

*Nachdruck verboten.
Übersetzungsrecht vorbehalten.*

Kern und Kernteilung bei *Ceratium tripos*.

Von
Hans Schneider.

(Hierzu Tafel 13 und 4 Textfiguren.)

Die merkwürdige Kernteilung bei den Ceratien wurde zuerst von LAUTERBORN (1895) an *Ceratium hirundinella*, der bekannten Süßwasserform, mit den heute üblichen Mitteln untersucht. Dann veröffentlichten fast gleichzeitig V. JOLLOS (1910) und A. BORGERT (1910/11) Arbeiten, in denen die Kernteilung bei *Ceratium tripos* eingehend erörtert wurde. Außer einigen minder wichtigen Unterschieden in der Deutung der Kernbilder zeigen diese beiden Arbeiten zwei ganz erhebliche Widersprüche in bezug auf Fragen, die für die Auffassung der Kernteilung bei *Ceratium* bestimmend sind und daher dringend Aufklärung erheischen. Sie bestehen darin, daß

1. BORGERT eine Längsspaltung der Chromosomen auffiel, die JOLLOS nicht bemerkte, und

2. JOLLOS ein Centriol im Kern sah, dessen Vorhandensein BORGERT nicht feststellen konnte.

Im ersten Punkt stimmt JOLLOS, im zweiten stimmt BORGERT mit LAUTERBORN überein. *Ceratium hirundinella* hat G. ENTZ (1921) in einer größeren Arbeit erneut untersucht und ist dabei zu Ergebnissen gelangt, die sich im wesentlichen mit denen BORGERT'S decken. Die Meerwasserform hat aber bisher keine neue Bearbeitung erfahren; deshalb habe ich jetzt der Kernteilung bei *Ceratium tripos* var. *subsalsa* OSTENFELD, bei der Form also, an der hauptsächlich

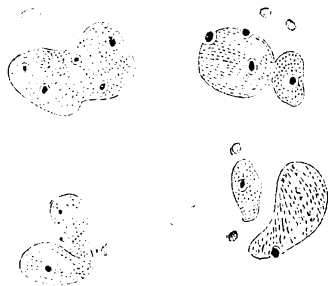
BORGERT seine Beobachtungen anstellte, meine Aufmerksamkeit gewidmet. Auf die Zellteilung gehe ich in der folgenden Mitteilung nicht ein, da ich hierüber nichts Neues sagen und das früher Festgestellte (vgl. BORGERT, 1910) nur bestätigen könnte.

1. Material.

Es standen mir zwei Fänge zur Verfügung, einer aus der Kieler Bucht vom September, ein anderer aus dem Großen Belt (Nyborg Fjord) vom Dezember. Letzteren besorgte mir in liebenswürdiger Weise Herr Dr. BLEGNAD, Assistent an der Dänischen Biologischen Station zu Nyborg auf Fünen. Der erste Fang war mit FLEMMING'S Gemisch (sog. Bonner Mischung; vgl. SCHNEIDER 1922, S. 66), der zweite mit SCHAUDINN'S Gemisch behandelt. Beide Mittel hatten den Kern gut fixiert.

In dem kleinen Fang aus der Kieler Bucht finden sich viele Kernteilungen; das dänische Material wies ihrer sehr wenige auf. Beide Fänge waren des Nachts eingebracht. Es wird sich daher wohl um Einflüsse der Jahreszeit handeln. In der Tat zeigt LOHMANN'S Zusammenstellung (STEUER 1910, S. 561), daß im September die Menge von Ceratien in der Ostsee noch ziemlich beträchtlich ist, daß also auch noch reichlich Teilungen anzutreffen sein werden, während im Dezember nur noch wenige Ceratien vorhanden sind.

Auffällig war es, daß in dem an mitotischen Kernteilungen so armen Fang von Dänemark sehr viele Kerne mehr oder weniger gelappt bis geteilt erschienen. In der Fig. 1 stelle ich einige solcher Kernformen zusammen. Es handelt sich hier offenbar um Erscheinungen, die den von BORGERT (1910) auf seiner Taf. 3 in den Fig. 27—34 dargestellten weitgehend ähneln. Aber ich habe von einer Knospenbildung, die nach APSTEIN mit der direkten Kernteilung verbunden sein soll, nichts bemerkt. Dies kann Zufall sein; es handelt sich ja immerhin um einen einzelnen Fang. Es kann aber auch sein, daß die gezeichneten Kerne in vorübergehender Gestaltsveränderung begriffen waren, wie sie auch sonst häufig vorkommt (SCHÜRHOFF 1915, 1917), oder daß sich ein Zerfall bei ihnen vorbereitet, der vielleicht dem Absterben der Zelle vorangehen könnte.



Textfig. 1. Kernfragmentation.

2. Der ruhende Kern von *Ceratium tripos*.

Schon seit langem bestehen Meinungsverschiedenheiten über die Verteilung des Chromatins in den Kernen der Peridineen. In dem neuen Werke TISCHLER'S findet man (S. 61, 62) die wichtigsten Schriften zu dieser Frage zusammengestellt. KLEBS (1912) und ENTZ (1909, 1913) weisen übrigens darauf hin, daß innerhalb der Peridineengruppe nicht überall die gleiche Chromatinanordnung bestehe. KLEBS sucht die Verschiedenheit auf ungleich weit getriebene Verknäuelung von Fäden zurückzuführen; nach meiner Ansicht geht das nicht an.

Was *Ceratium* anbelangt, so sahen BÜTSCHLI (1885), LAUTERBORN (1895) und JOLLOS (1910) im wesentlichen wabenförmige Anordnung des Chromatins im Kern. Eine etwas andere Ansicht wird von POUCHET (1883) für *Ceratium furca* und von ENTZ (1921) für *Ceratium hirundinella*, vertreten: das Chromatin ist nach ihnen bei den genannten Arten in Kügelchen in der Zelle verteilt, wie dies auch bei anderen Peridineen vorkommen soll (CHATTON, 1921). Nach BORGERT (1910, 1911) und KLEBS (1912) haben auch die ruhenden Kerne von *Ceratium* Chromatinfäden.

Man darf nicht denken, daß sich diese Ansichten ganz schroff gegenüberstehen. BÜTSCHLI sieht doch auch Fäden, die nur untereinander durch feine Wandverbindungen verbunden sind, so daß auf diese Weise ein lockeres Wabenwerk entsteht; und BORGERT, der Vertreter der anderen Ansicht, hat solche Querverbindungen zwischen den Fäden auch bemerkt (1910. S. 6). POUCHET fand neben Kernen mit einzelnen Chromatinkügelchen auch solche, bei denen solche Kügelchen zu Fäden vereinigt sind. Dasselbe berichtet ENTZ (1921) von seinem Objekt, und er sieht diese Fadenbildung als den Beginn der Kernteilungsvorgänge an.

Zu dieser letzteren Ansicht bin auch ich gelangt. Die Arbeit von ENTZ regte mich an, auch auf die Cystenkerne von *Ceratium tripos* zu achten. Ich habe eine ganze Menge solcher studiert und fand bei ihnen Körnchen, die oft allein lagen, sehr häufig aber auch sehr zarte, dünne Verbindungen vom Verhalten des Chromatins aufwiesen. Eine unmittelbar erkennbare fädige Anordnung war in solchen Cystenkernen meist nicht festzustellen; zuweilen war sie aber zweifellos vorhanden. Bei den Zellen von *Ceratium tripos* dagegen fand sich der ersterwähnte Aufbau selten, am meisten noch in dem Fang aus dem Belt; in der größten Mehrzahl der Zellen war das Chromatin fadenförmig angeordnet; die Fäden glichen meist Perlschnüren. Eine so regelmäßige und feine Wabenstruktur, wie sie JOLLOS (1910) in

seiner Fig. 42 wiedergibt, habe ich nicht angetroffen. Die Perlschnurform der Fäden kam mir dann, wenn die Kernteilung in vollem Gang ist, höchstens in Ausnahmefällen noch zu Gesicht. Meine Objekte zeigten da fast ausschließlich glatte Fäden; ich verweise auf die unten folgenden Figuren. Ein Bild, wie es JOLLOS etwa in seiner Fig. 51 bietet, mutet, daneben gehalten, fremdartig an. Ich möchte den Unterschied erklären durch die Annahme, daß JOLLOS chromatinarme Zellen vor sich gehabt habe, deren Chromosomen sich infolgedessen recht zart und sozusagen mit Chromatin nicht ausgefüllt zeigten.

Übrigens bin ich mit BORGERT (1910, S. 6) der Meinung, daß die Fadenstruktur der Kerne dort, wo sie vorhanden ist, oft verkannt worden ist. BORGERT'S Beobachtung, daß die Fäden sich bei Betrachtung der Zelle von der dorsalen oder ventralen Seite aus mit ihren Enden zeigen und nur darum als rundliche Punkte erscheinen, ist durchaus richtig und auch sein Verfahren zur Feststellung dieses Verhaltens, nämlich das Heben und Senken des Mikroskoprohres, wobei dann diese Punkte auf der Stelle bleiben und die hellen Durchsichten nicht verschwinden, finde ich recht zweckmäßig. Es gelingt aber auch, die Zellen unter dem Deckglas durch Lüften des Randes ins Rollen zu bringen; und hat man als Beobachtungsflüssigkeit Zedernholzöl oder Benzylalkohol — Mittel, die ich meist gebraucht habe — so rollen die Zellen gelegentlich so langsam, daß man Zeit hat, schnell das Bild solcher Kerne von der Seite zu erfassen und dabei die Fadenstruktur festzustellen.

Wir finden also bei *Ceratium* Kerne, in denen das Chromatin in Körnchen verteilt ist, und andere, in denen es in Fadenform auftritt. Nach den Beobachtungen an Cysten kann es keinem Zweifel unterliegen, daß die ersteren im ruhenden Zustand sind. Ich bin durchaus mit TISCHLER der Ansicht, daß es sich um bloße Gradunterschiede in der Entmischung der Kernstoffe handelt, wenn man einerseits getrennten Chromatinkügelchen, andererseits zusammenhängenden perlschnurartigen Fäden begegnet. Es ist aber wichtig, festzustellen, daß meistens die Chromatinfäden der Kernteilung bei *Ceratium* von einem Teilungsschritt zum anderen erhalten bleiben.

Daß bei *Ceratium* meist die fädig gebauten Kerne beobachtet werden, läßt sich verstehen. Im allgemeinen wird man ja zum Studium der Kernteilungen Sommer- und Spätsommerfänge benutzen; dann ist *Ceratium* in unzähligen Exemplaren leicht zu bekommen, dann kann man am sichersten auf die gewünschten Zustände rechnen. In der Tat, trifft man die richtige Stunde für den

Fang, so geht es, wie bei meinem Kieler Material: die meisten Ceratien weisen deutlich erkennbar irgendein Kernteilungsbild auf. Dies erinnert an Beobachtungen, die man an Wurzelspitzen macht, wenn man diese in einem günstigen Augenblick fixiert hat; auch in ihnen ist jeder Kern in Umwandlung begriffen, so daß man von denen, die in ihrem Aussehen sich noch am meisten dem Ruhezustande nähern, neuerdings gesagt hat, sie seien in „Interphase“ (LUNDEGÅRDH, 1913). Das heißt nicht anders, als daß sie gar nicht in die eigentliche Teilungsrufe eintreten. Dieser Ausfall der Kernruhe nun liegt, wie gesagt, auch bei lebhaft sich vermehrenden Ceratien vor. Es ist deshalb kein Wunder, wenn sich in solchem Material die etwa vorhandenen Kerne, deren Chromatinpunkte sie als ruhend kennzeichnen, leicht der Beobachtung entziehen; sie tun es um so eher, als ja die fädig gebauten Kerne, wie oben besprochen, leicht punktigen oder wabigen Bau vortäuschen.

Über die Nucleolen möchte ich kurz bemerken, daß ich sie so fand, wie sie BORGERT für das gleiche Objekt beschreibt: meist mehrere, von einem chromatinfreien Hof umgeben, zum Teil aus dem Kern hervorragend. Zu dem letzten Umstand wäre noch zu sagen, daß ich einen völligen Austritt der Nucleolen aus dem Kern nicht beobachtet habe.

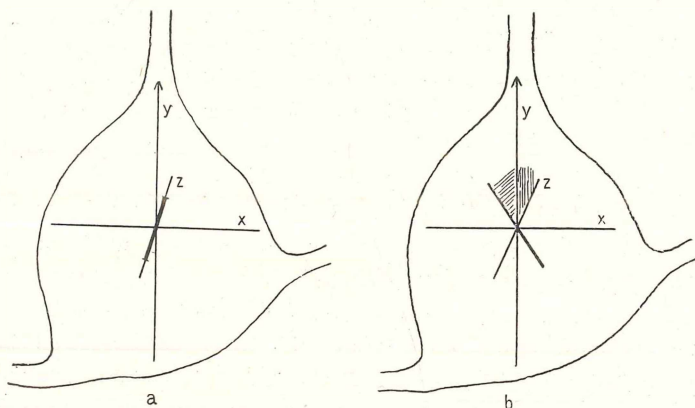
3. Die Teilung des Kernes.

a) Vorbereitung.

Daß eine solche stattfindet, hat JOLLOS nicht bemerkt; BORGERT dagegen beschreibt ausführlich ein Kernbild, das er als Knäuelstadium bezeichnet. Diesen Zustand habe auch ich beobachtet. Ich behalte die Bezeichnung BORGERT's bei; eine Verwechslung mit der Synapsis bei der Reduktionsteilung, die zuweilen auch einfach als Knäuel bezeichnet worden ist, wird ja ausgeschlossen sein.

Die lange vorher schon bestehenden Chromatinfäden im Kern müssen zur Bildung des Fadenbündels eine völlige Veränderung der Lage erfahren. In der schematischen Textfig. 2 habe ich das deutlich gemacht. Der Pfeil der y-Achse zeigt auf das Apikalhorn hin, die z-Achse gibt die dorso-ventrale Richtung an. Die Chromatinfäden liegen zuerst (Fig. 2, a) in der Richtung der z-Achse, nicht gerade völlig, aber doch annähernd parallel; daher sieht man sie, wie besprochen, bei Betrachtung der Zelle in Richtung der z-Achse als Punkte. Das spätere Fadenbündel liegt aber so, wie es Fig. 2, b andeutet, also annähernd in der xy-Ebene, den Winkel zwischen der

x-Achse und der y-Achse fast halbierend. Schematisch angesehen, müßte demnach jeder Kernfaden, um die neue Richtung zu bekommen, zunächst in der yz-Ebene um etwa 90° , dann in der xy-Ebene noch um etwa 45° gedreht werden. So mathematisch verfährt aber die Zelle nicht. Zunächst freilich scheint die Parallelität der Fäden wenigstens bezirkweise noch zu bestehen; die Kernfäden ziehen sich gruppenweise aus dem Innern heraus und biegen dabei ihre Enden um, so daß diese auf der Kernoberfläche liegen. So nur, glaube ich, lassen sich Bilder erklären, wie die Fig. 1, die etwa der Fig. 2 BORGERT's entsprechen dürfte, eines vorführt: in der dorso-ventralen Ansicht sieht man in dem schon etwas vergrößerten Kern Gruppen von parallelen Fadenstrecken. Im übrigen ist das Bild recht verworren. Die Gruppen haben nicht dieselbe Richtung. In



Textfig. 2.

vielen ist die Perlschnurstruktur noch erhalten. An anderen Stellen sieht man schon ziemlich lange gewundene, offenbar bereits paarige Fäden. Das nächste Stadium ist der vollendete Knäuel. Der Kern zeigt dabei ein so dichtes Durcheinander von paarigen Fadenstücken, die hier und da ins Plasma hineinragen, daß eine Durchsicht unmöglich ist. Fig. 2 sucht den Anblick bei hoher Einstellung wiederzugeben. Ich betone, daß man an jedem günstig liegenden Fadenstück die Paarigkeit deutlich erkennen kann; und so treten denn auch in die Bildung des Fadenbündels von allem Anfang an gepaarte Fäden ein.

b) Das „Fadenbündel“ und seine Veränderung.

Diese Stufe entspricht dem Zustand, den man bei der Kernteilung höherer Organismen als „Äquatorialplatte“ bezeichnet. Der

Ausdruck Bündel paßt aber hier besser. Die Fadenpaare stehen in der oben angegebenen Richtung (Textfig. 2, b) annähernd gleichgerichtet; die Fadenenden pflegen etwas zusammenzuneigen, so daß man auch von einer „Tonne“ sprechen könnte (Fig. 3). Fast unmittelbar nach der Bildung des Bündels teilt sich jedes Fadenpaar in der Mitte durch (Fig. 4 u. 5). An der Teilungsstelle krümmen sich die mittleren Fadenenden etwas um. Vielleicht setzt jetzt gerade eine Fadenverlängerung ein, für die auf diese Weise Platz geschaffen wird. Besonders deutlich wird die Krümmung, wenn die Fadenhälften anfangen auseinander zu weichen (Fig. 6). Auf dem Wege in die beiden sich bildenden Zellhälften strecken sich die Fäden aber gerade. Fig. 7 zeigt, daß eine Spindel nur in sehr schwacher Ausprägung auftritt, wie schon BORGERT zeigte; in Wirklichkeit ist sie noch zarter angedeutet, als es die Figur wiederzugeben vermag. Die Figur soll noch zweierlei veranschaulichen; erstens das schnellere Auseinanderrücken der äußeren Kernfäden, zweitens die Verschiedenheit der Fadenrichtung in den beiden Kernhälften, womit eine Krümmung der spindelndeutenden Plasmastreifung verbunden ist. Dieser zweite Umstand hängt, wie mir scheint, damit zusammen, daß die Bündelhälften sich deutlich aus der xy-Ebene (Textfig. 2, b) entfernen; man sieht wenigstens bei der Betrachtung im Mikroskop das eine Halbbündel viel tiefer liegen als das andere. In Fig. 8 hat das dargestellte Teilbündel sein Ziel erreicht; es zeigt noch immer Doppelfäden. Das Nebenkörperchen ist auf dem Wege zurückgeblieben und liegt in der Nähe des zellteilenden Plasmaspalts. Jetzt erfolgt der Neuaufbau des Kernes. Sein Beginn ist in Fig. 9 dargestellt. Der neue Kern ist wieder etwas verkleinert. Die Fäden der Kernteilung behalten zunächst ihre Lage bei. Von der Paarigkeit, die bisher auffiel, ist nichts mehr zu sehen. Hingegen tritt die Perlschnurstruktur wieder zutage. Es ist somit so gut wie sicher, daß die Fäden der Kernteilung (Chromosomen) ohne vorherige Entmischung sogleich in die Fäden der relativen Kernruhe übergehen.

c) Nucleolen, Nebenkörper, Centriolen.

Die Nucleolen entziehen sich während des Knäuelstadiums dem Blick des Beobachters. In den Fadentonnen sieht man sie aber noch, wenn die Querteilung der Chromosomen einsetzt. Sie müssen dann aber sogleich aufgelöst werden, denn schon beim ersten Beginn der Fadenwanderung (Fig. 5, 6) sind sie verschwunden. Erst bei

dem Umbau der Kernhälften zu regelrechten *Ceratium*kernen zeigen sie sich wieder.

Bezüglich des von BORGERT entdeckten Nebenkörperchens kann ich das von diesem Forscher Gesagte bestätigen. Wichtig ist mir hier nur, daß es seine Lage zu der antapikalen Seite des Kernes bzw. der betreffenden Kernhälfte erst nicht ändert, also sich am Vorgang der Kernteilung nicht beteiligt, und daß es später verschwindet, also wahrscheinlich nicht in eine der Zellhälften aufgenommen wird.

Von einem „Nucleocentrosom“, wie es JOLLOS beschreibt, von seiner Teilung, von einer „Desmose“ habe ich nichts wahrgenommen. Die Fixierung, die angewandt worden war, hätte seinen Nachweis gestattet. Ich habe zur Färbung meist die Methode von MEVES benutzt, aber auch die anderen in meinem Buch (1922) beschriebenen Verfahren angewandt, dabei noch die Dauer der verschiedenen Behandlungen mit Reagentien abgeändert. Es wollte sich aber nichts von dem Centriol zeigen. *Ceratium* hat kein Centriol, und JOLLOS ist wohl einem Irrtum zum Opfer geworden.

4. Besprechung der Centriolenfrage.

An dem letzten Satz möchte ich noch einige Bemerkungen anknüpfen. Man könnte sagen, ein negatives Ergebnis hebe ein positives nicht auf, oder — mehr ins Besondere gehend — ich sei persönlich nicht fähig gewesen, die JOLLOS'schen Nucleocentrosomen darzustellen. Daher weise ich zunächst darauf hin, daß ENTZ, der sich oft mit *Ceratium* beschäftigt hat und in seiner neuesten Arbeit (1921) bei *Ceratium hirundinella* dieselben Verhältnisse wie bei *Ceratium tripos* fand, bei jener Gattung keinerlei Centriol bemerkte. Man sollte auch meinen, es hätte doch schon LAUTERBORN, diesem ausgezeichneten Beobachter, auffallen müssen, wenn es vorhanden wäre. Ferner: meine Untersuchung hat die Angaben BORGERT's fast Punkt für Punkt bestätigt. Dabei hat dieser peinlich sorgfältige Forscher nicht bloß das Chromatin, sondern auch andere Erscheinungen in der Zelle beachtet; sonst hätte er nicht das Nebenkörperchen gefunden, das allen früheren Beobachtern und auch JOLLOS entgangen war. Um so größeren Wert muß man seiner negativen Feststellung bezüglich der Centriolen beilegen.

JOLLOS steht also mit seinen Angaben allein. Mir scheint, er ist ihrer selbst nicht ganz sicher. Er schreibt nämlich (1910, S. 195) bei Besprechung der Nucleocentrosomen: „Immerhin ist der Unterschied“ [„von den übrigen chromatischen Körnern“] „kein so großer

daß die besondere Natur dieses Körperchen dadurch bewiesen würde.“ Nachher heißt es: „so gelingt ein solcher klarer Nachweis doch nur relativ selten“; „nur beim Vorhandensein einer Centrodosome kann man sicher gehen“. Aber letztere ist ein fragwürdiges Gebilde. Ich bringe sie in Beziehung zu der Angabe BORGERT's (1910, S. 36), daß er „vielfach bei in Teilung begriffenen Kernen“ seines Materials „in die Länge gestreckte, oft kommaförmige Nucleolen zwischen den Chromatinfäden sah.“

Ich möchte nicht verfehlen, auf folgenden Widerspruch hinzuweisen, der auch für eine gewisse Unsicherheit in der Centriolenfrage Zeugnis ablegt. JOLLOS sagt in seiner Arbeit (S. 196), daß das Caryosom bei *Ceratium* „an Bedeutung sehr eingebüßt“ habe. „Nicht nur bilden und teilen sich die Kernstränge selbstständig, also häufig auch vor der Teilung des Nucleocentrosoms, sondern mitunter können sogar schon die Kernhälften weit auseinander gerückt sein, während das Nucleocentrosom noch als einheitliches Körperchen in der Mitte zwischen ihnen liegt.“ In der Besprechung aber, die der Vorführung der Präparate BORGERT's auf dem 8. Internationalen Zoologen-Kongreß zu Graz folgte, äußerte JOLLOS (vgl. BORGERT 1911), daß auch bei *Ceratium hirundinella* ein Nucleocentrosom vorhanden sei, das „ganz wie bei den marinen *Ceratium*-Arten den ersten Anstoß zur Kernteilung“ gebe. Und HARTMANN, der sich auch in seinem Büchlein über die Protistenkerne (1911) die Anschauungen JOLLOS' zu eigen gemacht hat, fügte hinzu, daß bei *Ceratium hirundinella* das Nucleocentrosom schon am Spätnachmittage sich teile, wo noch keine Kernteilungen stattfinden, „daß somit von diesem Gebilde die ganze Kernteilung eingeleitet wird“. Das sind verzweifelte Unklarheiten, die nicht gerade auf Sicherheit der Beobachtung schließen lassen.

Es genügt wohl, solch unsicheren Angaben die eindeutigen negativen Befunde von LAUTERBORN und ENTZ für *Ceratium hirundinella*, von BORGERT und von mir in dieser Arbeit für *Ceratium tripos* entgegenzustellen.

5. Besprechung der Chromosomenfrage.

BORGERT, der als Erster den von ihm als Längsspaltung bezeichneten Vorgang bemerkte, sah sofort, daß das Zusammenwirken dieser Längsspaltung mit der zweifellos vorhandenen Querspaltung eine Verdoppelung der Chromosomenzahl bei jedem Teilungsschritt

zur Folge haben müsse, und er erörtert diese Folgerung ganz ausführlich. Seine früheren Erfahrungen bei der triplyleen Radiolarie *Aulacantha scolymantha* H. machten es ihm am wahrscheinlichsten, daß bei *Ceratium* auf die mitotische Teilung amitotische Kernhalbierungen folgen, die die notwendige Herabsetzung der Chromosomenzahl herbeiführen. Als sicher stellt er das aber nicht hin, schließt vielmehr mit den Worten: „Es dürfte nicht ganz leicht sein, für die Entstehung dieser Komplikation oder die Bedeutung, die der Erscheinung in dem Gang der Lebensprozesse zukommt, schon heute eine allgemein befriedigende Erklärung zu geben.“ ENTZ (1921) hält es für möglich, daß die Regelung der Chromosomenzahl so erfolgt, wie BORGERT es vermutete, erwägt aber auch die Möglichkeit, daß die Fadenpaare nachher verschmelzen und so halb so viele Einzelfäden liefern.

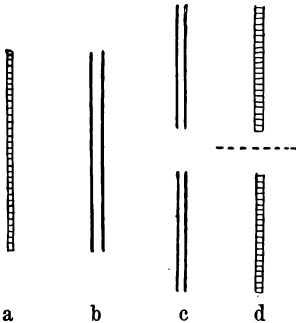
Wir wollen verschiedene Möglichkeiten erörtern.

a) Wenn wirklich jeder Teilungsschritt eine Verdoppelung der Chromosomenzahl bewirkte und amitotische Teilungen diese nachträglich rückgängig machten, wie BORGERT es sich zurechtlegte, so könnte man entweder annehmen, jeder Mitose folge eine Amitose, oder aber, nach mehreren Mitosen folge eine entsprechende Reihe von Amitosen. Bei der ersten Annahme müßte man sovielen Amitosen wie Mitosen finden. Dies ist aber doch nicht der Fall, wenn auch Amitosen häufig sein mögen und eine gewisse Verschiedenheit der Chromosomenzahl bewirken. (Letztere gegen die Chromosomenatur der Kernfäden ins Feld zu führen, wie JOLLOS tut, ist nicht berechtigt; man vergleiche die Liste von Arten, bei denen Individuen oder Rassen Verschiedenheit der Chromosomenzahl zeigen, bei TISCHLER [1922, S. 609]). Nimmt man an, daß auf Mitosenperioden eine Reihe von Amitosen folgten, so müßte man Zellen begegnen, die das Zwei-, Vierfache usw. an Chromosomen aufwiesen. Man findet solche Zellen nicht. Die Ungleichheit der Chromosomenzahl ist nicht so groß. Es müßte sogleich auffallen, wenn man im Kern statt der über 200 Chromosomen mehr als 400 oder ein noch höheres Vielfaches anträfe. Die Versuche, sich die Sache mit Hilfe von Amitosen zurechtzulegen, müssen nach meiner Ansicht ganz aufgegeben werden.

Wir werden also den Vorgang der Kernwandlungen bei der Teilung selbst verantwortlich machen dafür, daß die Zahl der Kernfäden, wenn auch nur annähernd, dieselbe bleibt.

b) ENTZ hat mit BORGERT angenommen, daß eine Fadenspaltung beim Beginn der Kernteilung die Fadenpaare liefere, und erwogen,

ab nicht durch spätere Wiederverschmelzung die „richtige“ Chromosomenzahl erreicht werde. Die Geschichte eines Einzelfadens nach dieser Vorstellung ist schematisch in der Textfig. 3 veranschaulicht. Der Faden (a) teilt sich längs (b), die beiden Hälften teilen sich quer (c), je zwei halbe Fadenstücke vereinigen sich wieder (d). Der letzte Vorgang müßte bei der Neubildung des



Textfig. 3.

Schema der Kernteilung bei Spaltung der Chromosomen.

Kerns vor sich gehen, denn man sieht bis zum vollendeten Auseinanderweichen der Bündelhälften noch immer Doppelfäden.

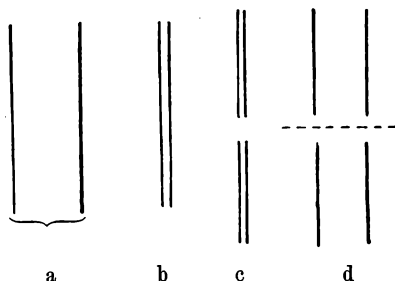
c) Ich kann nicht behaupten, daß die unter b dargestellte Ansicht unrichtig sei oder sein müsse. Indessen hätte man doch ernstlich zu prüfen, ob denn die den Ansichten a und b zugrunde liegende Voraussetzung, daß die Kernfäden sich spalten, überhaupt zutreffe. Die unmittelbare Beobachtung liefert nicht den Beweis für die Spaltung; soweit es sich überhaupt beurteilen läßt, sind die im

Knäuelstadium auftretenden Fäden von vornherein doppelt. Zur Vorsicht habe ich daher oben die nur beschreibenden Ausdrücke Paarigkeit oder Doppelheit gebraucht. Das Knäuelstadium ist sehr ungünstig für die Entscheidung der Sache. Daher wohl hat BORGERT (1910, S. 39) sich die Frage vorgelegt, ob es sich nicht um paarigè Zusammenlegung von Fäden handle. Er hält das aber doch „aus mehrfachen Gründen für ausgeschlossen. Von vornherein wäre zwar eine solche Annahme nicht ganz von der Hand zu weisen . . . ; allein es wäre bei der erheblichen Zunahme der Größe des Kerns . . . eine viel stärkere Auflockerung eines Gefüges zu erwarten.“ Ich halte diese Begründung nicht für ganz durchschlagend. Es würde sich doch immer nur um eine Annäherung, nicht um eine Verschmelzung zweier Fäden handeln, die nicht viel Auflockerung mit sich zu bringen braucht, um so weniger, als im Knäuelstadium noch eine Verlängerung der ursprünglichen Kernfäden erfolgt. BORGERT hätte vielleicht als Beweismittel für die Entstehung der Doppelfäden durch Spaltung noch verwenden können, was er (1910, S. 29) über *Ceratium fusus* berichtet: „An den Fäden konnte ich . . . bei genauerer Untersuchung eine äußerst feine helle Linie erkennen, die sie der Länge nach durchzieht.“ Man könnte tatsächlich diese Beobachtung so erklären, daß die Fäden gelegentlich schon vor dem eigentlichen Beginn der Kernteilung eine Spaltung aufwiesen. In-

dessen ließe sich darin auch einfach eine Bestätigung der Ansicht von SCHÜTT und DOGIEL (vgl. TISCHLER 1921, S. 61) vom röhri-gen Bau der Fäden erblicken; denn eine gefärbte Röhre, die parallel zum Objektisch des Mikroskops liegt, muß zwei durch eine hellere Linie getrennte dunkle Streifen zeigen. Kurz, die Spaltung der Kernfäden ist vorläufig durchaus unbewiesen.

Solange dies aber so ist, liegt es mindestens ebenso nahe, sich den Vorgang der Kernteilung bei *Ceratium* ohne die Annahme der Spaltung verständlich zu machen. Jedenfalls muß zunächst noch mit der Möglichkeit gerechnet werden, daß die Doppelheit der Kernfäden durch paarweise Annäherung von Einzelfäden zustande kommt, wie BORGERT schon andeutete. Die Teilung verlief dann in der Weise, die die Textfig. 4 schematisch darstellt.

Zwei Einzelfäden (a) treten als Paar zusammen (b), teilen sich quer durch (c), und die beiden Partner entfernen sich bei der Neubildung der Kerne wieder voneinander (d). Etwas Auffälliges wäre die Paarigkeit der Kernfäden nicht; STRASBURGER u. a. (vgl. TISCHLER 1921, S. 644) haben oft angegeben, und ich selbst habe in einer früheren Arbeit (1913) beschrieben und abgebildet, daß



Textfig. 4. Schema der Teilung bei Nichtspaltung der Kernfäden.

sich in der Kernplatte vegetativer Zellen die Chromosomen oft paarweise angeordnet zeigen. Man denke auch an die Kernteilung von *Euglena*, die nach TSCHENZOFF (1916) in der Äquatorialplatte ebenfalls gepaarte Chromosomen vorführt. Verliefe der Vorgang nach dem angegebenen Schema, so fände gar keine Vierteilung der Kernfäden bei *Ceratium* statt, und eine Verdopplung ihrer Zahl bei jeder Teilung wäre von vornherein vermieden.

Will man zwischen den Möglichkeiten b und c entscheiden, so wird man sich an die Endstadien der Teilung zu halten haben, denn die Anfangsstufen werden durch die Knäuelung zu undurchsichtig gemacht. Man müßte vergleichen die Zahl der Kernfäden in den auseinanderweichenden Fadenbündelhälften und in den neu gebildeten Kernen. Die einfache Betrachtung der *Ceratium*-Zellen in ihrer gewöhnlichen Lage in den Präparaten spricht zwar nicht für die Annahme b, sondern eher für c; sie läßt aber keine sichere Entscheidung zu. Eine solche läßt sich nur treffen an glücklich

geführten Schnitten, die die Fadenbündel in der Anaphase und in der späten Telophase ziemlich senkrecht treffen. Ist die Zahl der Fadenquerschnitte in beiden Phasen gleich, so ist die Auffassung c die richtige; wird die Zahl auf die Hälfte gebracht, so ist damit die Auffassung b bestätigt. Leicht wird die Untersuchung auf keinen Fall sein.

6. Zusammenfassung.

Die wahrscheinlich „wirklich ruhenden“ Kerne von *Ceratium* haben Chromatinpunkte; meist findet man aber Kerne mit Chromatinfäden.

Folgende Ergebnisse der Arbeit BORGERT's werden bestätigt: Im Anfang der eigentlichen Kernteilung tritt ein Knäuelstadium auf, während dessen sich eine Paarigkeit der Kernfäden ausprägt. Die Doppelfäden werden quer halbiert. Eine regelrechte Spindel tritt nicht auf; der von BORGERT entdeckte Nebenkörper beteiligt sich nicht an der Kernteilung.

Im Gegensatz zu JOLLOS wird festgestellt, daß ein Centriol fehlt.

Die (bei der Annahme einer Spaltung der Kernfäden) von BORGERT gemutmaßte nachträgliche Herabsetzung der Chromosomenzahl durch Amitosen ist nicht wahrscheinlich. Zwischen zwei anderen Möglichkeiten, wie die Chromosomensummierung verhindert sein könnte, läßt sich durch Untersuchung der Endphasen der Kernteilung an Schnitten entscheiden.

Literaturverzeichnis.

- BORGERT (1910): Kern- und Zellteilung bei marinen *Ceratium*-Arten. Arch. f. Protistenk. Bd. 20 1910.
- (1911): Eine neue Form der Mitose bei Protozoen. Verhandl. d. VIII. Intern. Zoologenkongr. zu Graz 1910.
- BÜTSCHLI (1885): Einige Bemerkungen über gewisse Organisationsverhältnisse der sog. Cilioflagellaten und der *Noctiluca*. Morph. Jahrb. Bd. 10, 1885.
- CHATTON (1921): Sur un mécanisme cinétique nouveau: la mitose syndinienne chez les Peridiniens parasites plasmodiaux. C. R. Ac. Sci. Paris T. 173 1921.
- ENTZ (1909): Über die Organisationsverhältnisse einiger Peridineen. Math.-naturw. Ber. aus Ungarn Bd. 25 1909.
- (1913): Über ein Süßwasser-Gymnodinium. Arch. f. Protistenk. Bd. 7 1913.
- (1921): Über die mitotische Teilung von *Ceratium hirundinella*. Arch. f. Protistenk. Bd. 43 1921.

- HARTMANN (1911): Die Konstitution der Protistenkerne und ihre Bedeutung für die Zellenlehre. Fischer, Jena 1911.
- JOLLOS (1910): Dinoflagellatenstudien. Arch. f. Protistenk. Bd. 19 1910.
- KLEBS (1912): Über Flagellaten- und Algenähnliche Peridineen. Verh. d. nat.-med. Vereins zu Heidelberg N. F. Bd. 11 1912.
- LAUTERBORN (1895): Protozoenstudien. I. Kern- und Zellteilung von *Ceratium hirundinella* O. F. M. Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. 59 1895.
- LUNDEGÅRDH (1913): Das Caryotin im Ruhekern und sein Verhalten bei der Bildung und Auflösung der Chromosomen. Arch. f. Zellforsch. Bd. 9 1913.
- POUCHET (1883): Contribution à l'histoire des Cilio-Flagellés. Journ. de l'Anat. et de la Phys. T. 19 1883.
- SCHNEIDER (1913): Morphologische und entwicklungsgeschichtliche Untersuchungen an *Thelygonum Cynocrambe* L. Flora N. F. Bd. 6 1913.
- (1922): Die botanische Mikrotechnik, ein Handbuch der mikroskopischen Arbeitsverfahren. Fischer, Jena 1922.
- SCHÜRHOFF (1917): Über die als Amitosen gedeuteten Kernbilder von *Tradescantia virginica*. Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. 57 1917.
- STEUER (1910): Planktonkunde. Teubner, Leipzig 1910.
- TISCHLER (1921): Allgemeine Pflanzenkaryologie. LINSBAUER'S Handb. d. Pflanzenanatomie Bd. 2. Bornträger, Berlin 1921.
- TSCHENZOFF (1916): Die Kernteilung bei *Euglena viridis* EHRBG. Arch. f. Protistenk. Bd. 36 1916.

Tafelerklärung.

Tafel 13.

Zeichnung bei monochromatischem gelbgrünem Licht mit hom. Imm. $\frac{1}{12}$ SEIBERT und HUYGHEN'schem bzw. Comp. Oc. $f = 15$, unter Benutzung des ABBE'schen Zeichenapparates. Vergr. etwa 1250.

- Fig. 1. Beginn des Knäuelstadiums.
- Fig. 2. Knäuel.
- Fig. 3. Fadenbündel.
- Fig. 4 u. 5. Fadenbündel mit deutlicher Querteilung der Fäden.
- Fig. 6. Beginn des Auseinanderweichens der Fadenhälften.
- Fig. 7. Späte Anaphase mit Spindelandeutung.
- Fig. 8. Etwas späteres Stadium; Nebenkörperchen verlagert.
- Fig. 9. Beginn der Kernneubildung.
-



ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Archiv für Protistenkunde](#)

Jahr/Year: 1924

Band/Volume: [48_1924](#)

Autor(en)/Author(s): Schneider Hans

Artikel/Article: [Kern und Kernteilung bei Ceratium tripos. 302-315](#)