Ueber die Kerntheilung bei Spirogyra.

(Aus dem botanischen Laboratorium der Kaiserlichen Universität Warschau.)

Von

L. Mitzkewitsch.

Hiezu Tafel V.

Obgleich dem karyokinetischen Process bei Spirogyra bereits eine ganze Reihe von Untersuchungen gewidmet worden ist, so ist derselbe trotzdem immer noch nicht ganz aufgeklärt und es bestehen darüber bis in die gegenwärtige Zeit sogar in Bezug auf seine Fundamentalmomente noch scharfe Meinungsverschiedenheiten.

Zu den allerwesentlichsten Widersprüchen in der Litteratur dieser Frage, deren Resultate fast vollständig von einander verschieden sind, gehören vor Allem die abweichenden Auffassungen über die chemische Natur des Kernkörperchens und seine Rolle im karyokinetischen Processe. Eine Anzahl Forscher gelangte nämlich in dieser Hinsicht zu dem Schlusse, dass das Kernkörperchen bei Spirogyra völlig analog demjenigen der höheren Pflanzen sei, während es nach den Angaben Anderer sowohl seiner Zusammensetzung nach, als auch der Rolle wegen, welche es im karyokinetischen Processe spielt, einen Körper darstellt, der sich von den Kernkörperchen der höheren Pflanzen unterscheidet und nicht in den allgemeinen Typus derselben einrangirt werden kann.

In unmittelbarer Verbindung mit dieser oder jener Ansicht über das Kernkörperchen stehen ferner die der Wirklichkeit nicht entsprechenden und nicht selten einander entgegengesetzten Meinungen über die Entstehung der Kernplatte. Während nach der Ansicht einiger Autoren die Kernplatte bei Spirogyra ausschliesslich auf Kosten des Chromatins des Netzgerüstes des Zellkernes gebildet wird, meinen Andere, dass das zu ihrer Bildung nothwendige Material lediglich vom Kernkörperchen geliefert wird; noch andere Forscher schreiben ihr eine gemischte Herkunft zu, d. h. sie behaupten, dass an ihrer Bildung sowohl die Substanz des Netzgerüstes, als auch die des Kernkörperchens theilnimmt.

Durch ebensolche Widersprüche zeichnen sich auch die in der Litteratur über Spirogyra den achromatischen Theil der karyokinetischen Figuren behandelnden Darstellungen aus. So sind nach der Ansicht Strasburger's und Tangl's bei Spirogyra die Kern-

Universitätsbibliothek Regensburg

urn:nbn:de:bvb:355-ubr05159-0085-6

spindelfasern ausschliesslich cytoplasmatischer Herkunft, d. h. sie werden auf Kosten derjenigen Plasmaanhäufungen gebildet, welche im Anfang des karyokinetischen Processes an den Polseiten des Zellkernes wahrnehmbar sind. Im Gegensatze hierzu verschwinden, nach der Ansicht Flemming's, zur Zeit der Kernplattenbildung die achromatischen Fäden, welche bei Spirogyra in den Plasmaanhäufungen an den Polen ausserhalb des Zellkernes beobachtet werden, indem sie einer Desorganisation unterliegen, während die Plasmaanhäufungen selbst sich nach der Peripherie der Zelle zu an den Fäden entlang vertheilen, an welchen der Zellkern hängt. Zur Bildung der Kernspindelfasern jedoch dient das Material des Netzgerüstes, welches bei Spirogyra eine äusserst geringe Quantität Chromatin enthält.

In neuester Zeit äussert sich auch Degagny zu Gunsten des Entstehens der Kernspindelfasern aus der Kernsubstanz von Spirogyra. Er behauptet, dass die Achromatinfäden im Augenblicke des Eindringens des Zellsaftes in den Zellkern gebildet werden und zwar auf Kosten des homogenen Karyoplasmas, in welches das körnige Karyoplasma vor der Bildung der Kernplatte umgewandelt wird. Nach der Ansicht Meunier's schliesslich sind die Kernspindelfasern bei Spirogyra zum Theil cytoplasmatischen Ursprungs, theils werden sie vom Zellkern gebildet.

Schon aus dieser kurzen Zusammenstellung der wichtigsten Meinungsverschiedenheiten bei der Erforschung der Karyokinese von Spirogyra ergibt sich, dass die vorliegende Frage sich noch im Entwickelungsstadium befindet, und damit zugleich die dringende Nothwendigkeit, die aufgefundenen Beobachtungsresultate nicht nur zu bestätigen und zusammenzufassen, sondern auch sie durch neue Ergebnisse zu vervollständigen zu suchen.

Ich unternahm daher die Untersuchung der karyokinetischen Erscheinungen bei Spirogyra infolge einer Aufforderung des hochverehrten Herrn Prof. W. Belajeff und unter seiner freundlichen Mitwirkung; wofür ich es mir zur angenehmen Pflicht rechne, ihm an dieser Stelle meinen verbindlichsten Dank auszusprechen.

Ich begann meine Untersuchungen bereits gegen Ende des Jahres 1894. Zu dieser Zeit wurden von mir in den „Arbeiten der Naturforschergesellschaft zu Warschau“ zwei vorläufige Mittheilungen [1]) veröffentlicht, in welchen ich in verkürztem Maasse alle diejenigen

---

1) Arbeiten der Naturforscher-Gesellschaft zu Warschau, 1894—95, Bd. V; 1896, Bd. IV.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05159-0086-2

Ergebnisse aufführte, welche ich in der vorliegenden Arbeit ausführlicher auseinander setze.

Litteratur-Ergebnisse.

Die ersten Ergebnisse, mit welchen der eigentliche Anfang zur Erforschung der karyokinetischen Erscheinungen bei Spirogyra gemacht wurde, und welche ihre bahnbrechende Bedeutung in gewissem Grade bis in die Gegenwart beibehalten haben, wurden von E. Strasburger gefunden und in seinem bekannten Werke: „Zellbildung und Zelltheilung“ [1]) beschrieben.

Diese Ergebnisse Strasburger's beziehen sich auf vier Species von Spirogyra, welche von ihm als Spirogyra majuscula Ktz., Sp. nitida Lk., Sp. crassa Ktz. und Sp. orthospira Naeg. (Sp. setiformis Ktz.) bestimmt worden. Von diesen vier Species ist der karyokinetische Process nur bei Sp. majuscula und Sp. nitida ausführlich beschrieben und durch Zeichnungen erläutert worden.

Bei Spirogyra majuscula beginnt die Vorbereitung des Zellkerns zur Theilung mit einer Veränderung seiner Form und Anhäufung von Protoplasma an seinen Polen, das sich darauf zu Fäden umwandelt, welche senkrecht zu den Polen der Kernmembran gerichtet sind.

Die Veränderung, welche das Kernkörperchen erleidet, besteht darin, dass es in mehrere unregelmässige Körner zerfällt, die sich in der Aequatorialebene des Zellkernes anordnen. Der letztere hat in diesem Stadium des karyokinetischen Processes im optischen Durchschnitt die Gestalt eines rechtwinkligen Dreiecks. Bei frischem Material beobachtet man in diesem Zeitpunkte das Verschwinden des Kernkörperchens. Die im optischen Durchschnitt rechtwinklig-dreieckige Form des Zellkerns geht allmählich in die Gestalt einer biconcaven Linse über, wobei die aus dem zerfallenen Kernkörperchen hervorgegangenen Körner sich nach der Mantelfläche der Linse begeben und sich ringförmig anordnen. Die Kernmembran verschwindet und „ihre Substanz wird zusammen mit derjenigen der Kernkörperchen und sonstigen geformten Inhaltes des Zellkerns zur Bildung der Kernplatte verwendet“.[2])

Nach dem Verschwinden der Kernmembran beginnt der Zellkern sehr schnell an Breite zuzunehmen, und zwar in der Längsrichtung

---

1) „Zellbildung und Zelltheilung“ erschien in der 1. Auflage im Jahre 1874; in meinen Citaten werde ich mich jedoch auf die im Jahre 1880 erschienene 3. Auflage beziehen.

2) E. Strasburger, „Zellbildung und Zelltheilung“ 1880, pag. 174.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05159-0087-7

der Zelle, und es findet nun eine allmähliche Ausgleichung der concaven Einbiegungen seiner beiden Polflächen statt. In diesem Stadium erscheinen die Kernspindelfasern, welche parallel unter sich und senkrecht zur Kernplatte verlaufen. Bezüglich ihrer Entstehung sagt Strasburger: „während die ganze Kernsubstanz sich zur Kernplatte sammelt, dringt beiderseits das an den Polen angesammelte Plasma gegen dieselbe vor, um sich in die Spindelfasern zu differenziren".[1])

Die fertig gebildete Kernplatte stellt sich als aus einer Reihe Körner bestehend dar. Bei starker Vergrösserung und bei Zusatz einer geringen Quantität Kalilauge lässt sich feststellen, dass die einzelnen Körner der Kernplatte ihrerseits wieder aus zahlreichen kleineren Körnchen zusammengesetzt sind.

Den Beginn der Tochterkernbildung beschreibt Strasburger bei Spirogyra majuscula in seiner Arbeit mit folgenden Worten: „Diese (nämlich die Bildung der Tochterkerne) gibt sich zunächst in einer Dickenzunahme der Kernplattenhälften (die sich durch ihre Spaltung in der Aequatorialebene gedildet haben) zu erkennen. Die Kernplattenhälften verschmelzen seitlich und beginnen sich auszuhöhlen, wodurch eine Kernwandung sich zu differenziren anfängt."[2]) Wenn in den folgenden Stadien die Kernwandung sich etwas weiter abgehoben hat, ist der Inhalt des Tochterkernes schon körnig geworden. Bei der weiteren Zunahme des Kernes an Umfang werden in seinem Innern mehrere, 2—4, stark lichtbrechende Punkte bemerkbar, welche rasch zur gleichen Anzahl von Kernkörperchen heranwachsen, die in der Aequatorialebene des Kernes gelagert sind. Von diesen Kernkörperchen nimmt gewöhnlich nur eines an weiterem Umfange zu, die übrigen verschwinden.

Bei Spirogyra nitida hat der karyokinetische Process nach Strasburger's in seiner Arbeit erläuterten Beobachtungen fast genau denselben Charakter. Auch bei dieser Species verändert der Zellkern bei Beginn des Theilungsprocesses ein wenig seine Form, indem er im gegebenen Falle eine rundliche Gestalt annimmt. Das Kernkörperchen aber wird in dieser Zeit körnig. Hierauf tritt an den Polflächen des Kernes eine sehr reichliche Protoplasmaanhäufung ein, welche eine deutlich wahrnehmbare Streifung in senkrechter Richtung zu den Polflächen der Kernwandung zeigt. Ueber das weitere Schicksal des Kernkörperchens bei Spirogyra nitida sagt Stras-

1) l. c. pag. 175.

2) E. Strasburger, „Zellbildung und Zelltheilung", 1880, pag. 176.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05159-0088-3

burger in der citirten Arbeit: „Von der Substanz des Kernkörperchens ist es hier leicht festzustellen, dass sie fast unmittelbar in die Bildung der Kernplatte eingeht".[1])

Die Erscheinung der Kernspindelfasern beschreibt er bei dieser Species ebenso, wie bei Sp. majuscula zur Zeit der Kernplattenbildung. Die Kernwandung ist bei Sp. nitida nur an ihren Polflächen nicht zu unterscheiden, während sie an allen übrigen Theilen sich noch für einige Zeit lang zu erhalten fortfährt. Das Stadium der Bildung der Tochterkerne unterscheidet sich bei Sp. nitida ebenfalls in nichts Wesentlichem von dem entsprechenden Stadium bei Sp. majuscula.

Was die beiden übrigen Species, nämlich Spirogyra crassa und Sp. orthospira anbelangt, so verläuft der karyokinetische Process bei denselben nach den Strasburger'schen Beobachtungen völlig übereinstimmend mit Sp. majuscula. Uebrigens äussert sich Strasburger bezüglich Sp. orthospira dahin, dass er über den Charakter des Theilungsprocesses bei dieser Species lediglich auf Grundlage seiner alten Spiritus-Präparate urtheilen konnte.

In seiner im Jahre 1882 erschienen Arbeit „Ueber den Theilungsvorgang der Zellkerne und das Verhältniss der Kerntheilung zur Zelltheilung" bringt Strasburger einige Veränderungen und Vervollständigungen bezüglich seiner anfänglichen Beobachtungen über Spirogyra majuscula. Vor allem stellt er hierbei fest, dass im ruhenden Zellkern ausser einem oder mehreren Kernkörperchen auch ein feines, aus Fäden bestehendes Gerüstwerk vorhanden ist, welches besonders deutlich wahrgenommen werden kann, wenn man den abgeplatteten, runden Zellkern aus seiner normalen Lage herausbringt und ihn in der Flächenansicht betrachtet.[2]) Die dünnen, feinen Fäden des Gerüstwerkes bestehen aus Hyaloplasma und tragen eine relativ geringe Anzahl von Chromosomen, welche bedeutend schwächer färbbar sind, als die Kernkörperchen.

Wenn im Anfang des karyokinetischen Processes der allmählich seine Form verändernde Zellkern die Gestalt einer biconcaven Linse annimmt, so verschwindet das Kernkörperchen, wie die Beobachtungen am lebenden Material zeigen. In Wirklichkeit jedoch wird es zum Aufbau des Kernfadens verwendet, der sich in zahlreiche Windungen legt, welche annähernd parallel zu einander und senkrecht zu den Endflächen der Kernhöhle verlaufen. — Weiterhin finden wir die

1) l. c. pag. 185.

2) E. Strasburger, „Ueber den Theilungsvorgang der Zellkerne etc.", 1882, pag. 49.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05159-0089-1

Beschreibung der bereits fertig gebildeten Kernplatte, begegnen aber keinem Hinweis bezüglich des Betheiligungsgrades der Substanz der Kernwandung an ihrer Bildung. Die fertige Kernplatte besteht aus „einer doppelten Lage“ von Kernfäden, von denen jeder je eine schwache äquatoriale Einbiegung trägt; einige von ihnen zeigen eine regelmässige S-Form. Dem Auseinanderweichen der Kernplattenhälften geht nach den Beobachtungen Strasburger's unbedingt eine Umbiegung der Fadensegmente vorauf, da die sich von einander entfernenden Segmente häufig deutlich Ω-förmig sind. Während des weiteren Auseinanderweichens rücken die Elemente jeder Kernanlage aneinander, so dass diese Kernanlage, von der Fläche aus gesehen, netzartig erscheint.

Während des fortschreitenden Zusammenrückens der Segmente findet nach Strasburger eine Verbindung der Fadenenden statt und so entsteht ein geschlossener Fadenknäuel aus einem fortlaufenden Kernfaden, der uns als zusammenhängendes Gebilde bei der beginnenden Vergrösserung der Kerne entgegentritt. Nun erscheint auf der Kernanlage eine Hülle, welche vom umgebenden Cytoplasma gebildet wird. Zunächst stellen sich die Fäden mit Microsomen von annähernd gleichem Volumen dar, die in der Seitenansicht parallel zu einander und senkrecht gegen die Endflächen der Kernanlage gerichtet sind. Dann zeigen sie auch von dieser Seite netzförmige Bilder, welche eine Ansammlung stark lichtbrechender Substanz in wurmförmigen Massen an einzelnen Stellen der Fäden und ein Dünnerwerden an anderen Stellen zeigen. Die Vereinigung dieser stark lichtbrechenden Substanztheile führt zur Bildung eines, selten mehrerer Kernkörperchen. Die Ansammlung der stark lichtbrechenden Substanz an den Fadenwindungen ruft den Eindruck von Kernkörperchen hervor, die bei der Entstehung des grossen Kernkörperchens wieder zu verschwinden scheinen.

Bezüglich der Achromatin-Theile der Theilungsfigur bestätigt Strasburger in seiner Arbeit seine früheren Beobachtungen, nämlich, dass mit dem fortschreitenden raschen Wachsthum des Zellkerns längs der Zelle das an seinen Polenden zur Zeit der Kernplattenbildung angehäufte Cytoplasma durch die Zellwandung eindringt und die Spindelfasern bildet.

In demselben Sinne veränderte und vervollständigte Strasburger in „Die Controversen der indirecten Kerntheilung“ [1]) seine früheren Beobachtungen über die Karyokinese bei Spirogyra nitida. Der

1) Archiv für mikroskopische Anatomie Vol. 23, 1884.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05159-0090-5

Zellkern dieser Species besitzt, ebenso wie bei Sp. majuscula, ausser einem grossen Kernkörperchen ein sehr schwaches Gerüstwerk. In den Anfangsstadien des karyokinetischen Processes, d. h. wenn der Zellkern sich aus der abgerundeten zur rechtwinklig-dreieckigen Form umbildet (im Längsdurchschnitt der Zelle), zieht sich das Gerüstwerk auf das Kernkörperchen zurück, welches gleichzeitig seine bestimmten Umrisse verliert und gewissermaassen corrodirt erscheint. Aus dem Gerüstwerk und dem Kernkörperchen bildet sich also auf diese Weise eine besondere centrale Kernmasse, an deren beiden Seiten bereits in diesem Stadium dünne Stränge deutlich hervortreten. Von der centralen Kernmasse ausgehend, erreichen dieselben, indem sie etwas divergiren, die Pole des Zellkernes, durchdringen die Kernwandung und gehen continuirlich in die ausserhalb derselben befindlichen cytoplasmatischen Fasern über.

„Es kann somit", sagt weiter Strasburger, „für mich kein Zweifel mehr darüber bestehen, dass die in der Kernhöhle befindlichen Spindelfasern aus eingedrungenem Cytoplasma hervorgegangen sind."[1]) Zu Gunsten eines solchen Ursprungs der Kernspindelfasern spricht nach Strasburger's Beobachtungen zudem noch der Umstand, dass die Kernwandung an den Polen in diesem und den nahestehenden Stadien siebartig erscheint und im optischen Durchschnitt sich als eine Reihe durch die Spindelfasern getrennter Punkte darstellt.

Aus der centralen Kernmasse, welche aus dem Gerüstwerk und dem Nucleolus hervorgegangen ist, wird die Kernplatte gebildet. Ihrer Structur nach ist die letztere feinfädig, bei der Beobachtung vom Pol aus scheibenförmig. Vor der Theilung der Kernplatte in zwei Hälften streckt sich der Zellkern, seine Kernmembran behaltend, fast bis zur doppelten Länge aus. Auch die Spindelfasern nehmen entsprechend zu, wobei das gestreifte Cytoplasma an den Kernpolen völlig verschwindet. In den folgenden Stadien, d. h. zur Zeit des Auseinandergehens der Kernplattenhälften, verschwindet gleichzeitig die Kernmembran. Der wiederkehrende Process der Tochterkernbildung und der Entstehung des Kernkörperchens in denselben vollzieht sich nach Strasburger's Beobachtungen völlig analog des entsprechenden Processes, welcher von ihm in seiner Arbeit: „Ueber den Theilungsvorgang der Zellkerne . . ." bezüglich Spirogyra majuscula beschrieben worden ist.

Schliesslich gehe ich zu den letzten Beobachtungen Strasburger's

1) E. Strasburger, „Die Controversen der indirecten Kerntheilung", 1884, pag. 51.

Universitätsbibliothek Regensburg urn:nbn:de:bvb:355-ubr05159-0091-1

über die Karyokinese bei Spirogyra über, die er in seinem Werke: „Ueber Kern- und Zelltheilung im Pflanzenreiche“ (1888) niedergelegt hat.

Indem er in dieser Arbeit den fortschreitenden Gang des karyokinetischen Processes bei Spirogyra polytaeniata ausführlich beschreibt, führt Strasburger Ergebnisse bezüglich des Kernkörperchens an, welche vollständig dem entgegengesetzt sind, was er früher bei den andern Species von Spirogyra beobachtet hat. Wie wir gesehen haben, bildet sich nach Strasburger bei Spirogyra majusculu und Sp. nitida die Kernplatte auf Kosten des Kernkörperchens und des Kerngerüstes. Bei Spirogyra polytaeniata nimmt nach seinen Beobachtungen an der Bildung der Kernplatte allein das Kerngerüst, wie bei den höheren Pflanzen, theil. Die Fäden dieses Netzgerüstes verkürzen und verdicken sich allmählich zur Zeit der im Anfang des karyokinetischen Processes stattfindenden starken Dickenzunahme des Zellkerns, wobei der Chromatingehalt in ihnen zunimmt. Wenn die Kernfäden eine gewisse Dicke erreicht haben, so ist ein Aufbau derselben aus Scheiben verschiedener Tinctionsfähigkeit zu constatiren. Das Kernkörperchen verschwindet meist nach einem dieser Stadien. Die sich verkürzenden und verdickenden Kernfäden weichen nach der Aequatorialebene des Kernes zurück und erhalten sich in dieser Lage durch feine Plasmastränge, welche sie mit der Kernwandung verbinden. Ob diese feinen Plasmastränge der Kernsubstanz angehören, oder ob sie aus der Umgebung eindringen, lässt Strasburger unentschieden, obgleich er das letztere für wahrscheinlicher hält.

Die auf die Aequatorialebene des Kernes zurückgezogenen Kernfäden, welche fortfahren, sich zu verkürzen und zu verdicken, lagern sich in einer flachen Scheibe, wobei sie sich bandartig abflachen und sich der Länge nach spalten. Diese Kernfäden, wohl 12 an der Zahl, sind in Gestalt kurzer Schleifen mehr oder weniger regelmässig in der Aequatorialebene vertheilt und kehren ihre eine Längshälfte dem einen, und die andere dem andern Pole zu. Dementsprechend zeigt die Profilansicht der Kernplatte jeden Kernfaden, falls er im Querschnitt gesehen wird, in Gestalt zweier Körner, und falls er von der Fläche aus, d. h. der Länge nach, gesehen wird, die Gestalt eines perlschnurförmigen Doppelbandes. Infolge dessen zeigt die Kernplatte im optischen Durchschnitt 3 parallele Linien: eine mittlere, entsprechend der Spaltungsfläche der Kernfäden, und zwei seitliche, die den nach den Polen zu gerichteten Flächen derselben entsprechen.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05159-0092-7

Bei der Theilung der Fadensegmente gehen ihre Hälften nach den gegenüberliegenden Seiten auseinander, ohne jedoch ihre Lage zu verändern. Das sogenannte Stadium der Metaphase, welches bei den höheren Pflanzen durch die Umlagerung und Umkrümmung der secundären Segmente charakterisirt wird, ist hierbei nicht wahrnehmbar. Dabei stellt die Flächenansicht einer jeden der beiden Kernplattenhälften genau dasselbe Bild dar, wie die Kernplatte selbst. Zur Zeit des Auseinandergehens der beiden Kernplattenhälften treten die beiden sich bildenden Tochtersegmente näher an einander, dabei in derselben Ebene bleibend, wodurch es immer schwieriger wird, sie von einander zu unterscheiden.

Wenn die Trennung beendet ist, bedecken sich die Kernplattenhälften mit einer Kernmembran. Diese tritt erst dann deutlich auf, wenn die einzelnen Kernfäden an Länge zunehmen und sich in Windungen legen, die aus der bisherigen Orientirungsebene der Segmente heraustreten. Die immer höher und steiler werdenden Windungen nehmen einen zum grössten Durchmesser der Kernanlage quer liegenden Verlauf und deshalb erscheinen die Kernanlagen quer gestreift. Hierauf beginnen die Kernfäden in einander zu greifen, ihre quere Orientirung geht verloren und auf diese Weise wird allmählich das Gerüstwerk des ruhenden Zellkerns gebildet. Während dieser Rücktransformation der Kernplattenhälften zum Kerngerüst der Tochterkerne erscheinen in den Windungen der Kernfäden wieder die Kernkörperchen. In grosser Anzahl entstehend, fliessen sie schliesslich in ein einziges oder seltener zu zwei Kernkörperchen zusammen.

Die Erscheinung der Kernspindelfasern bei Sp. polytaeniata legt Strasburger ungefähr in die Periode der Spaltung der Kernfäden. Die im Innern des Zellkerns befindlichen Achromatinfäden bilden die Fortsetzung der ausserhalb des Kernes befindlichen und haben völlig das gleiche Aussehen, als diese letzteren. Daher hält es Strasburger für unmöglich, sie für anderer, d. h. nicht cytoplasmatischer Herkunft zu erklären, obgleich er andererseits für nothwendig hält, zu bemerken: „Denn nur der äquatoriale, so äusserst kurze Abschnitt derselben, der innerhalb der Kernhöhle auftritt, liesse sich allenfalls aus Kernsubstanz ableiten.“[1]) Die Kernmembran wird an beiden Polflächen des Zellkernes zur Zeit des Erscheinens der Spindelfasern weniger deutlich unterscheidbar und stellt sich fast nur

1) E. Strasburger, „Ueber Kern- und Zelltheilung im Pflanzenreiche“, 1888, pag. 13.

Universitätsbibliothek Regensburg urn:nbn:de:bvb:355-ubr05159-0093-3

als eine locale Verdickung auf diesen Fäden dar. In kurzer Zeit ist sie überhaupt nicht mehr wahrnehmbar.

Was die an Zahl sehr geringen Plasmafädchen anbelangt, welche nach Strasburger's Beobachtungen vor der Kernplattenbildung die Kernfäden in der Aequatorialebene des Kernes unterstützen, so wird das weitere Schicksal derselben von ihm unaufgeklärt gelassen. Er spricht jedoch die Vermuthung aus, dass sie an der Bildung der Kernspindelfasern Theil nehmen.

Obgleich die früheren Beobachtungen Strasburger's betreffs des Kernkörperchens von Spirogyra in scharfem Gegensatze zu den Ergebnissen stehen, welche er bei Sp. polytaeniata beobachtete, so hält er es dennoch für möglich, diese letzteren im Allgemeinen auf die ganze Gattung Spirogyra zu beziehen. So unterscheidet Strasburger im XVII. Kapitel seiner citirten Arbeit, wo er von den karyokinetischen Erscheinungen nicht irgend einer besonderen Species, sondern von Spirogyra im Allgemeinen spricht, für diese Pflanze ebensolche Stadien vor der Kernplattenbildung, wie sie bei den höheren Pflanzen beobachtet werden, nämlich das Stadium des Netzgerüstes und das „dichte" und das „lockere Knäuelstadium". Das Kernkörperchen verschwindet schon im Stadium des dichten Knäuels und nimmt durchaus keinen Antheil an der Kernplattenbildung. Am Schlusse dieses Kapitels unterstützt Strasburger die Meinung Zacharias', nach dessen mikrochemischen Untersuchungen kein Grund vorhanden sei, dass das Kernkörperchen bei Spirogyra sich von denjenigen der andern Pflanzen unterscheide und es folglich für etwas Anderes zu halten sei, als eben ein Kernkörperchen. Zugleich erklärt sich Strasburger mit der Ansicht Meunier's nicht einverstanden, welcher dem Kernkörperchen von Spirogyra die Bedeutung des Zellkernes zuschreibt und aus ihm die Kernplatte herleitet.

Etwas später, als die Arbeit Strasburger's: „Ueber den Theilungsvorgang der Zellkerne", erschien im Jahre 1882 die ausführliche Arbeit Flemming's: „Zellsubstanz, Kern- und Zelltheilung", in welcher der Autor u. A. auch Spirogyra berührt.

Bezüglich des chromatischen Theiles der Theilungsfiguren bemerkt Flemming in Bezug auf die von Strasburger in seiner Arbeit: „Ueber den Theilungsvorgang der Zellkerne" niedergelegten Beobachtungen, dass er im Allgemeinen vollständig mit denselben übereinstimmt. Folglich legt er, ebenso wie Strasburger in der erwähnten Arbeit, dem Kernkörperchen bei Spirogyra eine besondere

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05159-0094-9

Bedeutung bei, nämlich dass dasselbe zusammen mit dem Netzgerüst des Zellkernes das Material für den Aufbau der Kernplatte liefert. Thatsächlich enthält nach Flemming's Beobachtungen das Gerüstwerk des ruhenden Zellkernes Chromatin, allerdings nur in äusserst geringer Quantität im Vergleich zu dem grossen Kernkörperchen.

Flemming untersuchte 2 Species von Spirogyra, die sich scharf durch die Formen des Zellkerns unterscheiden, nämlich die plattkernigen und die rundkernigen Arten.

In den Anfangsstadien des karyokinetischen Processes deconstruirt sich nach Flemming's Beobachtungen das Kernkörperchen, indem es bei der plattkernigen Art blassere Seitenlappen zeigt. Im weiteren Fortgange des Processes hat der Chromatintheil der Theilungsfiguren Aehnlichkeit mit einem Körnerhaufen, aber es kann auch der Fall sein, dass diese Körneranhäufung einen feinfädigen Knäuel darstellt. Etwas später beobachtet man in den Chromatintheilen der karyokinetischen Figuren feine längs- (polar-) gestreckte Elemente, welche das Aussehen von geschlängelten und gebogenen, feinkörnigen Fäden haben, deren gegenseitige Lagerung infolge der sehr geringen Dimensionen ausserordentlich schwer zu bestimmen ist. Nach der Theilung der Kernplatte in die Tochterhälften beobachtet man eine deutliche Dickenzunahme der diese Hälften bildenden Fäden. Bezüglich des rückschreitenden Processes der Bildung der Tochterkerne bemerkt Flemming, dass in demjenigen Stadium, in welchem die Tochterkerne bereits eine Kernmembran besitzen, die Chromatinmasse in Form von zahlreichen, mehr oder weniger compacten rundlichen Klumpen auftritt, welche ebenso intensiv färbbar sind, als die grossen Nucleolen der ruhenden Kerne. Was das unmittelbar vorhergehende und darauffolgende Stadium bis zur Beendigung des Processes anbetrifft, so ist Flemming durchaus mit den Strasburger'schen Beobachtungen einverstanden und beruft sich auf dessen Zeichnungen.

Ganz anders verhält sich die Sache mit den achromatischen Theilen der Theilungsfiguren. Flemming findet nicht die geringste Veranlassung, die Kernspindelfasern bei Spirogyra als das Produkt des in den Kern eindringenden Cytoplasmas zu betrachten, wie dies Strasburger thut, sondern neigt mehr zu der Ansicht, dass sie aus achromatischer Substanz des Zellkernes entstanden sind. Besonders lehrreich findet er in dieser Beziehung die Art mit rundem Zellkern, bei welcher die Kernmembran bedeutend später verschwindet, als bei der plattkernigen Art, nämlich zur Zeit des Auseinandergehens der Kernplattenhälften nach den Polen. Das sich an den Polenden

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05159-0095-5

des Kernes anhäufende Plasma dringt nach Flemming nicht in das Innere des Kernes, sondern vertheilt sich in der Peripherie der Zelle, indem es auf denselben Wegen abfliesst, durch welche es seine Anhäufung ausführte, d. h. vermittelst der Fäden, in welchen der Zellkern hängt. Was das Material anbetrifft, welches zum Aufbau der Fäden der Kernspindel nothwendig ist, so findet er, dass dasselbe in durchaus ausreichender Quantität sowohl bei den rundkernigen, als auch bei den plattkernigen Arten das Netzgerüst liefern kann, da die Masse desselben, wenn man die darin enthaltene geringfügige Chromatinmenge abzieht, nicht geringer als die Masse der Kernspindelfasern ist. Indem Flemming die Frage beleuchtet, in welcher Weise man das Eindringen des Cytoplasmas zur Bildung der Spindelfasern erklären könnte, im Falle der Erhaltung der Kernmembran im entsprechenden Stadium, und indem er alle in dieser Hinsicht möglichen Voraussetzungen für unwahrscheinlich erklärt, sagt Flemming schliesslich: „Daher sehe ich keine bessere Erklärung als die, dass die Spindelfasern, wie sie in Fig. 4—5 vorliegen, aus achromatischer Substanz des Kernes entstanden sind.“[1])

In demselben Jahre 1882 erschien die Arbeit von Tangl[2]) über die Karyokinese bei Spirogyra. Der Zellkern der von ihm untersuchten Spirogyra-Art hat in der Regel ein (höchst selten zwei) intensiv färbbares Kernkörperchen, welches mit einer deutlich wahrnehmbaren, nicht färbbaren Hüllhaut versehen ist. Der übrige Inhalt des Zellkerns stellt eine feinförmige, sehr schwach lichtbrechende und bedeutend schwächer als das Kernkörperchen färbbare Substanz dar. Die erste Veränderung des Zellinhaltes vor der Kerntheilung besteht darin, dass das Plasma sich von den Seitenwänden des spindelförmigen Kernes gegen seine Pole zurückzieht. Darauf erfolgt eine Veränderung im Kerninhalte; der schwächer tingirbare Theil desselben löst sich von den Endflächen und den Seitenwänden des Zellkernes ab, wobei die stärkste Contraction in longitudinaler Richtung des Kernes erfolgt. Hierauf tritt eine nicht unbeträchtliche Verringerung der Länge des Zellkerns selbst ein, welche nach der Erklärung Tangl's daher kommt, dass durch den darauffolgenden Resorptionsvorgang von der Kernmembran zwei polare Abschnitte von kappenförmiger Gestalt abgelöst werden, welche demjenigen Theile des Kernes entsprechen, aus welchem in früheren Stadien der Inhalt sich

1) W. Flemming, „Zellsubstanz, Kern- und Zelltheilung“, 1882, pag. 321.

2) E. Tangl, „Ueber die Theilung der Kerne in Spirogyra-Zellen“; Sitzb. der K. Akad. d. Wiss., 1. Abth., Vol. 85, 1882.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05159-0096-1

vollständig zurückgezogen hatte. In solch einem kleiner gewordenen Zellkern wird die feinkörnige, schwach färbbare Masse schon nicht mehr wahrgenommen; an seine Stelle treten zu beiden Seiten des Nucleolus, nämlich zwischen diesem und den beiden offenen Kernpolen, die Kernspindelfasern auf. Dabei macht Tangl auf den Umstand aufmerksam, dass derjenige Theil des Zellkerns, welchen die Kernspindelfasern einnehmen, genau ebenso gefärbt wird, als der verschwundene feinkörnige Inhalt des Zellkerns gefärbt wurde. Diese Thatsache gibt ihm Veranlassung zu glauben, dass die früher feinkörnig erscheinende Kernsubstanz sich wahrscheinlich in homogene Substanz umwandelt und als solche zu existiren fortfährt. Zuletzt, bei der Beendigung des Auseinandergehens der Kernplattenhälften wird diese Substanz zur Ernährung der Tochterkerne verwendet.

Im Stadium der Erscheinung der Kernspindelfasern verliert der Nucleolus nach Tangl's Beobachtungen an den Polen seine Hülle und erhält das Aussehen eines von zwei Seiten offenen Hohlcylinders, dessen Inhalt eine gewisse Structur hat. Diese letztere gibt sich nach Tangl dadurch zu erkennen, dass der Inhalt des Nucleolus zu dieser Zeit aus zwei ungleich lichtbrechenden Substanzen besteht, welche höchst eigenartig in Bezug zu einander vertheilt sind. Die stärker lichtbrechende Substanz bildet ein Netzwerk, welches die ganze Fläche des Kernkörperchens durchdringt und im optischen Durchschnitt ein Netz mit sehr engen rundlichen Maschen darstellt. Die aus der beschriebenen Vertheilung der dichteren Substanz resultirenden Zwischenräume sind von schwächer lichtbrechender Substanz erfüllt. Solch ein Nucleolus erscheint bei deutlich gefärbten Präparaten vollständig homogen.

Das unmittelbar auf dieses folgende Stadium hält Tangl für das Stadium der Kernplatte. Nach seiner Meinung ist „die Bildung der Kernplatte das Resultat eines Differenzirungsvorganges, durch den die ursprünglich homogene Substanz des Nucleolus verändert wird".[1]) Nach Tangl besteht die Kernplatte aus stäbchenförmigen Elementen, welche dicht gelagert sind und den von der Hüllhaut des Nucleolus umschlossenen cylindrischen Raum continuirlich durchziehen. Die Hüllhaut des Kernkörperchens verschwindet auch in den folgenden Stadien nicht. In die Länge auswachsend, nimmt sie zusammen mit der Kernhülle, indem sie sich an dieselbe herandrängt oder sogar mit

1) Tangl, „Ueber die Theilung der Kerne in den Spirogyra-Zellen", 1882, pag. 287.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05159-0097-7

derselben verwächst, zur Zeit des Auseinandergehens der Kernplattenhälften an der Bildung des „Verbindungsschlauches“ Theil.

Bezüglich der Kernspindelfasern gelangte Tangl zu derselben Folgerung, welche auch von Strasburger aufgestellt wurde, nämlich, dass dieselben cytoplasmatischer Abstammung seien.

Meunier[1]) wandte in Anbetracht der räthselhaften Bedeutung des Kernkörperchens bei Spirogyra seine besondere Aufmerksamkeit der Aufklärung seiner Structur und chemischen Zusammensetzung zu.

Die Structur des Kernkörperchens von Spirogyra hat nach Meunier im ruhenden Zellkern einen typisch knäuelartigen Charakter. Der Knäuel wird durch die Schlingen eines einzigen, ununterbrochenen Fadens gebildet und nimmt den ganzen Raum innerhalb der Hülle des Kernkörperchens ein. Seiner Zusammensetzung und seinem Bau nach stellt der den Knäuel bildende Faden eine Plastin-Hülse („étui-plastinien“) dar, innerhalb welcher die stark lichtbrechende und intensiv färbbare Nucleinsubstanz eingeschlossen ist. Die Vertheilung der Nucleinsubstanz in dieser Hülse ist sehr verschieden, je nach der Behandlungsmethode des Materials: bald erstreckt sie sich als gleichmässige Schicht im Innern der Hülse, bald erscheint diese Schicht unterbrochen und aus der sie darstellenden Masse bilden sich Ringe, Scheiben etc. Bei nicht gelungener Fixirung wird die Gleichmässigkeit der Vertheilung der Nucleinsubstanz gänzlich zerstört: sie sammelt sich in Form von Zusammenhäufungen an, welche die sie umschliessende Hülse aufschwellen machen und die, wenn sie eine gewisse Grösse erreicht haben, den Eindruck von Kernkörperchen zweiter Ordnung hervorrufen.

Zu diesem Ergebniss bezüglich des Baues und der Zusammensetzung des Kernkörperchens bei Spirogyra gelangte Meunier, indem er frisches und in Alkohol fixirtes Material der Einwirkung verschiedener Färbestoffe unterwarf. Ausserdem behandelte er frisches und Alkoholmaterial mit verschiedenen Reactiven: mit solchen, welche das Nuclein auflösen, als auch mit solchen, welche es nicht auflösen, und welche zugleich eine bestimmte Wirkung auf die übrigen Bestandtheile des Zellkernes ausüben. Nach sorgfältiger Auswaschung mit Wasser färbte sich derartiges Material mit denselben Färbestoffen, wie im ersten Falle.

Die Färbung des frischen und fixirten Materials zeigte, dass die für das Chromatin des Zellkernes am charakteristischesten Färbestoffe,

---

1) Meunier, „Le nucléole des Spirogyra“; La Cellule; tome III.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05159-0098-3

wie Methylgrün und eine saure Carminlösung (durch einige Tropfen Essigsäure angesäuert) nur das Kernkörperchen intensiv färbt und auch dieses nicht in seiner ganzen Masse, sondern nur seine geformten Theile, während der übrige Kerninhalt entweder gänzlich farblos bleibt, oder nur ganz schwach angefärbt wird. Picrocarmin und Alauncarmin theilen gleichfalls nur dem Kernkörperchen Färbung mit, aber diese Färbung schreitet langsamer vor und tritt schwächer auf als bei der Anwendung von saurer Carminlösung. Carminlösungen mit alkalischen Reactionen rufen eine ziemlich deutliche Färbung sowohl des Kernkörperchens als auch des Karyoplasmas hervor, wobei sich das erstere etwas intensiver färbt als letzteres. Der Grund der Färbung des Karyoplasmas liegt im gegebenen Falle nach den Erklärungen Meunier's in den Wirkungen der Alkalien, welche die Auflösung des Nucleins verursachen. Ein Theil des letzteren tritt aus dem Kernkörperchen heraus und indem es sich im Karyoplasma verbreitet, theilt es ihm die Färbung mit. Wenn man die frischen Fäden von Spirogyra in einer schwachen Lösung von Ammoniakcarmin zerdrückt und hierauf einen Tropfen verdünnten Alkohol oder irgend ein anderes Reactiv hinzufügt, welches eine Zusammenziehung hervorruft, z. B. Essigsäure, Chromsäure etc., so tritt in der Regel die faserige Structur des Kernkörperchens ausserordentlich deutlich hervor, wobei die stark lichtbrechende Substanz des Kernkörperchens durch das Carmin eine lebhaft rothe Färbung erhält.

Bei der Einwirkung von starker Salpeter- und Salzsäure auf frisches Material bleibt im Kernkörperchen nur das Stroma übrig, das schwach lichtbrechende Eigenschaften besitzt und gänzlich ungefärbt bleibt. Dieses Stroma ist nichts anderes als die nicht aufgelöste Hülse, welche die färbungsfähige Substanz des Kernkörperchens umschliesst. Auf Alkoholmaterial angewendet, wirken diese Säuren nicht so schnell, geben aber mit der Zeit dasselbe Resultat. Ammoniaklösung wirkt anfänglich sogar in concentrirtem Zustande nicht auf den Zellkern von Spirogyra, wenn man Material anwendet, das längere Zeit in Alkohol ausgezogen wurde; später aber zeigt sich ihre Wirkung sehr deutlich. Gerade die sich nicht deformirenden und nicht aufschwellenden Kernkörperchen werden durch die Wirkung dieses Reactivs der stark lichtbrechenden und färbungsfähigen Substanz beraubt, während zugleich die diese Substanz in sich einschliessende Hülse unverändert erhalten bleibt. Das Karyoplasma verbleibt hierbei ebenfalls völlig in demselben Zustande, in welchem es nach der Einwirkung des Alkohols gewesen war.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05159-0099-0

Die Wirkung des Ammoniaks wird also, ebenso wie die von starken mineralischen Säuren, von einer Auflösung der färbbaren Substanz des Kernkörperchens begleitet, was im gegebenen Falle eine sehr wichtige Bedeutung hat, weil diese Reactive das Nuclein auflösen.

Schwache Salzsäure und künstlicher Magensaft, selbst wenn sie sogar mehrere Tage einwirken können, berauben das Kernkörperchen nicht seiner färbungsfähigen Substanz. Das Vorhandensein dieser letzteren lässt sich bei Anwendung der entsprechenden Färbestoffe, wie z. B. Methylgrün oder Carminlösung, nach der Wirkung dieser Reactive noch ebenso leicht constatiren, als vor derselben. Die Hülse, welche die färbbare Substanz in sich einschliesst, bleibt ebenfalls erhalten. Von den übrigen Theilen des Zellkerns reagirt keiner auf die Einwirkung der oben erwähnten Färbestoffe und schon dies allein kann nach der Ansicht Meunier's als hinreichendes Beweismittel dienen, dass es im Zellkern keine andere Substanz gibt, die den der färbbaren Substanz des Kernkörperchens eigenen Charakter besässe.

Durch die Einwirkung von NaCl schwillt die färbbare Substanz an, löst sich aber nicht auf. Die sie einschliessende Hülse bleibt ohne Veränderung.

Auf Grund der erhaltenen Ergebnisse, von denen unsererseits nur die allerwesentlichsten angeführt wurden, kommt Meunier zu dem Resultat, dass das Kernkörperchen bei Spirogyra in seinen wichtigsten Zügen genau die Structur des typischen Zellkernes darstellt; es besitzt eine Kernmembran, es enthält, aller Wahrscheinlichkeit nach, protoplasmatischen Inhalt, wenn auch stark reducirt, — und es enthält schliesslich in sich das gesammte Nuclein des Zellkernes, welches in der fadenförmigen Plastinhülse eingeschlossen ist, die mit ihren Windungen die ganze Kernhöhle ausfüllt.

Die Veränderungen des Kernkörperchens im karyokinetischen Process entsprechen vollständig den Ergebnissen, welche man nach den Beobachtungen Meunier's bei der Untersuchung seiner Structur und chemischen Zusammensetzung im ruhenden Zellkerne erhält. Es verschwindet niemals während dieses Processes, wenigstens nicht in seinen wesentlichsten Theilen. Wenn auch in einigen Momenten des karyokinetischen Processes das Kernkörperchen bei der Beobachtung an frischem Material nicht sichtbar erscheint, so kommt das daher, dass seine lichtbrechende Fähigkeit in diesen Momenten gleich ist der strahlenbrechenden Fähigkeit des umgebenden Karyoplasmas. Bei allen solchen Gelegenheiten kann man durch Anwendung der entsprechenden Reactive und Färbestoffe seine Gegenwart leicht constatiren.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05159-0100-6

Da das Kernkörperchen in sich das gesammte Chromatin des Zellkernes enthält, so liefert es bei der Kernplattenbildung alles zu derem Aufbau nothwendige Material. Die Hülle des Kernkörperchens verschwindet hierbei und der Chromatinfaden zerreisst in einzelne Segmente, welche sich in der Aequatorialebene des Zellkerns vertheilen. Uebrigens gelang es Meunier nicht, den Process der Kernplattenbildung bis in seine Details zu verfolgen, wegen der ausserordentlich geringen Dimensionen des Objectes. Vor der Kernplattenbildung wird nach Meunier der Aufbau des Netzgerüstes des Kernes zerstört: die dasselbe darstellenden Fäden, welche sich allmählich parallel zu einander und zugleich parallel zur Längsaxe der Zelle arrangiren, nähern sich mit ihren den Polen der Kernmembran zugekehrten Enden den ausserhalb des Zellkerns befindlichen Achromatinfäden und bilden deren Fortsetzung innerhalb des Zellkerns. So entstehen nach Meunier die Kernspindelfasern, indem sich dieselben zum Theil auf Kosten des Netzgerüstes des Zellkerns und zum andern Theil auf Kosten der cytoplasmatischen Anhäufungen an dessen Polenden bilden.

Nach der Theilung der Kernplatte umgeben sich ihre Hälften, nach den Polen auseinandergehend, mit der Kernmembran und verwandeln sich zurück in die Kernkörperchen der Tochterkerne.

Mit einem Worte: das Kernkörperchen von Spirogyra besitzt nach Meunier alle die Eigenschaften, welche bei den andern Pflanzen den Zellkern charakterisiren und nur nach seiner Lage innerhalb der mit einer Hülle umgebenen centralen Plasmamasse ist dasselbe ein „noyau en miniature“, analog dem typischen Kernkörperchen. Daher nennt Meunier, ähnlich wie Carnoy, das Kernkörperchen bei Spirogyra „Nucleolus-Kern“ (nucléole-noyau), indem er diese Benennung als die allerpassendste und seine Natur völlig charakterisirende bezeichnet.

Zu einem von Meunier gänzlich verschiedenen Resultate gelangte Zacharias[1]) bei seinen mikrochemischen Untersuchungen bezüglich der Zusammensetzung des Zellkerns und besonders des Kernkörperchens bei Spirogyra. Nach seinen Beobachtungen unterscheidet sich das Kernkörperchen von Spirogyra in nichts von dem Kernkörperchen der höheren Pflanzen. Die Behandlung mit Magensaft, schwacher Salzsäure, NaCl, und die Färbung mit Carminlösungen (alkalischer, neutraler und saurer) lieferten Zacharias Resultate,

1) Zacharias, „Ueber den Nucleolus“, Bot. Zeitg., Vol. 43, 1885.

Universitätsbibliothek Regensburg urn:nbn:de:bvb:355-ubr05159-0101-2

welche denjenigen Meunier's direct entgegengesetzt sind. In seiner Erwiderung[1]) auf die Arbeit Meunier's sagt Zacharias, dass er, seine früheren Beobachtungen bestätigend, keine Veranlassung zur Veränderung seiner Ansicht finde. Er erklärt sich die Ergebnisse Meunier's dadurch, dass Meunier eigentlich nicht das Kernkörperchen, sondern das Netzgerüst des Zellkerns, welches sich im Centrum desselben vor der Kernplattenbildung zusammengezogen hat, untersucht haben könnte.[2])

Ebenso, wie Tangl und Meunier äussert sich auch Moll[3]) zu Gunsten der Kernplattenbildung bei Spirogyra lediglich auf Kosten der Substanz des Kernkörperchens. Seine Arbeit erschien im Jahre 1893 und ist höchst interessant, sowohl wegen der Eigenartigkeit der erhaltenen Resultate, als auch wegen der Untersuchungsmethode. Moll wendete als Erster das Mikrotom zur Untersuchung der Karyokinese bei Spirogyra an.

Bezüglich der Structur des Kernkörperchens im ruhenden Zellkern gelangte er annähernd zu denselben Ergebnissen, wie auch Meunier. Sie hat nach Moll einen knäuelförmigen Charakter (Skein-Structur) und gibt sich durch das Vorhandensein eines oder mehrerer Fäden im Kernkörperchen zu erkennen, die lebhaft mit den Farben färbbar sind, welche für das Chromatin des Zellkerns charakteristisch sind.

Ausserdem kann man im Kernkörperchen von Spirogyra öfters Vacuolen beobachten. Wenn ausserhalb des Kernkörperchens überhaupt wirklich Chromatinsubstanz vorhanden sein sollte, so ist dies jedenfalls in äusserst unbedeutenden Mengen der Fall.

Im Anfange des Theilungsprocesses nimmt das Kernkörperchen bei Spirogyra nach Moll eine birnförmige Gestalt an, indem es sich an dem einen Ende zuspitzt. Von diesem zugespitzten Ende geht ein Faden aus, welcher, sich schlängelnd, mit seinen Windungen die ganze Höhlung des Zellkerns ausfüllt. Moll hält das zugespitzte Ende des Kernkörperchens für die Ausgangsstelle der Chromatinsubstanz, welche gewissermaassen aus dem Kernkörperchen heraus-

1) Bot. Zeitg., 1888, p. 90.

2) Eine derartige Voraussetzung kann man nach unserer Ansicht im gegebenen Falle schwerlich als zutreffend erachten, da als Beweis, dass Meunier wirklich das Kernkörperchen untersuchte, die von ihm im Text beschriebene und in den Zeichnungen dargestellte Membram des Kernkörperchens dienen kann, welche sicherlich nicht um das zusammengezogene Netzgerüst des Zellkerns herum vorhanden gewesen wäre.

3) J. W. Moll, „Observations on Karyokinesis in Spirogyra". (Verhandl. der k. Akad. v. Wetensch. te Amsterdam, Sect. II, D. 1, 1893.)

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05159-0102-7

gepresst wird und in den oben erwähnten Faden übergeht. Dieser letztere besteht zu dieser Zeit aus einer abwechselnd aus färbbarer und Zwischensubstanz zusammengesetzten Reihe. Etwas später beginnt das Kernkörperchen sich schwächer zu färben und in seinem Innern treten Vacuolen auf. Der ursprünglich nicht färbbare Faden, welcher infolge des Eindringens der Chromatinsubstanz des Kernkörperchens in denselben das charakteristische Aussehen der Kernfäden anderer Pflanzen angenommen hat, zerreisst in diesem Stadium in einzelne Segmente, deren Zahl in der Regel genau 12 beträgt (nur in einem einzigen Falle beobachtete Moll deren 13). Hierauf verschwindet das Kernkörperchen und die Segmente vertheilen sich in der Aequatorialebene des Zellkerns, indem sie die Kernplatte bilden. Was den Faden anbetrifft, welcher von dem zugespitzten Ende des Kernkörperchens ausgeht und von letzterem seinen Chromatininhalt erhält, so neigt Moll zu der Ansicht, dass sein Ursprung auf das Plasma des Zellkerns zurückzuführen ist.

Die neuesten Untersuchungen über die Karyokinese bei Spirogyra stammen von Ch. Degagny.[1]) Nach dessen Beobachtungen zieht sich das Netzgerüst des Zellkerns im Anfange des karyokinetischen Processes zu dem Kernkörperchen zusammen und rollt sich zu einem Knäuel zusammen. Bei der Berührung mit dem einen Knäuel bildenden Faden dringt die Substanz des Kernkörperchens zum Theil in denselben ein, zum Theil entfernt sie sich von ihm und vertheilt sich in dem umgebenden Karyoplasma. Degagny färbte in diesem Stadium den fixirten Zellkern mit einem Gemisch von Fuchsin und Methylgrün und constatirte dabei, dass der den Knäuel bildende Faden grün-bläulich und die Substanz des Kernkörperchens roth gefärbt wird.

Die Kernplatte bildet sich ausschliesslich auf Kosten der faserigen Masse des Knäuels, welche aus dem Netzgerüst des Zellkerns entsteht. Nach der Beschreibung Degagny's sondert sich bei Spirogyra crassa zur Zeit der Kernplattenbildung der Rest des durch die faserige Masse zusammengedrückten Kernkörperchens in Form eines grossen Tropfens von der Kernplatte ab. Dieser Tropfen nimmt durch ein Gemisch von Fuchsin und Methylgrün eine rothe Färbung an, während sich gleichzeitig die Kernplatte grün-bläulich färbt.

Die Achromatinfäden bilden sich, nach den Beobachtungen Degagny's, sowohl ausserhalb als innerhalb des Zellkerns auf Kosten

1) Ch. Degagny, Bullet. d. l. Soc. Bot. d. France, 1894, 1895, 1896.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05159-0103-3

des Karyoplasmas, welches sich zur Zeit ihrer Erscheinung aus körnigem in homogenes Karyoplasma umwandelt.[1])

Indem ich hiermit den Ueberblick über die Litteratur unserer Frage abschliesse, halte ich es für unerlässlich, noch der Beobachtungen Macfarlane's,[2]) wenn auch nur mit kurzen Worten, zu gedenken. Das Kernkörperchen besitzt bei Spirogyra, nach Macfarlane, eine Kernmembran und schliesst in sich noch ein Kernkörperchen zweiten Ranges ein, den „nucleolo-nucleus". Der Theilungsprocess beginnt mit einer Theilung dieses „nucleolo-nucleus". Erst hierauf werden einige Veränderungen im Zellkern bemerkbar, wobei ein Theil des Inhalts des letzteren durch die Kernmembran hindurch nach den Poltheilen dringt und eine Anhäufung ausserhalb des Zellkernes bildet. Darauf löst sich die Kernmembran unter diesen an den Polen befindlichen Anhäufungen auf. Das Kernkörperchen, welches bis dahin auf seiner anfänglichen Stelle verblieb und mit den Anhäufungen an den Polen vermittelst zarter Fäden in Verbindung stand, theilt sich jetzt in zwei Hälften, die sich von einander entfernen, indem sie vor sich die erwähnten Anhäufungen fortschieben. Gegen Beendigung des Theilungsprocesses dringen die Hälften des Kernkörperchens in diese Plasmaanhäufungen ein und indem sie sich mit diesen zusammen mit einer Hülle umgeben, bilden sie die Tochterkerne.

Interessant ist, dass wir seit den Untersuchungen Macfarlane's, dessen Arbeit i. J. 1881 erschien, bei keinem anderen Autor mehr dem Hinweis auf das Vorhandensein des „nucleolo-nucleus" und seiner Theilung im Kernkörperchen von Spirogyra mehr begegnen. Ebenso hat ausser Macfarlane, und in neuester Zeit Degagny, keiner der Forscher beobachtet, dass ein Theil des Kerninhalts durch die Kernmembran nach aussen hindurchgeht und dadurch die Anhäufungen an den Polen bildet.

Eigene Untersuchungen.

Bei der Vornahme meiner Untersuchungen hatte ich die Absicht, mich in der Hauptsache auf die Aufklärung der Bedeutung und Rolle

1) Die Arbeit Degagny's, welche viele neue Ergebnisse enthält, ist leider nicht mit erläuternden Abbildungen versehen, was ihr Verständniss sehr erschwert. Infolge dessen haben die von mir angeführten Ergebnisse nur einen fragmentarischen Charakter und können keinen Anspruch auf Vollständigkeit machen.

2) Um mich mit der Arbeit Macfarlane's bekannt zu machen, benutzte ich den kurzen Auszug aus derselben in Strasburger's Arbeit: „Ueber den Theilungsprocess der Zellkerne", da mir die Macfarlane'sche Arbeit selbst nicht zur Verfügung stand.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05159-0104-9

des Kernkörperchens im karyokinetischen Process bei Spirogyra zu beschränken. Die erste Bekanntschaft jedoch mit dem Charakter der karyokinetischen Erscheinungen bei einigen Species dieser Pflanze, welche mir zur Verfügung standen, veranlasste mich, die mir gestellte Aufgabe etwas zu erweitern und zugleich auch der Bildung der Kernspindelfasern besondere Aufmerksamkeit zu widmen. In dieser Beziehung erwies sich eine starkwüchsige Species von Spirogyra mit grossem Zellkern, der die Kernmembran erst in einem verhältnissmässig späten Stadium verliert, nämlich bei Beginn des Auseinandergehens der Kernplattenhälften, — als ein höcht geeignetes Untersuchungsobject. Zur Erreichung des beabsichtigten Zieles, d. h. zur Aufklärung des Schicksales des Kernkörperchens einerseits, und der Bildung der Kernspindelfasern andererseits, versuchte ich den fortschreitenden Gang des karyokinetischen Processes bei Spirogyra in grösstmöglichster Vollständigkeit und Reihenfolge zu verfolgen, indem ich selbstverständlich hierbei auch zugleich die grösste Aufmerksamkeit denjenigen Stadien zuwendete, welche eine entscheidende Bedeutung in Bezug auf die oben erwähnten Fragen besitzen.

Das Material zu meiner Arbeit wurde von mir in der Umgebung Warschaus hauptsächlich vor dem „Bellevedère'schen Thore" und bei „Mariemont" gesammelt.

Als Fixirungsflüssigkeiten wurden versuchsweise angewendet: Absoluter Alkohol, die Flemming'sche Flüssigkeit, eine gesättigte Sublimatlösung in $^1/_2$ proc. Lösung von NaCl, 1 proc. Chromsäure und eine Mischung von Chromsäure und Essigsäure (0,7 % und 0,3 %). Von allen diesen Fixatoren verblieb ich schliesslich bei der Mischung von Essigsäure und Chromsäure in der angegebenen Proportion, da sie die besten Resultate liefert. Das Material wurde ebenfalls auch in der Flemming'schen Flüssigkeit, in Sublimatlösung und in 1 proc. Chromsäure ausgezeichnet fixirt, jedoch war in diesen Fällen die Färbung eine viel schwächere und weniger contrastirende, als bei der Fixirung durch eine Mischung von Essigsäure und Chromsäure.

Das Passirenlassen des Materials durch Alkohol, Xylol und Parafinlösung in Xylol muss bei Spirogyra mit der grössten Vorsicht und Allmählichkeit vollzogen werden. Ich benutzte zu diesem Zwecke die Methode, welche Prof. W. Belajeff[1]) beschrieben hat. Nach dieser Methode wird die Flüssigkeit, in welche das Material gebracht werden soll, z. B. Alkohol, wenn das Material sich noch im Wasser

1) W. Belajeff, „Arbeiten der Warsch. Naturforsch.-Gesellsch." 1894—95, Bd. III.

Universitätsbibliothek Regensburg urn:nbn:de:bvb:355-ubr05159-0105-5

befindet, zuerst in ein Mariot'sches Gefäss gegossen, auf dessen gläserne Röhre, welche zur Vermittelung mit der umgebenden Atmosphäre dient, ein Kautschukschlauch mit Quetschhahn angebracht ist. Indem man mittelst des Quetschhahnes den Zutritt der Luft in das Mariot'sche Gefäss verringert und auf diese Weise den Strahl des auslaufenden Alkohols abschwächt, so dass der letztere nur tropfenweise in gewissen Zeitintervallen (z. B. in $^1/_2$ Minute, 1 Minute oder länger) sich ergiesst, — stellt man unter die Oeffnung der Röhre, aus welcher die Flüssigkeit austritt, ein breites Gefäss mit dem Material in Wasser. Der allmählich langsam und tropfenweise in das Wasser fallende Alkohol wird sich nach und nach mit demselben vermischen und das Material entwässern. Auf dieselbe Weise fügt man das Xylol dem Alkohol, und die bei Zimmertemperatur in Xylol gesättigte Paraffinlösung dem reinen Xylol zu, in welchem sich das Material befindet. Zu demselben Zwecke kann man auch einen kugelförmigen Trichter anwenden, dessen Röhre, aus welcher die Flüssigkeit austritt, mit einem Hahn versehen ist. Um das Verdunsten des Alkohols und des Xylols zu verhindern, führt man die Röhre des kugelförmigen Trichters und des Mariot'schen Gefässes, welche zum Austritt der Flüssigkeit dienen, entweder durch den Pfropfen, welcher das Gefäss mit dem Material verschliesst, oder verbindet sie mit diesem Gefäss vermittelst eines Kautschukschlauches, der mit einem Kautschukdeckel versehen ist. Die Verdichtung des Paraffins in den Thermostaten, d. h. bei einer höheren als der Zimmertemperatur, erreicht man durch Verdampfen des Xylols, wenn man den beschriebenen Apparat nicht zur Verfügung hat.

Diese Methode, welche äusserst günstige Resultate liefert, entschädigt dadurch vollständig für den Zeitverlust, den sie erfordert.

Die Färbung wurde von mir hervorgerufen nach dem Aufkleben der Schnitte auf die Objectgläser und der Entfernung des Paraffins durch Xylol. Ausser Saffranin (Lösung in 50proc. Alkohol), welches ich vorzugsweise zur Färbung anwandte, wurden auch andere Färbestoffe erprobt, wie Methylgrün, die Biondi'sche Flüssigkeit, Gentianaviolett und Carminlösung. Wenn sich die Präparate als zu stark gefärbt (überfärbt) erwiesen, so wurden sie ausser der Auswaschung mit Spiritus vor der Aufklärung durch Nelkenöl und Einbringung in Canadabalsam noch einer vorhergehenden Waschung mit destillirtem Wasser, das durch Salzsäure schwach angesäuert wurde, unterzogen.

Von den von mir der Untersuchung unterworfenen drei Species Spirogyra war nur eine genau bestimmt, und zwar Spirogyra

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05159-0106-1

subaequa.[1]) Die zweite Species zeigte sich den Zellendimensionen (Breite 0,112—0,125 mm; Länge 0,150—0,187 mm), der Zahl der Chlorophyllbänder (4—5) und der Anzahl der Windungen der letzteren (2—$2^1/_2$) nach, ausserordentlich nahe verwandt mit Spirogyra jugalis, wie ich sie auch weiterhin, zur grösseren Bequemlichkeit meiner Auseinandersetzungen, nennen werde. Die dritte Species endlich, die sich durch die unbedeutenden Dimensionen ihrer Zellen unterschied, blieb gänzlich unbestimmt (sie ist der Spirogyra densa sehr ähnlich).

Der Zellkern von Spirogyra subaequa hat im ruhenden Zustande im optischen Durchschnitte annähernd die Gestalt eines Rechtecks mit abgerundeten Ecken, welches mehr in der Quer- als in der Längsrichtung der Zelle gelagert ist (Fig. 1). Er hängt in massiven Protoplasmafäden, welche von ihm aus zu den Pyrenoiden ausgehen. Gewöhnlich trifft man nur ein Kernkörperchen an. Es ist intensiv färbbar durch die dem Chromatin des Zellkerns charakteristischen Färbestoffe und hat eine deutlich ausgebildete Kernmembran. Im Netzgerüst des Kernes, welches bei dieser Species nur sehr schwach ausgebildet ist, lässt sich kein Chromatin constatiren.

Im Anfang des Theilungsprocesses bei Spirogyra subaequa nimmt der Zellkern an Umfang zu und dehnt sich beträchtlich in der Längsrichtung der Zelle aus (Fig. 2). Hierauf beginnt er, ohne sein Wachsthum in der angegebenen Richtung aufzugeben, sich abzurunden, wobei an seinen Polarflächen sich Protoplasmaanhäufungen bemerkbar machen. Die sich inzwischen am Kernkörperchen bemerkbar machenden Veränderungen bestehen darin, dass es die Kernmembran verliert, Vorsprünge bildet und sich auflockert, wobei es aber nichtsdestoweniger seine annähernd kugelförmige Gestalt beibehält. Etwas später, wenn sich in den Plasmaanhäufungen an den Polen schon deutlich eine Streifung in der Längsrichtung der Zelle erkennen lässt, beobachtet man im Zellkern färbbare, körnige Fäden, welche aus dem deformirten Kernkörperchen herauszutreten scheinen und mit dessen ausgezogenen Vorsprüngen in Verbindung bleiben (Fig. 3).

Die Färbung des Kernkörperchens, seiner Vorsprünge und der körnigen Fäden, welche in der Kernhöhle erscheinen, hat einen ganz gleichartigen Charakter, ist aber bedeutend schwächer, als die Färbung

1) Die Breite der Zelle betrug bei dieser Species 66—70 μ; die Länge der Zelle war $1^1/_2$—2 mal grösser, als die Breite; Bänder 4—5, bei je $^3/_4$—1 Umdrehung; die Breite der Zygospore betrug ungefähr 58 μ; die Länge der Zygospore betrug 80—85 μ.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05159-0107-7

des Kernkörperchens im ruhenden Kerne. Bei der Vergleichung dieses Stadiums mit dem ihm unmittelbar voraufgehenden und demjenigen des ruhenden Zellkerns drängt sich unwillkürlich der Gedanke auf, dass wir es im gegebenen Falle mit dem Auseinandergehen der Substanz des Kernkörperchens zu thun haben, dessen grösster Theil indessen an seinem Platze im Centrum des Zellkernes verbleibt. Thatsächlich hat das deformirte Kernkörperchen in diesem Stadium, wie bereits oben gesagt, gleichartige Färbung mit den körnigen Fäden und ausserdem ist es mit denselben derartig verbunden, dass die letzteren den Eindruck machen, als seien sie die Auswüchse desselben, und zwar so lang gewordene Auswüchse, dass sie sogar bis zur Peripherie des Zellkerns reichen.

Aber wenn wir den Trennungsprocess der Substanz des Kernkörperchens vor uns haben, so ergibt sich die Frage: womit endet dieser Process? Und kann man nicht einen Zellkern finden, ohne Kernkörperchen, nur mit den es ersetzenden färbbaren Fäden? Bei meinen Untersuchungen von Spirogyra subaequa ist es mir trotz der grossen Anzahl der beobachteten Präparate in keinem einzigen Falle gelungen, eine solche vollständige Ersetzung zu finden und deshalb kam ich zu dem Schluss, dass der Trennungsprocess der Substanz des Kernkörperchens bei dieser Species, kaum begonnen, auch ebenso schnell zum Stillstand gelangt. In den folgenden Stadien beobachten wir schon den rückwärts gehenden Process des Zusammenziehens der färbbaren Fäden zum deformirten Kernkörperchen und ihres Zusammenfliessens mit demselben zu einer einzigen centralen Masse. Indem es wieder mit den färbbaren Fäden zusammenfliesst, vergrössert sich das deformirte Kernkörperchen etwas an Umfang und lockert sich noch mehr, behält aber, wie vorher, auch jetzt noch dieselbe annähernd rundliche Form und verbleibt auf seiner alten Stelle. Zu dieser Zeit sind bei Spirogyra subaequa schon deutlich wahrnehmbare Kernspindelfasern vorhanden. Sie nähern sich etwas unter einander in der Aequatorialebene des Zellkerns und treten beiderseits zu der sich ansammelnden färbbaren Masse heran. Diese Fäden unterscheiden sich in nichts von den ausserhalb des Zellkerns befindlichen achromatischen Fäden und stellen, wie man ganz deutlich beobachten kann, die Fortsetzung derselben dar. Die innerhalb des Zellkerns befindlichen achromatischen Fäden bilden also folglich zusammen mit den ausserhalb befindlichen zu beiden Seiten der färbbaren centralen Masse je ein System von Fadengewebe, welches von der in diesen Stadien noch vorhandenen Kernmembran nicht unterbrochen wird.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05159-0108-3

Die Zusammenziehung der färbbaren Fäden und ihr Zusammenfliessen mit dem nicht auseinandergehenden Theile des Kernkörperchens von Anfang an zu beobachten, gelang mir nicht, ebenso wenig, wie das erste Auftreten der Kernspindelfasern im Zellkern zu bemerken; es wurden von mir nur diejenigen für den vorliegenden Fall höchst charakteristischen Stadien beobachtet, mit welchen dieser Process abschliesst.

Eines dieser Stadien ist in Fig. 4 dargestellt und ergibt folgendes Bild: Innerhalb des ovalen, mit deutlich abgegrenzter Kernmembran umgebenen Zellkerns liegt die unregelmässig-kugelförmige, mit noch nicht völlig hervortretenden Vorsprüngen versehene centrale färbbare Masse und zu beiden Seiten der letzteren, sowohl im Zellkern, als auch im Protoplasma, das sich an seinen Polen anhäuft, sind die achromatischen Fäden deutlich sichtbar. Hierbei ist der Umstand interessant, dass die centrale Masse, wie es ihre Färbung zeigt, aus zwei verschiedenen Substanzen besteht. Bei der Färbung mit Saffranin färbt sich die eine derselben, welche den Hauptbestandtheil der centralen Masse bildet und gewissermaassen ihren Grund darstellt, rosa, während die andere, intensiver färbbare, in Gestalt lebhaft rother Körner auftritt, die in der rosagefärbten Grundsubstanz zerstreut sind

In einem der unmittelbar folgenden Stadien, welches in Fig. 5 dargestellt ist, sind die Auswüchse der centralen Masse fast nicht bemerkbar und in ihr tritt der Unterschied zwischen den beiden ungleich färbbaren Substanzen noch deutlicher auf, wobei die lebhaft gefärbten Körperchen, sich scharf von der schwächer färbbaren Substanz abhebend, sich als längliche Körner oder Stäbchen, die mit einem hellen Rande umgeben sind, darstellen (Fig. 5).

Im weiteren Entwickelungsgange des karyokinetischen Processes beginnt sich die färbbare centrale Masse senkrecht zur Längsrichtung der Zelle auszustrecken und umfasst, allmählich ihre Umrisse verändernd, den ganzen Querschnitt des Zellkerns. Dieser letztere verliert in dieser Zeit seine Kernmembran und zwar zuerst an den Polen und hierauf auf seiner ganzen Oberfläche. Wie Fig. 6, 7 und 8 zeigen, nimmt die centrale Masse, wenn wir sie in diesen Stadien im Längsschnitt der Zelle verfolgen, aus der abgerundeten eine viereckige und hierauf eine länglichovale Form an, schliesslich streckt sie sich zu einem schmalen, rechtwinkligen Bande aus. Die Längsseiten dieses Bandes, welche gewöhnlich gezähnt sind, sind den Polen zugekehrt, während die beiden andern in der Längsrichtung der Zelle liegen.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05159-0109-1

Die sich immer mehr zur Aequatorialebene zusammenziehende centrale Masse fährt fort, ihre rechteckige Form beizubehalten, deren schmale Seiten in der Längsrichtung der Zelle sich allmählich noch mehr verkürzen. Die auf diese Weise zusammengezogene centrale Masse stellt sich nun als eine völlig ausgebildete Kernplatte dar, vor ihrer Theilung in die Tochterhälften (Fig. 9). Die Zähne an ihren den Polen zugekehrten Längsseiten, welche gewöhnlich sehr scharf hervortreten, zeigen sich mit den Spindelfasern verbunden.

Diese Formveränderungen der centralen Masse sind von einer Platzveränderung der in ihr gelagerten, lebhaft färbbaren Körner begleitet. Wenn die centrale Masse im Längsdurchschnitt der Zelle die Form eines ausgestreckten Ovales annimmt, so haben sich die Körner bereits in eine Reihe rangirt, welche die centrale Masse genau in zwei symmetrische Hälften zertheilt und perpendiculär zur Längsaxe der Zelle verläuft (Fig 7). Auf diese Weise unterliegt es keinem Zweifel, dass diese lebhaft färbbaren Körner die Chromosome darstellen, welche sich im Stadium der Kernplatte in der Aequatorialzone der Kernspindel lagern. Die übrige Masse des centralen Körpers, welche zu beiden Seiten der Chromosomreihe gelagert ist, besteht jetzt nur noch aus einer schwach färbbaren Substanz, welche durch Saffranin eine rosa Färbung erhält. Wenn wir die Kernplatte aufmerksam in dem Stadium beobachten, in welchem sie im Längsdurchschnitt die Form eines Bandes hat, so ist es nicht schwer zu constatiren, dass die schwach färbbare Substanz aus kleinen Bögen besteht, welche mit ihren Wölbungen den Polen zugewendet sind und mit ihren freien Enden in den Umrandungen der Chromosome endigen. Diese Bögen stellen die oben erwähnten Zähne dar und an ihre Einbiegungen heften sich die Achromatinfäden der Kernspindel an. Dieser Zustand der schwach färbbaren Substanz und der Chromosome dauert bis zur Trennung der Kernplatte in zwei Hälften. Im Stadium der Kernplatte behalten die Chromosome, ebenso wie in den vorhergehenden Stadien, ihre helle Umrandung bei, von welcher sie umgeben sind (Fig. 9).

Die Untersuchung der Kernplatte von der Fläche aus kann man auf den Querschnitten der Zellen vornehmen, aber es gelang mir dies leichter dadurch zu erreichen, dass ich einen Druck auf das Deckglas ausübte, unter welchem sich die Längsschnitte von den Spirogyrazellen befanden. Infolge dieses Druckes kehrt die ihre Lage verändernde Kernplatte dem Beobachter ihre flache Seite zu, welche bei unverletzten Zellen der Querwand derselben zugewendet ist.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05159-0110-1

Bei der Untersuchung der Kernplatte von der Fläche aus konnte ch die Zahl der Chromosome annähernd feststellen und es zeigte sich, lass die Anzahl derselben circa 24 beträgt, d. h. fast doppelt so viel, ls die Anzahl, welche Strasburger und Moll bei Spirogyra beobachteten. Alle Chromosome liegen streng in einer Ebene und edes von ihnen besitzt, ebenso wie im Längsdurchschnitt der Zelle, eine deutliche helle Umrandung (Fig. 10). Ausserdem sind die Chromosome nicht von einander isolirt, sondern fadenartig durch schwach färbbare Substanz verbunden. Wenn man der Kernplatte vermittelst eines Druckes auf das Deckgläschen verschiedene Lagen gibt, so kann man sich leicht überzeugen, dass diese fadenartigen Verbindungen die oben beschriebenen Bögen sind und von der Lagerungsebene der Chromosome nach den entgegengesetzten Seiten, d. h. nach den Polen des Zellkerns zu, gerichtet sind. Indem sich die eine auf die andere auflagert, macht die dadurch gebildete Masse im Längsschnitt der Zelle auf den ersten Blick den Eindruck derjenigen sich hellroth färbbaren und mit gezähnten Polrändern versehenen Bänder, welche man in der Kernplatte zu beiden Seiten der Chromosomreihe beobachtet (Fig. 9). Bei aufmerksamer Beobachtung kann man, wie wir bereits oben gesehen haben, die einzelnen Bögen auch in den Längsschnitten der Zellen wahrnehmen.

Bei der Theilung der Kernplatte in die Tochterhälften theilt sich jedes Chromosom in zwei sich in der Längsrichtung der Zelle neben einander lagernde, schwächer färbbare Theile der Kernplatte, welche aus Bögen bestehen, die in ihrem Bau keinerlei Veränderung erleiden. Dementsprechend beobachtet man sofort nach der Theilung der Kernplatte im Längsdurchschnitt der Zelle zwei Chromosomreihen, die neben einander gelagert sind und ausserdem senkrecht zur Längsaxe der Zelle liegen. Bei jeder dieser beiden Chromosomreihen bemerkt man die Bögen, die nur an je einer ihrer Seiten gelagert sind, nämlich an den Seiten, welche den Polen des Zellkerns entsprechen (Fig. 11).

Dasselbe Aussehen behalten die Kernplattenhälften im Längsdurchschnitt der Zelle auch im Anfang ihres Auseinandergehens bei (Fig. 12). Wenn man die Kernplattenhälften in diesen Stadien von oben betrachtet, so stellt jede von ihnen eine Art Netz dar, wie es in Fig. 13 dargestellt ist, d. h. es besteht aus den Maschen einer schwach färbbaren Substanz, in dessen Knotenpunkten die Chromosome gelagert sind. Im Maasse des Auseinandergehens tritt eine gewisse Abnahme der Kernplattenhälften im Durchmesser ein, was mit einer Verdickung der das Netz bildenden Fäden und mit einer Verringe-

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05159-0111-7

rung der Zwischenräume der Maschen dieses Netzes verbunden ist (Fig. 14—15). Die sich auf solche Weise verdichtenden, aber dabei ihren netzartigen Aufbau nicht verlierenden Kernplattenhälften werden in allen ihren Theilen noch deutlicher unterscheidbar. Hierbei bleibt der Contrast zwischen der schwächer und stärker färbbaren Substanz, obwohl sich derselbe ein wenig ausgleicht, trotzdem noch deutlich während der ganzen Dauer des Auseinandergehens wahrnehmbar, besonders wenn man die Kernplattenhälften von der Fläche aus betrachtet (Fig. 16).

Noch vor der Beendigung des Auseinandergehens biegen sich die Kernplattenhälften aus, indem sie die concaven Seiten einander zukehren (Fig. 15). Hierauf verwandelt sich jede Hälfte, indem sie fortfährt, sich im Durchmesser zu verkürzen, in einen dichten Knäuel mit höchst unregelmässigen Maschen. Diese Umwandlung fällt mit der Beendigung des Auseinandergehens der Kernplattenhälften zusammen. Darauf bildet sich um den Knäuel und zwar in einiger Entfernung von demselben, eine zarte Kernmembran. Die Knäuel sind durch färbbare Fäden mit der sich um die ersteren herumbildenden, aber nicht anlagernden Kernmembran verbunden. Mit dem zunehmenden Wachsthum der Tochterkerne lockern sich die Knäuel etwas und lassen die Zwischenräume der Maschen erkennen. (Fig. 17a und 17b, entsprechend dem Längs- und Querschnitt des Tochterkerns im beschriebenen Stadium).

Die Zusammensetzung der Knäuel ist dieselbe, wie die der Kernplattenhälften, aus welchen sie gebildet wurden. Der Unterschied zwischen den intensiv färbbaren Körnern und der sich schwach färbenden Grundmasse tritt besonders deutlich dann hervor, wenn die Knäuel lockerer werden und die Zwischenräume der Maschen in ihnen deutlich bemerkbar sind (Fig. 17). In einem der folgenden Stadien (Fig. 18) nähern sich die Körner der lebhaft färbbaren Substanz einander ein wenig und rangiren sich in krummen Reihen, welche ohne bestimmte Ordnung zu einander gelagert sind.

Die weitere Veränderung besteht darin, dass im Centrum des Knäuels, der aus schwach färbbaren Fäden besteht und die lebhaft färbbaren Körner in sich einschliesst, die Fäden zusammenfliessen und einen Klumpen bilden, von welchem nach der Peripherie zu gleichsam ausgezogene Vorsprünge vortreten. Dieser Klumpen ist, ebenso wie die Knäuel der vorhergehenden Stadien, mit der Kernmembran vermittelst färbbarer Fäden verbunden (Fig. 19 und 20). Hierauf beginnen die Fäden sich zum Klumpen einzuziehen, infolge dessen sich ihre

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05159-0112-3

Zahl allmählich immer mehr, bis zu ihrem gänzlichen Verschwinden, verringert. Als Resultat ergibt sich im Centrum des Tochterkernes ein eckiger, im Längsdurchschnitt der Zelle länglicher Körper, welcher sich allmählich abrundet, auf seiner Oberfläche glättet und schliesslich ein typisches Kernkörperchen bildet (Fig. 21 und 22).

Das auf diese Weise gebildete Kernkörperchen erlangt (wie Fig. 19—22 zeigen) nicht sofort die Fähigkeit, sich so intensiv zu färben, wie es gewöhnlich beim Kernkörperchen der ruhenden Zellkerne beobachtet wird: zuerst färbt es sich bedeutend schwächer, besonders in den Peripherietheilen und hauptsächlich in denjenigen Vorsprüngen oder Auswüchsen, welche beim Einziehen der färbbaren Fäden gebildet werden.

Vollständig gleichartig mit Spirogyra subaequa vollzieht sich augenscheinlich der karyokinetische Process bei der kleinen Spirogyraspecies (Sp. densa?), welche unbestimmt geblieben ist. Wenigstens ist der Bildungsprocess der Kernplatte aus der centralen, färbbaren Masse des Zellkerns, die sich in Körner differenzirt und intensiv färbbar ist, sowie der Bildungsprocess der schwach färbbaren Grundsubstanz, ferner des Stadiums der Kernplatte selbst und endlich der Anfang des Auseinandergehens der Kernplattenhälften, bei diesen beiden Species völlig analog.

Hierauf beschränken sich vorläufig die von mir erhaltenen Ergebnisse über die erwähnte kleine Spirogyraspecies, da meinerseits weder der Anfang, noch die Beendigung des karyokinetischen Processes bei dieser Species beobachtet wurden.

Ich gehe nun zu derjenigen Spirogyraspecies über, welche ich annähernd als Spirogyra jugalis bestimmt habe und welche, wie aus den vorhergehenden Angaben ersichtlich ist, sich durch die bedeutend grösseren Dimensionen ihrer Zellen von den vorigen unterscheidet. Der Gestalt des Zellkerns nach, welcher bei dieser Species im Längsdurchschnitt der Zelle eine länglich-ovale Form hat und mit seinem längsten Durchmesser quer zur Längsaxe der Zelle gerichtet ist, könnte diese Species als ein Zwischentypus zwischen den sogenannten rundkernigen und plattkernigen Arten betrachtet werden. Sie besitzt gewöhnlich nur ein Kernkörperchen mit selbst bei nur mittlerer Vergrösserung ausserordentlich deutlich wahrnehmbarer Kernmembran.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05159-0113-9

Das Netzgerüst des Zellkerns bleibt nach der Einwirkung von Färbestoffen vollständig farblos und obgleich es etwas deutlicher hervortritt, als bei Spirogyra subaequa, so erweist es sich dennoch im Vergleich zu den Zellkernen der höheren Pflanzen als äusserst schwach entwickelt.

Während der Vorbereitungsstadien des karyokinetischen Processes verwandelt sich die im Längsdurchschnitt der Zelle länglich-ovale Gestalt des Zellkernes bei Spirogyra jugalis allmählich in eine mehr rundliche Form und nimmt immer mehr und mehr an Umfang zu. Gleichzeitig hiermit entsteht eine Protoplasmaströmung von der Peripherie der Zelle durch die Fäden, an denen der Zellkern aufgehängt ist, nach dem Zellkern zu, infolge dessen sich diese hängenden Fäden verdicken und sich besonders bemerkbar am Grunde verbreitern, d. h. an den dem Zellkern am nächsten liegenden Theilen. Bei dieser Verdickung vermindert sich allmählich die Anzahl dieser Fäden, was sich am natürlichsten durch ihr Zusammenfliessen untereinander erklären lässt, welches von ihren verbreiterten Basaltheilen aus beginnt. Dies ist um so wahrscheinlicher, als in den beschriebenen Stadien ausser den dicken Hauptfäden noch feinere Fäden zweiten Ranges zu bemerken sind, welche mit den Hauptfäden zusammenfliessen, ohne den Zellkern zu erreichen. Wenn die Zahl der Fäden, in welchen der Zellkern im Längsdurchschnitt der Zelle hängt, bis auf vier Stränge herabgesunken ist, so zeigt sich an ihrem Grunde eine Streifung, welche senkrecht zu demjenigen Theile der Kernmembran gerichtet ist, auf welchem diese Stränge angeheftet sind. Die faserige Zusammensetzung der Basis dieser Stränge wird in der Folge immer deutlicher. Wie aus Fig. 24, welche den Zellkern im Längsdurchschnitt der Zelle in einem dieser Stadien darstellt, ersichtlich ist, sind die Stränge zu dieser Zeit stark verdickt und vollständig unabhängig von einander. Wenn man im Längsdurchschnitt der Zelle diese Stränge in ihren weiteren Stadien verfolgt, so kann man beobachten, dass dieselben später paarweise mit ihren Fusspunkten an den Polseiten des Zellkerns zusammenfliessen und so diejenigen Plasmaanhäufungen bilden, welche wir schon bei Spirogyra subaequa zu bemerken Gelegenheit hatten und welche bereits mehrfach in der Litteratur über andere Spirogyraspecies beschrieben worden sind, als eines der Kennzeichen vom Uebergange des Zellkernes aus dem ruhenden Zustande in das Stadium der Theilung. Anfänglich sind die Fasern der beiden am Grunde zusammengeflossenen Stränge, wie im Längsdurchschnitt der Zelle zu beobachten ist, noch in zwei

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05159-0114-5

Gruppen getheilt, welche noch in zwei selbständige Stränge auslaufen (Fig. 25 und 26). Indem diese beiden Gruppen weiter zusammenfliessen, ihre Fasern die gleiche Richtung annehmen, und mit ihren nach der Querwand der Zelle zugekehrten Spitzen in einer Ebene abschliessen, — bilden sie zu beiden Seiten des Zellkerns eine Decke, deren Fasern parallel mit der Längsaxe der Zelle laufen (Fig. 27).

Wenn wir uns jetzt denjenigen Erscheinungen zuwenden, welche in diesen Stadien im Innern des Zellkernes sich entwickeln, so müssen wir uns auschliesslich auf die Veränderungen beschränken, welche das Kernkörperchen erleidet. Bei Spirogyra jugalis, ebenso wie bei Sp. subaequa, schliesst das Kernkörperchen in sich die ganze färbbare Substanz des Zellkerns ein und daher spielt es im Allgemeinen genau dieselbe wesentliche und wichtige Rolle, wie bei der letzteren Species.

Die erste Veränderung des Kernkörperchens bei Spirogyra jugalis macht sich dann bemerkbar, wenn einerseits die Abrundung des Zellkerns und andererseits die Verringerung der Anzahl der Fäden, an denen der Zellkern hängt, eintritt. Wir bemerken in diesem Stadium am Kernkörperchen vor Allem eine beträchtliche Abschwächung seiner Färbungsfähigkeit; hierauf verliert es seine Membran und beginnt sich zu deformiren, wobei es in seinen allgemeinen Umrissen unregelmässig eckig wird und auf seiner ganzen Oberfläche kleine Auswüchse bildet. Hierbei verliert es zugleich den Charakter einer compacten Masse und wird etwas lockerer (Fig. 24). In dieser Weise setzt sich der Deformations- und Lockerungsprocess des Kernkörperchens auch in den Stadien fort, in welchen das Zusammenfliessen der Fäden, an denen der Zellkern hängt, an ihren Fusspunkten stattfindet. Das Kernkörperchen nimmt zugleich das Aussehen eines Körnercomplexes mit schwachen Umrissen an, dessen Körner in weniger lebhaft färbbare Zwischenmasse eingeschlossen sind (Fig. 25). Die nicht zahlreichen Fäden des entwickelten und nicht färbbaren Netzgerüstes des Zellkernes vereinigen sich an den Berührungsstellen mit solch einem Complex, indem sie sich mit den Auswüchsen auf seiner Oberfläche verbinden.

In den folgenden Stadien hört das Kernkörperchen auf, ein selbständiger Körper zu sein, welcher frei im Centrum des Zellkerns liegt: es verschwimmt gewissermaassen in dem es umgebenden Kernsaft und dient als Ausgangspunkt für die nach allen Richtungen des Zellkerns auseinander gehenden körnigen Fäden. Die Färbung dieser Fäden unterscheidet sich in nichts von der Färbung des sich noch erhaltenden Restes des Kernkörperchens. Die in den färbbaren Fäden eingeschlossenen Körner sind ebenfalls völlig gleichartig mit den sich

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05159-0115-1

im Kernkörperchen befindlichen Körnern. Die Fäden, welche vom Kernkörperchen ausgehen und sich gewöhnlich in dem Maasse ihrer Annäherung an dasselbe verdicken, gehen unmittelbar in seine Masse über und stellen auf diese Weise zugleich mit dem Kernkörperchen denjenigen Theil des Zellkernes dar, welcher im gegebenen Moment des karyokinetischen Processes die gesammte färbbare Substanz enthält, die in seine Zusammensetzung eingetreten ist (Fig. 26).

Wenn man das Kernkörperchen und die färbbaren Fäden weiter verfolgt, so kann man beobachten, dass während sich die Masse des ersteren verringert, die Zahl der letzteren allmählich zunimmt (Fig. 27). Folglich geht die Substanz des Kernkörperchens mehr und mehr im Zellkern in Form von körnigen Fäden aus einander. Wenn schliesslich die Bildung der faserigen Decken an den Polen beendet ist, so ist das Kernkörperchen bereits nicht mehr wahrnehmbar. Die Stelle, welche es einnahm, wird gewöhnlich durch eine etwas dichtere Anhäufung der färbbaren körnigen Fäden bezeichnet, welche jetzt allein im Zellkern übrig geblieben sind und sich in seinem ganzen Hohlraume ausbreiten, indem sie sich nach allen möglichen Richtungen vertheilen und unregelmässig zu einander gelagert sind (Fig. 28). Uebrigens kann man im Zellkern von Spirogyra jugalis bisweilen in diesen Stadien, welche sehr stark an das lockere Knäuelstadium der höheren Pflanzen erinnern, ausser den färbbaren Fäden noch ein oder mehrere ziemlich grosse, lebhaft färbbare Körner bemerken, aber augenscheinlich ist dies nichts anderes, als der Ueberrest des noch nicht ganz zergangenen Kernkörperchens. In den nächstfolgenden Stadien sind diese Körner schon nicht mehr wahrnehmbar.

Was die Fäden des Netzgerüstes des Zellkernes anbetrifft, welche im ruhenden Zellkerne und in den ersten Veränderungsstadien des Kernkörperchens bemerkt wurden, so gelang es mir nicht, deren weiteres Schicksal zu verfolgen. Jedenfalls kann nicht der geringste Zweifel darüber herrschen, dass die zahlreichen, sich verwickelnden, färbbaren Fäden, welche im beschriebenen Stadium im Zellkern beobachtet wurden, mit den nicht färbbaren und nur wenig zahlreichen Fäden des ursprünglichen Netzgerüstes des Zellkernes gar nichts mit einander gemein haben.

Es verschwindet also zwar nach meinen Beobachtungen das Kernkörperchen bei Spirogyra jugalis, aber es verschwindet, indem es sich im Zellkerne in Form von färbbaren körnigen Fäden verbreitet, und nicht, indem es sich auflöst, wie dies Strasburger für Spirogyra lediglich auf Grund seiner Untersuchung von Spirogyra polytaeniata behauptet.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05159-0116-7

Diese meine Ergebnisse bezüglich des Kernkörperchens kommen den von Moll erhaltenen Resultaten am nächsten, obgleich andererseits auch zwischen ihnen ein bedeutender Unterschied vorhanden ist. So beobachtete Moll bei der von ihm untersuchten Spirogyraart nicht die Erscheinung vieler färbbarer Fäden, wie dies gewöhnlich bei Spirogyra jugalis der Fall zu sein pflegt, sondern nur eines einzigen, welcher sich mit einem seiner Enden an die schnabelförmige Zuspitzung des Kernkörperchens anlagert. Dieser Faden, welcher nach der Voraussetzung Moll's aus dem Plasma des Zellkerns hervorgeht, empfängt die Färbungsfähigkeit und überhaupt seinen definitiven Ausbau erst dann, wenn in ihn der färbbare Inhalt des Kernkörperchens eintritt, welcher aus dem letzteren durch das zugespitzte Ende herausgepresst wird. Das Kernkörperchen verblasst allmählich im Maasse seines Leerwerdens, ohne seine Umrisse zu verlieren und verschwindet endlich gänzlich. Moll beobachtete weder eine Deformation des Kernkörperchens, welche von einer Auflockerung desselben begleitet ist, noch die allmähliche Verringerung seines Umfanges parallel mit der Zunahme der Anzahl der färbbaren Fäden im Zellkerne, wie dies bei Spirogyra jugalis und theilweise auch bei Sp. subaequa der Fall ist.

Im weiteren Entwickelungsgange des karyokinetischen Processes treten bei Spirogyra jugalis die färbbaren Fäden von der Kernmembran zurück und ziehen sich allmählich zu einer Aequatorialzone zusammen, wobei gleichzeitig in den Poltheilen des Zellkerns die Erscheinung der Kernspindelfasern bemerkbar wird. Diese sind, wie man sehr deutlich beobachten kann, einerseits mit den färbbaren Fäden vereinigt, welche in der angegebenen Richtung zurücktreten, andererseits gehen sie, indem sie die Kernmembran durchbohren, in die achromatischen Fäden über, welche die oben beschriebenen faserigen Plasmaanhäufungen an den Polen des Zellkerns bilden (Fig. 29 und 30). Die färbbaren Fäden treten nicht zu gleicher Zeit und in gleichem Maasse von der Zellmembran zurück und man kann nicht selten beobachten, dass einzelne derselben mit ihren Enden noch an der Kernmembran anliegen, während andere bereits weit von ihr entfernt sind. Dementsprechend ist auch die Länge der achromatischen Fäden im Innern des Zellkernes eine verschiedene: weit zurückgetretene färbbare Fäden entsprechen langen achromatischen Fäden und mit den Enden bis nahe an die Membran sich erstreckende färbbare Fäden entsprechen kurzen achromatischen Fäden (Fig. 29 und 30).

Universitätsbibliothek Regensburg urn:nbn:de:bvb:355-ubr05159-0117-3

Es werden also durch die von uns angeführten Beobachtungen die Ansichten Strasburger's und Tangl's bezüglich des cytoplasmatischen Ursprungs der Kernspindelfasern bei Spirogyra bestätigt, sie zeigen zugleich aber auch, dass das Eindringen der achromatischen Fäden in den Zellkern sich allmählich vollzieht und sich in enger Abhängigkeit von dem gleichzeitig stattfindenden Processe des Zusammenziehens der färbbaren Fäden befindet.

Mit der fortschreitenden Zusammenziehung lagern sich die färbbaren Fäden immer regelmässiger zu einander und nehmen eine annähernd parallele Richtung zur Längsaxe der Zelle an: die innerhalb des Zellkerns befindlichen Theile der achromatischen Fäden, von denen eine immer grössere Anzahl in den Zellkern eindringt, gleichen sich, indem sie sich entsprechend vergrössern, zugleich in ihrer Länge unter einander aus. Allmählich nimmt die Anhäufung der färbbaren Fäden im Längsdurchschnitt der Zelle die Form eines viereckigen Bandes an, welches quer im Zellkern gelagert ist. Die Anzahl der die faserige Hülle bildenden Fäden ist zu dieser Zeit nicht grösser, als die Anzahl der im Innern des Zellkerns befindlichen achromatischen Fäden und sie alle stellen gewissermassen eine Fortsetzung der letzteren ausserhalb des Zellkerns dar. Was die Länge der innerhalb des Zellkerns befindlichen achromatischen Fadenabschnitte zu beiden Seiten des Bandes anbetrifft, welches von färbbaren Fäden gebildet wurde, so sind dieselben unter einander fast ganz gleich, jedoch jetzt bedeutend länger, als die ausserhalb des Zellkerns befindlichen Fadenabschnitte. Schon in diesem Stadium kann man in der zusammengezogenen Masse der körnigen Fäden, welche durch Safranin eine hellrothe Färbung erhalten, bei starker Vergrösserung unregelmässig zerstreute intensiv färbbare Körner bemerken, deren jedes von einem hellen Rande umgeben ist.

Bei der weiteren Zusammenziehung der färbbaren Masse verengert sich das Band, in welcher Form sich die Masse im Längsdurchschnitt der Zelle darstellt, allmählich und nimmt ebenso, wie bei Spirogyra subaequa, die Gestalt eines ausgestreckten Rechtecks an, nur ist es breiter und nicht die ganze Querausdehnung des Zellkerns ausfüllend. Die kurzen Seiten dieses Rechtecks sind in der Längsrichtung der Zelle gelagert. In diesem Zustande stellt die gefärbte Masse bereits die Kernplatte dar (Fig. 31). Die intensiver färbbaren Körner mit ihren hellen Umrandungen, oder die Chromosome, sind in der Kernplatte bei Spirogyra jugalis im Längsdurchschnitt der Zelle, ebenso wie im entsprechenden Stadium bei Spirogyra subaequa, in einer Reihe

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05159-0118-9

gelagert, welche sich von dem hellrothen Hintergrunde der Kernplatte scharf abhebt und parallel ihrer Längsseite, genau in der Mitte derselben, gelagert ist. Der Bau der schwach färbbaren Theile der Kernplatte von Spirogyra jugalis blieb für mich unaufgeklärt, weil er sich sogar bei starker Vergrösserung einer Untersuchung nicht unterwerfen liess. Leicht ist nur zu bemerken, dass sie aus ausserordentlich feinen körnigen Fädchen bestehen, welche der Länge der Zelle nach gerichtet sind und an die sich von beiden Seiten des Zellkerns die achromatischen Fäden herannähern. Welcher Art die gegenseitige Lagerung der schwach färbbaren Fädchen ist, und ihre Beziehungen zu den Chromosomen, gelang mir nicht zu bestimmen.

Bei der Betrachtung von der Fläche aus hat die Kernplatte annähernd die Gestalt eines Kreises, welcher bei schwacher Vergrösserung und bei Färbung durch Safranin gleichmässig hellroth gefärbt erscheint. Bei stärkerer Vergrösserung lassen sich auf dem hellrothen Hintergrunde des Kreises zerstreute, lebhaft rothe Chromosome deutlich bemerken, welche einander paarweise genähert sind und deren jedes von einer hellen Umrandung umgeben ist (Fig. 32).

Im Stadium der Kernplatte bleibt die Kernmembran bei Spirogyra jugalis noch in ihrer ganzen Ausdehnung erhalten, aber die faserigen Decken an den Polen, wenn sie zu dieser Zeit überhaupt noch wahrnehmbar sind, haben bereits eine höchst unbedeutende Höhe und machen den Eindruck, als wenn sie sich in die Kernhöhle hineinziehen.

Da das Stadium der Theilung der Chromosome der Kernplatte bei Spirogyra jugalis von mir nicht beobachtet wurde, so gehe ich hiermit über zur Beschreibung des Stadiums des Auseinandergehens der Kernplattenhälften nach den Polen zu. Der Beginn dieses Stadiums fällt bei Spirogyra jugalis mit dem Verschwinden der Kernmembran zusammen. Im Maasse des Auseinandergehens der Kernplattenhälften dehnt sich die plasmatische Masse, welche in sich die karyokinetischen Figuren einschliesst, stark in der Längsrichtung der Zelle aus. Indem sich die beiden Kernplattenhälften von einander entfernen, bleiben sie gewöhnlich durch schwach färbbare dünne Fäden verbunden und in ihrem Bau zeigt sich die charakteristische Eigenheit, dass die Chromosome in ihnen nicht dasselbe Aussehen beibehalten, welches sie im Stadium der Kernplatten hatten, sondern sie zerfallen in noch kleinere Körnchen, welche sich in der faserigen, schwach färbbaren Substanz vertheilen (Fig. 33). Der Unterschied in der Färbung beider Substanzen, welche in die Zusammensetzung jeder der beiden Kernplatten-

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05159-0119-6

hälften eintreten, wird weniger bemerkbar infolge der Zerstückelung der Chromosome; späterhin, je nach dem Maasse der Entfernung der Hälften, welche zugleich gewöhnlich von einer Abflachung und Verringerung derselben im Durchmesser begleitet wird, gleicht sich dieser Unterschied immer mehr und mehr aus und verschwindet schliesslich, so dass er im bekannten Stadium der Trennung gar nicht mehr wahrnehmbar ist. Die Kernplattenhälften bestehen in diesem Stadium, wie der Längsdurchschnitt (Fig. 34) und der Querdurchschnitt (Fig. 35) der Zelle in diesem Moment des karyokinetischen Processes zeigt, aus einander eng genäherten, stäbchenförmigen Segmenten, die ihrerseits aus einer nicht grossen Anzahl reihenweise gelagerter Körner zusammengesetzt sind. Diese Segmente werden vollständig gleichmässig gefärbt und nur in der Nähe ihrer dünnen Enden nehmen sie eine etwas schwächere Tingirung an.

In den weiteren Stadien des Auseinandergehens nähern sich die Segmente einander so sehr, dass sie nicht mehr zu unterscheiden sind; möglicherweise findet hierbei gleichfalls ein Zusammenfliessen derselben statt. Wenigstens empfängt man diesen Eindruck bei der Beobachtung der Kernplattenhälften während dieser Zeit im Längsdurchschnitt der Zelle (Fig. 36 und 37).

An den einander zugekehrten Seiten haben die Kernplattenhälften in den beschriebenen Stadien ziemlich bedeutende Auswüchse, mit welchen die zwischen den Hälften befindlichen, jetzt stark verlängerten färbbaren Fäden verbunden sind.

Dieses Aussehen behalten die Kernplattenhälften nicht nur in den Endstadien des Auseinandergehens, sondern sogar noch in der ersten Zeit nach der Beendigung desselben, wenn um jede Hälfte eine helle Umrandung erscheint und diese letztere, immer deutlicher werdend, sich an der Peripherie mit der Kernmembran bedeckt. Mit diesem Moment beginnt der Rückkehrprocess der Bildung der Tochterkerne, welcher dem entsprechenden Vorgang bei Spirogyra subaequa ausserordentlich ähnlich ist. Bei Spirogyra jugalis runden sich anfänglich, ebenso wie bei Sp. subaequa, die Kernplattenhälften etwas ab, welche mit der Kernmembran vom Moment ihrer Erscheinung an durch färbbare feine Fädchen verbunden sind. Indem sie hierauf im Zellkern aus einander gehen, bilden sie eine Art knäuelförmiges Netzgerüst. Dieses Netzgerüst, wie es in Fig. 39 dargestellt ist, hat bisweilen einen ausserordentlich regelmässigen Bau. Späterhin zieht sich das knäuelförmige Netzgerüst jeder der Tochterkerne nach dem Centrum des Zellkernes zusammen und infolge des Zusammenfliessens

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05159-0120-7

der dasselbe darstellenden Fäden verwandelt es sich in eine homogene Masse. Auf diese Weise entsteht ein Klumpen, welcher an der Kernmembran vermittelst zahlreicher färbbarer Fäden aufgehängt ist (Fig. 40). Hierauf beginnen auch diese Fäden in den centralen Klumpen hineinzuziehen und verschwinden allmählich gänzlich (Fig. 41 und 42). Indem sich solch ein Klumpen abrundet und mit einer Kernmembran umkleidet, verwandelt er sich in das Kernkörperchen des Tochterkernes, wobei sich seine Färbungsfähigkeit ganz bedeutend erhöht (Fig. 42).

Wie aus den oben ausgeführten Ergebnissen ersehen werden kann, besteht der ganze Unterschied in den karyokinetischen Erscheinungen zwischen Spirogyra jugalis einerseits und Spirogyra subaequa und aller Wahrscheinlichkeit nach auch der dritten, unbestimmt gebliebenen Species andererseits, nur in unwesentlichen Einzelheiten, durch welche die für alle diese Arten vorhandene Aehnlichkeit im allgemeinen Verlaufe des karyokinetischen Processes nicht im geringsten beeinträchtigt wird. Wenn auch bei Spirogyra subaequa das Kernkörperchen nicht gänzlich im Zellkern in Form von körnigen, färbbaren Fäden auseinandergeht, so beobachtet man doch bei dieser Species Stadien, welche völlig dem Anfang eines solchen Processes bei Spirogyra jugalis entsprechen. Bei Spirogyra subaequa ist das Kernkörperchen einer Structurveränderung an Ort und Stelle unterworfen und nur ein Theil der in seine Zusammensetzung eintretenden Substanz sondert sich ab in Form von austretenden Fäden, aber dann vereinigt er sich wieder mit der Masse des Kernkörperchens, welches sich in die Kernplatte umwandelt. Bei Spirogyra jugalis geht die ganze Masse des Kernkörperchens in der Kernhöhle in Fadenform aus einander, aber nachher sammelt sie sich wieder zu einer mehr oder weniger compacten Masse an der Stelle des früheren Kernkörperchens, um hier den Anfang zur Kernplatte zu machen. In dem einen, wie in dem andern Falle zeigt sich die zur Bildung der Kernplatte schreitende Substanz als aus zwei verschiedenen Stoffen bestehend: aus Chromatin, das sich in Form länglicher oder rundlicher Körner darstellt, die durch Safranin lebhaft roth gefärbt werden und deren jedes um sich herum eine helle Umrandung hat, — und aus einem zweiten Stoff, möglicherweise Linin, welches durch Safranin eine hellrosa Färbung erhält. Diese beiden Stoffe unterscheiden sich deutlich in der Kernplatte, welche bei allen untersuchten Species

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05159-0121-3

den gleichen typischen Aufbau besitzt. Bei der Theilung der Kernplatte gehen diese Stoffe in die Kernplattenhälften über und vermittelst dieser letzteren (welche während der ganzen Trennungsperiode und sogar noch nach der Beendigung derselben bei Spirogyra subaequa deutlich von einander unterscheidbar bleiben, während dies bei Spirogyra jugalis nur in den ersten Stadien der Trennung der Fall ist) in die Tochterkerne, wo sie zum Aufbau ihrer Kernkörperchen verwendet werden.

Das Stadium der Bildung der Tochterkernkörperchen ist bei Spirogyra subaequa und Sp. jugalis ausserordentlich ähnlich und stellt gewissermaassen ein umgekehrtes Bild derjenigen Veränderungen dar, welche vor der Kernplattenbildung beobachtet werden.

Wenn also die einzelnen Stadien des karyokinetischen Processes bei den untersuchten Species unter sich auch ein wenig verschieden sind, so ist doch im Wesentlichsten die Rolle des Kernkörperchens bei ihnen eine und dieselbe und führt dahin, dass das Kernkörperchen, welches im gegeben Falle als die Concentration der färbbaren Substanzen des Zellkerns erscheint, nicht verschwindet, wie bei den höheren Pflanzen, sondern, indem es gewisse Veränderungen erfährt, unmittelbaren Antheil an der Kernplattenbildung nimmt.

Eine Bestätigung meiner Beobachtungen, bezüglich der Theilnahme des Kernkörperchens im karyokinetischen Processe von Spirogyra könnte durch mikrochemische Untersuchungen ergeben werden, wenn dieselben auf den Zellkern dieser Pflanze sowohl im ruhenden, als auch im Theilungszustande angewendet werden. Eine solche Untersuchung soll den Gegenstand meiner weiteren Arbeiten darstellen. Im gegenwärtigen Augenblicke halte ich es nicht für möglich, mich ohne Bestätigung auf die mikrochemischen Ergebnisse Meunier's zu verlassen, obgleich sie zu Gunsten unserer Beobachtungen sprechen, weil andererseits ausser diesen noch die gänzlich entgegengesetzten mikrochemischen Ergebnisse von Zacharias in Betracht kommen.

Was die achromatischen Theile der karyokinetischen Figuren anbetrifft, so kann man, obgleich Spirogyra subaequa in dieser Beziehung von mir nicht so ausführlich untersucht wurde, als Spirogyra jugalis, nichtsdestoweniger auf Grund der erhaltenen Ergebnisse annehmen, dass die Entstehung der achromatischen Fäden ausserhalb des Zellkerns bei beiden Species ungefähr zur Zeit der Desorganisation des Kernkörperchens und des beginnenden Auseinandergehens seiner Substanzen im Zellkerne stattfindet; während die Erscheinung der-

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05159-0122-9

selben im Innern des Zellkernes zusammenfällt mit der Retrozusammenziehung der färbbaren Masse, was mit der Kernplattenbildung endet. Die innerhalb des Zellkerns befindlichen achromatischen Fäden setzen sich bei beiden Species, ohne die Kernmembran zu durchdringen, in das Fasergewebe der Decken an den Polen fort, wo sie auch endigen. Ausserdem liessen uns unsere Beobachtungen bezüglich Spiragyra jugalis zu dem Schlusse kommen, dass die innerhalb des Zellkerns befindlichen achromatischen Fäden unzweifelhaft bei dieser Species cytoplasmatischer Herkunft sind und dass ihr allmähliches Eindringen in den Zellkern von Seiten der Poldecken sich in Verbindung mit dem Ansammlungsprocess der färbbaren Fäden an seiner Aequatorialzone vollzieht. Dasselbe wird man augenscheinlich auch für Spirogyra subaequa annehmen müssen; wenigstens widerspricht alles das, was wir bezüglich der achromatischen Fäden bei dieser Species zu beobachten Gelegenheit hatten, in keiner Weise einer solchen Voraussetzung.

Die karyokinetischen Erscheinungen bei den von mir untersuchten Spirogyraarten sind also im Allgemeinen fast ganz analog unter sich und weichen nur in Einzelheiten von einander ab. Bezüglich der Kernspindelfasern bestätigen meine Beobachtungen die Ansichten Strasburger's und Tangl's, obgleich sie nicht absolut mit den Beobachtungen der genannten Forscher übereinstimmen. Jedoch schliessen sich die von mir erhaltenen Ergebnisse bezüglich der chromatischen Theile der karyokinetischen Figuren und hinsichtlich des Schicksals des Kernkörperchens den Beobachtungen derjenigen Forscher an, welche dem Kernkörperchen bei Spirogyra eine besondere, dem Kernkörperchen der höheren Pflanzen nicht entsprechende Bedeutung zuschreiben und seine Mitwirkung an der Kernplattenbildung zugeben. Gegen eine solche Ansicht hat sich allein Zacharias entschieden ausgesprochen und auch Strasburger in seiner letzten Arbeit über Spirogyra. Alle andern Forscher theilen mehr oder weniger die erstere Ansicht.

Aber ungeachtet dessen, dass die Resultate der Mehrzahl der Autoren in dieser Beziehung einander ähnlich sind, so unterscheiden sich doch die von ihnen gemachten Beobachtungen scharf von einander. Ohne auf Einzelheiten einzugehen, genügt es, als Beispiel auf die Beobachtungen Tangl's und Moll's hinzuweisen, welche beide die Theilnahme des Kernkörperchens an der Kernplattenbildung zugeben, aber zugleich die entsprechenden Stadien auf ganz verschiedene Weise beschreiben.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05159-0123-5

Bei der Zusammenstellung mit den Ergebnissen anderer Forscher erweisen sich auch die Resultate meiner Beobachtungen als fast ganz isolirt dastehend. Wenn man dieselben mit den Resultaten der andern Autoren vergleicht, so ist leicht zu ersehen, dass darin Abweichungen fast in allen Stadien des karyokinetischen Processes vorhanden sind, das Stadium der Kernplatte, welch letzteres bei Spirogyra einen so eigenartigen, scharf ausgeprägten Charakter trägt, nicht ausgeschlossen.

Es ist schwer, den Grund solcher sonderbarer Meinungsverschiendenheiten zu erklären, so lange die Ausarbeitung der vorliegenden Frage nicht beendigt ist. Es ist möglich, dass in einigen Fällen die individuelle Eigenartigkeit beim karyokinetischen Process der Gattung Spirogyra Einfluss auf die verschiedenen Ansichten gehabt hat, wie man einige Abweichungen schon jetzt als völlig festgestellt annehmen kann. Hierzu gehören z. B. die Unterschiede in den Formveränderungen des Zellkerns bei einzelnen Species von Spirogyra im Anfange des karyokinetischen Processes, ferner der verschiedene Zeitpunkt des Verschwindens der Kernmembran u. a. m.

Schwerlich aber können ernstliche Schwankungen in Betracht kommen, wenn man die Fundamentalfragen der Karyokinese bei Spirogyra im Auge hat, wie z. B. die Frage über das Schicksal des Kernkörperchens, oder die Frage über die eine oder die andere Entstehungsart der Kernspindelfasern. Viel wahrscheinlicher ist es, dass die Meinungsverschiedenheiten der Autoren im gegebenen Falle durch die Schwierigkeiten der Untersuchungen selbst und die sehr leicht eintretende Möglichkeit hervorgerufen werden, das eine oder das andere besonders wichtige Stadium zu übersehen. Die Litteratur-Angaben unterstützen augenscheinlich eine solche Vermuthung.

Diejenigen Stadien, deren genau verfolgende Untersuchung zur Beantwortung dieser Fragen dienen könnte, nämlich das Anfangsstadium des karyokinetischen Processes bis zur Kernplattenbildung, und dann das Endstadium, d. h. die Bildung der Tochterkerne, erweisen sich thatsächlich in fast allen Untersuchungen als noch nicht genügend aufgeklärt.

Durch diese noch nicht genügend ausgefüllten Lücken erklärt sich auch die zur Zeit noch herrschende Verschiedenheit der Ansichten am allernatürlichsten und deshalb sollte das Bestreben der Forscher vor Allem darauf gerichtet werden, diese Lücken auszufüllen.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05159-0124-1

Erklärung der Abbildungen:

Alle hier beigegebenen Zeichnungen sind durch das Mikroskop Reichert und lie Zeichenkammer mit dem Zeiss'schen Ocular No. 6 angefertigt.

Fig. 38 und 42 sind vermittelst Objectiv No. 6, alle übrigen bei Anwendung les homogenen Immersionssytems Reichert ($^1/_{12}$", Apert. 1.30) angefertigt.

Fig. 1—22.

Spirogyra subaequa.

Fig. 1. Zellkern im Ruhezustand.

Fig. 2. Der etwas der Länge der Zelle nach ausgestreckte Zellkern im Anfang des karyokinetischen Processes.

Fig. 3. Der in die Länge gestreckte und sich abzurunden beginnende Zellkern mit dem sich deformirenden Kernkörperchen. Die Auswüchse des Kernkörperchens gehen in färbbare Fäden über, welche die Peripherie des Zellkerns erreichen. In den Plasmaanhäufungen an den Polseiten des Zellkerns sind die achromatischen Fäden deutlich wahrnehmbar, welche parallel zur Längsaxe der Zelle gerichtet sind.

Fig. 4. An Stelle des Kernkörperchens befindet sich die centrale färbbare Masse, mit noch nicht vollständig eingezogenen Auswüchsen; in der centralen Masse lässt sich die Differenzirung in intensiv färbbare Körner und schwach färbbare Grundmasse erkennen. Zu beiden Seiten der färbbaren centralen Masse sind die Kernspindelfasern sichtbar, welche die Fortsetzung der ausserhalb des Zellkerns befindlichen achromatischen Fäden darstellen.

Fig. 5. Die Auswüchse der centralen färbbaren Masse sind fast gänzlich verschwunden. Die intensiv färbbare Substanz erscheint als längliche Körner oder Stäbchen, welche mit heller Umrandung umgeben sind.

Fig. 6. Die färbbare centrale Masse hat im Längsdurchschnitt der Zelle eine viereckige Form angenommen. Die Kernwandung ist an den Polen des Zellkerns kaum mehr wahrnehmbar.

Fig. 7. Die Kernplatte hat in diesem Stadium im Längsdurchschnitt der Zelle eine länglichovale Form, deren Längsaxe quer in der Zelle gelagert ist. Die intensiv färbbaren Körner mit hellen Umrandungen, oder die Chromosome, sind in einer Reihe gelagert, die in der Mitte der Kernplatte und senkrecht zur Längsaxe der Zelle verläuft. Die schwach färbbare Grundsubstanz der Kernplatte ist durch die Chromosomreihe in zwei symmetrische Hälften getheilt. Die Kernwandung ist verschwunden.

Fig. 8. u. 9. Die Kernplatte hat die Form eines Rechtecks, dessen gezähnte Längsseiten den Polen des Zellkerns zugekehrt sind, während die kurzen Seiten in der Längsrichtung der Zelle liegen. Die schwach färbbare Substanz besteht aus Bögen, deren Seiten auf den Umrandungen der Chromosome endigen und deren Einbiegungen den Polen des Zellkerns zugekehrt sind. Die Zähnung der Polseiten der Kernmembran wird durch die Einbiegungen der Bögen aus der schwach färbbaren Substanz verursacht. Mit den Zähnen der Kernplatte sind zu beiden Seiten die achromatischen Fäden vereinigt.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05159-0125-7

Fig. 10. Die Kernplatte, von der Fläche aus gesehen. Alle Chromosome liegen in einer Ebene, jedes von ihnen ist von einer hellen Umrandung umgeben. Der Hintergrund der Kernplatte hat durch die schwach färbbare Substanz eine hellrothe Färbung erhalten.

Fig. 11. Spaltungsstadium der Chromosome. Die Chromosome sind in zwei Reihen gelagert. Die Bögen befinden sich bei jeder Chromsomreihe nur auf einer Seite; nämlich auf der Seite des entsprechenden Poles.

Fig. 12. Anfangsstadium des Auseinandergehens der Kernplattenhälften.

Fig. 13. Ansicht der Kernplattenhälften in demselben Stadium von der Fläche aus. Die Seiten der Netzmaschen sind aus der schwach färbbaren Substanz gebildet; die Chromosome lagern in den Knotenpunkten des Netzes.

Fig. 14 u. 15. Weiteres Stadium der Trennung der Kernplattenhälften. Die Kernplattenhälften verkleinern sich etwas im Diameter und biegen sich ein. Der Unterschied zwischen intensiv und schwach färbbarer Substanz ist nicht verschwunden. Von einer Kernplattenhälfte zur andern laufen feine, schwach färbbare Fädchen, welche die Hälften mit einander verbinden.

Fig. 16. Eine Kernplattenhälfte in dem der Fig. 15 entsprechenden Stadium, von der Fläche aus gesehen.

Fig. 17a u. b. Tochterkern im Längs- und Querdurchschnitt der Zelle. Der färbbare Theil des Zellkerns hat die Form eines Knäuels, welcher ebenso wie die Kernplattenhälften aus Fäden von schwach färbbarer Substanz besteht und intensiv färbbare Körner enthält. Der Knäuel ist durch feine färbbare Fäden mit der Kernmembran verbunden.

Fig. 18. Die intensiv färbbaren Körner sind im Knäuel des Tochterkernes in krummen Reihen gelagert.

Fig. 19. Der Knäuel zog sich zum Centrum des Zellkerns zusammen und fliesst in einen länglichen Körper von unregelmässiger Form zusammen, welcher an der Kernwandung vermittelst färbbarer Fäden aufgehängt ist.

Fig. 20. Die Zahl der färbbaren Fäden, welche von dem centralen Körper nach der Kernwandung laufen, hat sich etwas verringert.

Fig. 21. Die färbbaren Fäden, welche in den vorhergehenden Stadien bemerkbar waren, sind gänzlich verschwunden; der färbbare Körper im Centrum des Zellkerns hat aber noch seine unregelmässig-längliche Form.

Fig. 22. Der färbbare Körper hat sich abgerundet und das Aussehen des Kernkörperchens erhalten. Die Formirung desselben ist noch nicht völlig beendet, was durch die Anwesenheit von schwach färbbaren Vorsprüngen gezeigt wird. Ausserdem hat das Kernkörperchen keine Kernmembran.

Fig. 23—42.

Spirogyra jugalis.

Fig. 23. Ruhender Zellkern.

Fig. 24. Etwas abgerundeter Zellkern mit deformirtem und locker gewordenem Kernkörperchen. Bei den vier am Fusspunkte verbreiterten Strängen ist eine deutliche Streifung zu bemerken.

Fig. 25. Die Fusspunkte der Stränge, an welchen der Zellkern hängt, sind an den Polseiten des Zellkerns zusammengeflossen. Das Kernkörperchen

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05159-0126-3

hat das Aussehen eines Complexes von intensiv färbbaren Körnern, welche in der schwach färbbaren Zwischensubstanz eingelagert sind Die Fäden des schwach entwickelten und nicht färbbaren Netzgerüstes des Zellkerns sind mit den Auswüchsen des locker gewordenen Kernkörperchens verbunden.

Fig. 26. Die achromatischen Fäden der plasmatischen Anhäufungen an den Polen gehen noch in die entsprechenden Stränge, an denen der Zellkern hängt, über. In der Kernhöhle laufen die körnigen, färbbaren Fäden nach allen Richtungen aus einander. In der Nähe des Kernkörperchens verdicken sie sich und gehen unmittelbar in seine Masse über.

Fig. 27. Die achromatischen Fäden ausserhalb des Zellkerns gleichen sich in ihrer Länge aus und lagern sich parallel zu einander. Der Umfang des Kernkörperchens nimmt ab infolge des Auseinandergehens seiner Masse im Zellkern in Gestalt von körnigen färbbaren Fäden.

Fig. 28. Der Zellkern nur mit färbbaren Fäden, ohne Kernkörperchen. Die faserigen Poldecken haben dasselbe Aussehen, als wie im Stadium der Fig. 27.

Fig. 29 u. 30. Stadium der Zusammenziehung der färbbaren Fäden zur Aequatorialzone des Zellkerns und des Eintritts der achromatischen Fäden in die Höhlung desselben von der Seite der faserigen plasmatischen Anhäufungen an den Polen her. Die von der Membran des Zellkerns zurücktretenden färbbaren Fäden und die in seine Höhlung eintretenden achromatischen Fäden verbinden sich mit einander.[1])

Fig. 31. Das Stadium der Kernplatte im Längsdurchschnitt der Zelle. Die Chromosome in Gestalt von intensiv färbbaren Körnern mit heller Umrandung sind in einer Reihe gelagert, die in der Mitte der Kernplatte liegt, senkrecht zur Längsaxe der Zelle. Die schwach färbbare Substanz der Kernplatte, zu beiden Seiten der Chromosomreihe gelagert, besteht aus feinen, körnigen Fäden, die in der Längsrichtung der Zelle liegen und sich mit den achromatischen Fäden verbinden. Von den faserigen Decken an den Polen sind kaum wahrnehmbare Spuren übrig geblieben. Im untern Theile der Zeichnung sind noch die achromatischen Fäden bemerkbar, doch besitzen dieselben eine höchst unbedeutende Länge.

Fig. 32. Die Kernplatte von der Fläche aus. Von dem Hintergrunde der schwach färbbaren Substanz treten deutlich die intensiv färbbaren Chromosome hervor. Die Chromosome sind einander paarweise genähert und jedes von ihnen ist mit einer hellen Umrandung umgeben.

Fig. 33. Stadium des Auseinandergehens der Kernplattenhälften. Die Chromosome jeder Hälfte der Kernplatte haben sich in kleine Körner zertheilt, welche in den Fäden der schwach färbbaren Substanz vertheilt sind. Die Kernwandung ist verschwunden.

---

1) Damit der Contrast zwischen achromatischen und färbbaren Fäden deutlicher hervortrete, sind diese beiden Zeichnungen nach stark gefärbten Präparaten angefertigt. Die folgenden beiden Zeichnungen, d. h. Nr. 31 und 32, sind im Gegentheile nach stark entfärbten Präparaten angefertigt, da bei intensiver Färbung der Unterschied zwischen der Farbe der Cromosome und der schwach färbbaren Substanz weniger deutlich wahrnehmbar ist.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05159-0127-8

Fig. 34. Weiteres Trennungsstadium der Kernplattenhälften. Der Unterschied zwischen intensiv und schwach färbbarer Substanz ist nicht mehr wahrnehmbar. Die Segmente haben die Gestalt von Stäbchen, welche aus in einer Reihe gelagerten Körnern bestehen. Von einer Kernplattenhälfte zur andern laufen schwach färbbare feine Fädchen.

Fig. 35. Eine Kernplattenhälfte in demselben Stadium von der Fläche aus gesehen.

Fig. 36 u. 37. Die Kernplattenhälften vor der Beendigung des Trennungsprocesses. Es ist nicht mehr möglich, die einzelnen Segmente zu unterscheiden; sie sind augenscheinlich in einander zusammengeflossen.

Fig. 38. Um jede Kernplattenhälfte hat sich eine Kernmembran gebildet. Die Auswüchse der Kernplattenhälften gehen in Fäden über, welche die Kernmembran erreichen.

Fig. 39. Der färbbare Theil des Tochterkernes, der aus der locker gewordenen Kernplattenhälfte entstanden ist, und die Enden der Auswüchse, welche vorher hauptsächlich nach den Polen zu gerichtet waren, gehen jetzt gleichmässig nach allen Punkten der Peripherie des Zellkerns hin. Der auf diese Weise gebildete färbbare Knäuel hat eine höchst regelmässige Struktur.

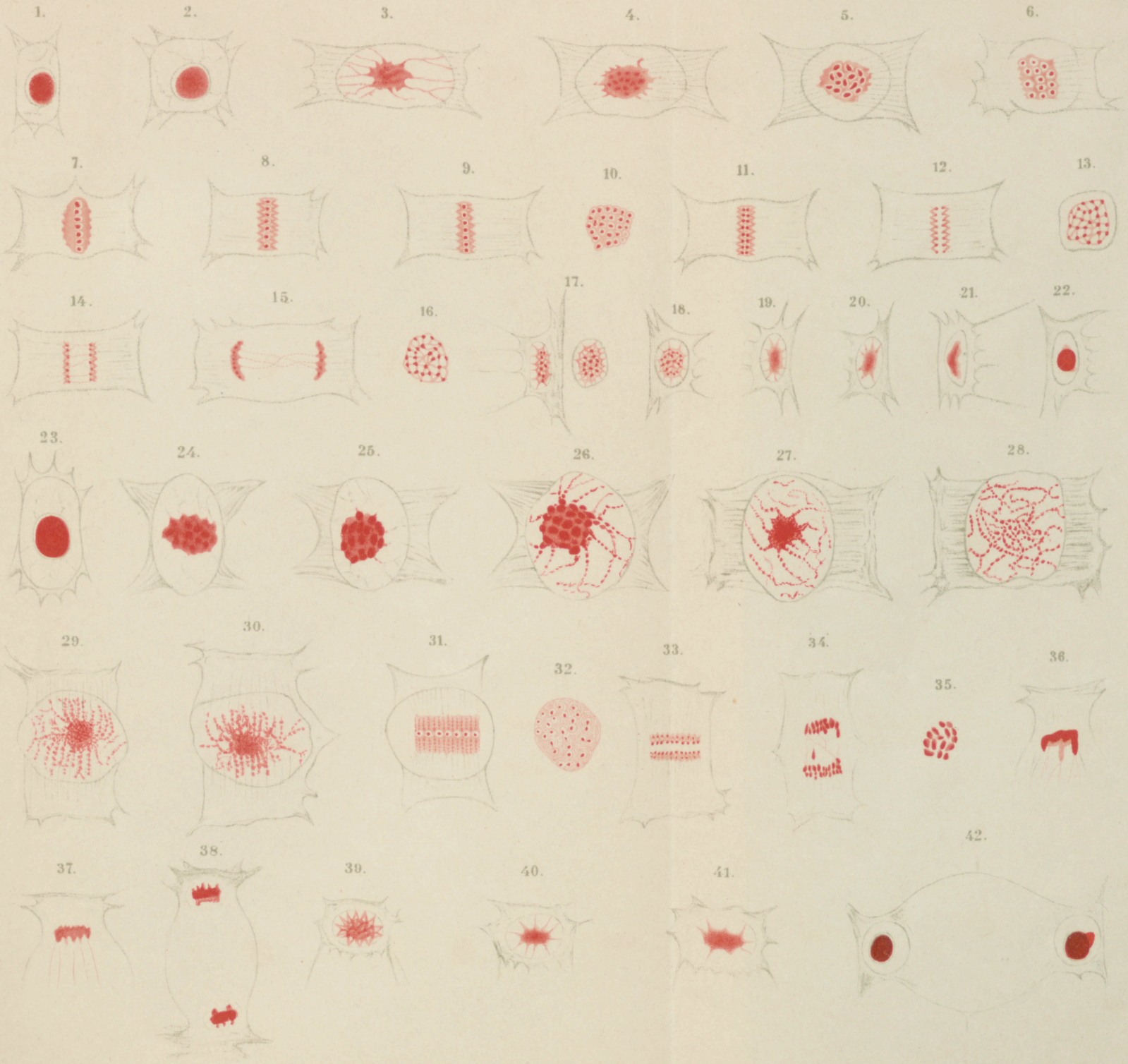
Fig. 40. Aus den zusammengeflossenen Fäden des Knäuels bildete sich im Centrum des Zellkerns ein unregelmässiger Klumpen mit gleichsam ausgezogenen Vorsprüngen. Diese Vorsprünge des Klumpens setzen sich in Form von färbbaren Fäden fort, die bis zur Peripherie des Zellkerns reichen.

Fig. 41. Die Anzahl der den Klumpen mit der Kernmembran verbindenden Fäden verringerte sich.

Fig. 42. Der linke Theil der Zeichnung zeigt den Zellkern mit völlig entwickeltem Kernkörperchen, auf dem rechten Theil der Zeichnung ist noch ein Auswuchs am Kernkörperchen zu sehen.

Anmerkung: Aus Unachtsamkeit des Zeichners sind in Fig. 12 und 33 die feinen färbbaren Fäden, welche die auseinandergehenden Kernplattenhälften mit einander verbinden, nicht dargestellt; bei Fig. 38 sind nicht alle färbbaren Fäden bis zur Peripherie des Zellkerns geführt.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05159-0128-4



Лит. В. Глувчевскій въ Варшавѣ

Universitätsbibliothek Regensburg

urn:nbn:de:bvb:355-ubr05159-0508-5

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Flora oder Allgemeine Botanische Zeitung

Jahr/Year: 1898

Band/Volume: 85

Autor(en)/Author(s): Mitzkewitsch L.

Artikel/Article: Ueber die Kerntheilung bei Spirogyra. 81-124