

(Zentralinstitut für Hygiene. Direktor: Dr. STEVAN IVANIĆ.)

Die Kernteilung bei *Opalina ranarum* STEIN und *Opalina obtrigona* STEIN.

Von

Momčilo Ivanić (Belgrad).

Mit Tafel 6.

Mit Rücksicht auf die mikroskopische Technik und die optischen Mittel seiner Zeit hat ENGELMANN (1876) die Kernteilung von *Opalina ranarum* sehr genau beobachtet und beschrieben. Ein ganz neues Licht schien auf den Kernbau und die Kernteilung dieses parasitischen Protozoons erst durch Untersuchungen von TÖNNIGES (1898, 1899, 1919) geworfen zu sein, als dieser Forscher überraschende Angaben über Kernbau und Kernteilung bei Opalinen machte. TÖNNIGES glaubte nämlich sowohl im ruhenden als auch im sich teilenden Kerne von *Opalina ranarum* zweierlei Chromosomen, die sog. Macro- und die sog. Microchromosomen, gefunden zu haben. Die „Macrochromosomen“ faßte TÖNNIGES als die den Großkernen entsprechenden Kernbestandteile, die „Microchromosomen“ dagegen als die den Kleinkernen entsprechenden Kernbestandteile auf. Demnach wäre der bei der überwiegenden Mehrzahl der Ciliaten herrschende Kerndimorphismus, welcher in Form der sog. Großkerne und der sog. Kleinkerne zum Ausdruck gekommen ist, auch in den Kernen von Opalinen vorhanden, nur sollte er hier nicht in getrennten Kernindividuen, sondern in einem und demselben Opalinenkerne enthalten sein. Der Kerndimorphismus wäre demnach bei Ciliaten zustande gekommen, indem sich beide Kernbestandteile, der somatische der „Macrochromosomen“ und der generative der „Microchromosomen“, voneinander getrennt haben und zu selbständigen Kernindividuen

geworden sind. Dieser von TÖNNIGES zuerst vertretenen Ansicht scheint REICHENOW (1927/1929) sich angeschlossen zu haben. Bei *Zelleriella brasiliensis* glaubt REICHENOW zweierlei Spireme, das der „Macro-“ und das der „Microchromosomen“ erblicken zu dürfen.

Dementgegen habe ich bei zwei Opalinenarten, bei *Cepedea dimidiata* (IVANIĆ, 1933) und *Opalina obtrigona* (IVANIĆ, 1934), feststellen können, daß es sich auch um eine promitotisch-mitotische Kernteilung handelt, bei welcher, wie es in der ganzen lebendigen Welt der Fall ist, nur eine Art der Chromosomen vorhanden ist. Die „Macrochromosomen“ TÖNNIGES' stellten sich als Teilstücke der zweiten stark färbbaren Kernsubstanz, des Kernplastins, dar. Das Plastinmaterial ist nämlich in den Opalinenkernen sehr selten in einem kreisrunden, einheitlichen Plastincaryosom organisiert. Anstatt dessen zerfällt es in eine größere oder kleinere Zahl von Teilstücken, die sich der Größe sowie der Form nach häufig voneinander unterscheiden. Diese Plastinteilstücke werden nicht selten während der Kernteilung erhalten. Manchmal teilen sie sich durch Durchschnürung in gleichgroße und gleichgeformte Teilstücke, welche an beiden Spindelpolen regelmäßig verteilt werden und dadurch irgendwelche Chromosomengebilde, die „Macrochromosomen“ TÖNNIGES', vortäuschen.

Da ich die Kernteilung von *Opalina ranarum* bisher noch nicht näher verfolgt habe, habe ich die mir gebotene Möglichkeit, auch diese Opaline näher zu untersuchen, ausgenützt, um die bei *Opalina ranarum* herrschenden Kernverhältnisse mit den bei *Cepedea dimidiata* und *Opalina obtrigona* von mir gemachten Beobachtungen vergleichen zu können.

Mein ganzes Material wurde mit SCHAUDINNSchem Sublimatalkohol fixiert und mit HEIDENHAIN'Schem Eisenhämatoxylin gefärbt. Sämtliche Abbildungen sind mit Hilfe des LEITZschen Zeichenapparates in der Höhe des Arbeitstisches bei Vergrößerung ZEISS Oc. 4, Obj. Apochr. Imm. 2 mm entworfen.

1. Bau des ruhenden Kernes und seine Teilung bei *Opalina ranarum* STEIN.

Für die Ruhekerne von *Opalina ranarum* ist im allgemeinen zu sagen, daß es sich hier um die sog. Bläschenkerne handelt. Den von einer Kernmembran begrenzten, kugeligen Kernraum erfüllt ein Lininnetzwerk von feinsten, in allen Richtungen gekreuzten Fäden. Über das Lininnetzwerk sind nun zwei stark färbbare Kernsubstanzen, das Kernplastin und das Kernchromatin, verteilt zu sehen. Die

Plastinsubstanz ist nur ausnahmsweise in einem kreisrunden, einheitlichen, mitten in dem Kernraume liegenden Plastincaryosom versammelt zu sehen. Anstatt dessen sind in der überwiegenden Mehrzahl der Opalinenbläschenkerne ungleichgroße Plastinstücke von verschiedener Form zu sehen. Die zweite stark färbbare Kernsubstanz, das Kernchromatin, ist in Form von feinsten, stark färbbaren Körnchen über das Lininnetzwerk zerstreut. In Taf. 6 Fig. 1—6 sind die ruhenden Kerne von *Opalina ranarum* wiedergegeben. Der in Taf. 6 Fig. 1 wiedergegebene Kern besitzt dem kugeligen Lininnetzwerke aufliegendes Plastinmaterial in einheitlicher Form. Der Kern ist in „Profilansicht“ („von der Seite“) zu beobachten. Infolgedessen ist das einheitliche Plastinmaterial auf der oberen Seite dem Lininnetzwerke aufliegend zu sehen. Mitten im Lininnetzwerke ist noch ein zweites, kornartiges Plastingebilde zu sehen, welches ich auch in den Kernen von *Cepedea dimidiata* und *Opalina obtrigona* beschrieben habe (IVANIĆ, 1933, 1934). Das feinkörnige, stark färbbare Chromatin ist beim Ruhekern Taf. 6 Fig. 1 über das Lininnetzwerk zerstreut zu sehen. In dem in Taf. 6 Fig. 2 wiedergegebenen Kerne sind zwei etwa gleichgroße und gleichgeformte Plastinteilstücke und ein mitten im Kernraume liegendes, kornartiges Plastingebilde zu sehen. Der in Taf. 6 Fig. 3 wiedergegebene Kern enthält zwei kleine, kornartige Plastingebilde. Beim Kern Taf. 6 Fig. 4 sind ein kleines und ein großes, stäbchenförmiges, stark gekrümmtes Plastinteilstück zu sehen. Das größere Plastinteilstück steht vor der Durchschnürung, wodurch die drei Plastinteilstücke enthaltenden Kerne zustande kommen werden (Taf. 6 Fig. 5 u. 6). Wie aus all den beschriebenen Ruhekernen deutlich hervorgeht, stellt sich das Plastin der Kerne von *Opalina ranarum* als ein Veränderungen sehr stark unterliegendes Material dar. Es unterliegt regelmäßig einem Zerstückelungsprozesse, in welchem keine Regelmäßigkeiten zu entdecken sind.

Die Kernteilung wird auch bei *Opalina ranarum* durch polare Differenzierung des Lininnetzwerkes in eine Lininteilungsspindel eingeleitet (Taf. 6 Fig. 7). Die eben gebildete Lininteilungsspindel ist in Ansicht „von der Seite“ („Profilansicht“) zu beobachten. Die Lininteilungsspindel ist schon auf den beiden Polen feinspitzig ausgezogen. Sonst besitzt die Lininteilungsspindel tonnenförmige Form, welche zu Beginn der Kernteilung bei zahlreichen Protozoen zu treffen ist. Drei Plastinteilstücke, ein kleineres, kreisrundes und zwei größere, an beiden Enden etwas zugespitzte Plastinteilstücke, sind bei dem Kernteilungsstadium auf der Lininteilungsspindel liegend zu sehen. Die zweite stark färbbare Kernsubstanz, das feinkörnige Chromatin,

ordnet sich im Äquator der Lininteilungsspindel an, um die chromatische Äquatorialmutterplatte auszubilden.

Das Kernteilungsstadium Taf. 6 Fig. 8 ist wegen des merkwürdigen Baues seiner Lininteilungsspindel von besonderem Interesse. Wie ersichtlich, besteht diese Lininteilungsspindel aus zwei mit außergewöhnlicher Deutlichkeit hervortretenden Bestandteilen. Die Mitte der Lininteilungsspindel bildet das netzartige Linin des Außenkernes. Die kegelförmigen, faserigen Gebilde aber, welche die beiden Spindelpole darstellen, möchte ich mit dem kugeligen Liningebilde in Zusammenhang bringen, welches ich bei zahlreichen Süßwasseramöben beobachtete und welches die sog. „Innenspindel“ bildet. Wir hätten es hier somit mit einem Kernteilungsstadium bei *Opalina ranarum* zu tun, bei welchem die Doppelspindelbildung mit genügender Deutlichkeit hervortritt. Die „Mantelspindel“ wird dabei auf Kosten des Lininnetzwerkes des Außenkernes gebildet. Das Kernplastin ist bei dem Teilungsstadium auf ein ovales Korn reduziert worden. Die Verkleinerung des Plastins ist auf seine im Laufe der Kernteilung vorkommende Auflösung und Resorption zurückzuführen. Das feinkörnige Chromatin ist im Lininnetzwerke noch regellos zerstreut zu sehen, weil die Chromosomenbildung bei dem Stadium noch nicht eingetreten ist.

Die fertiggebildete Lininteilungsspindel des Stadiums Taf. 6 Fig. 9 trägt drei stark färbbare, regellos verteilte Plastinteilstücke. Das feinkörnige Chromatin bietet aber ein besonderes Interesse, weil die stark färbbaren Chromatinkörnchen sich reihenweise angeordnet haben, wodurch fadenförmige, an Chromosomen erinnernde Gebilde entstanden sind. Da die fadenförmigen, den Chromosomen ähnlichen Gebilde sich noch nicht im Äquator der Lininteilungsspindel angeordnet und die chromatische Äquatorialmutterplatte noch nicht ausgebildet haben, bleibt nur noch die Annahme übrig, daß wir es hier mit einem früheren Kernteilungsstadium, etwa mit einem Spiremstadium zu tun haben. Dabei ist bei diesem Stadium von Interesse, daß die Lininteilungsspindel der Bildung der chromatischen Äquatorialmutterplatte erheblich vorausgeeilt ist.

Die fertiggebildete Kernteilungsfigur ist in Taf. 6 Fig. 10 zu sehen. Es handelt sich hier wohl um ein typisches Metaphasestadium. Die fadenförmigen, aus feinsten, stark färbbaren Körnchen bestehenden Chromosomen haben eine typische chromatische Äquatorialmutterplatte gebildet. Die Lininteilungsspindel ist an beiden Polen feinspitzig ausgezogen. Dies ist auch bei Lininspindeln anderer Opalinen der Fall. Zwei etwa gleichgroße und gleichgeformte

Plastinteilstücke sind in Wanderung zu den entsprechenden Spindelpolen begriffen.

Die in Taf. 6 Fig. 11—13 wiedergegebenen Kernteilungsstadien fasse ich als frühe Anaphasestadien auf. Die Anaphase geht beim Kernteilungsstadium Taf. 6 Fig. 11 daraus deutlich hervor, daß eines der Chromosomen schon begonnen hat zu dem unteren Spindelpole zu wandern. Noch fällt bei dem Kernteilungsstadium die mächtig entwickelte Lininteilungsspindel auf. Das Platinmaterial ist dagegen auf ein kornartiges Gebilde verkleinert worden, welches in Wanderung zu dem oberen Spindelpole begriffen ist. Es geht aus dem Aussehen des Platinmaterials ohne weiteres hervor, daß das Material keine wichtigere Rolle im Kernteilungsprozesse spielt. Bei den in Taf. 6 Fig. 12 u. 13 wiedergegebenen Kernteilungsstadien hat die Längsteilung der Mutterchromosomen in die Tochterchromosomen begonnen, sich bemerkbar zu machen. Die Doppelfäden der Chromosomen, wie sie besonders deutlich beim Teilungsstadium Taf. 6 Fig. 13 hervorgetreten sind, sind auf die Längsteilung der fadenförmigen Mutterchromosomen in ebensolche fadenförmige Tochterchromosomen zurückzuführen. Beim Kernteilungsstadium Taf. 6 Fig. 12 sind ein größeres, zu dem oberen Spindelpole wanderndes Plastinteilstück und zwei kleinere, aus einer Durchschnürung eben hervorgegangene Plastinteilstücke zu sehen, von welchen je eines zu dem entsprechenden Spindelpole wandert. Beim Kernteilungsstadium Taf. 6 Fig. 13 ist je eines der größeren Plastinteilstücke in Wanderung zu dem entsprechenden Spindelpole begriffen. Aus den beiden Kernteilungsstadien geht aber deutlich hervor, daß die Verteilung des Platinmaterials auf die künftigen Tochterkerne sich kaum als ein regelmäßiger und wichtiger Vorgang erweist.

Wenn die Tochterchromosomen in Form von feinen, aus feinsten Körnchen bestehenden Fäden die entsprechenden Spindelpole erreicht haben, dann kommen Kernteilungsstadien wie das in Taf. 6 Fig. 14 wiedergegebene zustande. Das Stadium bietet vielfaches Interesse. Vor allem fällt bei dem Stadium auf, daß die Tochterchromosomen die entsprechenden Spindelpole schon erreicht haben, während die Lininteilungsspindel die tonnenförmige Form des Metaphasestadiums noch immer beibehalten hat, was niemals in den Anaphasestadien vorzukommen pflegt. Wir haben es hier wohl mit einer Störung und Sistierung in der Ausbildung der Lininteilungsspindel zu tun. Die Tochterchromosomen sind, wie ersichtlich, noch immer völlig unverändert geblieben. Sie haben noch immer ihre Fadenform beibehalten. Von ganz besonderem Interesse ist bei dem Kernteilungsstadium aber

die Tatsache, daß das Plastinmaterial sich eben in zwei beinahe gleichgroße Hälften durchzuschnüren beginnt. Das Durchschnürungsstadium des Plastins hat bei dem Kernteilungsstadium eine nicht ganz regelmäßige Form. Jedoch erinnert seine Durchschnürung wohl an die bei der promitotischen Kernteilung vorkommenden Durchschnürungen des Plastincaryosoms bei zahlreichen niederen Amöben. Besonders sind solche Durchschnürungen bei manchen Flagellaten zu treffen, bei welchen die Wanderung der Tochterchromosomen zu den entsprechenden Spindelpolen der Durchschnürung des Plastincaryosoms und der Polkörperbildung regelmäßig vorausseilt. Wenngleich es sich beim Kernteilungsstadium Taf. 6 Fig. 14 wohl um ein gestörtes Durchschnürungsstadium des Plastins handelt, genügt die Durchschnürung des Plastins auch in dieser Form, um sich überzeugen zu können, daß die Mitose von *Opalina ranarum* doch immer deutliche Merkmale der ursprünglichen, durch Erhaltenbleiben des Plastins während des ganzen Teilungsprozesses hindurch gekennzeichneten Promitose aufweist.

Nachträglich wird die Lininteilungsspindel in der Mitte (zwischen den Tochterchromosomen) sehr stark zylinderförmig ausgezogen. Ich gebe mehrere solcher Stadien wieder, um die Verhältnisse zu dieser Zeit möglichst deutlich hervortreten zu lassen (Taf. 6 Fig. 15—17). Wie ersichtlich, ist bei all den Kernteilungsstadien vor allem wunderschön die faserige Struktur der Lininteilungsspindeln zu erkennen. Noch ist in bezug auf die Lininteilungsspindel die Tatsache von Interesse, daß die Spindelpole nicht mehr spitzig ausgezogen, sondern alle abgerundet sind. Von Interesse ist bei den Kernteilungsstadien weiter die Tatsache, daß die Tochterchromosomen noch immer ihre fadenförmige Form beibehalten. Endlich ist das Schicksal des Plastins bei den Kernteilungsstadien ohne weiteres klar. Beim Kernteilungsstadium Taf. 6 Fig. 15 ist das Plastinmaterial in Form eines aus stark färbbaren Körnchen bestehenden Stranges zu sehen. Man hat den Eindruck, als ob es sich hier um ein in körnigem Zerfalle begriffenes Plastinmaterial handle. Der körnige Zerfall des Plastins bedeutet aber nach meinen zahlreichen Beobachtungen bei Süßwasseramöben die Vorbereitung zur Auflösung und Resorption des Kernplastins. Wie berechtigt diese Annahme ist, geht aus dem in Taf. 6 Fig. 16 wiedergegebenen Kernteilungsstadium ohne weiteres hervor. Hier sind zwei kleine, zwischen den Tochterchromosomen der Lininteilungsspindel aufliegende Plastinteilstücke, ein kornartiges und ein fadenförmiges, zu sehen. Das fadenförmige Plastinteilstück ist wohl in körnigem Zerfalle begriffen. Seine Auf-

lösung und Resorption treten daraus ohne weiteres hervor, daß die Menge des Plastins hier auf die letzten Reste zurückgeführt worden ist. Das in Taf. 6 Fig. 17 wiedergegebene, zylinderförmige Kernteilungsstadium kann man als eine erwünschte Ergänzung zu dem Gesagten ansehen. Die Lininteilungsspindel läßt eine ganz deutlich faserige Struktur erkennen. Die Tochterchromosomen sind noch immer fadenförmig. Das etwa im Äquator der Lininteilungsspindel liegende Plastin ist in deutlichem, körnigen Zerfalle begriffen, was auf seine weitere Auflösung und Resorption hinweist. Wie aus allen in Taf. 6 Fig. 15—17 wiedergegebenen Kernteilungsstadien mit voller Sicherheit zu entnehmen ist, spielen die Hauptrolle im Teilungsprozesse die Linin- und die Chromatinsubstanz, die Kernteilung besteht eigentlich in der Zweiteilung dieser zwei Kernsubstanzen. Die dritte Kernsubstanz aber, das Kernplastin, spielt keine wichtigere, morphologisch zum Ausdruck kommende Rolle. Es handelt sich hier vielmehr um eine Substanz, deren Auflösung und Resorption vielleicht eine physiologische Rolle im Kernteilungsprozesse spielen, ohne daß diese Rolle morphologisch zum Ausdruck kommt.

Wenn die Einschnürung der mütterlichen Lininteilungsspindel in der Mitte sich bemerkbar zu machen beginnt, dann kommen die Telophasenstadien zustande. Ich gebe zwei solcher Stadien wieder (Taf. 6 Fig. 18 u. 19). Wie ersichtlich, haben die Lininteilungsspindeln der beiden Kernteilungsstadien begonnen, sich in der Mitte durchzuschnüren. Nach erfolgter Durchschnürung werden die Tochterkerne zustande kommen. Die fadenförmigen Tochterchromosomen sind noch immer mehr oder minder deutlich zu erkennen. Beim Kernteilungsstadium Taf. 6 Fig. 19 sind aber doch die Verschmelzungen einzelner Chromosomenfäden oder, vielleicht eher, der Zerfall der Chromosomenfäden zu feinkörnigem Chromatin eingetreten. Wir haben es hier wohl mit einem Übergangsstadium in den ruhenden Zustand zu tun. Besonders aber ist das Schicksal des Plastins bei den beiden Kernteilungsstadien ins Auge zu fassen. Wie ersichtlich, ist das ganze Kernplastin bei den beiden Kernteilungsstadien auf die kornartigen Gebilde, insbesondere beim Stadium Taf. 6 Fig. 19, zurückgebildet worden. Daraus geht offenbar deutlich hervor, daß es sich hier um ein in Auflösung und Resorption begriffenes Material handeln kann. Das heißt aber, daß das Kernplastin im Kernteilungsvorgange keine merkwürdige, morphologisch zum Ausdruck kommende Rolle spielen kann.

Im allgemeinen ist für die Kernteilung von *Opalina ranarum* noch zu bemerken, daß recht verschieden große Kerne in den Teilungs-

vorgang eintreten. Vergleichen wir z. B. das in Taf. 6 Fig. 8 wiedergegebene Teilungsstadium mit seinen entsprechenden Stadien oder die Stadien Taf. 6 Fig. 17 u. 18 miteinander, so überzeugen wir uns bald, daß die Kerngröße keine entscheidende Rolle beim Kernteilungsvorgange spielen kann. Das heißt aber, daß das Alter und die Notwendigkeit, sich zu teilen, in keinem direkten ursächlichen Zusammenhange miteinander stehen. Daraus aber geht mit genügender Deutlichkeit hervor, daß es von einem augenblicklich nicht näher zu bestimmenden physiologischen Zustande abhängen muß, ob die Kerne in Teilung eintreten werden oder nicht.

Es ist noch in bezug auf die Kernteilung bei *Opalina ranarum* ausdrücklich hervorzuheben, daß der ganze Kernteilungsvorgang sich regelmäßig bei völligem Erhaltenbleiben der Kernmembran abspielt. Die Kernteilung bei *Opalina ranarum* wird demgemäß nur mittels der dem Kerne zur Verfügung stehenden, eigenen Kraftmittel ausgeführt. Das heißt aber, daß die Kernteilung sich dem Protoplasma gegenüber wie ein autonom sich abspielender Vorgang darstellt, wie es von R. HERTWIG (1898) vor Jahren in seiner klassischen *Actinosphaerium*-Arbeit betont ist. Darauf, daß die Kernteilung sich ohne Teilnahme des Mutterprotoplasmas abzuspielen vermag und sich nicht selten abzuspielen pflegt, ist die Möglichkeit der Vielkernigkeit bei zahlreichen Protozoen im allgemeinen und bei Opalinen im speziellen zurückzuführen. Andererseits ist aber nicht aus dem Auge zu verlieren, daß das Ausbleiben der Teilung des Protoplasmas nach erfolgter Kernteilung auf die Störung und Sistierung der Teilungsfähigkeit des Protoplasmas, also auf einen Depressionzustand, zurückzuführen ist. Die Möglichkeit dieser Störungen im Teilungsvorgange wurzelt aber in der relativen Unabhängigkeit der Kernteilung gegenüber der Protoplasma-körperteilung.

2. Zur Kenntnis der Kernteilung bei *Opalina obtrigona* STEIN.

In einer früheren Arbeit habe ich die Kernverhältnisse und die Kernteilung bei *Opalina obtrigona* schon näher beschrieben (IVANIĆ, 1934). An dieser Stelle möchte ich einige Kernteilungsstadien von dieser Opaline beschreiben, weil dadurch meine Beobachtungen über die Kernteilung bei Opalinen im allgemeinen erwünschte Ergänzungen erfahren.

In Taf. 6 Fig. 20 ist ein noch ruhender, aber sich doch zur Teilung eben vorbereitender Kern von *Opalina obtrigona* zu sehen. Alle drei wesentlichen morphologischen Bestandteile der typischen Protozoen-

bläschenkerne sind bei dem Stadium ohne weiteres zu unterscheiden: 1. das eine mehr oder minder festgefügte Kugel bildende Lininnetzwerk; 2. die erste stark färbbare Kernsubstanz, das in zwei Teilstücke verteilte Plastin; 3. die zweite stark färbbare Kernsubstanz, das über das Lininnetzwerk zerstreute, feinkörnige Chromatin. Das kugelige Lininnetzwerk scheint begonnen zu haben, sich in einer Richtung polar zu differenzieren, um die künftige Lininteilungsspindel ausbilden zu können. Die den entgegengesetzten künftigen Spindelpolen aufsitzenden Plastinteilstücke verstärken den Eindruck einer in Vorbereitung begriffenen promitotischen Kernteilung.

Die beiden weiteren Kernteilungsstadien (Taf. 6 Fig. 21 u. 22) von *Opalina obtrigona* sind als allerspätete Telophasen- resp. Durchschnürungsstadien zu bezeichnen. Beim Kernteilungsstadium Taf. 6 Fig. 21 sind die fadenförmigen, aus feinsten, stark färbbaren chromatischen Körnchen bestehenden Chromosomen noch immer erhalten geblieben. In bezug auf das Kernplastin ist aber das Stadium von ganz besonderem Interesse. Wie ersichtlich, sind bei dem späten Telophasestadium je zwei kornartige Plastingebilde in jedem Tochterkerne zu sehen; daneben ist ein drittes, größtes Plastinteilstück zu sehen, das noch in Durchschnürung begriffen ist. Beim nächstfolgenden, späten Telophasestadium (Taf. 6 Fig. 22) ist das Plastinteilstück eben durchgeschnürt worden und die Tochterkerne stehen miteinander nur noch mittels eines sehr feinen Fadens von Lininsubstanz in Verbindung. Die beiden Stadien erinnern überraschend an die bei manchen Flagellaten nicht selten vorkommenden promitotischen Kernteilungen, bei welchen die Durchschnürung des Plastincaryosoms so verzögert wird, daß die Tochterchromosomen die entsprechenden Spindelpole schon erreichen, während die Durchschnürung des Plastincaryosoms in Plastinpolkörper noch nicht erfolgt ist. Durch die in Taf. 6 Fig. 21 u. 22 wiedergegebenen Kernteilungsstadien tritt also der promitotische Charakter der Kernteilung bei Opalinen mit voller Deutlichkeit zutage.

3. Zur Deutung der über die bei *Opalina ranarum* STEIN und *Opalina obtrigona* STEIN vorkommende Kernteilung erhobenen Befunde.

Wie aus allen oben gemachten Angaben sowohl über den Bau ruhender als auch über die Teilung sich vermehrender Opalinenkerne deutlich hervorgeht, handelt es sich hier um sog. Bläschenkerne der Protozoen, die sich in derselben Weise wie alle anderen derartigen

Protozoenkerne vermehren. Der typische Bläschenbau der Opalinenkerne hat nur insofern eine Veränderung erfahren, als das Plastrum der Kerne in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle nicht mehr in einem einheitlichen, mitten im Kernraume gelegenen Caryosom versammelt ist, sondern in mehrere Teilstücke regellos über das Liniennetzwerk verteilt ist.

Die Plastinteilstücke werden nun während der Kernteilung mehr oder minder erhalten. Deshalb kann man sagen, daß die mitotische Kernteilung der Ciliaten aus der Gattung *Opalina* und der verwandten Gattungen fast immer einen mehr oder minder deutlich ausgesprochenen promitotischen Charakter trägt, wenngleich diese Merkmale der Promitose manchmal kaum mehr erkennbar sind. In manchen Fällen aber tritt der promitotische Charakter der bei Opalinen vorkommenden Kernteilung in einem so hohen Grade hervor, daß wir das Recht haben, von einer fast typischen Promitose zu sprechen.

Der promitotische Charakter der Kernteilung bei Opalinen kann uns nun dazu helfen, die Kernverhältnisse der Ciliaten im allgemeinen einer Erklärung näher zu bringen. Überblicken wir die Kernverhältnisse bei den sog. typischen Ciliaten, welche die sog. Großkerne und die sog. Kleinkerne besitzen, so überzeugen wir uns bald, daß die Bläschenkerne der Opalinen und die Kleinkerne der sog. typischen Ciliaten ihrem näheren Bau sowie ihrer Kernteilung nach völlig miteinander übereinstimmen. Daraus aber ist der Schluß zu ziehen, daß die Bläschenkerne der Opalinen und die Kleinkerne der sog. typischen Ciliaten ursprüngliche Kernverhältnisse bei Ciliaten darstellen. Da die beiden Kernsorten sich regelmäßig durch eine promitotisch-mitotische Teilung vermehren, ist dieser Kernteilungsvorgang als einzig normaler Kernteilungsvorgang der Ciliatenkerne anzusehen und zu bezeichnen. Die offenbar sekundären Kernbildungen bei Ciliaten, die Großkerne, die sich durch Amitose vermehren, kann man deshalb nicht als ganz normale Kerne betrachten, weil sie sich durch einen gestörten und pathologisch veränderten Teilungsmodus, durch Amitose, vermehren. Wie die amitotische Großkernteilung als ein gestörter, pathologisch veränderter und geschädigter Kernteilungsmodus angesehen werden muß, geht daraus ohne weiteres hervor, daß die Großkerne sich ausnahmsweise durch eine typische Promitose vermehren können, wie ich dies bei den parthenogenetischen Vermehrungsruhestadien von *Chilodon uncinatus* nachgewiesen habe (IVANIĆ, 1928 u. 1933).

Daraus ist aber zu folgern, daß Amitosen bei Protozoen sowie Amitosen bei Metazoen nur als pathologisch veränderte, also als

nicht völlig normale Kernteilungen angesehen werden dürfen. Deshalb glaube ich auch nicht den experimentellen Versuchen von SCHWARTZ (1934, 1935) so hohen Wert zuschreiben zu dürfen, wie es dieser Forscher tut. Wenn einige Versuche augenblicklich erfolglos sich beendeten, heißt das nicht, daß dies auch in der Zukunft geschehen muß. Weiter ist ins Auge zu fassen, daß die Großkerne in verschieden hohem Grade pathologisch verändert sein können, so daß mit einem so bunten Untersuchungsmateriale kaum einheitliche Ergebnisse zu erreichen sind. Wenn ein Großkern manchmal imstande ist, sich durch Promitose an Stelle der Amitose zu teilen, dann ist mit Recht anzunehmen, daß ein solcher Kern zu dieser Zeit nicht als pathologisch verändert angesehen werden darf. Noch möchte ich eine allgemeine Bemerkung in bezug darauf machen: Entwicklungsgeschichtlich stellen sich die Großkerne der typischen Ciliaten und deren Amitosen als sekundäre Erscheinungen dar. Dabei tritt deutlich hervor, daß die aus den Kleinkernen regelmäßig hervorgehenden Großkerne Gebilde begrenzten Lebens sind und daß die neuen Großkerne immer aus den Kleinkernen hervorgehen. Niemals kommt das Umgekehrte vor, daß ein Kleinkern aus einem Großkerne hervorgeht.

Wenn nun bei manchen Großkernen die Promitose und die Amitose nebeneinander vorkommen, können die beiden Kernteilungsmodi wohl nicht beide normale sein. Entweder die Promitose oder die Amitose sind wohl in diesen Fällen als pathologisch veränderte Teilungen zu betrachten. Da alle Rhizopoden und Flagellaten, also die ursprünglichsten Protozoen, sich ausschließlich durch promitotisch-mitotische Teilung vermehren, müssen wir diesen Teilungsmodus als einen normalen ansehen; es bleibt deshalb anzunehmen, daß die Amitose keinen normalen Kernteilungsvorgang darstellen kann. Durch keine experimentellen Versuche ist diese Grundtatsache zu widerlegen.

Zusammenfassung der Ergebnisse.

1. Der ruhende Kern von *Opalina ranarum* ist ein sog. Bläschenkern. Er unterscheidet sich von den typischen Bläschenkernen dadurch, daß seine Plastinsubstanz nur ausnahmsweise in einem einheitlichen Plastincaryosom versammelt, sondern in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle in eine Zahl ungleichgroßer und ungleich geformter Plastinteilstücke zerfallen und über das Lininnetzwerk des Kernes regellos verteilt ist.

2. Die Kernteilung wird durch polare Differenzierung der Linin-substanz in eine Lininteilungsspindel eingeleitet. Das feinkörnige

Chromatin sammelt sich in fadenförmige Chromosomen, welche im Äquator der Lininteilungsspindel die chromatische Äquatorialmutterplatte bilden. Die Plastinteilstücke werden regellos auf die künftigen Tochterkerne verteilt. Nicht selten unterliegt das Plastinmaterial im Verlaufe des Teilungsprozesses der Resorption in so hohem Grade, daß in der Kernteilungsfigur nur noch die letzten Reste des Plastins in Form kornartiger Gebilde zu sehen sind.

3. In anderen Fällen bleibt das Plastin den ganzen Teilungsprozeß hindurch so gut erhalten, daß die Kernteilungsfigur promitotischen Charakter aufweist.

4. Weder „Macro-“ noch „Microchromosomen“, sondern nur auf Kosten der chromatischen Körnchen sich bildende Chromosomen sind auch bei *Opalina ranarum* wie überall in der Welt der Lebewesen vorhanden.

5. Der Bläschenkernbau und der promitotische Charakter der Kernteilung ist auch bei *Opalina obtrigona* festgestellt worden,

6. Aus dem beobachteten Tatsachenmateriale zieht der Autor den Schluß, daß die Opalinen mit Rücksicht auf ihre Kernverhältnisse (Kernbau und Kernteilung) sich als ursprüngliche Ciliatenformen darstellen.

Literaturverzeichnis.

- ENGELMANN, TH. W. (1876): Über Entwicklung und Fortpflanzung von Infusorien. Morph. Jahrb. Bd. 1.
- HERTWIG, RICHARD (1898): Über Kernteilung, Richtungskörperbildung und Befruchtung von *Actinosphaerium Eichhornii*. Abh. kgl. bayr. Akad. d. Wiss. II Kl. Bd. 19.
- IVANIĆ, MOMČILO (1928): Über die mit den parthenogenetischen Reorganisationsprozessen des Kernapparates verbundenen Vermehrungscysten von *Chilodon uncinatus* EHRLG. (Zugleich ein Beitrag zur Kenntnis der promitotischen Kernteilung bei Infusorien.) Arch. f. Protistenk. Bd. 61.
- (1933): Neue Beiträge zur Kenntnis der mit den Reorganisationsprozessen des Kernapparates verbundenen Vermehrungsruhestadien von *Chilodon uncinatus* EHRLG., nebst einem neuen Beitrage zur Kenntnis der promitotischen Teilung des Großkernes bei Infusorien. Ibid. Bd. 79.
- (1933 a): Zur Aufklärung der Kernverhältnisse und der Kernteilung bei dem im Enddarme der gewöhnlichen Erdkröte (*Bufo vulgaris* LAUR.) lebenden Opaline, *Cepedea dimidiata* STEIN. Ibid. Bd. 80.
- (1934): Ein Beitrag zur Kenntnis der im Enddarme des Laubfrosches (*Hyla arborea* L.) lebenden Opaline, *Opalina obtrigona* STEIN. Zool. Anz. Bd. 107.

- REICHENOW, EDUARD (1927/1929): Lehrbuch der Protozoenkunde. 5. Aufl. Jena.
SCHWARTZ, VICTOR (1934): Versuche über Regeneration und Kerndimorphismus der Ciliaten. Nachr. d. Ges. d. Wiss. zu Göttingen. Math.-Phys. Klasse.
— (1935): Versuche über Regeneration und Kerndimorphismus bei *Stentor coeruleus* EHRBG. Arch. f. Protistenk. Bd. 85.
TÖNNIGES, CARL (1898): Die feineren Bauverhältnisse bei *Opalina ranarum*. Ges. z. Beförd. d. ges. Naturwiss. zu Marburg.
— (1899): Nachtrag zu den Untersuchungen über die feineren Bauverhältnisse von *Opalina ranarum*. Ibid.
— (1919): Weitere Mitteilungen über die feineren Bauverhältnisse und über die Fortpflanzung von *Opalina ranarum*. Ibid.
-

Tafelerklärung.

Sämtliche Abbildungen sind nach den mit SCHAUDINNSCHEM Sublimatalkohol fixierten und mit HEIDENHAINSCHEM Eisenhämatoxylin gefärbten Präparaten mit Hilfe des LEITZSCHEN Zeichenapparates in der Höhe des Arbeitstisches bei Vergrößerung ZEISS Oc. 4. Obj. Apochr. Imm. 2 mm entworfen.

Tafel 6.

Die Fig. 1—19 beziehen sich auf *Opalina ranarum* STEIN. Die Fig. 20—22 auf *Opalina obtrigona* STEIN.

Fig. 1—6. Ruhende Kerne.

Fig. 7—9. Die Lininteilungsspindeln sind bei den Kernteilungsstadien schon fertiggebildet worden, die Bildung der chromatischen Äquatorialmutterplatte ist aber noch nicht erfolgt.

Fig. 10. Metaphasestadium.

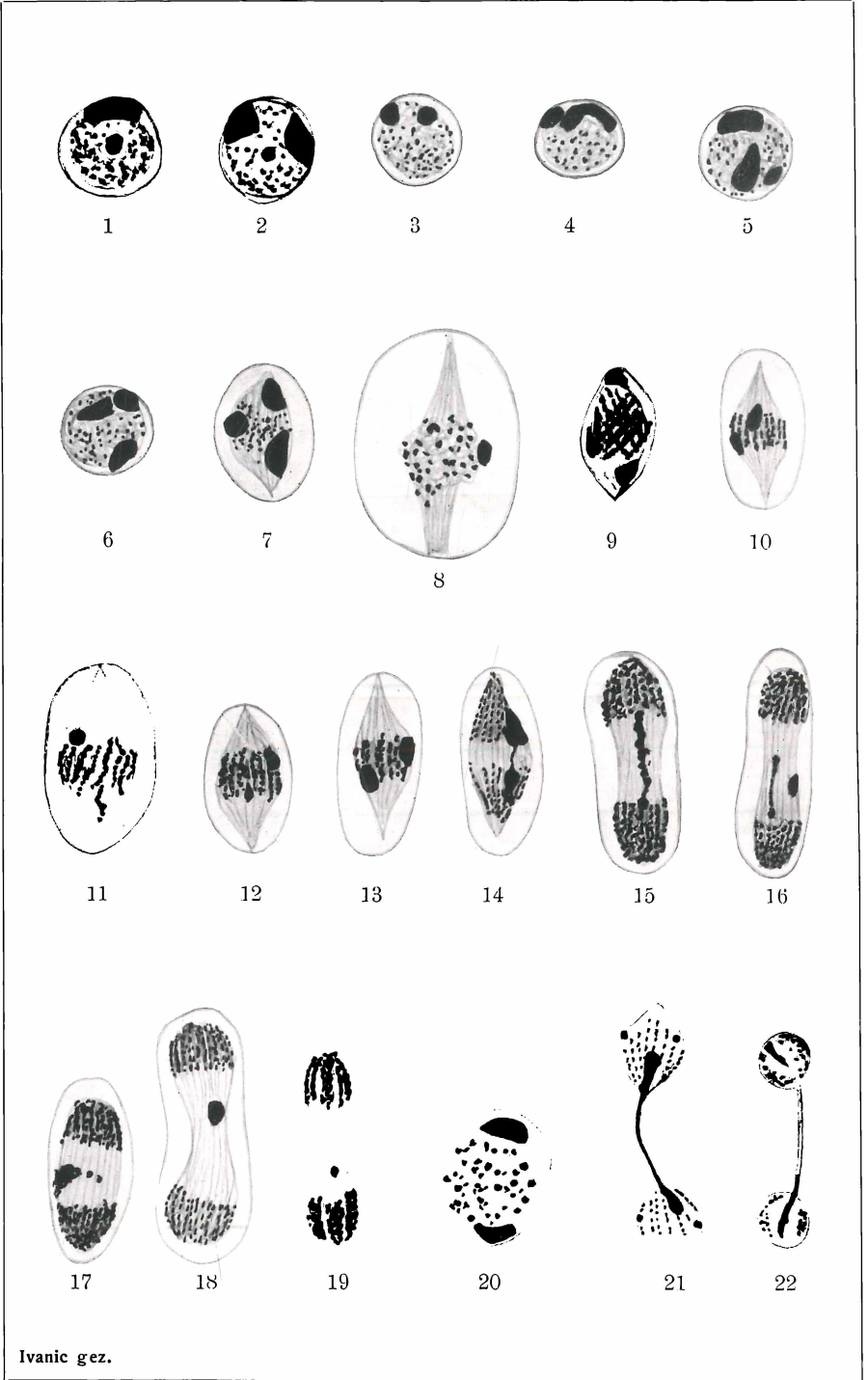
Fig. 11—13. Früheste Anaphasenstadien.

Fig. 14—17. Anaphasenstadien. Der promitotische Charakter tritt beim Kernteilungsstadium Fig. 14 ohne weiteres hervor.

Fig. 18 u. 19. Telophasenstadien.

Fig. 20. Ein zur Teilung sich vorbereitender Kern.

Fig. 21 u. 22. Späte Telophasenstadien mit deutlichem Charakter der Promitose.



Ivanic gez.

Ivanic, Kernteilung.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

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

Jahr/Year: 1936

Band/Volume: [87_1936](#)

Autor(en)/Author(s): Ivanic Momcilo

Artikel/Article: [Die Kernteilung bei Opalina ranarum Stein und Opalina obtrigona Stein. 172-184](#)