Ueber Kerntheilung bei Spirogyra.

Dritter Beitrag zur Kenntniss der Karyokinese

von

C. van Wisselingh.

Hierzu Tafel XV.

Im December 1898 erschien in der botanischen Zeitung meine Arbeit über den Nucleolus von *Spirogyra*. Bei der Untersuchung dieses Körpers wurde eine neue Methode befolgt, nämlich Behandlung von fixirtem Material mit einer starken Chromsäurelösung. Diese Methode fand später ihre Anwendung, als ich bei *Fritillaria* und *Leucojum* die Karyokinese im Embryosack und Nucellargewebe studirte.[1]). Sie wurde damals einer sorgfältigen Controlle unterworfen.[2]) Abermals gelangte ich dabei zur Ueberzeugung, dass nebst den üblichen Untersuchungsmethoden, bei welchen Fixiren, Färben und das Mikrotom ihre Anwendung finden, auch diejenigen, bei welchen allmähliche Auflösung eine Hauptrolle spielt, angewandt zu werden verdienen.[3])

Die von mir bei *Spirogyra crassa* erhaltenen Resultate waren sehr im Streit mit den Ansichten einiger Untersucher und zu einem grossen Theil waren sie neu. Auf manche Frage gaben sie eine Antwort, aber auch neue Fragen wurden aufgeworfen. Deswegen hoffte ich, meine karyokinetischen Untersuchungen bei *Spirogyra* später fortsetzen zu können, wozu ich im Stande war, als ich im November 1898 in einem Graben bei Steenwijk zwischen dem Städtchen und dem Bahnhofe zwei Arten der Gattung *Spirogyra* fand, die sich für eine Untersuchung geeignet zeigten. Bei beiden habe ich die Karyokinese studirt.

Ich halte es nicht für nothwendig, hier die Resultate zu erwähnen, zu welchen verschiedene Untersucher hinsichtlich der Karyokinese bei *Spirogyra* gekommen sind. Es genügt, dass ich auf meine Abhandlung über den Nucleolus von *Spirogyra* verweise. Die Resultate von Strasburger, Macfarlane, Flemming, Tangl, Zacharias, Meunier, Behrens, Degagny, Moll

---

1) Ueber das Kerngerüst. Botan. Ztg. 57. Jahrg. 1899, II. Abth. pag. 155.
2) l. c. pag. 156 u. 157.
3) l. c. pag. 155 u. 156.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05156-0359-7

und Mitzkewitsch finden in oben genannter Arbeit Erwähnung.[1] Die des letztgenannten Untersuchers werden in einer Nachschrift besprochen.[2] Meine eigenen Resultate sind in 24 Sätze zusammengefasst.[3]

Hinsichtlich meiner Untersuchungsmethode bemerke ich, dass ich jetzt die Kerne mit einer 40proc. Chromsäurelösung behandelte. Weil die Kerne der jetzt untersuchten Spirogyren etwas kleiner und zarter sind als die von *Spirogyra crassa*, gab ich einer 40proc. Lösung den Vorzug über eine 50proc., wie sie früher gewöhnlich von mir angewandt wurde.[4] Als Fixirmittel benutzte ich wieder das Flemming'sche Gemisch[5] und als Farbmittel wieder eine mit Essigsäure angesäuerte Lösung von Brillantblau extra grünlich.[6] Diese Lösung wurde hinzugefügt, wenn die Chromsäure hinreichend auf die Kerne eingewirkt hatte und darauf durch Wasser entfernt war.

Material.

Nachdem ich mehrere systematische Werke[7] nachgeschlagen hatte, gelangte ich zum Resultate, dass eine der zwei von mir untersuchten *Spirogyren* grosse Uebereinstimmung zeigte mit der Art, die man *Spirogyra setiformis (Roth.) Kg.* genannt hatte. Ich werde dieselbe desshalb *setiformis* nennen. Was die andere Art angeht, bemerke ich, dass in den citirten Werken keine *Spirogyra* beschrieben ist, welche mit der von mir untersuchten übereinstimmt. Ich muss ihr desshalb einen neuen Namen geben und weil ich fand, dass die Karyokinese auf dreierlei Weise stattfinden kann, werde ich sie *Spirogyra triformis* nennen.

Der eigentlichen Untersuchung will ich eine kurze Beschreibung der zwei untersuchten Arten vorhergehen lassen.

Spirogyra triformis n. sp.

Die Fäden sind hellgrün. Ihre Dicke beträgt 105—135 μ. Bei den Querwänden und zwischen denselben sind sie gleich dick. Die

1) Ueber den Nucleolus von Spirogyra, pag. 195 u. ff.

2) l. c. pag. 225.

3) l. c. pag. 220 u. ff.

4) l. c. pag. 199.

5) l. c.

6) l. c.

7) De Toni, Sylloge Algarum, 1889. — M. C. Cooke, Introduction to fresh-water Algae, 1890. — M. C. Cooke, British Fresh-water Algae, 1882—1884. — Wolle, Fresh-water Algae of the united states, 1887. — Rabenhorst, Kryptogamen-Flora, 1863. — Kützing, Species Algarum, 1849. — Kützing, Tabulae Phycologicae, V. Band, 1855.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05156-0360-8

Länge der Zellen ist sehr verschieden; bei den von mir gemessenen Zellen wechselte sie ab von 45—260 μ. Die Zellwand ist dünn. Die Chlorophyllbänder sind hellgrün. Ihre Anzahl beträgt etwa 10. Sie bilden weite Spiralen. Mit der Zellachse machen sie einen Winkel von ungefähr 45°. Die Pyrenoiden sind nicht sehr entwickelt. Der Zellkern ist leicht wahrzunehmen. Derselbe ist platt und enthält einen oder zwei Nucleolen. Die Zellen der Zygosporen sind nicht gedunsen. Die Zygosporen selbst sind oval und haben stumpfe Spitzen. Sie sind 80—120 μ dick und 120—180 μ lang. Ihre Membran ist glatt.

Nicht allein, was die Dicke der Fäden anbetrifft, sondern auch noch in anderen Hinsichten zeigt die hellgrüne Art Verschiedenheiten. Die Farbe der Fäden ist bisweilen etwas dunkler und die Kerne können dicker sein; wie bei *Spirogyra crassa* ist die Karyokinese sehr verschieden. Die Verschiedenheiten kamen mir jedoch nicht wichtig genug vor, um die Fäden zu mehr als einer Species zu rechnen.

Spirogyra triformis steht der *Spirogyra polytaeniata* von Strasburger[1]) sehr nahe, unterscheidet sich aber von derselben durch die geringere Dicke der Fäden und durch die kleinere Zahl der Chlorophyllbänder.

Spirogyra setiformis (Roth.) Kg.

Die Fäden sind dunkelgrün; sie sind 116—128 μ dick; die Länge der Zellen beträgt meistens 80—120 μ; bisweilen kommen auch längere Zellen vor, u. a. von 200 μ. Die Zellwand ist ziemlich dick. Bei den Querwänden ragt sie ein wenig nach aussen hervor. Die Fäden sind da also etwas dicker. Die Chlorophyllbänder sind dunkelgrün und zeigen gewöhnlich in der Mitte einen Streifen. Ihre Anzahl beträgt vier oder fünf. Die Spiralen, welche sie bilden, sind einander sehr genähert. Der Winkel, den sie mit der Zellachse machen, ist viel grösser als bei *Spirogyra triformis*. Die Pyrenoiden sind mehr entwickelt als bei *Spirogyra triformis*. Der Zellkern ist im lebenden Faden kaum wahrnehmbar. Derselbe ist kugelförmig und enthält meist einen Nucleolus. Die Zellen der Zygosporen sind kaum gedunsen. Die Zygosporen selbst sind oval mit stumpfen Spitzen. Sie sind ungefähr 80—85 μ dick und 120 bis 160 μ lang. Ihre Membran ist glatt.

Zwischen den Fäden von *Spirogyra setiformis* kommen bisweilen solche vor, die heller grün und dünner sind (95—100 μ), längere Zellen mit weiteren Spiralen haben und bei denen der kugelförmige Kern

1) Ueber Kern- und Zelltheilung, pag. 3 u. ff.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05156-0361-3

leicht wahrzunehmen ist, übrigens jedoch die oben erwähnten Merkmale zeigen. Gewiss gehören diese Fäden zu derselben Species. In dieser Meinung wurde ich durch Beobachtungen bei den dunkelgrünen Fäden gestärkt. Wenn die letzteren sich unter weniger günstigen Umständen befunden haben, als Nahrungsmangel und geringe Beleuchtung, zeigen sie oft eine grosse Uebereinstimmung mit den dünneren in der Natur vorkommenden Fäden. Die Zellen sind länger (bis 700 zu 740 μ), die Spiralen weiter und die Fäden selbst etwas dünner geworden. Als ich derartige Fäden wieder unter günstige Umstände brachte, fanden viele Zelltheilungen statt und nach einigen Tagen hatten die Zellen mehr oder weniger wieder ihr natürliches Aussehen zurückerhalten.

Schliesslich muss ich noch bemerken, dass die Uebereinstimmung der von mir untersuchten *Spirogyra* mit *Spirogyra setiformis* der Autoren nicht vollkommen ist. So hat die von mir untersuchte *Spirogyra* eine Dicke von 95 bis 128 μ, während für *Spirogyra setiformis* 90 bis 112 μ angegeben wird. Es ist zu bedauern, dass in den systematischen Werken bezüglich des Geschlechts *Spirogyra* bisweilen wenig constanten Merkmalen, wie z. B. der Länge der Zellen, grosser Werth beigelegt wird, während viel mehr constante, wie die Form des Kernes und die Dicke der Zellwand, nicht erwähnt werden. Die genannten Werke sind, was *Spirogyra* anbetrifft, auch nicht immer vollkommen mit einander in Uebereinstimmung. Die Zygosporen von *Spirogyra setiformis* z. B. heissen bald kugelrund, bald elliptisch.

Der ruhende Kern.

Bei *Spirogyra triformis* ist der Kern platt. Seine Form ist auf dem Längsschnitte nicht immer dieselbe. Wie bei *Spirogyra crassa* [1]) kann man platte und weniger platte Kerne unterscheiden. Auf dem Querschnitte gesehen, sind die Kerne nicht rund, sondern mehr oder weniger unregelmässig. Bei *Spirogyra setiformis* sind die Kerne gewöhnlich kugelförmig und nie platt. Durch das Fixiren kann die Form mehr oder weniger modificirt werden. Bei *Spirogyra triformis* können demzufolge die Kerne platter werden und bei *Spirogyra setiformis* verlieren sie bisweilen mehr oder weniger ihre kugelförmige Gestalt.

Hinsichtlich der Kernwandung habe ich nichts Besonderes zu erwähnen. Das Kerngerüst stimmt im Bau überein mit dem von *Spiro-*

1) l. c. pag. 200.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05156-0362-9

gyra crassa[1]) und scheint hier gleichfalls aus kleinen Körnern zusammengesetzt, die durch feine Fäden mit einander verbunden sind.

Die Nucleolen sind, ebenso wie bei *Spirogyra crassa*[2]), in Ein- oder Zweizahl im Kerne vorhanden; nie finden wir sie in grösserer Zahl. Bei vielen Fäden von *Spirogyra triformis* fand ich, dass die Kerne gewöhnlich einen Nucleolus besassen; bei anderen Fäden dagegen kamen auch viele Kerne mit zwei Nucleolen vor. Oft traf ich Kerne mit Zwergnucleolen[3]) an, nämlich Kerne mit einem grossen und einem sehr kleinen Nucleolus. Bei einigen Fäden zeigen alle Kerne mit zwei Nucleolen diese Erscheinung; bei anderen Fäden dagegen kommen zwischen Kernen mit einem Nucleolus Kerne mit Nucleolen gleicher und sehr ungleicher Grösse vor. Bei *Spirogyra setiformis* fand ich sehr selten einen Kern mit zwei Nucleolen, aber fast immer Kerne mit einem Nucleolus. Bei *Spirogyra triformis* sind die Nucleolen, auf dem Querschnitte gesehen, rund; auf dem Längsschnitte zeigen sie sich abgeplattet. Sie liegen stets mehr oder weniger in der Mitte des Kernes. Dann und wann finden wir einen Nucleolus abweichender Form, den wir als zwei mehr oder weniger verwachsene Nucleolen betrachten können. Bei *Spirogyra setiformis* ist der Nucleolus gross und befindet sich in der Mitte des Kerns, nie an der Kernwandung.

Bei den Nucleolen können wir eine Wand und einen Inhalt unterscheiden. Der wichtigste Inhaltsbestandtheil ist ein Fadenwerk. Bei *Spirogyra triformis* besteht, ebenso wie bei *Spirogyra crassa*[4]), aller Wahrscheinlichkeit nach dieses Fadenwerk aus einem oder zwei Fäden, Nucleolusfäden. Weil diese Fäden beim ruhenden Kern lang, dünn und vielfach gewunden sind, ist ihre Anzahl schwer zu bestimmen, aber das Studium anderer Entwickelungszustände zeigt, dass in jedem Kern zwei Nucleolusfäden vorkommen, beide in einem Nucleolus zusammen oder jeder in einem Nucleolus. Zwischen den Windungen der Nucleolusfäden finden wir feine Verbindungen. Die beiden Nucleolusfäden stehen, wenn sie in einem Nucleolus vorkommen, auch durch derartige Verbindungen im Zusammenhang. Nach Einwirkung von Chromsäure und Färbung mit Brillantblau extra grünlich sind die feinen Verbindungen zu beobachten, zumal bei den Entwickelungszuständen, bei welchen die Nucleolusfäden nicht viele Windungen

1) l. c. pag. 200 u. 201.
2) l. c. pag. 201.
3) l. c. pag. 202.
4) l. c. pag. 202 u. 203.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05156-0363-5

zeigen. Auch bei *Spirogyra crassa* kommen feine Verbindungen zwischen den Nucleolusfäden vor, aber in meiner ersten Abhandlung über *Spirogyra* habe ich dieselben nicht erwähnt.

Bei *Spirogyra setiformis* liegen auch Gründe vor, um die Existenz zweier Nucleolusfäden im ruhenden Kern anzunehmen, aber wir sind darüber mehr in Ungewissheit als bei *Spirogyra triformis* und *Spirogyra crassa*, da wir auch Entwickelungszustände antreffen, bei welchen mehrere Fadenstücke zu beobachten sind. Feine Verbindungen kommen auch bei *Spirogyra setiformis* zwischen den Nucleolusfäden vor.

Ausser dem Fadenwerk finden wir im Nucleolus eine Substanz, die den übrigen Raum ganz oder theilweise auffüllt. Im letzteren Fall kommen Höhlen im Inhalt vor. Bei *Spirogyra triformis* habe ich diese bisweilen beobachtet.

Der oben stehenden Beschreibung gemäss, zeigt das Fadenwerk des Nucleolus von *Spirogyra* in seinem Bau Uebereinstimmung mit dem Kerngerüste beim Embryosackbeleg von *Fritillaria* und *Leucojum*, wenn dieses vom ruhenden Zustand ins Knäuelstadium oder vom Knäuelstadium wieder in den ruhenden Zustand übergeht.[1]) In beiden Fällen kann man reden von Fäden, die durch feine Fädchen verbunden sind. Es zeigt sich wieder daraus, dass der Nucleolus von *Spirogyra* viele Aehnlichkeit mit einem Nucleus hat.

Verschiedene Formen der Karyokinese.

In meiner Arbeit über den Nucleolus von *Spirogyra* habe ich darauf hingewiesen, dass wir bei *Spirogyra crassa* zwei sehr verschiedene Formen der Karyokinese unterscheiden müssen, nämlich Karyokinese mit Segmentbildung und Karyokinese ohne solche.[2]) Bei *Spirogyra triformis* fand ich diese beiden Formen wieder. Bei der Segmentbildung kommen jedoch bedeutende Verschiedenheiten vor. Bei *Spirogyra crassa* machte ich darauf aufmerksam, dass die Anzahl der Segmente bei einigen Kernen bisweilen von der normalen Zahl 12 abweicht.[3]) Bei *Spirogyra triformis* aber fand ich sehr viele Fäden, bei denen immer sechs Segmente auftreten. Sie waren von den Fäden, bei welchen die Zahl 12 constant war, im Uebrigen nicht zu unterscheiden. Bei beiden waren die Kerne gewöhnlich etwas dicker als bei den Fäden, die Karyokinese ohne Segmentbildung zeigten.

1) Ueber das Kerngerüst, l. c. pag. 163 u. 164 u. 170.
2) l. c. pag. 203 u. 204.
3) l. c. pag. 210.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05156-0364-1

Bei *Spirogyra setiformis* traf ich ausschliesslich Karyokinese ohne Segmentbildung an. Der Process weicht in einigen Punkten von den übereinstimmenden Processen bei *Spirogyra crassa* und *Spirogyra triformis* ab.

Wenn ich Karyokinese ohne Segmentbildung fand, hatten die ruhenden Kerne meistens nur einen Nucleolus. War die Karyokinese mit Segmentbildung verbunden, so zeigten viele ruhende Kerne auch zwei Nucleolen.

Bei *Spirogyra crassa*[1]) fand ich unter den Fäden, die Segmentbildung zeigten, auch solche die copulirten. Die Frage, ob bei *Spirogyra* erst Karyokinese ohne Segmentbildung stattfand und nachher Karyokinese mit Segmentbildung und Copulation, musste ich unbeantwortet lassen. Ich kann sie jetzt in verneinendem Sinn beantworten, denn bei den jetzt untersuchten Arten fand ich auch Copulation bei Fäden, bei welchen die Karyokinese ohne Segmentbildung verlief.

Die Form der Karyokinese scheint für die Kerne eines nämlichen Fadens vollkommen constant zu sein und falls es zu Segmentbildung kommt, auch die Zahl der Segmente. Nie fand ich beide Formen der Karyokinese in demselben *Spirogyra*faden bei einander und ebenso wenig konnte ich Bildung von 6 und 12 Segmenten je in einem Faden zusammen beobachten.

Karyokinese mit Segmentbildung bei Spirogyra triformis.

a) Formänderung des Kernes.

Die Formänderung, welche die Kerne während der Karyokinese zeigen, ist nicht immer vollkommen dieselbe. Die Dickenzunahme ist im einen Falle viel bedeutender als im andern. Beim Anfange der Metakinese haben die Kerne oft eine mehr oder weniger kugelförmige Gestalt; bisweilen haben sie sich mehr oder weniger in der Richtung der Pole gestreckt; in anderen Fällen ist die Dickenzunahme viel geringer und die Kerne haben ihre platte Form mehr oder weniger beibehalten. Derartige Verschiedenheiten fand ich sowohl bei Kernen mit sechs Segmenten als bei solchen mit zwölf.

b) Segmentbildung.

Wie bei *Spirogyra crassa*[2]) ist bei *Spirogyra triformis* die Bildung von perlschnurförmigen Fäden als der Anfang des Kern-

1) l. c. pag. 200.
2) l. c. pag. 205 u. ff.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05156-0365-7

theilungsprocesses zu betrachten. Nach Strasburger[1]) entstehen bei *Spirogyra polytaeniata* zwölf solche Fäden und bei *Spirogyra crassa* kam ich zum Resultate, dass zwölf als die normale Zahl betrachtet werden muss. Bei *Spirogyra triformis* gelangte ich jedoch, wie gesagt, zu einem etwas anderen Ergebniss. In sehr vielen Fällen konnte ich feststellen, dass sich nur sechs perlschnurförmige Fäden bildeten, während in anderen Fällen die doppelte Zahl, nämlich zwölf, zur Entwickelung kam. Bei *Spirogyra crassa* gelangte ich zum Resultate, dass zehn perlschnurförmige Fäden aus dem Kerngerüste entstanden und die zwei übrigen aus dem Nucleolus oder aus den beiden Nucleolen; die ersteren nannte ich deshalb Kern- oder Nucleusschnüre und die letzteren Nucleolusschnüre. Bei *Spirogyra triformis* kam ich wie bei *Spirogyra crassa* zum Resultate, dass stets zwei perlschnurförmige Fäden ihren Ursprung aus dem Nucleolus oder den beiden Nucleolen nahmen, während die übrigen sich aus dem Kerngerüste entwickelten. Bei *Spirogyra triformis* kommen die Nucleolusschnüre also in Zweizahl vor und die Kern- oder Nucleusschnüre sind vier oder zehn an der Zahl.

Die Entwickelung der perlschnurförmigen Fäden ist bei *Spirogyra triformis* und bei *Spirogyra crassa* sehr wenig verschieden. Deshalb werde ich hier den Process nicht ausführlich beschreiben. Wie bei *Spirogyra crassa* ist bei *Spirogyra triformis* ein Theil des Kerngerüstes nicht betheiligt bei der Bildung der Kernschnüre, sondern bildet feine Verbindungen zwischen denselben.

Hinsichtlich der Veränderungen, die der Nucleolus erfährt, bemerke ich, dass derselbe wie bei *Spirogyra crassa* oft eine abweichende Form erhält und eine oder mehrere hervorragende Spitzen bekommt. Die Nucleolusfäden verkürzen und verdicken sich. Nach Einwirkung von Chromsäure zeigt es sich, dass dieselben stets in Zweizahl in den Kernen vorkommen. Nach Färbung mit Brillantblau extra grünlich kann man deutlich feine Verbindungen zwischen den Nucleolusfäden beobachten. Weil die Kerne und alle ihre Theile etwas kleiner und zarter sind als bei *Spirogyra crassa*, konnte ich nicht wahrnehmen, ob die verdickten Nucleolusfäden mit inhaltserfüllten Schläuchen übereinstimmten. Das Austreten der Nucleolusschnüre findet jedoch auf dieselbe Weise statt wie bei *Spirogyra crassa*. Wenn man die Kerne mit Chromsäure behandelt, bekommt man vollkommen die nämlichen Bilder wie bei letztgenannter Species, wie aus den früher und jetzt

1) Ueber Kern- und Zelltheilung, pag. 8—11.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05156-0366-2

von mir verfertigten Figuren hervorgeht. Fig. 1 und 2 stellen Nucleus- und Nucleolusschnüre vor, mit Hilfe von Chromsäure isolirt. Die Nucleolusschnüre sind theilweise schon aus den Nucleolen gekommen. Während der Chromsäureeinwirkung zeigt es sich, dass der der Hülle entsprechende Theil länger Widerstand leistet als die perlschnurförmigen Fäden, während die Nucleoluswand sich früher löst. Fig. 3, 4 und 5 stellen ebenfalls Nucleus- und Nucleolusschnüre vor, aus Kernen mit sechs und zwölf Perlschnüren isolirt. Die Nucleolusschnüre stecken mit dem einen Ende noch in dem Reste der Hülle. Derselbe wird nach der Chromsäureeinwirkung, wie die Nucleolusfäden selbst, durch Brillantblau extra grünlich bald dunkelblau gefärbt und stärker als die perlschnurförmigen Fäden, so dass derselbe scharf hervortritt. In späteren karyokinetischen Zuständen zeigt es sich, dass auch der Rest der Hülle sich gelöst hat. Die perlschnurförmigen Fäden, die anfangs sehr lang sind, werden indessen immer kürzer, bis sie schliesslich nur einige Male länger als dick sind. Sie verlieren dabei ihr perlschnurartiges Aussehen und werden dann Segmente genannt. Während der Karyokinese löst die Nucleoluswand sich hier bald, indem bei *Spirogyra crassa* der leere Nucleolus oder Stücke der Wandung einige Zeit im Kerne wahrnehmbar bleiben um schliesslich auch im Kernplasma gelöst zu werden. Wie bei *Spirogyra crassa* wird auch bei *Spirogyra triformis* der Rest des Inhalts des Nucleolus bald im Kernplasma gelöst.

c) Die Kernplatte.

Aus dem Kerngerüste mit den sechs oder zwölf Segmenten entsteht im Kerne ein plattenförmiger Körper (Fig. 6), die Kernplatte oder Aequatorialplatte, der mit der Aequatorialebene des Kernes zusammenfällt. Die mehr oder weniger gebogenen Segmente liegen in der Kernplatte in geringer Entfernung von einander und sind durch den Rest des Kerngerüstes mit einander verbunden. Ihre gegenseitige Lage ist bei verschiedenen Kernplatten sehr ungleich. Viele Details, die man bei Behandlung mit Chromsäure beobachtet und die früher schon für *Spirogyra crassa* [1]) von mir beschrieben sind, übergehe ich mit Stillschweigen. Ich beschränke mich hier, auf eine Verschiedenheit zu weisen. Bei *Spirogyra crassa* konnte ich die Nucleus- und Nucleolussegmente leicht von einander unterscheiden. Aus dem einen Ende der Nucleolussegmente konnte ich nämlich bei *Spirogyra crassa* ein dünnes und kurzes, fadenförmiges Körperchen isoliren. Dieses

1) l. c. pag. 209.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05156-0367-8

Ende war bisweilen verdünnt und während der Chromsäureeinwirkung wurde es stärker lichtbrechend. In sehr vielen Fällen konnte ich bei der Kernplatte die Stelle der oben genannten Körperchen, der sogenannten widerstandleistenden Fädchen, aus deren Hälften die Nucleolusfäden der Tochterkerne sich entwickeln, genau bestimmen, was ein specielles Studium über die Anzahl der Nucleolen veranlasste [1]). Bei *Spirogyra triformis* konnte ich bisweilen wohl ein Segment mit einem dünnen Ende wahrnehmen; von einer stärkeren Lichtbrechung war jedoch wenig zu sehen und das Isoliren fadenförmiger Körperchen misslang ganz und gar. Ich versuchte bessere Resultate dadurch zu erhalten, dass ich die *Spirogyra*fäden längere oder kürzere Zeit in dem Flemming'schen Gemisch verweilen liess und auch durch Modificirung der Stärke der Chromsäurelösung, aber alles umsonst. Das Misslingen dieser Versuche machte mich fürchten, dass es mir bei *Spirogyra triformis* nicht möglich sein werde zu beweisen, dass nach dem Theilungsprocesse aus dem einen Ende jeder Hälfte eines Nucleolussegments wieder ein Nucleolusfaden entstehe. Doch habe ich endlich feststellen können, dass auch in diesem wichtigen Punkte beide *Spirogyren* der Hauptsache nach übereinstimmen, wie ich unten zeigen werde.

d) Der Theilungsprocess.

Die Kernplatte theilt sich in der Richtung der Aequatorialebene in zwei gleiche Hälften, die sich von einander entfernen. Die Segmenthälften der auf diese Weise gebildeten Kernplattenhälften wachsen seitwärts aus und sind schliesslich so sehr mit einander und dem Reste des Kerngerüstes verschmolzen, dass man sie nicht mehr unterscheiden kann. Bei *Spirogyra triformis* ist es leichter die Spaltung der Segmente zu beobachten, als bei *Spirogyra crassa* [2]), weil die Segmenthälften gewöhnlich nicht so schnell mit einander verwachsen. Bei *Spirogyra crassa* fängt die Verwachsung bisweilen schon vor der Spaltung an; bei *Spirogyra triformis* erst später; bei letzterer gelang es mir mit Hülfe von Chromsäure mehrmals alle Segmenthälften noch von einander zu trennen, wenn die Kernplattenhälften sich schon bedeutend von einander entfernt hatten (Fig. 7).

Vor der Spaltung zeigen die Segmente einen Längsstreifen. Die Spaltung fängt bei allen Fäden gleichzeitig an. An der einen Stelle lösen die Segmenthälften sich aber etwas früher als an der anderen.

---

1) l. c. pag. 215 ff.
2) l. c. pag. 210 ff.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05156-0368-4

Bei zwei Segmenten scheinen die Hälften am einen Ende etwas länger mit einander verbunden zu bleiben als bei den anderen. Bei *Spirogyra crassa* dagegen bilden die Hälfte zweier Segmente, nämlich der Nucleolussegmente, an einem Ende ziemlich lange eine Verbindung zwischen den Kernplattenhälften. Bei *Spirogyra triformis* ist die Erscheinung wenig auffallend und löst sich die Verbindung bald.

Der Umstand, dass bei *Spirogyra triformis* die Segmenthälften nach der Spaltung noch lange für sich beobachtet werden können, lieferte für das Studium der Karyokinese einen grossen Vortheil. Es gelang mir nämlich, festzustellen, dass in jeder Kernplattenhälfte bei zwei Segmenthälften das eine Ende sich mehr und mehr von den anderen unterschied. Während der Chromsäurebehandlung ist dasselbe zumal durch stärkere Lichtbrechung gekennzeichnet. In vielen Fällen gelang es mir, bei den Kernplattenhälften genau die Stelle der beiden stärker lichtbrechenden Enden zu bestimmen. Es zeigte sich, dass dieselbe mit derjenigen der sogenannten widerstandleistenden Fädchen bei *Spirogyra crassa* übereinstimmte. Oft befinden sich nämlich eines oder beide am Rande der Platte. Aus der Untersuchung nachfolgender Entwickelungszustände geht hervor, dass die stärker lichtbrechenden Körperchen sich allmählich zu den Nucleolusfäden der Tochterkerne entwickeln. Im folgenden Abschnitt komme ich hierauf zurück.

Ebenso wie für *Spirogyra crassa* nehme ich also für *Spirogyra triformis* an, dass aus den Nucleolusfäden, die sich in einem oder zwei Nucleolen befinden, zwei der Segmente sich entwickeln, gleichgültig, ob deren Gesammtanzahl sechs oder zwölf beträgt; wie auch, dass nach der Spaltung aus den Hälften dieser zwei Segmente und zwar an einem Ende die Nucleolusfäden der Tochterkerne entstehen, welche Fäden eine Hauptrolle spielen bei der Bildung des Nucleolus oder der beiden Nucleolen. Diese Ansicht stützt sich auf die oben beschriebenen Untersuchungen; sie erklärt die Unveränderlichkeit der Anzahl der Nucleolusfäden, die stets in Zweizahl vorhanden sind und die Thatsache, dass deren Anzahl durch die Anzahl der Nucleolen nie übertroffen wird; sie ist vollkommen in Uebereinstimmung mit den bei *Spirogyra crassa* erhaltenen Resultaten.

e) Entwickelung der Kernplattenhälften.

Bei *Spirogyra triformis* findet die Entwickelung der Kernplattenhälften der Hauptsache nach auf dieselbe Weise statt wie bei *Spiro-*

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05156-0369-2

gyra crassa [1]). Vieles braucht darum jetzt nicht ausführlich besprochen zu werden, so die Verschmelzung der Segmente (Fig. 8), die Umwandlung der fadenförmigen Körperchen der Nucleolussegmenthälften in kurze, dickere Körperchen (Fig. 8), welche wachsen und sich zu Nucleolusfäden entwickeln und die vorübergehende Anwesenheit perlschnurförmiger Fäden im Kerngerüste (Fig. 9). Allein ich werde ausführlicher berichten über die Substanz, die in der Form von unregelmässigen Massen und Ballen auftritt und über den Antheil, den dieselbe nimmt an der Bildung der Nucleolen.

In Fig. 9 sind die oben erwähnten Massen und Ballen dargestellt. Die Figur stellt zwei Tochterkerne vor. Die Kernwandung ist ganz und das Kerngerüst ist schon theilweise in der Chromsäure gelöst. Vom Kerngerüste sind die feinen, perschnurförmigen Fäden zurückgeblieben, deren Anzahl nicht zu bestimmen ist. Zwischen den Fäden liegen die Ballen und Massen. In denselben sind durch die Chromsäureeinwirkung die Körperchen wahrnehmbar geworden, welche sich zu Nucleolusfäden entwickeln.

In den Kernen beobachten wir erst unregelmässige Massen, später grössere und kleinere Ballen, die schliesslich verschwinden, während der Nucleolus oder die beiden Nucleolen bleiben. Letztere bekommen eine Stellung mehr oder weniger in der Mitte des Kernes. Ihre Anzahl hängt von dem Umstand ab, ob um beide Nucleolusfäden sich eine Wand bildet oder ob jeder Nucleolusfaden für sich von einer Wand umgeben wird.

Wie bei *Spirogyra crassa* erhielt ich den Eindruck, dass ein Theil der Substanz, die in der Form von unregelmässigen Massen und Ballen auftritt, bei der Bildung der Nucleolen betheiligt ist. Die Nucleoluswand schliesst mit den jungen Nucleolusfäden, wenn es noch kurze, ziemlich dicke Körperchen sind, einen Theil dieser Substanz ein (Fig. 10). Die Nucleolusfäden entwickeln sich in derselben zu zierlich gewundenen Fäden. Bei den ruhenden Kernen füllt die Substanz den Raum, welchen die Nucleolusfäden im Nucleolus übrig lassen, ganz auf, oder in den Nucleolen kommen Höhlen, sogenannte Vacuolen, vor. Bei *Spirogyra crassa* habe ich früher den Antheil, den die oben genannte Substanz an der Bildung der Nucleolen nimmt, nicht erwähnt. Ich thue es jetzt, da ich bei *Spirogyra triformis* wieder die nämlichen Beobachtungen machte und weil es sich ausserdem gezeigt hat, dass die Erscheinung von grösserer Bedeutung ist, als ich erst vermuthete. Nachher komme ich auf diesen Punkt zurück.

1) l. c. pag. 212 u. 213.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05156-0370-3

Karyokinese ohne Segmentbildung.

I. *Spirogyra triformis.*

a) Formänderung des Kernes.

Bei der Karyokinese ohne Segmentbildung wird der Kern bedeutend dicker. Für diese Karyokineseform ist kennzeichnend, dass der Kern an den Polen einige Zeit eingedrückt ist und während der Metakinese eine Tonnenform zeigt.

b) Veränderung des Nucleolus.

Die zwei Nucleolusfäden, welche sich gewöhnlich in einem Nucleolus befinden, werden kürzer und dicker. Mit Hilfe von Chromsäure und Brillantblau extra grünlich kann man wahrnehmen, dass feine Verbindungen zwischen den Windungen der Nucleolusfäden vorkommen. Durch solche Verbindungen sind auch die beiden Nucleolusfäden mit einander vereinigt, nämlich wenn dieselben sich in einem Nucleolus befinden. Der Nucleolus bekommt eine unregelmässige Form (Fig. 11). Die Wand derselben löst sich bald im Kernplasma; dasselbe gilt von der Substanz, die sich neben den Nucleolusfäden im Nucleolus befindet. Demzufolge gerathen die beiden Nucleolusfäden in das Kernplasma, wo sie einer bedeutenden Veränderung unterworfen sind (Fig. 12). Das Ende ist, dass von denselben zwei dünne Fädchen zurückbleiben (Fig. 13).

Während der Nucleolus sich modificirt, bilden sich im Kerngerüste eine Anzahl kurze Körperchen.

Die oben erwähnten Resultate stimmen in der Hauptsache überein mit den bei *Spirogyra crassa* erhaltenen [1]). Nur sei bemerkt, dass die Nucleoluswand bei *Spirogyra triformis* sich früher löst.

c) Bildung der Kernplatte.

Das Kerngerüst bildet die Kernplatte. Zuerst sammelt es sich an der Peripherie und zwar in der Nähe des Aequators. Wenn man die Kerne in diesem Zustande mit Chromsäure behandelt, so bleibt das Gerüst in der Form eines Ringes zurück (Fig. 12). Nachher bildet sich die Kernplatte (Fig. 13), ein scheibenförmiger Körper gleichmässiger Dicke, der sich in der Aequatorialebene befindet. Die Reste der Nucleolusfäden werden mit dem Kerngerüst mitgeführt, so dass dieselben vorübergehend in die Nähe des Aequators gerathen (Fig. 12).

In der Kernplatte befinden sich die kurzen Körperchen, von

1) l. c. pag. 128.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05156-0371-9

denen oben schon die Rede war. Dieselben laufen quer durch die Kernplatte, also in die Richtung der Kernachse. Ihre Anzahl beträgt 30 bis 40. Durch feine Verbindungen sind sie mit einander vereinigt. Die beiden dünnen Fädchen, welche die Nucleolusfäden zurückgelassen haben, liegen in der Ebene, welche die Kernplatte in zwei gleiche runde Hälften zertheilt, und gewöhnlich mehr oder weniger in der Mitte derselben. Wenn man die Kerne mit Chromsäure behandelt, so bleibt schliesslich die Kernplatte zurück. Bei derselben lösen die feinen Verbindungen sich zuerst; demzufolge zerfällt sie in eine Anzahl Körperchen; die aus den Nucleolusfäden entstandenen Fädchen bleiben gewöhnlich am längsten wahrnehmbar.

Was den Bau der Kernplatte betrifft, so bin ich bei *Spirogyra triformis* zu ungefähr den nämlichen Resultaten als früher bei *Spirogyra crassa* gelangt [1]). Viele Details, die man bei Behandlung mit Chromsäure beobachtet, habe ich desshalb nicht erwähnt. Die Fädchen, welche aus den Nucleolusfäden entstehen, leisten Chromsäure gegenüber nicht solchen Widerstand als bei *Spirogyra crassa*; die Benennung von Widerstand leistenden Fädchen ist desshalb bei *Spirogyra triformis* weniger passend.

d) Der Theilungsprocess.

Bezüglich des Theilungsprocesses gelangte ich zu ähnlichen Resultaten als bei *Spirogyra crassa* [2]). Die Kernplatte theilt sich in zwei gleiche runde Hälften. Die Fädchen, welche die Nucleolusfäden zurückgelassen haben, spalten sich der Länge nach. Ihre Hälften bleiben an einem Ende kurze Zeit mit einander verbunden, während die Kernplattenhälften auseinander weichen.

e) Entwickelung der Kernplattenhälften.

Die Entwickelung der Kernplattenhälften findet auf dieselbe Weise statt wie bei *Spirogyra crassa* [3]). Ich beschränke mich darum zu einer Bemerkung hinsichtlich des Nucleolus. Wie beim Studium der Karyokinese mit Segmentbildung gelangte ich auch jetzt zum Resultat, dass ein Theil der Substanz, welche bei den jungen Kernen in der Form unregelmässiger Massen und Ballen vorkommt, sich bei der Bildung des Nucleolus betheiligt. Die Hälften der aus den Nucleolusfäden entstandenen Fädchen entwickeln sich zu den Nucleolus-

1) l. c. pag. 219.
2) l. c. pag. 219.
3) l. c. pag. 219 u. 220.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05156-0372-5

fäden der Tochterkerne. Zuerst bilden dieselben kurze, dicke Körperchen. Gewöhnlich entsteht um beide eine Wand, die einen Theil der oben genannten Substanz einschliesst (Fig. 14), während der Rest dieser Substanz sich allmählich im Kernplasma löst. Die oben genannten Körperchen entwickeln sich innerhalb der Nucleoluswand zu zierlich gewundenen Fäden. Selten entstehen zwei Nucleolen.

II. *Spirogyra setiformis.*

a) Formänderung des Kernes.

Die Formänderung des Kernes ist derartig, dass man schon einigermaassen vermuthen kann, dass die Karyokinese ohne Segmentbildung stattfindet. Während der Metakinese haben die Kerne nämlich eine Tonnenform.

b) Veränderung des Nucleolus.

Bei *Spirogyra setiformis* kommt gewöhnlich nur ein Nucleolus vor, der bei der Karyokinese ganz zu verschwinden scheint. Das Studium der Aenderungen, denen derselbe unterworfen ist, ist in einigen Hinsichten sehr interessant, jedoch mit grossen Schwierigkeiten verbunden. Das Fadenwerk, das sich in dem Nucleolus befindet, wird modificirt; die Fäden verdicken sich. Der Nucleolus bekommt eine unregelmässige Gestalt, während seine Wand sich löst. Darauf gelangen die Nucleolusfäden in das Kernplasma. Gleichzeitig thut sich eine interessante Erscheinung vor. In dem Kern erscheinen nämlich viele grössere und kleinere Ballen (Fig. 17). Dieselben kommen auch aus dem Nucleolus. Die ausser dem Fadenwerk im Nucleolus sich befindende Substanz liefert diese Produkte. Die Ballen lösen sich allmählich ganz im Kernplasma. Die Nucleolusfäden scheinen dasselbe Schicksal zu erleiden. In sehr vielen Fällen konnte ich zwei Fäden unterscheiden (Fig. 15 u. 17), in anderen Fällen beobachtete ich mehrere Stücke (Fig. 16). Zwischen den verschiedenen Theilen des Fadenwerkes konnte ich oft feinere Verbindungen wahrnehmen. Die Nucleolusfäden und die Reste derselben leisten der Chromsäureeinwirkung länger Widerstand als die Ballen und das Kerngerüst (Fig. 15 u. 16). Bei der Untersuchung späterer Entwickelungszustände lassen die Nucleolusfäden geringere Reste zurück. Schliesslich sind nur noch einige kurze, fadenförmige Körperchen nachzuweisen, die sich durch grössere Widerstandsfähigkeit Chromsäure gegenüber vom Kerngerüste unterscheiden. Bei der Kernplatte kann man diese Körperchen noch wahrnehmen (Fig. 18). Obgleich dieselben den

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05156-0373-1

sogenannten widerstandleistenden Fädchen [1]) sehr ähnlich sind, so darf man beide doch nicht als identisch betrachten. Die Anzahl der hier besprochenen Fädchen beträgt mehr als zwei und, wenn die Kernplatte sich theilt, gelingt es nicht mehr, sie nachzuweisen. Man darf also nicht annehmen, dass sie für die Tochterkerne Bedeutung haben.

Aus Obigem geht hervor, dass es mir bei *Spirogyra setiformis* mit Chromsäure nicht gelungen ist, nachzuweisen, dass aus dem Nucleolus Körperchen entstehen, welche sich theilen und die Nucleolusfäden der Tochterkerne hervorbringen. Daraus folgt jedoch nicht, dass solche Körperchen nicht vorhanden sein könnten. Aus dem Studium der oben beschriebenen Entwickelungszustände geht nicht deutlich hervor, dass zwei Nucleolusfäden vorliegen. Doch glaube ich annehmen zu müssen, dass ihre Anzahl zwei beträgt. Die beiden Fäden scheinen bei der Dissociation des Nucleolus früher oder später in mehrere Theile zu zerfallen. Bei den sich entwickelnden Tochterkernen sind unzweifelhaft zwei Nucleolusfäden vorhanden (Fig. 22 und 25). Die Zahl zwei stimmt auch mit der Thatsache, dass bei den ruhenden Kernen höchstens zwei Nucleolen vorkommen.

c) Die Kernplatte.

Das Kerngerüst zieht sich in der Aequatorialebene zusammen. Hierdurch entsteht die Kernplatte, ein scheibenförmiger Körper, gleichmässiger Dicke. Bei *Spirogyra setiformis* ist die Kernplatte ziemlich dick. Wenn man dieselbe in verticaler Lage betrachtet, so scheint sie fein gestreift und von der Fläche aus gesehen scheint sie fein getüpfelt zu sein (Fig. 18). Das kommt daher, weil sich im Gerüste zahlreiche längliche Körperchen gebildet haben, die quer in der Kernplatte liegen, also in der Richtung der Kernachse. Durch feine Verbindungen hängen dieselben mit einander zusammen. Wenn sie während der Chromsäureeinwirkung sich lösen, werden die oben erwähnten länglichen Körperchen frei. Dasselbe gilt von den fadenförmigen Körperchen, welche die Nucleolusfäden zurückgelassen haben, wie oben schon erwähnt. Der Chromsäureeinwirkung leisten letztgenannte Körperchen am längsten Widerstand. Wenn die Kernplatte sich theilt, sind sie nicht mehr nachzuweisen.

d) Der Theilungsprocess.

Die Kernplatte theilt sich in der Richtung der Aequatorialebene in zwei gleiche runde Hälften. Dieselben bleiben, während sie aus-

1) Ueber den Nucleolus, l. c. pag. 208.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05156-0374-6

einander weichen, noch einige Zeit durch feine Verbindungen mit einander verbunden. Die länglichen Körperchen fügen sich indessen zusammen; hierdurch entstehen grössere längliche Körperchen. Ich konnte deren ungefähr zwölf unterscheiden. Sie befinden sich dicht beisammen und sind der Achse des Kernes parallel (Fig. 19). Nachher verschmelzen sie mit einander; die Kernplattenhälften sind dann zwei formlosen Klümpchen ähnlich.

e) Entwickelung der Kernplattenhälften.

Bei den oben beschriebenen, Klümpchen ähnlichen Körpern trennt sich allmählich eine Substanz vom Kerngerüste. Mit Hülfe von Chromsäure gelingt es, Letzteres zuerst an der Peripherie zu unterscheiden; nachher kann man um dasselbe die Tochterkernwand beobachten. Die oben erwähnte Substanz sammelt sich im Centrum des Kernes; sie bildet anfangs eine unregelmässige Masse, die allmählich eine kugelförmige Gestalt annimmt. Diese Substanz ist identisch mit dem Stoff, der bei *Spirogyra crassa* [1]) und bei *Spirogyra triformis* in den jungen Kernen in der Form mehrerer Klumpen und Ballen erscheint.

Sehr interessant ist die Entwickelung der Nucleolusfäden. In den jüngsten Zuständen, welche ich wahrnehmen konnte, waren dieselben sehr feinen fadenförmigen Körperchen ähnlich, die nicht selten an der centralen Masse festsitzen (Fig. 20). Sie unterscheiden sich vom Kerngerüste durch grössere Widerstandsfähigkeit Chromsäure gegenüber. Allmählich wachsen sie und sie entwickeln sich zu kurzen, dicken Körperchen (Fig. 21, 22, 23 und 24). Man kann sich dann leicht davon überzeugen, dass in jedem Kerne immer zwei solche Körperchen vorhanden sind. Behandelt man die Kerne mit Chromsäure, so bleiben die beiden Körperchen und die centrale Masse zurück. Wäscht man alsdann die Chromsäure weg und fügt man Brillantblau extra grünlich hinzu, so werden die Körperchen dunkelblau und die centrale Masse hellblau gefärbt. Setzt man die Chromsäurebehandlung fort, so leisten die beiden Körperchen noch Widerstand, wenn die centrale Masse sich bis auf einige Körnchen gelöst hat. Die zwei oben erwähnten Körperchen und die centrale Masse sind also scharf von einander zu unterscheiden. Sie bilden zusammen den Nucleolus, was auf folgende Weise stattfindet. Die zwei Körperchen vereinigen sich früher oder später mit der centralen Masse; dieses findet statt, wenn sie noch sehr klein und fadenförmig sind oder erst, wenn sie bedeutend grösser und kurz und dick sind. Das eine Körperchen vereinigt sich oft eher

1) l. c. pag. 212, 213 und 220.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05156-0375-2

mit der centralen Masse als das andere. In derselben ändert sich ihr Aussehen (Fig. 25); an die Stelle kurzer, dicker Körperchen treten vielfach gewundene Fäden. Diese Fäden, die beiden Nucleolusfäden, kann man mit Hilfe von Chromsäure aus der centralen Masse absondern. Während ihrer weiteren Entwickelung verbreiten sie sich durch die ganze centrale Masse und verdicken sie sich. Um das Ganze bildet sich die Nucleoluswand.

Wenn man genau beobachtet, wie die Nucleolusfäden sich aus den oben erwähnten kurzen, dicken Körperchen entwickeln, so kommt man zur Hypothese, dass diese Körperchen nichts anderes als feine, zusammengewickelte Fäden sein können. Dasselbe meine ich annehmen zu müssen für die ähnlichen Körperchen bei *Spirogyra triformis* und bei *Spirogyra crassa*[1]), wo sie oft eine Zeit lang hufeisenförmig sind.

Bei *Spirogyra setiformis* kommen bisweilen zwei Nucleolen zur Entwickelung. Bezüglich der Entwickelungsgeschichte kann ich über diesen speciellen Fall keine Mittheilungen machen. Der Seltenheit wegen habe ich denselben nicht näher studirt.

Zwergnucleolen und Kerne mit einem Nucleolusfaden.

Bei *Spirogyra crassa* fand ich Zwergnucleolen nur in Fäden, bei welchen die Karyokinese mit Segmentbildung verbunden war. Ich vermuthete jedoch, dass sie auch in Fäden, in denen Karyokinese ohne Segmentbildung stattfand, vorkommen könnten[2]). Darum ist es bemerkenswerth, dass ich sie bei *Spirogyra triformis* grade bei letzteren Fäden oft fand. Bei vielen Fäden findet man in allen Kernen, bei welchen zwei Nucleolen vorhanden sind, einen Zwergnucleolus, aber es können auch Kerne mit einem Zwergnucleolus zwischen Kernen mit Nucleolen gleicher Grösse und mit einem Nucleolus bei dem nämlichen Faden vorkommen. Wenn der erste Fall sich ereignet, fand ich in den Theilungsstadien, wobei ich über die Grösse der Nucleolusfäden urtheilen konnte, den einen Nucleolusfaden immer grösser als den anderen. Wenn die Zwergnucleolen im Diameter halb so gross waren als ihre Gesellen, fand ich den einen Nucleolusfaden drei- bis viermal so lang als den anderen und dabei auch dicker.

Die Zwergnucleolen, welche ich bei *Spirogyra crassa*[3]) fand, waren oft so klein, dass sie der Wahrnehmung entgehen könnten.

1) l. c. pag. 213 und 220.
2) l. c. pag. 213.
3) l. c. pag. 202 und 203.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05156-0376-8

Solche Zwergnucleolen enthalten selbstverständlich einen sehr kleinen Nucleolusfaden. Nie aber begegnete ich Fäden, bei welchen der eine Nucleolusfaden ganz fehlte. Bei der Untersuchung von *Spirogyra triformis* kam dieser Fall einmal vor. Es war bei einem Faden mit Karyokinese mit Segmentbildung. Bezüglich der Anzahl der Segmente kann ich keine Angabe machen. Bei zwei Kernen, bei welchen die Karyokinese angefangen hatte, gelang es mir, nur einen grossen Nucleolusfaden aus dem Nucleolus zu isoliren und bei drei Paar jungen Kernen wurde gleichfalls nur ein Nucleolusfaden beobachtet. Diese Thatsachen liessen vermuthen, dass der *Spirogyra*faden keinen einzigen Kern mit zwei Nucleolen enthalten würde. Genau bestimmte ich bei allen Kernen die Anzahl der Nucleolen und ich kam dabei zum Resultat, dass meine Hypothese richtig war.

Resultate.

In meiner Arbeit über den Nucleolus von *Spirogyra* habe ich meine Resultate in 24 Sätze zusammengefasst [1]). Meine heutigen Untersuchungen führten zur Bestätigung meiner früheren Beobachtungen und Schlussfolgerungen. Dann und wann wurden auch neue Thatsachen entdeckt, die über die Natur einiger Sachen mehr Licht verbreiten, ohne in Streit zu sein mit dem früher Angenommenen. Bei der Zusammenfassung meiner Resultate werde ich mich auf die neu entdeckten Thatsachen und die daraus hergeleiteten Schlussfolgerungen beschränken.

Wie früher beobachtete ich auch jetzt Karyokinese mit Segmentbildung und Karyokinese ohne dieselbe. Im ersteren Falle zeigte es sich, dass die normale Anzahl der Segmente nicht immer zwölf war; bei sehr vielen Fäden von *Spirogyra triformis* beobachtete ich ohne Ausnahme sechs Segmente. Wie bei der Bildung von zwölf Segmenten entstehen zwei derselben aus dem Nucleolus oder aus den beiden Nucleolen, während die übrigen sich aus dem Kerngerüst entwickeln. Falls sechs Segmente entstehen findet die Karyokinese übrigens auf dieselbe Weise statt wie bei Bildung von zwölf Segmenten.

Es ist gewiss höchst merkwürdig, dass bei *Spirogyra* die Karyokinese unter so verschiedenen Formen sich darbietet. Bemerkenswerth ist es auch, dass alle Kerne eines nämlichen Fadens dieselbe Karyokineseform zeigen und, wenn es zur Segmentbildung kommt, auch dieselbe Segmentzahl. Es liegen hier also Erscheinungen vor, welche

1) l. c. 220 u. ff.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05156-0377-4

von den Mutterkernen auf die Tochterkerne übergehen. Die von mir erhaltenen Resultate zeigen, dass man den Segmenten ein grosses Maass von Individualität zuerkennen muss. Wenn auch ein Faden aus vielen Hunderten von Zellen zusammengesetzt war, immer fand ich bei den in Theilung begriffenen Kernen die nämliche Zahl der Segmente. Bezüglich der Individualität der Segmente bemerke ich, dass bei den ruhenden Kernen directe Wahrnehmung uns nichts lehrt. Was die Zahl der Nucleolussegmente, nämlich zwei, anbetrifft, so gibt es zwar Gründe, anzunehmen, dass beim ruhenden Kern die Nucleolusfäden, aus welchen die genannten Segmente entstehen, auch in Zweizahl vorhanden sind. Beim Kerngerüste, das die vier oder zehn Nucleussegmente hervorbringt, kann man aber gar keine Fäden unterscheiden. Die Frage, ob dasselbe aus gleichvielen Portionen zusammengesetzt ist, wie Nucleussegmente entstehen, muss dahingestellt werden. Inwiefern die Copulation Einfluss auf die Karyokineseform und die Segmentzahl übt, habe ich nicht studirt, aber es würde gewiss die Mühe lohnen, diesen Gegenstand näher zu untersuchen.

In meiner Arbeit über den Nucleolus von *Spirogyra* habe ich gesagt, dass man bei demselben eine Wand und einen Inhalt unterscheiden muss, und dass der Inhalt aus einem Fadenwerk und aus einer Substanz besteht, welche den Rest des Raumes ganz oder theilweise ausfüllt. Das Fadenwerk ist aus einem vielfach gewundenen Faden zusammengesetzt, wenn der Kern zwei Nucleolen enthält und aus zwei solchen Fäden (Nucleolusfäden), wenn nur ein Nucleolus vorhanden ist. Zwischen dem Faden oder den beiden Fäden kommen feine Verbindungen vor, die ich in meiner oben genannten Arbeit nicht erwähnt habe. Das Fadenwerk des Nucleolus kann man einigermaassen vergleichen mit den Knäuelstadien des Kerngerüstes im protoplasmatischen Wandbelege des Embryosackes von *Fritillaria* und *Leucojum* [1]). In beiden Fällen findet man nämlich Fäden und feine Verbindungen dazwischen.

Ueber die Substanz, die nebst dem Fadenwerk im Nucleolus vorkommt, bemerke ich, dass ich mich damals über ihren Ursprung nicht ausgelassen habe, und dass derselbe jetzt zumal durch die Untersuchungen bei *Spirogyra setiformis* entdeckt worden ist. In den jungen Kernen erscheint bei *Spirogyra* eine Substanz, die einen oder mehrere unregelmässige Massen oder Ballen bildet. Diese Substanz

1) l. c. pag. 163, 164 u. 170.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05156-0378-0

nimmt Theil an der Bildung der Nucleolen. Bei *Spirogyra setiformis* bildet sie in der Mitte des Kernes einen grossen Ballen; die Nucleolusfäden vereinigen sich mit demselben und entwickeln sich in demselben weiter, während um das Ganze sich eine Wand bildet. Bei *Spirogyra crassa* und bei *Spirogyra triformis* nimmt nur ein Theil der oben erwähnten Substanz an der Bildung der Nucleolen theil; der Rest bildet Ballen, die sich allmählich im Kernplasma lösen. Im ruhenden Kern kommen desshalb keine Ballen vor. Wenn die Karyokinese sich später wiederholt, vereinigt der Inhalt des Nucleolus sich wieder mit dem des Nucleus. Während die Nucleolusfäden bedeutenden Veränderungen unterworfen sind, lösen die Nucleoluswand und der Rest des Inhalts, nämlich die oben besprochene Substanz, sich im Kernplasma. Bei *Spirogyra setiformis* verbreitet diese Substanz sich im Kern und bildet in demselben viele grössere und kleinere Ballen, die sich allmählich im Kernplasma lösen. Bei *Spirogyra crassa* und bei *Spirogyra triformis* dagegen beobachtet man keine Ballen im Kernplasma. Die Substanz, die sich nebst dem Fadenwerk im Nucleolus befindet, hat sich bald gelöst. Sie kommt bei genannten Species in nicht so grosser Quantität in den Nucleolen vor, wie bei *Spirogyra setiformis*, die einen grösseren Nucleolus hat. Ich muss dabei bemerken, dass bei *Spirogyra crassa* und bei *Spirogyra triformis* die Auflösung einer grossen Quantität der oben erwähnten Substanz eigentlich viel früher stattfindet als bei *Spirogyra setiformis*; ein grosser Theil derselben ist nämlich nicht betheiligt bei der Bildung der Nucleolen und löst sich schon, bevor die Kerne sich im Ruhezustande befinden. Es scheint, dass Degagny[1]) bei *Spirogyra setiformis* dieselbe Erscheinung beobachtet hat wie ich. Er erwähnt nämlich, dass der Nucleolus vor seinem Verschwinden zahlreiche Ballen ausstösst.

Wenn ich die Bildung formloser Massen und Ballen in den jungen Kernen von *Spirogyra* und das Erscheinen der Kernkörperchen in den Kernen des Embryosackbeleges von *Fritillaria* und *Leucojum*[2]) mit einander vergleiche, so kommt es mir vor, beide Processe seien vollkommen identisch. In beiden Fällen scheinen mehr oder weniger flüssige Produkte vorzuliegen, welche unter dem Einfluss des sich

1) Ch. Degagny, Sur les matières formées par le nucléole chez le Spirogyra setiformis etc. Comptes rendus, 1893, pag. 269; Sur la morphologie du noyau cell. chez les Spirogyras etc. Comptes rendus, 1893, pag. 536; Sur la concordance des phénomènes de la division du noyau cell. chez les Lis et chez les Spirogyras etc. Comptes rendus, 1893, pag. 1397.

2) l. c. pag. 161.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05156-0379-8

entwickelnden Gerüstes entstehen oder durch dasselbe abgesondert werden. Bei *Fritillaria* und *Leucojum* beobachtete ich nämlich ihre Bildung nicht allein bei normalen Kernen, sondern auch bei den von mir beschriebenen Beikernen [1]). Die Thatsache, dass später das Schicksal der gebildeten Produkte bei *Spirogyra* nicht dasselbe ist wie bei *Fritillaria* und *Leucojum*, kann nicht gelten für ein Argument gegen ihre Identität.

Etwas ähnliches findet man bei Vergleichung der Nucleolen von *Spirogyra* mit den Kernen des Embryosackbeleges von *Fritillaria* und *Leucojum*. Wenn bei *Leucojum* die Kernwand verloren geht, gerathen die Kernkörperchen in das die Kerne umgebende Plasma und sie zerfallen in kleinere Ballen, die sich allmählich lösen. Diese Erscheinung kann man vergleichen mit derjenigen, welche man bei *Spirogyra setiformis* beobachtet, wenn die Nucleoluswand sich löst, nämlich mit dem Austreten von Ballen, welche sich lösen. Meiner Ansicht nach müssen diese Ballen den Kernkörperchen im Embryosackbelege gleichgestellt werden. Wenn bei *Fritillaria* die Kernwand verloren geht, lösen die Kernkörperchen sich ebenfalls, aber ein Austreten derselben lässt sich nicht beobachten, ebenso wenig als bei den beiden anderen *Spirogyren* Ballen aus dem Nucleolus zum Vorschein kommen.

In meiner Arbeit über das Kerngerüst habe ich schon die Aufmerksamkeit darauf gerichtet, dass die Nucleolen der *Spirogyren* und solche, wie sie bei *Fritillaria* und *Leucojum* im Embryosackbelege vorkommen, von einander sehr verschieden sind [2]). Der Namen Nucleolus würde für erstgenannte, die man mit kleinen Kernen vergleichen kann, geeignet sein, wäre es nicht, dass derselbe schon allgemein für letztgenannte benützt wurde, welche ich dagegen am liebsten Kernkörperchen nennen würde. Wenn meine Ansichten von beiden sich richtig erweisen, dann sind die Nucleolen von *Spirogyra* äquivalent mit gewöhnlichen Nucleolen oder Kernkörperchen + Nucleolusfäden + Nucleoluswand, dann sind die Ballen, die bei *Spirogyra crassa* und bei *Spirogyra triformis* in jungen Kernen vorkommen und sich lösen, bevor die Kerne sich im Ruhezustande befinden, als gewöhnliche Nucleolen zu betrachten und müssen die Ballen, die bei *Spirogyra setiformis* während der Karyokinese aus dem Nucleolus kommen und sich im Kernplasma lösen ebenfalls gewöhnlichen Nucleolen gleichgestellt werden.

Steenwijk, Juni 1900.

1) l. c. pag. 172.
2) l. c. pag. 156.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05156-0380-9

Figuren-Erklärung.

Die Figuren sind bei einer 440maligen Vergrösserung gezeichnet (Objectiv D und Ocular 4 von Zeiss), ausgenommen die Fig. 15 und 16, welche 660 mal vergrössert sind. Alle Figuren sind nach Präparaten gezeichnet, welche während längerer oder kürzerer Zeit mit einer 40 proc. Chromsäurelösung behandelt waren.

Karyokinese mit Segmentbildung.

Spirogyra triformis n. s.

Fig. 1. Nucleolus mit zwei Nucleolusschnüren und vier Kernschnüren.
Fig. 2. Wie oben, aber mit zwei Nucleolen.
Fig 3. Zwei Nucleolusschnüre und vier Kernschnüre.
Fig. 4. Wie oben.
Fig. 5. Zwei Nucleolusschnüre und zehn Kernschnüre.
Fig. 6. Kernplatte mit sechs Segmenten.
Fig. 7. Zwölf Segmenthälften aus einer Kernplattenhälfte; zwei mit stärker lichtbrechenden Enden.
Fig. 8. Kernplattenhälfte mit sich entwickelnden Nucleolusfäden.
Fig. 9. Unregelmässige Massen und Ballen, Nucleolusfäden und perlschnurförmige Fäden aus zwei jungen Schwesterkernen.
Fig. 10 Nucleolen in Entwickelung.

Karyokinese ohne Segmentbildung.

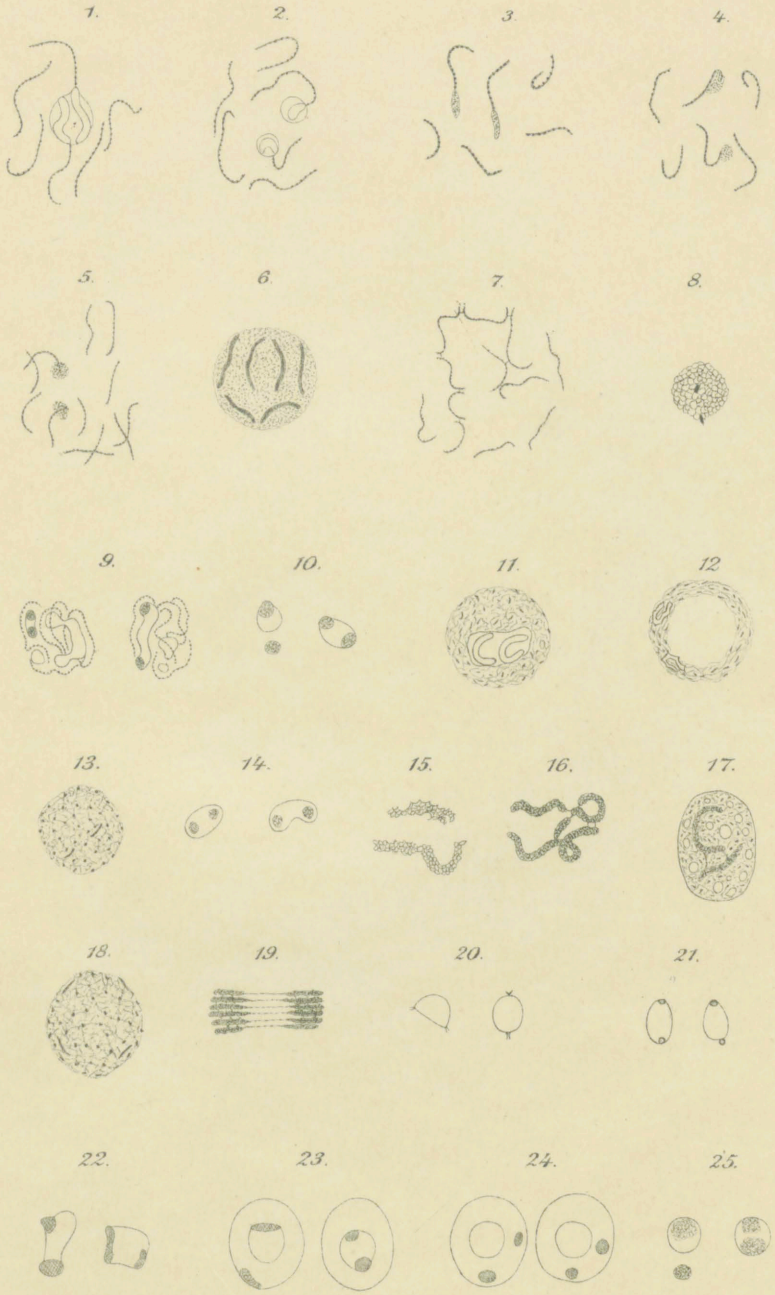
Spirogyra triformis n. s.

Fig. 11. Kerngerüst mit modificirtem Nucleolus.
Fig. 12. Kerngerüst einen Ring bildend.
Fig. 13. Kernplatte.
Fig. 14. Junge Nucleolen.

Spirogyra setiformis (Roth.) Kg.

Fig. 15. Reste des Fadenwerks aus dem Nucleolus.
Fig. 16. Wie oben.
Fig. 17. Kern mit Ballen und Resten des Fadenwerks aus dem Nucleolus.
Fig. 18. Kernplatte.
Fig. 19. Kernplattenhälften.
Fig. 20–25. Entwicklung des Nucleolus. Centrale Masse und die beiden Nucleolusfäden von zwei sich entwickelnden Schwesterkernen; in Fig. 23 und 24 ist ausserdem die Kernwand gezeichnet.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05156-0381-5



C. van Wisselingh. del.

L.J. Thomas Lith. Inst., Berlin S. 42.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Flora oder Allgemeine Botanische Zeitung

Jahr/Year: 1900

Band/Volume: 87

Autor(en)/Author(s): Wisselingh C. van

Artikel/Article: Ueber Kerntheilung bei Spirogyra. Dritter Beitrag zur Kenntniss der Karyokinese 355-377