

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

Die Conjugation von *Chilodon cucullulus* EHRBG.

Von

Momčilo Ivanić (Belgrad).

(Hierzu 37 Textfiguren.)

Dank den klassischen Untersuchungen von ENRIQUES (1908) und MAC DOUGALL (1925, 1929 u. 1929 a) gehört die Conjugation von *Chilodon uncinatus* zu den besterforschten Fällen von Conjugation bei Ciliaten. Nachdem HANS PRANDTL (1906) die Reduktion der Chromosomenzahl während der Conjugation beim Infusorium *Didinium nasutum* als erster einwandfrei nachgewiesen hatte, stellte ENRIQUES (1908) bald darauf fest, daß die diploide Chromosomenvierzahl bei *Chilodon uncinatus* während der zweiten Reifeteilung auf die haploide Zweizahl reduziert wird. MAC DOUGALL (1925) glückte es festzustellen, daß bei *Chilodon uncinatus* neben der diploiden Rasse mit der Chromosomenvierzahl noch eine tetraploide Rasse mit Chromosomenachtzahl vorkommt. In letzter Zeit hat MAC DOUGALL (1929, 1929 a) experimentell durch Bestrahlung mit ultravioletem Licht noch eine triploide Rasse mit Chromosomensechszahl hervorrufen können. Die Untersuchungen von MAC DOUGALL eröffneten neue Wege, da mit denselben die experimentelle Chromosomenforschung bei Protozoen begann.

Wenn auch die Untersuchungen über die Conjugation von *Chilodon uncinatus* manches überraschendes Resultat gezeitigt haben, so

ist doch die wichtige Frage noch unbeantwortet geblieben, auf welche Weise die Reduktion der diploiden Chromosomenvierzahl in die haploide Zweizahl vor sich geht? Kommt es hier zuerst zu einer Pseudoreduktion der Chromosomenzahl durch paarweise Conjugation der ganzen Chromosomen, so daß es den Anschein hat, als ob eine Längsteilung der Chromosomen stattgefunden hätte, oder haben wir es hier mit einem sog. Primärtypus im Sinne von AUGUST WEISMANN zu tun, wo eine Hälfte des diploiden Genoms auf die entsprechenden Spindelpole verteilt wird, ohne daß eine Conjugation von zwei Chromosomen ihr vorausgegangen ist?

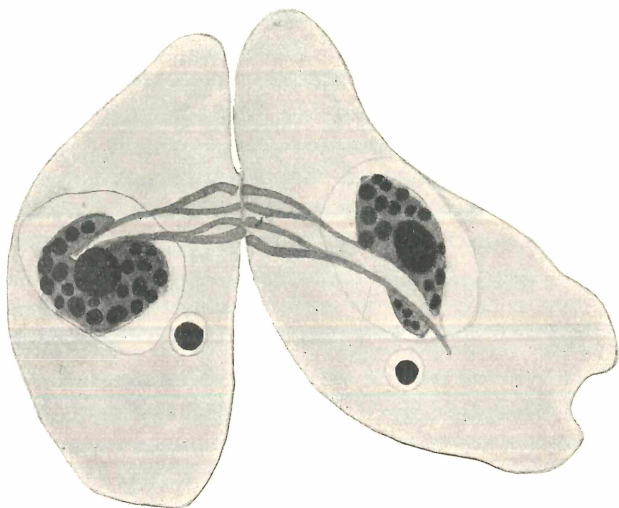
Der nächste Verwandte von *Chilodon uncinatus*, *Chilodon cucullulus*, kommt weder häufig vor noch läßt er sich leicht züchten. Über seine Conjugation sind wir nur durch eine Abbildung von BÜTSCHLI unterrichtet. Sie galt seit Jahren als ein Beispiel für Anisogamie und ist als solches in den zusammenfassenden Werken und Lehrbüchern der Protozoenkunde aufgenommen (Vergleiche: REICHENOW 1927/1929). Aus der BÜTSCHLI'schen Abbildung läßt sich aber keine genügend klare Vorstellung über den äußeren Verlauf der Conjugation von *Chilodon cucullulus* gewinnen.

Im April 1920 habe ich eine mittelreiche Kultur von *Chilodon cucullulus* erhalten können, in welcher alsbald eine Epidemie von Conjugation zweimal (den 12.—14. April zum erstenmal und den 24.—26. April zum zweitenmal) ausbrach, so daß ich alle Stadien der Reifungs- und Befruchtungsprozesse, sowie die Reorganisation des neuen Kernapparates bei den Exconjuganten Schritt für Schritt verfolgen konnte. Seit jener Zeit gelang es mir mehrmals *Chilodon cucullulus* durch längere oder kürzere Zeit zu kultivieren. Einige Male erhielt ich von ihm sogar Massenkulturen. Im Jahre 1927 brachen in meinen Zuchtgläsern Epidemien von Conjugationen bei fast allen anderen, neben ihm lebenden Infusorienarten (*Chilodon uncinatus*, *Euplotes patella*, *Paramaecium caudatum*, *Pleurotricha spec? Stylonychia mytilus*) aus, nur die Kultur von *Chilodon cucullulus* blieb in fast völliger Ruhe oder ich traf in ihr nur vereinzelte Conjugationspärchen. Die überwiegende Mehrzahl der Tiere ging in das Ruhestadium über und bildete die Vermehrungs- sowie Wiedervermehrungsruhestadien erster und sogar zweiter Ordnung.

Mein ganzes Material habe ich mit SCHAUDINN'schem Sublimatalkohol fixiert und mit HEIDENHAIN'schem Eisenhämatoxylin gefärbt. Mit einiger Übung gelingt es Ausstriche von *Chilodon cucullulus* in gleicher Weise wie von *Chilodon uncinatus* herzustellen.

I. Der äußere Verlauf der Conjugation bei *Chilodon cucullulus* EHREBG.

Wie bei seinem Nächstverwandten *Chilodon uncinatus* und bei Infusorien im allgemeinen, wird auch bei *Chilodon cucullulus* der Conjugationsprozeß durch die Verschmelzung der Mund-, resp. Reusenapparate eingeleitet (Fig. 1). Ebenso wie ENRIQUES bei *Chilodon uncinatus* den Verschmelzungsprozeß der Conjuganten beobachtet und zeichnerisch dargestellt hat, legen sich die Reusenapparate auch bei *Chilodon cucullulus* so aneinander an, daß die inneren Röhre der Reusenapparate miteinander in enge Verbindung treten. In den Abbildungen, wo man sich bemüht, die Kernverhältnisse der Conjugationsstadien möglichst treu wiederzugeben, ist es nicht möglich gleichzeitig auch die Einzelheiten des Verschmelzungsprozesses bei den

Fig. 1¹⁾.

Conjuganten vollkommen genau zeichnerisch zur Darstellung zu bringen, da die Verschmelzungsbilder der Mundapparate in der Regel nicht in derselben optischen Ebene mit den Kernstadien liegen.

Vor allem soll betont werden, daß die Verschmelzung der Conjuganten bei *Chilodon cucullulus* nicht in einer Verschmelzung der Mundapparate, sondern in einer Verschmelzung ihres entoplasmatischen Inhaltes besteht. Die Mundapparate, resp. ihre inneren

¹⁾ Sämtliche Figuren beziehen sich auf die Conjugation von *Chilodon cucullulus* und sind nach den mit SCHAUDINN'schem Sublimatalkohol fixierten und mit HEIDENHAIN'schem Eisenhämatoxylin gefärbten Präparaten mit Hilfe des LEITZ'schen Zeichenapparates in der Höhe des Arbeitstisches, bei Vergrößerung: ZEISS Oc. 2, Obj. Hom. Imm. 1,5 mm, entworfen. Bei der Herstellung der Klischeés sind die Fig. 1—35 auf $\frac{2}{3}$ verkleinert worden.

Röhren dienen dabei nur als eine Brücke, über und durch welche das Entoplasma der sich conjugierenden Pärchen miteinander in Berührung kommt. Daß die Mundapparate bei der Conjugation keine wesentliche Rolle spielen, geht aus der Tatsache hervor, daß die conjugierenden Tiere noch lange Zeit verschmolzen bleiben, nachdem ihre Mundapparate schon abgeworfen und in völliger Auflösung begriffen sind. Die Mundapparate bleiben während der Reifeteilungen erhalten und scheinen zu Beginn der Befruchtungsperiode noch völlig unverändert (Fig. 1—14). Sobald sich aber die dritte Teilung in den stationären und den Wanderkern deutlich bemerkbar macht (Fig. 15), werden die Mundapparate abgeworfen und unterliegen einer raschen Auflösung im Protoplasmakörper. Die neuen Mundapparate werden bald darauf aufgebaut (Fig. 16).

ENRIQUES hat angegeben, daß sich während der Conjugation die Individuen von *Chilodon uncinatus* nicht genau ventral, sondern etwas seitlich einander nähern und miteinander verschmelzen, so daß das rechte (im Bilde: linke) Tier mehr oder weniger ventral, das linke (im Bilde: rechte) dagegen mehr seitlich seinem Partner gegenüber orientiert ist. Infolge dessen muß das linke (im Bilde: rechte) Tier seinen Mundapparat drehen, um mit dem ventral liegenden, rechten (im Bilde: linken) in Verbindung treten und verschmelzen zu können. Daß die Drehung des Reusenapparates des meist links (im Bilde: rechts) liegenden Tieres regelmäßig vorkommt, konnte ich auch bei *Chilodon cucullulus* feststellen. Doch habe ich auch Conjugationspärchen beobachtet, die in der Conjugation genau ventral miteinander verbunden waren, so daß bei ihnen nur eine leichte Drehung des Reusenapparates des rechten (tatsächlich: meistens linken) Conjuganten notwendig war. Auch habe ich alle möglichen Übergangsstadien zwischen den beiden Extremen beobachten können. Eine plausible Erklärung hierfür scheint mir folgende. Wie bekannt, bewegt sich *Chilodon* ventral dem Boden zugekehrt. Die beiden *Chilodon*-Arten bewegen sich sowie alle Infusorien während der Conjugation rasch. Um nun diese Bewegungen ausführen zu können, müssen die Conjugationspärchen seitlich immermehr sich voneinander trennen.

Ebenso scheint mir die Angabe von ENRIQUES nur relativ exakt, daß nämlich bei *Chilodon uncinatus* das rechte (tatsächlich: linke) Tier immer kleiner als sein Partner ist. Nach der erwähnten Abbildung von BÜTSCHLI würde es sich bei der Conjugation von *Chilodon cucullulus* um eine ausgesprochene Anisogamie handeln. Auch manche von mir wiedergegebenen Conjugationspärchen sind in

diesem Sinn zu deuten (Fig. 2, 3, 4, 9 und 17). Doch ist es dies, wie zahlreiche Conjugationsstadien zeigen, bei weitem nicht immer der Fall. Das rechte (tatsächlich: linke) Tier ist nicht selten gleich groß wie sein linkes (tatsächlich: rechtes) Schwestertier (Fig. 5, 6, 7, 8, 10, 12, 13, 14, 15, 16 u. 18) oder aber das linke (tatsächlich: rechte) Tier ist manchmal sogar kleiner als sein Partner (Fig. 1, 11 u. 19). In der Abbildung von BÜTSCHLI ist auch das rechte (in Abbildung: linke) Tier kleiner als das linke. Bei *Chilodon cucullulus* kommen alle Übergangsstadien zwischen echter Isogamie und ausgesprochener Anisogamie vor. Hierdurch erhält die Annahme von RICHARD HERTWIG (1912), daß die Anisogamie sich aus der Isogamie nach und nach entwickelt hat, eine neue Stütze.

Die klassischen Untersucher der Conjugation bei den Ciliaten, MAUPAS (1889) und R. HERTWIG (1889) haben vor Jahrzehnten feststellen können, daß bei manchen Infusorien manchmal zahlreiche vegetative Zweiteilungen dem Eintreten der Conjugation vorangehen. Infolge der regen vegetativen, aufeinander rasch folgenden Zweiteilungen entstehen der Größe nach bedeutend kleinere Stadien, die bald darauf in Conjugation eintreten. In letzter Zeit fordert DOGIEL (1925), daß eine oder mehrere solcher Zweiteilungen der Conjugation aller im Darmapparate von Huftieren parasitierender Infusorien vorangehen. DOGIEL möchte die Teilungen als besondere Präconjugationsteilungen von den übrigen gewöhnlichen vegetativen Teilungen unterscheiden und nennt die aus den Präconjugationsteilungen hervorgegangenen Stadien Präconjuganten. Bei *Chilodon cucullulus* habe ich solche Teilungen nicht finden können. Im allgemeinen möchte ich meinen, daß die sich conjugierenden Tiere in der Regel etwas größer und den vegetativen Stadien gegenüber nicht selten sogar riesengroß sind. Auch möchte ich annehmen, daß die zur Conjugation schreitenden Tiere auch deshalb immer größer werden, weil sich bei ihnen die gewöhnliche vegetative Zweiteilung immer mehr hinausschiebt. Ist die Teilungsfähigkeit längere oder kürzere Zeit sistiert, so geraten die Tiere in einen Depressionszustand. Einer der Wege der Rettung aus dem Depressionszustande ist die Conjugation und die damit verbundenen Reorganisationsprozesse des Kernapparates. Die von MAUPAS und R. HERTWIG zuerst festgestellten, vor der Conjugation vorkommenden, regen Zweiteilungen, sowie die Präconjugationsteilungen im Sinne DOGIEL'S möchte ich als einen Versuch auffassen, sich aus dem Depressionszustand durch gewöhnliche Zweiteilung zu retten. Da dieser Versuch aber nicht gelingt und die Rettung nicht erzielt wird, treten Reorganisationsprozesse des Kernapparates in Form von

Conjugation auf. Hierfür scheint auch eine weitere, schon von mir erwähnte Erfahrung bei *Chilodon cucullulus* zu sprechen. Im Jahre 1927 habe ich neben vereinzelt Conjugationsstadien in einer Massenkultur zahlreiche Vermehrungsruhestadien, sowie Wiedervermehrungsruhestadien erster und auch zweiter Ordnung finden können. An Stelle der Conjugation und deren rege Teilungen und Reorganisation des Kernapparates, traten hier in den Vermehrungsruhestadien und Wiedervermehrungsruhestadien rege Teilungen, Zwei- und Vierteilungen, auf, wodurch die nötige Reorganisation und die Rettung aus dem Depressionszustande nach sistierter Teilungsfähigkeit erzielt wurde.

II. Der innere Verlauf der Conjugation von *Chilodon cucullulus* EHRBG.

a) Die Reifeteilungen des Kleinkernes und die darauf folgende Befruchtung.

Die erste zu Beginn der Reifeteilungen am Kleinkerne zu beobachtende Veränderung ist bei jedem Conjuganten die veränderte Lage des Kleinkernes dem alten Großkerne gegenüber. Die Kleinkerne bleiben nicht an ihren entsprechenden Großkernen eng angeschmiegt liegen, sondern sie entfernen sich mehr oder minder weit davon in das Protoplasma (Fig. 1). Auf diese Lageveränderung der Kleinkerne den Großkernen gegenüber hat RICHARD HERTWIG (1889) zuerst aufmerksam gemacht. Sie ist aber nicht nur bei den in die Conjugation eintretenden Infusorien regelmäßig zu beobachten. Denn, wie ich in mehreren Arbeiten hervorheben konnte (IVANIĆ 1928, 1929, 1931), findet man dasselbe Verhalten des Kleinkernes dem alten Großkerne gegenüber bei allen mit Reorganisationsprozessen am Kernapparate verbundenen Stadien, sei es, daß es sich um freilebende oder encystierte Infusorien handelt.

In dem Augenblicke wo die Conjuganten verschmolzen sind, befinden sich die Kleinkerne noch in Ruhe und sehen wie typische sog. Caryosomkerne aus (Fig. 1). Aber bald darauf machen sich auch schon bedeutende Veränderungen an den Kleinkernen der Conjuganten bemerkbar (Fig. 2). Die Kleinkerne quellen stark auf und lassen ihren feineren Bau besser erkennen. An ihnen lassen sich zwei Substanzen deutlich voneinander unterscheiden, die achromatische Linin-substanz in Form feiner Fäden und Fasern und das mit Eisenhämatoxylin nach HEIDENHAIN tiefschwarz sich färbende Körnchen-

chromatin. Der Kleinkern des rechten Conjuganten befindet sich auf einem früheren Aktivierungsstadium. Mit ziemlicher Sicherheit läßt sich aber doch erkennen, daß die feinen chromatischen Körnchen in acht Reihen angeordnet sind. Beim (in der Abbildung) linken Tier ist der Kleinkern im Teilungsprozeß dem seines Partners vorausgeeilt. Die Lininfasern sind noch viel deutlicher zu erkennen. Mit gewisser Sicherheit sind wiederum acht Reihen von Chromatinkörnchen zu zählen.

Auf welche Weise diese Vorbereitungsteilungsstadien beendet werden, zeigt das nächstfolgende Stadium (Fig. 3). Die beiden Kleinkerne sind zu riesengroßen Gebilden herangewachsen. In beiden Kleinkernen lassen sich die Lininfasern und die chromatischen Körnchenreihen noch viel deutlicher unterscheiden. Aber noch eine weitere Erscheinung ist ins Auge zu fassen. Wie der Kleinkern des rechten Tieres besonders deutlich erkennen läßt, beginnt sich in diesem Stadium eine ausgesprochene polare Differenzierung des Kleinkernes bemerkbar machen. Der Kleinkern wird in einer bestimmten Rich-

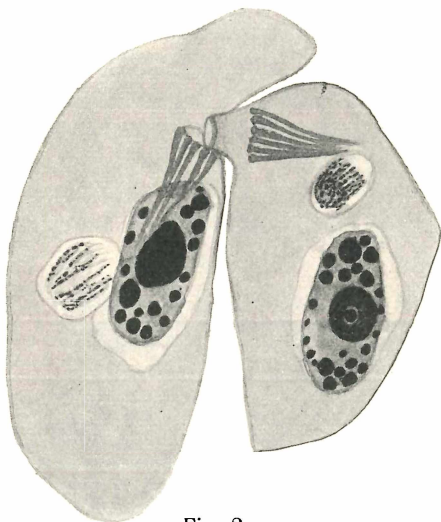


Fig. 2.

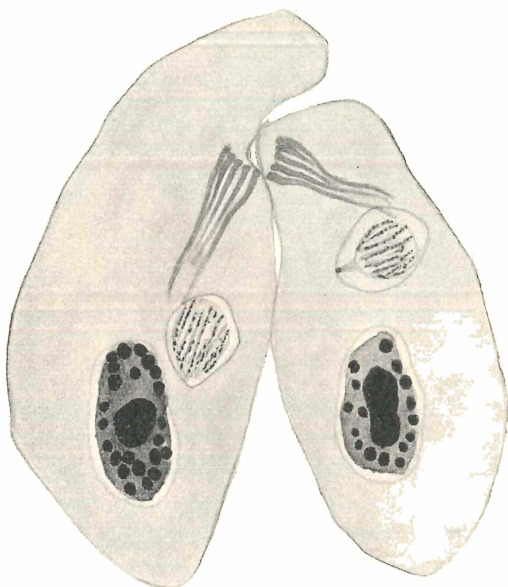


Fig. 3.

Stadium eine ausgesprochene polare Differenzierung des Kleinkernes bemerkbar machen. Der Kleinkern wird in einer bestimmten Rich-

tung feinspitzig ausgezogen. Die feine, kegelartig ausgezogene Linispitze des Kleinkernes trägt noch ein sehr deutliches, mit HEIDENHAIN'schem Hämatoxylin tiefschwarz sich färbendes Korn. Da es sich hier um einen einzeln stehenden Fall handelt, läßt sich nicht mit Bestimmtheit behaupten, daß man es hier tatsächlich mit einem Zentrengelbilde zu tun hat. Die polare Differenzierung der Kleinkerne gegen das Gebilde ist aber ohne die Annahme völlig unerklärlich. Auch soll ausdrücklich betont werden, daß wir es in diesem Stadium mit einem typischen Spiremstadium zu tun haben. In jedem Kleinkerne sind ganz deutlich acht Reihen von Chromatinkörnchen

zuzählen, wodurch die Natur des Spiremstadiums noch wahrscheinlicher gemacht wird.

Indem die polare Differenzierung der Kleinkerne in einer Richtung weiter fortschreitet, ziehen sich die Kleinkerne in der betreffenden Richtung immermehr aus und bilden die typischen sog. Sichelstadien der Kleinkerne (Fig. 4).

Wie extrem die Kleinkerne in dem

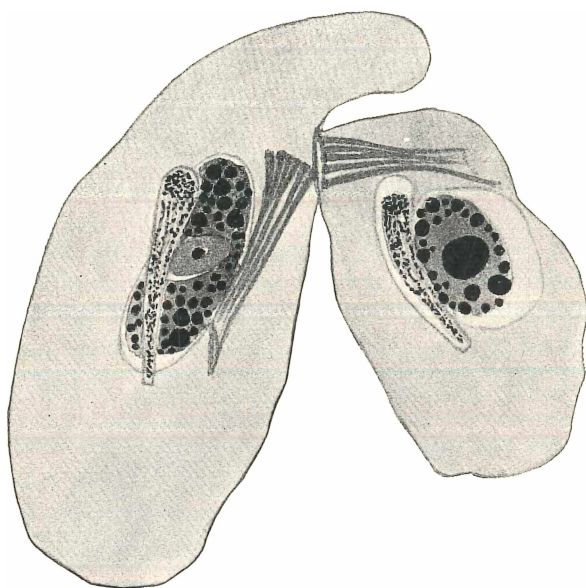


Fig. 4.

Sichelstadium manchmal ausgezogen werden können, zeigen die Sichelstadien der Kleinkerne bei den Conjuganten in Fig. 5. Bei aufmerksamer Beobachtung kann man mit gewisser Sicherheit in jedem Sichelstadium etwa vier Reihen chromatischer Körnchen unterscheiden. Im vorangehenden Spiremstadium haben wir acht solche Reihen chromatischer Körnchen unterscheiden können. Das spitzausgezogene Ende ist höchstwahrscheinlich als Sitz eines färberisch nicht zur Darstellung gemachten und daher unsichtbar gebliebenen Zentrums zu betrachten. Dieses Stadium entspricht wohl dem sog. Bukettstadium bei den Metazoen und Metaphyten. R. HERTWIG ist als

der erste Forscher hervorzuheben, der auf die Bedeutung des Sichelstadiums aufmerksam gemacht hat. In seiner klassischen Arbeit, in welcher die Conjugation bei *Paramaecium aurelia* eingehend beschreibt, betont HERTWIG ausdrücklich, daß die Kleinkernteilungen während der Conjugation (die Reifeteilungen) dadurch sich von den gewöhnlichen vegetativen Kleinkernteilungen unterscheiden, daß sie im Vorbereitungsstadium zur ersten Reifeteilung regelmäßig ein typisches, besonderes Stadium, das „Sichelstadium“ durchmachen. Das Vorhandensein des Vorbereitungsstadiums in Form des Sichelstadiums hat R. HERTWIG auch bei den pathenogenetischen Reorganisationsprozessen des Kernapparates bei freilebenden Stadien von *Paramaecium aurelia* zuerst nachgewiesen und hervorgehoben (HERTWIG 1889, 1914). Mit Recht bemerkt HERTWIG in der im Jahre 1914 erschienenen Arbeit, daß die von ihm bei freilebenden Stadien von *Paramaecium aurelia* zuerst gefundenen und beschriebenen Stadien ihren parthenogenetischen, resp. geschlechtlichen Charakter durch das Sichelstadium offenbaren. Da bei der von WOODRUFF und ERDMANN (1914) entdeckten Endomixis das Sichelstadium zu

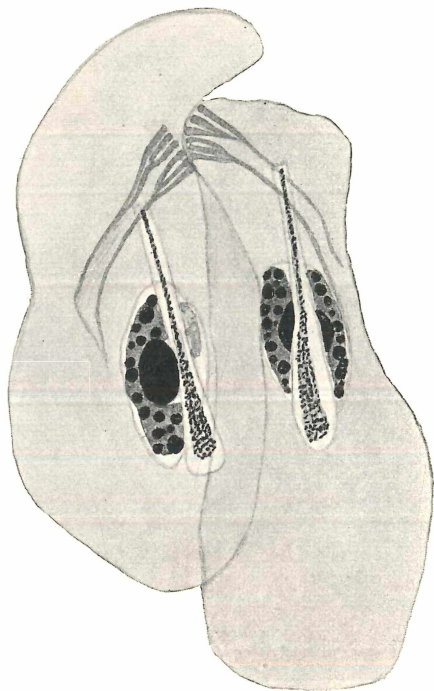


Fig. 5.

fehlen scheint, erscheint es fraglich, ob wir es bei den als Endomixis bezeichneten Reorganisationsprozessen des Kernapparates mit irgendwelchen geschlechtlichen Prozessen überhaupt zu tun haben und ob es nicht berechtigter wäre, die Reorganisationsprozesse des Kernapparates als gewöhnliche Regulationen zu betrachten.

Die im Bukettstadium stark ausgezogenen Kleinkerne wandeln sich bald in typische Teilungsspindel um (Fig. 6). Wie bei allen früheren Stadien, bleibt auch in diesem Stadium die Kernmembran ständig erhalten. Innerhalb der Kernmembran sieht man bei jedem conjugierenden Tiere eine deutliche, schöne Lininspindelfigur mit

vier äquatorialen Reihen von Chromatinkörnchen. Die in Fig. 6 wiedergegebenen Teilungsstadien möchte ich nicht als Äquatorialplattenstadien auffassen, denn es scheint mir viel wahrscheinlicher, daß es sich hier um frühe Anaphasestadien handelt. Da die Chromosomen aus chromatischen Körnchen zusammengesetzt sind, lassen sich die Tochterchromosomen in einem so frühen Stadium nicht voneinander unterscheiden. Solche aus zahlreichen Chromatinkörnchen zusammengesetzte Chromosomen habe ich bei der Kleinkernteilung

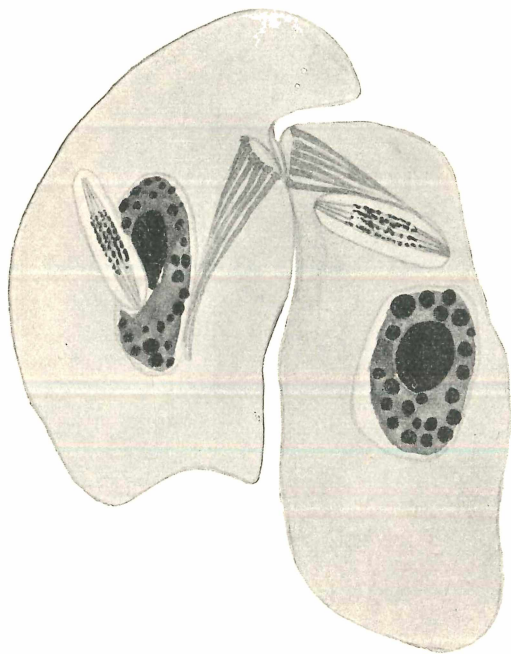


Fig. 6.

von *Stylonychia pustulata* beschrieben (IVANIĆ 1931 a). Noch mache ich darauf aufmerksam, daß in der Lininteilungsspindelfigur vier zu den Spindelpolen ziehende Lininfasern deutlich zu erkennen sind. Die Lininteilungsspindel ist also bei *Chilodon cucullulus* aus so viel Lininfasern aufgebaut, als Chromosomen enthalten sind.

Daß es sich bei der ersten Kleinkernteilung um die Äquationsteilung handelt, liefert den unzweideutigen Beweis das nächstfolgende Stadium (Fig. 7). Die Kleinkerne bei den in Fig. 7 wiedergegebenen Conjuganten teilen sich nicht gleichzeitig. Sie befinden sich deshalb nicht auf derselben Teilungsstufe. Der Kleinkern des linken (tatsächlich: rechten) Tieres ist jenem des rechten (tatsächlich: linken) Tieres vorausgeeilt. Der erste Kleinkern befindet sich schon auf dem Telophasestadium, da die Chromosomen die entsprechenden Spindelpole erreicht haben. Auf jedem Spindelpol lassen sich vier deutliche Chromosomen zählen. Die Dyadenbildung, wie sie von ENRIQUES bei *Chilodon uncinatus* beschrieben worden ist, habe ich nicht mit Sicherheit beobachten können. Die Differenzierung mag vielleicht hierfür die Ursache sein. Ich mache noch darauf aufmerksam, daß die Lininteilungsspindel aus vier ganz deutlichen

Doppellininfasern besteht. Damit wird die gemachte Angabe bestätigt, daß die Lininteilungsspindel aus so viel Lininfasern aufgebaut wird, als Chromosomen vorhanden sind. Der Kleinkern bei dem (im Bilde) rechten Tier entspricht, wie gesagt, einem früheren (Metaphase-) Stadium. Mit ziemlicher Sicherheit sind sechs Chromatinkörnchenreihen zu zählen. Auf der unteren Seite der Lininteilungsspindel lassen sich aber vier deutliche Doppellininfasern unterscheiden, im ganzen also wiederum 8 einfache Lininfasern. Die Sechszahl der

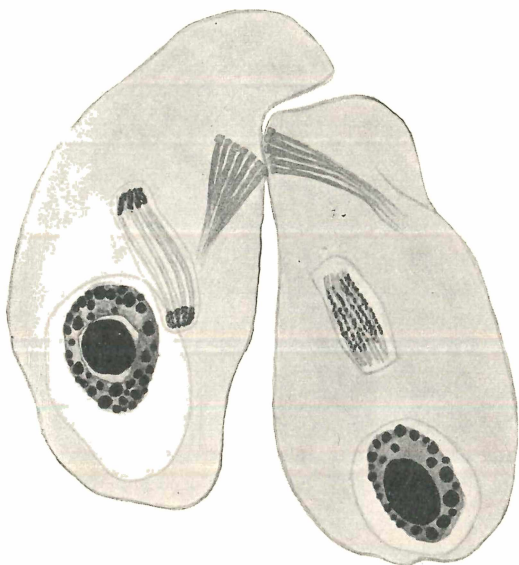


Fig. 7.

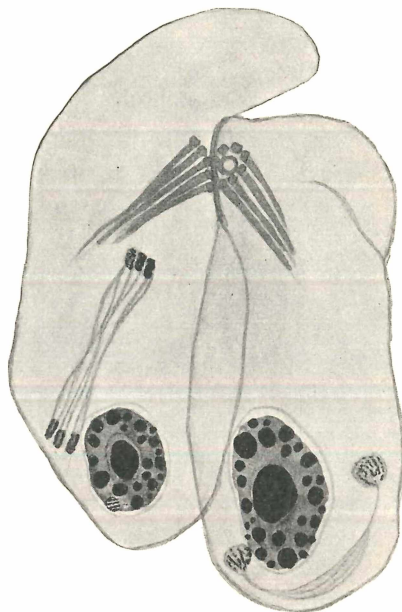


Fig. 8.

Chromatinkörnchenreihen ist demnach so zu deuten, daß noch nicht alle vier Mutterchromosomen der diploiden Zahl sich in die Tochterchromosomen geteilt haben. Wenn auch die Teilung der Mutterchromosomen in die Tochterchromosomen noch nicht erfolgt zu sein scheint, so haben die Tochterchromosomen doch bereits begonnen nach den Spindelpolen zu wandern.

Ein noch weiter vorgeschrittenes Stadium ist in Fig. 8 wiedergegeben, wo der Kleinkern des linken (tatsächlich: rechten) Tieres gegenüber dem des rechten (tatsächlich: linken) Tieres in der Teilung verspätet ist. Im linken Tier sieht man ein spätes Telophasenstadium, im rechten dagegen ein Anaphasestadium, in welchem der Mutterkleinkern gerade vor der Durchschnürung in die Tochterkleinkerne

steht. Im Telophasestadium sind drei deutliche Chromosomen zu sehen. Das vierte Chromosom lag an jedem Spindelpole unter dem mittleren Chromosom und konnte deshalb nicht gleichzeitig abgebildet werden. Auch sind die den drei Chromosomen entsprechenden drei Doppelfasern deutlich sichtbar. Jedem einzelnen Chromosom entspricht also regelmäßig eine Doppelfaser. Wir überzeugen uns demnach auch mit Rücksicht auf die Zahl der Doppelfasern, daß die erste Reifeteilung bei *Chilodon cucullulus* eine Äquationsteilung ist. Im Anaphasestadium des rechten Tieres sind schon die Tochterkleinkerne zu sehen. Die Durchschnürung ist schon so weit vorge-schritten, daß die Tochterkleinkerne noch durch einen feinen Faden mit der übrigen Lininteilungsspindel in Verbindung stehen. So drängt sich die Annahme auf, daß die Separation der Tochterkleinkerne in der Weise zustandekommt, daß durch die Drehung der Tochterkerne die Verbindung mit der übrigen Lininteilungsspindel eine immer dünnere wird. Nur durch Annahme der Drehung ist zu erklären, daß von der Lininteilungsspindel ein stark aufgequollenes Mittelstück übrigbleibt. In dem aufgequollenen Mittelstück lassen sich wieder vier deutliche Lininfasern unterscheiden. Die während der Reifeteilungen stark aufgequollenen Mittelstücke haben MAUPAS (1888) und R. HERTWIG (1889) zuerst bei zahlreichen Infusorien beschrieben. Diese Form der Lininteilungsspindel während der Anaphasenstadien scheint bei Infusorien allgemein verbreitet zu sein, nur kommt sie bei kleinen Arten wegen ihrer winzigen Größe nicht deutlich zum Ausdruck. Nachdem die Tochterkleinkerne sich von ihren Mittelstücken getrennt haben, unterliegen die Mittelstücke einer raschen Auflösung im Protoplastmakörper, wie bei *Paramaecium aurelia* von R. HERTWIG seit Jahren nachgewiesen ist.

Die stark ausgezogenen, gerade vor der Durchschnürung stehenden, späten Anaphasenstadien beider Conjuganten sind in Fig. 9 fast im gleichen Teilungsstadium zu sehen. In beiden lassen sich je zwei künftige Tochterkleinkerne und ein ansehnliches Mittelstück der Spindelfigur deutlich unterscheiden. Wie ersichtlich, werden auch hier die Mittelstücke der Lininteilungsspindel nicht in die Tochterkleinkerne aufgenommen, sondern in den Protoplastmakörper des entsprechenden Conjuganten abgeworfen, wo sie einem Auflösungsprozesse unterliegen. Daß die Mittelstücke der Lininteilungsspindel bei *Chilodon cucullulus* nicht in die Tochterkleinkerne aufgenommen werden, beweist die Tatsache, daß jeder Tochterkleinkern eine deutliche Kernmembran aufweist, während die Mittelstücke frei im Protoplastmakörper liegen. Während der ganzen Reifeteilung, und bis an

das Ende des Kleinkernteilungsprozesses bleibt die Kernmembran erhalten und auch die Tochterkleinkerne umgibt auf dem vor Durchschnürung stehenden, späten Teilungsstadium eine deutliche Kernmembran.

Wie in allen bisher bekannten Fällen der Conjugation von Infusorien, werden auch bei *Chilodon cucullulus* die Tochterkleinkerne nach erfolgter erster Reifeteilung nicht rekonstruiert, sondern treten gleich in die neue, zweite Reifeteilung ein (Fig. 10). Bei dem in Fig. 10 wiedergegebenen Stadium befinden sich die beiden Tochter-

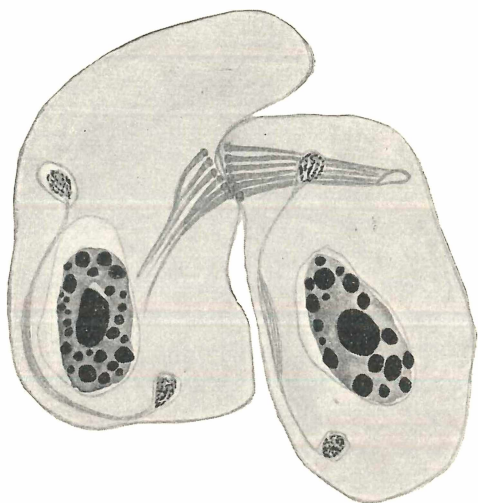


Fig. 9.

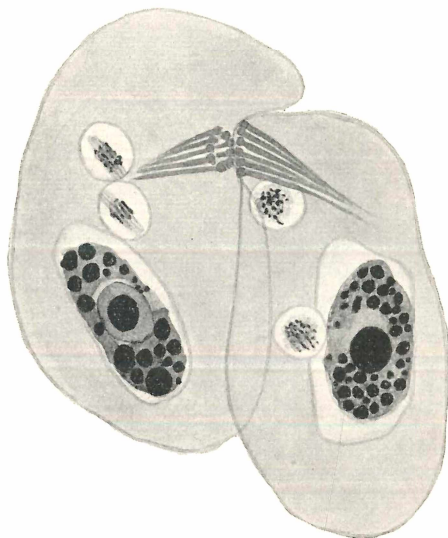


Fig. 10.

kleinkerne des rechten Tieres noch in Vorbereitung zur Teilung, die beiden Tochterkleinkerne des linken Conjuganten haben dagegen schon deutliche Linienteilungsspindel ausgebildet. In den beiden Linienteilungsspindeln lassen sich ziemlich deutlich (besonders in der unteren Spindel) vier Chromosomen zählen. Hieraus läßt sich der Schluß ziehen, daß die erste Reifeteilung eine Äquationsteilung gewesen ist. Chromosomenvierzahl konnte ich in späten Telophasenstadien der ersten Reifeteilung beobachten und auch jetzt zu Beginn der zweiten Reifeteilung sind vier Chromosomen deutlich zu sehen.

Das nächste Stadium hat besonderes Interesse mit Rücksicht auf die Vorstellung, auf welche Weise in der zweiten Reifeteilung die Reduktion der Chromosomenvierzahl auf die haploide Zweizahl zustandekommt (Fig. 11). Im linken Tiere sieht man eine fertige

Teilungsspindelfigur, der zweite Tochterkleinkern befindet sich noch in Vorbereitung zur Teilung. Im rechten Tiere haben beide Tochterkleinkerne die Teilungsspindel ausgebildet. Alle drei völlig ausgebildeten Teilungsstadien entsprechen typischen Metaphasenstadien. In jeder Teilungsfigur sind vier deutliche Chromosomen zu sehen. Je zwei Chromosomen haben sich paarig angeordnet, so daß es den Anschein hat, als ob die haploide Chromosomenzweizahl vorhanden wäre und die beiden Chromosomen in Längsteilung begriffen wären. So können wir uns überzeugen, daß die zweite Reifeteilung bei

Chilodon cucullulus einer Reduktions-
teilung entspricht und auf dem Wege
einer typischen Pseudoreduktion, wie
sie von CALKINS (1919) bei *Uroleptus
mobilis* und von GREGORY (1923) bei
Oxytricha fallax zuerst beschrieben
worden ist, vor sich geht. Es handelt
sich demnach bei der Reduktionstei-
lung von *Chilodon cucullulus* um den-
selben Reduktionsvorgang, wie er in
zahlreichen Fällen bei Metazoen und
Metaphyten bekannt ist. Bei *Chilodon
uncinatus* scheint nach den Unter-
suchungen von ENRIQUES der sog. Pri-
märtypus vorzuliegen. Bei *Chilodon
cucullulus* mit günstigeren Größen-
und Beobachtungsverhältnissen konn-
ten wir uns aber überzeugen, daß
es sich nicht um den „Primärtypus“

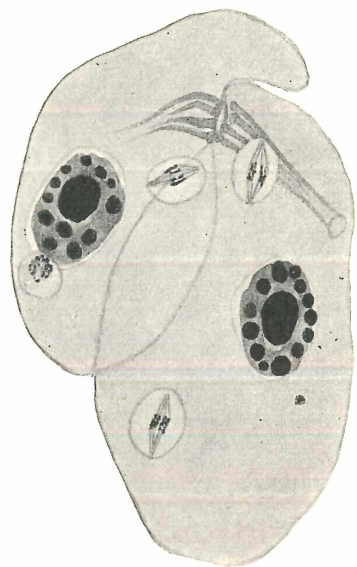


Fig. 11.

handelt, sondern um eine Pseudoreduktion, wie sie höheren Lebewesen zukommt.

Ich hatte nicht das Glück, eine Telophase in meinem Material zu finden. Ich verfüge nur über ein spätes Anaphasestadium, in welchem die beiden Tochterkleinkerne in jedem Conjuganten sich gerade vor der Durchschnürung befinden (Fig. 12). Alle vier Teilungsfiguren zeigen sehr ausgezogene, gerade vor dem Durchreißen stehende Spindeln mit deutlichen Mittelstücken. Die Chromosomenzahl läßt sich bei diesen Stadien nicht bestimmen, da die aus der zweiten Reifeteilung hervorgegangenen Enkelkleinkerne sich schon in die ruhenden Kerne umwandeln.

Die in den Conjuganten aus der zweiten Reifeteilung hervorgegangenen vier Enkelkleinkerne behalten nur kurze Zeit ihren

netzartig-chromatinkörnigen Bau bei. Nach erfolgten zwei Reifeteilungen gehen alle Kleinkerne in ein Ruhestadium über (Fig. 13). Während dieser Ruheperiode sehen alle vier Kleinkerne in den Conjuganten wie typische sog. Caryosomkerne aus. Deutliche Kernmembranen sind bei allen Kernen zu sehen. Mit dem Übergang in die Ruheperiode werden die Prozesse der Reifeteilungen abgeschlossen.

Die nach den erfolgten Reifeteilungen eintretende Ruheperiode dauert nun eine gewisse Zeit. Dann machen sich eigentümliche

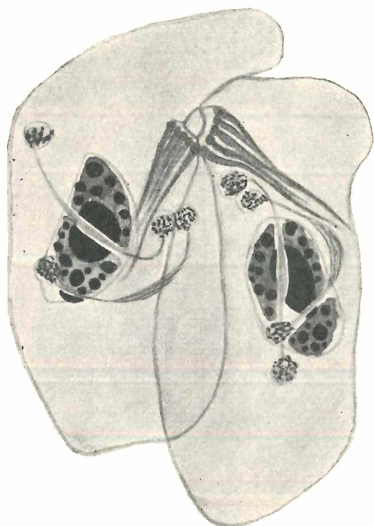


Fig. 12.

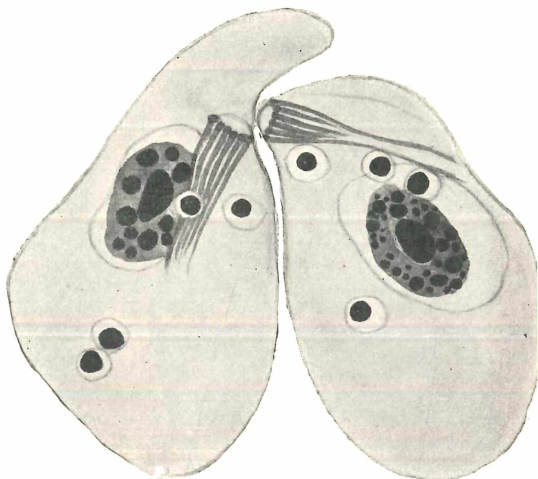


Fig. 13.

Veränderungen an den Kernen bemerkbar (Fig. 14). In jedem Conjuganten weisen drei Kleinkerne deutliche Zeichen von Degeneration auf und gehen mehr oder minder rasch zugrunde. Im linken Conjuganten sieht man noch alle drei zugrundegehenden Kleinkerne, im rechten dagegen nur noch zwei, der dritte Kleinkern ist schon spurlos verschwunden. Je einer der Kleinkerne bleibt in jedem Conjuganten übrig. Die Kleinkerne treten in den neuen Teilungsschritt ein, in die sog. dritte Teilung oder die Teilung in den stationären und den Wanderkern. Im rechten Conjuganten befindet sich der übrigbleibende Kleinkern auf dem frühesten Vorbereitungsstadium. Man sieht zwei deutliche, stark färbare, chromatische Gebilde, die wohl als zwei Chromosomen zu deuten sind. Im linken Conjuganten ist der übrigbleibende Kleinkern seinem Partner im Teilungsprozesse vorausgeeilt. Es ist eine noch nicht völlig fertig ausgebildete Spindel-

figur mit zwei deutlichen Chromosomen zu sehen. Schon in so frühen Vorbereitungsstadien, die die dritte Kleinkernteilung einleiten, enthalten die übriggebliebenen Kleinkerne die reduzierte, haploide Chromosomenzweizahl.

Das nächstfolgende, typische Metaphasenstadium bietet überaus klare Verhältnisse in der Chromosomenzahl (Fig. 15). In jedem Conjuganten sind je drei Kleinkerne in deutlicher Degeneration, der vierte, übrigbleibende Kleinkern in typischer Metaphase. Vier Chromosomen sind zu zählen. Diese Metaphasenstadien unterscheiden

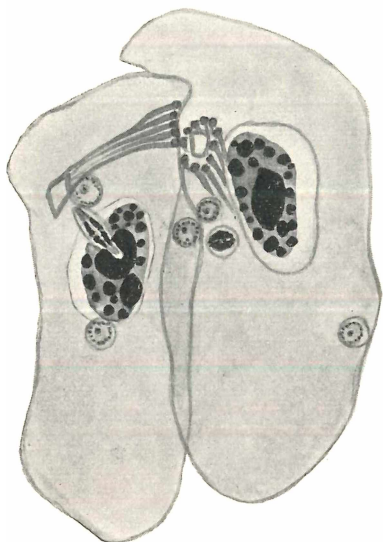


Fig. 14.

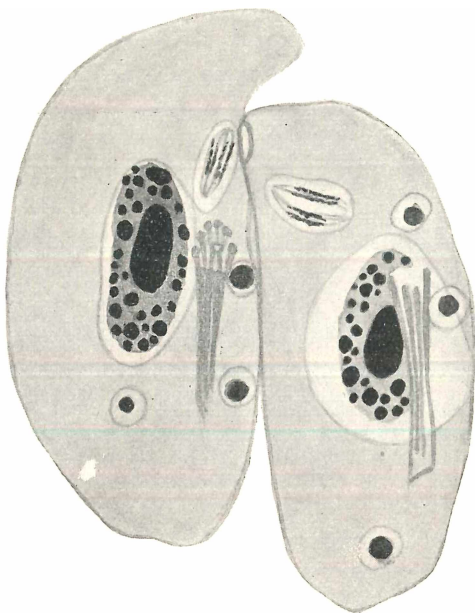


Fig. 15.

sich von den gewöhnlichen Metaphasenstadien dadurch, daß (besonders im rechten Conjuganten) je zwei Chromosome eine deutliche Gruppe ausmachen. Dies kommt dadurch zustande, daß die ursprünglichen zwei Mutterchromosomen sich durch Längsteilung in je zwei Tochterchromosomen geteilt haben. Die Tochterchromosomen stellen nun eine Chromosomengruppe dar. Die haploide Chromosomenzweizahl ist demnach auch bei der dritten Kleinkernteilung, der Teilung in den stationären und den Wanderkern, als erwiesen zu betrachten.

Wie die Wanderkerne in die entsprechenden Conjuganten gelangen, zeigt das in Fig. 16 wiedergegebene Stadium der späten Telophase. In jedem Conjuganten sind je drei in deutlicher De-

generation begriffene Kleinkerne zu sehen. Die Lininteilungsspindel ist so stark ausgezogen in jedem Conjuganten, daß die Wanderkerne die Verschmelzungsgrenze der Conjugation erreicht haben. Zwei deutliche, ringförmige Öffnungen, eine vordere und eine hintere (in der Abbildung: eine obere und eine untere) Öffnung, sind an der Verschmelzungsstelle der beiden Conjuganten zu sehen. Durch die hintere Öffnung tritt der Wanderkern des rechten Conjuganten gerade durch. Der Wanderkern des linken Conjuganten befindet sich vor der vorderen, ringförmigen Öffnung. Die stationären Kleinkerne liegen tief im Innern der Protoplasmakörper der Conjuganten. Zwischen den stationären und den Wanderkern der beiden Conjuganten ist die Verbindung noch deutlich zu sehen. Die Mittelstücke der Lininteilungsspindeln sind bei beiden Conjuganten noch erhalten. In jedem

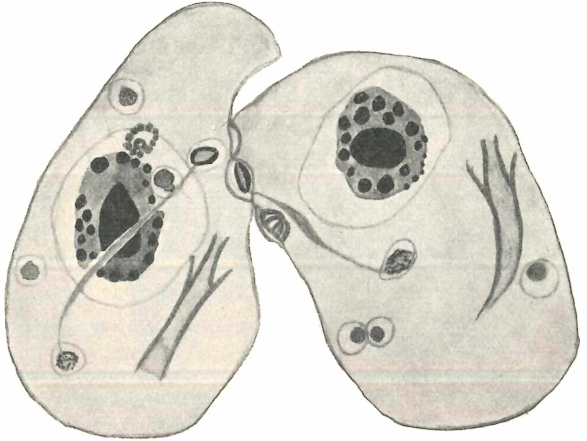


Fig. 16.

Wanderkerne sind je zwei deutliche Chromosomen zu zählen. Dies ist ein neuerlicher Beweis dafür, daß die diploide Chromosomenvierzahl während der zweiten Reifeteilung auf die haploide Chromosomenzweizahl reduziert wird. Noch möchte ich auf die Lage der stationären Kleinkerne im Innern der Protoplasmakörper bei den beiden Conjuganten aufmerksam machen. Man hat angenommen, daß sich von den vier, aus der zweiten Reifeteilung hervorgegangenen Kleinkernen derjenige in den stationären und Wanderkern teilt, welcher der Verschmelzungsgrenze der beiden Conjuganten am nächsten liegt. Daß dies nicht zutrifft, zeigt besonders der linke (tatsächlich: rechte) der beiden in Fig. 16 wiedergegebenen Conjuganten, wo der Kleinkern, der sich in den stationären und den Wanderkern geteilt hat, am weitesten von der Verschmelzungsgrenze im Innern des linken Conjuganten liegt. Alle drei zugrundegehenden Kleinkerne befinden sich, wie ersichtlich, viel näher als der übrigbleibende Kleinkern der Verschmelzungsgrenze.

Es bleibt deshalb nur die Annahme übrig, daß von den vier, aus der zweiten Reifeteilung hervorgegangenen Kleinkerne nicht derjenige ist, der der Verschmelzungsstelle zwischen den Conjuganten am nächsten liegt, sondern jener erhalten bleibt, welcher wohl der

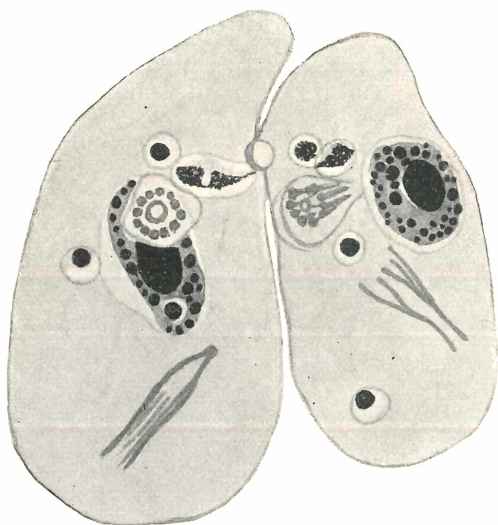


Fig. 17.

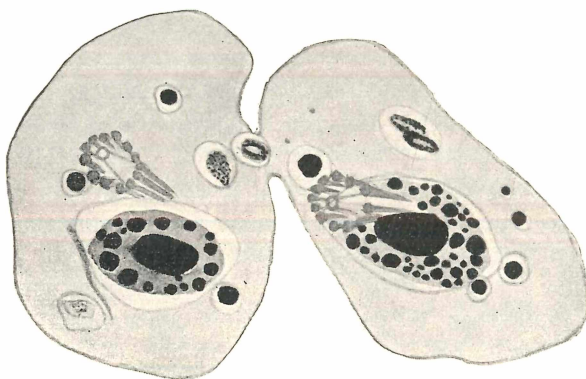


Fig. 18.

frischste und fähigste ist. Die Frische eines solchen Kleinkernes spiegelt sich vor allem in der Fähigkeit, in die dritte Teilung ehestens einzutreten und vor allen anderen Schwesterkleinkernen die Möglichkeit für die Befruchtung zu schaffen. Warum die mit Rücksicht auf die Teilungsfähigkeit in Verspätung begriffenen, weiteren drei Schwesterkleinkerne sich nicht mehr teilen, sondern der Degeneration unterliegen, wird auch durch die vertretene Annahme ohne weiteres klar.

Wie die Befruchtung bei *Chlorella cucullulus* stattfindet, zeigen zwei weitere, mir zu Verfügung stehende Stadien (Fig. 17 u. 18). Bei dem in Fig. 17 wiedergegebenen Stadium

befinden sich der stationäre und der Wanderkern im linken Conjuganten gerade in Verschmelzung. Die Lininsubstanzen der beiden Kleinkerne sind schon verschmolzen, die chromatischen Körnchen dagegen noch getrennt. Infolgedessen läßt sich die färbbare Chromatinsubstanz des stationären von jener des Wanderkernes deutlich unterscheiden. Am

Hinterende ist die färbbare chromatische Substanz des Wanderkernes noch fein spitzig ausgezogen. Daß dem so ist, beweisen die Befruchtungsverhältnisse im rechten Conjuganten, wo die Befruchtung, d. h. die Verschmelzung der beiden Kerne, des stationären und des Wanderkernes, noch nicht begonnen hat. Die beiden Kerne sind nebeneinander deutlich zu unterscheiden: der rundliche stationäre und der an dem Hinterende fein spitzig ausgezogene, daneben liegende Wanderkern. Von HANS PRANDTL wurde bei *Didinium nasutum* zuerst dieser morphologische Unterschied zwischen den beiden Kleinkernen festgestellt, indem der Wanderkern sich durch eine leichte Zuspitzung auszeichnet.

Das zweite, mir zur Verfügung stehende Befruchtungsstadium (Fig. 18) bildet eine willkommene Ergänzung des Vorhergehenden. Im linken Conjuganten ist der Wanderkern noch nicht mit dem stationären verschmolzen. Im Wanderkerne sind zwei chromatische Gebilde zu sehen, die wohl der Chromosomenzweizahl entsprechen. Der Zerfall in feinste chromatische Körnchen hat begonnen. Der stationäre Kleinkern zeigt diesen körnigen Zerfall des Chromatins schon deutlich. Im rechten Conjuganten sind der stationäre und der Wanderkern bereits miteinander verschmolzen. Deshalb liegen sie in einem von der gemeinsamen Kernmembran umschlossenen Raume. Jeder der Kleinkerne zeigt zwei deutliche, stark färbbare, stäbchenförmige Gebilde. In diesen Gebilden erblicken wir die Chromosomen. Die diploide Chromosomenvierzahl wird durch die Befruchtung in der Weise wieder hergestellt, daß jeder der verschmelzenden Kleinkerne je zwei Chromosomen in das Synkaryon mitbringt. Die Synkaryonkerne treten bald in eine Ruheperiode ein.

Damit sind die geschlechtlichen Prozesse am Kerne der Conjuganten von *Chilodon cucullulus* abgeschlossen. Die conjugierenden Tiere trennen sich bald darauf voneinander, worauf die Reorganisationsprozesse des neuen Kernapparates bei den vegetativen, freilebenden Stadien einsetzen.

b) Das Schicksal der alten und die Bildung der neuen Mundapparate während der Conjugation bei *Chilodon cucullulus* EHRBG.

In dem Abschnitte über den äußeren Verlauf der Conjugation von *Chilodon cucullulus* wurde hervorgehoben, daß der Mundapparat eine wichtige Rolle bei der Verschmelzung der Conjuganten spielt, indem durch die Reusenapparate die Entoplasmen der Conjuganten

miteinander in Berührung kommen. Hierdurch wird die Verschmelzung der Conjuganten gewährleistet. Die entoplasmatische Verbindung zwischen den Conjuganten dient nicht nur dazu, um die Conjuganten zu verbinden, sondern auch noch besonders dazu, um durch die verschmolzenen Entoplasmen eine richtige Brücke für den Übergang der Wanderkerne in die Conjuganten zu bilden. Wenn auch die Entoplasmaverbindung zwischen den Conjuganten im ersten Augenblicke nur durch die Mundapparate ermöglicht wird, sind die Mundapparate zur Zeit der Befruchtung unnötig, ja sogar vielleicht störend. Daß dem so ist, geht daraus hervor, daß die Mundapparate während der Reifeteilungen völlig unverändert erhalten bleiben (Fig. 1—13). Sobald aber nach erfolgten Reifeteilungen und nach der Ruheperiode der durch die zwei Reifeteilungen hervorgebrachten vier Kleinkerne die drei Kleinkerne zugrunde zu gehen beginnen und der vierte, überbleibende Kleinkern sich zur dritten Teilung in einen stationären und einen Wanderkern anzuschicken beginnt, werden die alten Mundapparate in beiden Conjuganten abgeworfen und im Protoplasmakörper rasch abgebaut.

Bei dem in Fig. 14 wiedergegebenen Stadium, wo in jedem Conjuganten die überflüssigen Kleinkerne der Degeneration anheimfallen und der dritte, überbleibende Kleinkern sich zur dritten Teilung vorbereitet, sind die Mundapparate noch unversehrt. Sobald aber die Teilungsfigur des Befruchtungskernes gebildet ist, werden die Mundapparate abgeworfen und unterliegen dann einem raschen Auflösungsprozesse (Fig. 15). Beim Abwerfen des alten Mundapparates wird der Mundapparat aus seiner ursprünglichen, normalen Lage tiefer in den Protoplasmakörper hineingezogen. Da die Reusenapparate keine Fähigkeit zu aktiver Bewegung besitzen, ist anzunehmen, daß die Lageveränderungen der Reusenapparate durch innere, aktive Bewegungen des Entoplasmas bewirkt werden. Bei dem in Fig. 15 wiedergegebenen Stadium liegt der Reusenapparat im rechten Conjuganten weit von seiner ursprünglichen Lage entfernt im Protoplasma und ist schon in voller Auflösung begriffen. Bei dem rechten Conjuganten können wir noch sehen, daß der Auflösungsprozeß zuerst am Vorderende des Reusenapparates beginnt. So wie die erste Anlage des Reusenapparates, wie wir noch sehen werden, mit dem Vorderende beginnt, beginnt auch der Auflösungsprozeß der Regel nach am Vorderende. Im linken Conjuganten des Stadiums Fig. 15 ist der Reusenapparat im allerersten Stadium des Abwerfens zu sehen: er ist etwas tiefer in den Protoplasmakörper eingezogen, zeigt aber noch immer seinen unversehrten Bau.

Die weiteren Stadien sind sehr lehrreich und läßt sich in ihnen der Auflösungsprozeß der Reusenapparate deutlich verfolgen (Fig. 16 u. 17). Derselbe beginnt von außen und breitet sich nach innen immer weiter aus. Wie die beiden Conjuganten in Fig. 16 zeigen, werden zuerst die äußeren Stäbchen der Reusenapparate aufgelöst, so daß nur die inneren Röhren übrigbleiben.

Nachdem der Kranz der äußeren Stäbchen der Reusenapparate völlig aufgelöst ist, beginnt der Auflösungsprozess des inneren Rohres (Fig. 17, das linke Tier). Endlich verschwinden spurlos auch die letzten Reste der alten Reusenapparate in beiden Conjuganten (Fig. 18). In Fig. 18 ist im linken Conjuganten als allerletzte Spur des aufgelösten, alten Reusenapparates noch ein in voller Auflösung begriffenes Stäbchen zu sehen. Im rechten Conjuganten ist aber keine Spur davon. Die Verbindung zwischen den Conjuganten besteht in diesem Stadium nur in einer entoplasmatischen Verschmelzung der conjugierenden Tiere. Sobald die Befruchtungperiode eintritt, nehmen die alten Reusenapparate an derselben nicht mehr teil.

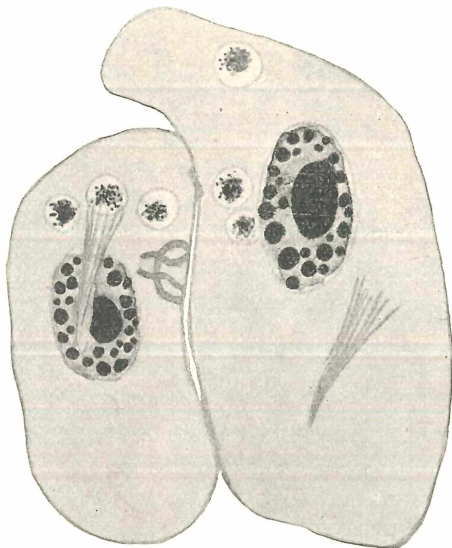


Fig. 19.

Sowie die alten Mund-, resp. Reusenapparate während der Befruchtungsperiode rasch abgeworfen und aufgelöst werden, werden auch die neuen Mund-, resp. Reusenapparate während dieser Periode rasch angelegt und neugebildet. In Fig. 16 sind die äußeren Stäbchen der alten Reusenapparate schon fast vollständig aufgelöst und in beiden Conjuganten die Anlage der neuen Reusenapparate deutlich zu sehen. Im rechten Conjuganten ist die Anlage des neuen Reusenapparates in „Profilansicht“, im linken in der Ansicht „von oben“ („Aufsicht“) wiedergegeben. In Fig. 19, wo der linke Conjugant viel kleiner als der rechte ist, wo die Befruchtungsperiode bevorsteht und wo die alten Mundapparate infolgedessen abgeworfen und in voller Auflösung zu sehen sind, wird der neue Reusenapparat im linken, kleineren Tier angelegt. An diesem Stadium ist mit

seltener Deutlichkeit zu sehen, wie der neue Reusenapparat durch Einstülpung des äußeren Ectoplasmas angelegt wird, in welcher nun die festen Stäbchenstrukturen auftreten.

Die neugebildeten Mundapparate entwickeln sich rasch und wachsen schnell heran (Vergleiche: Fig. 16 u. 19 mit Fig. 17 u. 18). Bevor sich noch die Conjuganten getrennt haben, werden ihre Mundapparate ausgebildet. Ich glaube auch angeben zu können, warum die Mundapparate bei den Conjuganten so frühzeitig angelegt und ausgebildet werden. Die Conjugation ist, was Ernährung anlangt, als eine ziemlich lang dauernde Hungerperiode der conjugierenden Tiere anzusehen. Die ersten Conjuganten habe ich in meinem Materiale zum erstenmal am 12. April 1920, zum zweitenmal am 24. April desselben Jahres, die ersten Exconjuganten am 14., resp. 26. April gefunden. Man kann demnach die Dauer der Conjugation von *Chilodon cucullulus* auf etwa 30 Stunden angeben. Während dieser ganzen, doch ziemlich lang dauernden Periode nehmen die conjugierenden Tiere keine Nahrung auf. So wird es verständlich, warum die Tiere gleich nach erfolgter Conjugation manchmal so begierig Nahrung aufnehmen, daß sie mit derselben vollgepropft erscheinen. Um aber gleich nach der Separation auch Nahrung aufnehmen zu können, müssen die Conjuganten über Mundapparate verfügen. Sie bauen darum schon während der Befruchtungsperiode die neuen Mundapparate auf und verfügen über dieselben schon im Augenblicke ihrer Trennung.

Es sei mir gestattet, an dieser Stelle noch einige Angaben über den Bau des Reusenapparates bei *Chilodon cucullulus* zu machen. Bei aufmerksamer Beobachtung der Reusenapparate bei *Chilodon cucullulus* fällt es auf, daß die Zahl der Stäbchenstützelemente in den Reusen nicht selten stark variiert. Eine kleine Statistik über 25 Tiere kann hierüber Aufschluß geben. Für die Stäbchengebilde ergaben 25 beobachtete Tiere die folgenden Zahlen: 2 Tiere besaßen 8 Stäbchen, 1 Tier 9 Stäbchen, 4 Tiere 10 Stäbchen, 2 Tiere 11 Stäbchen, 5 Tiere 12 Stäbchen, 4 Tiere 13 Stäbchen, 4 Tiere 14 Stäbchen, 2 Tiere 15 Stäbchen und 1 Tier 16 Stäbchen. Die niedrigste Zahl der Stäbchen ist also acht, die höchste sechzehn. Für *Chilodon uncinatus* gibt MAC DOUGALL (1925) an, daß die Reusenapparate das ganze vegetative Leben hindurch so groß bleiben, als sie angelegt sind. Demnach wachsen nach MAC DOUGALL die Reusenapparate bei *Chilodon uncinatus* während des ganzen vegetativen Lebens nicht. Der Befund MAC DOUGALL's scheint nicht für *Chilodon cucullulus* zuzutreffen. Einige meiner Beobachtungen machen es

wahrscheinlich, daß die Stäbchen der Reusenapparate sich während des vegetativen Lebens vermehren können und dies auch tatsächlich tun. Durch diese Annahme erklären sich auch am besten die verschiedenen Stäbchenzahlen der Reusenapparate bei verschiedenen Individuen. Ich glaube auch die Art und Weise der Vermehrung der Stäbchenzahl beobachtet zu haben. Es scheinen Längsteilungen bei einzelnen Stäbchen vorzukommen, die am vorderen Ende beginnen. Weiteren Untersuchungen bleibt es vorbehalten, diese Frage erschöpfend zu behandeln.

c) Die Rekonstruktion des neuen Kernapparates bei den Exconjuganten von *Chilodon cucullulus* EHRBG.

Sobald die Conjuganten nach erfolgter Conjugation sich voneinander getrennt haben, tritt die Rekonstruktion des neuen Kernapparates bei jedem Exconjuganten ein.

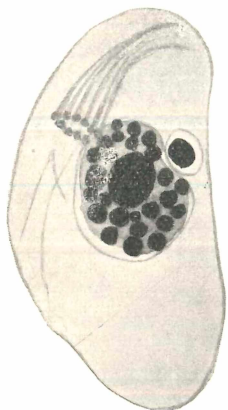


Fig. 20.

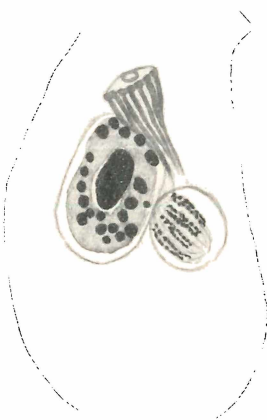


Fig. 21.

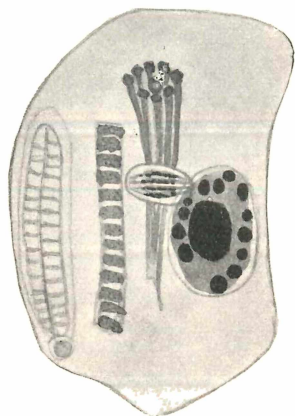


Fig. 22.

Die Rekonstruktionsperiode der Exconjuganten, die den ruhenden Syncaryonkleinkern, der wie ein typischer Caryosomkern aussieht, enthalten (Fig. 20), wird durch das Eintreten des ruhenden Syncaryons in die Teilung eingeleitet (Fig. 21). In dem in Fig. 21 wiedergegebenen Syncaryonteilungsstadium ist eine die 4 Doppelchromosomen tragende Linienteilungsspindel zu sehen. Man sieht die 4 Mutterchromosomen der diploiden Chromosomenzahl in der Längsteilung zu Tochterchromosomen begriffen.

Die Tochterchromosomen lassen sich beim nächstfolgenden Metaphasestadium infolge ihrer körnigen Struktur voneinander nicht deutlich unterscheiden (Fig. 22). Das nächstfolgende Stadium (Fig. 23)

lehrt aber, daß wir es hier tatsächlich mit zwei, je 4 Tochterchromosomen enthaltenden Chromosomengarnituren zu tun haben.

Das darauf folgende Syncaryonteilungsstadium in Form eines späten Anaphasestadiums zeigt deutlich, wie stark sich in diesem Augenblicke die Lininteilungsspindel ausziehen kann (Fig. 24). Das Anaphasestadium erinnert an die entsprechenden Anaphasestadien der Reifeteilungen und der dritten Kleinkernteilung vor der Befruchtung, unterscheidet sich aber von ihnen durch das Fehlen des stark aufgequollenen Mittelstückes. Dieses Anaphasestadium unterscheidet

sich aber ganz wesentlich vom entsprechenden Anaphasestadium bei der gewöhnlichen

Kleinkernteilung, wie dies Fig. 24 a zeigt. Man kann sagen, daß die Syncaryonteilung etwa ein Übergangsstadium

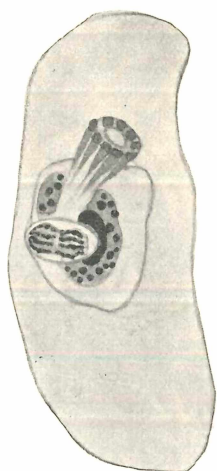


Fig. 23.



Fig. 24.



Fig. 24 a.

dium zwischen den Kleinkernteilungen der geschlechtlichen und der vegetativen Periode darstellt. Es scheint auch nicht unmöglich zu sein anzugeben, worin die Ursache dieser morphologischen Unterschiede gelegen ist. Größenverhältnisse spielen hier die wesentliche Rolle, da sich nicht nur die drei Kleinkernteilungen der geschlechtlichen Periode, sondern auch die erste Syncaryonteilung durch außerordentliche Größe den vegetativen Teilungsstadien gegenüber unterscheiden. Im vegetativen Anaphasestadium (Fig. 24 a) lassen sich keine näheren Einzelheiten an der chromatischen Substanz erkennen. Bei dem in Fig. 24 wiedergegebenen Telophasestadium des Syncaryonkleinkernes sind besonders beim unteren Tochterkleinkerne deutlich 4 Reihen der chromatischen Körnchen, die den 4 Chromosomen entsprechen, zu unterscheiden. Worauf die außerordentliche Größe der Kleinkerne und ihrer Teilungsfiguren während der ge-

schlechtlichen Periode zurückzuführen ist, läßt sich auch mit ziemlicher Sicherheit angeben. Die Ursache liegt hier wohl in der Verzögerung und der schließlichen Einstellung des Teilungsprozesses bei den betreffenden Tieren, die sich aus dem Depressionszustande durch erneute Teilung retten.

Nach erfolgter erster Syncaryonteilung gehen die beiden daraus hervorgegangenen Tochterkleinkerne in eine Ruheperiode über (Fig. 25). Während der Ruheperiode werden die beiden Tochterkleinkerne zu typischen Caryosomkernen, an denen keine nähere Struktur außer

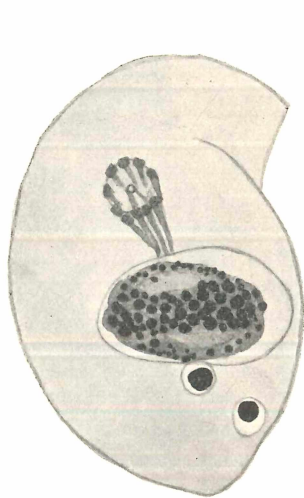


Fig. 25.



Fig. 26.

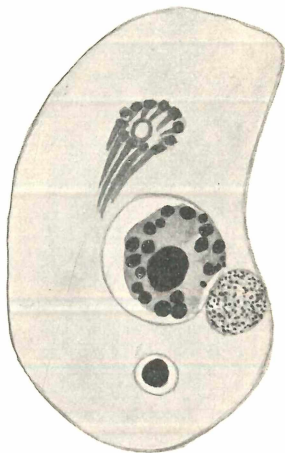


Fig. 27.

des mächtigen, stark färbbaren Caryosoms zu erkennen ist. In dem Ruhestadium verbleiben die Tochterkleinkerne eine nicht bestimmt angegebende Zeit.

Nach dieser Ruheperiode macht sich ein merkwürdiger Umwandlungsprozeß an einem der beiden Tochterkleinkerne bemerkbar (Fig. 26). Der betreffende Kleinkern beginnt heranzuwachsen, wobei sein färbbares Material, das in der Ruheperiode im Caryosom angesammelt war, in zahlreiche, feinste, stark färbbare Körnchen zu zerfallen beginnt. Damit wird die Umwandlung des Kleinkernes in die Großkernplacenta eingeleitet. Der zweite Tochterkleinkern verbleibt in Ruhe und behält den Charakter des Caryosomkernes bei. Es ist der neue Kleinkern.

Die Großkernplacenta wächst nun heran (Fig. 27 u. 28). Immer deutlicher tritt der Bau der Großkernplacenta hervor. Man unterscheidet das Lininnetzwerk und das darüber zerstreute, stark färb-

bare, körnige Material. Der daneben liegende Kleinkern verbleibt in völliger Ruhe.

Endlich wächst die Großkernplacenta so stark heran, daß sie den alten Großkern an Größe weit übertrifft (Fig. 29). Die so herangewachsene Großkernplacenta weist deutlich das Lininnetzwerk und das darüber zerstreute, stark färbbare Körnchenmaterial auf. In dem färbbaren Körnchenmaterial sind die zwei verschiedenen, färbbaren Substanzen, die Chromatin- und die Plastinsubstanz, noch nicht deutlich voneinander zu unterscheiden. Miteinander vermischt

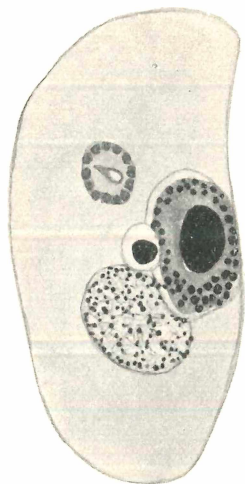


Fig. 28.

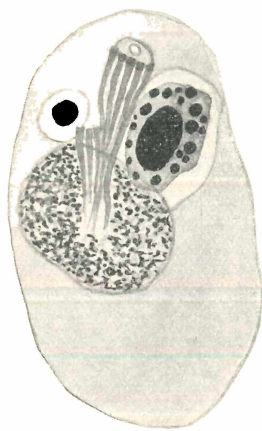


Fig. 29.

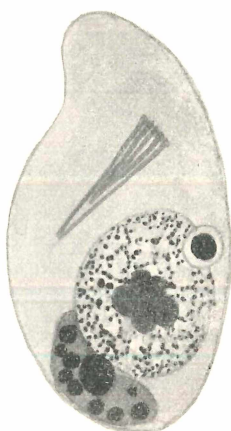


Fig. 30.

erweisen sie sich in diesem Stadium noch als einheitliche, stark färbbare Substanz.

Dieses Stadium, in dem die beiden färbbaren Substanzen, das Plastin und das Chromatin, über das Lininnetzwerk in Form von feinsten Körnchen zerstreut voneinander nicht zu unterscheiden sind, hält einige Zeit an (Fig. 29). Dann beginnt die Großkernplacenta sich etwas zu verkleinern. Neben den zahlreichen, stark färbbaren, feinsten Körnchen, treten nun mitten in der Großkernplacenta riesige, nucleolusartige, stark färbbare Gebilde auf (Fig. 30). In Fig. 30 sind fünf solche nucleolusartige Gebilde zu zählen. Diese nucleolusartigen, stark färbbaren Gebilde beginnen untereinander zu verschmelzen und so wird das künftige Caryosom des neuen Großkernes bei *Chilodon cucullulus* gebildet. Das im Caryosom enthaltene, färbbare Material ist Kernplastin, das im Außenkerne zerstreute, feinste Körnchenmaterial Kernchromatin. Damit ist die Reorganisation des

neuen Kernapparates in den Exconjuganten von *Chilodon cucullulus* beendet. Die Exconjuganten erhalten auf diese Weise je einen neuen Klein- und Großkern.

Bei der überwiegenden Mehrzahl der Exconjuganten geht die Reorganisation des neuen Kernapparates in der beschriebenen Weise vor sich. Ebenso wie bei *Chilodon uncinatus*, findet auch bei *Chilodon cucullulus* nur eine Syncaryonteilung statt, wonach einer der Kleinkerne sich zu dem neuen Großkern entwickelt, der zweite Kleinkern aber in Ruhe als neuer Kleinkern zurückbleibt. Ich habe aber außerdem bei *Chilodon cucullulus* noch Fälle finden können, wo neben dem ersten Teilungsschritt des Syncaryon während der Reorganisation des neuen Kernapparates noch ein zweiter und sogar auch ein dritter Teilungsschritt vorkommt.

In Fig. 31 ist ein Exconjugant wiedergegeben, bei dem nach dem ersten Teilungsschritt des Syncaryon mit Bildung von zwei Tochterkernen ein Tochterkleinkern schon begonnen hat

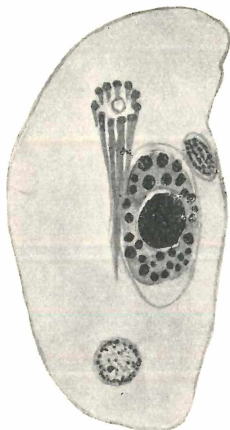


Fig. 31.

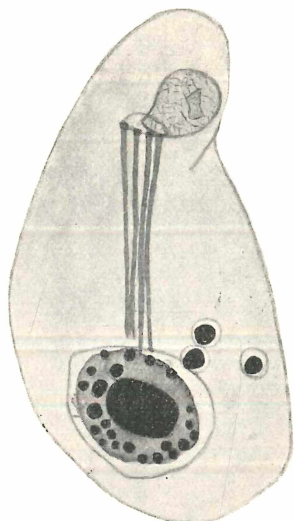


Fig. 32.

sich in die Großkernplacenta umzuwandeln und auch schon ziemlich herangewachsen ist. Der zweite Tochterkleinkern bleibt aber nicht in Ruhe, sondern macht den zweiten Teilungsschritt durch. Er befindet sich schon im Stadium der Metaphase: je vier Tochterchromosomen sind in Wanderung den entsprechenden Spindelpolen begriffen. Im Vergleich zu dem in Fig. 23 wiedergegebenen Stadium ist es ein etwa früheres Teilungsstadium.

Der zweite Teilungsschritt eines der beiden, aus der ersten Syncaryonteilung hervorgegangenen Tochterkleinkerne kann auch vorkommen, ohne daß die Entwicklung des zweiten Tochterkleinkernes zur Großkernplacenta begonnen hat. Dadurch entstehen die Exconjuganten, die drei ruhende Kleinkerne enthalten (Fig. 32).

Nach dem erfolgten zweiten Teilungsschritte eines aus der ersten Syncaryonteilung hervorgegangenen Tochterkleinkernes, kann ein

aus dem zweiten Teilungsschritte hervorgegangener Kleinkern in einen weiteren, dritten Teilungsschritt eintreten (Fig. 33). Auf diese Weise werden die Stadien gebildet, die neben dem alten, degenerativen Großkern noch eine Großkernplacenta und zwei Kleinkerne, von welchen einer in Teilung begriffen ist, enthalten. Auf diese Weise kommen die Exconjuganten zustande, die neben dem alten, degenerativen Großkerne noch eine riesige, ihrer Größe nach den alten Großkern übertreffende Großkernplacenta und die drei ruhenden, als typische Caryosomkerne erscheinenden Kleinkerne enthalten

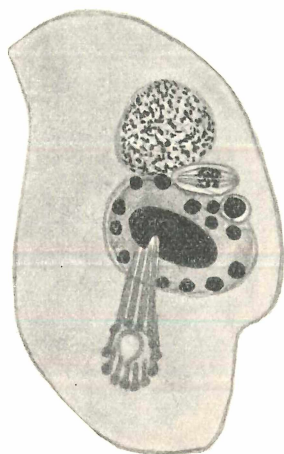


Fig. 33.



Fig. 34.

(Fig. 34). Ich habe nicht verfolgen können, in welcher Weise die eine Großkernplacenta und die drei Kleinkerne enthaltenden Exconjuganten zur normalen Groß- und Kleinkerneinzahl zurückkehren. Mit Rücksicht auf die bei zahlreichen Infusorien gemachten Erfahrungen (z. B. bei *Paramecium caudatum*) scheint mir berechtigt zu sein anzunehmen, daß die überzähligen Klein-

kerne während der nächstfolgenden vegetativen Zweiteilungen an die Tochtertiere verteilt werden.

Die Tatsache, daß bei *Chilodon cucullulus* während der Reorganisation des neuen Kernapparates auch Exconjuganten zu treffen sind, wo nicht nur eine, sondern zwei und sogar drei hintereinander folgende Teilungen des ursprünglichen Syncaryon vorkommen, scheint mir auch für die Entscheidung der Frage, welcher Reorganisationsmodus des Kernapparates bei Exconjuganten von *Chilodon*-Arten als ursprünglicher zu betrachten ist, von Bedeutung zu sein: Besteht nur eine einzige Syncaryonteilung, oder mehrere Teilungsschritte des Syncaryon? Im Anschluß an die bei *Chilodon uncinatus* bei der Reorganisation des Kernapparates gemachten Erfahrungen, wo regelmäßig nur eine Syncaryonteilung stattzufinden pflegt, hat man öfters

die Vermutung ausgesprochen, daß es sich hier um einen ursprünglichen, also um einen primitiven Reorganisationsmodus handelt. Da der Reorganisationsmodus auf den ersten Blick wie ein einfachster Modus erscheint, schien es auch berechtigt anzunehmen, daß wir es hier mit einer ursprünglichen, d. h. primitiven Erscheinung zu tun haben. Die bei *Chilodon cucullulus* erhobenen Befunde scheinen mir dafür zu sprechen, daß auch nicht eine Rückbildung im Reorganisationsprozesse des Kernapparates bei Exconjuganten von *Chilodon*-Arten völlig ausgeschlossen ist. Es wären demnach auch bei *Chilodon*-Arten ursprünglich mehrere Teilungsschritte des Syncaryon vorhanden, bevor die Rückbildung eingetreten ist. Bei *Chilodon uncinatus* wäre der Rückbildungsprozeß vollendet, so daß die Syncaryonteilungen auf einen einzigen Teilungsschritt zurückgeführt worden sind. Bei *Chilodon cucullulus* dagegen wäre der Rückbildungsprozeß noch nicht völlig abgeschlossen; deshalb sind neben der überwiegenden Mehrzahl von Rückbildungsfällen, wo nur eine Syncaryonteilung regelmäßig vorkommt, auch die einzelnen Fälle zu beobachten, wo mehrere Syncaryonteilungen noch immer stattfinden.

Daß die Rückbildungserscheinungen bei *Chilodon*-Arten kaum völlig abgeschlossen sind, zeigt auch eine bei *Chilodon uncinatus* von PROWAZEK (1899) gemachte Beobachtung. PROWAZEK nämlich hat beobachten können, daß die conjugierenden Individuen von *Chilodon uncinatus* manchmal völlig miteinander, als ob sie die Gameten gewesen wären, verschmelzen. Mit Rücksicht auf diese von PROWAZEK festgestellte, merkwürdige Tatsache ist es wohl berechtigt anzunehmen, daß der Kernaustausch und die gekreuzte Befruchtung, wie sie heute bei der Conjugation der überwiegenden Mehrzahl der Infusorien vorkommen, eine sekundäre Erscheinung sei, welche auftrat, nachdem die Gametenbildung und -befruchtung rückgebildet worden waren. Ohne diese Annahme wäre die von PROWAZEK bei *Chilodon uncinatus* beobachtete Verschmelzung der conjugierenden Tiere kaum zu erklären.

Es bleibt mir noch übrig, über das Schicksal des alten Großkernes zu berichten. Es genügt ein Blick auf die in der Arbeit wiedergegebenen Exconjuganten zu werfen, um sich überzeugen zu können, daß der alte Großkern deutlich den degenerativen Charakter offenbart. Doch ist andererseits auch zuzugeben, daß der alte Großkern während der Conjugations- und Exconjugationsperiode sich nur nach und nach immermehr verkleinert. Ich habe nicht die von ENRIQUES bei *Chilodon uncinatus* beobachteten Endstadien der Auflösung

und der Resorption des alten Großkernes im Protoplastmakörper bei *Chilodon cucullulus* auffinden können. Es scheint mir aber noch eine weitere Möglichkeit der Liquidation des alten Großkernes bei *Chilodon cucullulus* gegeben zu sein. Ich möchte nämlich annehmen, daß der alte Großkern bei *Chilodon cucullulus* nicht selten aus dem Protoplastmakörper ausgestoßen wird. Manche von mir beobachteten Stadien sind kaum anders als durch die Annahme einer Ausstoßung zu erklären. Die Ausstoßung des alten Großkernes scheint regelmäßig von einem Plasmotomieprozesse des Protoplastmakörpers begleitet zu sein. Demnach würde der alte Großkern bei *Chilodon cucullulus* nicht einfach aus dem Protoplastmakörper ausgestoßen, sondern samt einem kleineren oder größeren Stücke des Protoplastmakörpers abgeworfen.

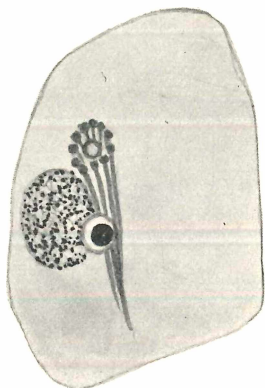


Fig. 35.



Fig. 36.

Das in Fig. 35 wieder gegebene Exconjugantenstadium scheint mir als erster Beweis für diese Annahme gedeutet werden zu können. Wir haben hier einen Exconjuganten vor uns, der nur eine verhältnismäßig junge Großkernplacenta und einen ruhenden Kleinkern enthält. Es ist wohl nicht anzunehmen, daß der alte Großkern auf einem so

frühen Stadium schon resorbiert worden ist, da die Resorption auch bei *Chilodon uncinatus* nicht auf dem so jungen Stadium vorzukommen pflegt. Es bleibt deshalb nur die Annahme übrig, daß der alte Großkern auf dem Wege einer Plasmotomie frühzeitig ausgestoßen ist. Daß eine Plasmotomie hier höchstwahrscheinlich besteht weist auch das anormal abgeschnittene Hinterende des Exconjuganten hin. Man hat den Eindruck, als ob die Regeneration des hinteren Endes noch nicht völlig vollendet sei.

Das in Fig. 36 wiedergegebene Stadium macht die Annahme einer Plasmotomie während der Ausstoßung des alten Großkernes zu einer Gewißheit. Es ist uns ein sehr verkleinertes Tier gegeben, daß weder den alten noch den neuen Großkern enthält. Das kleinkernhaltige Stadium ist ohne die Annahme einer Plasmotomie des Protoplastmakörpers nicht zu erklären.

Dafür, daß die Plasmotomievorgänge bei den Exconjuganten von *Chilodon cucullulus* während der Ausstoßung des alten Großkernes ziemlich häufig vorkommen, liefert einen weiteren Beweis auch das kernlose, in Fig. 37 wiedergegebene Stadium. Ich habe die kernlosen Stadien in meinen Präparaten einige Male finden können. Ohne die Annahme einer Plasmotomie ist das kernlose Stadium wohl kaum zu erklären. Daß wir es hier nicht etwa mit Artefakten zu tun haben, beweist die mehr oder minder gut vollendete Regeneration der äußeren Körperform (besonders bei Stadien Fig. 36 u. 37). Aus allen diesen Gründen möchte ich im Hinblick auf das Schicksal des alten Großkernes bei Exconjuganten von *Chilodon cucullulus* annehmen, daß der alte Großkern bei *Chilodon cucullulus* höchstwahrscheinlich häufiger aus dem Protoplasmakörper angestoßen als in ihm resorbiert wird. Dabei kommt es auch manchmal vor, daß der alte Großkern aus dem Protoplasmakörper angestoßen wird, bevor noch die Großkernplacenta sich zu einem neuen Großkerne entwickelt hat. Mit dem alten Großkerne kann auf dem Wege eines Plasmotomieprozesses manchmal auch die Großkernplacenta ausgestoßen werden, wodurch die großkernlosen, resp. kleinkernhaltigen Stadien entstehen. Endlich kommt es manchmal auch vor, daß der gesamte Kernapparat durch Plasmotomieprozeß ausgestoßen wird, wodurch die pathologischen, kernlosen Tiere gebildet werden.

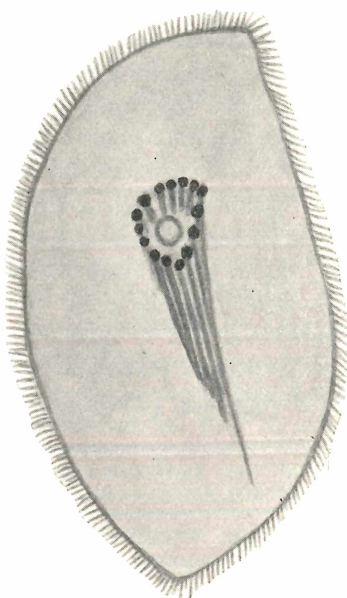


Fig. 37.

III. Zur systematischen Stellung von *Chilodon cucullulus* STEIN und *Chilodon uncinatus* EHRBG.

Seit Jahrzehnten hat man *Chilodon cucullulus* EHRBG. und *Chilodon uncinatus* EHRBG. als gute Arten unterschieden und als solche betrachtet. Auf den ersten Blick ist gegen diese Auffassung kaum ein berechtigter Einwand zu erheben. *Chilodon cucullulus* scheint sich durch seine außerordentliche Körpergröße so deutlich von *Chilodon uncinatus* zu unterscheiden, daß es völlig genügend erscheint, eine selbständige, gute *Chilodon*-Art aufzustellen.

Dem Körperbau nach und besonders durch die bei der Conjugation entdeckten cytologischen Einzelheiten, unterscheidet sich aber *Chilodon cucullulus* kaum wesentlich von *Chilodon uncinatus*. Nach den Befunden von MAC DOUGALL zu urteilen, welcher festgestellt hatte, daß die tetra- und triploide Chromosomenzahl enthaltenden Rassen sich durch die Körpergröße und die Körperform von den diploiden Formen unterscheiden, konnte man annehmen, daß die Ursache der bedeutenden Körpergröße von *Chilodon cucullulus* in der höchstwahrscheinlich erhöhten Chromosomenzahl zu suchen ist. Die durch die Untersuchungen der Conjugation von *Chilodon cucullulus* gewonnenen Resultate weisen indessen auf die Möglichkeit hin, daß die Körpergröße stark zunehmen kann, ohne daß dabei die Chromosomenzahl verändert, resp. vergrößert wird.

Wenn auch die Chromosomenzahl bei *Chilodon cucullulus* jener bei *Chilodon uncinatus* gegenüber nicht verändert, resp. vergrößert ist, ist es doch nicht als völlig ausgeschlossen zu betrachten, daß die Größenunterschiede zwischen den beiden Arten, die sich als erbliche erweisen, jedoch durch irgendwelche Veränderungen in der chromatischen Vererbungssubstanz verursacht worden sind. Sowie die Größe des Protoplastmakörpers von *Chilodon cucullulus* jene von *Chilodon uncinatus* weitaus übertrifft, erweisen sich auch die Chromosomen von *Chilodon cucullulus* im allgemeinen größer als jene von *Chilodon uncinatus*. Deshalb drängt sich die Annahme auf, daß die neben der vergrößerten Chromosomenzahl noch die Vergrößerung des Chromatinbestandes dadurch erzielt werden kann, daß die Chromatinmasse jedes einzelnen Chromosomes eine Vergrößerung zu erfahren imstande ist und im Falle von *Chilodon cucullulus* höchstwahrscheinlich auch erfahren hat. Demnach wäre die Ursache der außergewöhnlichen Größe von *Chilodon cucullulus* jener von *Chilodon uncinatus* gegenüber in der Vermehrung der Chromatinmasse jedes einzelnen Chromosomes gelegen.

Ich möchte noch auf den Weg hinweisen, der zu betreten wäre, um die obige Annahme nachzuprüfen. In einigen bisherigen Arbeiten habe ich darauf aufmerksam gemacht, daß die Chromosomen bei Infusorien in ihrem Bau höchstwahrscheinlich die Regelmäßigkeit aufweisen, daß sie aus besonderen Einheiten in Form von besonderen Chromatinkörnern zusammengesetzt sind (IVANIĆ 1929, 1931 a). Die Zahl der die Chromosomen bildenden Chromatinkörner ist eine Konstante und ebenso wie die Chromosomenzahl für jede Art eine charakteristische. Den künftigen Untersuchungen bleibt also vorbehalten nachzuprüfen, wie groß die Zahl der die Chromosomen

bildenden Chromatinkörner bei *Chilodon cucullulus* und *Chilodon uncinatus* ist und ob sich die beiden Arten durch die Zahl ihrer Chromatinkörner in der Tat unterscheiden.

Zusammenfassung der Ergebnisse.

1. Bei *Chilodon cucullulus* unterscheiden sich die conjugierenden Tiere nicht selten durch die Körpergröße voneinander. Doch sind auch Fälle zu treffen, wo die conjugierenden Tiere gleichgroß sind. Es sind demnach bei der Conjugation von *Chilodon cucullulus* alle Übergangsstadien von der Isogamie bis zu ausgesprochener Anisogamie zu treffen.

2. Bei *Chilodon cucullulus* waren nicht die sog. Präconjugationsteilungen im Sinne von DOGIEL zu treffen. Die conjugierenden Tiere sind in der Regel sogar größer als die vegetativen Stadien.

3. Die Ursache der außergewöhnlichen Körpergröße der conjugierenden Tiere ist in der immer stärkeren Verlangsamung des Teilungsprozesses und in der damit verbundenen Verlängerung der Teilungsrate zu suchen. Auch die Rettung aus dem Depressionszustande in Form von regen, rasch nacheinander folgenden Kernteilungen ist als Folge der vorangehenden Sistierung im Teilungsprozesse zu deuten.

4. Der linke Conjugant ist der Regel nach größer als der rechte. Doch war auch das Umgekehrte zu sehen.

5. Der rechte (tatsächlich: linke) Conjugant dreht seinen (tatsächlich) linkwärts gerichteten Mundapparat (tatsächlich) rechtwärts um, um mit dem linken (tatsächlich: rechten) Conjuganten verschmelzen zu können. Es liegen aber die Conjuganten nicht selten nur seitlich nebeneinander. Manchmal sind auch die conjugierenden Tiere fast ventralwärts aneinander angeschmiegt zu sehen. Ebenso sind alle Übergangsstadien zwischen den beiden Extremen zu finden.

6. Die conjugierenden Tiere verschmelzen durch ihre Mundapparate untereinander. Doch spielen die Mundapparate im Verschmelzungsprozeß keine wesentliche Rolle. Die Conjuganten verschmelzen tatsächlich mit ihren Entoplasmen. Dabei dienen die Mundapparate als Verbindungsbrücke.

7. Zu Beginn der ersten Reifeteilung quellen die Kleinkerne der beiden Conjuganten stark auf. Es wird zuerst ein deutliches „Spirem“- , dann ein sog. „Sichelstadium“ gebildet. In der fertig gebildeten Teilungsfigur sind vier Mutterchromosomen zu zählen, die sich in acht Tochterchromosomen teilen. Die erste Reifeteilung ist eine Äquationsteilung.

8. Nach der ersten Reifeteilung werden die Tochterkerne nicht rekonstruiert, sondern treten gleich in die neue Teilung ein. Die zweite Reifeteilung ist als Reduktionsteilung zu bezeichnen. Die Reduktion der diploiden Chromosomenvierzahl in die haploide Chromosomenzweizahl wird auf dem Wege der sog. Pseudoreduktion ausgeführt, indem sich je zwei ganze Chromosomen aneinander eng anlegen und danach auf die entsprechenden Spindelpole je zwei verteilt werden. Der „Primärtypus“ der Reduktion der Chromosomenzahl ist demnach bei *Chilodon cucullulus* nicht vorhanden.

9. Nach den erfolgten beiden Reifeteilungen gehen die vier Kleinkerne in jedem Conjuganten in eine Ruheperiode über. Sie sehen während der Ruheperiode wie typische Caryosomkerne aus.

10. Nach einer Zeitlang gehen in jedem Conjuganten die drei Kleinkerne zugrunde, der vierte Kleinkern macht dagegen den dritten Teilungsschritt durch, wodurch der stationäre und der Wanderkern gebildet werden. Die haploide Chromosomenzweizahl war auch während der dritten Kleinkernteilung deutlich festzustellen.

11. Die Wanderkerne gehen in die entsprechenden Conjugationsstadien durch die entoplasmatischen Brücken über, wonach die Befruchtung, d. h. die Verschmelzung jedes Wanderkernes mit dem entsprechenden stationären Kern erfolgt. Auch dabei war es möglich zu erkennen, daß sowohl die stationären als auch die Wanderkerne haploide Kerne sind, da sie nur die Hälfte der diploiden Chromosomenvierzahl, die haploide Chromosomenzweizahl enthalten.

12. Die alten Mundapparate werden während der ganzen Reifungsperiode erhalten. Zu Beginn der Befruchtungsperiode werden die alten Mundapparate abgeworfen und aufgelöst im Protoplasmakörper. Die neuen Mundapparate werden während der Befruchtungsperiode gebildet, so daß die Exconjuganten mit den fertig aufgebauten Mundapparaten versehen sind.

13. Der neue Kernapparat wird auf zwei Wegen bei *Chilodon cucullulus* rekonstruiert. Im ersten Falle macht der Befruchtungskern, das Syncaryon, einen einzigen Teilungsschritt durch, wodurch zwei Kleinkerne entstehen. Nach einer gewissen Ruheperiode beginnt einer der Kleinkerne heranzuwachsen und sich zu dem neuen Großkerne umzuwandeln, während der zweite, in Ruhe verbleibende Kleinkern als der neue Kleinkern übrigbleibt. Im zweiten Falle wird einer der aus der ersten Syncaryonteilung hervorgegangenen Tochterkleinkerne zum neuen Großkerne, der zweite Kleinkern tritt aber in den zweiten Teilungsschritt ein, wodurch zwei Enkelkleinkerne entstehen. Einer von den Enkelkleinkernen macht nun den

dritten Teilungsschritt durch. In dieser Weise enthalten die Exconjuganten neben dem alten Großkerne noch die neue Großkernplacenta und drei ruhende Kleinkerne. Die überzähligen Kleinkerne werden höchstwahrscheinlich auf die Tochtertiere bei den nächsten, vegetativen Zweiteilungen verteilt. Die vereinzelter Fälle, in welchen bei der Rekonstruktion des Kernapparates bei Exconjuganten mehrere Teilungsschritte vorkommen, machen es wahrscheinlich, daß es sich hier um eine Rückbildung der früher in der Mehrzahl vorhandenen Teilungsschritte handelt. Die einzige Syncaryonteilung bei den Exconjuganten von *Chilodon uncinatus* wäre demnach nicht als ein ursprünglicher, resp. primitiver Zustand, sondern als eine Rückbildung zu betrachten.

14. Der alte Großkern bei den Exconjuganten von *Chilodon cucullulus* scheint häufiger aus dem Protoplastmakörper ausgestoßen, als in ihm resorbiert zu werden. Die Ausstoßung des alten Großkernes wird höchstwahrscheinlich von einem Plasmotomieprozeß begleitet. Es kommen dabei verschiedene Unregelmäßigkeiten vor: Entweder wird der alte Großkern allein aus dem Protoplastmakörper ausgestoßen und dies manchmal sogar früher, als die Großkernplacenta sich zu neuem Großkerne entwickelt hat; oder es wird mit dem alten Großkerne aus dem Protoplastmakörper auch die Großkernplacenta ausgestoßen, wodurch die großkernlosen, resp. kleinkernhaltigen Stämme entstehen; endlich kommt es manchmal sogar vor, daß der ganze Kernapparat, sowohl der alte als auch der neue, aus dem Protoplastmakörper ausgestoßen wird, wodurch pathologische kernlose Individuen gebildet werden.

Literaturverzeichnis.

- CALKINS, G. N. (1919): *Uroleptus mobilis* ENGELM. I. History of the nuclei during division and conjugation. Journ. of exper. Zool. Vol. 27.
- DOGIEL, VALENTIN (1925): Die Geschlechtsprozesse bei Infusorien (Speziell bei den Ophryoscoleciden), neue Tatsachen und theoretische Erwägungen. Arch. f. Protistenk. Bd. 50.
- ENRIQUES, PAOLO (1908): Die Conjugation und sexuelle Differenzierung der Infusorien. II. Teil. Ibid. Bd. 12.
- GREGORY, L. H. (1923): The conjugation of *Oxytricha fallax*. Journ. of Morph. Vol. 37.
- HERTWIG, RICHARD (1889): Über die Conjugation der Infusorien. Abh. bayer. Akad. Wiss. II. Kl. Bd. 17.
- (1912): Über den derzeitigen Stand des Sexualitätsproblems nebst eigenen Untersuchungen. Biol. Zentralbl. Bd. 32.
- (1914): Die Parthenogenese der Infusorien und die Depressionszustände der Protozoen. Ibid. Bd. 34.

- 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.
- (1929): Zur Auffassung der sog. bandförmigen Großkerne bei Infusorien; zugleich ein Beitrag zur Kenntnis der sog. parthenogenetischen und ihnen ähnlichen Reorganisationsprozesse des Kernapparates bei Protozoen. Ibid. Bd. 66.
- (1931): Über die mit der Encystierung verbundene Entstehung der kleinkernlosen Stämme, nebst einem Beitrage zur Entstehung der großkernlosen Stämme bei *Stylonychia pustulata* EHRLG. Ibid. Bd. 74.
- (1931a): Bau des ruhenden Kleinkernes und seine Teilung bei *Stylonychia pustulata* EHRLG. Zool. Anz. Bd. 93.
- MAC DOUGALL, M. S. (1925): Cytological observations on gymnostomatous ciliates with a description of the maturation phenomena in diploid and tetraploid forms of *Chilodon uncinatus*. Quart. Journ. Micr. Sc. Vol. 69.
- (1929): Modifications in *Chilodon uncinatus* produced by ultraviolet radiation. Journ. of exper. Zool. Vol. 54.
- (1929a): The conjugation of a triploid *Chilodon*. Quart. Journ. Micr. Sc. Vol. 73.
- MAUPAS, E. (1889): Le rajennissement karyogamique des ciliés. Arch. Zool. exper. et gén. Vol. 6.
- PROWAZEK, S. (1899): Die Conjugation der Infusorien. Naturwiss. Wochenschr. Bd. 14.
- PRANDTL, HANS (1906): Die Conjugation von *Didinium nasutum* O. F. M. Arch. f. Protistenk. Bd. 7.
- REICHENOW, EDUARD (1927—1929): DOFLEIN's Lehrbuch der Protozoenkunde. 5. Auflage. Jena.
- WOODRUFF, L. L. and ERDMANN, RH. (1914): A normal periodic reorganisationsprocess without cell-fusion in *Paramecium*. Journ. of exper. Zool. Vol. 17.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

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

Jahr/Year: 1933

Band/Volume: [79_1933](#)

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

Artikel/Article: [Die Conjugation von Chilodon cucullulus Ehrbg. 313-348](#)