

Ueber die Kerntheilung bei *Noctiluca miliaris*¹.

Von

Dr. C. Ishikawa,

Agricultural College, Imperial University, Tokyo, Japan.

Mit Tafel III.

In einer kurzen Notiz über die Conjugationserscheinungen bei *Noctiluca miliaris* (14) sprach ich die Vermuthung aus, dass da, wo die beiden Kerne sich berühren, je ein Centrosoma an jedem der beiden Pole vorhanden ist. In den folgenden Zeilen werde ich versuchen eine noch etwas genauere Darstellung von dem genannten Gebilde sowie über die eigenthümlichen Kerntheilungserscheinungen bei den knospenden Individuen zu geben.

A. Sachlicher Theil.

1. Ruhender Kern.

Der lebende Kern erscheint ganz hell und homogen, wie ihn alle anderen Beobachter schon vielfach beschrieben haben. Er besitzt eine ziemlich dicke Membran. Setzt man aber Reagentien hinzu, so überzeugt man sich bald, dass der Inhalt des Kernes aus zahlreichen Körnchen besteht (Fig. 1, 2). Bei genauerer Betrachtung

¹ Die Materialien stammen theilweise aus der Zoologischen Station in Misaki, wo ich einige Wochen im Sommer 1890 und wiederum im Winter 1892 gearbeitet habe. Dafür und auch für die Benutzung der Litteratur bei der Bearbeitung dieses Manuscriptes spreche ich hiermit meinen herzlichsten Dank dem „Science College“ aus.

erscheinen diese Körnchen in langen Strängen vereinigt zu sein. Diese Stränge sind gerade gestreckt, sehr oft auch gebogen oder s-förmig gekrümmt, und liegen entweder einzeln oder zu zweien oder zu vieren vereinigt. Die genauen Verhältnisse dieser Verbände kann ich leider nicht mit Bestimmtheit angeben. Der Gesamt-Eindruck lässt mich aber vermuthen, dass die vereinzelten Stränge der primäre und die Verbände von zweien oder vieren der secundäre Zustand sind, entstanden durch die Längsspaltung der ersteren. Die Zahl dieser Stränge schätze ich etwa auf zehn. In manchen sehr stark gefärbten Präparaten (Fig. 2) sieht man zehn dunkle Stränge, die genau so aussehen wie die Chromosomen vieler anderen Zellen. Auch scheinen in vielen Fällen diese aus ganz kleinen Kügelchen zu bestehen, wie M. SCHULTZE (19, S. 165) bereits ganz richtig beobachtet hat. Diese Kügelchen scheinen mehrfach, besonders in Essigsäure-Methylgrün-Präparaten, von feiner Membran umgeben, eine Erscheinung, die vermuthlich auf Quellung zurückzuführen ist. In dieser Beziehung kann ich nicht der Ansicht CIENKOWSKY'S (7) beistimmen, obgleich es mir auch manchmal gelungen ist, die Zurückziehung des Kerninhalts von der Kernwand zu beobachten (Fig. 3, 4). Besonders in diesem Stadium ist es sehr schwer die kugeligen Gebilde im Nucleoplasma zu unterscheiden. In Pikrinessigsäure-Präparaten, die mit Säurefuchsin und Methylenblau gefärbt wurden, kann man die Gebilde gleich erkennen. Obgleich ich die völlige Umänderung dieser Gebilde zu den unzweifelhaften Chromosomen, wie man sie bei der Kerntheilung beobachten kann, nicht genau verfolgt habe, glaube ich doch, dass man nicht zu weit geht, wenn man diese Gebilde als wirkliche Chromosomen auffasst.

2. Umwandlungen innerhalb und ausserhalb der Kerne in der Knospentheilung.

Die gröberen Veränderungen des Noctiluca-Körpers vor der Knospenbildung sind von verschiedenen ausgezeichneten Beobachtern beschrieben worden, so dass ich es kaum für nöthig halte auf diesen Punkt einzugehen. Die Darstellungen von Kerntheilungen dagegen, so weit sie mir bekannt, lassen noch vieles zu wünschen übrig. Am genauesten bearbeitet wurden sie von ROBIN (17). Meine nachstehenden Darstellungen sind auch sehr lückenhaft, und bedürfen wohl vieler Nacharbeit, ich glaube jedoch, dass sie einige interessante Momente in dem Kerntheilungsmodus zu erklären vermögen.

Fig. 5 stellt einen Kern gerade vor der Knospenbildung dar. Das Präparat wurde mit Pikrinessigsäure behandelt und mit Methylenblaufuchsin gefärbt. Man sieht hier eine Anzahl von Chromosomen mehr an einem Pole des Kernes liegen. Das übrige Kernplasma scheint granuliert zu sein; nur an diesem Pole zeigt es eine streifige Anordnung. In diesem Präparat ist in dem umgebenden Plasma nichts besonders zu sehen. Man sieht aber in Fig. 3 eine Ansammlung der grobkörnigen Protoplasmamasse dicht an einer Seite des Kernes liegen. Dass dieselbe nichts anderes als Archoplasma ist, zeigt die folgende Darstellung. Im Centrum dieser Archoplasmamasse sollte eigentlich ein Centrosoma zu sehen sein, da jedoch die Abbildung nach dem frischen Objekt gezeichnet wurde, entzog sich dieses Gebilde dem Gesicht. Dass es aber wirklich vorhanden ist, zeigt Fig. 4, wo man auch die Theilung der Centrosomen oder vielmehr der freien Höfe um dieselben, sieht. Ein weiter fortgeschrittenes Stadium beobachtet man in Fig. 6, die mit Essigsäure-Methylgrün behandelt wurde. Die Centrosomen sind auch nicht sichtbar, wohl aber die faserige Structur des sich theilenden Archoplasmas. An dem Pole des Kernes, wo die Archoplasmaspindel zu finden ist, liegen die Chromosomen dicht an der Kernmembran. Fig. 7 stellt ein noch weiter entwickeltes Stadium der Kerntheilung von einem Knospenindividuum im Sechzehnzellenstadium dar. Man sieht hier die zwei getrennten Parteen von Chromosomen an beiden Polen des sich theilenden Kernes. Die Kernmembran ist jedoch vorhanden. An beiden Polen des Kernes kann man mit Methylenblau recht dunkel gefärbte Centrosomen mitten im Archoplasma beobachten. Auch die beiden Archoplasmen sind im Begriff sich zu theilen. Besondere Beachtung verdienen die beiden Centrosomen, welche an der rechten Seite vorhanden sind; an der linken Seite gibt es gleichfalls zwei, aber das eine davon steht im Begriff, sich wieder zu theilen. Die einzelnen Kernsegmente in diesem Präparate sind nicht genau zu verfolgen. In Fig. 8 sind die Centrosomen nicht zu sehen, jedoch ist die Längsspaltung der Chromosomen sehr schön und exact sichtbar. Das Präparat wurde zuerst mit Essigsäure-Methylgrün behandelt, nach längerem Verweilen in sehr verdünntem Glycerin, wurde es ausgewaschen und nun mit Methylenblau und Säurefuchsin weiter gefärbt und in Canadabalsam untersucht. Demnach scheint es sicher, dass die Chromosomen eine Längsspaltung vor jeder Theilung erfahren wie andere Gebilde auch. Eine auffallende Erscheinung in der Theilung ist, dass der sich

theilende Kern, wie man in Fig. 7 an der rechten Seite, und noch deutlicher in Fig. 8 und 15, sieht, eine doppelte Structur zeigt; d. h. der Kern scheint nicht einfach zu sein, sondern aus zwei in der Längsachse sich berührenden Kernen zu bestehen, gerade so wie man es bei der Theilung nach der Conjugation zweier Thiere sieht¹. Die Figuren 9—15 zeigen verschiedene Stadien der Theilungen. Fig. 9 zeigt zwei benachbarte Knospenzellen in beinahe gleichen Stadien der Knospentheilung, von zwei verschiedenen Seiten gesehen. Links sieht man den Kern unter der Archoplasmaspindel, welche tief an der Seite des Kernes eingeschnürt ist. Die Centrosomen scheinen sich soeben getrennt zu haben, denn man sieht noch die Verbindungsfäden an dem oberen Centrosoma. An der rechten Zelle sieht man das Archoplasma dicht an der Seite des Kernes liegend. Die zwei in Theilung begriffenen Centrosomen liegen schräg an einer Seite des Kernes. Die Knospenzellen sind wie man sieht noch nicht vollständig getheilt. Bei Verschiebung des Tubus sieht man noch das Zellplasma beider Zellen im Zusammenhang. Auch die Kerne sind noch nicht völlig von einander getrennt; man sieht noch sehr deutlich das Verbindungsstück zwischen den beiden. Das gesammte Zellplasma ist um die Archoplasma-centren, aus denen es sich bis zur benachbarten Zellwand erstreckt, strahlig angeordnet. Am bemerkenswerthesten ist die Anordnung der Chromosomen, welche man in Fig. 9 rechts oder noch deutlicher in Fig. 12 sieht. Sie sind an demjenigen Pole des Kernes angesammelt, wo das Centrosoma, bezw. das Archoplasma liegt, und von dort aus strahlen sie mit der breiten Basis nach dem anderen Pole hin. Die Theilung der Centrosomen schreitet nicht immer senkrecht zu ihrer vorhergehenden Theilung fort, wie man in Fig. 10 (obere Knospe) und in Fig. 11 sehr deutlich sieht. In der oberen Knospe auf Fig. 10 liegt die Theilebene des einen in Theilung begriffenen Centrosomas in der Ebene des Papiers, während das andere, das sich auch auf der gleichen Stufe der Theilung befindet, die Theilungsebene senkrecht zum ersteren hat, was im Bilde nicht dargestellt werden kann, wohl aber sehr leicht durch Verschiebung des Tubus sichtbar wird. Ebenso verhält es sich bei der in Fig. 11 abgebildeten Zelle. Dementsprechend folgen die zwei aufeinander folgenden Kerntheilungen nicht immer rechtwinklig mit einander, sondern in den meisten Fällen sehr unregelmässig, wie man in den Figuren 9, 10, 11 und 14 sieht.

¹ Man vergleiche die Figuren in meiner Noctiluceen-Notiz.

B. Allgemeine Betrachtungen.

1. Ruhender Kern.

Alle Beobachter stimmen darin überein, dass der Kern aus einer ganz hellen homogenen Substanz besteht. Nur MAX SCHULTZE (19) und ALLMAN (1) berichteten über das Vorhandensein von kleinen kugeligen Gebilden im Nucleoplasma. Der erst genannte Autor sagt: „Der Kern ist frisch ein ganz durchsichtiger, wie es scheint solider, kugelig Körper, welcher wieder aus sehr zarten contourirten, kugeligen Gebilden zusammengesetzt ist, deren Grösse wie bei den Kernen der Gromien variiert“. Nach ALLMAN ist der Kern ein „Spherical vesicle with clear colourless contents, among which minute transparent oval corpuscles may usually be detected. When acted on by acetic acid the difference between the contents and the wall becomes very apparent, and the contents may now be seen contracted towards the centre as a minutely granular mass with some of the oval corpuscles entangled in it“. Wie man aus dem obigen Citate sehen wird, ist MAX SCHULTZE's diesbezügliche Beschreibung sehr kurz, man sieht jedoch, dass er ganz richtig die Chromosomen gesehen hat wie ich oben gezeigt habe. Auch ALLMAN's Angaben sind zwar ungenügend, aber seine Beschreibung sowie seine zwei kleinen Figuren zeigen ganz entschieden, dass er die Chromosomen vor sich gehabt hat, obgleich beide Autoren, wie man in jener Zeit nicht anders hat erwarten können, deren Natur nicht richtig beurtheilt haben. Merkwürdig ist es, dass so ausgezeichnete Beobachter wie CIENKOWSKY (7), ROBIN (17) u. a. m. diese Gebilde nicht gesehen haben, obgleich sie sehr leicht zu sehen sind. Noch räthselhafter ist es, dass CIENKOWSKY, nachdem er die Kernbeschreibung MAX SCHULTZE's gelesen, die SCHULTZE'schen Befunde nicht nur übersah, sondern dessen Angaben in der Weise zu erklären versuchte, dass, was SCHULTZE als kugelige Gebilde beschrieb, nichts anderes sei, als die Enden der protoplasmatischen Fortsätze von einem Kern, wie ihn z. B. meine Figuren 3 und 4 zeigen. Die Zahl dieser Gebilde ist nicht angegeben, weder von SCHULTZE noch von ALLMAN. Nach der Beschreibung SCHULTZE's scheint es aber, dass er deren viele gesehen hat; jedenfalls hat er einen Kern vor sich gehabt, wie er in meiner Figur 1 angegeben ist. ALLMAN spricht nicht von der Zahl dieser Gebilde, seine zwei Abbildungen zeigen aber eine geringe Zahl davon, wie seine Figur 5a und Figur 5b, es zeigen. Diese Zahl ist gewiss viel kleiner als ich in meinen Ab-

bildungen angegeben habe; es ist aber sehr wohl denkbar, dass in den ALLMAN'SCHEN Kernen noch mehr Chromosomen vorhanden waren, als er in seinen Abbildungen angezeichnet hat, da er jedenfalls nicht viel Gewicht auf die Zahl gelegt hat. Auch ist es wohl denkbar, dass er seine Kerne nur in einer optischen Ebene angegeben hat.

Ausser diesen Chromosomen, deren Zahl etwa zehn beträgt, findet man den ganzen Kernraum von einer durchsichtigen homogenen Plasmamasse gefüllt, welche mit feinen, stark gewundenen Fäserchen durchsetzt ist. Diese Fäserchen sind nicht immer zu sehen, wohl aber in solchen Kernen, wo die Chromosomen eine Längsspaltung erfahren haben (Fig. 1 und 5). Besonders schön zeigen sich die Fäserchen bei Anwendung von Reagentien, welche dem Kernplasma ein granuliertes Aussehen verleihen.

2. Kerntheilung.

Bezüglich des äusseren Vorgangs der Knospung stimme ich völlig mit den anderen Autoren überein. Die Emporwölbung von Centralplasma, und die Bildung der Knospenhügel erfolgen gerade so, wie es CIENKOWSKY (6) dargestellt hat. Die Theilungsebenen zweier Knospenzellen stehen nach meinen Beobachtungen nicht senkrecht auf einander, sondern in ziemlich beliebiger Richtung, wie ich oben schon erwähnt habe. Individuen mit sechs oder zehn Knospen begegnet man nicht selten, wie es in meiner kurzen Notiz (14) angegeben ist. Die vorübergehenden Furchungen des ganzen Körpers, über die CIENKOWSKY (6) berichtet, habe ich bis jetzt noch nicht beobachten können.

Der innere Vorgang der Kerntheilung ist, soweit mir bekannt, noch sehr ungenügend erforscht. CIENKOWSKY'S Darstellungen sind, wie man nicht anders erwarten kann, nicht mit der heutigen Kerntheilungslehre zu vereinigen. Die einzige Beschreibung der Kerntheilungsphänomene bei *Noctiluca* rührt von ROBIN her, der die Kerntheilungserscheinungen von dem Knospenskeim gab. Leider ist mir seine Arbeit nicht zugänglich, und meine Kenntnisse über die Befunde ROBIN'S stammen desshalb von BÜTSCHLI'S (5) Darstellungen her. Auf Seite 1070 und 1071 von BRONN'S Klassen und Ordnungen berichtet BÜTSCHLI über die Arbeit ROBIN'S in folgenden Worten:

„Der Kern streckt sich zunächst zu einem kurzen Cylinder mit abgerundeten Enden in die Länge und nimmt eine gleichmässig fein-

körnige Beschaffenheit an. . . . Hierauf wird die Mittelregion des Cylinders sehr fein längsstreifig (Taf. 50, Fig. 2a), was jedenfalls, wie auch ROBIN bemerkt, von feinen, längsgerichteten Fibrillen (Spindelfasern) verursacht wird; die beiden abgerundeten Enden behalten aber ihren feinkörnigen Charakter. Von Verdickungen oder ähnlichen Erscheinungen an den Spindelfasern, wurde nichts beobachtet, doch möchte ich glauben, dass das Stadium, welches eine solche zeigt, übersehen wurde, und dass alle von ROBIN abgebildeten Kerne schon weiter fortgeschrittene Zustände repräsentiren, wo nämlich die Kernplattenelemente schon an die Pole der Kernspindel gerückt und zur Anlage der Tochterkerne zusammengetreten sind.

Die körnigen Enden des Kerncylinders, die Anlagen der Tochterkerne, setzen sich nun bald kugelig von dem sie verbindenden Faserband ab (Fig. 2b) und letzteres verschmälert sich in der Mitte schon etwas. Während diese Verschmälerung allmählig noch weitere Fortschritte macht, verlängert sich das Band der Spindelfasern noch mehr und krümmt sich endlich ziemlich bogenförmig (2c—2d). An einem der schon ziemlich scharf kugelig abgegrenzten Tochterkerne ist mittlerweile eine eigenthümliche Erscheinung hervorgetreten, indem derselbe an der nach dem anderen Kern schauenden Hälfte, also da, wo er mit den Spindelfasern zusammenhängt, einen ziemlich tief gehenden Einschnitt zeigt, d. h. die Anlage dieses Kernes weist eine stark nierenförmige Einkrümmung auf (2b.) Bald verschmelzen nun die sich berührenden zusammengekrümmten Enden dieser Kernanlage mit einander, wobei der Einschnitt natürlich verschwindet, indem sich nur ein Rest desselben als eine helle Cavität im Centrum dieses Kernes noch längere Zeit erhält (2c—e). Während nun die beiden Tochterkerne an Volum zunehmen, nimmt das Band der Spindelfasern ab, indem seine Masse wahrscheinlich allmählich in die Kerne aufgenommen wird. Schliesslich wird seine Continuität in der Mitte unterbrochen; seine Reste hängen noch wie Schwänze den Tochterkernen an (2e) und schwinden endlich völlig.“

Dieser Theilungsmodus weicht von meiner oben beschriebenen in vieler Hinsicht ab. Was ROBIN für einen Kern hält, scheint mir kein solcher zu sein, sondern das Archoplasma mit Centrosoma. Es ist mir nicht bekannt, in welcher Weise ROBIN seine Knospungstheilungen untersucht hat, ob er die Knospen frisch untersucht oder mit irgend welchen Reagentien behandelt hat, weil ich nicht im Stande war, seine eigene Arbeit in die Hände zu bekommen. Frisch untersucht sieht der Kern in der Theilungsphase ganz hell aus, während

das granuläre Archoplasma stark in die Augen fällt. CIENKOWSKY'S Angabe, dass der Kern vor der Theilung verschwinde, ist vielleicht so zu erklären: Vergleicht man meine Darstellung der Archoplasmaspindeln mit den Figuren 2a, b, c und d ROBIN'S (wie sie in BÜTSCHLI'S Tafel 1 angegeben sind), so überzeugt man sich bald, dass sie dieselben Gebilde sind. Auch die bogenförmigen Gebilde sieht man nicht selten. Noch interessanter ist die Angabe ROBIN'S von der nierenförmigen Einsenkung an der nach dem anderen Kern gerichteten Seite des oberen Kernes, eine Erscheinung, die man nicht anders deuten kann, als dass er ein Centrosoma gesehen hat. Seine Figur 2c scheint nichts anderes zu sein, als ein noch nicht ganz abgesondertes Centrosoma, wie man es an der linken Zelle meiner Figur 9 sieht.

So viel von der ROBIN'Schen Beurtheilung. Nun werden wir uns mit den oben geschilderten Kerntheilungsvorgängen etwas näher beschäftigen und versuchen, in wie weit die Kerntheilung der Noctiluca sich mit anderen indirekten Kerntheilungs-Modi in Uebereinstimmung bringen lässt. Bekanntlich spielt das Archoplasma die wichtigste Rolle in der indirekten Kerntheilung der Metazoen. Dass ein Archoplasma, welches mit dem der Metazoen zu vergleichen ist, bei Protozoen vorkommt, hat bekanntlich SCHEWIAKOFF (18) bereits bei Euglypha beobachtet. Aber das Centrosoma ist, meines Wissens, wie ich in meiner kleinen Notiz berichtet habe, noch von Niemandem beobachtet. Wie aber das erste Archoplasma zum Vorschein kam, blieb mir noch unentschieden. Ob es vom Cytoplasma oder vom Kernplasma seinen Ursprung nimmt, ist mir noch unklar. Jedenfalls bleibt die Kernmembran während des ganzen Vorgangs sehr deutlich erhalten; und in manchen Fällen, wo der Kern in Vorbereitung zur Theilung begriffen ist, liegt das Archoplasma sehr weit vom Kern entfernt. Diese Thatsache spricht für die Entstehung des Archoplasmas aus dem Cytoplasma. Jedenfalls fehlt mir bis jetzt ein Nachweis von seiner Entstehung aus dem Kernplasma. Auch die Abkunft des Centrosomas ist noch nicht genügend erforscht. Auch hier bin ich nicht sicher, ob es vom Kernplasma kommt oder ob es permanent im Cytoplasma sich befindet.

Betreffs der archoplasmatischen Spindeln sprach RICHARD HERTWIG (12) in seinem Referat über Befruchtung und Conjugation seine Ansicht dahin aus, dass bei Protozoen „die activen Substanzen, welche die Kerntheilung veranlassen, im Innern des Kernes liegen und als Bestandtheile desselben angesehen werden müssen“. Als

Ausnahme dieser Verallgemeinerung bezeichnet er das von mir damals bei *Noctiluca* angegebene Centrosoma. Ferner sagt er, „dass die bei den Protozoen im Kern enthaltenen activen Substanzen bei den Metazoen selbständig geworden und aus dem Kern herausgetreten sind“. Auch OSCAR HERTWIG (13, S. 163) sucht „die stoffliche Grundlage für die Spindel und die aus ihr hervorgehenden Verbindungsfäden in dem Liningerüst“ des Kernes. Zu Gunsten seiner Ansicht fährt er folgendermassen fort:

„Bei vielen einzelligen Organismen bleiben die Kerne auf den einzelnen Phasen der Theilung durch eine feine Membran von dem Protoplasmakörper getrennt, bei *Euglypha* (SCHEWIAKOFF), bei der Kerntheilung der Infusorien und *Actinosphaerien* (RICH. HERTWIG). Hier kann es demnach keinem Zweifel unterliegen, dass die Spindelfasern aus der archoplasmatischen Substanz des Kernes selbst ihren Ursprung genommen haben. Solche Fälle kommen hier und da auch im Thierreich vor. Bei einzelnen Mollusken (*Pterotrachea*, *Phyllirhoë*) haben FOL und ich beobachtet, dass die Polspindel im Innern des Keimbläschens, welches hier übrigens von geringer Grösse ist, angelegt wird, solange noch die Kernmembran vorhanden ist. Die Annahme, dass in diesem Fall Protoplasma von aussen in den Kernraum hinein gedrungen sei, will mir wenigstens als eine gezwungene erscheinen“.

Ganz entschieden stimme ich mit HERTWIG überein, dass bei vielen Protozoen und Metazoen die Spindelfasern im Innern des Kernes entstehen, während die Kernmembran noch vorhanden ist. Anders verhält es sich bei *DIPTOMUS* (15), wo man die kinetischen Fäden an beiden Polen der sich copulirenden Kerne sieht. Man vergleiche nur meine Figuren 46, 47 und 48, die ich damals angegeben habe. Dort habe ich natürlich nur die Halbspindeln gesehen, und sie sind daher nicht vergleichbar mit den vollständigen Spindeln, wie sie O. HERTWIG bei *Phyllirhoë* gesehen hat. Aber die vollständigen extranucleolären Spindeln bei den Metazoen hat HERMANN (11) in den Samenmutterzellen von *Salamandra maculata* in einer vom allerdings membranlosen Kerne ganz entfernten Lage beschrieben. Auch EDOUARD VAN BENEDEN (2, S. 65—66) beschreibt eine extranucleoläre Spindel, wenn auch sehr klein, in dem Furchungskerne von *Ascaris*. STRASBURGER (22) giebt in seinem vor kurzem erschienenen Aufsatz zu dem jetzigen Stande der Kern- und Zelltheilungsfragen viele Fälle von extranucleären Spindelbildungen auch im Pflanzenreich an, und äussert, wie früher schon, die Ansicht, dass

die eigentlichen Spindelfasern aus dem Cytoplasma sich bilden sollen. In wie weit aber die kinoplasmatischen Spindeln aus dem Cytoplasma gebildet sind, halte ich für noch nicht genügend erforscht. Jedenfalls steht es fest, dass bei *Noctiluca* die Archoplasmaspindeln aus dem Cytoplasma entstehen.

Interessanter wie diese Spindeln, welche theilweise den „Centralspindeln“ HERMANN's entsprechen, sind die Verbindungsfäden, welche zwischen den auseinander weichenden Chromosomen sich ausspannen. Wenn ich mich nicht irre, sind fast alle Autoren, wie VAN BENEDEK (3), BOVERI (4), HENKING (10), FLEMMING (8, 9) etc. der Ansicht, dass die Verbindungsfäden aus den Lininfäden des Kernes entstehen. O. HERTWIG (13, S. 163) hält es für unzweifelhaft, dass die Verbindungsfäden, welche in den sich theilenden Samenmutterzellen von *Ascaris* zwischen den auseinander weichenden Kernsegmenten ausgespannt sind, vom Liningerrüst herrühren. STRASBURGER (22) dagegen lässt die Verbindungsfäden aus dem Cytoplasma entstehen, indem er sagt: „Alle Substanz der die Zellplatten bildenden Verbindungsfäden erklärte ich für Kinoplasma und sah in der starken Ausbildung, welche die Zellplatten im Pflanzenreiche erlangen, einen Ersatz für die so schwach ausgebildete Polstrahlung“. Wie der Verfasser hier auch erwähnt, hat er schon früher (21, S. 108—109) dieselbe Meinung ausgesprochen. Auch mein Freund und Landsmann WATASE (23) lässt die Verbindungsfäden aus dem Cytoplasma entstehen. Nach ihm üben die Archoplasmafasern abstossende Fernwirkung auf die Chromosomen, und dabei entstehen die Verbindungsfäden zwischen ihnen, was jedenfalls nicht in Einklang steht mit der Kerntheilung von *Noctiluca*, wie ich unten noch ausführlicher besprechen werde. Dass aber bei den Kerntheilungen der *Noctilucen* die Verbindungsfäden aus den Lininfäden des Kernes entstehen, und nichts mit dem Cytoplasma zu thun haben, scheint mir ganz entschieden zu sein. Hier schliesst, wie wir gleich sehen werden, der ganze Modus der Kerntheilung die Möglichkeit eines solchen Ursprungs aus. Man betrachte hierüber die Figuren 7—15 auf der Tafel, wo ich verschiedene Kerntheilungsphasen zu veranschaulichen suchte.

Wie ich oben geschrieben habe, liegt die Spindel erst tangential auf der Oberfläche des Kernes. Die beiden Centren der Spindeln, respective die Centrosomen, üben ihre Anziehungskräfte auf die Chromosomen, welche infolgedessen sich an dem Pol des Kernes, wo die Spindel die Kernmembran berührt, gruppieren. Wie die

Centrosomen ihre Anziehungskräfte auf die Chromosomen ausüben, bleibt mir noch unklar. Bekommt vielleicht die Kernmembran an diesem Pole eine Lücke, wodurch die Chromosomen mit den Centrosomen in Verbindung treten, wie RABL (16) angiebt? Einmal glaubte ich am lebenden Thier, das kurz vor der Knospenbildung sich befand, eine protoplasmatische Brücke zwischen dem Kerninhalt und dem Centrum des Archoplasmas gesehen zu haben. Nachher konnte ich an zwei Präparaten jene Beobachtung nachprüfen. Eines von diesen Präparaten habe ich in Fig. 16 wiedergegeben, wo eine homogene kegelförmige Stelle zwischen den Centrosomen und der Polstelle des Kernes zu sehen ist. Durch Focusverschiebung kann man eine ziemlich grosse Lücke an dieser Stelle finden. Obschon in dieser Verbindungsstelle keine Faserstrukturen zu finden sind, glaube ich doch, dass dieselbe dem RABL'schen Fund entspricht.

Die Spindel krümmt sich bogenförmig um den Kern, dabei wird die Kernmembran buchtig eingedrückt. Die Chromosomen werden in zwei Gruppen getheilt. Einen in solchem Zustande befindlichen Kern sieht man in Fig. 10 dargestellt. Ob hier noch eine Lücke in der Kernmembran zu finden ist, bleibt einstweilen unentschieden. Die Archoplasmamassen entfernen sich von einander, und der Kern wird hantelförmig. Das mittlere Stück der Spindel besteht aus dünnen Fäden, die mitten durch den Kern ziehen (Fig. 15), und die Chromosomen werden dabei scheinbar in zwei Stücke getheilt. Wenn diese mittlere Parthie die Archoplasmaspindel durchbricht, dann stellt sich der Kern wie in Fig. 8 dar.

Die Entfernung dieser Centren ist, wie ED. VAN BENEDEEN und BOVERI angeben, in der Kontraktion des vom Archoplasma ausstrahlenden Protoplasma zu suchen. Dies letztere nimmt keine Sonnenform wie gewöhnlich an, sondern strahlt wie die verzweigten Pseudopodien eines Rhizopoden, oder noch besser wie die Strahlenfigur eines gewöhnlichen Noctilucakörpers aus. Auch bei seinem ersten Erscheinen (Fig. 3) hat das Archoplasma nicht eine Strahlenform, sondern stellt eine dichte Masse von differenziertem Protoplasma dar, und so gleicht es dem Archoplasma der Samenzelle von Proteus, wie HERMANN (11) es beschreibt.

Es bleiben nur noch einige Worte über die Centrosomen zu sagen übrig. Dieselben befinden sich schon in der Zweizahl im Stadium der Fig. 16. Es fragt sich nun, ob sie immer in der Zweizahl vorhanden sind, wie es vielfach von FLEMING (9) und Anderen beobachtet wurde. Die Entscheidung dieser Frage kann ich noch

nicht geben. Aber die hantelförmige Gestalt der Centrosomen, die man in Fig. 4 und 16 sieht, lässt vermuthen, dass sie durch Theilung entstanden sind. Dieselben theilen sich, wie man aus den verschiedenen Figuren 7—15 ersehen kann, schon im Stadium, wo die Knospe noch nicht getheilt ist. In einigen Fällen sieht man die aus der Theilung hervorgegangenen Centrosomen schon wieder in Theilung begriffen, zu einer Zeit, wo die Theilung des Archoplasmas noch nicht angefangen hat (Fig. 7). Alle diese Erscheinungen sind auf die rasche Entstehung der Knospen zurückzuführen.

T o k y o, Anfang August, 1893.

Litteratur-Verzeichniss.

1. ALLMANN, G. J., Note on Noctiluca. Quart. journ. microsc. science, n. s. Vol. XII. 1871.
2. VAN BENEDEN, EDOUARD et ADOLPHE NEYT, Nouvelles recherches, sur la fécondation et la division mitotique chez l'ascaride megalocéphale. Separat-Abdruck. Leipzig 1887.
3. VAN BENEDEN, EDOUARD, Recherches sur la maturation de l'oeuf et la fécondation. Archives des Biologie Tome IV. 1883.
4. BOVERI, THEODOR, Zellen-Studien II. Jena 1888.
5. BÜTSCHLI, O., Cystoflagellata in Bronn's Klassen und Ordnungen, Bd. I. Protozoa, 2. Abtheilung. Mastigophora. 1889.
6. CIENKOWSKY, L., Ueber Schwärmerbildung bei Noctiluca miliaris. Arch. für mikr. Anat. Bd. VII. 1871.
7. CIENKOWSKY, L., Ueber Noctiluca miliaris. Arch. für mikr. Anat. Bd. IX. 1873.
8. FLEMING, W., Zellsubstanz, Kern- und Zelltheilung. Leipzig 1882.
9. FLEMING, W., Neue Beiträge zur Kenntnisse der Zelle. I. Th. Arch. für mikr. Anat. Bd. XXIX. 1887.
10. HENKING, H., Untersuchungen über die ersten Entwicklungsvorgänge an den Eiern der Insekten II. Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. I. 1891.
11. HERMANN, F., Beitrag zur Lehre von der Entstehung der karyokinetischen Spindel. Arch. f. mikr. Anat. Bd. XXXVII. 1891.
12. HERTWIG, R., Ueber Befruchtung und Conjugation. Verhandlung der Deutschen Zoologischen Gesellschaft. 1892.
13. HERTWIG, O., Die Zelle und Gewebe. Jena 1892.
14. ISHIKAWA, C., Vorläufige Mittheilungen über die Conjugationserscheinungen bei den Noctiluceen. Zool. Anzeiger. 1891.
15. ISHIKAWA, C., Studies of Reproductive Elements. I. Journ. of the Sc. College, Imperial University, Tokyo. Vol. V, part. I. 1891.
16. RABL, C., Ueber Zelltheilung. Anat. Anzeiger. Bd. IV. 1889.
17. ROBIN CH.¹, Recherches sur la reproduction gemmipare et fissipare des Noctiluques. Journ. anat. et physiol. 14. Jahrg. 1878.

¹ Die Arbeit war mir nicht zugänglich.

18. SCHEWIAKOFF, W., Ueber die karyokinetische Kerntheilung der *Euglypha alveolata*. *Morph. Jahrb.* Bd. XIII. 1888.
19. SCHULTZE, M., Kleinere Mittheilungen, 4. Beobachtungen an *Noctiluca*. *Arch. für mikr. Anat.* Bd. II. 1865.
20. STRASBURGER, ED., Neue Untersuchungen über den Befruchtungsvorgang bei den Phanerogamen. 1884.
21. STRASBURGER, ED., Histologische Beiträge, Heft I. Ueber Kern- und Zelltheilung im Pflanzenreiche. Jena 1888.
22. STRASBURGER, ED., Zu dem jetzigen Stande der Kern- und Zelltheilungsfragen. *Anat. Anzeiger.* VIII. Jahrg. 1893.
23. WATASE, S., Studies on Cephalopods, 1. Cleavage of the ovum. *Journal of Morphology.* Vol. IV. No. 3. 1891.

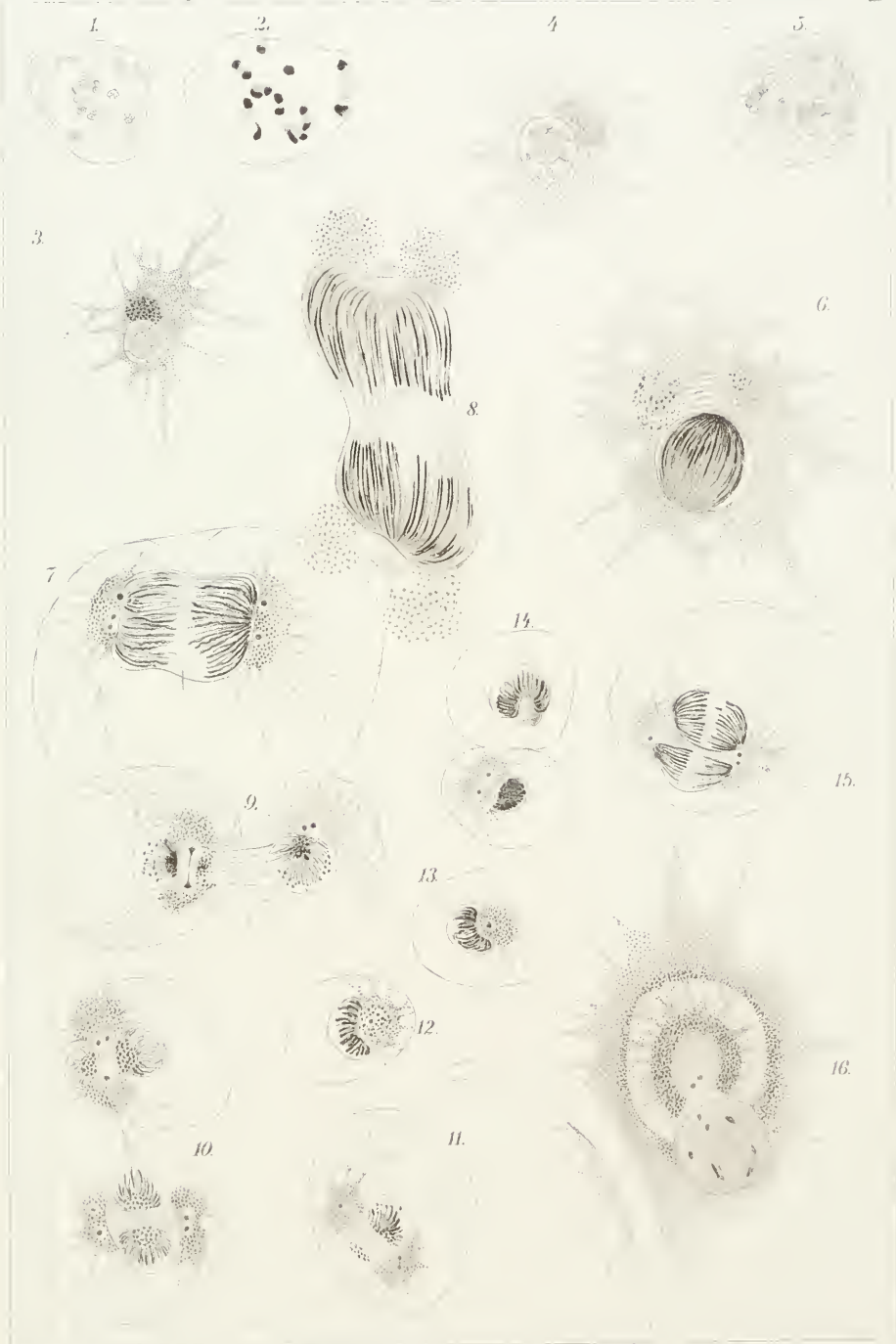
Tafel-Erklärung.

- Fig. 1. Ruhender Kern aus einem gewöhnlichen Thier. Pikrinessigsäure, Methylenblau, Säure-Fuchsinpräparat. Man sieht ungefähr zehn Gruppen von Chromosomen. (ZEISS, Obj. I, Oc. 2).
- Fig. 2. Ein Kern aus dem conjugierenden Thiere. Die Chromosomen sind sehr stark mit Methylenblau gefärbt. (ZEISS, Obj. I, Oc. 2).
- Fig. 3. Individuum gerade vor der Sporenbildung. Frisches Präparat. Das Nucleoplasma zeigt amoeboider Bewegung. Eine dichtere Archoplasmamasse an einer Seite des Kernes liegend. (SEIBERT, Obj. III, Oc. 1).
- Fig. 4. Etwas weiter fortgeschrittenes Stadium der Knospenbildung. Behandelt mit FLEMMING'scher Lösung. Mit freiem Auge gezeichnet.
- Fig. 5. Kern in Vorbereitung zur Knospenbildung. Pikrinessigsäure-, Fuchsin-, Methylenblau-Präparat. Chromosomen liegen mehr an einer Seite des Kernes. (ZEISS, Homog. Immersion $\frac{1}{12}$, Num Apertur 1.30—1.35, Oc. 4).
- Fig. 6. Kern und Centralplasma in Knospenbildung begriffen. Eine riesige Archoplasmaspindel liegt an einer Seite des Kernes. Essigsäure-, Methylgrün-Präparat. (SEIBERT, Obj. V, Oc. 1).
- Fig. 7. Ein sich theilender Knospenkern aus einem sechszehnzelligen Stadium. An der rechten Seite findet man einen von den zwei Centrosomen wieder in Theilung begriffen. Pikrinessigsäure-, Methylenblau-Präparat. (ZEISS, Homog. Immersion $\frac{1}{12}$, Num. Apert. 1.30—1.35, Oc. 4).
- Fig. 8. Weiter fortgeschrittenes Stadium von einem achtzelligen Knospenindividuum. Das Präparat wurde zuerst mit Essigsäure-Methylgrün behandelt und dann nachher mit Methylenblau-Säurefuchsin gefärbt. Centrosomen sind nicht sichtbar, aber die Längsspaltungen der Chromosomen sind sehr schön zu sehen. (ZEISS, Obj. I, Oc. 2).
- Fig. 9—15. Verschiedene Phasen der Knospentheilungen. Fig. 9, 10, 11 und 15 sind Knospen aus den zweiunddreissigzelligen Knospenindividuen Fig. 12, 13 und 14 sind solche aus den vierundsechzigzelligen. In

allen wurden die Centrosomen sehr stark mit Jodgrün gefärbt. Nur die obere Knospe, Fig. 14, welche die Querschnittebene der Spindel repräsentirt, zeigt die Centrosomen nicht, wohl aber die Einbuchtung der Kernmembran, verursacht durch die Archoplasmaspindel. (ZEISS, Homogene Immersion $\frac{1}{12}$, Num. Apert. 1.30—1.35, Oc. 4).

Fig. 16.

Kern und Centralplasma von einem in Knospenbildung begriffenen Individuum. Man sieht eine riesige Archoplasma-masse an einer Seite des Kernes. Besondere Beachtung verdient die kegelförmige Stelle zwischen dem hantelförmigen Centrosomen und der Polstelle des Kernes. Bei Focusverschiebung kann man eine beträchtliche Lücke in der Kernmembrane an dieser Stelle beobachten, wodurch das Nucleoplasma sich mit dem Archoplasma verbindet. Das Individuum besitzt noch einen in Absorption begriffenen Tentakel. Pikrinessigsäure, Jodgrün-Präparat. (ZEISS, Homogene Immersion $\frac{1}{12}$, Num. Apert. 1.30—1.35, Oc. 4).



ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Berichte der naturforschenden Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau](#)

Jahr/Year: 1894

Band/Volume: [8](#)

Autor(en)/Author(s): Ishikawa C.

Artikel/Article: [Ueber die Kerntheilung bei Noctiluca miliaris. 54-69](#)