleolus *x*. Seitenansicht. Centrales Faserbündel **S**-förmig.

Fig. 67. Wie Fig. 64, aber Zellplatte des centralen Faserbündels deutlich getheilt. *m*, Mitosoma; *x*, Nucleolus.

Fig. 68. Junges Spermatozom. *m*, Mitosoma, wandert aufwärts; *x*, Nucleolus.

Fig. 69. Junges Spermatozom ohne Nucleolus. *m*, Mitosoma.

Fig. 70. Wie Fig. 68.

Fig. 71. Wie Fig. 69. Nebenkern knäuel förmig.

Fig. 72. Riesenform eines jungen Spermatozomes. Zwei Nucleolen (*x* und *x'*) vorhanden. *m*, Mitosoma, unten am Kern. Nebenkern knäuel förmig. *ch*, Chromatinkörner im Plasma.

Fig. 73. Wie Fig. 72. Nebenkern weißbrotförmig. *m*, Mitosoma wandert aufwärts.

Fig. 74. Querschnitt durch den Nebenkern eines Riesenspermatozomes.

Fig. 75. Querschnitt durch den Nebenkern eines kleineren Spermatozomes.

Fig. 76. Zwischenkörperchen eines Hodens.

Fig. 77. Junges Spermatozom. Flächenansicht.

Fig. 78. Wie Fig. 77. Seitenansicht.

Tafel XXXVII.

Fig. 79. Junges Spermatozom. Schwanz beginnt sich auszubilden, der Nebenkern reicht fast bis in das Ende desselben. *m*, Mitosoma, an der Spitze. Kern ohne Nucleolus.

Fig. 80. Wie Fig. 79, aber Kern mit Nucleolus (*x*). Fig. 79 u. 80 aus der gleichen Spermatozyste.

Fig. 81. Mitosoma wandert abwärts. Kein Nucleolus.

Fig. 82 *a*—*c*. Neben einander liegende Spermatozome der gleichen Spermatozyste.

a, mit Nucleolus (*x*); *b*, ohne Nucleolus; *c*, größeres Spermatozom mit Nucleolus (*x*).

Fig. 83. Mitosoma sammt Plasmahaube nach unten eingebogen. Kein Nucleolus.

Fig. 84. Spermatozome aus derselben Spermatozyste. *a*, mit Nucleolus (*x*); *b*, ohne Nucleolus.

Fig. 85. Wie Fig. 84. Oberes Stück des Mitosoma beginnt sich zu färben. Chromatin im Kern fein vertheilt.

Fig. 86. Wie Fig. 84 *a*. Oberes Stück (Spitzenknopf) des Mitosoma (*m*) mit chromatischem Pünktchen.

Fig. 87. Wie Fig. 86.

Fig. 88 *a* u. *b*. Aus derselben Spermatocyste. *s*, Spitzenknopf beginnt sich vom übrigen Mitosoma ganz zu trennen.

Fig. 89 *a*, *b*, *c*. Drei junge Spermatozome aus der gleichen Spermatocyste. *a* und *b*, ungewöhnlich groß, *c*, normal. *s*, chromatisch gewordener, abgetrennter Spitzenknopf.

Fig. 90. *s*, chromatisch gewordener Spitzenknopf vom Mitosoma (*m*) abgetrennt.

Fig. 91. Zwei ungleich große benachbarte Spermatozome. Sonst wie Fig. 90.

Fig. 92. Spitzenknopf (*s*) an seiner definitiven Stelle. Kern mit dunklem Nucleolus. *m*, Mitosoma in Rückbildung?

Fig. 93. Wie Fig. 92. Spitzenknopf (*s*) etwas ausgebreitet.

Fig. 94—96. Stärkere Zuspitzung des Kerntheiles.

Fig. 97 u. 98. Spermatozome frisch mit Ameisensäure und Dahlia behandelt. *p*, plasmatische Hülle des Kernes. Nebenkern und Mitosoma undeutlich.

Fig. 99. Gestreckteres Spermatozom mit »Spitzenknopf« (*s*) und Mitosoma (*m*)

Fig. 100. Gestrecktere Spermatozome mit deutlicher Kernvacuole (*v*).

Fig. 101. Gestreckte Kerne mit etwas schwächerer Färbung an der Basis und Spitze. *s*, »Spitzenknopf«; *v*, Kernvacuole.

Fig. 102—106. Querschnitte durch successiv ältere (und also längere) Schwanzfäden von Spermatozomen.

Fig. 107. Zwei abnorme Samenzellen zwischen langgestreckten Spermatozomen. *S*, Schwanzstücke der letzteren.

Fig. 108. Spermatozom aus dem Receptaculum seminis des ♀, in FLEMING'S Flüssigkeit eingetrocknet. Safranin, Gentianaviolett.

Fig. 109. Wie Fig. 108, aber in $\frac{1}{2}\%$ iger Salzlösung untersucht. *C*, Kopf; *S*, Schwanz, wohl etwas gequollen, bandförmig, bei *k* mit Umknickung.

Fig. 110. Spermatozom aus Hoden frisch mit Ameisensäure und Dahlia behandelt. Schwanztheil mit Umbiegungsstellen (*k*).

Fig. 111. Wie Fig. 110.

Fig. 112. Wie Fig. 110 u. 111, aber hier ist der Schwanz (*S*) zu einer engen Spirale aufgerollt, zeigt an den Umbiegungsstellen die beiden Hälften des Nebenkernes als dunkle Pünktchen.

Fig. 113—118. Konservirung mit heißem Wasser, Färbung mit Bismarckbraun resp. EHRLICH'S Hämatoxylin und Eosin.

Fig. 113. Junges Spermatozom. Nebenkern hell, zweitheilig, mit körnigen, netzförmigen Längszügen. Mitosoma nicht zu sehen.

Fig. 114 u. 115. Spermatozome weiter entwickelt. Nebenkern undeutlich. *s*, Spitzenknopf sichtbar geworden.

Fig. 116 u. 117. Spitzenknopf (*s*) vorn an das Spermatozom gerückt.

Fig. 118. Kerntheil länglich, Spitzenknopf nicht zu sehen. *v*, Kernvacuole.

Fig. 119. Spermatocyte mit zwei Kernen.

Fig. 119*b*. Abgeschnittenes Kernstück zu Fig. 119.

Fig. 120. Junges Spermatozom mit zwei Kernen.

Fig. 120*b*. Abgeschnittenes Stück von Fig. 120.

Fig. 121 u. 122. Schemata der Theilungsvorgänge bei der Samenentwicklung von *Ascaris megalcephala bivalens* an Figuren, welche aus der Arbeit von O. HERRWIG, Vergleich der Ei- und Samenbildung bei Nematoden, kopirt wurden. Bei *R* wird die Reduktionstheilung angenommen (vgl. p. 726 ff.).

Fig. 123—125. Aus der Spermatogenese von *Pieris brassicae*.

Fig. 123. *a u. b*, Polansichten der Äquatorialplatte von Ursamenzellen, *c*, Seitenansicht. FLEMMING'S Flüssigkeit.

Fig. 124 *a, b, c*. Reduktionstheilung eingetreten. Heißes Wasser.

Fig. 125 *a, b, c, d*. Reduktionstheilung eingetreten. FLEMMING'S Flüssigkeit. Äquatorialplatten nur mit halber Zahl der Chromosomen wie Fig. 123. Vergr. ca. 936.

Fig. 126—129. Aus der Spermatogenese von *Pieris napi*.

Fig. 126. Stück einer Spermatocyste mit Ursamenzellen in verschiedenen Theilungsstadien.

Fig. 127—129. Reduktionstheilung eingetreten. Wahrscheinlich Theilungen der Spermatocyten II. Ordnung vorliegend. Fig. 128 und 129 Polansichten der Äquatorialplatten.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

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

Jahr/Year: 1890-1891

Band/Volume: [51](#)

Autor(en)/Author(s): Henking Hermann

Artikel/Article: [Untersuchungen über die ersten
Entwicklungsvorgänge in den Eiern der Insekten. 685-736](#)