wie es die *Atemeles* bei *Formica* wegen der größeren Intensität der Beleckung stets zu tun pflegen, während sie ihn bei *Myrmica* schwächer aufgerollt tragen. Wiederholt war die stets mehrere Stunden währende Paarung der Käfer im Neste zu sehen, wobei das zusammenhängende Pärchen die Gestalt eines Fragezeichens bildet. Es erschienen jedoch keine *Atemeles*-Larven, auch später nicht, als bereits (seit dem 21. April) Eierklumpen der Ameisen vorhanden waren. (Fortsetzung folgt.)

Reduktion und Karyogamie bei Infusorien.

(Vorläufige Mitteilung.)

Von Hans Prandtl.

(Aus dem zoologischen Institut der Universität München.)

Gewinnung des Materials.

Im Frühjahr 1904 traten in den Didinienkulturen des Münchner zoologischen Instituts einzelne Kopulae dieser Spezies auf, welche eine ganz merkwürdige Strahlung im Zentrum der Tiere aufwiesen. Da Strahlungserscheinungen bisher bei Infusorien auch während der Konjugationsperioden nicht beobachtet worden sind, versuchte ich über die Bedeutung derselben bei den Didinien ins klare zu kommen. Es galt dabei zunächst reicheres Material zu gewinnen und ein Verfahren ausfindig zu machen, welches gestattet, Kopulae in größerer Menge zu züchten. Schon früher hatten Maupas, R. Hertwig und Prowazek bei den verschiedensten Infusorienarten dadurch Konjugation erzielt, dass sie die Tiere nach Perioden starker Vermehrung in Hungerkulturen versetzten. Hertwig fand ferner bei *Dileptus*, dass die Konjugationsepidemien bei fortgesetzter Kultur an Intensität zunahmen und kurz vor dem Eintritt von tiefen Depressionszuständen ihren Höhepunkt erreichten, und er glaubt deshalb die Ursache der Konjugation in dem durch starke Fütterung bedingten übermäßigen Wachstum des Hauptkerns erblicken zu müssen.

Ein weiteres Resultat der Hertwig'schen Forschungen, dass die Zelle normalerweise bei hoher Temperatur im Verhältnis zum Plasma einen viel kleineren Kern besitze als bei niederer Temperatur, legte mir folgende Überlegung nahe: Bringt man Tiere, welche einige Zeit in Zimmertemperatur stark gefüttert wurden und hierdurch eine Größenzunahme ihrer Kerne erfahren haben, plötzlich in einem Brutofen von etwa 25°, so haben die Tiere für diese Temperatur viel zu große Kerne. Gesellt man der Temperaturerhöhung noch Hunger bei, so ist den Tieren die Möglichkeit erschwert, das große Missverhältnis von Kern und Plasma durch Stoffaufnahme zu regulieren. Sie sind künstlich an den Rand

einer Depression gebracht. Sie werden nur durch eine große Umwälzung im Kernapparat imstande sein, zum normalen Zustand zurückzukehren, und dies geschieht wohl am gründlichsten durch Konjugation.

Nach 14tägiger starker Fütterung mit Paramaecium caudatum gelang es mir wirklich bei *Didinium* mittels Wärmehungerkulturen zahlreiche Kopulae zu erzielen. Nach ungefähr einer Woche erlosch die Konjugationsneigung und statt dessen trat bei allen weiteren Hungerversuchen Encystierung der Tiere ein, ein Prozess, bei welchem ja ebenfalls wie bei der Konjugation eine Verkleinerung des Kernapparates erzielt wird. Dieselben Resultate erhielt ich einige Monate später mit *Dileptus*. Der Versuch setzt natürlich die Kenntnis der besten Vermehrungsbedingungen für die Tiere voraus.

Untersucht wurde das Didinienmaterial hauptsächlich auf Schnitten von 5 μ Dicke, welche nach der Heidenhain'schen Methode gefärbt wurden, da am ganzen Tier auf Nelkenölpräparaten wegen seiner kugeligen Gestalt und wegen der vielen Plasmaeinschlüsse fast nichts zu sehen ist. Von einer Untersuchung am Lebenden wurde Abstand genommen.

Möge es mir gestattet sein, an dieser Stelle meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Professor R. Hertwig, sowie Herrn Dr. R. Goldschmidt für ihre freundliche Unterstützung bei der Arbeit bestens zu danken.

Vorbereitung zur Kopulation. Ausgangsform des Kernapparats.

Die Konjugation von *Didinium nasutum* wurde bisher nur von Maupas an wenigen Exemplaren in ihrem äußerlichen Verlauf beobachtet. Er fand, dass der Konjugation vier rasch aufeinander folgende Teilungen vorausgingen, während bei anderen Infusorienarten sowohl Maupas, wie auch später R. Hertwig nur zwei solcher Teilungen (von Hertwig „Hungerteilungen" benannt) konstatieren konnten.

Über die Vereinigungsweise der Tiere gibt Maupas ganz richtig an, dass sich die Tiere mit ihren Rüsseln gegenseitig verbinden, so dass sie in der Verlängerung der Längsachse mit nur geringer Knickung einander gegenüber liegen. Die Kopulä sind ungeschickt in ihren Bewegungen; sie überschlagen sich fortwährend um ihre Breitenachse und stechen in der Kultur deshalb und wegen ihrer geringen Größe, verbunden mit einer milchig trüben Farbe bei auffallendem Licht gegen die gewöhnlichen intensiv weißen Tiere ab. Nach Maupas dauerte die Kopulation bei 17—18° 18—19 Stunden. Bei meinen Versuchen war die Kopulationsdauer bei 25° etwa halb so lang.

Maupas konservierte die Tiere erst nach Vollendung der Kopulation, fand zwei Haupt- und zwei Nebenkernanlagen und schloss daraus, dass die Konjugation ebenso wie bei den anderen von ihm beobachteten Arten verlaufe. Es liegen somit keine Angaben über den eigentlichen Verlauf der Konjugation vor.

Bevor ich auf diesen eingehe, möchte ich noch das Aussehen des Kernapparates zu Beginn der Kopulation kurz schildern.

Der Kern liegt in der Mitte des Tiers hufeisenförmig um die in der Längsachse des Tiers verlaufenden Fibrillenbündel des Rüssels. Das dichte Kerngerüst ist mit feinsten Chromatinkörnchen beladen. Außerdem sind stets große vakuolige Nukleoli in größerer Anzahl im Kern vorhanden. Die Zahl der Nebenkerne ist inkonstant, meist sind zwei oder drei vorhanden; bei Depressionszuständen wurden bis zu sieben gezählt, einmal fünf in ganz anormal kleiner Spindelform. Diese Depressionszustände sind am zerfallenden Hauptkern leicht zu erkennen, der anscheinend seine Teilungsfähigkeit eingebüßt hat, während dies bei den Nebenkernen noch nicht der Fall ist, wodurch die anormale Nebenkernzahl zu erklären ist. Auch Kasanzeff beobachtete bei *Paramaecium* anormale Nebenkernzahlen infolge von Teilungsunfähigkeit des Hauptkerns und pathologische Spindelformen der Nebenkerne. Die Nebenkerne von *Didinium* sind so klein und chromatinarm, dass sie bisher der Beobachtung entgangen sind. Sie liegen meist in der Knickung des Hauptkerns diesem dicht an und scheinen mit seiner Membran zusammenzuhängen. Die chromatische Substanz ist meist auf einen Haufen nahe der Membran zusammengedrängt, und nur wenige Lininfäden strahlen von hier nach allen Seiten gegen die Membran.

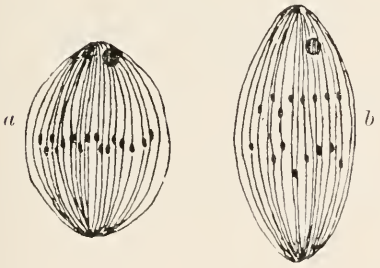
Die Reifeteilungen.

Die Nebenkerne der frisch kopulierten Tiere schwellen bedeutend an, ihre chromatische Substanz verteilt sich gleichmäßig im Kernnetz, und 1—2 nukleolusartige Körper, von denen man gewöhnlich nichts wahrnehmen kann, werden deutlich sichtbar. Zur Einleitung der 1. Teilung strömt alles Chromatin wieder auf einen Haufen nahe der Membran zusammen. Einige Fasern des Kernretikulums strecken sich von hier nach der entgegengesetzten Membranseite, werden immer stärker und zahlreicher, das Chromatin gleitet auf ihnen in feinen Körnchenreihen zur Mitte. Schließlich vereinen sich die Körnchenreihen im Stadium der Äquatorialplatte zu 16, meist schwer zählbaren, ovalen Chromosomen, welche manchmal ungleich groß zu sein scheinen; bei der Kleinheit des Objektes ist jedoch eine Täuschung leicht möglich. Die Chromosomen teilen sich nun quer und die Tochterplatten rücken auseinander. Die Verbindungsfasern krümmen sich und schieben die Tochterkerne auseinander. Die Fasern des Mittelstücks werden immer kräftiger, strecken sich

stark und machen dann einen starren Eindruck, als ob sie einem Verquellungsprozess ihr Wachstum verdanken. Dabei schieben sie die sich abrundenden Tochterkerne vor sich her. Dass Druck, und kein Zug das Auseinanderrücken der Kerne hervorruft, beweist das Retikulum der Tochterkerne, dessen Maschen von den Fasern des Mittelstücks weg fächerartig nach der Kernwand divergieren, statt, wie es bei Zug vom Pol her sein müsste, nach diesem zu konvergieren. Außerdem haben die Fasern zwischen Chromosomen und Pol schon wieder einem sehr zarten Kernnetz Platz gemacht, das unmöglich einen starken Zug ausüben könnte.

Schließlich reisst das Mittelstück unmittelbar an der Kernmembran ab, um sehr bald vom Plasma resorbiert zu werden. Der Kern geht in ein kurzes Ruhestadium über, dem die 2. Reifeteilung folgt. Die Nukleolarsubstanz verhält sich beim ganzen Teilungsprozess anscheinend passiv. Sie teilt sich nicht mit, sondern bleibt in der Nähe des Pols als kugeliger Körper liegen, und geht nur

Fig. 1.



2. Reifeteilung. *a* Äquatorialplatte mit 16 Chromosomen. *b* Reduktion; je 8 Chromosomen in Wanderung nach einem Pol.

in einen Tochterkern über. Bleibt sie zufällig nach der 2. Teilung im Geschlechtskern erhalten, so wird sie bei der 3. Teilung wahrscheinlich aus dem Kern hinausgedrängt.

Nach einer kurzen Ruhepause, in der die Kerne nur wenig gewachsen sind, treten sämtliche in die 2. Teilung ein, die bis zum Stadium der Äquatorialplatte wie bei der 1. Teilung verläuft. Nun erfolgt eine Chromosomenreduktion in der Weise, dass je acht ganze Chromosomen nach je einem Pole wandern, um in derselben Art wie bei der 1. Teilung in die Tochterkerne überzugehen.

Eine Chromosomenreduktion konnte bei Infusorien bisher noch nicht festgestellt werden. Bei den Protozoen überhaupt konnte eine Chromosomenreduktion meines Wissens bisher nur bei Coccidien beobachtet werden und zwar von Schaudinn und Prowazek an Trypanosomen, bei denen Vierergruppen gebildet werden, welche durch die Reifeteilungen aufgeteilt werden.

Der bei *Didinium* gefundene Reduktionsmodus wurde bisher nur von Dr. Goldschmidt in einer noch unveröffentlichten Arbeit

über *Zoogonus* beobachtet, von dessen zehn Chromosomen bei der 2. Reifeteilung je fünf ungeteilte Chromosomen die Tochterplatten bilden.

Im Laufe der Reifeteilungen zerfällt der Hauptkern in viele Trümmer, so dass schließlich das ganze Tier damit erfüllt ist.

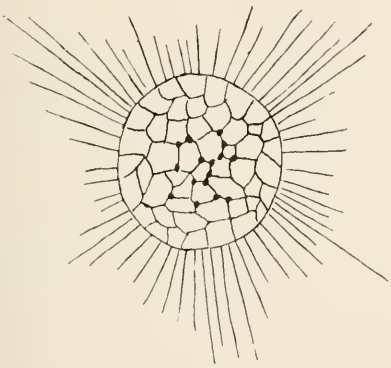
Teilung des Geschlechtskerns und Befruchtung.

Der Geschlechtskern unterscheidet sich von den übrigen degenerierenden Kernen morphologisch anfangs durch gar nichts als seine zentrale Lage im Tier. Bald jedoch beginnt er stark zu wachsen, in seinen chromatischen Teilen ebenso wie in seinen achromatischen. Das Plasma um den Kern wird dichter und nimmt eine immer stärker werdende Strahlung um ihn an, welche unmittelbar an der Kernmembran ansitzt. Von Zentrosom ist keine Spur zu bemerken, die Strahlung ist wohl nur durch das starke Wachstum des Kerns und die hiermit verbundene Stoffaufnahme aus dem Plasma bedingt. Es erfolgt nun die 3. Teilung, eine Äquationsteilung wie die 1., aber mit acht Chromosomen. Die Spindel stellt sich stets in der Längsachse des Tiers ein. Sind die Tochterplatten gebildet, so schwillt das Mittelstück ungleich stärker an als bei den bisherigen Teilungen und schiebt den dem Zellmund zugeneigten (männlichen) Tochterkern bis an diesen heran, während der hintere (weibliche) Pol in der Zellmitte stehen bleibt. Die Strahlung teilt sich beiden Tochterkernen in gleicher Weise mit. Dass sie keinerlei Zug bei der Teilung ausübt, geht daraus hervor, dass sie an den Seiten der Spindeln stärker ist als an den Polen.

Die frisch geteilten Kerne kehren zur Ruhe zurück, während der sie ganz bedeutend wachsen, der weibliche jedoch meist stärker als der männliche. Auch auf Maupas' Bildern ist bei *Paramaecium caudatum* der männliche Kern kleiner als der weibliche, ohne dass er dessen Erwähnung tut. Das Wachstum scheint nur die achromatischen Teile zu begreifen, da die Chromosomen bei der Befruchtungsspindel keine Größenzunahme gegen die 3. Teilung aufweisen. Die Strahlung nimmt fortwährend zu und erstreckt sich beim weiblichen Kern oft durch das halbe Tier, jedoch nicht in gleichmäßiger Länge, sondern mit längeren Strahlenbündeln wechseln kürzere ab. Die Strahlung um den männlichen Kern zeigt ein ganz anderes Bild. Die Strahlen sind sehr dicht und zart geworden, ohne eine große Länge zu erreichen. Diese Strahlungsverschiedenheit der Kerne ist auch dann vorhanden, wenn der männliche Kern durch irgendeinen Zufall mitten im Tier liegen geblieben ist. An der Kernmembran sitzt meist noch das Ende des Mittelstücks deutlich sichtbar an, allmählich in das Kernnetz übergehend, während bei allen früheren Teilungen sofort mit dem Reißen des Mittelstücks auch jeder Rest desselben verschwunden

war. Umgeben ist dieses schweifartige Ende des Mittelstücks von einem sehr fein gekrönten, fast homogenen, schwach färbbaren Plasma, das zwischen Kern und Strahlenkranz auftritt und durch den zwischen beiden bestehenden Druck zu einer Kalotte abgeplattet wird, welche dem Kern aufsitzt. Beim weiblichen Kern läßt sich niemals eine ähnliche Erscheinung nachweisen. Mit dem allmählichen Verschwinden des Mittelstückrestes unmittelbar vor oder während des Kernübertritts verschwindet auch im gleichen Maß der Plasmahof. Ob dem Reststück eine besondere Bedeutung (Zentrosom?) zukommt, möchte ich vorderhand unentschieden lassen. Die verschiedenartige Strahlung um die beiden Kerne scheint mir auf jeden Fall auf eine verschiedenartige Einwirkung der Kerne auf das Plasma zurückzuführen sein, und somit mindestens eine physiologische Verschiedenheit der beiden Kerne vorhanden zu sein.

Fig. 2. Fig. 3.



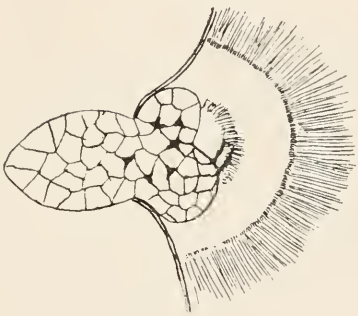


Fig. 2. Weiblicher Geschlechtskern mit Plasmastrahlung.
Fig. 3. Männlicher Geschlechtskern, im Übertritt begriffen, mit Strahlung; innerhalb derselben homogener Plasmahof und Mittelstückrest.

Da bei *Didinium* keine Plasmabrücke zwischen den Konjuganten wie bei vielen anderen Infusorien gebildet wird, sondern die Kutikula in scharfen Konturen erhalten bleibt, war es möglich, den Kernübertritt einwandfrei nachzuweisen. Es gelang mir auch, denselben auf verschiedenen Stadien zu beobachten. Die Wanderkerne beider Tiere lagern sich der trennenden Membran an und stülpen sie jeder gegen das andere Tier zu vor, bis sie reisst. Hat ein Paarling die Reife eher erlangt als der andere, wie es meist der Fall ist, so drängt sich der Wanderkern des gereiften Tiers niemals gegen die Membran, ja, er liegt manchmal mitten im Tier. Es scheint also ein Chemotropismus der reifen Kerne vorzuliegen.

Ein späteres Stadium zeigt uns den Wanderkern durch einen engen Spalt der Zellwand keilförmig halb durchgezwängt, während

die hintere chromatinhaltige Hälfte noch durch ihre Breite Widerstand leistet. Weiter finden sich alle Übergangsstadien, wie der Kern, meist in Umformung zur Spindel, sich dem weiblichen Kern des anderen Tiers nähert. Die Membranen beider Kerne verschmelzen, die Kerne selbst bilden aber noch getrennte Spindeln innerhalb der einheitlichen Membran. Selten verschmelzen beide Spindeln zu einer, öfters lehnen sie sich mit einem Polpaar aneinander, während das andere divergiert. Erst in den Tochterkernen, welche aus dieser Doppelspindel hervorgegangen sind, verschmelzen die Elemente beider Kerne vollständig. Die Strahlung um den männlichen Kern ist sofort mit dem Übertritt des Kerns verschwunden, die um den weiblichen, welche schon durch den herandrängenden Wanderkern gestört wird, erlischt mit der 1. Teilung nach der Befruchtung.

Wiederherstellung des normalen Zustandes.

Die beiden aus der Befruchtungsspindel hervorgegangenen Tochterkerne wachsen rasch in ihren achromatischen Teilen, um bald in die 2. Teilung einzugehen, welche in derselben Weise wie die 1. Reifeteilung verläuft, nur dass die Kerne ungleich größer sind. Verschiedene Umstände deuten darauf hin, dass jede Spindel je einen Haupt- und einen Nebenkern liefert. Morphologische Unterschiede ließen sich bei den Tochterkernen dieser Teilung nicht konstatieren. Die beiden zukünftigen Hauptkerne schwellen stark an, die Chromatinkörner im Retikulum werden immer zahlreicher und wachsen zu bedeutenden Kugeln heran, welche ihrerseits wieder aus kleinen Körnchen bestehen. Diese Körnchen wandern nun von den Kugeln auf das Retikulum über, das immer dichter wird und sich ganz mit chromatischen Elementen beladet. Die ursprünglichen Chromatinkugeln nehmen durch diese Substanzabgabe an Größe keineswegs ab, werden aber immer schwächer, färbbar und homogen, schließlich vakuolig; es sind die Nukleoli des neuen Hauptkerns. Durch Verschmelzen mehrerer derselben wird ihre Zahl verringert, ihre Größe sehr ansehnlich.

Die beiden zu Mikronuklei bestimmten Kerne nehmen gleich nach der 2. Teilung birnförmige Gestalt an, die chromatische Substanz bleibt in einem Haufen vereinigt, die achromatischen Teile werden in ihrer Größe reduziert. Jeder Nebenkern nähert sich einem Hauptkern und sendet von seinem spitzen Ende einen oft ziemlich langen Faden aus, welcher sich der Hauptkernmembran anlegt und mit ihr zu verschmelzen scheint, so dass beide Kerne fest miteinander verbunden sind.

Während dieser Umbildungen oder auch schon nach der 1. Teilung des befruchteten Kerns haben sich die beiden Konjuganten voneinander losgelöst, und die beiden Rüsselapparate haben sich

wieder geschlossen. Um von dem Stadium mit zwei Haupt- und zwei Nebenkernen auf den normalen Zustand mit einem Hauptkern und mindestens zwei Nebenkernen zurückzukehren, sind etwa acht Variationen möglich. Im einfachsten Fall legen sich beide Hauptkerne aneinander und verschmelzen zu einem einheitlichen Kern, welcher sich streckt und wurstförmige Gestalt annimmt oder es tritt Zellteilung ein, ohne dass eine Verschmelzung zustande kommt, wobei je ein Haupt- und ein Nebenkern in je ein Tier übergehen. Die Zellteilung kann schon während oder auch vor der 2. Teilung stattfinden, wobei je eine Spindel bezw. ein ruhender Kern in ein Tier wandert. Andere Modi. wie eine 3. Teilung nach der Befruchtung, Bildung von vier Haupt- und vier Nebenkernanlagen mit darauffolgender Zellteilung und Hauptkernverschmelzung bilden Übergangsstufen zwischen den beiden Hauptarten der Wiederherstellung des Normalzustandes.

Einige Bemerkungen über die angeblich heterotypen Zellteilungen in bösartigen Geschwülsten.

Von Prof. v. Hansemann.

In Nr. 24 dieser Zeitschrift vom 1. Dezember 1904 veröffentlicht Herr Valentin Häcker einen Artikel über die in malignen Neubildungen heterotypischen Teilungsbilder, einige Bemerkungen zur Ätiologie der Geschwülste. Er stützt sich dabei auf die in diesem Centralblatt mehrfach erwähnten Teilungsbilder, die die englischen Forscher Farmer, Moore und Walker in bösartigen Geschwülsten gefunden haben und sagt auf S. 789: „Es steht zweifellos fest, dass wirklich eine auffällige Ähnlichkeit zwischen manchen in malignen Neubildungen gefundenen Kernteilungsbildern und den heterotypischen Formen der Reifungsperiode besteht.“ Im weiteren beziehen sich dann die Ausführungen Häcker's nicht auf Kernteilungsfiguren bösartiger Geschwülste, sondern auf solche niederer Tiere und Pflanzen. Ja wenn ich Herrn Häcker nicht missverstanden habe, so hat er selbst bösartige Geschwülste auf diese Dinge hin nicht untersucht, sondern sich in dieser Beziehung ausschließlich auf die Aussagen der drei englischen Autoren verlassen und die Abbildungen derselben verglichen mit den ihm aus seinen zahlreichen zytologischen Untersuchungen wohl bekannten Kernteilungsfiguren bei den genannten Objekten. Da sich meine eigenen Studien sehr wesentlich gerade auf dasjenige Material erstrecken, das den englischen Autoren vorgelegen hat, so sehe ich mich veranlasst, hier nochmals in dieser Angelegenheit das Wort zu ergreifen, damit nicht die Vorstellung sich verbreite, diese

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Biologisches Zentralblatt

Jahr/Year: 1905

Band/Volume: 25

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

Artikel/Article: Reduktion und Karyogamie bei Infusorien. 144-151