

11-6788  
15795  
VIII, 832.

# PROGRAMM

der

## Stadt-Realschule

zu

### LIBAU.

**Die Stellung der Infusorien im Thierreich,**  
vom Oberlehrer der Naturwissenschaften W. Napiersky.



LIBAU.

Buch- & Steindruckerei von Gottl. D. Meyer.

1887.

# PROGRAMM

## Stadt-Realschule

zu

**LIBAU.**

**Die Stellung der Infusorien im Thierreich,**  
vom Oberlehrer der Naturwissenschaften W. Napiersky.



**LIBAU.**

Buch- & Steindruckerei von Gottl. D. Meyer.

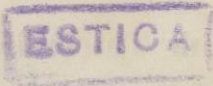
1887.

Est.



6802

Дозволено цензурою. — Рига, 23. Декабря 1886 г.



A-6788.



## Die Stellung der Infusorien im Thierreich.

Solange die optischen Hilfsmittel fehlten, konnte von einem tieferen Eindringen in das innere Gefüge der Naturkörper und von einer eingehenden Kenntniss der niedersten Lebewesen nicht die Rede sein. Erst als die Sehkraft des menschlichen Auges durch optische Hilfsmittel gestärkt und erweitert wurde, erstand dem Forscher eine bisher ungeahnte, völlig neue Welt. Das scheinbar Gleichartige erwies sich jetzt als höchst zusammengesetzt, ein jeder Wassertropfen und ein jedes Staubkörnchen belebte sich mit einem unvorhergesehenen Reichtum organischer Gestalten und eine Fülle des reichhaltigsten Materiales, das seiner wissenschaftlichen Erklärung harrete, bot sich dem erstaunten Beobachter dar.

Diese neue Aera des Fortschrittes für die Wissenschaft begann Ende des 16ten Jahrhunderts, als Hans und Zacharias Janssen in Middelburg durch Verbindung von Linsen das erste zusammengesetzte Mikroskop herstellten. Einfache Vergrößerungsmittel, wie geschnittene Steine oder geschliffene Gläser waren zwar schon seit Alters her bekannt, auch wurden schon im 15ten und 16ten Jahrhundert einfache Mikroskope oder Lupen benutzt, doch kamen derartige Hilfsmittel gar nicht oder nur in höchst geringem Masse für die genauere Untersuchung von Naturgegenständen in Anwendung, da allgemein das Vorurtheil herrschte, dass kleine Naturkörper nicht der Untersuchung werth seien. Diesem Vorurtheil traten zwei Männer mit Erfolg entgegen, Malpighi und Leeuwenhoek, von welchen man mit vollstem Recht behaupten kann, dass sie erst das Mikroskop in die Naturwissenschaft eingeführt haben. Ersterer wies zuerst darauf hin, dass zur allseitigen Erklärung des anatomischen Baues der vollkommenen Thiere die Berücksichtigung der einfacheren nöthig wäre, da die niedere Organisation durch allmähliche Complication zur höheren hinüberführe. Er nahm daher die

ersten Untersuchungen der einfachsten Lebensformen mittelst des Mikroskopes auf und legte in seiner Anatomie der Pflanzen die Grundlage zur Lehre von der Zusammensetzung der organischen Naturkörper aus Zellen nieder.

Während Malpighi bei seinen mikroskopischen Untersuchungen planmässig und mit bestimmtem Ziele vorging, gebrauchte der andere Mikroskopiker des 17ten Jahrhunderts, Anton von Leeuwenhoek, seine optischen Instrumente ohne wissenschaftlichen Plan mehr zur Befriedigung seiner Neugierde nach einer bisher unsichtbaren und unbekanntem Welt. Er war 1632 zu Delft geboren und wurde zum Kaufmannsstande bestimmt, so dass er keine gelehrte Erziehung genoss. Aus Liebhaberei legte er sich auf das Verfertigen von Linsen, die er in einer für seine Zeit vorzüglichen Weise herstellte. Mit seinen Instrumenten untersuchte er sowohl die feinere Struktur der Thierkörper als auch die mikroskopisch kleinen Organismen. Obgleich er dabei nur in dilettantischer Weise vorging, so hat er doch durch unermüdelichen Fleiss und gründlichste Sorgfalt in der Beobachtung zu Entdeckungen geführt, die für die Wissenschaft von grosser Bedeutung wurden. Er entdeckte die Blutkörperchen, die Zahnröhrchen, die Linsenfasern, die Schuppen der Oberhaut, die Querstreifen der Muskelfasern etc. Er durchmusterte die niederen Thiere und beschrieb theils einzelne Theile derselben, wie z. B. die facettirten Augen der Insekten, theils ihre Vermehrung und Entwicklung, wie z. B. die geschlechtslose Fortpflanzung der Blattläuse und die Knospung der Süsswasserpolyphen. Eins seiner grössten Verdienste lag aber auch darin, dass er eine ganz neue Welt von niederen Lebensformen der Forschung erschloss. Er schilderte schon in guter und eingehender Weise die Räderthiere und war, was uns hier besonders interessirt, der Entdecker der Infusorien, die späterhin so zahlreiche wissenschaftliche Controversen hervorrufen sollten. Er glaubte an den Infusionsthierchen Füsse, Gliedmassen etc. gesehen zu haben und schilderte schon ihre Begattung, konnte aber wegen der grossen Mangelhaftigkeit der damaligen Mikroskope, keine ausführliche und bestimmte Beschreibung ihrer Organisation geben. Eine besondere Benennung gab Leeuwenhoek unseren Thieren noch nicht, obgleich er schon hervorhob, dass sie in Aufgüssen, in sogenannten Infusionen entstehen. Den Namen der „Infusionsthierchen“ gebrauchte zuerst Martin Frobenius Ledermüller (1719.—1769), welcher, wie der Titel seines Werkes<sup>1)</sup> sagt, zu seiner Gemüths- und Augenergötzung Beobachtungen an diesen Thieren anstellte.

<sup>1)</sup> Ledermüller (M. F.), Mikroskopische Gemüths- und Augenergötzung in 100 Kupfertafeln. Nürnberg 1760 - 61.

Weitere Fortschritte in der Erkenntniss der Organisation der Infusorien wurden bis auf Ehrenberg nur geringe gemacht, was hauptsächlich darin lag, dass die Untersuchungsmittel nur wenige Verbesserungen erfuhren. Zwar wurde durch viele Beobachter die Erweiterung der Formenkenntniss vielfach gefördert, wie beispielsweise durch den Freiherrn Fr. Wilh. von Gleichen (1717—83; nach seiner Frau Russwurm genannt), den Pastor Joh. Conr. Eichhorn (1718—1790) u. A. m., doch waren eingehendere Beobachtungen über Bau und Leben der Thiere nur vereinzelt. Von ausgezeichnete Bedeutung für die Infusorienkunde ist aus dieser Zeit nur das Werk des berühmten Naturforschers O. Fr. Müller (1730—1788), welches erst nach seinem Tode erschien und den Ausgangspunkt für die weitere Forschung bildete. O. Fr. Müller hatte die Infusorien nach Form und Leben genauer untersucht, fasste sie in Gruppen zusammen und bestimmte Gattungen und Arten, doch vereinigte er unter dem Namen der Infusions-thiere alle kleinen mikroskopischen Wasserthiere, so dass einfach und höher organisirte Thiere und manche Pflanzen bunt nebeneinander gestellt waren.

Eine neue Epoche brach in den 20ger und 30ger Jahren unseres Jahrhunderts durch die Forschungen Chr. Gfr. Ehrenbergs an, welcher schon eine viel stärkere Vergrösserung zu Hilfe nehmen konnte und vermittelst der sehr verbesserten Mikroskope die weitgehendsten, wenn auch meist unrichtig gedeuteten, Entdeckungen in Betreff von Form, Bau, geographische und geologische Verbreitung der mikroskopischen Organismen machte. Mit unermüdlichem Fleiss und bewundernswerther Ausdauer setzte er seine Beobachtungen viele Jahre hindurch fort und legte endlich die Resultate seiner Forschungen in dem berühmten Werke: „Die Infusionsthiere als vollkommene Organismen“ nieder, welches 1838 zu Leipzig, mit vortrefflichen Abbildungen versehen, erschien. Verdankt die Wissenschaft Ehrenberg den grössten Theil der Formenkenntniss und den Hinweis auf die verschiedenen Differenzirungen des Infusorienkörpers, so war er leider in der Deutung der Verhältnisse durchaus nicht glücklich, da er von einer vorgefassten Meinung beeinflusst wurde. Er hatte nämlich schon früher ausgesprochen,<sup>2)</sup> dass ein jedes Thier mit dem Menschen in den Hauptorgansystemen übereinstimme und dass nur derjenige Organismus, welcher ein Ernährungs-, Bewegungs-, Blut-, Empfindungs- und Sexualsystem besitze, mit Sicherheit als Thier bezeichnet werden könne. Dieses „Princip überall gleich vollendeter Entwicklung“ wandte er nun auch bei der Deutung der Organisation seiner Infusorien an und behauptete,

<sup>2)</sup> Ehrenberg (Chr. Gfr.), Ueber die Acalephen des rothen Meeres und den Organismus der Medusen der Ostsee in d. Abhdlg. d. Berl. Acad. 1835. pag. 181.

dass sie im Wesentlichen ebenso gebaut seien, wie die höheren Thiere und der Mensch. In dieser Auslegung wurde er hauptsächlich auch dadurch bestärkt, dass er, im Anschluss an O. Fr. Müller, noch viele höher organisirte Thiere, die in der That schon Organe besitzen, zu den Infusorien stellte und von diesen ausgehend die Infusorien beurtheilte. Der verhängnissvollste Irrthum war der, dass Ehrenberg die verhältnissmässig hoch entwickelten Rotiferen (Räderthierehen) hinzunahm und nach diesen die Organisation der Infusionsthier zu erklären versuchte. So sprach er den letzteren nicht nur Mund und After zu, sondern deutete die im Innenparenchym des Infusors herumrotirenden Speiseballen für ebensoviele Magen, welche durch einen verästelten Darm verbunden sein sollten. Er legte ferner die pulsirenden Vacuolen für Samenblasen, die Nuclei für Hoden aus und glaubte in Analogie mit den Rotiferen Ovarien, Nerven, Sinnesorgane und Gefässe gefunden zu haben. Insofern trug er zwar der Ansicht Dutrochets, der schon 1812 die Rotiferen ihrer höheren Organisation wegen von den Infusorien getrennt wissen wollte, Rechnung, dass er das ganze Gebiet seiner Infusionsthier in die zwei Classen der Magenthier (Polygastrica) und Räderthiere (Rotatoria) eintheilte. Erstere definirte er folgendermassen: „Die Magenthier sind rückenmarklose und pulslose Thiere mit in zahlreichen blasenartigen Magen zertheilten Speisekanälen, mit (wegen Knospenbildung und Selbsttheilung) unabgeschlossener Körperform, mit doppeltem vereintem Geschlechte, bewegt durch (oft wirbelnde) Scheinfüsse und ohne wahre Gelenkfüsse.“

Die Ansichten Ehrenbergs von der vollendeten Organisation der Infusorien erfuhren bald heftige Angriffe, hauptsächlich hervorgerufen durch die Entdeckung der Sarcode (=Protoplasma) von Dujardin und durch die Zellentheorie Schleidens und Schwanns. Dujardin wies darauf hin, dass der Infusorienkörper in ähnlicher Weise wie der Körper der Rhizopoden aus contractiler, von ihm Sarcode genannter Substanz bestehe, in welcher noch keine Differenzirungen von wahren Organen sich fänden, und dass in Folge dessen die Ansichten Ehrenbergs irrig seien. In Deutschland polemisirten zuerst Focke und Meyen, in England Rymer Jones und Edw. Forbes gegen die Deutungen Ehrenbergs.

Den Hauptangriff aber erfuhr die Ehrenbergsche Infusorienlehre 1845 durch Carl Theodor von Siebold, welcher von dem leitenden Gedanken ausging, dass Thier und Pflanze auf niedrigster Lebensstufe durch eine einzelne Zelle repräsentirt werden, wie ja auch die Entwicklung der höheren Organismen mit der Zelle ihren Anfang nimmt. In Folge dessen verfocht er die Ansicht, dass der Infusorienkörper viel einfacher, als Ehrenberg angenommen hatte, organisirt sein müsse

und dass derselbe auf die Struktur der Zelle zurückgeführt werden könne. Im Zusammenhang mit dieser Auffassung deutete er den Nucleus, den Ehrenberg für Hoden gehalten hatte, als den Kern der Zelle, die contractile Körpersubstanz als den Zellinhalt und die flimmernde Haut als die Membran einer gewöhnlichen Flimmerzelle. Auch wies Siebold überzeugend nach, dass die Organisation der Rotatoria eine vollständig verschiedene und viel höhere sei, als die der Infusorien, weshalb er erstere ausschied und in die Classe des Würmer brachte. Er zeigte ferner, dass in der Gruppe der Polygastrica, welche Ehrenberg nach dem Vorhandensein oder Fehlen eines Darmes und Afters in Enterodela und Anentera eingetheilt hatte, die verschiedensten niederen Organismen, sowohl Thiere als auch Pflanzen vereinigt seien, so dass auch die Abtheilung der Anentera vollständig aus dem Kreise der Infusorien ausgeschlossen und zum grössten Theil in das Pflanzenreich gestellt werden müsste. Endlich vereinigte er die Classe der Infusorien mit der Classe der Rhizopoden zu einer Hauptgruppe, nämlich zu der der Protozoen oder Urthiere, welche er kurz mit folgenden Worten definierte: „Thiere, in welchen die verschiedenen Systeme der Organe nicht scharf ausgeschieden sind und deren unregelmässige Form und einfache Organisation sich auf eine Zelle reduciren lassen.“

Der Auffassung Siebolds schloss sich mit aller Entschiedenheit Kölliker an, indem er 1849 in seiner Arbeit über das Sonnenthierchen (*Actinophrys sol*) ausdrücklich die Einzelligkeit der Infusorien hervorhob und später 1864 in seinen *Icones histiologicae* dieselbe eingehender zu begründen suchte.

Die Theorie der Einzelligkeit der Infusorien fand bei den folgenden Forschern die verschiedenartigste Aufnahme. Es entstanden eine ganze Reihe von Arbeiten, welche theils der Auffassung Ehrenbergs sich wieder näherten, theils der Theorie Siebolds beistimmten, zum grössten Theile aber eine Mittelstellung einnahmen. Ehe jedoch zur Betrachtung der widersprechenden Ansichten bezüglich der Organisation der Infusorien übergegangen wird, dürfte es am Platze sein, zum besseren Verständniss die complicirte Organisation des Infusorienkörpers, wie er in neuerer Zeit nachgewiesen worden ist, in allgemeinen Umrissen zu beschreiben.

Die Infusorien besitzen eine äussere, mehr oder weniger zarte, zuweilen aber auch sehr feste und verdickte Haut, welche mit Cilien, haar-, griffel- und hakenförmigen Sarcoderausläufern, besetzt ist. Bei den meisten Infusorien (eine Ausnahme machen die parasitisch lebenden Acineten) führt als Unterbrechung der Haut oder als Einbuchtung der Cuticula eine Mundöffnung mittelst eines trichterförmigen Schlundes in die centrale flüssige Körpersubstanz. Auch eine Afteröffnung welche



geschlossen und nur zu sehen ist, wenn die verbrauchten Ueberreste hinaustreten, ist meist vorhanden. Ein Magen fehlt, das centrale Parenchym übernimmt seine Funktionen. Es können eben zwei Schichten unterschieden werden, eine peripherische, das Aussenparenchym oder Exoplasma, und eine centrale Schicht, das Innenparenchym oder Endoplasma genannt. Das Endoplasma besitzt grössere Flüssigkeit; durch die Mundöffnung treten in dasselbe die Nahrungskörperchen ein und werden unter Rotation, welche durch die kontraktilen Elemente des Endoplasma hervorgerufen werden, herumgeführt. Diese Schicht dient demnach den vegetativen Funktionen; sie saugt Nahrung auf und führt sie dem Exoplasma zu. Im Exoplasma kommen dagegen die animalen Funktionen zum Ausdruck. Das Exoplasma ist die eigentliche kontraktile und empfindende Substanz, es ist viel zähflüssiger und bildet streifenförmige Sonderungen, die mit Muskelfibrillen identisch sind. Ferner finden sich in demselben eine oder mehrere pulsirende Vacuolen, welche sich rythmisch verengern, verschwinden und allmählig wieder erscheinen. Diese Gebilde sind Ansammlungen von Flüssigkeiten, welche mit den Lebenserscheinungen der Thiere zusammenhängen; über ihre wahre Bedeutung ist man jedoch noch nicht ins Klare gekommen, wahrscheinlich fungiren sie als Excretionsorgane. Im Exoplasma finden sich als weitere Differenzirungen kleine stäbchenförmige Körper vor, welche zuerst als Tastorgane gedeutet wurden. Da sie aber, mit Essigsäure behandelt, einen Faden hervorschnellen, so sind sie wahrscheinlich den Nesselkapseln der Coelenteraten zu vergleichen. Andere Einlagerungen im Exoplasma sind endlich der Nucleus und Nucleolus. Ersterer ist nicht immer in einfacher, sondern oft in mehrfacher Zahl vorhanden, da aber im letzteren Falle die einzelnen Nuclei durch Stränge zusammenhängen, so sind dieselben nur als Theile eines einzigen anzusehen. Die Gestalt des Nucleus ist meist rundlich, zuweilen aber auch hufeisenförmig (Vorticellen) oder bandförmig, in viele Stücke getheilt (Spirostomum, Paramaecium). Die Nucleoli sind sehr glänzend, oft gefüllt mit stäbchenförmigen Gebilden und sind meist nicht im Nucleus eingesenkt, sondern liegen letzterem seitlich an. An den Nucleus und die Nucleoli knüpfen sich eine Menge von Veränderungen bei der Fortpflanzung der Infusorien, weshalb sich diese Gebilde die mannigfaltigsten Deutungen, so als Hoden, Ovarien etc. gefallen lassen mussten.

Die umfassenden Untersuchungen über die Bedeutung der Infusorien im Thierreiche, welche die so widersprechenden Ansichten Ehrenbergs und Siebolds prüften, kommen bis auf die neueste Zeit zu keinem sicheren Resultat. Während die einen die Infusorien zu den Würmern und Arthropoden gestellt wissen wollen, betonen die anderen

die Verwandtschaft mit den Coelenteraten, und wieder andere, zwar mit Einschränkungen, ihre Einzelligkeit. Erst mit den Forschungen Butschlis beginnt das Dunkel sich zu lichten und mit der Klarlegung der Fortpflanzungsverhältnisse und der Bedeutung des Nucleus der Streit über Ein- oder Vielzelligkeit der Infusorien seinem Ende sich zuzuneigen.

Einer der besten Kenner der Infusorien, Stein, scheint auf den ersten Blick die Vielzelligkeit derselben mit Entschiedenheit zu bekämpfen, kommt aber schliesslich zu einem Resultat, welches auch die Annahme einer unbeschränkten Einzelligkeit nicht zulässt. Die betreffenden Worte in seinem Werke<sup>3)</sup> lauten: „Die Infusorien sind in Bezug auf ihren Ursprung entschieden einzellige Thiere, und wenn man diese Bezeichnung nur in diesem Sinne gebrauchte, so würde ich dieselbe durchaus gerechtfertigt finden, ja sie würde sich sogar ungemein empfehlen, weil sie den fundamentalen Unterschied der Infusionsthierie von den ausserhalb des Protozoenkreises stehenden Thieren, die ihrer ersten Anlage nach mehrzellige Organismen sind, sehr prägnant ausdrückt. Die ausgebildeten Infusionsthierie aber wird man immer Anstand nehmen müssen als einzellige Organismen zu bezeichnen, denn sie sind nicht bloss einfach fortgewachsene Zellen, sondern der ursprüngliche Zellenbau hat einer wesentlich anderen Organisation Platz gemacht, die der Zelle als solcher durchaus fremd ist.“ Der erste Theil dieser Auslassung wird dadurch hinfällig, dass die neuere Entwicklungsgeschichte nachgewiesen hat, dass alle Thiere ihren Ursprung von der einzelnen Zelle nehmen, also ursprünglich einzellig sind; der zweite Theil aber zeichnet sich nicht durch grosse Klarheit aus, denn man kann nicht bestimmt erkennen, ob Stein meint, dass sich der Bau des Infusors überhaupt nicht mit den Eigenschaften der Zelle vertrage oder dass im Infusorienkörper Differenzirungen auftreten, welche gewöhnliche Zellen niemals zeigen.

Ehrenberg hielt an seinem „Princip gleich vollendeter Entwicklung“ aller Thiere fest und trat bis zuletzt für seine polygastrische Theorie ein, obgleich dieselbe von allen anderen Beobachtern verlassen worden war. Dennoch stand er mit seiner Ansicht von der hohen Organisation der Infusorien durchaus nicht allein, denn Männer wie Claparède und Lachmann, Balbiani und in neuerer Zeit Greef bekämpfen mit aller Entschiedenheit die Lehre von der Einzelligkeit der Infusorien. Claparède und Lachmann<sup>4)</sup> wollten den Infusorien eine ganz neue Stellung im System anweisen, indem sie ihre Verwandtschaft

<sup>3)</sup> Stein, Fr., Der Organismus der Infusionsthierie. Bd. II. Leipzig 1867.

<sup>4)</sup> Claparède et Lachmann, Etudes sur les infusoires et les rhizopodes. 1. et 2. parties. Anatomie et Classification Genève et Bâle 1868.

zu den Coelenteraten betonen. Zur Begründung dieser Ansicht stellten sie die Behauptung auf, dass der für die Coelenteraten so charakteristische Gastrovascularraum, die verdauende Leibeshöhle, in gleicher Weise sich bei den Infusorien fände und dass das Innenparenchym der letzteren mit dem Chymusbrei der ersteren identisch sei, eine Behauptung, welche weder Anatomie noch Entwicklungsgeschichte in der Folgezeit bestätigen konnte. Die Annahme des Endoplasmas als Füllungsmasse eines Leibesraumes ist schon aus dem Grunde unstatthaft, weil das Endoplasma ganz allmählich in das Exoplasma übergeht und keine Grenze zwischen beiden Schichten besteht. Auf einem ziemlich ähnlichen Standpunkt steht Balbiani, der ebenfalls die Infusorien für hochentwickelte coelenteraten- oder wurmähnliche Thiere hält, und in neuester Zeit Greef, der wie Claparède an der Uebereinstimmung des Darmkanals der Infusorien mit dem Gastrovascular-System der Coelenteraten festhält.

Die meisten der namhaftesten Forscher vertraten jedoch die Ansicht, dass die Infusorien im Gegensatz zu den zelligen Thieren eine besondere Abtheilung der Protozoen bilden müssten. Nach dem Vorgange von Siebold haben besonders Kölliker, Claus und M. Schultze auf die einzellige Natur der Infusorien hingewiesen.

Dass Kölliker sich den Ansichten Siebolds anschloss und sie näher begründete, haben wir schon oben erwähnt (Claus<sup>5)</sup> aber war es zuerst, der nachwies, dass alle Differenzirungen, welche sich am Infusorienleibe zeigen, mit einer einzigen Ausnahme (Nucleus), mit dem Begriff der Zelle in Einklang zu bringen sind. Die Sonderung von Schichten (Endo- und Exoplasma) widerspricht durchaus nicht dem Begriff der Zelle, da bekanntlich im Innern einer jeden gewöhnlichen Zelle sich zähere und flüssigere Parteen ausbilden. Dass sich Oeffnungen, welche bei den Infusorien zum Eintritt der Nahrung und zum Austritt der verbrauchten Stoffe dienen, bilden, findet sich auch sonst bei Zellen vor, wie es einerseits die Poren- und Tüpfelkanäle der Pflanzenzellen, andererseits die in einzelligen Hautdrüsen von Insekten ausgeschiedenen Röhren beweisen. Die pulsirenden Vacuolen der Infusorien finden ihr Analogon in den kontraktilen Vacuolen vieler Pflanzenzellen (Volvocineen, Chaetophora). Die Sonderung von stäbchenförmigen Gebilden (Trichocysten, Nesselkapseln) widerstrebt ebenso wenig der Einzelligkeit, wie das Vorkommen von Muskelstreifen; denn die Nesselkapseln sind bei anderen Thieren (Coelenteraten, Turbellarien) auch das Erzeugniss einer Zelle, welche entweder nur eine Trichocyste

<sup>5)</sup> Claus, C. Ueber die Grenzen des thierischen und pflanzlichen Lebens. Leipzig 1869.

oder deren mehrere hervorbringt, und die Muskeln der höheren Thiere sind ja auch Produkte von Zellsubstanz.

In ganz ähnlicher Weise hatte sich fast zu gleicher Zeit M. Schultze<sup>6)</sup> geäußert. Auch die neuere Histiologie hat so zahlreiche Entdeckungen von complicirten Differenzirungen in Thier- und Pflanzenzellen gemacht, dass mit vollem Recht mit Haeckel zugestanden werden muss, dass viele dieser Zellen in ihren mannigfachen Complicationen dem Infusorienorganismus zu vergleichen sind und dass der einzige Unterschied darin liegt: „dass die hohe Differenzirung bei den angeführten, im socialen Zellenverbände des vielzelligen Organismus lebenden Zellen eine einseitige, durch die speciellen physischen Funktionen der betreffenden Gewebe bedingte, ein Produkt der Arbeitheilung ist, die hohe Differenzirung des Ciliatenorganismus hingegen, welcher als isolirte Einsiedlerzelle für alle Bedürfnisse des Lebens zu sorgen hat, ist eine allseitige, für alle Lebensfunktionen ausgedehnte: der Ciliatenorganismus vereinigt in sich viele verschiedene Differenzirungs-Produkte, die wir bei anderen Zellen getrennt wahrnehmen.“<sup>7)</sup>

Nur ein Gebilde des Infusorienkörpers liess sich mit der Definition der Zelle nicht vereinigen, der Nucleus. Siebold hatte ihn zwar einfach als Zellenkern gedeutet, doch konnte diese Annahme mit den Entdeckungen der Folgezeit nicht in Uebereinstimmung gebracht werden. Es schien nämlich, als ob der Nucleus bei der Fortpflanzung eine derartige Rolle spiele, dass schon für ihn allein eine zellige Struktur angenommen werden müsse. Erst als Bütschli im Zusammenhang mit den Theilungen der Zelle die wahren Fortpflanzungsverhältnisse der Infusorien aufklärte, kam auch die wahre Bedeutung des Nucleus zu Tage.

Man hatte sich schon früh der Frage nach der Entstehung der Infusorien zugewendet. Schon Leeuwenhoek hatte Vereinigungen von Infusorien beobachtet und sie als Paarungen ausgelegt, ähnliche Beobachtungen machten Jablot und Baker. Die Fortpflanzung durch Paarung wurde aber später wieder bezweifelt, als Trembley seine Beobachtungen über die Theilung der Stentoren und Vorticellen veröffentlichte. Oft wurde auch für die Entstehung der Infusorien die Urzeugung zu Hilfe genommen. So nahm Turbervill Needham ein fruchtbares Princip in der die Infusorien erzeugenden Flüssigkeit an, während H. A. Wrisberg glaubte, dass Wasser, Luft, Wärme und ein vegeta-

<sup>6)</sup> Schultze, M., Ueber die Gattung Cornuspira unter den Monothalamieen Arch. f. Naturw. 1869 I.

<sup>7)</sup> Haeckel, E., Zur Morphologie der Infusorien. Jenaische Zeitschrift für Medicin und Naturw. Bd. VII.

bilischer oder animalischer Stoff allein genügen, um die Infusorien entstehen zu lassen. Spallanzani nahm Keime und Eier in den Aufgüssen an und meinte, dass je nach den in den Infusionen verwendeten Stoffen verschiedene Arten von Infusorien entständen. Rösel von Rosenhof, Saussure, Ellis, O. Fr. Müller u. A. stellten jedenfalls die Vermehrung der Infusorien durch Theilung sicher. Gleichen und O. Fr. Müller glaubten auch Vereinigungen zweier Thiere gesehen zu haben.

Obleich es für Ehrenberg bei seiner Auffassung von der hohen Organisation der Infusorien viel näher gelegen hätte, eine geschlechtliche Fortpflanzung durch Paarung anzunehmen, so hielt er trotzdem die von ihm gesehenen Conjugationsvorgänge für Längstheilungen, welcher Auffassung Dujardin, Stein u. A. sich anschlossen. Auch Claparède und Lachmann hielten im Allgemeinen an der Fortpflanzung durch Theilung fest, obgleich sie das Vorkommen von Syzygien bei Vorticellinen beobachtet hatten und Stein schon 1849 die Entdeckung der Conjugation von Acineten gemacht hatte. Erst Balbiani betonte in seiner 1858 der Pariser Academie vorgelegten Arbeit mit Nachdruck, dass die angeblichen Längstheilungszustände Conjugationen seien, welche zum Zwecke gegenseitiger Begattung vorgenommen würden. Die Anschauung Balbianis konnte anfangs gegenüber den schon so lange herrschenden Ansichten nicht durchdringen. So hielt denn auch Stein<sup>8)</sup> an seiner früheren Auffassung fest, wollte aber gewissermassen eine Vereinigung beider Ansichten herbeiführen, indem er meinte, dass während der Längstheilung die Geschlechtsprodukte der Infusorien sich entwickelten. Die weiteren Arbeiten Balbianis<sup>9)</sup> und die Untersuchungen Engelmanns<sup>10)</sup> wiesen jedoch mit vollster Sicherheit das allgemeine Vorkommen von Conjugationen bei den Infusorien nach, so dass auch Stein,<sup>11)</sup> bestärkt durch seine eigenen neueren Beobachtungen die Conjugation neben der Vermehrung durch Theilung zugestehen musste.

In Folge der Behauptung Balbianis, dass die Conjugation der Infusorien eine Art Begattung sei, wurden die Untersuchungen auf die Fortpflanzungsverhältnisse mehr und mehr ausgedehnt. Joh. Müller hatte schon 1856 auf spermatozoenähnliche Gebilde im Nucleus von Paramaecium aufmerksam gemacht und ähnliche Beobachtungen theilten Claparède, Lachmann und Lieberkühn mit. Die weiteren eingehenden und umfassenden Untersuchungen förderten Resultate zu Tage, welche

<sup>8)</sup> Stein, Fr., Der Organismus der Infusionsthier. Bd. I. Leipzig 1859.

<sup>9)</sup> Balbiani, G., Recherches sur les phénomènes sexuelles des infusoires. Journ. de l'anat. et de physiol. de l'homme. IV. 1861.

<sup>10)</sup> Engelmann, Th. W., Zur Naturgeschichte der Infusionsthier. Zeitschrift f. wiss. Zool. Bd. XI.

<sup>11)</sup> Stein, Fr., Der Organismus der Infusionsthier. Bd. II. Leipzig 1867.

kaum einen Zweifel an die geschlechtliche Fortpflanzung der Infusorien zuliessen, so dass die von Siebold und Kölliker verfochtene Einzelligkeitslehre stark erschüttert wurde.

Balbiani und Stein vertraten die Ansicht, dass bei der Conjugation eigenthümliche Veränderungen des Nucleus und Nucleoli eintreten, wodurch im Nucleus samenartige Fäden entstehen und der Nucleus eine Vermehrung seiner Substanz erfährt, worauf in Folge der Conjugation Eier oder Keimkugeln entstehen sollten. Balbiani vertrat sogar das Eierlegen der Infusorien; die Copulation sollte einen Austausch der Samenfäden bewerkstelligen, diese die aus dem Nucleus hervorgegangenen Eier befruchten, worauf deren Ablage erfolgen sollte. Stein dagegen meinte, dass die meisten Infusorien „Keimkugeln“ erzeugen, welche sich im Körper des Thieres ausbilden, dann als acinetenartige Schwärmer oder Embryonen das Mutterthier verlassen, und darauf vermittelt Metamorphose allmählich in die ausgebildeten Thiere übergehen.

Balbiani hatte seine ersten Untersuchungen (1858) in Bezug auf die Conjugation an *Paramecium Bursaria* (Pantoffelthierchen) vorgenommen und in Folge dieser seine Lehre von der geschlechtlichen Fortpflanzung aufgestellt. Während der Conjugation erfährt der Nucleolus eigenthümliche Veränderungen, indem er ein feinfaseriges Aussehen erhält und sich stark spiralförmig zusammenkrümmt. Die Zusammenkrümmung geht allmählich wieder in einen fast gerade gestreckten Zustand über. Hierauf sollte sich jeder Nucleolus in 2—4 Stücke theilen, welche sich zusammenziehen und zu ovalen, abgerundeten Samenkapseln werden. Die angeblich in den Samenkapseln enthaltenen Spermatozoen beschreibt Balbiani als sehr zarte Fäden, welche in der Mitte Anschwellungen zeigen und sich oft zu dicken Bündeln zusammenlegen. Die Samenkapseln sollten nun beide Thiere austauschen, womit die Conjugation ihr Ende erreicht. Nach der Conjugation sollte der Nucleus in mehrere Theilstücke zerfallen, die Keime, aus welchen die Embryonen hervorgehen sollten. Durch erneute Untersuchungen an anderen Infusorien bewogen, gab jedoch Balbiani die Ansicht von der Embryonenbildung auf und erklärte die Theilstücke für Eier, welche durch die Samenfäden der Kapseln befruchtet und dann nach Aussen abgelegt würden. Ein Theil der Nucleusbruchstücke sollte darauf wieder zu einem neuen Nucleus verschmelzen, während der Nucleolus des Mutterthieres sich vollständig neubildet.

Stein hielt ebenfalls den Nucleus für das weibliche, den Nucleolus für das männliche Geschlechtsorgan, nur bestritt er die Eibildung und Ablage und vertheidigte die Fortpflanzung durch Embryonen. Er behauptete, dass bei *Bursaria truncatella* 4 oder 5 helle Keimkugeln sich

in Embryonen umwandeln, welche sich darauf so vermehrten, dass sie schliesslich das ganze Plasma der Mutterthiere ausfüllten. Bei *Stylonychia Mytilus* sollten nach erfolgter Conjugation die Nucleusbruchstücke sich zu einem lichten Körper, der Placenta vereinigen. Aus der Placenta sollten mehrere Keimkugeln hervorgehen, welche sich später zu Embryonalkugeln entwickeln. Am eingehendsten hatte Stein die Fortpflanzungsverhältnisse der Vorticellinen beobachtet. Die Resultate riefen seine Acinetentheorie hervor und schienen die Lehre von der Embryonenbildung vollständig zu bestätigen.

Die Auffassung der geschlechtlichen Fortpflanzung Balbianis und Steins musste natürlich die Lehre Siebolds von der Einzelligkeit der Infusorien stark erschüttern, denn Nucleus und Nucleolus waren jetzt als Ovarien und Hoden, also als Organe, welche aus sich Zellen zu erzeugen im Stande sind, erwiesen. Wenn auch alle anderen Differenzirungen mit dem Wesen der Zelle übereinstimmen, so konnte doch Nucleus und Nucleolus ohne Modificirung des Zellbegriffes nicht mit der Siebold'schen Lehre in Einklang gebracht werden. Diejenigen Forscher, welche aus theoretischen Gründen an der Einzelligkeit der Infusorien festhalten wollten, schlugen, um den Widerspruch zu lösen, verschiedene Wege ein. Einerseits wurde, wie Kölliker und Auerbach es thaten, der Begriff der Zelle in der Weise erweitert, dass man annahm, dass in gewissen Fällen auch der Zellkern im Stande sei, vollständige Zellen hervorzubringen. Andererseits wurde die Embryonenbildung aus dem Nucleus einfach in Zweifel gezogen, welchen Weg Haeckel, Claus und Bütschli einschlugen.

Kölliker<sup>12)</sup> that den Ausspruch, dass der Kern der Infusorienzelle die merkwürdige Eigenschaft besitze, als weibliche Geschlechtszelle fungiren zu können, indem aus demselben Zellenkörper, nämlich Eier hervorgingen. Kölliker hielt also den Infusorienkörper wohl für einzellig und den Nucleus für den Zellkern, liess aber dabei doch auch diesen Zellkern zuweilen als vollständige Zelle fungiren, ein Widerspruch und eine Auffassung, welche den Zellbegriff eher auflösen als erweitern heisst.

Nachdem 1873 Bütschli<sup>13)</sup> schon auf die Unwahrscheinlichkeit, der geschlechtlichen Fortpflanzung bei den Infusorien hingewiesen hatte, zogen auch Haeckel und Claus die Deutungen Balbianis und Steins in Zweifel.

Haeckel, welcher in seiner Monographie der Radiolarien die Vielzelligkeit der Infusorien vertrat und später in seiner generellen Morpho-

<sup>12)</sup> Kölliker, A., *Icones histiologicae*. I. Abth. Der feinere Bau der Protozoen. Leipzig 1864.

<sup>13)</sup> Bütschli, O., Einiges über Infusorien. *Arch. f. mikrosk. Anatomie* Bd. IX.

logie aus ihnen den Stamm der Gliederthiere hervorgehen liess, wurde in den letzten Jahren einer der eifrigsten Anhänger der Einzelligkeitslehre. Er <sup>14)</sup> schliesst die geschlechtliche Fortpflanzung bei den Infusorien ganz aus und deutet jene Fälle, bei welchen nach Stein und Balbiani aus den Theilstücken des Nucleus Keimkugeln und Eier entstehen, für Sporenbildung. Er hält es nämlich für wahrscheinlich, dass jedes Theilstück des Nucleus mit einem entsprechenden Stück des Protoplasmas des Mutterthieres sich umgebe und zu einer selbständigen Zelle sich umwandle. Im weiteren Verlauf schliesst sich Haeckel an Stein an, indem er aus den Embryonalkugeln durch Theilung und Sprossung die Embryonen entwickeln lässt. Diese Embryonen hält Haeckel für entschieden einzellig und zieht, da aus ihnen ohne Theilung oder Furchung die ausgebildeten Infusorien hervorgehen, den Schluss, dass auch die erwachsenen Infusorien den Formwerth der Embryonen besitzen müssten und demnach einzellig sind. So einleuchtend dieser Beweis für die Einzelligkeit der Infusorien zu sein scheint, so zeigen sich doch zwei gewichtige Einwände. Erstens hatte Haeckel selbst zu wenig Untersuchungen gemacht, um die mit so grosser Uebereinstimmung vieler Autoren behauptete geschlechtliche Entstehung der Keimkugeln einfach ableugnen zu können; andererseits hatte er übersehen, dass die Schwärmsprösslinge oder Embryonen sehr zweifelhafter Natur sind, indem durchaus nicht festgestellt war, dass dieselben in den Fortpflanzungskreis der Infusorien gehören. Ja die meisten Autoren waren sogar der Meinung, dass jene acinetenartigen Schwärmer Parasiten von der Gattung Sphärophrya aus der Abtheilung der Acineten seien, eine Ansicht, welche sehr an Wahrscheinlichkeit gewann, da Stein in keinem einzigen Falle die Fortbildung seiner Embryonen zu den ausgebildeten Infusorien nachweisen konnte.

In gleicher Weise wie Haeckel, ging auch Claus <sup>15)</sup> zur Beurtheilung des Infusorienorganismus von der Entwicklungsgeschichte aus. Obgleich die acinetenartigen Sprösslinge auch von ihm für parasitische Acineten angesehen wurden, so hielt er es doch für zweckmässig von dem Ei, Embryo oder schwärmenden Sprössling auszugehen und nennt mit Stein die Infusorien in Bezug auf ihren Ursprung entschieden einzellige Thiere. Der Kern der Jugendzustände soll aber nach ihm nicht völlig dem Nucleus der ausgebildeten Infusorien entsprechen, da letzterer zur Fortpflanzung dient und daher selbst den Werth einer Tochterzelle beanspruche. Er bezeichnet den Nucleus als eine endo-

<sup>14)</sup> Haeckel, E., Zur Morphologie der Infusorien. Jenaische Zeitschrift f. Medicin und Naturwissenschaft. Bd. VII.

<sup>15)</sup> Claus, C., Bemerkungen zu der Lehre von der Einzelligkeit der Infusorien. Verhdlg. d. k. k. zool.-botan. Gesellschaft zu Wien. 1874.



gen erzeugte Zelle und vergleicht ihn mit dem Ei im Embryosack der Phanerogamen. Nach dieser Auffassung muss der nicht sehr wahrscheinliche Schluss gezogen werden, dass im Laufe der Entwicklung der echte Zellkern sich allmählich in eine Tochterzelle umbilde, so dass also das ausgebildete Infusor überhaupt keinen Zellkern besitzt.

Gelöst hatten weder Haeckel noch Claus die Frage nach der Bedeutung des Nucleus; sie hatten nur eine wohlberechtigte Kritik geübt, indem sie auf die Unwahrscheinlichkeit der früheren Auffassungen hinwiesen. Neue Untersuchungen und Beobachtungen mussten erst zu Grunde gelegt werden, um die wichtige Frage über die Bedeutung des Nucleus und damit auch über den morphologischen Werth des Infusorienorganismus überhaupt mit Sicherheit beantworten zu können. Das grosse Verdienst durch neu aufgenommene, mit äusserster Sorgfalt durchgeführte Untersuchungen die Ansichten Balbianis und Steins als irrthümlich nachgewiesen und die wahre Bedeutung der fraglichen Verhältnisse festgestellt zu haben, hat sich Bütschli erworben, der damit dem so lange bestandenen Streit über den Formenwerth der Infusorien endgiltig entschied.

Bütschli<sup>16)</sup> richtete naturgemäss seine Untersuchungen hauptsächlich auf die Struktur und Veränderungen derjenigen Körper, welche während der Theilung und Conjugation eine Rolle spielen. Einerseits suchte er die Bedeutung des von Ehrenberg als männliche Geschlechtsdrüse, von Siebold als Zellenkern, von Balbiani als Ovarium und von Stein als Keimbildungsorgan gedeuteten Nucleus, andererseits die Bedeutung der sowohl von Balbiani als von Stein für männliche Geschlechtszellen angesehenen Nucleoli festzustellen.

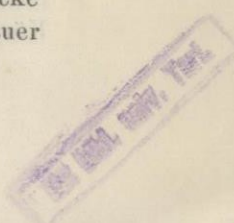
Der Nucleus ist ein Protoplasmakörper, der von einer dünnen zarten Membran umschlossen wird und sich von dem übrigen Protoplasma des Infusors durch grössere Dichte auszeichnet. Die Membran scheint meistens dem eigentlichen Protoplasmakörper dicht anzuliegen, unter gewissen Bedingungen aber zeigt es sich, dass die Membran durch einen sehr schmalen hellen Hof, höchst wahrscheinlich Flüssigkeit, von dem Protoplasmakörper getrennt ist. Der letztere ist eine gleichmässig fein granulirte Masse, zeigt aber oft auch mannigfache Differenzirungen im Innern. Es entstehen zuweilen helle oder dunkle Körperchen, die in die Mitte des Nucleus rücken und hier sich zusammenhäufen oder zu einem einzigen grossen dunkeln Körper verschmelzen.

<sup>16)</sup> Bütschli, O., Vorläufige Mittheilung einiger Resultate von Studien über die Conjugation der Infusorien und die Zelltheilung. Zeitschr. f. wissensch. Zool. XXV. und Bütschli, O., Studien über die ersten Entwicklungsvorgänge der Eizelle, die Zelltheilung und die Conjugation der Infusorien. In der Abhdlg. d. Senkenbergischen naturforschenden Gesellschaft. X. 1876.

Diese Nucleuseinschlüsse zeigen gewöhnlich selbst wieder Differenzirungen, indem sich in den dunkeln, kleinen Körperchen oft eine Vacuole bildet, welche Balbiani als Keimbläschen in der für Dotter gehaltenen Nucleussubstanz auffasste. Zuweilen kann auch an den Nucleuseinschlüssen eine Hülle, die von dem centralen Theil durch Flüssigkeit getrennt ist, unterschieden werden. Will sich ein Infusionsthierchen, welches zwei oder mehrere Nuclei enthält, die meist durch einen Verbindungsstrang verbunden sind, zur Theilung bereit machen, so verschmelzen gewöhnlich die Nuclei zu einem einzigen Körper. Der so entstandene einfache Nucleus nimmt bald eine sehr deutliche feinfasrige Struktur an, welche sich so lange erhält, bis die Theilung desselben in die Nuclei der beiden zukünftigen Thiere vollzogen ist. Nach beendigter Theilung verschwindet diese Struktur und die Nuclei besitzen wieder ihr gewöhnliches Aussehen. Auch der Nucleus eines einkernigen Thieres nimmt während der Theilung eine längsgestreifte Struktur an. Diese ganz allgemein vorkommenden Veränderungen des Nucleus während der Theilung sind deswegen so interessant, weil ähnliche Faserbildungen auch die Kerne echter Zellen bei der Theilung aufweisen.

Die Nucleoli sind bis jetzt, wahrscheinlich wegen ihrer Kleinheit und wegen des Mangels an besonderen Kennzeichen, noch nicht bei allen Infusorien gefunden worden. Sie liegen meist dem Nucleus dicht an oder sind sogar ein wenig in denselben eingesenkt. Auch die Nucleoli besitzen eine feine homogene Membran, welche durch einen Flüssigkeitshof von der eigentlichen dichten, granulirten oder längstreifigen Nucleolusmasse geschieden ist, welche nur an einer Stelle der Membran angeheftet ist. Bei der Quertheilung der Infusorien vergrößert sich zuerst ein jeder Nucleolus, nimmt ein streifiges Aussehen an und zerfällt in zwei Nucleoli, welche sich allmählich von einander trennen. Nach völliger Trennung erhalten die Nucleoli wieder das gewöhnliche Aussehen. Die streifig-fasrige Struktur tritt aber auch bei der Conjugation auf, wo Balbiani sie für den Beginn der Bildung von Samenkapseln erklärte, während er in Verlegenheit gerieth, die Faserbildung bei der Quertheilung zu deuten, weshalb er sie kurz auf Faltungen der Nucleolusmembran zurückführen wollte. Auch die Theilungsvorgänge der Nucleoli schliessen sich denen der echten Zellkerne vollständig an.

Bei der Beobachtung über die Conjugationserscheinungen ging Bütschli mit äusserster Sorgfalt vor. Er suchte den ganzen Verlauf der Conjugation in der Weise kennen zu lernen, dass er ein jedes Stadium aus dem vorhergehenden herleiten konnte, zu welchem Zwecke er oft conjugirte Paare isoliren und mit bewundernswerther Ausdauer



beobachten musste. Am besten treten die wichtigen Resultate, zu denen Bütschli kommt, durch die Untersuchungen an den Paramaecien zu Tage, weshalb dieselben hier kurz wiedergegeben werden sollen.

Der Nucleolus der Paramaecien zeigt zwei Abschnitte, den eigentlichen dunkeln Nucleoluskörper und einen kleinen halben Abschnitt, durch welchen ersterer an die Membran geheftet ist. Die erste Veränderung beim Eintritt der Conjugation zweier Thiere ist nun die, dass der helle Abschnitt sich vergrößert und in zarte Fasern übergeht, so dass der dunkle Nucleoluskörper durch ein Bündel zarter Fasern an der Membran befestigt ist. Der Nucleolus krümmt sich nun spiralgförmig zusammen, die Fasern verlängern sich und die Enden des Nucleolus spitzen sich zu. Dann aber zieht sich der Nucleolus zusammen und nimmt wieder die frühere ovale Gestalt an. Jetzt erscheinen auch am andern Ende helle Fasern, so dass die dunkle Faserzone nach beiden Seiten in helle Fasern ausläuft und das ganze Fasergebilde Spindelform besitzt. Der Theilungsprocess beginnt nun damit, dass die Mittelzone der dunkeln Fasern sich im Aequator des Faserkörpers theilt und die beiden Hälften, durch helle Fasern noch verbunden, auseinanderrücken. Der ovale Nucleolus beginnt sich zu strecken und die Enden setzen sich kuglig gegen den Verbindungsstrang der hellen Fasern ab. Letzterer verschmälert sich mehr und mehr und reißt schliesslich in der Mitte durch, womit die Theilung vollendet ist und jeder neugebildete Körper wieder die gewöhnliche Form der Nucleoli erhält. Jede weitere Theilung geschieht ganz in derselben Weise. Auch der Nucleus erfährt während der Conjugation bedeutende Veränderungen. Anfangs oval wächst er, indem er eine langfasrige Struktur annimmt, zu einem langgestreckten Bande aus, welches sich entweder einfach verzweigt oder in mäandrische Windungen zusammenlegt. Im ersteren Fall zerfällt der verzweigte Nucleus noch während der Conjugation in zahlreiche Stücke, im zweiten Fall legen sich die Windungen erst nach der Trennung der Thiere aus einander und zerfallen hierauf auch in eine Anzahl von Bruchstücken. Ist die Trennung der conjugirten Thiere erfolgt, so besitzt jedes Thier einen in zahlreiche Bruchstücke zerfallenen Nucleus und 4, meist aber 8 Nucleoli. Die 8 Nucleoli runden sich jetzt ab, verlieren allmählich ihre streifige Struktur und nehmen ein feinkörniges dunkles Aussehen an. 4 der Nucleoli bleiben meist noch längere Zeit hindurch streifig, weshalb sie Balbiani als aus den Nucleusbruchstücken hervorgegangene Eier ansah, während er die 4 anderen als vergehende Samenkapseln deutete. Am zweiten Tage nach der Conjugation wachsen 4 Nucleoli zu grossen, sehr lichten Kugeln (Balbiani's Eier, Steins Keimkugeln) aus. Neben diesen 4 hellen Körpern finden sich meist noch die 4 anderen, in Rückbildung begriffe-

nen Nucleoli, welche bald völlig verschwinden, indem sie wahrscheinlich ausgeworfen werden. Im weiteren Verlauf werden 2 der lichten Körper längsstreifig und spindelförmig und beginnen Theilungen einzugehen, so dass man nach einiger Zeit Thiere finden kann, welche 2 lichte Körper und eine Anzahl neugebildeter Nucleoli enthalten. Die Thiere, welche sich in diesem Stadium befinden, beginnen sich durch Quertheilung fortzupflanzen und zwar in der Weise, dass jeder der Theilungsprösslinge einen lichten Körper, welcher bald das Aussehen eines gewöhnlichen Nucleus erhält, ungefähr die Hälfte der Nucleusbruchstücke, einige neugebildete Nucleoli und zwei rückgebildete Nucleoli erhält. Die Nucleusbruchstücke verringern sich an Zahl mehr und mehr, indem sie wahrscheinlich allmählich mit dem hellen Körper, der zum neuen Nucleus geworden ist, verschmelzen. Solche Thiere pflanzen sich längere Zeit hindurch durch Theilung fort, bis wieder Conjugationsvorgänge auftreten.

Die Erscheinungen in Bezug auf Nucleus und Nucleolus während und nach der Conjugation sind bei allen anderen Infusorien der Hauptsache nach ganz dieselben wie bei den Paramaecien. Aus allen Resultaten, welche Bütschli's Untersuchungen ergaben, geht unzweifelhaft hervor, dass die Angaben der früheren Autoren irrthümlich oder durch falsche Deutungen entstellte sind und dass die Conjugation der Infusorien nicht mit der geschlechtlichen Fortpflanzung im engeren Sinne zu thun hat. Von einer Entwicklung von Embryonalkugeln oder einer Eibildung kann nicht mehr die Rede sein, um so mehr, da weder Stein die Entwicklung seiner Embryonen zu den vollkommenen Infusorien gesehen hatte, noch Balbiani nachweisen konnte, was aus den Eiern würde. Bütschli bestätigte auch die Behauptungen anderer Forscher, dass die zuweilen vorkommenden Schwärmer parasitirende Nachkommen von Acineten sind, welche sich wirklich durch Schwärmer fortpflanzen. Damit fiel auch die Acinetentheorie Steins.

Bütschli hat auch zuerst aufmerksam gemacht auf die Aehnlichkeit, welche zwischen den Conjugationsvorgängen der Infusorien und den Vorgängen bei der gewöhnlichen Zelltheilung besteht. Schon früher hatte er darauf hingewiesen, dass die Nucleoli ganz ähnliche Veränderungen, wie bei der Conjugation, auch bei der Theilung der Infusorien erfahren und dass daher von einer Entwicklung von Spermatozoen in den Nucleoli nicht die Rede sein könne. Völlige Klarheit konnte jedoch in dieser Beziehung erst dann eintreten, als die merkwürdigen Umbildungen, welche echte Zellkerne bei der Theilung eingehen, bekannt wurden. Erst Bütschli's spätere Untersuchungen konnten denn auch die grosse Uebereinstimmung nachweisen, welche zwischen den in Theilung begriffenen Kernspindeln echter Zellen und den

aus den Nucleoli hervorgehenden, sogenannten Samenkapseln, sowie dem eigentlichen Theilungsvorgang der Kernspindel und Samenkapsel besteht.

Danach wäre die Identität der Nucleoli mit echten Zellkernen mehr als wahrscheinlich gemacht, weshalb Bütschli den Nucleolus primären Kern, den früheren Nucleus dagegen secundären Kern zu nennen vorschlägt. Nach Bütschlis Untersuchungen an den Paramaecien bildet sich der neue Nucleus der Infusorien durch Auswachsen aus dem Nucleolus, welcher als echter Zellkern aufgefasst werden muss, aus welchem Grunde er also gleichfalls ein echter Zellkern ist.

Zu welcher Auffassung über den morphologischen Werth des Infusorienorganismus kommt also Bütschli nach allen seinen Untersuchungen? Nach Haeckel müsste er die Infusorien für mehrzellige Thiere erklären, da nach ihm ein Protoplastmakörper mit mehreren Kernen ebensovielen Zellen entspricht und die Infusorien zahlreiche Nucleoli und einen Nucleus besitzen. Bütschli macht jedoch darauf aufmerksam, dass gar kein Grund vorhanden sei, die Individualität der Zelle durch ihren Kern zu bestimmen, da einerseits die vielkernigen Infusorien sich bei der Theilung in vollkommen gleicher Weise verhalten, wie einkernige echte Zellen, und da andererseits die ersten Forschungskugeln der Eier mancher Thiere auch mehrkernig sind und später durch Verschmelzung dieser Kerne wieder „einzellig“ werden. Er kommt daher zum Schluss: „dass nicht die Kerne die Individualität der Zelle bestimmen, sondern diese, worin auch der Begriff der Individualität eigentlich besteht, durch die gesammte Lebensthätigkeit derselben, als gegen die Umgebung ganz oder relativ abgeschlossene Einheit bezeichnet wird. Fügen wir dieser Bestimmung noch die hinzu, dass die lebendige Bildungsmasse der Zelle ein ursprünglich gleichmässiger Stoff ist, der zwar Differenzirungen, jedoch nicht Individualitäten zweiter Ordnung in sich enthalten darf, so haben wir ungefähr Alles, was wir zur Bestimmung des Begriffes der Zelle vorbringen können, um demselben einen, den natürlichen Verhältnissen entsprechenden Ausdruck zu verleihen.“ Nach dieser Definition der Zelle wären die Infusorien zwar mehrkernige, aber einzellige Thiere. Interessant ist, dass Bütschlis Untersuchungen zu einer neuen Modification des Zellbegriffes geführt haben, wonach kernlose, ein- und mehrkernige Zellen nur verschiedene Differenzirungsproducte der Zelle überhaupt sind.

Bütschli hat durch seine Untersuchungen den Beweis geführt, dass die Conjugation der Infusorien nicht auf geschlechtliche Fortpflanzung zu beziehen sei und dass die Vermehrung der Infusorien nur mittelst Theilung und Knospenbildung vor sich geht. Nun könnte

man aber fragen, welche Bedeutung die Conjugation dann für den Lebensprocess der Infusorien habe? Er antwortet auf diese Frage kurz mit folgenden Worten: „Die Bedeutung des Conjugationsaktes ist eine Verjüngung der ihn begehenden Thiere.“ Diese Auffassung wird äusserlich schon dadurch bestätigt, dass nach Stein und Engelmänn während der Conjugation ein grosser Theil des Wimpersystems zu Grunde geht und nach derselben sich wieder neubildet. Auch andere Neubildungen treten auf, wie z. B. die Neubildung des Mundes. Bütschli hat aber auch Verjüngungen innerer Theile nachgewiesen. So verjüngt sich der Nucleus, indem er in Stücke zerfällt und mit dem aus einem Nucleolus hervorgegangenen neugebildeten Nucleus zu einem einzigen verschmilzt. Auch das eigentliche Plasma des Thieres scheint eine Verjüngung zu erfahren, da in Folge der Conjugation eine sehr reichliche Bildung feiner dunkler Körnchen eintritt. Diese Verjüngung muss natürlich einen sehr günstigen Einfluss auf die folgenden Generationen ausüben. So sehen wir denn auch, dass nach erfolgter Conjugation stets eine sehr ergiebige Fortpflanzung durch Theilung eintritt, welche so lange währt, bis die Lebensenergie nachlässt und die Thiere an Grösse ein bestimmtes Minimum erreicht haben, worauf eine neue Conjugationsepoche mit dem Zweck der Verjüngung eintritt.

Die eigenthümliche Conjugation der Infusorien ist, wie Bütschli hinweist, nicht ohne Analogon in den Conjugationserscheinungen der übrigen Organismenwelt, besonders der niederen Pflanzen. Die Conjugations- und Copulationserscheinungen der Diatomeen zeigen in überraschender Weise einen Anschluss an die betreffenden Vorgänge bei den Infusorien. Durch die Conjugation der Diatomeen wird eine sogenannte Auxospore gebildet, welche von ihrer alten Schale befreit ist und eine neue, viel grössere Schale erhält. Die Auxospore pflanzt sich nun durch Theilung fort und giebt dadurch einer sich weiter durch Theilung fortpflanzenden Generation den Ursprung, deren Individuen aber kleiner und kleiner werden, bis sie wieder eine Verjüngungsperiode mit Auxosporenbildung durchmachen müssen, um im Stande zu sein, die Fortpflanzung durch Theilung wieder aufzunehmen.

Die Auxosporen bilden sich hauptsächlich auf dreierlei Weise. Erstens in der Art, dass es gar nicht zu einer Verbindung zweier Individuen kommt, sondern sich eine Mutterzelle ohne Copulation zu einer Auxospore verjüngt. Zweitens dadurch, dass eine völlige Verschmelzung zweier Individuen eintritt und so eine Auxospore gebildet wird. Drittens endlich in solcher Weise, dass eine theilweise Vereinigung oder auch nur Berührung zweier Individuen eintritt, welche in Folge blosser Stoffaustausches zu zwei Auxosporen sich verjüngen. Letzterer Fall ist es hauptsächlich, der eine auffallende

Uebereinstimmung mit dem Conjugationsprocess der Infusorien bietet. Bei beiden, sowohl den Diatomeen als auch den Infusorien, sind es gerade kleine Individuen, welche die Conjugation eingehen, bei beiden bewirkt dieselbe eine Verjüngung und bei beiden giebt das verjüngte Individuum einer Generation den Ursprung, welche sich durch erhöhte Fortpflanzungsthätigkeit durch Theilung auszeichnet. Die sich theilenden Individuen sinken bei beiden schliesslich auf eine Minimalgrösse herab, worauf zum Zwecke der Verjüngung wieder eine Conjugationsepoche folgt.

In der Botanik hat man schon seit langer Zeit die einfache Copulation zweier gleicher Individuen als den Ursprung oder die niedrigste Stufe der Befruchtung, der Verschmelzung zweier ungleicher Individuen (Oospore und Spermatozoid) aufgefasst, während in der Thierwelt diese beiden Prozesse als zwei wesentlich verschiedene angesehen wurden. Jetzt aber, wo Bütschli die Fortpflanzungsverhältnisse der Infusorien völlig klar gelegt hat, können auch die Conjugationserscheinungen und Befruchtungsprocesse in näheren Zusammenhang gebracht werden. Die Befruchtung der Thiere besteht bekanntlich in der Verschmelzung von Spermatozoen und Eizelle, während die gewöhnliche Conjugation der Infusorien meist nicht bis zu einer völligen Vereinigung geht. Doch ist auch ein Fall bei den Infusorien bekannt, wo zwei Individuen völlig mit einander verschmelzen, nämlich bei den Vorticellinen, bei welchen ein aus mehrfacher Theilung hervorgegangenes kleines Individuum, welches als der männliche Theil aufgefasst werden könnte, mit einem grösseren, als weibliches auffassbaren Individuum eine völlige Verschmelzung eingeht. Da nun Bütschli aber gezeigt hat, dass die Conjugation der Vorticellen im Wesentlichen sich nicht von jener der übrigen Infusorien unterscheidet, so ist es auch erlaubt bei letzteren anzunehmen, dass während der Conjugation ein jedes Individuum gegenüber dem anderen als männliches und ebenso umgekehrt als weibliches fungirt (Haeckels hermoprodische Plastiden). Ist es also gestattet den Conjugationsvorgang mit dem Befruchtungsakt zu vergleichen, so müssen sich auch die aus diesen Processen hervorgehenden Produkte, nämlich das verjüngte Infusor einerseits und die befruchtete Eizelle andererseits, in nähere Vergleichung bringen lassen. Wir sehen denn auch, dass beide Produkte eine starke Vermehrung durch Theilung eingehen, nur dass die Eizelle vermittelt der Theilung einen vielzelligen Organismus aufbaut, während das verjüngte Infusor der Stammvater einer ganzen Reihe von selbständigen Individuen wird. Es würde demnach der vielzellige höhere Organismus, welcher aus der Eizelle durch Theilung hervorging und selbst wieder Eier producirt, der Summe aller Einzelindividuen der durch Theilung sich fort-

pflanzenden Infusorien entsprechen. Dadurch wäre denn auch für das Thierreich der Weg angebahnt, die Conjugation der einzelligen Organismen mit dem Befruchtungsakte der höheren Thiere zu vergleichen und die erstere als den Ursprung der letzteren und als die Ursache der ersten Ausbildung der Geschlechtsverhältnisse aufzufassen.

**W. Napiersky.**

---