

# Über die Kernstruktur und Kernteilung bei *Closterium*.

Siebenter Beitrag zur Kenntnis der Karyokinese.

Von

C. van Wisselingh, Groningen (Holland).

Mit Tafel X.

## Historisches.

Während die Kernstruktur und die Karyokinese bei *Spirogyra* wiederholt untersucht worden sind, waren bis vor kurzem die Kerne beim Genus *Closterium* noch wenig Gegenstand wissenschaftlicher Forschung gewesen. Solches ist auffallend, denn zumal bei letztgenanntem Konjugaten können die Kerne eine beträchtliche Größe erreichen.

Die wenigen Angaben in der Literatur über die Struktur des ruhenden Kernes bei *Closterium* bis zu dem Jahre 1910 stimmen im allgemeinen darin miteinander überein, daß der Kern demjenigen anderer Algen ähnlich ist, besonders dem von *Spirogyra*. De Bary<sup>1)</sup> erwähnt z. B.: Ein Zellkern von der für *Spirogyra*, *Zygnema* beschriebenen Struktur nimmt die Mitte der Desmidienezelle ein. De Wildeman<sup>2)</sup> schreibt: Le noyau des *Closterium* est du même type que celui des *Cosmarium* et des *Spirogyra*. Dazu ist zu bemerken, daß die Mitteilungen über die Ähnlichkeit der Kerne der Klosterien mit den Kernen von *Spirogyra* und anderen Konjugaten nur geringen Wert haben, besonders weil die Botaniker im allgemeinen selbst über die Struktur der Spirogyrakerne, welche so oft untersucht worden sind, noch überhaupt keine einigermaßen bestimmte Meinung haben. Wie verschieden sind z. B. die Ansichten über den Nukleolus bei *Spirogyra*. Einige Untersucher behaupten,

<sup>1)</sup> De Bary, A., Untersuchungen über die Familie der Conjugaten. 1858. p. 40.

<sup>2)</sup> De Wildeman, E., Recherches au sujet de l'influence de la température sur la marche, la durée et la fréquence de la caryokinèse dans le règne végétale. (Extr. des Annales de la Soc. belge de microsc. T. XV. 1891. p. 47 u. folg.)

daß derselbe mit den allgemein im Pflanzenreich vorkommenden Nukleolen identisch ist, während andere ihn als einen kleinen Kern betrachten, der in einem größeren liegt. Mit der alleinigen Erwähnung der Übereinstimmung des Kernes von *Closterium* mit dem von *Spirogyra* wird deshalb wenig gesagt.

De Wildeman<sup>1)</sup> erwähnt einige Einzelheiten des Kernes von *Closterium*. Nach ihm besteht derselbe aus einer abgerundeten oder rechtwinkligen Masse mit einem großen, zentralen Nukleolus. Der Kern enthält fast keine Substanz, welche Farbstoff speichert, während der Nukleolus stark gefärbt wird, einerlei welches Reagens man anwendet. Bemerkenswert ist, daß de Wildeman bei der Untersuchung von lebendigem Material zu einigermaßen anderen Resultaten gelangt ist, als beim fixierten. Bei lebendigem Material fand er bedeutende Abweichungen. In einigen Fällen war der Nukleolus abgerundet, wie beim fixierten, aber in anderen hatte die zentrale Masse eine körnige Beschaffenheit und mangelte ihr eine bestimmte Form. Oft konnte genannter Forscher kleine Kügelchen unterscheiden, die getrennt oder miteinander vereinigt waren. Durch Zusammenfließen wurde die Zahl dieser Körperchen weniger.

Lauterborn<sup>2)</sup> hat in seiner großen Arbeit über die Diatomeen auch eine Abbildung und eine Beschreibung des ruhenden Kernes einer *Closterium*art gegeben. Nach genanntem Forscher ist das Chromatin fast vollständig in dem Nukleolus kondensiert und kommen in dem netzigwabigen Gerüstwerke verdickte Knotenpunkte vor.

Die Mitteilungen in der Literatur über die Kernteilung bei *Closterium* sind bis 1910 ebenso spärlich als die über die Kernstruktur. Einige Forscher, besonders Fischer,<sup>3)</sup> Hauptfleisch<sup>4)</sup> und Lütkemüller,<sup>5)</sup> haben ausführliche Untersuchungen über die Teilung der Closterien gemacht, aber ihre Untersuchungen beziehen sich fast ausschließlich auf die Zellwand.

Von mehreren Forschern, u. a. Fischer<sup>6)</sup> und de Wildeman,<sup>7)</sup> wird die Aufmerksamkeit gerichtet auf die Teilung der Chromatophoren, welche vor oder während der Kern- und Zellteilung anfängt und ferner auf die Wanderung der Tochterkerne längs der Zellwand nach den Stellen, wo die Chromatophoren entzwei geteilt werden. Fischer erwähnt auch noch, daß mehrere Kernkörperchen in den Tochterkernen vorkommen.

Lauterborn<sup>8)</sup> gibt in seiner oben zitierten Arbeit Abbildungen

<sup>1)</sup> l. c.

<sup>2)</sup> Lauterborn, R., Untersuchungen über Bau, Kernteilung und Bewegung der Diatomeen. 1896. Fig. 66.

<sup>3)</sup> Fischer, A., Über die Zellteilung der Closterien. (Bot. Zeitung. 1883. No. 14. p. 225.)

<sup>4)</sup> Hauptfleisch, P., Zellmembran und Hüllgallerte der Desmidiaceen. (Inaug.-Dissert.) 1888.

<sup>5)</sup> Lütkemüller, J., Die Zellmembran der Desmidiaceen. (Beitr. z. Biol. d. Pflanz. 1902. Bd. VIII. p. 347.)

<sup>6)</sup> l. c. p. 226, 232 u. 233.

<sup>7)</sup> l. c. p. 50, 51 u. 52.

<sup>8)</sup> l. c. Fig. 67 u. 68.

und eine Beschreibung von zwei Stadien der Karyokinese bei *Closterium*, nämlich des Knäuelstadiums und der Kernplatte. Das Knäuelstadium zeigt nach Fixierung und Färbung zahlreiche stark gefärbte Kugeln, die durch schwächer sich färbende Verbindungsstränge in ihrer Lage gehalten werden. Der Nukleolus erscheint deformiert und nur ganz schwach gefärbt. Lauterborn erwähnt, daß sich aus seiner Substanz wohl sicher die zahlreichen kugeligen Chromosomen zusammensetzen. Im Kernplattenstadium bilden nach Lauterborn die zahlreichen Chromosomen einen Ring und haben die Linienbestandteile des Kernes sich zu einer sehr breiten zylindrischen Kernspindel angeordnet. Die Chromosomen umgeben reifenartig den Äquator der Spindel. Ihre biskuitförmige Gestalt deutet auf eine beginnende Halbierung.

Klebahn<sup>1)</sup> hat bei keimenden Zygoten von *Closterium* Entdeckungen gemacht, welche für die Kenntnis der Kernteilung von Wichtigkeit sind. In denselben beobachtete er die Vereinigung beider Kerne zu einem Kern, weiter die mitotische Teilung dieses Kernes in zwei gleiche Tochterkerne und die nachherige Mitose dieser Tochterkerne, die dabei jeder zwei ungleiche Kerne hervorbringen. Die Bilder von Klebahn zeigen deutlich, daß die Kerne sich mitotisch teilen und daß dabei Spindelbildung stattfindet. Die Kern- und Zellteilung der vegetativen Zellen hat Klebahn nicht untersucht.

Im Jahre 1910 erschien von mir<sup>2)</sup> eine vorläufige Mitteilung über die Karyokinese bei *Closterium Ehrenbergii* und ungefähr ein Jahr später veröffentlichte Lutman<sup>3)</sup> eine Abhandlung über die Karyokinese bei *Closterium*. Die Beobachtungen dieses Forschers stimmen im allgemeinen mit den meinigen überein und in mancher Hinsicht haben beide zu ähnlichen Folgerungen geführt. Lutman untersuchte *Closterium Ehrenbergii* und *Closterium moniliferum*. Die von ihm angewendete Methode besteht in Fixieren mit dem Flemmingschen Gemisch oder mit einem anderen Fixiermittel, Anfertigen von Mikrotomschnitten und Färben mit drei Farbstoffen oder mit Hämatoxylin und Eisenalaun.

Lutman gelangte zu folgenden Resultaten: Der größte Teil der Kernhöhle wird eingenommen von einem sehr feinen Netzwerk, das nur schwach gefärbt wird. Die Stellen, welche dunkler gefärbt werden, betrachtet er als Knoten im Netzwerk und nicht als besondere Körperchen. In der Mitte des Kernes befindet sich eine Masse, die stark gefärbt wird und dieselbe Stelle einnimmt wie der Nukleolus bei den höheren Pflanzen und wahrscheinlich auch dieselbe Funktion hat wie dieser. Bei *Closterium moniliferum* bildet diese Masse einen eckigen Körper; bei *Closterium Ehrenbergii* ist sie aus einer Anzahl Körperchen zusammengesetzt, die zum Teil

<sup>1)</sup> Klebahn, H. Studien über Zygoten. I. Die Keimung von *Closterium* und *Cosmarium*. (Pringsheims Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. XXII. p. 420 u. folg.)

<sup>2)</sup> Over de kernstructuur en de karyokinese bij *Closterium Ehrenbergii* Men. [On the structure of the nucleus and karyokinesis in *Closterium Ehrenbergii* Men.] (Verslag v. de Verg. der Koninkl. Akad. v. Wetensch. te Amsterdam, Wis- en Natuurk. Afd., van 25 Juni 1910. p. 170.)

<sup>3)</sup> Lutman, B. F., Cell and nuclear division in *Closterium*. (Botan. Gazette. 1911. Vol. LI. p. 401—430.)

auf verschiedene Weise zusammengeschmolzen sind und teils eckige, teils abgerundete Umrisse zeigen.

Wenn die Kernteilung anfängt, bildet nach Lutmann das Netzwerk einen Faden (Spirem), der mittelst Querschnitt in eine Anzahl Chromosomen auseinanderfällt. Dieser Kernfaden zeigt eine unregelmäßige Kontur; das gilt anfangs auch für die Chromosomen, aber später haben diese eine glatte Oberfläche. Die Form des Kernes ändert sich; sie verliert ihre scharfe Kontur. Bei den zukünftigen Polen der Kernspindel wird sie dicker und beim Äquator dünn und unregelmäßig. Die Kernspindel selbst ist hauptsächlich cytoplasmatischer Natur. Eine Einwachsung von Spindelfasern im Kern ist nicht wahrnehmbar. Die Chromosomen sind mittelst schwach gefärbter Fäden miteinander und mit der Kernwand verbunden. Die Kernspindel ist weit und hat gleichen Umfang an den Polen und in der Mitte. Keine Zentrosomen erscheinen an den Polen. Kugelförmige Körper, die man bisweilen beobachtet, können metaplasmatischer Natur sein oder vielleicht Reste des alten Nukleolus. Die Spindel ist an zwei Seiten mittelst Plasmasträngen aufgehängt. Im äquatorialen Durchschnitt der Kernfigur sind die stabförmigen Chromosomen geordnet. Fäden, die von jedem Chromosom nach den beiden Polen laufen, ziehen die Chromosomen, welche sich der Länge nach spalten, entzwei. Die Chromosomen rücken nach den Polen; anfangs liegen sie da in einer Fläche; mit den Enden fügen sie sich zusammen und bilden auf diese Weise ein Dispirem. Das Spirem enthält anfangs alles Chromatin. Aus dem Spirem entwickelt sich das Netzwerk. Im Netzwerk erscheinen zahlreiche kleine Körperchen, die stärker gefärbt werden als das Netzwerk selbst. Diese fließen zusammen und bilden oft Massen von beträchtlichem Umfang. Wenn der Kern sich längs der Zellwand fortbewegt, bilden sie zwei Gruppen, und zuletzt haben sie sich in der Mitte des Kernes zu einem Körper vereinigt. Dieser Körper ist der Nukleolus. Bei *Closterium Ehrenbergii*, wo nur eine teilweise Zusammenfließung stattfindet, besteht derselbe aus einer Anzahl zusammenhängender Massen; bei *Closterium moniliferum* ist die Zusammenfließung vollkommen.

Bevor die Querwand geschlossen ist, fängt die Wanderung der Tochterkerne an; sie begeben sich nach der Peripherie und wohl nach der konvexen Seite; sie gehen um den Chromatophoren und durch die Gruben derselben, wo sich Plasmabahnen befinden. Wenn sie zu der Einschnürung der Chromatophoren gelangen, ändert sich ihre Form. Lutman nimmt an, daß die Teilung der Chromatophoren unter ihrem Einfluß vollendet wird.

## Eigene Untersuchungen.

### Material.

Vor vielen Jahren hatte ich schon die Absicht, bei *Closterium* Untersuchungen über die Kern- und Zellteilung anzustellen, aber

wegen Mangels an genügendem Material mußte ich mehrmals meine Versuche aufgeben, bis es mir im März und April 1910 gelang, *Closterium Ehrenbergii* Menegh. während einiger Zeit mit gutem Erfolg zu kultivieren; im Juni und Juli 1911 gelang mir dies auch mit *Closterium acerosum* (Schrank) Ehrenb. Demzufolge verfügte ich über überflüssiges und gesundes Material von beiden Arten mit zahlreichen, in Teilung begriffenen Exemplaren, so daß ich imstande war, alle vorkommenden Teilungsstadien zu wiederholten Malen einer Untersuchung zu unterwerfen.

Beide Closterien gehören zu den großen Arten. Die Länge von fünf sich teilenden, also ausgewachsenen Exemplaren von *Closterium Ehrenbergii* belief sich auf 488 bis 580  $\mu$ , durchschnittlich auf 537  $\mu$ ; die Länge von acht Exemplaren von *Closterium acerosum*, welche in Teilung begriffen waren, variierte zwischen 328 und 644  $\mu$  und war durchschnittlich 483  $\mu$ .

Im Querschnitt sind beide Closterien rund. Wenn man *Closterium Ehrenbergii* von der Seite betrachtet, so zeigt seine Form sich der Mondsichel ähnlich; die Spitzen sind stumpf. *Closterium acerosum* ist in der Mitte zylindrisch; seine Enden sind verdünnt und schwach gebogen; die Spitzen sind stumpf.

### Methode.

Bei lebendigem Material kann man nur wenig von der Kernteilung beobachten, weniger als bei *Spirogyra*; deshalb mußte die Untersuchung hauptsächlich an fixiertem Material stattfinden. Als Fixiermittel wurde das Flemmingsche Gemisch gebraucht (1 Gramm Chromsäure, 6 Gramm Eisessig, 0,5 Gramm Osmiumsäure, 120 ccm destilliertes Wasser). Um die Kernfigur deutlich wahrnehmbar zu machen, wurde eine Chromsäurelösung angewendet. Mittelst derselben wurde das Cytoplasma mit den Chromatophoren und der Stärke gelöst. Wenn dieses stattgefunden hat, fallen die platten Kerne um, was für die Untersuchung einen großen Vorteil gewährt, weil man dadurch die Gelegenheit hat, denselben Kern in horizontaler und in vertikaler Stellung zu untersuchen; das gilt sowohl für den ruhenden Kern als auch für die verschiedenen Teilungsstadien. Wenn die Chromsäure während längerer Zeit einwirkt, so übt sie auch auf die Kerne eine lösende Wirkung aus; sie greift dabei die verschiedenen Teile in verschiedenem Maße an, was auch zur Erlangung einer genauen Kenntnis der Kernstruktur beiträgt.

Die obenerwähnte Methode habe ich schon früher beschrieben.<sup>1)</sup> Bezüglich derselben werde ich deshalb nicht auf die Einzelheiten

<sup>1)</sup> Über den Nukleolus von *Spirogyra*. Ein Beitrag zur Kenntnis der Karyokinese. (Bot. Zeitung. Jahrg. 56. 1898. Abt. I. p. 199.) — Über das Kerngerüst. Zweiter Beitrag zur Kenntnis der Karyokinese. (Bot. Zeitung. Jahrg. 57. 1899. Abt. I. p. 155.) — Über Kernteilung bei *Spirogyra*. Dritter Beitrag zur Kenntnis der Karyokinese. (Flora od. Allgem. bot. Zeitung. Bd. 87. 1900. p. 356.) — Über abnormale Kernteilung. Fünfter Beitrag zur Kenntnis der Karyokinese. (Bot. Zeitung. Jahrg. 61. 1903. Abt. I. p. 210.) — Über die Karyokinese bei *Oedogonium*. Sechster Beitrag zur Kenntnis der Karyokinese. (Beih. z. Botan. Centralbl. Bd. XXIII. 1908. Abt. I. p. 138, 139, 140 ff.)

eingehen. Nur will ich darauf hinweisen, daß man das Material sehr vorsichtig mit dem Flemmingschen Gemisch behandeln muß. Die Kerne müssen durch die Behandlung mit demselben gegenüber Chromsäure eine sehr große Widerstandsfähigkeit erhalten; das Cytoplasma mit den Chromatophoren und der Stärke muß sich dagegen allmählich in der Chromsäurelösung auflösen, ohne sich zusammenzuziehen oder zu zerfließen. Um das zu erreichen, wurde mit wenig Flemmingschem Gemisch fixiert und wurde täglich geprüft, ob die Einwirkung genügend gewesen war, und bisweilen wurde, falls es nötig war, noch etwas Flemmingsches Gemisch hinzugefügt.

Die Behandlung mit Chromsäure wurde bisweilen mit einer Färbung der Kerne kombiniert. Dafür wurde eine wässerige, neutrale oder mit verdünnter Essigsäure schwach angesäuerte Lösung von Brillantblau extra grünlich gebraucht, mit welcher die Präparate nach Auswaschung der Chromsäure behandelt wurden. Die Färbung wurde angewendet, um die feinsten Teile des Kerngerüsts, wie zum Beispiel die feinen, fadenförmigen Verbindungen zwischen den Chromosomen, wahrnehmbar zu machen.

### Closterium und Spirogyra.

Bevor ich zu der Erwähnung meiner Resultate übergehe, muß ich kurz den Standpunkt angeben, auf den ich mich stelle hinsichtlich der sehr verschiedenen Ansichten über die Kernstruktur und die Karyokinese bei *Spirogyra*, weil der Leser sonst nicht begreifen würde, was ich mit Ausdrücken meine, wie ähnlich mit oder verschieden von *Spirogyra*.

Nach meinen letzten Publikationen über die Karyokinese von *Spirogyra* habe ich noch mehrmals Untersuchungen über dieselbe angestellt, sowohl bei Arten, über welche ich schon publiziert hatte, als bei anderen. Diese Untersuchungen haben nimmer Zweifel an den früher von mir erhaltenen Resultaten erregt. Im allgemeinen zeigten die neu untersuchten Arten nur kleine Verschiedenheiten gegenüber den früher untersuchten. Nur die Untersuchung einer aus England empfangenen Spezies führte zu neuen Ergebnissen. Ich habe die Absicht, darüber später Mitteilungen zu machen.

Alle von mir untersuchten Spezies stimmen darin überein, daß der Nukleolus oder die Nukleolen als kleine Kerne in einem großen Kern betrachtet werden müssen, eine Vorstellung, welche in Übereinstimmung ist mit der Ansicht Carnoys,<sup>1)</sup> der zuerst auf die merkwürdige Struktur, welche der Nukleolus bei *Spirogyra* besitzt, die Aufmerksamkeit lenkte. Wie es sich mir<sup>2)</sup> gezeigt hat, kann man alle Teile, die man bei einem Kern beobachten kann, auch bei dem Nukleolus von *Spirogyra* mit zweckmäßigen Mitteln nachweisen, nämlich eine Wand und einen Inhalt, der einen oder

<sup>1)</sup> Carnoy, J. B., Biologie cellulaire. Fasc. 1. p. 236.

<sup>2)</sup> Über den Nukleolus von *Spirogyra*. (l. c. p. 220 u. folg.) Über Kernteilung bei *Spirogyra*. (l. c. p. 374 u. folg. p. 359 u. 360.) Über abnormale Kernteilung. (l. c. p. 215 u. folg. u. p. 241.)

zwei Fäden oder ein Gerüst enthält, gleich wie sie Kerne gewöhnlich haben, nebst einer Substanz, welche mit derjenigen der gewöhnlichen Nukleolen verglichen werden kann. Meist füllen die genannten Inhaltsbestandteile den Raum im Nukleolus nicht ganz aus und kann man noch eine oder mehrere, Flüssigkeit enthaltende Höhlen im Nukleolus unterscheiden. Auch bei der Teilung zeigen bei *Spirogyra* die Nukleolen sehr wichtige Punkte von Übereinstimmung mit Kernen, wie z. B. die Auflösung der Wand und der Substanz, welche mit der gewöhnlichen Nukleolen Ähnlichkeit zeigt, und die Längsspaltung von Körperchen, die mit Chromosomen verglichen werden können. Wie aus Obigem hervorgeht, bleibe ich, was den Kern von *Spirogyra* anbetrifft, bei meiner früher gegebenen Vorstellung.

Die Kerne von *Spirogyra* sind, soweit die Untersuchung reicht, von allen pflanzlichen Kernen verschieden durch ihre merkwürdigen Nukleolen. Es versteht sich, daß ich bei der Untersuchung der noch wenig bekannten Kerne von *Closterium* besonders meine Aufmerksamkeit auf die Nukleolen richtete, deren eigentümliches Aussehen schon die Aufmerksamkeit der Untersucher erregt hatte. Die Lösung der Frage, ob *Closterium* ebenso merkwürdige Nukleolen hat wie *Spirogyra* und die beiden Konjugaten in dieser Hinsicht miteinander übereinstimmen, war für mich also ein wichtiger Punkt der Untersuchung. Jedoch habe ich bei *Closterium* auch in anderen Hinsichten versucht, so viel als möglich unsere Kenntnis der Kernstruktur und der Karyokinese zu fördern.

### Der ruhende Kern.

Der Kern befindet sich bei vollwüchsigen Exemplaren von *Closterium* gewöhnlich ungefähr in der Mitte der Zelle, d. h. ungefähr gleich weit von den beiden Enden der Zelle und im Querschnitt überall ungefähr gleich weit von der Zellwand. Von dieser Regel kommen jedoch Ausnahmen vor. Bei beiden *Closterium*arten befindet der Kern sich oft näher bei dem einen Ende als beim anderen<sup>1)</sup> und bei *Closterium Ehrenbergii* kommt es bisweilen vor, daß der Kern sich bedeutend näher befindet bei dem Teil der Wand, der demselben die konkave Seite zuwendet. Bei vollwüchsigen *Closterien* kommt der Kern immer in der letztgebildeten Zellhälfte vor, in geringer Entfernung der älteren Zellhälfte oder ungefähr in der Mitte eines eingeschalteten Membranstückes, also immer in dem letztgebildeten Teil der Zelle, dessen Wand etwas dünner ist.

Was die Form anbetrifft, so stimmen die Kerne der beiden *Closterien* mit denen vieler *Spirogyraspezies* überein. Dieselben sind einigermaßen platt, auf der Kante gesehen oval (Fig. 1 und Fig. 21), von der Seite gesehen rund (Fig. 2 und Fig. 22). Die Stellung der Kerne in den Zellen ist auch dieselbe wie bei *Spirogyra*.

<sup>1)</sup> van Wisselingh, C., Über die Zellwand von *Closterium*. (Zeitschr. f. Bot. Jahrg. 4. p. 376.)

Die Seiten sind den Enden der Zellen zugekehrt. Die Kerne sind von einem Plasmaschichtchen (Fig. 1) umgeben und kurze Plasmastränge oder Aufhängefäden gehen vom Kern nach dem wandständigen Plasma (Fig. 1).

Die Größe der Kerne übertrifft bei *Closterium Ehrenbergii* die der Spirogyrakerne. Hierunter folgen einige Angaben des Durchmessers von Kernen von *Closterium Ehrenbergii* und *Closterium acerosum* und einiger dicker Spirogyraspezies.

*Closterium Ehrenbergii* Menegh., gefunden bei Groningen, von 37 bis 66  $\mu$ , im Durchschnitt 53  $\mu$ .

*Closterium acerosum* (Schrank.) Ehrenb., gefunden bei Groningen, von 27 bis 38  $\mu$ , im Durchschnitt 31  $\mu$ .

*Spirogyra crassa* Ktz., gefunden bei Utrecht und determiniert von Moll<sup>1)</sup>, von 40 bis 44  $\mu$ , im Durchschnitt 42  $\mu$ .

*Spirogyra maxima* (Hass.) Wittr., gefunden bei Groningen, von 31 bis 40  $\mu$ , im Durchschnitt 36  $\mu$ .

*Spirogyra triformis* n. sp. (mit sechs Chromosomen in der Kernplatte)<sup>2)</sup>, gefunden bei Steenwyk, von 27 bis 31  $\mu$ , im Durchschnitt 28,5  $\mu$ .

*Spirogyra setiformis* (Roth.) Kg., gefunden bei Steenwyk, von 27 bis 31  $\mu$ , im Durchschnitt 27  $\mu$ .

Bei dem Kern von *Closterium Ehrenbergii* (Fig. 1 und 2) und *Closterium acerosum* (Fig. 21 und 22) kann man dieselben zusammensetzenden Teile unterscheiden, welche im allgemeinen bei Kernen vorkommen, nämlich die Kernmembran, das Kerngerüst, den Nukleolus oder die Nukleolen und den Kernsaft. Die Kernwand ist dünn; sie scheint dünner als bei *Spirogyra* zu sein. Sie leistet der Einwirkung der Chromsäure nicht lange Widerstand. Das Kerngerüst hat eine feine, gleichmäßige, netzartige Struktur. Sehr stark verdickte Knoten oder Punkte kommen im Netzwerk nicht vor.

Bei *Closterium Ehrenbergii* (Fig. 1 und 2) hat der Nukleolus ein eigentümliches Aussehen. Er besteht aus einer Ansammlung meist runder oder abgerundeter, polyedrischer Körperchen, die größtenteils aneinander festsitzen, die man aber mit geeigneten Mitteln doch deutlich voneinander unterscheiden kann. Wenn man das Kerngerüst in Chromsäure auflöst, so kann man leicht konstatieren, daß viele der kleinen Körperchen aneinander befestigt sind. Jedes Körperchen kann man als einen besonderen kleinen Nukleolus betrachten und das Ganze als eine Ansammlung kleiner Nukleolen. Bisweilen kommen zwischen diesen ein oder ein Paar vor, die bedeutend größer als die anderen sind und dabei mehr oder weniger kugelförmig sind. Es kommt mir vor, daß die kleinen Nukleolen in den Maschen des netzartigen Kerngerüsts liegen, was wahrscheinlich die Zusammenfließung zu einem großen Nukleolus

<sup>1)</sup> Moll, J. W., Observations on Karyokinesis in *Spirogyra*. (Verhandel. d. Koninkl. Akad. v. Wetensch. te Amsterdam. Sect. 2. D. 1. No. 9. p. 16.)

<sup>2)</sup> van Wisselingh, C., Über Kernteilung bei *Spirogyra*. (l. c. p. 356 u. 362.)

verhütet. Bei der Besprechung der Karyokinese wird es sich zeigen, daß für diese Ansicht und auch für die Folgerung, daß die Nukleolen aus flüssiger Substanz bestehen, Gründe beizubringen sind. Bei *Closterium acerosum* (Fig. 21 und 22) befindet sich mitten in dem Kern ein großer Nukleolus.

Die kleinen Nukleolen bei *Closterium Ehrenbergii* und der Nukleolus bei *Closterium acerosum* stimmen mit den Nukleolen, die man allgemein im Pflanzenreich findet, überein und nicht mit den bei *Spirogyra* im normalen Zustand anwesenden Nukleolen. Mit kleinen Kernen können sie überhaupt nicht verglichen werden. Sie haben keine Wand und ebensowenig ist bei *Closterium Ehrenbergii* die Ansammlung von Nukleolen von einer Wand umgeben; auch können keine Fäden als integrierende Bestandteile in den Nukleolen unterschieden werden oder mittels Chromsäure aus denselben isoliert werden, wie es bei dem Nukleolus von *Spirogyra* der Fall ist.

Bedeutende Unterschiede zwischen den Nukleolen in verschiedenen Kernen, wie nach de Wildeman bei *Closterium* sich zeigen, habe ich bei *Closterium Ehrenbergii* und *Closterium acerosum* nicht gefunden. Wohl bilden bei *Closterium Ehrenbergii* die kleinen Nukleolen in einigen Kernen eine mehr oder weniger kompakte Masse und in anderen eine Masse, die etwas lockerer aussieht, was wahrscheinlich de Wildeman zur Annahme von zweierlei Typen geführt hat, aber essentielle Unterschiede sind von mir nicht konstatiert worden.

### Karyokinese.

Wenn bei *Closterium Ehrenbergii* oder bei *Closterium acerosum* bald Teilung stattfinden wird, so treten sowohl im Cytoplasma als beim Kern Veränderungen auf. Die beiden Chromatophoren zeigen in einiger Entfernung vom Kern eine Einschnürung, als Anfang einer Trennung in zwei Teile. Bei dem Kern sammelt sich Cytoplasma an und der Kern selbst zeigt auch bedeutende Modifikationen. Diese sind bei den zwei *Closterium*arten nicht dieselben.

Bei *Closterium Ehrenbergii* (Fig. 3) findet folgendes statt: Die Nukleolen verbreiten sich in dem Kern; das Kerngerüst bildet wahrnehmbare Fäden und die Kernwand wird aufgelöst. Von diesen drei Prozessen ist die Verbreitung der zahlreichen Nukleolen im Kern am meisten auffallend. Die Fäden, welche aus dem Kerngerüst entstehen, sind anfangs perlenschnurförmig. Sie ziehen sich allmählich zusammen und bilden eine große Zahl dickere, kurze Fäden oder Chromosomen. Während solches stattfindet, vereinigen viele Nukleolen sich, so daß große Kugeln entstehen. Die Veränderungen, welche das Kerngerüst erleidet, scheinen mit der Vereinigung der Nukleolen im genauesten Zusammenhang zu stehen. Durch die Zusammenziehung des Kerngerüsts zu dickeren Fäden scheinen die Nukleolen mehr Gelegenheit zu haben, zusammenzufließen. Die zahlreichen Nukleolen bilden ein Hindernis für die genaue Beobachtung der Kernfäden. Diese gelingt aber sehr gut mit Hilfe von Chromsäurelösung. (Fig. 4.) Nachdem das Cytoplasma sich

in derselben aufgelöst hat, fällt der Kern um und darauf findet ein allmähliches Auseinanderfallen statt. Die perlenschnurförmigen Kernfäden werden dann deutlich wahrnehmbar. Nach Auswaschung der Chromsäure kann man mittelst Brillantblau extra grünlich nachweisen, daß die Kernfäden durch kurze, feine Fädchen miteinander verbunden sind. Die Auflösung dieser feinen Verbindungen läßt das Kerngerüst auseinanderfallen. Bei Weiterführung der Chromsäureeinwirkung werden auch die Kernfäden und Nukleolen aufgelöst. Ich konnte dabei bemerken, daß die Kernfäden etwas länger Widerstand leisten als die Nukleolen. Die Zusammenfließung der Nukleolen zu Kugeln während der Karyokinese beweist, daß sie aus einer flüssigen Substanz bestehen. Wenn die Kernwand aufgelöst ist und das Gerüst sich zusammenzieht, geraten die Nukleolen größtenteils außerhalb des Kernes; demzufolge beobachtet man bei mehr vorgerückten karyokinetischen Zuständen auf beiden Seiten der Kernfiguren eine große Anzahl Kugeln von verschiedener Größe (Fig. 6 u. 7). Allmählich lösen sich diese im Cytoplasma auf.

Bei *Closterium acerosum* modifiziert die Form des Kernes sich beim Anfang der Karyokinese. Auf die Kante gesehen, ist der Kern dann nicht mehr oval, sondern ungefähr rechtwinkelig (Fig. 23). Das feine, gleichmäßige Netzwerk erhält ein anderes Aussehen (Fig. 23 und 24); es bekommt eine gröbere Struktur; man kann eine große Anzahl Verdickungen in demselben unterscheiden, nämlich kurze, dicke Körperchen oder Chromosomen, welche gleichmäßig im Kern verbreitet sind. Bei vorgerückter Einwirkung der Chromsäurelösung werden die feinen Verbindungen zwischen den kurzen Chromosomen und der Nukleolus aufgelöst. Die Chromosomen zeigen sich dann als eine Anzahl lose herumschwimmender Körner und bleiben noch während einiger Zeit wahrnehmbar. Während der Karyokinese wird der Nukleolus aufgelöst. Der Nukleolus gerät bei *Closterium acerosum* nicht aus dem Kern ins Cytoplasma, wie es mit den Nukleolen von *Closterium Ehrenbergii* der Fall ist. Sowohl bei lebendigem als auch bei fixiertem Material kann man überhaupt nichts wahrnehmen, was darauf hinweist. Bei lebendigem Material sieht man den Nukleolus während der Karyokinese allmählich undeutlich werden und zuletzt verschwinden. Die Kernwand wird aufgelöst.

Wenn der Kern bei *Closterium Ehrenbergii* und bei *Closterium acerosum* die obenerwähnten Veränderungen erlitten hat, fängt die Bildung der Kernplatte an. Die Chromosomen rücken nach der Teilungsebene des Kernes oder Äquatorialebene und schließlich befinden sie sich alle in dieser Ebene. Die Kernplatte (Fig. 6, 7, 25 und 26) ist dann gebildet. Dieselbe liegt in der Mitte einer beträchtlichen Plasmamasse, die sich bisweilen bis an die Zellwand ausbreitet (Fig. 25). Die Aufhängefäden sind dann weggefallen. In der Mitte, wo die Kernplatte sich befindet, ist die Plasmamasse am dicksten und am Rande ist sie schmaler.

Die Kernplatte zeigt bei *Closterium Ehrenbergii* (Fig. 6 und 7) folgende Einzelheiten: Sie ist platt. Von der Seite gesehen, ist sie ungefähr rund. Sie hat einen beträchtlichen Umfang. Der

Durchmesser hat eine Länge von 26 bis 40  $\mu$ , durchschnittlich von 34  $\mu$ . Zwar ist die Struktur der Kernplatte ziemlich günstig für die Bestimmung der Chromosomenzahl, aber dieselbe ist so groß, daß es mir nicht gelingen dürfte, sie genau zu bestimmen. Sie beträgt mehr als sechzig. Wie in anderen Fällen, nämlich bei *Spirogyra*<sup>1)</sup>, im Embryosack<sup>2)</sup> von *Fritillaria* und *Leucojum*, bei *Oedogonium*<sup>3)</sup>, liegen die Chromosomen nicht frei im Cytoplasma, sondern sie bilden mittels feiner, fadenförmiger Verbindungen ein zusammenhängendes Ganzes. Durch Behandlung des mit dem Flemmingschen Gemisch fixierten Materials mit Chromsäurelösung gelingt es, das Cytoplasma aufzulösen und die Kernplatte im ganzen abzusondern. Bisweilen reißt die Zellwand und gerät die Kernplatte außerhalb der Zelle. Man sieht dann die umgefallene Kernplatte in der Chromsäurelösung schwimmen. Die Chromosomen behalten anfangs dabei im Verhältnis zueinander dieselbe Stelle. Erst nach längerer Einwirkung werden die feinen Verbindungen zwischen den Chromosomen aufgelöst. Demzufolge lassen die Chromosomen einander los und gehen auseinander (Fig. 5). Sie sind von verschiedener Länge. Im allgemeinen sind sie kurz; die meisten sind sehr kurz; die längeren ragen an einer der beiden Seiten der Kernplatte hervor (Fig. 6 und 7). Ihre Form ist verschieden; einige, besonders die kleinen, sind gerade oder schwach gebogen. Andere sind auf verschiedene Weise gebogen und bilden J-, S-, L-, U- und V-förmige und andere Figuren. Alle zeigen einen Längsstreifen, der die Stelle andeutet, wo sie sich entzweispalten.

Die Kernplatte bei *Closterium acerosum* (Fig. 25, 26 und 27) zeigt große Übereinstimmung mit der von *Closterium Ehrenbergii*. Auch bei *Closterium acerosum* bildet sie einen sehr platten, ungefähr runden Körper. Ihr Umfang ist geringer als bei *Closterium Ehrenbergii*. Ich fand, daß der Durchmesser eine Länge von 20 bis 22  $\mu$  hatte. Bei sich spaltenden Kernplatten belief sich die Länge des Durchmessers nur auf 16  $\mu$ , so daß ich annehmen muß, daß vor der Spaltung eine Zusammenziehung stattfindet. Die Zahl der Chromosomen ist bei *Closterium acerosum* auch sehr groß und ist gewiß nicht geringer als bei *Closterium Ehrenbergii*. Ich habe deswegen die Zahl nicht genau feststellen können. Wie bei *Closterium Ehrenbergii* sind die Chromosomen mittels feiner Verbindungen miteinander verbunden (Fig. 27). Während der Behandlung mit Chromsäure beobachtet man dieselben Erscheinungen, wie bei *Closterium Ehrenbergii*. Was die Größe der Chromosomen anbetrifft, so bemerke ich, daß sie sehr kurz sind, kürzer als bei *Closterium Ehrenbergii*, und daß ihre Länge weniger verschieden ist als bei letztgenannter Spezies. Nur ein einzelnes Chromosom, das länger ist, ragt aus der Kernplatte ein wenig hervor (Fig. 25). Die Form der Chromosomen ist einigermaßen verschieden. Man findet unter

1) Über den Nukleolus von *Spirogyra* (l. c. p. 209).

2) Über das Kerngerüst (l. c. p. 168).

3) Über die Karyokinese bei *Oedogonium* (l. c. p. 140).

denselben stab-, komma-, J- und S-förmige, aber keine stark gebogene, was mit ihrer geringen Länge zusammenhängt.

Wie aus obigem hervorgeht, liefert *Closterium*, besonders *Closterium Ehrenbergii*, wieder ein Beispiel eines Kernes mit Chromosomen verschiedener Länge. Früher hat diese Erscheinung im Pflanzenreich wenig die Aufmerksamkeit auf sich gezogen. Im Jahre 1898 habe ich<sup>1)</sup> gezeigt, daß bei *Spirogyra* zwei der zwölf Chromosomen sich dadurch von den anderen unterscheiden, daß sie ein dünnes Ende haben, aus dem man mittels Chromsäure ein kleines fadenförmiges Körperchen absondern kann, das noch ziemlich lange der Chromsäureeinwirkung Widerstand leistet, wenn die Chromosomen übrigens schon aufgelöst sind. Die beiden abweichenden Chromosomen sind oft etwas länger als die anderen. Zwei ähnliche Chromosomen habe ich<sup>2)</sup> später bei einer *Spirogyraspezies* gefunden, bei welcher im ganzen nur sechs Chromosomen in der Kernplatte vorkommen. Bei *Closterium* unterscheiden die Chromosomen sich nur in Länge von einander. Diese Erscheinung ist im Jahre 1905 von Rosenberg<sup>3)</sup> im Pflanzenreich beobachtet, nämlich bei *Listera* und 1908 von mir<sup>4)</sup> bei *Oedogonium*; später ist sie auch noch bei anderen Pflanzen wahrgenommen worden.

Die Teilung der Kernplatte in zwei Kernplattenhälften und das Auseinanderweichen dieser Hälften findet bei *Closterium* auf die gewöhnliche Weise statt. Die Chromosomen spalten sich dabei der Länge nach. Bei *Closterium Ehrenbergii* (Fig. 8, 9, 10, 11, 12 und 13) zeigt der Prozeß folgende Einzelheiten: Beim Auseinanderweichen der Kernplattenhälften bleiben die Enden der Chromosomenhälften am längsten miteinander verbunden. Demzufolge bilden die beiden Hälften der kürzeren Chromosomen zusammen oft rautenförmige Figuren und später für sich allein V-förmige, mit nacheinander zugewendeten Schenkeln. Bei den längeren Chromosomen weichen zuerst die Hälften der Teile, die mit anderen Chromosomen durch feine Fädchen verbunden sind, voneinander und später lassen auch die Hälften der freien Enden einander los. Während der Auseinanderweichung der Kernplattenhälften bleiben die Hälften der freien Enden der längeren Chromosomen am längsten miteinander verbunden. Zuletzt lassen auch die Hälften der längeren Chromosomen einander los. Bei der Trennung der beiden Hälften der längeren Chromosomen biegt die eine Hälfte des freien, aus der Kernplatte hervorragenden Teils sich um, so daß nach dem Auseinanderweichen der Kernplattehälften die freien Enden der längeren Chromosomenhälften nach einander gerichtet sind (Fig. 14). Während der Spaltung bleiben die Chromosomenhälften, welche zu derselben Kernplattehälfte gehören mit feinen, fadenförmigen Verbindungen aneinander befestigt. Während der Einwirkung der Chromsäure kann man alle obenerwähnte Einzelheiten deutlich beobachten. Die

1) Über den Nukleolus von *Spirogyra* (l. c. p. 205 u. folg.).

2) Über Kernteilung bei *Spirogyra* (l. c. p. 147).

3) Zur Kenntnis der Reduktionsteilung in Pflanzen (Botan. Notizen, 1905, Separatabdr., p. 9).

4) Über die Karyokinese bei *Oedogonium* (l. c. p. 141).

rautenförmigen, V-förmigen und anderen Figuren, welche aus den spaltenden Chromosomen hervorgehen, kommen nach der Auflösung der feinen Verbindungen in Chromsäure ganz frei (Fig. 9, 11 und 13).

Bei *Closterium acerosum*, bei welcher Spezies die Chromosomen kleiner und zumal kürzer sind als bei *Closterium Ehrenbergii*, habe ich mit Hilfe von Chromsäure bei den spaltenden Kernplatten (Fig. 28 u. 29) keine rauten- und V-förmige Figuren unterscheiden können. Wie bei *Closterium Ehrenbergii* bleiben auch bei *Closterium acerosum* während der Spaltung die Enden der Hälften der freien, hervorragenden Teile der längeren Chromosomen gewöhnlich am längsten miteinander verbunden und deswegen sind nach der Trennung die freien Teile der längeren Chromosomenhälften nacheinander gerichtet (Fig. 33). Bisweilen konnte ich bei *Closterium acerosum* feststellen, daß ein längeres Chromosom sich beim Spaltungsprozeß auf eine andere Weise verhielt. Es fand nämlich keine Umbiegung der einen Chromosomenhälfte statt und nach dem Auseinanderweichen der Kernplattenhälften waren die freien Teile der Chromosomenhälften beide nach rechts oder nach links gerichtet (Fig. 30). Wie bei *Closterium Ehrenbergii* bleiben auch bei *Closterium acerosum* die zu derselben Kernplatte gehörigen Chromosomenhälften während der Spaltung durch feine Fädchen miteinander verbunden.

Der Umfang der Kernplattenhälften nimmt bei *Closterium Ehrenbergii*, während sie auseinanderweichen, ab. Ich fand nämlich, daß die Kernplatte einen Durchmesser von 26 bis 40  $\mu$  hatte, im Durchschnitt von 34  $\mu$  und daß die Kernplattenhälften, nachdem sie sich mehr oder weniger voneinander entfernt hatten, einen Durchmesser von 21 bis 30  $\mu$  hatten, durchschnittlich von 25  $\mu$ . Deshalb muß man annehmen, daß die Kernplattenhälften während ihrer Auseinanderweichung sich zusammenziehen. Zugleich richten die freien Teile der längeren Chromosomen sich seitwärts. Demzufolge entsteht auch bei *Closterium Ehrenbergii*, nämlich wenn viele längere Chromosomen vorliegen, die typische Figur, welche der als Dyaster bekannten Phase eigen ist (Fig. 15).

Wie oben erwähnt, wird bei *Closterium acerosum* der Umfang der Kernplatte, ehe sie sich in zwei Kernplattenhälften teilt, kleiner. Nach der Spaltung nehmen die Kernplattenhälften wieder an Umfang zu. Während ich fand, daß während der Spaltung der Durchmesser der Kernplatte 16  $\mu$  war und kurz nach der Spaltung der Kernplattenhälften auch 16  $\mu$ , konnte ich bei späteren Teilungsstadien Kernplattenhälften mit einem Durchmesser von 28, 30, 36 und 40  $\mu$  beobachten. Die Zunahme an Umfang ist bisweilen bei den beiden Kernplattenhälften verschieden. Einmal sah ich zwei Kernplattenhälften, deren Durchmesser 30 und 40  $\mu$  war. Auch ändert sich die Form der Kernplattenhälften. Sie werden allmählich einigermaßen schalenförmig (Fig. 35). Die konkaven Seiten sind nacheinander zugekehrt. Später wird diese Wölbung wieder ausgeglichen.

Wie oben schon erwähnt, geraten bei *Closterium Ehrenbergii* die Nukleolen ins Cytoplasma, wo sie um die Kernfigur eine Anzahl größerer und kleinerer Kugeln und Massen bilden (Fig. 6, 7

und 14). Nicht selten bleibt anfangs ein Teil derselben zwischen den Chromosomen an der Kernplatte hängen (Fig. 7) und bisweilen finden sich noch beträchtliche Massen zwischen und an den auseinander weichenden Kernplattenhälften (Fig. 14). Bei *Closterium acerosum*, wo der Nukleolus sich bald ganz auflöst, kommen die oben erwähnten eigentümlichen Erscheinungen nimmer vor.

Wenn bei *Closterium Ehrenbergii* und *Closterium acerosum* die Kernplatte sich gebildet hat, fängt auch bald die Querwandbildung an. Die Querwand entwickelt sich auf ähnliche Weise wie bei *Spirogyra*. Der Prozeß fängt bei der Zellwand an und setzt sich einwärts fort (Fig. 31, 33 und 35), bis die Zelle durch eine flache Scheidewand in zwei Tochterzellen geteilt ist (Fig. 37). Dann bildet sich in jeder Tochterzelle durch Apposition eine neue Wand, welche die Querwand und die alte Zellwand bedeckt. Auf diesen Prozeß folgt bei *Closterium* ein Prozeß, der bei *Spirogyra* sich nicht ereignet, nämlich die Spaltung der Zellwand. Wo die Querwand sich befindet, bekommt die Zelle eine Einschnürung, die fortwährend stärker wird, was mit einer Durchschnürung der Mutterzellwand und mit einer Spaltung der neuen Querwand verbunden ist. Während und nach der Spaltung wölben die Hälften der Querwand hervor und wachsen bald stark aus.

Die Kernplatte ist bei *Closterium* von einer Spindel umgeben (Fig. 10 und 30). Diese entsteht aus dem Cytoplasma, das den Kern umgibt. In Übereinstimmung mit dem Umfang des Kerns und dem der Kernplatte ist die Kernspindel sehr weit, aber sie ist nicht kräftig entwickelt, viel weniger als es bei *Spirogyra* der Fall ist. Die Spindelfasern sind sehr dünn. Wenn die Kernplattenhälften sich voneinander entfernt haben, hat die Spindel sich an den Polen erweitert (Fig. 14, 15, 31 und 33). Früher habe ich<sup>1)</sup> durch Experimente nachgewiesen, daß bei *Spirogyra* die Kernspindel das Auseinanderweichen der Kernplattenhälften regelt und befördert. Ich kam bei *Spirogyra* nämlich zu dem Resultat, daß, wenn die Karyokinese auf abnorme Weise verläuft und dabei keine Spindel zur Entwicklung kommt oder mangelhafte Spindelbildung stattfindet, die Tochterkerne sich viel langsamer voneinander entfernen. Weiter fand ich, daß bei *Spirogyra* durch die kräftige Entwicklung der Kernspindel die Tochterkerne auch auseinander getrieben werden, wenn der Kern durch Zentrifugieren von seiner Stelle gerückt ist und mit den Chromatophoren und dem Plasma an der Wand gedrückt ist. In Verbindung mit obigem bin ich der Ansicht, daß die weniger kräftige Entwicklung der Kernspindel bei *Closterium* zusammenhängt mit der Weise, wie jeder Kern sich in den Tochterzellen nach der für ihn bestimmten Stelle begibt.

Während bei *Spirogyra* die Tochterkerne durch die Entwicklung der Kernspindel weit auseinander getrieben werden, so daß jeder sofort ungefähr die ihm zukommende Stelle einnimmt, gehen bei *Closterium*, wo die Spindel sich nicht so stark entwickelt als

<sup>1)</sup> Zur Physiologie der *Spirogyrazelle*. (Beih. z. Botan. Centralbl. 1908. Bd. XXIV. Abt. I. p. 147.)

bei *Spirogyra* und sich eher im Cytoplasma auflöst, die Tochterkerne anfangs nicht so weit auseinander. Nach der Bildung der Querwand haben die Tochterkerne sich wieder genähert und befinden sie sich in geringer Entfernung voneinander an beiden Seiten der Querwand (Fig. 37) in gegen dieselbe liegenden Plasmamassen. Bei *Closterium acerosum* werden die Kernplattenhälften, welche eine schalenförmige Gestalt bekommen hatten, wieder flach. Darauf bewegen sie sich an der Zellwand entlang und begeben sich nach den Stellen, wo die Chromatophoren sich entzwei teilen. Zuerst bewegen sie sich an der Querwand entlang und dann längs der Wand der Mutterzelle, und zwar an der Seite, welche am längsten und am meisten gebogen ist. In den Tochterzellen nehmen sie eine Stelle ein zwischen den beiden Chromatophoren, die durch Teilung aus einem Chromatophor der Mutterzelle hervorgegangen sind.

Wenn der Kern zwischen die beiden Chromatophoren gelangt ist, ist die Zelle noch nicht vollwüchsig; die neue Membranhälfte ist nämlich noch nicht völlig ausgewachsen. Das weitere Wachstum ist verbunden mit der weitergehenden Vergrößerung der Chromatophoren und Versetzung des Kerns nach der neuen Zellhälfte, in welcher sie in geringer Entfernung der alten Zellhälfte zum Stillstand kommt.

Gewöhnlich ist bei *Closterium* die Kernspindel gleichmäßig entwickelt. Bei *Closterium Ehrenbergii* kommt es aber bisweilen vor, daß der Kern sich nicht in der Mitte des Querschnittes der Zelle befindet, sondern näher bei der Seite, die am meisten gebogen ist; die Spindelfasern dehnen sich dann an der entgegengesetzten Seite mehr aus (Fig. 16).

Die Kernplattenhälften entwickeln sich bei *Closterium Ehrenbergii* auf die folgende Weise zu Tochterkernen: Während die Chromosomen sich allmählich zu einem feinen Netzwerke entwickeln, wird wieder eine Kernwand gebildet und entstehen Nukleolen. Die Chromosomen bekommen zuerst eine lockere Struktur und werden perlenschnurförmigen Fäden ähnlich (Fig. 13); sie können alsbald nicht mehr voneinander unterschieden werden und bilden ein Gewebe perlenschnurförmiger Fäden, die miteinander durch feine Fädchen verbunden sind. Wenn die Kernplattenhälften, welche dann noch sehr platt sind, während der Chromsäureeinwirkung umfallen, zeigen sie sich wie runde getüpfelte Körper (Fig. 17). Die feinen Verbindungen zwischen den Chromosomen werden allmählich in der Chromsäurelösung aufgelöst und die Kernplattenhälften fallen auseinander zu einer Anzahl perlenschnurförmiger Fäden von verschiedener Länge und Gestalt. Indem sich das Netzwerk von Fäden weiter entwickelt (Fig. 19 und 20), bekommt es allmählich ein mehr gleichmäßiges Aussehen, weil die Verdickungen aus demselben verschwinden. Schwer ist der Zeitpunkt zu bestimmen, in dem die Tochterkerne eine Wand bekommen. Schon früh treten im Netzwerk der Tochterkerne zahlreiche, anfangs kleine Nukleolen auf. Durch Zusammenfließen entstehen größere (Fig. 18 und 19). Sie nähern sich immer mehr und bilden einige Häufchen (Fig. 20) und schließlich eine große zentrale Masse oder Ansammlung von

Nukleolen. Wenn die Tochterkerne sich noch bei der Querwand befinden, sind die Nukleolen noch in großer Anzahl im Kern verbreitet (Fig. 18 und 19). Wenn der Kern zwischen den beiden Chromatophoren der Tochterzelle gelangt, bilden die Nukleolen einige Häufchen (Fig. 20). Diese Erscheinung hat Veranlassung gegeben zu der Folgerung, daß die Tochterkerne anfangs nicht mit einem, sondern mit mehreren Nukleolen ausgestattet sind. Wie der ruhende Kern, sind die Tochterkerne platt und rund, auch während sie sich längs der Längewand bewegen. Auf ihrer Wanderung längs der Zellwand fügt ihre Form sich nach den Umständen. Wenn sie Krümmungen machen, so biegen sie sich, und bei der Ankunft zwischen die Chromatophoren sind sie mit einem einwärts gerichteten Kiel ausgestattet (Fig. 20).

Bei *Closterium acerosum* zeigt die Entwicklung der Kernplattenhälften zu Kernen große Übereinstimmung mit der bei *Closterium Ehrenbergii*, aber auch einige Unterschiede. Das Netzwerk, das aus den Chromosomen hervorgeht, hat eine sehr feine gleichmäßige Struktur ohne Verdickungen. Derartig sieht es aus, wenn die Kernplattenhälften sich voneinander entfernt haben (Fig. 32). Wenn diese sich später wieder nähern, so modifiziert sich das Aussehen wieder. Das Netzwerk scheint eine gröbere Struktur zu bekommen (Fig. 34 und 36). Bald bilden sich überall in demselben kleine Klümpchen und dann größere unregelmäßige Massen (Fig. 38). Dieselben sind offenbar die Nukleolen. Sie schmelzen allmählich zu einer länglichen Masse zusammen (Fig. 40), die zuletzt im Zentrum des Kerns eine ellipsoidische Masse, den Nukleolus, bildet. Die Form der Tochterkerne ändert sich während der Entwicklung. Anfangs sind sie sehr platt und rund. Während ihrer Wanderung längs der Längewand sind sie in die Länge gereckt (Fig. 39 und 40) und sind sie mit zwei oder, was öfter der Fall ist, mit einem einzigen gereckten Nukleolus ausgestattet. Bei ihrer Ankunft zwischen die Tochterkerne zeigen sie bei mikroskopischer Betrachtung eine einigermaßen dreieckige Form (Fig. 41). Zuletzt nach der Einnahme ihrer Stelle zwischen den Chromatophoren, sind sie im Durchschnitt oval und von der Seite gesehen rund.

Was die Bildung der Nukleolen anbetrifft, erhält man bei *Closterium Ehrenbergii* und *Closterium acerosum* den Eindruck, daß sie aus einer flüssigen Substanz bestehen, die in den Tochterkernen überall an den Fäden des Kerngerüstes auftritt, allmählich zusammenfließt und die Massen bildet, die man Nukleolen nennt.

### Zusammenfassung der Resultate.

Wie aus diesem Aufsatz hervorgeht, kommt der Kern von *Closterium*, was die Nukleolen anbetrifft, nicht überein mit den Spirogyrakernen, wie frühere Untersucher gemeint haben. In dieser Hinsicht gibt es zwischen dem Kern von *Closterium* und den Spirogyrakernen einen wichtigen Unterschied. Der Kern von *Closterium* hat nämlich keinen Nukleolus, der einem Kern ähnlich ist, wie es

bei *Spirogyra* der Fall ist. Die Kerne der Closterien stimmen überein mit den Kernen, wie sie allgemein im Pflanzenreich, besonders bei den höheren Pflanzen, vorkommen; sie zeigen bei *Closterium Ehrenbergii* eine Eigentümlichkeit; die Nukleolen, welche in der Tat in einer großen Anzahl vorhanden sind, bilden nämlich in der Mitte des Kerns ein Conglomerat zusammenhängender Körperchen.

Der Kern teilt sich bei *Closterium* durch Karyokinese oder Mitose.<sup>1)</sup> Alle Erscheinungen, die man gewöhnlich dabei beobachtet, kommen auch bei *Closterium* vor. Die Kernteilung zeigt bei *Closterium* folgende Eigentümlichkeiten: Die großen, platten Kernplatten und Kernplattenhälften; die große Chromosomenzahl, welche mehr als sechzig beträgt; die verschiedene Länge der Chromosomen, welche im allgemeinen kurz sind und von denen nur die längeren mit ihren freien Enden seitwärts aus der Kernplatte hervorragen; die weite, wenig kräftig entwickelte Kernspindel und die Wanderung der Tochterkerne längs der Zellwand. Was *Closterium Ehrenbergii* besonders anbetrifft, so kommen hierzu noch die Verbreitung der Nukleolen in dem Kern und ihre Ausstoßung ins Cytoplasma.

### Schlußbemerkungen.

Die von mir erhaltenen Resultate weichen in mancher Hinsicht von den älteren Angaben über Closteriumkerne ab; dagegen stimmen sie im allgemeinen mit den Ergebnissen Lutman's überein, der bei zwei Closteriumarten ein ziemlich vollständiges Studium der Kernteilung gemacht hat. Die Beobachtungen von Lutman stimmen im allgemeinen mit den meinigen überein. Unsere Folgerungen weichen aber bisweilen mehr oder weniger voneinander ab, was zum Teil mit dem verschiedenen Standpunkt, den wir hinsichtlich einiger karyokinetischer Fragen einnehmen, in Verbindung steht. Die Übereinstimmung der Beobachtungen freute mich zumal, weil Lutman und ich nach verschiedenen Methoden und ganz unabhängig voneinander gearbeitet haben. Die Abhandlung von Lutman erschien fast ein Jahr nach meiner ersten Publikation über die Karyokinese bei *Closterium*. Er zitiert letztere nicht, aber wohl verschiedene frühere Publikationen von mir über Karyokinese. Offenbar hat er also noch keine Kenntnis von meiner Untersuchung über die Karyokinese bei *Closterium* gehabt, während meine Untersuchungen bei *Closterium Ehrenbergii* und *Closterium acerosum* beendet waren, bevor ich die Arbeit von Lutman berücksichtigen konnte.

<sup>1)</sup> Im Jahre 1902 gelang es mir mit Hilfe von Chloralhydrat-, Äther- und Phenollösungen bei *Spirogyra* sehr verschiedene Abnormitäten bei der Mitose hervorzurufen und allerlei Kernfiguren zu erhalten, welche den Kernfiguren, die von mehreren Autoren als Amitosen beschrieben sind, vollkommen ähnlich waren. Auf Grund meiner Untersuchungen, welche zumal bei lebenden Objekten stattfanden, kam ich zum Resultate, daß keine hinreichenden Gründe vorlagen, um zweierlei Kernteilung, Mitose und Amitose, anzunehmen. [Über abnormale Kernteilung. Fünfter Beitrag zur Kenntnis der Karyokinese. (Botan. Zeitung, 1903. Jahrg. 61. Abt. I. p. 201.)]

Sowohl Lutman als ich unterscheiden beim ruhenden Kern eine Kernwand, ein feines Netzwerk und einen Nukleolus. Was das Netzwerk anbetrifft, bemerkt Lutman, daß es schwach gefärbt wird und deshalb wenig Chromatin enthält, falls dieses in demselben vorkommt. Lutman ist wohl der Ansicht, daß Knoten im Netzwerk vorkommen, aber keine besonderen Körperchen, als Chromatinkörner, wie viele Untersucher in anderen Fällen angenommen haben. In Verbindung hiermit gedenkt Lutman der neuen Ansicht Grégoire's,<sup>1)</sup> der annimmt, daß das Kerngerüst aus einer einzigen Substanz besteht, ohne Differenzierung in Chromatin und Linin. Letzteres veranlaßt mich, hier anzuführen, was ich früher über das Kerngerüst publiziert habe. In meiner Abhandlung: Über den Nukleolus von *Spirogyra*<sup>2)</sup> (1898) erwähnte ich, daß das Kerngerüst eine netzartige Struktur zeigte und aus kleinen, durch kurze, feine Fädchen verbundenen Körnern bestand und daß ich bei demselben nicht zwei Bestandteile, Chromatin und Linin, hatte unterscheiden können, von denen ersterer Farbstoffe speichert und letzterer nicht. In meiner Abhandlung: Über das Kerngerüst (1899) schrieb ich: Das Gerüst des ruhenden Kerns besteht aus Klümpchen und Körnern, welche durch feine Fädchen miteinander verbunden sind. Zwei aus verschiedener Substanz gebildete Bestandteile, nämlich Chromatinkörner und Lininfäden sind in demselben nicht zu unterscheiden. In der letztgenannten Arbeit habe ich dargetan, daß für die früher allgemein gültige Ansicht über die Zusammensetzung des Kerngerüsts aus zwei verschiedenen Bestandteilen, Chromatinkörnern und Lininfäden, keine genügenden Gründe vorlagen. Ich vermeide denn auch den Gebrauch der Wörter Chromatin und Linin. Ich schreibe z. B. nicht, das Kerngerüst enthält wenig Chromatin, sondern einfach, das Kerngerüst wird schwach gefärbt.

Im Jahre 1903, also vier Jahre nach meiner Publikation über das Kerngerüst, erschien von Grégoire und Wygaerts eine große Abhandlung: La reconstitution du noyau et la formation des chromosomes<sup>3)</sup>. Sie erwähnen in derselben, daß ich, was die Struktur des ruhenden Kerns betrifft, eine Ansicht habe, welche von denen anderer Untersucher verschieden ist. In Übereinstimmung mit dieser Ansicht sind genannte Forscher zum Resultat gekommen, daß das Kerngerüst ein homogenes Gewebe darstellt, in dem keine Chromatinkörner und kein achromatisches Substrat zu unterscheiden sind.

Bei meiner Untersuchung über das Kerngerüst habe ich den protoplasmatischen Wandbeleg des Embryosackes von *Fritillaria imperialis* und *Leucojum aestivum* benutzt. Diese Objekte sind für die Untersuchung des Kerngerüsts vorteilhafter als andere von mir untersuchte Objekte. Daher bin ich in meinen späteren Publikationen über *Spirogyra* und *Oedogonium* und in dieser über *Closterium* nicht auf die Einzelheiten der Struktur des Kerngerüsts

<sup>1)</sup> Grégoire, V, Les fondements cytologiques des théories courantes sur l'hérédité Mendélienne. (Ann. de la Soc. royale Zoolog. et Malacolog. de Belg. T. XLII, 1907, p. 319.)

<sup>2)</sup> Botan. Zeitung. 1898. Jahrg. 56. Abt. I. p. 201.

<sup>3)</sup> La Cellule. T. XXI. Fasc. 1. p. 11 u. 14.

eingegangen. In allen von mir untersuchten Fällen zeigt sich die Struktur der Hauptsache nach als dieselbe, nämlich Körner und Klümpchen durch feine Fäden miteinander verbunden ohne Differenzierung in Chromatin- und Lininbestandteile. Selbstverständlich muß dabei berücksichtigt werden, daß das Kerngerüst bei der Untersuchung von fixiertem Material sich so zeigt. Wenn man einen lebendigen Kern unter dem Mikroskop mit dem Flemming'schen Gemisch fixiert, so kann man beobachten, daß sein Äußeres sich plötzlich modifiziert. Hieraus geht hervor, daß im Inneren Veränderungen stattfinden. Was man beim fixierten Material beobachtet, kann deshalb nie ein genaues Bild der Struktur des lebendigen Kerns sein. Auch muß man die Beschränktheit unseres Wahrnehmungsvermögens berücksichtigen; die Körperchen, die sich unter dem Mikroskop uns als Körner und Klümpchen zeigen, würden in der Tat feine, zusammengewundene Fäden sein können.

Was die Nukleolen anbetrifft, so stimmen die Resultate von Lutman und die meinigen vollkommen überein. Im Gegensatz zu der Ansicht früherer Untersucher, wie de Bary und de Wildeman, nehmen wir nicht an, daß der Nukleolus bei *Closterium* dem von *Spirogyra* ähnlich ist<sup>1)</sup>, den man als einen kleinen Kern, der in einem größeren liegt, betrachten muß. Bei *Closterium Ehrenbergii* fanden wir beide in der Mitte des Kerns einen zusammengesetzten Nukleolus oder, was dasselbe ist, ein Konglomerat zusammenhängender Nukleolen. Der Nukleolus von *Closterium moniliferum*, den Lutman beschreibt, ist offenbar dem von *Closterium acerosum*, den ich untersuchte, sehr ähnlich. Bei beiden Arten bildet der Nukleolus in der Mitte des Kerns eine kompakte Masse.

Die Vorstellung Lutmans von der Prophase der Kernteilung weicht in einigen Hinsichten von der meinigen ab. Wir beide nehmen an, daß die Chromosomen aus dem Netzwerk des ruhenden Kerns entstehen, aber Lutman meint, daß dasselbe zuerst einen Faden (Spirem) bildet, der sich später in Stücken oder Chromosomen teilt, während ich annehme, daß die Chromosomen direkt aus dem Netzwerk hervorgehen ohne vorhergehende Bildung eines einzigen Fadens, der später in Stücken zerfällt. Bei *Spirogyra* und bei dem Embryosack von *Fritillaria* und *Leucojum* bin ich früher zu ähnlichen Resultaten gelangt. Viele Untersucher aber nehmen in verschiedenen Fällen die Bildung und Verteilung eines Kernfadens an, und wahrscheinlich hat solches Einfluß ausgeübt auf die Vorstellung, die Lutman sich von der Prophase gemacht hat. Es ist bei *Closterium* nicht möglich, festzustellen, daß während der Prophase

<sup>1)</sup> Lutman bemerkt, daß nach meiner Meinung bei *Spirogyra* zwei Chromosomen aus dem Nukleolus entstehen. In meiner ersten Abhandlung über *Spirogyra* habe ich das erwähnt. Spätere Überlegungen haben jedoch veranlaßt, daß ich meine Vorstellung einigermaßen modifiziert habe. In meiner Abhandlung „Über abnormale Kernteilung“ (Bot. Zeitung. 1903. p. 215) habe ich nachgewiesen, daß alle Beobachtungen besser miteinander in Verbindung gebracht und erklärt werden, wenn man annimmt, daß nur zwei Enden von zwei Chromosomen aus dem Nukleolus kommen; diese Teile unterscheiden sich von den übrigen Teilen und von den anderen 10 (oder 4) Chromosomen.

nur ein einziger Kernfaden sich durch den Kern schlängelt, und in keinem einzigen Stadium kann man etwas beobachten, das einen Zerfall in Stücken andeutet. Auch aus den Figuren von Lutman folgt nicht, daß eine derartige Verteilung stattfindet. Ich bemerke, daß für das Studium dieses Punktes die obengenannten Objekte, nämlich *Fritillaria*, *Leucojum* und *Spirogyra*, geeigneter als *Closterium* sind.

Lutman nimmt ebensowenig wie ich an, daß aus dem Nukleolus körperlich Chromosomen entstehen; die Möglichkeit, daß Material des Nukleolus sich an der Bildung beteiligt, kann nach ihm jedoch nicht verneint werden. Es ist schwer, letzteres zu beweisen. Man muß dabei berücksichtigen, daß die Chromosomen und die Nukleolen aus verschiedener Substanz bestehen. Es liegen physikalische und chemische Unterschiede vor. Die Nukleolen sind flüssigen Tropfen ähnlich; die Chromosomen haben wahrscheinlich eine fädige Struktur, gleichwie das Kerngerüst, aus dem sie entstehen und das sie wieder hervorbringen. Auch verhalten beide sich Reagenzien gegenüber verschieden. Bei *Closterium* leisten die Kernfäden der Einwirkung der Chromsäure länger Widerstand als die Nukleolen.

Die Kernwand wird bei *Closterium* nach meiner Meinung aufgelöst, wobei der Kern seine scharfe Kontur verliert. Das wird auch von Lutman erwähnt. Nach Lutman ist die Kernwand während der Prophase viel dicker bei den zukünftigen Polen der Spindel als bei dem Äquator, wo sie dünn und unregelmäßig ist. Diese Unterschiede sind von mir nicht beobachtet. Lutman erwähnt nicht, ob die Kernwand schließlich aufgelöst wird. Nach meiner Meinung ist die Kernspindel cytoplasmatischer Natur. Lutman sagt, daß sie größtenteils cytoplasmatischer Natur ist. Eine Einwachsung von Spindelfasern durch die Kernwand in die Kernhöhle haben wir beide nicht beobachten können. Lutman erwähnt, daß während der Prophase die Chromosomen miteinander und mit der Kernwand verbunden sind. Daß die Chromosomen durch feine Verbindungen miteinander verbunden sind, ist auch meine Ansicht und, wie ich früher auch bei *Spirogyra*, *Fritillaria*, *Leucojum* und *Oedogonium* nachgewiesen habe, werden während der Karyokinese nie alle Verbindungen zwischen den Chromosomen gelöst. Bei normalem Verlaufe der Kernteilung sind alle Chromosomen immer miteinander verbunden und dasselbe gilt für die Tochterchromosomen der Kernplattenhälften.

Lauterborn, Lutman und ich selbst erwähnen alle die weite Kernspindel. Lutman sagt, daß sie überall gleich weit ist. Ich fand, daß bei fortgeschrittenen Entwicklungsstadien solches gewöhnlich der Fall ist, aber nicht im Anfang. Erst wenn die Kernplattenhälften nach den Polen wandern, wird die Spindel überall gleich weit. Nach Lutman ist sie an beiden Seiten mittelst Plasmasträngen befestigt. Nach meiner Meinung befindet sich die Spindel in einer Plasmamasse, die sich bisweilen bis an die Zellwand ausdehnt, gewöhnlich aber durch Plasmastränge an ihrer Stelle gehalten wird.

Ebensowenig als ich selbst hat Lutman Zentrosomen gefunden. Er beobachtete bisweilen sphärische Körper bei den Polen der Spindel. Die Natur dieser Körper hat er nicht mit Bestimmtheit feststellen können, aber u. a. hat er an Reste des Nukleolus gedacht. Es ist bemerkenswert, daß Lutman die obengenannten Körper so selten gefunden hat, während ich bei *Closterium Ehrenbergii* sehr oft in und bei der Kernfigur Kugeln und Massen beobachtete. Wie erwähnt, kommen sie von dem Nukleolus her. Sie verbreiten sich in dem Kern und geraten ins Cytoplasma. Bei *Closterium acerosum* wird der Nukleolus aufgelöst, ohne daß Teile von demselben ins Cytoplasma gelangen.

In der äquatorialen Fläche, sagt Lutman, sind die stabförmigen Chromosomen geordnet, aber auf welche Weise sie geordnet sind, wie groß ihre Zahl ist, ob sie von gleicher Länge sind, darüber werden keine Mitteilungen gemacht. Nach Lauterborn sind die Chromosomen in einem Ring aufgestellt und befinden sich außerhalb der Kernspindel. Ich selbst bin zu einem ganz anderen Resultat gekommen. Die von mir angewendete Untersuchungsmethode gestattet, jede Kernplatte sowohl auf der Kante als auch von der Seite zu beobachten. Auf diese Weise habe ich bei *Closterium Ehrenbergii* und *Closterium acerosum* ungefähr 25 Kernplatten untersucht. Lauterborn hat keine Kernplatte von der Seite betrachtet und Lutman tut dessen auch keine Erwähnung. Bei allen von mir untersuchten Kernplatten fand ich die Chromosomen, deren Zahl sich auf mehr als sechzig belief, gleichmäßig über die ganze Oberfläche verbreitet. Einige längere Chromosomen ragen seitwärts hervor. Nie sind sie in einem Ring aufgestellt. Die Kernspindel umgibt die Kernplatte. Die am Rande der Kernplatte liegenden Chromosomen befinden sich in der unmittelbaren Nähe der Spindelfasern oder sie berühren dieselben. Ich habe nicht, wie Lutmann, beobachten können, daß an jedem Chromosom Fäden befestigt sind, die nach den Polen der Spindel laufen und das Chromosom, das sich der Länge nach spaltet, entzweireißen. Auf Grund meiner Beobachtungen kann ich solches nicht annehmen.

Wenn nach der Längsspaltung der Chromosomen ihre Hälften nach den Polen gewandert sind, vereinigen sie sich nach Lutman an den Enden miteinander und bilden sie das Dispirem. Von einer derartigen Vereinigung habe ich jedoch nichts wahrnehmen können und auch die Figuren Lutmans beweisen nicht, daß ein solcher Prozeß stattfindet.

Nach Lutman enthält das Spirem anfangs alles Chromatin, während das Netzwerk, das sich aus dem Spirem entwickelt, schwach gefärbt wird. Daß die kompakten Chromosomen stärker gefärbt werden, als das feine Netzwerk, braucht nach meiner Meinung keine Veranlassung zu geben zu der Annahme einer verschiedenen chemischen Zusammensetzung.

Lutmans Beschreibung der Bildung der Nukleolen und der Wanderung der Tochterkerne nach den für sie bestimmten Stellen stimmt im allgemeinen mit der meinigen überein. Nur bemerke ich, daß nach Lutman die Wanderung der Tochterkerne anfängt,

bevor die Querwand geschlossen ist, während ich als Regel annehme, daß die Wanderung darnach anfängt.

Lutman erwähnt nicht, daß die primäre Querwand und die alte Zellwand mit einer Zellwandschicht verdickt wird, bevor die Spaltung der Wand anfängt. Die Verdickung kann aber nur mit Hilfe von Reagenzien konstatiert werden.

Lutman meint, daß, wenn der Kern an die Stelle gelangt, wo das Chromatophor von einer ringförmigen Vakuole eingeschnürt ist, die Teilung des Chromatophors unter dem Einfluß des Kerns vollendet wird. Abgesehen davon, daß derartige Hypothesen durch physiologische Versuche bewiesen werden müssen, bemerke ich, daß, was die Teilung des Chromatophors anbetrifft, die Beobachtungen Lutmans nicht mit den meinigen übereinstimmen. Ich bin der Ansicht, daß, wenn bei *Closterium Ehrenbergii* der Kern die ringförmige Vakuole wegdrängt, die Teilung des Chromatophors beendet ist. Zwar liegen die Tochterchromatophoren aneinander, aber es sind zwei besondere Körper. Bei sehr langsamer Einwirkung verdünnter Chromsäure gelang es mir die Konturen von beiden zu unterscheiden. Auch bei *Closterium acerosum* kam ich zum Resultat, daß die Teilung des Chromatophors beendet ist, wenn der Kern an die Teilungsstelle gelangt.

Oben habe ich besonders die Untersuchungen Lutmans besprochen und seine Resultate mit den meinigen verglichen. Daraus ist hervorgegangen, daß einige Meinungsverschiedenheiten vorliegen, die jedoch nur in geringem Maße die Beobachtungen betreffen. Im allgemeinen stimmen diese miteinander überein, obschon wir verschiedene Methoden angewendet haben. Ich betone dieses nachdrücklich, weil meine Methode noch wenig Eingang gefunden hat und bisweilen verworfen ist ohne Angabe von Motiven. Němec<sup>1)</sup> nennt meine Folgerungen ganz irrtümlich und meine Beobachtungen mehr als verdächtig, ohne daß er meine Methode probiert hat oder nur ein einziges Argument beibringt. Ich will die Weise, auf welche Němec andere Forscher bestreitet, hier nicht qualifizieren. Zacharias<sup>2)</sup> hat in zwei Fällen, nämlich bei den ruhenden Kernen von *Spirogyra* und *Galanthus*, meine Methode kontrolliert und meine Beobachtungen bestätigt. Meinen Folgerungen bezüglich der Fäden im Nukleolus bei *Spirogyra* kann er jedoch nicht beipflichten. Aus welchem Grunde, sagt er nicht. Ich bemerke, daß ich bei *Spirogyra*<sup>3)</sup> aus dem Nukleolus oder den beiden Nukleolen bei mehr als hundert Kernen in verschiedenen karyokinetischen Stadien zwei Fäden isoliert habe, und deshalb nehme ich an, daß auch im lebenden Objekt zwei solche Fäden anwesend sind. Man kann doch nicht behaupten, daß immer zwei solche Fäden zufolge der Chromsäureeinwirkung auf dem fixierten Material entstehen. Ich bemerke noch, daß das hier erwähnte Resultat eine ganze Reihe von Be-

<sup>1)</sup> Němec, B., Neue cytologische Untersuchungen. (Fünftück, Beitr. z. wiss. Bot., p. 40.)

<sup>2)</sup> Zacharias, E., Processus rei botanicae. 1909. Bd. 3. Sonder-Abdruck. p. 243.

<sup>3)</sup> Über den Nukleolus von *Spirogyra* (l. c.).

obachtungen beim lebenden Objekt erklärt, denen andere Untersucher keine Aufmerksamkeit geschenkt haben. Ich bedaure es, daß ein ernsthafter Untersucher wie Zacharias nicht vollständig die Karyokinese bei *Spirogyra* nach meiner Methode studiert hat, da sein Urteil dann gewiß anders würde gewesen sein. Dem Urteil von Zacharias gegenüber steht die Bestätigung meiner Resultate, die ich mit der Chromsäuremethode bei *Fritillaria* und *Leucojum* erhielt, durch die Untersuchungen von Grégoire und Wygaerts,<sup>1)</sup> welche die übliche Methode anwendeten. Daß beim Fixieren durch das Flemming'sche Gemisch die Struktur des lebendigen Kerns mehr oder weniger modifiziert wird, ist etwas, das meine Methode mit der sonst üblichen gemein hat, denn bei beiden geht man von Material aus, das mit dem Flemming'schen Gemisch fixiert ist. Die Chromsäure wirkt, wenn das Material genügend gehärtet ist, nur langsam auflösend und überhaupt nicht modifizierend, was man fortwährend unter dem Mikroskop kontrollieren kann. Mit Vertrauen empfehle ich demnach' meine Methode. Weil die Kernuntersuchung so oft zu widersprechenden Ansichten geführt hat, so halte ich es gerade für wünschenswert, nicht immer dieselbe Methode anzuwenden, sondern zu versuchen, auf verschiedenen Wegen zu übereinstimmenden Resultaten zu gelangen. Zumal bei der Untersuchung kleiner Objekte, wie *Closterium*, wobei es schwer fällt, eine vollständige Reihe von Quer- und Längsschnitten der verschiedenen Stadien der Karyokinese zu bekommen, kann die Chromsäuremethode gute Dienste leisten, auch zur vorläufigen Orientierung und zur Kontrolle.

Groningen, Juni 1912.

## Figurenerklärung.

### *Closterium Ehrenbergii* Menegh.

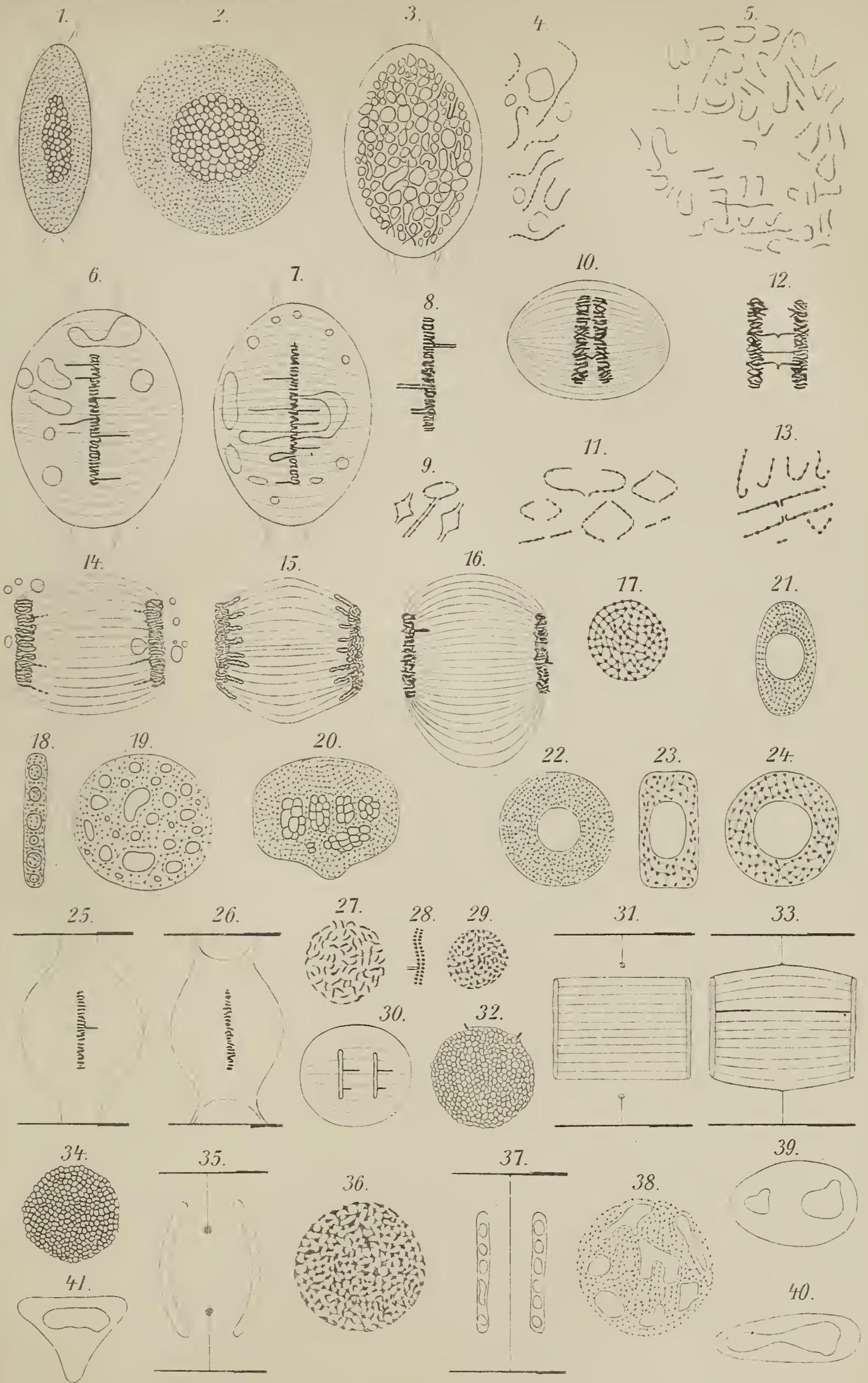
- Fig. 1: Ruhender Kern.  
 .. 2: Ruhender Kern von der Seite gesehen.  
 .. 3: Plasmamasse mit auseinander gegangenen Nukleolen und Kernfäden.  
 .. 4: Nukleolen und Kernfäden aus der in Fig. 3 abgebildeten Plasmamasse isoliert.  
 .. 5: Die sämtlichen Kernfäden aus der Kernplatte isoliert.  
 .. 6: Plasmamasse mit der Kernplatte.  
 .. 7: Plasmamasse mit der Kernplatte.  
 .. 8: Sich teilende Kernplatte.  
 .. 9: Sich spaltende Kernfäden aus der in Fig. 8 abgebildeten sich teilenden Kernplatte isoliert.  
 .. 10: Zusammenhängende Kernplattenhälften mit der Kernspindel.  
 .. 11: Tochterchromosomen aus den in Fig. 10 abgebildeten zusammenhängenden Kernplattenhälften isoliert.

<sup>1)</sup> La reconstitution du noyau et la formation des chromosomes (l. c.).

- Fig. 12: Zusammenhängende Kernplattenhälften.  
„ 13: Tochterchromosomen aus den in Fig. 12 abgebildeten zusammenhängenden Kernplattenhälften isoliert.  
„ 14: Kernplattenhälften mit der Kernspindel.  
„ 15: Kernplattenhälften mit der Kernspindel.  
„ 16: Kernplattenhälften mit ungleichmäßig entwickelter Kernspindel.  
„ 17: Kernplattenhälfte von der Seite gesehen.  
„ 18: Tochterkern mit perlschnurförmigen Kernfäden und verbreiteten Nukleolen.  
„ 19: Tochterkern von der Seite gesehen.  
„ 20: Tochterkern sich zwischen die Chromatophoren begebend.

*Closterium acerosum* (Schrank) Ehrenberg.

- Fig. 21: Ruhender Kern.  
„ 22: Ruhender Kern von der Seite gesehen.  
„ 23: Anfangsstadium der Karyokinese.  
„ 24: Anfangsstadium der Karyokinese, Kern von der Seite gesehen.  
„ 25: Plasmamasse mit der Kernplatte.  
„ 26: Plasmamasse mit der Kernplatte.  
„ 27: Kernplatte von der Seite gesehen.  
„ 28: Sich teilende Kernplatte.  
„ 29: Sich teilende Kernplatte von der Seite gesehen.  
„ 30: Kernspindel.  
„ 31: Teil der Zelle mit der Kernspindel.  
„ 32: Kernplattenhälfte aus der in Fig. 31 abgebildeten Kernspindel von der Seite gesehen.  
„ 33: Teil der Zelle mit der Kernspindel.  
„ 34: Kernplattenhälfte aus der in Fig. 33 abgebildeten Kernspindel.  
„ 35: Teil der Zelle mit der gewölbten Kernplattenhälften oder Tochterkerne.  
„ 36: Kernplattenhälfte aus der in Fig. 35 abgebildeten Zelle von der Seite gesehen.  
„ 37: Teil der Zelle mit den Tochterkernen mit verbreiteten Nukleolen.  
„ 38: Ein in Fig. 37 abgebildeter Tochterkern von der Seite gesehen, Kernwand nicht in der Figur angegeben (in der Chromsäure aufgelöst).  
„ 39: Tochterkern während der Wanderung längs der Zellwand.  
„ 40: Tochterkern während der Wanderung längs der Zellwand.  
„ 41: Tochterkern sich zwischen die Chromatophoren begebend.



# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Botanisches Centralblatt](#)

Jahr/Year: 1913

Band/Volume: [BH\\_29\\_1](#)

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

Artikel/Article: [Über die Kernstruktur und Kernteilung bei Closterium.  
Siebenter Beitrag zur Kenntnis der Karyokinese. 409-432](#)