

Vorläufige Mittheilung einiger Resultate von Studien über die Conjugation der Infusorien und die Zelltheilung.

Von

O. Bütschli.

In einer vor kurzer Zeit in dieser Zeitschrift erschienenen vorläufigen Mittheilung über die ersten Entwicklungsvorgänge in den Eiern von *Cucullianus elegans* hatte ich Gelegenheit auf gewisse Erscheinungen innerhalb des Dotters vor der ersten Furchung und während einer jeden Theilung hinzuweisen, durch welche der Nachweis geliefert wurde, dass innerhalb des Dotters sich ein Körper finden müsse, der als ein Homologon der Nucleoli der Infusorien zu betrachten sei.

Naturgemäss musste mich dieses ziemlich unerwartete Resultat meiner Studien veranlassen, den Vorgängen bei der Conjugation der Infusorien von neuem meine Aufmerksamkeit zu widmen, wie ich dies schon früher beabsichtigt hatte. Eine frühere, wiewohl nur ziemlich oberflächliche Beschäftigung mit diesem Gegenstande ¹⁾ und das Studium der einschlägigen Literatur hatte mich schon vor drei Jahren zu der Ueberzeugung gedrängt, dass die von BALBIANI entwickelte und von STEIN in vieler Hinsicht adoptirte Lehre von der geschlechtlichen Fortpflanzung der Infusorien auf sehr schwachen Füßen stehe, und ich hatte mich in dieser Hinsicht der Uebereinstimmung mit zwei der namhaftesten Zoologen, HÄCKEL's ²⁾ und CLAUS ³⁾ zu erfreuen, von denen der erste wohl gleichzeitig mit mir sich sehr zweifelnd über diese Lehre aussprach, der letztere dieselbe, ohne meiner Arbeit zu gedenken, verwerfen zu dürfen glaubt.

Der thatsächliche Nachweis von der Irrigkeit dieser BALBIANI-STEIN'schen Lehre ist jedoch, wie ich glaube, erst durch den von

1) »Einiges über Infusorien«, M. SCHULTZE's Archiv f. mikroskop. Anatomie, Bd. IX, p. 657.

2) HÄCKEL, »Zur Morphologie der Infusorien«, Jenaische Zeitschr. f. Medicin u. Naturwiss. Bd. VII, p. 546.

3) CLAUS, Grundzüge der Zoologie, 3. Auflage.

mir erbrachten Nachweis eines samenkapselartigen Körpers in der Eizelle von *Cucullanus elegans* geliefert worden, denn an eine Entwicklung von Spermatozoen in derselben wird doch wohl Niemand glauben.

Hierdurch ist erwiesen, dass die eigenthümlichen Fasern in dem während der Conjugation umgebildeten Nucleolus der Infusorien jedenfalls nicht Spermatozoen sind; die im Nucleus von *Paramacium aurelia* aufgefundenen Stäbchen und Fäden, die JOH. MÜLLER zuerst veranlasst haben eine geschlechtliche Fortpflanzung der Infusorien zu vermuthen, sind pflanzliche Parasiten, wie BALBIANI zuerst aussprach und ich durch eigene Untersuchungen bestätigen kann.

Zunächst muss ich nun über den von mir als spindelförmig bezeichneten Körper des *Cucullanuseies* noch weiteres bemerken, indem ich denselben nämlich noch anderwärts bei in Theilung begriffenen Zellen gefunden habe, wodurch dessen wirkliche Bedeutung erst in's wahre Licht tritt. In meiner früheren Mittheilung erwähnte ich nämlich die Möglichkeit, dass die mehrkernigen Keimzellen der Spermatozoen und weissen Blutkörperchen vielleicht ein ähnliches Verschmelzen von Kernen zeigen dürften, wie ich dies von den Furchungskugeln von Nematoden und Schnecken zeigte. Bei der Untersuchung des Hodeninhalts der *Blatta germanica* stellte sich nun sehr bald heraus, dass diese Ansicht für die grossen Keimzellen der Spermatozoen nicht gültig ist, sondern dass sich deren Mehrkernigkeit im Wesentlichen daraus erklärt, dass die Keimzellen der Spermatozoen dieses Thieres sich in ähnlicher Weise von protoplasmatischen Massen, die viele Kerne enthalten, ablösen, wie dies für die Eizellen im Ovarium vieler Thiere durch E. v. BENEDEN nachgewiesen wurde. Durch Zerfall und Ablösung von solchen viele Kerne einschliessenden Protoplasmamassen gehen Zellen hervor, die immer weniger Kerne einschliessen, bis schliesslich einkernige echte Zellen entstehen, die ich früher als grosse Keimzellen bezeichnet habe ¹⁾.

Die Kerne der protoplasmatischen Massen, die unverändert in diese grossen Keimzellen übergehen, zeigen zum Theil einen sehr merkwürdigen Bau, worauf ich weiter unten zurückkommen werde. Diese grossen Keimzellen erleiden nun weiter eine Theilung und man trifft nicht selten fast sämtliche Zellen eines Hodenfaches in Theilung begriffen. Die Erscheinungen während der Theilung sind nun höchst bemerkenswerth durch ihre Uebereinstimmung mit den Vorgängen während der Theilung des *Cucullanus*-dotters. Die Vorbereitung zur Theilung ist nämlich auch hier das Entstehen eines spindelförmigen Körpers von

¹⁾ Diese Zeitschrift Bd. XXI, p. 402.

derselben Beschaffenheit wie im Cucullanusdotter, bestehend aus einer aequatorialen Zone von dunklen glänzenden Körnern (nach Behandlung mit Essigsäure) und feinen von ihnen nach den Enden des Körpers laufenden Fasern. Durch Vergleichung der Bilder, welche in diesem Zustand befindliche Zellen in indifferenten Flüssigkeiten gewähren, prägt sich einem hier jedoch die Ueberzeugung ein, dass die Entstehung des spindelförmigen Körpers auf eine Umwandlung des gesamten Kernes zurückzuführen ist, dass derselbe sich nicht einfach als aus dem Kernkörperchen hervorgegangen betrachten lasse, wie ich in meiner früheren Mittheilung, allein auf das Cucullanusei gestützt, glaubte annehmen zu dürfen. Der Kern büsst bei dieser Verwandlung seine scharf contourirte dunkle Hülle und einen beträchtlichen Theil seines Saftes (Kernsaft AUERBACH's) ein, so dass sich sein Volumen bedeutend verringert. Dennoch dürfte die Annahme einer sehr zarten Hülle um den spindelförmigen Körper sehr wahrscheinlich sein, wegen seiner sonstigen grossen Uebereinstimmung mit der Bauweise der Infusorien-samenkapseln, an welchen sich eine zarte Hülle häufig mit der grössten Evidenz demonstrieren lässt, aber nur an der isolirten Kapsel.

Der weitere Verlauf der Theilung der grossen Keimzellen geschieht nun wie beim Cucullanus-Ei. Die aequatoriale Körnerzone theilt sich in zwei, die auseinanderrücken, bis sie schliesslich in den Enden des spindelförmigen Körpers anlangen, durch Fasern untereinander verbunden. Jetzt bemerkt man häufig recht deutlich radiäre Strahlung im Zellenprotoplasma um die jetzt von den dunkeln Körnermassen erfüllten Enden des spindelförmigen Körpers, wie ich sie im Ei von Nematoden beobachtete, FOL, AUERBACH und GÖTTE anderwärts nachwiesen und die ich namentlich in den Eiern der Schnecken in prächtiger Ausbildung studiren konnte. Auf die Bedeutung, die ich dieser Strahlung um die Enden des verlängerten Kernes beilege, kann ich hier nicht näher eingehen, will jedoch bemerken, dass ich mich der von AUERBACH hinsichtlich derselben geäusserten Ansicht in gewisser Weise anschliesse¹⁾.

1) Meine hier und früherhin geschilderten Resultate über die Umwandlung des Zellkernes vor und während der Theilung, die ich jetzt dadurch noch zu erweitern im Stande bin, dass ich dieselben auch an den Kernen der Furchungskugeln von Schneckeneiern (Lymnaeus, Succinea), Räderthiereiern (Brachionus und Notommatia), der Eier von Nephelis und der Blastodermzellen eines Schmetterlings aufgefunden, haben durch die demnächst zur Veröffentlichung gelangenden Beobachtungen des Herrn Prof. STRASSBURGER in Jena eine unerwartete aber desto erwünschtere Bestätigung erfahren. Derselbe hat mir brieflich mitgetheilt, dass er in der vegetabilischen Zelle ganz dieselben Theilungsvorgänge des Kernes wahrgenommen hat. In dem demnächst erscheinenden Buche STRASSBURGER's über die vegetabilische Zelle werden auch einige meiner Abbildungen über den Theilungsprocess des Zell-

Nachdem der Kern die Gestalt des oben beschriebenen spindelförmigen Körpers angenommen hat und die dunkeln Körner in die Enden desselben gerückt sind, beginnt die Einschnürung des Protoplasmas der Zelle in einer zur Kernachse senkrechten Ebene. Der Kern streckt sich nun noch mehr, so dass er die spindelförmige Gestalt aufgibt und etwa bandförmig erscheint, die Enden des Bandes bilden die dunkeln Körner, die sich nun nahe dem Centrum der neu entstehenden Zellen befinden. Jetzt vollzieht sich die Theilung des Zellenprotoplasmas schon vollständig, so dass die beiden neugebildeten Zellen eigentlich nur noch durch den Kern zusammengehalten werden.

In seiner Mittelregion wird der Kern nun dünner, so dass seine Fasern nach den Enden etwas auseinanderlaufen und nun beginnt eigentlich die Bildung der neuen Kerne der Tochterzellen, indem sich zuerst nur ein sehr kleiner und unscheinbarer, heller, von Flüssigkeit erfüllter Raum um die dunkeln Körnermassen der Kernenden bildet, der mehr und mehr wächst, während der Faserstrang, der die so aus den Enden hervorwachsenden Kerne verbindet, sich mehr und mehr verschmächtigt. Die dunkeln Körner gehen in das Innere der neuen Kerne über, sie sind die Kernkörper. Sind auf solche Weise durch diese Flüssigkeitsansammlung um die dunkeln Körner des ehemaligen spindelförmigen Körpers die jungen Kerne der Tochterzellen schon nahezu oder vollständig ausgebildet, so hängen dieselben nichts desto weniger noch durch die Fasern, die man zuweilen deutlich noch von den dunkeln Körnern, jetzt Kernkörpern der jungen Kerne entspringen sieht, zusammen ¹⁾. Auch die, sonst schon völlig von einander geschiedenen, Tochterzellen werden nur mittels dieser Fasern zusammengehalten. In welcher Weise diese Fasern schliesslich völlig zum Verschwinden kommen, kann ich nicht angeben, wahrscheinlich werden sie in die zu den beiden neuen Kernen gehörenden Hälften zerfallen und diese in die zugehörigen Kerne aufgenommen werden. —

Wesentlich denselben Vorgang der Zelltheilung und des Verhaltens des Kernes hierbei habe ich nun auch an den embryonalen rothen Blutkörperchen des Huhnes zu constatiren vermocht, nur dass hier, wegen

kerns im Cucullanus-Ei und der oben beschriebenen Spermatozoen-Keimzellen veröffentlicht werden, die jedenfalls eine bessere Anschauung dieser Verhältnisse gestatten werden, als mir bis jetzt durch Worte zu geben möglich war.

1) Ich möchte mir erlauben darauf aufmerksam zu machen, dass diese eigenenthümliche Erscheinung der Verbindung zweier nahezu ausgebildeter Kerne durch Fasern, die ihre schliessliche Endigung in den Kernkörpern finden, vielleicht zur Aufklärung so vielfach gemachter Beobachtungen von der Endigung feinsten Nervenfasern in dem Kernkörperchen von Muskelkernen etc. etwas beizutragen im Stande ist.

der Kleinheit des Objectes manche Verhältnisse, namentlich die Fasern, nicht so deutlich erscheinen. Jedoch ist es leicht sich von der Uebereinstimmung des Vorgangs der Theilung in allen wesentlichen Puncten zu überzeugen und zu dem Resultate zu gelangen, dass die von REMAK¹⁾ seiner Zeit gegebene Schilderung der Theilung der rothen Blutkörperchen des Hühnchens, wenigstens was die Kerntheilung betrifft, unrichtig ist und dass gerade die, von ihm als Zellen mit verschrumpften Kernen gedeuteten, Bilder (vergl T. VIII. Fig. 6, *g* und *z*) die einzigen sind, die etwas von dem thatsächlichen Vorgang der Kerntheilung wiedergeben.

Aus meinen im Obigen geschilderten Resultaten über Zelltheilung muss ich nun einige nicht unwichtige Schlüsse ziehen. Einmal den, dass der Kern bei der Theilung thatsächlich nicht schwindet, sondern nur eine höchst eigenthümliche Neubildung erfährt und dass die vielfach behauptete Neubildung der Kerne der Tochterzellen nur insofern dem thatsächlichen entspricht, als dieselbe eine Umwandlung des in so eigenthümlicher Weise modificirten Kernes in eine seiner ursprünglichen entsprechende Form ausdrücken soll.

Aus der Uebereinstimmung der spindelförmigen Körper im Cucullanus-Dotter und den Hodenzellen dürfen wir auch den Schluss ziehen, dass im ersteren sich die Verhältnisse in gleicher Weise abspielen werden, mit dem Unterschied, dass hier die Neubildung der jungen Kerne an mehreren verschiedenen Puncten gleichzeitig beginnt und so zur Entstehung mehrerer Kerne Veranlassung giebt.

Die karyolitische Figur AUERBACH's ist daher entschieden als der eigenthümlich modificirte Kern zu betrachten, wie ich dies auch schon früher gethan habe, an eine völlige Auflösung des alten Kernes kann nicht gedacht werden.

In meiner früheren Mittheilung habe ich den spindelförmigen Körper des Cucullanuseies als den Kernkörper (Keimfleck) deuten zu müssen geglaubt. Durch die Erweiterung meiner Beobachtungen kam ich nun zu dem Resultat, dass derselbe in seiner Gesamtheit dem in Theilung begriffenen, seines Saftes fast beraubten, Kern entspricht. Alle früherhin auf die Kernkörperchennatur des spindelförmigen Körpers gebauten Schlüsse müssen daher entsprechend verändert werden und namentlich kommt dadurch die Frage nach dem Richtungsbläschen wieder in ein sehr zweifelhaftes Licht, dasselbe müsste nun als der ausgestossene Kern, also der OELLACHER'schen Ansicht gemäss, aufgefasst werden; da ich damit jedoch meine früher mitgetheilten Beobachtungen über das

1) Archiv f. Anat. u. Phys. 1858. p. 478.

Schwinden des Keimbläschens und die Ausstossung der Richtungsbläschen am lebenden Nematodenei nicht in Uebereinstimmung bringen kann, so müssen hierüber erneute Untersuchungen entscheiden.

Der dritte Schluss aber, den ich aus der oben erkannten Bedeutung des spindelförmigen Körpers als modificirter Kern ziehen muss, bezieht sich auf die früherhin schon von mir hervorgehobene Homologie desselben mit den, aus den sogenannten Nucleoli der Infusorien hervorgehenden, vermeintlichen Samenkapseln. Ist diese Homologie begründet, und dafür spricht die übereinstimmende Bauweise und das gleichmässige Verhalten während der verschiedenen Epochen ihrer Existenz, so müssen wir auch den mir ursprünglich sehr unerwarteten Schluss ziehen, dass die als Nucleoli bezeichneten eigenthümlichen Körper der Infusorien die Homologa der Zellkerne sind und mit dieser Erkenntniss scheint mir zum ersten Mal ein entscheidender Schritt in der Erforschung der morphologischen Bedeutung der Infusorien gethan zu sein. Bevor ich jedoch hierauf etwas näher eingehe, will ich einiges weitere beibringen, was geeignet erscheint, die zuerst sehr unwahrscheinlich klingende Homologie der Infusoriennucleoli mit echten Zellkernen etwas glaublicher zu machen.

Die Nucleoli der Infusorien werden gewöhnlich als kleine homogene, das Licht stark brechende, daher sehr dichte Eiweisskörper geschildert, die dem Kern oder den vielfachen Kernen gewöhnlich dicht angelagert sind. Nun überzeugt man sich aber unschwer bei den Nucleoli vieler Infusorien, dass dieselben nicht einfach homogene Körperchen sind, sondern dass sie mit einer am isolirten Nucleolus sehr deutlichen, zarten Hülle versehen sind, welcher der dunkle, nahezu homogene Nucleolus innerlich an einer Stelle angeheftet ist. Auch gelingt es am lebenden Thier z. B. *Pleuronema chrysalis*, *Paramaecium bursaria* sich zu überzeugen, dass ein heller Hof den Nucleolus umgiebt, als welcher nämlich der jedenfalls mit Flüssigkeit erfüllte Raum zwischen Kern und Hülle des Nucleolus erscheint. Stellen wir uns nun einen Zellkern mit sehr grossem Nucleolus vor, wie solche zum Beispiel in den noch nicht reifen Eizellen von Nematoden und Räderthieren sehr gewöhnlich sind, so haben wir schon eine nahezu vollständige Uebereinstimmung im Bau dieser Zellkerne und den oben geschilderten Zuständen der Infusoriennucleoli zu constatiren. Betrachten wir nun aber die Veränderungen, welche die Infusoriennucleoli während der Conjugation erfahren, z. B. bei *Euplotes* oder *Stylonicchia* ¹⁾, so sehen wir zuerst eine beträchtliche Vergrösserung des Nucleolus stattfinden, indem sich zwischen seinem Kernkörper und seiner Hülle Flüssigkeit ansammelt und die letztere ab-

1) Die hier gemachten Angaben beziehen sich nur auf *Stylon. pustulata*.

hebt. Hierauf verändert sich der Kernkörper, indem er seine homogene Beschaffenheit verliert und körnig wird und schliesslich sieht man Zustände, wo der körnige Innenkörper des vergrösserten Nucleolus durch viele zarte Fasern mit einer Strecke der Hülle in Zusammenhang steht. Auf solche Zustände, die man bei *Euplotes* und *Stylonichia* leicht zu sehen bekommt, möchte ich die Aufmerksamkeit namentlich lenken, da ich ähnliche Bauverhältnisse an den Kernen der grossen Keimzellen aus den Hoden von *Blatta germanica* sehr schön gesehen habe.

Diese Kerne enthalten nichts was man als Kernkörper bezeichnen könnte, dagegen eine beträchtliche Anzahl dunkler Körner (nach Essigsäurebehandlung), die alle, indem sie sich in Fasern fortsetzen, mit einer gewissen Strecke der Kernhülle in Verbindung treten. Die Körner selbst sind gewöhnlich nahe dem Centrum des Kernes mehr oder weniger zusammengehäuft. — Die Aehnlichkeit dieser Bauweise eines echten Zellkerns mit den vorher erwähnten Zuständen der Infusoriennucleoli ist unleugbar, doch geht die Uebereinstimmung noch weiter. Bevor in Vorbereitung zur Theilung aus dem Kern der erwähnten Zelle der früher beschriebene spindelförmige Körper hervorgeht, trifft man in ihm nur wenige, jedoch grössere, unregelmässig vertheilte Körner von dunkeltem, glänzendem Aussehen. Auch diesen Zustand des Nucleolus habe ich bei *Euplotes charon* sehr deutlich gesehen und ist es mir auch hier sehr wahrscheinlich geworden, dass derselbe dem Auswachsen zu einer Samenkapsel direct vorausgeht.

Aus all dem angeführten scheinen mir nun dem oben von mir gethanen Ausspruch, dass die sogenannten Nucleoli der Infusorien echte Zellkerne seien, neue Beweisgründe zu erwachsen.

Ich komme nun noch für einen Augenblick auf die Morphologie der Infusorien zurück. Vorerst will ich constatiren, dass durch die neueren Bearbeitungen dieser Frage durch HÄCKEL und CLAUS¹⁾, die Beantwortung nicht wesentlich näher gerückt wurde. HÄCKEL sucht bei seiner Betrachtungsweise mittels der Entwicklungsgeschichte die Frage zu lösen, indem er hervorhebt, dass die Embryonen oder Sporen der Infusorien einfache Zellen seien und sich ohne Furchung zum fertigen Infusor heranbildeten. Er lässt hierbei ausser Acht, dass die ganze Embryonenfrage bei den ciliaten Infusorien eine höchst zweifelhafte ist, da sie von einem so trefflichen Beobachter wie BALBIANI völlig in Frage gezogen wird, indem er die STEIN'schen Embryonen für parasitische Acineten erklärt. Auch ich muss dieser Ansicht entschieden beipflichten, namentlich nachdem ich mich durch genaue Beobachtungen überzeugt habe,

1) l. c.

dass bei *Paramecium aurelia* gar keine Embryonen im Gefolge der Conjugation entwickelt werden, wie denn überhaupt die STEIN'schen Ansichten nur durch Vergleichung verschiedener Zustände erschlossen, aber nicht durch fortlaufende Beobachtungen an aus der Conjugation hervorgegangenen Thieren festgestellt worden sind ¹⁾.

Bei dieser Sachlage müssen wir also eingestehen, dass zur Lösung der Frage nach der Morphologie der Infusorien die Embryonen wenigstens augenblicklich noch in keiner Weise als von entscheidender Bedeutung angesehen werden dürfen. Die Kerne der Infusorien betrachtet HÄCKEL als wirkliche Zellkerne, wiewohl bei dem augenblicklichen Stand unsrer Kenntnisse gerade alles dahin weist, dass dieselben den echten Zellkernen in keiner Weise entsprechen, denn sowohl BALBIANI wie STEIN und alle übrigen Forscher auf dem Gebiet der Fortpflanzungsgeschichte der Infusorien lassen die Fortpflanzungsproducte, seien dies nun Eier, oder Embryonalkugeln direct, einzig und allein aus dem Nucleus hervorgehen ²⁾. Von der Fortpflanzung einer echten Zelle durch aus dem Kern hervorgehende Producte ist doch absolut nichts bekannt und die neuerdings von AUERBACH aufgestellte Hypothese von der Bedeutung des Kernkörperchens stützt sich doch kaum auf einen thatsächlichen Punct, ja sie bietet nicht einmal den Vortheil einer bedeutungsvollen Hypothese, dass sich durch dieselbe Erklärungen für vorher unerklärbare Erscheinungen ergeben.

CLAUS trägt dieser Eigenthümlichkeit des Infusoriennucleus Rechnung, indem er ihm die Bedeutung einer Tochterzelle beilegt. Auch er beurtheilt jedoch den Bau der ausgebildeten Infusorien nach der Ge-

1) Vergleiche die Nachschrift zu dieser Mittheilung.

2) Ein näheres Eingehen auf die HÄCKEL'schen Ansichten und die Art seiner Beweisführung muss ich für später aufsparen, ich will hier nur anführen, dass er die Schwierigkeiten der Identificirung des Infusoriennucleus mit einem echten Zellkern wohl gefühlt hat, sich jedoch durch die Bemerkung zu helfen suchte, dass die Nucleusbruchstücke bei ihrer Umwandlung in Sporen etc. sich wohl mit mütterlichem Protoplasma umhüllten und so die Charactere einer echten Zelle erlangten. Auf diese Weise jedoch den Cardinalpunct der ganzen Frage entscheiden zu wollen, ist sicher nicht geeignet die Frage zu lösen, sondern kann sie nur verwirren. Einzig und allein der Beobachtung gebührt hier das entscheidende Wort, und diese spricht durch nichts bis jetzt für diese HÄCKEL'sche Annahme. Auch in diesem Falle hilft kein Lamentiren über die sogenannte unphilosophische Methode der betreffenden Arbeiter, sondern auch hier, wie z. B. in der Frage nach der Abstammung der Keimblätter der Wirbelthiere ist allein die Beobachtung entscheidend und sie muss unsere morphologischen Deutungen leiten, aber nicht umgekehrt der morphologischen Deutung zu liebe die Beobachtung durch entsprechende Annahmen ergänzt werden.

staltung der Keimkugeln und Schwärmsprösslinge und es gilt daher das oben in dieser Hinsicht Bemerkte auch hier.

Durch den von mir geführten Nachweis, dass die Nucleoli echten Zellkernen entsprechen, scheint mir zum ersten Mal auch die wirkliche Homologie der Infusorien, je nach der Anzahl der anwesenden Nucleoli mit ein- oder mehrkernigen Zellen begründet zu sein, wobei ich natürlich auch die Einschränkung machen muss, dass, wenn die Vergleichung des Nucleus der Infusorien mit einer Tochterzelle sich in der Zukunft bewahrheiten sollte, hier durch die morphologische Vergleichung unsrer Thiere mit echten Zellen entsprechenden Modificationen unterliegen muss.

In Bezug auf letzteren Punct will ich hier gleich hervorheben, dass es mir in der That geglückt ist den sichern Nachweis zu führen, dass bei *Paramaecium colpoda* (*Colpidium* St.) eines der drei Segmente, in welche der Nucleus während der Conjugation zerfällt, sich in eine dunkle Kugel verwandelt und schliesslich von dem Thier ausgeschieden wird. Eine weitere Entwicklung dieser abgeschiedenen Kugel habe ich nicht beobachtet, auch kann ich weder an ihr noch an den entsprechenden Kugeln anderer Infusorien die Charactere einer Zelle beobachten, um sie hiernach als Eizellen im Sinne BALBIANI's deuten zu können.

Schliesslich erlaube ich mir noch einen kurzen Abriss der Ergebnisse meiner Untersuchungen über die Veränderungen, welche am Kern und Nucleolus verschiedener Infusorien in Folge der Conjugation eintreten, zu geben. Ich hatte bei der Schwierigkeit der Herbeischaffung des geeigneten Materials bis jetzt nur Gelegenheit in dieser Hinsicht mehr oder weniger eingehend zu studiren: *Paramaccium aurelia*, *putrinum* Clp. und Lehm. (?) und *colpoda*, *Euplotes charon*, *Stylonichia pustulata*, *Glaucoma scintillans*, *Bursaria truncatella* und *Vorticella campanula* Ehrbg. Ein eingehenderes Studium der Conjugationsprocesse der Vorticellen habe ich namentlich aus dem Grunde unterlassen, weil sich einzelne Individuen derselben nicht gut isoliren lassen. In Betreff des *Paramaecium aurelia* muss ich bemerken, dass ich in meiner früheren Mittheilung¹⁾ in einen vielleicht verzeihlichen Irrthum verfallen bin, indem nämlich die dort beschriebenen Conjugationszustände zum grössten Theil nicht zu *P. aurelia* sondern zu *P. putrinum* gehören. Beide Thiere stehen sich sehr nahe und unterscheiden sich wesentlich nur in den Erscheinungen während der Conjugation. Bei *P. putrinum* nämlich beginnen die Veränderungen am Kern schon sehr frühzeitig, schon nach Bildung der ersten Samenkapsel und der Kern ist, wie ich dies früher schilderte und abbildete, schon völlig in Bruchstücke aufgelöst, bei Aufhebung

1) l. c.

der Conjugation, wo die 8 Samenkapseln jedes Thieres noch höchst deutlich sind. Bei *P. aurelia* hingegen gingen die weitesten Fortschritte, welche ich den Kern während der Conjugation machen sah, nur bis zur Auflösung in ein vielfach verschlungenes Band. Der Zerfall in Fragmente findet also hier stets nach aufgehobener Conjugation statt. Ich übergehe die Frage ob sich von den Nucleussegmenten einige zu den Eiern *BALBIANI*'s entsprechenden Körpern umbilden und ob solche abgeschieden werden und wende mich zu dem Verhalten der aus der Conjugation hervorgegangenen Thieren von *Param. aurelia*, um zu constatiren, dass sich bei diesen aus den Nucleusbruchstücken weder eine Embryonal- noch eine Keimkugel hervorbildet und eine Fortpflanzung durch Embryonen nicht eintritt, sondern sich die Nucleusbruchstücke einfach zu einem Nucleus wieder vereinigen; an dem noch vor völliger Wiedervereinigung ein Nucleolus deutlich wird. Hervorheben muss ich jedoch, dass schon vor völliger Wiedervereinigung der Nucleusbruchstücke Theilung des Thieres häufig eintritt.

Evidenter erscheint dies noch bei dem *Param. putrinum*, hier sind die 8 Samenkapseln auch noch kurze Zeit nach aufgehobener Conjugation in jedem der Thiere streifig sichtbar, verändern sich jedoch bald zu körnigen, schliesslich ziemlich homogen erscheinenden Kugeln, deren Zahl in jedem einzelnen Individuum durch die vielfache Theilung, der aus der Conjugation hervorgegangenen Thiere sich mehr und mehr vermindert, so dass schliesslich Thiere hervorgehen, die nur noch eine derartige Nucleoluskugel enthalten. Bei diesen Theilungen bleiben die Nucleusbruchstücke ganz unverändert, so dass also die *BALBIANI*'sche Regel, dass vielfache Nuclei während der Theilung sich vereinigen, keine allgemeine Gültigkeit hat¹⁾.

Was schliesslich aus der restingenden Nucleoluskugel wird, vermag ich nicht anzugeben, vielleicht verschwindet sie, vielleicht geht jedoch aus ihr der Nucleolus wieder hervor. Die restingenden Nucleusbruchstücke vereinigen sich nun wieder sämmtlich zu einem einfachen Nucleus.

Die Vermehrung der aus der Conjugation hervorgegangenen Thiere von *P. putrinum* ist ganz rapid, schon wenige Tage nachher sah ich sie fast auf einen Schlag sich von neuem conjugiren und nach einigen Tagen trat eine dritte Conjugationsepoche ein an der sich jedoch nur wenig Individuen beteiligten. —

Leider habe ich bis jetzt vom *Param. bursaria*, welche Art ja in der

¹⁾ Auch bei *Loxodes rostrum* vereinigen sich die vielen, sehr interessant gehaltenen Nuclei vor der Theilung nicht, gehen überhaupt keine Veränderung ein.

Geschichte unserer Kenntnisse von der Fortpflanzung der Infusorien eine so hervorragende Rolle gespielt hat, noch keine Conjugationszustände angetroffen.

Ganz verschieden von den zwei oben erwähnten Arten von *Paramaecium* verhält sich *P. colpoda*, das ja STEIN auch zu einer besonderen Gattung *Colpidium* rechnet. Hier erkannte ich deutlich nur eine einzige, sehr ansehnliche Samenkapsel vor dem Nucleus, die gegen Ende der Conjugation völlig schwindet und nun zerfällt der Nucleus in drei Stücke, von welchen sich nach der Trennung der Thiere eines sehr rasch zu einer dunkeln, etwas glänzenden Kugel verdichtet (*Ei* BALBIANI's), die nun in der That, wie oben schon erwähnt wurde, aus dem Hinterende des Thieres ausgestossen wird. Die beiden andern Nucleussegmente scheinen sich nicht etwa wieder zu vereinigen, sondern bei der nach einiger Zeit erfolgenden Theilung sich in die beiden Sprösslinge zu vertheilen. Ein aus der Conjugation hervorgegangenes Thier hatte am siebenten Tage nach Aufhebung der Conjugation einen neuen Mund erhalten — die aus der Conjugation hervorgegangenen Thiere sind nämlich mundlos — und sich am achten Tage getheilt. Jeder dieser Sprösslinge stellt wieder ein normal gebautes *Colpidium* dar.

Sehr ähnlich verhält sich *Glaucoma scintillans*, hier scheinen sich jedoch, wie ich in Uebereinstimmung mit BALBIANI finde, zwei Samenkapseln auszubilden. Nach dem Schwinden der Samenkapseln zerfällt auch hier der Nucleus in drei Stücke wie bei *Paramaecium colpoda*, von welchen sich das eine ebenso zu einer dunkeln Kugel verdichtet. Dass diese auch hier ausgeschieden wird, ist sehr wahrscheinlich, jedoch findet die Ausscheidung jedenfalls viel später statt, da ich die dunkle Kugel noch mehrere Tage nach der Conjugation auffand. Die Verfolgung der aus der Conjugation hervorgegangenen Thiere gelang mir bei dieser Art nur unvollständig.

Von *Euplotes charon* wissen wir durch ENGELMANN, dass der Nucleus gegen Ende der Conjugation in zwei Stücke zerfällt, eines in der vorderen, das andere in der hinteren Hälfte jedes Thieres. Auf die interessanten Verhältnisse der Umwandlungen des Nucleolus kann ich hier nicht näher eingehen, ich bemerke nur, dass schliesslich die aus ihm hervorgegangenen Umwandlungsproducte völlig zu schwinden scheinen. Schon gegen Ende der Conjugation tritt zwischen den beiden Nucleusstücken eine kleine sehr lichte Kugel auf, die nach Aufhebung der Conjugation allmählig zu der bekannten grossen lichten Kugel anwächst. Nach Trennung der Thiere zerfällt zuerst das vordere Nucleusbruchstück in zwei Theile, aus welchen durch Verdichtung höchst wahrscheinlich die beiden dunkeln Kugeln hervorgehen, die man nach einiger Zeit neben

dem lichten Körper trifft. Die Ausscheidung dieser Kugeln zu beobachten gelang mir nicht, doch verschwinden sie nach einiger Zeit völlig und da einmal bei *P. colpoda* die Ausscheidung direct nachgewiesen ist, so zweifle ich nicht, dass auch hier und überall das Schicksal der verschwindenden dunkeln, aus Nucleusbruchstücken hervorgegangenen Kugeln (Eier BALBIANI's) dasselbe ist. Nach Verlauf einiger Tage wandelt sich nun der grosse lichte Körper zu einem strangförmigen Nucleusstück um, das sich schliesslich mit dem hintern, während aller dieser Vorgänge unverändert gebliebenen Nucleusstück wieder zu einem normalen bandförmigen Nucleus vereinigt und so sind wieder normale Thiere von *Euplotes charon* hergestellt.

Bei den gewöhnlichen Conjugationszuständen von *Stylonichia pustulata* entwickelt sich aus jedem der Nucleoli je eine Samenkapsel, die beide jedoch noch vor Aufhebung der Conjugation wieder völlig schwinden. Die beiden Nuclei scheinen sich zu einem strangförmigen zu vereinigen, worauf dieser in zwei Stücke auseinandergeht, zwischen welchen sich gegen Ende der Conjugation eine kleine sehr lichte Kugel einstellt, die nach der Aufhebung der Conjugation wie bei *Euplotes charon* zu der grossen lichten Kugel heranwächst. Die beiden Nucleusbruchstücke verdichten sich schon kurz vor Aufhebung der Conjugation zu zwei dunkeln Kugeln. Ich sah bei *St. pustulata* nie mehr als zwei solcher Kugeln, die BALBIANI'sche Angabe, dass deren vier sich bilden sollen, muss demnach irrtümlich sein. Auf die Ausscheidung dieser dunkeln Kugeln schliesse ich auch hier aus ihrem völligen Schwund, der einige Tage nach der Trennung der Thiere stattgefunden hat. Der grosse lichte Körper wandelt sich schliesslich in einen Nucleus um, an dem neue Nucleoli erscheinen und theilt sich hierauf in die zwei Nuclei der *Stylonichien*, worauf also wieder normal gebaute *Stylonichien* hergestellt sind, die sich durch zahlreiche Theilungen nun sehr energisch vermehren.

Von *Bursaria truncatella* habe ich einige Conjugationszustände beobachtet, dieselben zeigten mir stets einen in viele Bruchstücke (bis etwa ein Dutzend) zerfallenen Nucleus und neben diesen einmal auch zahlreiche Samenkapseln von sehr interessantem Bau. Die Nucleusbruchstücke sind ziemlich grobkörnig und enthalten einen oder mehrere dunkle, nahezu homogene kernartige Einschlüsse. Die aus der Conjugation hervorgegangenen Thiere enthalten von Samenkapseln nichts mehr; eine anhaltende Untersuchung des Wassers, welche diese in Conjugation befindlichen *Bursarien* enthielt, lieferte einige Tage später statt der Thiere mit den oben beschriebenen Nucleusbruchstücken nur noch solche, die statt deren eine verschiedene Zahl nahezu homogener dunkler und kleinerer Kugeln enthielten, die ohne Zweifel durch Ver-

dichtung der früheren Nucleusbruchstücke entstanden waren. Thiere mit Embryonen liessen sich nicht auffinden.

Freischwimmende Thiere der grossen Vorticella Campanula Ehrbg. traf ich letzten Herbst unter ganz denselben Verhältnissen wie STEIN und konnte unter ihnen auch solche mit vollständig in Bruchstücke zerfallenem Nucleus auffinden, die ganz entschieden aus der Conjugation hervorgegangen waren. Unter den Bruchstücken fanden sich immer einige, die sich durch ihre Grösse und ihre nach Essigsäurezusatz weit abstehende Hülle auszeichneten. Conjugationszustände freischwimmender Thiere habe ich nicht gesehen, dagegen massenhaft Theilungszustände derselben. Eine aufmerksame und anhaltende Untersuchung des Wassers, welche diese aus der Conjugation hervorgegangenen Thiere enthielt, lieferte mir nicht einen einzigen Anhaltspunkt zur Bestätigung der von STEIN aufgestellten Ansicht, dass auch hier sich aus einem Theil der Nucleusbruchstücke Embryonal- und Keimkugeln und schliesslich Embryonen entwickeln sollen, sondern kann ich das, was ich sah, nur mit der Ansicht in Einklang bringen, dass sich auch hier sämtliche Nucleusbruchstücke wieder zu einem einzigen neuen Nucleus vereinigen werden, mit Ausnahme solcher, die etwa von dem Thier ausgestossen worden sind.

Schliesslich erlaube ich mir noch die Bemerkung, dass an und für sich durch den Nachweis, dass die aus Nucleusbruchstücken hervorgegangenen Kugeln ausgestossen werden, nicht auch schon der Beweis geliefert ist, dass dieselben wirklich Fortpflanzungskörper sind. Angesichts der Thatsache, dass auch aus der Eizelle gewisse Theile, die Richtungskörperchen, ausgeschieden werden, müssen wir in Bezug auf Entscheidung dieser Frage erst die Ergebnisse des Studiums dieser ausgeschiedenen Kugeln abwarten.

Die Bedeutung des Conjugationsprocesses könnte möglicherweise auch nur insofern zu der Fortpflanzung in Beziehung stehen, als die aus ihr hervorgegangenen Individuen eine erhöhte Theilungsfähigkeit besitzen, wie ich dies ja in der That bei einigen Arten in auffallender Weise gefunden habe.

Ich hege die Hoffnung, dass mir der kommende Frühling und Sommer dieses Jahres binreichendes Material liefern möchte zum weiteren Ausbau der Untersuchungen auf diesem viele Schwierigkeiten bietenden Feld.

Frankfurt a/M. März 1875.

Nachschrift.

Die von mir am Schlusse der vorstehenden Mittheilung ausgesprochene Hoffnung, dass es mir bald gelingen möchte tiefer in die schwierige Frage nach der Umbildung der Nuclei und Nucleoli während und nach der Conjugation der Infusorien einzudringen, ist seit der Absendung des Manuscriptes zu meiner grossen Freude in Erfüllung gegangen. Ich habe seitdem Conjugationszustände von *Condylostoma stagnalis* (WRCZENIOWSKI), *Blepharisma lateritia*, *Cyrtostomum leucas* und *Stylonichia mytilus* beobachtet. Namentlich das letztere Thier, das auch BALBIANI, STEIN und ENGELMANN wesentlich zu ihren Untersuchungen diente, hat mir höchst wichtige Aufklärungen geliefert, wodurch zwar ein Theil des oben mitgetheilten sich wahrscheinlich als irrig erweisen, andererseits aber eine wirkliche Einsicht in die Morphologie der Infusorien angebahnt wird, die, wenn auch noch nicht als ganz feststehend, so doch als sehr wahrscheinlich betrachtet werden muss.

Ich bemerke vorerst, dass die Darstellung, welche STEIN von den Umwandlungen des Nucleus, der Bildung seiner Keimkugeln und der Entwicklung von Embryonen bei *St. mytilus* giebt, gänzlich verfehlt ist, dass dagegen die BALBIANI'sche Schilderung dieser Verhältnisse der Wahrheit sehr nahe kommt, jedoch nicht ganz vollständig ist. In den aus der Conjugation hervorgegangenen Thieren entwickeln sich weder Embryonalkugeln, noch Embryonen, aus dem einfachen Grunde, weil die vermeintlichen Embryonen von *St. mytilus* gar nicht in den Fortpflanzungskreis dieses Thieres gehören, sondern, wie BALBIANI sehr richtig erschlossen hat, parasitische Acinetinen sind. Ich habe die vermeintlichen Embryonalkugeln von aussen in conjugirte (!) *Stylonichien* eindringen, sich hier vermehren und wieder ausschwärmen sehen, und habe den experimentellen Beweis für die parasitische Natur dieser Embryonen ferner dadurch geliefert, dass ich ein mit solchen Embryonen inficirtes Thier mit einem nicht angesteckten unter dem Deckgläschen zusammensperre und nun gesehen habe, wie dieses letztgenannte Thier von den aus dem ersteren hervorgegangenen Embryonen angepackt wurde, dass dieselben in es eindringen und zu sich vermehrenden Embryonalkugeln wurden. METSCHNIKOFF hat bekanntlich schon im Jahre 1864 dasselbe in Betreff der Embryonen von *Paramaccium aurelia* beobachtet, und freue ich mich sehr, dass diese wenig beachtete Beobachtung des vortrefflichen Forschers hierdurch eine völlige Bestätigung erhält.

Im Gegensatz zu den von BALBIANI geschilderten Vorgängen bei der Conjugation von *Styl. mytilus* hebe ich hervor, dass sich in meinen

Thieren anfänglich immer nur je zwei grosse Samenkapseln entwickelten, es hängt dies jedenfalls damit zusammen, dass die Zahl der Nucleoli bei *St. mytilus* eine wechselnde ist, meine Thiere enthielten nur einen Nucleolus an jedem der beiden Nuclei, die BALBIANI'schen hingegen je zwei. Im Laufe der Conjugation theilt sich jeder der beiden Nuclei, so dass wir vier Bruchstücke erhalten, die sich gemäss der Schilderung von BALBIANI gegen Ende der Conjugation abrunden und zu dunkeln, glänzenden Kugeln, seinen vermeintlichen Eiern verdichten. Auch die beiden grossen Samenkapseln theilen sich jedoch noch je einmal, so dass jedes der Thiere vier enthält, die jedoch nun sehr schrumpfen und sich verkleinern, durch ihre streifige Beschaffenheit ihre Herkunft noch verrathend. Das Schicksal dieser vier verkleinerten Samenkapseln ist nun sehr verschieden. Dieselben liegen gewöhnlich in einer Längsreihe neben den vier Nucleusbruchstücken. Die zweithinterste derselben fängt nun gegen Ende der Conjugation an zu wachsen und wird zu dem grossen lichten Körper, durch dessen Theilung sich wie bei *Stylonichia pustulata* späterhin die neuen Nuclei der aus der Conjugation hervorgegangenen Thiere bilden. Die vor und hinter dieser liegenden zwei Kapseln verdichten und verkleinern sich gegen Ende der Conjugation noch mehr und erlangen wieder das Aussehen und die Beschaffenheit der Nucleoli vor der Conjugation, sie liegen dem lichten Körper nach erfolgter Trennung der Thiere dicht an und sind die Nucleoli des aus der Conjugation hervorgegangenen Thieres. Die vorderste Kapsel verdichtet sich gleichfalls mehr und mehr, wird glänzend und dunkel, wie die aus den Nuclei hervorgegangenen vier Kugeln und erleidet fast zweifellos das gleiche Schicksal wie diese, nämlich sie wird nach erfolgter Trennung der Thiere, mitsammt den vier Nucleuskugeln ausgestossen. Ich habe den Act des Ausstossens nicht wie bei *Colpidium* selbst gesehen; isolirt man jedoch ein Thier in einem möglichst kleinen Wassertropfen, oder legt man es unter dem Deckgläschen fest, so dass es nur sehr beschränkte Bewegungen ausführen kann, so wird man nach einiger Zeit die dunkeln Kugeln nicht mehr in demselben, sondern ausserhalb desselben unschwer auffinden. An der Ausstossung dieser Kugeln kann also kein Zweifel mehr herrschen. Diese Kugeln sind aber keine Eier, wie BALBIANI will, sie lassen nichts von den Characteren einer Zelle wahrnehmen, häufig vereinigen sich zwei und mehr der Kugeln, bevor sie ausgestossen werden, dicht miteinander, manchmal haben sie ein ganz corrodirtes Ansehen und gehen nach kurzer Zeit im umgebenden Wasser zu Grunde.

Dieser Verlauf der Conjugation bei *Stylonichia mytilus*, bei dem ich leider nur einen Punct noch etwas zweifelhaft lassen muss, ich habe

nämlich die Theilung der beiden grossen Samenkapseln zu vieren noch nicht direct beobachtet, jedoch sah ich sie zur Theilung sich anschicken, giebt nun das Verständniss für die Bedeutung des Infusoriennucleus und der Conjugation überhaupt. Es ergiebt sich hieraus, dass auch der Nucleus als ein, wiewohl sehr modificirter, echter Kern aufzufassen ist, denn er geht aus einer der vier Kapseln, die durch fortgesetzte Theilung der Nucleoli entstanden, hervor, und den Nachweis, dass die Nucleoli echte Kerne sind, habe ich früher gebracht. Das Wesen der Conjugation aber dürfte zu suchen sein in der gänzlichen oder theilweisen Entfernung des alten und der Hervorbildung eines neuen Nucleus.

Nachdem ich diese Erfahrungen bei *St. mytilus* gemacht habe, scheint es mir sehr wahrscheinlich, namentlich auch in Anbetracht des bei *Blepharisma lateritia* ermittelten, dass die Schilderung, die ich oben von der Conjugation bei *Glaucoma scintillans* und *Colpidium* machte, nicht ganz richtig ist, indem nämlich auch hier die beiden lichten Kugeln, die sich neben den dunkeln Nucleuskugeln vorfinden, wohl nicht durch einen Zerfall des Nucleus hervorgehen, sondern in ihrem Ursprung auf die Nucleoluskapseln zurückzuführen sind. Bei *Blepharisma lateritia* entstehen nach der Trennung der conjugirten Thiere eben solche zwei lichte Kugeln, deren Ursprung aus Nucleoluskapseln ich bestimmt nachweisen konnte, und der auch hier verdichtete Nucleus ist einige Tage nach aufgehobener Conjugation plötzlich verschwunden, jedenfalls also auch ausgeworfen worden.

Für *Stylonicchia pustulata* und *Euplotes charon* habe ich oben bemerkt, dass die Samenkapseln gegen Ende der Conjugation völlig zu schwinden scheinen. Für letzteres Thier war mir dies immer zweifelhaft, und vermuthete ich lange Zeit einen Zusammenhang der lichten Kugel mit den früheren Nucleoluskapseln, *Stylonicchia pustulata* hingegen ist ein sehr schwierig zu untersuchendes Object, so dass hier die verkleinerten und überhaupt sehr schwer zu bemerkenden Nucleoluskapseln leicht zu übersehen sein müssen. Für *Paramacium putrinum* habe ich oben nachgewiesen, dass die acht Nucleoluskapseln nach der Conjugation nicht schwinden, übrigens sind hier und bei *Par. aurelia* die Verhältnisse am schwierigsten zu erforschen, da die vielen Nucleusbruchstücke einen sicheren Anhalt sehr erschweren. Ich kann übrigens noch mittheilen, dass bei *P. aurelia* die acht Nucleoluskapseln sich sehr bald in eben so viele körnige Kugeln verwandeln und dass die vermeintlichen Eier BALBIANI'S sehr wahrscheinlich aus Nucleoluskapseln hervorgehen.

Frankfurt a/M. Anfang Mai 1875.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie](#)

Jahr/Year: 1874-1875

Band/Volume: [25](#)

Autor(en)/Author(s): Bütschli Otto [Johann Adam]

Artikel/Article: [Vorläufige Mittheilung einiger Resultate von Studien über die Conjugation der Infusorien und die Zelltheilung. 426-441](#)