

Über Kerntheilungsvorgänge bei einigen Protozoen.

Von

Dr. August Gruber,

Docenten der Zoologie in Freiburg i. B.

Mit Tafel XIX.

Unter den Protozoen zeichnen sich bekanntlich sehr viele durch den Besitz mehr oder weniger zahlreicher Kerne aus, die entsprechend dem Wachsthum des Thieres auch an Menge zunehmen sollen. Solche Formen finden wir unter den Rhizopoden (z. B. manche Amöben und Thalamophoren), Heliozoen (Actinosphaerium), Radiolarien und Infusorien (Opalina, Loxodes rostrum und eine noch unbestimmte Oxytrichine, die ich im hiesigen Seewasseraquarium gefunden ¹).

Was die Art und Weise betrifft, in welcher sich bei diesen vielkernigen Thieren die Kerne vermehren, wie sie entstehen, ob durch einfache, sich fortsetzende Theilung eines primären Nucleus oder etwa durch freie Kernbildung, ist bisher noch nicht sicher gestellt gewesen.

Die Einschnürung mit nachherigem Zerfall in zwei Hälften ist, so viel ich weiß, einzig und allein von ZELLER ² bei Opalina beschrieben worden; bei Rhizopoden und Heliozoen ist von Theilungserscheinungen bei den betreffenden Arten gar nichts bekannt. So sagt BÜTSCHLI in BRONN'S »Klassen und Ordnungen« ³ pag. 284: »Obgleich in dem an Kernen so reichen Actinosphaerium, von dem es erwiesen ist, dass die Zahl seiner Kerne, vom einkernigen Zustand ausgehend, mit zunehmender Größe sich successive vermehrt, ein sehr geeignetes Objekt für das Studium der Kernvermehrung vorzuliegen scheint, ist es bis jetzt bei dieser Form doch nicht geglückt, den Process der Kernvermehrung zu erforschen.«

¹ Ich werde demnächst Gelegenheit haben, noch eine Reihe vielkerniger Infusorien zu beschreiben.

² Untersuchungen über die Fortpflanzung und Entwicklung der in unseren Bachtrichern schmarotzenden Opalinen. Diese Zeitschr. Bd. XXIX.

³ BRONN, Klassen und Ordn. des Tierreichs. Protozoa (BÜTSCHLI). Leipzig.

Ich bin nach längeren Untersuchungen auf diesem Gebiete in der Lage, einige Beiträge zur Erläuterung dieser Verhältnisse zu liefern.

Als Untersuchungsobjekte haben mir vornehmlich gedient: eine große Amöbe, die ich nach den schönen Abbildungen und der Beschreibung LEIDY'S¹ als *Amoeba proteus* bezeichnen muss, dem Synonym von *A. princeps*, und zweitens das *Actinosphaerium Eichhornii*. Ich werde zunächst mit den Beobachtungen beginnen, welche ich an *Actinosphaerium* angestellt, und zwar will ich hier, wie nachher bei *Amoeba proteus*, zuerst die Verhältnisse nur so beschreiben, wie sie sich nach der Präparation darstellten, und erst am Schluss jeden Abschnittes etwaige Folgerungen besprechen.

Zuletzt habe ich noch über eigenthümliche Vorgänge am Kern einer kleinen, nicht näher bestimmten Amöbenart zu berichten, welche sich wahrscheinlich auf eine Kerntheilung zurückführen lassen.

Die zu den Untersuchungen verwandten Rhizopoden und Heliozoen stammen alle aus einem größeren Aquarium, das auf dem hiesigen zoologischen Institut sich befindet, und in welches von Zeit zu Zeit Wasser mit Thieren und Pflanzen aus der Umgegend geschüttet wird.

Was die Untersuchungsmethoden betrifft, so waren es dieselben, die ich schon in meiner letzten Arbeit² besprochen und die darauf beruhen, die Objekte unter dem Deckglas rasch zu tödten, zu färben und zu konserviren.

Für die Actinosphären eignete sich am besten die Chromsäure in etwa zweiprocentiger Lösung; Alcohol absolutus kann beim Tödten nicht angewandt werden, denn bei dessen Zutritt entsteht ein Strudel in dem innerhalb des Actinosphaeriums befindlichen Wasser, so dass die Protoplasmamaschen zerreißen und das Ganze zerfließt. Dagegen eignet sich der absolute Alkohol um so besser, um die Amöben plötzlich erstarrten zu machen. Sie erhalten sich gewöhnlich aufs schönste mit den Pseudopodien und färben sich nachher vorzüglich. Zur Tinktion verwandte ich die WEIGERT'SCHE Pikrokarmilösung. Es empfiehlt sich, die Präparate mit schwachem Alkohol auszuwaschen und nicht mit Wasser, da letzteres wieder eine Quellung verursacht. Nachher wird selbstverständlich absoluter Alkohol, dann Nelkenöl und schließlich Kanadabalsam unter das Deckglas gebracht.

¹ LEIDY, Freshwater Rhizopods of North-America. Un. St. geologic. survey of the Territories. Vol. XII. 1879. (Washington.)

² Diese Zeitschr. Bd. XXXVIII.

Beobachtungen an *Actinosphaerium Eichhornii*.

Mehrere Wochen hindurch untersuchte ich große und kleine Exemplare von *Actinosphaerium Eichhornii*, um über die Kernvermehrung ins Klare zu kommen. Aber es ging mir Anfangs wie allen anderen Beobachtern dieses Heliozoons — keine Andeutung von Kerntheilung wollte sich zeigen, obgleich mir gewiss weit über tausend Kerne vorlagen. Alle zeigten den gleichen Bau, eine deutliche Kernhülle, ein im Leben stark lichtbrechendes, im Präparat körnig erscheinendes Kernplasma, in welchem Kernkörperchen in wechselnder Zahl eingeschlossen lagen. Letztere waren nicht nur am gefärbten Präparat, sondern auch am lebenden Nucleus ganz deutlich zu sehen (Fig. 6).

Nachdem ich so lange vergeblich nach Theilungsstadien gesucht, neigte ich eher zu der Ansicht, die Kerne des *Actinosphaerium* möchten frei entstehen; denn erstens stand, meiner Meinung nach, theoretisch einer solchen Annahme nichts im Wege, indem doch irgend wo unter den Protozoen freie Kernbildung einmal stattgefunden hat, also auch noch stattfinden kann, und zweitens lagen mir drei Präparate vor, die in diesem Sinne gedeutet werden konnten: Eines davon habe ich in Fig. 2 wiedergegeben und zwar habe ich der Einfachheit halber nur einen Theil des Heliozoons gezeichnet und an diesem die Protoplasmamaschen nur angedeutet. Dagegen sind die Kerne genau nach der Natur eingetragen, und man bemerkt neben einer Anzahl ziemlich blasser, aber sonst normaler Kerne kleinere Körper, welche sich in derselben Intensität gefärbt haben wie die Nucleoli und welche von einer deutlichen Membran durch einen gar nicht oder kaum gefärbten Hof getrennt sind (vgl. auch Fig. 5 a).

Diese Körper sehen ganz aus wie die Kerne von *Actinosphaerium* mit nur einem Nucleolus, die von verschiedenen Forschern beschrieben und abgebildet worden sind, die ich selbst aber sonst nicht gefunden habe. Da nun die fraglichen Körperchen viel kleiner sind als die normalen Kerne, so lag die Vermuthung nahe, es möchten dieselben auf andere Weise als durch Theilung gewöhnlicher Nuclei entstanden sein — vielleicht frei im Protoplasma des Heliozoons. Entscheiden konnte ich die Frage aber nicht, denn ich fand keine weiteren, noch früheren Wachstumsstadien.

Wohl aber gab mir ein anderes Präparat die volle Sicherheit, dass jene Körper wirklich Kerne seien und dass aus ihnen die multinucleolären hervorgingen, denn neben Formen, wie wir sie eben auf Fig. 2 gesehen, finden sich hier andere, wo der gefärbte Theil größer geworden und fast den ganzen von der Membran umschlossenen Raum erfüllt und

von da alle Übergänge zum fertigen Kerne. Ein Theil dieses Actinosphaeriums ist auf Fig. 3 dargestellt, und auch hier sind die Kerne genau mit der Camera lucida nach dem Kanadapräparat entworfen. Ein junger Kern mit ganz homogenem Körper ist auf dem gewählten Stück nicht vorhanden, doch waren anders wo deren mehrere zu finden, und ich habe einen davon bei stärkerer Vergrößerung auf der Fig. 5 abgebildet. Hier finden sich auch die vorhin genannten Übergänge deutlicher dargestellt. Man sieht in Fig. 5 *b* wie die helle Zone um den gefärbten Theil des Kerns nur noch ganz schmal ist und wie in letzterem allerlei Körnchen sich gebildet haben, welche je nach der Einstellung des Tubus bald hell, bald dunkel erscheinen.

Im nächsten Stadium (Fig. 5 *c*) ist von dem hellen Hof fast nichts mehr zu sehen und im Inneren treten einige Körner vor den anderen durch stärkere Färbung hervor. Dies ist noch mehr der Fall bei dem in Fig. 5 *d* gezeichneten Kern, wo das gefärbte Kernplasma der Membran dicht anliegt, und wo die genannten Körner sich schon deutlich als Nucleoli dokumentiren. Von hier führen dann nur durch den Umfang unterschiedene Stadien (Fig. 5 *e*) zum gewöhnlichen Nucleus hin.

Außer in den beiden näher beschriebenen Individuen fand ich solche Entwicklungszustände der Kerne noch in zwei anderen Exemplaren. Hier wie dort war es immer die überwiegende Anzahl der Kerne, welche in Entwicklung begriffen war.

Der eben dargestellte Übergang kleiner mononucleolären in die großen polynucleolären Kerne machte mir, wie gesagt, die freie Entstehung der ersteren wahrscheinlich, doch wurde die Annahme wieder umgestoßen und zwar dadurch, dass ich schließlich doch noch einen Theilungsvorgang an den Actinosphärenkernen beobachtete.

Ein einziges kleines Exemplar ist es, welches mir Aufschluss über die Theilung der Kerne gegeben hat; es ist bis jetzt auch das einzige geblieben, so sehr ich in dem schließlich zur Neige gehenden Material nach einem zweiten günstigen Individuum gesucht. Glücklicherweise waren es 12 Kerne, welche in Theilung begriffen waren, und, was noch günstiger ist, es befanden sich nicht alle auf demselben Stadium.

In Fig. 4 ist das ganze Heliozoon dargestellt, wie es in meinem Kanadabalsam-Präparat erhalten ist, und in Fig. 4 die Reihe der in Theilung begriffenen Kerne bei stärkerer Vergrößerung. Zunächst bemerkt man, dass die sich theilenden Nuclei viel heller erscheinen als die normalen, und dass die dunkler gefärbte granulirte Grundsubstanz des normalen Kerns (Fig. 6) scheinbar nicht vorhanden ist. Dagegen zeigen sich in ihnen zwei dunkle Streifen von derselben Tinktionsstärke, wie

die Nucleoli der anderen Kerne. In einem Kern ist nur ein solches Band zu bemerken (Fig. 4 *i*).

Die Streifen sind theils näher, theils weiter von einander gerückt, und in letzterem Falle wird ersichtlich, dass sie das körnige, tingirbare Kernplasma zwischen sich fassen (Fig. 4 *d*), das aber immerhin heller ist als dasjenige des normalen Kernes. Zwei dieser Nuclei (Fig. 4 *f*, *g*) zeigen dies besonders deutlich und bei ihnen bemerkt man auch in der Mitte der von den beiden dunkeln Bändern eingeschlossenen Masse eine deutliche äquatoriale Linie, die in Fig. 4 *g* von Körnchen gebildet erscheint, in Fig. 4 *f* dagegen kaum wahrzunehmen ist. An letzterem Kerne dagegen fällt uns etwas Anderes auf, nämlich die Anordnung der Körnchen in parallele Streifen, die von einem der dunklen Bänder zum andern verlaufen.

Was schließlich den Kern betrifft, der nur ein stark gefärbtes, seinem Durchmesser entsprechend verlaufendes Band besitzt, so ist an ihm die ovale Gestalt auffallend und der Umstand, dass jenes Band jederseits von einem hellroth gefärbten Saum eingefasst wird.

So weit die Thatsachen, wie ich sie mit starken HARTNACK'schen und SEIBERT'schen Systemen habe feststellen können (HARTNACK 9 u. Wasserimmersion 12; SEIBERT, homogene Immersion $\frac{1}{12}$). Was nun deren Deutung betrifft, so mag es gewagt erscheinen, nach den wenigen vorliegenden Stadien den Verlauf der Kerntheilung erklären zu wollen. Ich werde es aber doch versuchen, denn einerseits scheint mir der Gang des Processes ziemlich deutlich vorgezeichnet und andererseits ist es zu ungewiss, wann mir oder einem anderen Beobachter das Glück wieder ein Actinosphaerium in diesem Zustande zuführt.

Der Umstand, dass die Erscheinung der Kerntheilung eine so schwer zu beobachtende ist, scheint mir darauf hinzuweisen, dass dieselbe ungemein rasch verläuft und die charakteristischen Merkmale der Theilung sehr schnell wieder verwischt werden.

Der Vorgang ist — wie ich glaube — folgender: In dem zur Theilung sich anschickenden multinucleolären Kerne fangen zunächst die Kernkörperchen an, sich in zwei Glieder zu ordnen (Fig. 4 *a*), bis sie schließlich zwei dem Durchmesser des Kernes parallele Reihen bilden (Fig. 4 *b*). In Letzteren verschmelzen dann die einzelnen Nucleoli, so dass zwei homogene Bänder daraus entstehen (Fig. 4 *c*). Die übrige tingirbare Substanz des Kernes und die Körnchen ziehen sich von der Kernmembran zurück und vereinigen sich um und zwischen den genannten Bändern; doch scheint die schwache Färbung dieser Zustände auf eine Abnahme der Substanz hinzudeuten; wie dieselbe zu denken

ist, kann ich nicht mit Bestimmtheit sagen; vielleicht wird sie theilweise in die beiden Nucleolenbänder aufgenommen.

Letztere rücken dann immer weiter aus einander (Fig. 4 *d*) und die zwischen ihnen gelegenen Körner ordnen sich dabei in parallelen Streifen an (Fig. 4 *f*), im Äquator des länglich ovalen Kernes wird eine Linie bemerkbar, die durch Körner jener vorhin genannten Streifen gebildet wird (Fig. 4 *g*). Diese Linie wird, was ich nicht beweisen kann, sondern nur vermüthe, zur Scheidewand zwischen den Hälften des sich theilenden Kernes, also zur Kernmembran der beiden Tochterkerne. Ist die Trennung derselben erfolgt, so kann jeder Nucleus nur noch ein Band aus Nucleolensubstanz enthalten, um welches noch etwas tinktionsfähiges Nucleoplasma angelagert liegt. Einen solchen Tochterkern sehen wir vielleicht in Fig. 4 *i* vor uns, wo ein einziger dunkelrother Streifen vorhanden ist, der zu beiden Seiten von einem heller gefärbten fein gestreiften Saum eingefasst wird. Ich bemerke aber, dass andere der Zweitheilung nahe Kerne auf diesem Präparat eher erwarten lassen, dass in den Tochterkernen kurze und breite Massen dunkel gefärbter Substanz zu finden sein werden (vgl. Fig. 4 *h*).

Was nun die Umwandlung des letztgenannten Stadiums zur definitiven Form betrifft, so lassen sich hier wohl die Anfangs geschilderten Entwicklungszustände der Figuren 2 u. 3 anschließen. Danach würde sich die gesammte gefärbte Substanz zu einer Scheibe oder Kugel, scheinbar einem großen Nucleolus zusammenziehen, während der übrige Theil des Kernes ungefärbt erschiene (Fig. 5 *a*). Daraus entwickelte sich dann in der oben angegebenen Weise der definitive Nucleus, d. h. die mittlere Masse wächst der Kernmembran entgegen, der ganze Kern nimmt an Ausdehnung zu, der gefärbte Theil wird körnig (Fig. 5 *b*), einzelne Körner treten besonders hervor, werden zu den Kernkörperchen, die sich scharf von der übrigen Masse des Kernplasmas unterscheiden und der normale Kern ist fertig (Fig. 5 *c*, *d*, *e*).

Dass nun wirklich die kleinen mononucleolären Kerne (Fig. 5 *a*) aus einem Theilungsvorgange hervorgegangen sind, ist wie gesagt nicht direkt zu erweisen, da ich sie nicht in demselben Exemplar mit den sich theilenden Nuclei gefunden habe. Aber man wird mir zugeben, dass die Annahme, es existire ein solcher Zusammenhang, eine sehr wahrscheinliche ist, jedenfalls eben so wahrscheinlich als diejenige, welche besagte Kerne frei im Protoplasma des Heliozoons entstehen ließe. — Der ganze eben geschilderte Theilungsvorgang ist, so viel wird man aus diesen Beobachtungen entnehmen können, auffallend genug und wie ich glaube, abweichend von allen bekannten Theilungsformen thierischer und pflanzlicher Zellkerne, welche erst kürzlich eine eingehende Berück-

sichtigung und Zusammenfassung in den vorzüglichen Arbeiten STRASSBURGER'S¹ und FLEMMING'S² gefunden haben.

Was zunächst den ruhenden Kern des Actinosphaeriums betrifft, so fand ich dessen Substanz nach Anwendung der Reagentien fein granulirt, während ich von feinen Linien, von Gerüstfäden weder hier noch in dem sich theilenden Kern etwas gewahr wurde.

Die Granulation könnte wohl auf die Wirkung der Reagentien (Chromsäure) zurückzuführen sein, denn am lebenden Nucleus ist sie nicht zu sehen und FLEMMING giebt ausdrücklich an (a. a. O. p. 476), dass sich sehr oft ein feinkörniger Bau an Kernen beobachten lasse, welche mit Chrom-Pikrin-Osmiumsäure oder Alkohol behandelt worden waren. Er hält sie für Gerinnungen im Kernsaft und unterscheidet sie von den einzelnen gröbereren Gerinnungen (Körner oder Bälkchen), welche im Kernsaft entstehen können, und sich vorzugsweise den Gerüstfäden anschmiegen. Größere Körner treten nun auch beim Actinosphaeriumkerne auf, aber erst während der Theilung, und zwar sahen wir sie zwischen den Nucleolenbändern und nachher im Tochterkern, wo unter ihnen allmählich die neuen Kernkörperchen zum Vorschein kamen. Wenn wir also auch die feine Granulation auf Gerinnung zurückführen können, so ist das bei den gröbereren Körnern nicht der Fall.

Der Mangel des Kerngerüstes beim Actinosphaeriumkerne ist durch den Befund an meinem Präparat natürlich nicht bewiesen; denn einmal könnte die Behandlung (Chromsäure, Alkohol, Pikrokarmin) nicht geeignet gewesen sein dasselbe hervortreten zu lassen, oder das Gerüst könnte so fein sein, dass es mit den angewandten Objectiven (HARTNACK 42, Wasserimmersion; SEIBERT ¹/₁₂, homogene Immersion) nicht zur Anschauung gebracht werden kann. Doch ist mir die Anwesenheit eines Gerüstes sehr unwahrscheinlich, und dies gilt besonders für die chromatischen Fäden, denn die Rolle, welche diese bei der Kerntheilung zu spielen haben, wird hier lediglich von den Nucleolen übernommen. Es ist dies ein sehr merkwürdiges Verhältnis, um so mehr, als wir wissen, dass sonst bei der Kerntheilung die Kernkörperchen verschwinden und in dem Kerngerüste aufgehen. Bei Actinosphaerium scheint mir im Gegentheil — und ich habe dies schon oben angedeutet —, dass Theile der sich färbenden Kernsubstanz während der Theilung in die Nucleolensubstanz aufgenommen werden und diese an Masse vermehren. Wie sind solche Gegensätze zu vereinigen? Ich glaube in der Weise, dass

¹ STRASSBURGER, Über den Bau und das Wachsthum der Zellhäute. Jena 1882. — Über d. Theilungsvorg. der Zellkerne und das Verh. der Kern- und Zelltheilung. Bonn 1882.

² FLEMMING, Zellsubstanz, Kern- und Zelltheilung. Leipzig 1882.

man annimmt, chromatisches Kerngerüst und Nucleolen bestehen aus derselben Substanz und seien nur verschiedene Formen, in welchen dieselbe angeordnet ist. Was für einen Grund die Verschiedenheit der Anordnung hat, wissen wir nicht. Nucleolen und chromatisches Kerngerüst sind die wesentlichen Träger des Chromatins; dasselbe kann zum allergrößten Theil in den Fäden abgelagert sein und zum kleinsten in den Kernkörperchen — so in den meisten thierischen und pflanzlichen Zellen; darauf folgen die wenigen Fälle (z. B. Spirogyra), wo die Hauptmasse des Chromatins in den sehr großen Nucleolen enthalten ist und schließlich Kerne wie die von Actinosphaerium, wo die geformten Träger des Chromatins einzig und allein die Nucleolen sind.

Die chromatische Substanz ist die wichtigste im Kern und es kommt bei der Theilung darauf an, dass dieselbe auf die Tochterkerne im richtigen Maße vertheilt werde. Das geschieht nun bei den meisten Kernen pflanzlicher und thierischer Zellen in der Weise, dass der Gerüstfaden, in welchem das Chromatin enthalten ist, und in welchem auch das der meist unregelmäßig zerstreuten Nucleoli aufgenommen wird, in gleiche Theile zerfällt wird. Diese einzelnen, unter sich gleich langen Bruchstücke des Gerüsts folgen nun zunächst einer Anziehungskraft, welche vom Äquator des Kernes her auf sie wirkt. Durch diesen Zug werden sie im Winkel gebogen und mit dem Knie voran gegen den Äquator gezogen. Haben sie sich hier — in der Äquatorial- oder Kernplatte — regelmäßig und zu gleichen Theilen geordnet, so beginnt eine andere Anziehung sie zu beeinflussen, nämlich eine solche, welche von den beiden Polen ausgeht, und folglich rücken die Bestandtheile der Äquatorialplatte, im Äquator sich trennend, die einen nach diesem, die anderen nach dem anderen Pol, die Spitze des Winkels, dem Zuge folgend, nach diesen Polen gerichtet. Damit ist die gleichmäßige Vertheilung des Chromatins bewirkt. Beim Actinosphaeriumkerne, wo statt des Gerüsts die Nucleoli fungiren, werden diese zuerst dem Äquator oder dem äquatorialen Durchmesser des Kernes entgegengezogen, auch sie ordnen sich hier in zwei gleiche Reihen links und rechts vom Äquator und verschmelzen jederseits zu zwei gleichwerthigen Platten, in welche wohl auch das übrige Chromatin des Kernes aufgenommen wird. Für sie ist der Ausdruck Kernplatten äußerst zutreffend, denn sie stellen ja homogene Massen dar. Auch diese Kernplatten folgen dann in toto der von den Polen her wirkenden Anziehungskraft und rücken immer weiter aus einander, so dass schließlich die Theilung des Kernes erfolgen kann. Wie oben schon bemerkt, konnte ich beim Auseinanderweichen der Kernplatten einer eigentlichen Kernspindel aus chromatischer Substanz nicht gewahr werden, von welcher STRASSBURGER

im Gegensatz zu FLEMMING annimmt, dass dieselbe aus dem Plasma der Zelle (Cytoplasma) eingewandert sei. Eine Streifung zwischen den Kernplatten ist vorhanden, doch wird dieselbe offenbar durch die Anordnung kleiner blasser Körnchen hervorggerufen (Fig. 4 f). Es ist nicht undenkbar, dass diese Granulationen die achromatische Substanz darstellen, welche dann hier entsprechend der chromatischen nicht in Faden- sondern in Körnergestalt abgelagert wäre. Diesen Streifen eine bestimmte Funktion zuzuweisen, ähnlich den Fasern der Kernspindel, an welchen die Elemente der Kernplatte entlang gleiten sollen, wäre nach den vorliegenden Präparaten nicht wohl möglich. Was die Veränderungen in den Tochterkernen betrifft, so hat man sich dieselben wohl so zu erklären, dass die Substanz der Kernplatte sich allmählich wieder in zwei Theile scheidet, in das diffus im Kernsaft verbreitete und das in den Nucleoli concentrirte Chromatin, wie das die Fig. 4 b—e veranschaulichen.

Haben wir bisher der hervorragenden Rolle gedacht, welche die Kernkörperchen des Actinosphaeriumkernes beim Theilungsvorgang zu spielen haben, so ist zunächst noch einer weiteren Abweichung von der Regel zu erwähnen. Während nämlich sonst bei der indirekten Kerntheilung die Membran des Kernes sich auflöst, bleibt sie hier die ganze Zeit hindurch erhalten. Es scheint mir dadurch ein Eindringen von umgebendem Zellplasma behufs direkter Betheiligung an dem Theilungsprocesse ausgeschlossen, wenn auch immerhin eine Diffusion durch die Kernmembran nicht ganz unmöglich wäre. Bei der gewöhnlichen Zelltheilung ist wohl die Auflösung der Kernhülle dadurch geboten, dass die beiden Kernhälften sehr weit aus einander rücken müssen, ehe die Theilung der Zelle erfolgt, während das hier, wo der Kerntheilung keine Zelltheilung nachgeht, nicht nöthig ist.

Es führt uns dies schließlich noch auf eine nicht zum Wenigsten auffallende Erscheinung am sich theilenden Actinosphaeriumkern, nämlich das Auftreten einer Zellplatte. Als solche, d. h. als Analogon einer solchen muss ich die Demarkationslinie ansehen, welche im Äquator zwischen den aus einander weichenden Kernplatten zu bemerken ist; denn auch sie wird von deutlichen central gelegenen Körnchen gebildet, entsprechend denen, die sonst den Verlauf der Spindelfasern unterbrechen.

Nun ist aber bekannt, dass eine eigentliche Kernplatte bei Thieren nicht vorkommt, wo ja die Zellen keine feste Membran besitzen und sich durch allmähliche Einschnürung trennen. Die einzige sichere Ausnahme ist bei der Kerntheilung der Dicyemiden von VAN BENEDEN¹

¹ E. VAN BENEDEN, Recherches sur les Dicyemides. Bruxelles 1876.

beschrieben worden, wo eine deutliche Zellplatte zu bemerken ist. Seine Hauptrolle spielt dieses Gebilde bekanntlich bei den Pflanzen, wo es nicht nur die Stelle der späteren Abtrennung der beiden Zellhälften bezeichnet, sondern wo in ihr die neuen Zellwände entstehen, nach deren Bildung die Abspaltung erfolgt.

Ähnlich könnte der Vorgang also auch hier gedacht werden, aber mit dem großen Unterschiede, dass dadurch nicht eine Grenze für zwei Tochterzellen, sondern eine solche für die Tochterkerne erzeugt würde. Demnach hätte in diesem Punkte der Theilungsvorgang des Actinosphaeriumkernes Ähnlichkeit mit dem einer Zelltheilung und insbesondere einer Theilung bei pflanzlichen Zellen.

Nach den bisherigen Ausführungen wird man mir zugeben, dass die karyokinetischen Prozesse beim Actinosphaerium vieles Interessante aufweisen, und man wird mit mir bedauern, dass dieses Heliozoon so selten in dem gewünschten Zustande aufgefunden werden kann¹.

Was die Frage nach dem Einfluss des Zellplasmas auf den Kern betrifft, so sind unter Anderem die mehrkernigen Zellen als Beleg angeführt worden dafür, dass ein solcher existire, und zwar desshalb, weil die Theilung in allen Kernen zugleich erfolge. Hier können wir dies nicht konstatiren, denn wenn auch eine bedeutende Anzahl von Kernen gleichzeitig in Theilung gefunden wird, so sind doch neben ihnen auch noch eine Menge ruhender Zellen gelegen, sie stehen also nicht alle unter einem gleichmäßig wirkenden Einfluss.

Ich erwähne schließlich noch, dass ein Actinosphaerium auch auf andere Weise die Zahl seiner Kerne vermehren kann und zwar durch Aufnahme von Splintern anderer Individuen, in welchen sich Kerne befinden. Ich habe kürzlich über derartige Verschmelzungserscheinungen bei Actinophrys sol ausführlich berichtet² und kann nun hinzufügen, dass dieselben ganz eben so bei Actinosphaerium vorkommen, nur mit dem Unterschiede, dass hier derartige Splitter meistens einige der zahlreichen Kerne enthalten. Ich fand ein Actinosphaerium, welches eben im Begriffe war, ein Bruchstück aufzunehmen. Es wurde sofort getödtet und gefärbt, wobei sich zeigte, dass in jenem Stück zwei Kerne enthalten waren, die also, in das Innere aufgenommen, die Zahl der schon vorhandenen vermehrt hätten (vgl. Fig. 7). Ein anderes Mal gelang es mir, einem Actinosphaerium einen Splitter künstlich zuzuleiten; derselbe wurde sofort von den Pseudopodien ergriffen, herangezogen und begann

¹ Die Größe der Kerne wechselt in den Präparaten öfters, wahrscheinlich durch verschieden starke Kontraktion.

² Diese Zeitschr. Bd. XXXVIII.

zu verschmelzen. Bei der Präparation stellte sich heraus, dass es ebenfalls zwei Kerne hatte.

Während also bei *Actinophrys* durch dieses sonderbare Aufsammeln von Bruchstücken anderer Individuen nur eine Massenzunahme der Sarkode stattfand, wird hier auch zugleich die Kernsubstanz durch Aufnahme geformter Nuclei vermehrt.

Beobachtungen an *Amoeba proteus*.

Bei der Untersuchung der *Amoeba proteus* ging es mir ganz ähnlich wie bei dem *Actinosphaerium*: ich machte Präparate über Präparate und durchmusterte unzählige Kerne, ohne je eine Spur von Theilungserscheinungen daran wahrnehmen zu können, bis ich endlich ein Individuum erhielt, in dem einige Kerne in Theilung begriffen waren.

Dieses Exemplar, das bis jetzt das einzige seiner Art geblieben, ist in Fig. 9 nach dem Dauerpräparat abgebildet. Wir sehen in ihm 24 Kerne — drei oder vier sind absichtlich weggelassen worden, weil sie von anderen zum größten Theil verdeckt wurden — und unter denselben sind vier im Begriffe sich zu theilen.

Bevor wir die Art und Weise, in welcher dies geschieht, näher untersuchen, sei Einiges über den Bau des ruhenden Kerns gesagt: Derselbe ist am lebenden Thiere kaum als schwacher Hauch zu sehen, und die vielen stark lichtbrechenden Kügelchen, die man fast regelmäßig in dieser Amöbe findet, sind nicht die Nuclei, wovon man sich leicht überzeugen kann, wenn man die Wirkung der Reagentien mittels des Mikroskops verfolgt. Es treten nämlich beim Zutritt des Alkohols oder der Chromsäure die Nuclei in ihrer charakteristischen Gestalt hervor und nehmen später auch am raschesten den Farbstoff auf, während jene Kugeln im Nelkenöl gewöhnlich ganz verschwinden.

Bei besonders blassen Exemplaren, d. h. solchen, wo die Menge der stets vorhandenen Körner und Krystalle eine geringere ist, gelingt es mit starken Vergrößerungen auch am lebenden Kern ganz gut, über dessen Zusammensetzung ins Klare zu kommen. Eine Untersuchung des frischen Kernes und die direkte Beobachtung der Einwirkung der Reagentien ist auch unumgänglich nöthig, um das Bild zu verstehen, welches das Präparat giebt.

Man unterscheidet am lebenden Kerne der *Amoeba proteus* (Fig. 9 a) zu äußerst eine sehr feine, aber deutliche Kernmembran; auf diese folgt, nur durch einen ganz unbedeutenden Zwischenraum von ihr getrennt, eine periphere Lage dicht an einander gedrängter Körnchen, die ziemlich starkes Lichtbrechungsvermögen besitzen. Dieser Körnchenkranz — im optischen Schnitte gedacht — ist es, was zuerst in die

Augen fällt. Der centrale Theil des Kernes wird von einer auch ziemlich stark lichtbrechenden Masse erfüllt, die körnig erscheint, über deren feineren Bau und deren Ausdehnung man nicht ganz ins Klare kommen kann. So sieht man nicht genau, ob dieselbe den ganzen Raum innerhalb der Körnchenlage ausfüllt, oder ob noch ein Saum zwischen ihr und dieser frei bleibt, beziehungsweise von einer ihr ungleichen Substanz erfüllt wird.

Wird nun absoluter Alkohol, Chrom- oder Essigsäure zugesetzt, so zieht sich das Kernplasma rasch von der Kernmembran zurück, bei Alkoholbehandlung macht es sogar den Eindruck, als würde letztere etwas aufgebläht. Dadurch entsteht nach der Tinktion ein ungefärbter weiter Hof um die tingirten Bestandtheile des Kernes (Fig. 9). Diese zerfallen ganz deutlich in eine dunkle Rindenschicht, die Körnchenzone des frischen Kernes, in einen darauf folgenden schmalen Saum von hellem Kernsaft und einer centralen Masse, welche gerade so intensiv gefärbt ist, wie die Rindenschicht, und die wir wohl als Nucleolus bezeichnen können¹.

Was nun die in Theilung begriffenen Nuclei in Fig. 9 betrifft, so sehen wir zunächst einen (links unten), bei dem der Nucleolus in zwei Stücke zerfallen ist und eine feine Linie den ganzen Kern im Durchmesser halbirt; der Umriss ist noch fast kreisförmig, aber bedeutend größer als beim ruhenden Kerne. Ein anderer Nucleus (links oben) ist im Äquator etwas eingeschnürt, die centrale Demarkationslinie ist deutlicher und die zwei Hälften des Nucleolus liegen weiter aus einander. Dasselbe Verhältnis, nur etwas ausgeprägter, zeigt sich an einem dritten etwa in der Mitte gelegenen Kerne, während ein vierter (rechts) in zwei Hälften zerlegt ist, die im Äquator ein wenig aus einander klaffen.

Der Verlauf der Kerntheilung wird also wohl folgender sein: Zuerst zerfällt der Nucleolus in zwei gleich große Theile, welche Anfangs noch nahe zusammenstoßen, dann aber weiter aus einander rücken. Zwischen denselben, also im Äquator des Kernes, tritt eine Linie auf, in welcher sich die neue Rindenschicht für die Tochterkerne ablageret. An dieser Stelle wird der Zusammenhang locker, an der Peripherie trennen sich die Rindenzonen der Tochterkerne bereits, während sie im centralen Theil noch zusammenhängen um sich schließlich ganz von einander loszulösen. Wie man an der durch die Reagentien abgehobenen

¹ BÜTSCHLI (Studien etc. Verhandlg. der SENCKENBERG'schen naturf. Ges. Bd. X) zeichnet einen Kern von *Amoëba princeps* (= *proteus*), an dem die Essigsäurewirkung, wie es scheint, den Nucleolus nicht hat hervortreten lassen; denn er gleicht viel mehr einem Kern im frischen Zustande.

Membran bemerkt, ist dieselbe noch nicht in Mitleidenschaft gezogen, denn sie ist noch vollkommen rund. Es scheint demnach, als ob sie erst sehr spät sich einschnüre und zur Vollendung der Tochterkerne führe, gerade so, wie wir das bei *Actinosphaerium* gesehen haben.

Ehe ich zur Vergleichung dieses Theilungsvorganges mit anderen schreite, muss ich zunächst eines Einwandes gedenken, den man hier machen könnte, wonach es sich nämlich um gar keine Theilung, sondern um eine Kernverschmelzung handele.

Man wird mir zugeben, dass diese Annahme wenig Wahrscheinlichkeit für sich hat, denn die Kerne nehmen ja mit dem Wachsthum der Amöbe an Zahl beständig zu, während sie, kämen Kernverschmelzungen regelmäßig vor, beständig abnehmen müssten. Außerdem müsste man immer viele Kerne vorfinden, die das doppelte Volumen der übrigen hätten, also die Größe des Nucleus links unten auf Fig. 9. Dies ist nun nicht der Fall, und dass eine Vereinigung nur zufällig in seltenen Fällen stattfinde, ist wohl auch nicht denkbar. Außerdem wäre das oben angegebene Verhalten der Kernmembran an den betreffenden Doppelkernen bei Annahme einer sich vollziehenden Vereinigung auch nicht denkbar. Sie müsste doch wohl rings den Konturen der Kerne parallel laufen.

Für die Deutung des Vorgangs als eine Theilung sprechen dagegen gewichtige Gründe. Erstens der, dass eine Kernvermehrung stattfinden muss wegen der stetigen Zunahme der Kerne, und dass man im Voraus dabei an Theilung zu denken hat; zweitens in Analogie mit *Actinosphaerium* und weil eine andere Art der Entstehung eines Nucleus (freie Kernbildung) noch nie beobachtet worden ist.

Die eigenthümlich gestalteten, auf einer Seite etwas abgeflachten Nuclei auf der oberen Seite der Amöbe (Fig. 9) mögen wohl als kürzlich abgelöste Theilhälften angesehen werden.

Es scheint hier, wie bei *Actinosphaerium*, der ganze Theilungsvorgang ungemein rasch vorüberzugehen. Da man, wie bemerkt, immer gleich große Kerne antrifft, so wird die Größenzunahme des sich zur Theilung anschickenden Nucleus vermuthlich auch eine sehr rasche sein. Es wäre dies kein unvermittelt dastehender Fall; denn ich habe bei *Euglypha alveolata*¹ nachgewiesen, dass der Kern, wenn er sich zur Theilung anschickt, an Größe zunimmt.

Wenn wir versuchen wollen, den geschilderten Vorgang an den Kernen der *Amoeba proteus* mit anderen, bekannten, zu vergleichen, so würden wir, die abgelöste Membran nicht beachtend, einen Augenblick

¹ Diese Zeitschr. Bd. XXXV.

zweifelhaft sein können, ob hier eine direkte oder eine indirekte Theilung vorliegt. Die erstere wird von FLEMMING (l. c. p. 354) als eine »Durchschnürung des Kerns ohne irgend eine bestimmte Metamorphose seiner Substanz« definiert und eine solche scheint hier doch stattzufinden. Dem ist aber nicht so, denn die Membran bleibt bis zum Schlusse erhalten, und wenn auch von karyokinetischen Figuren nichts zu sehen ist, so wird doch das Innere nicht ohne Weiteres durchgeschnürt, sondern die beginnende Theilung macht sich zuerst am Nucleolus bemerkbar; denn dieser zerfällt in zwei Stücke, welche aus einander weichen, worauf im Äquator eine Trennungslinie auftritt.

Wir haben hier gewissermaßen eine niedere Form indirekter Theilung. Bedingt wird dieser Verlauf des Theilungsvorgangs, wie mir scheint, wieder durch die Anordnung der chromatischen Substanz im Kerne. Dieselbe liegt rings als Rindenschicht an der Peripherie und als ein einziger regulärer Klumpen im Centrum des Kerns, und es bedarf deshalb, um eine gleichmäßige Vertheilung derselben zu bewerkstelligen, weiter keines complicirten Processes. Bei *Actinosphaerium* mussten sich die Nucleoli erst in zwei Reihen ordnen, von denen jede an Masse der anderen gleich war, bei den karyokinetischen Theilungen thierischer und pflanzlicher Zellkerne muss das Fadengerüst in gleichwerthige Stücke zerlegt werden, hier aber wird derselbe Zweck einfach dadurch erreicht, dass der große einzige Nucleolus in der Mitte zertheilt wird und die Theilhälften nach den Polen aus einander rücken. Die Entstehung der Scheidewand zwischen den Tochterkernen wird man sich wohl in ähnlicher Weise zu denken haben wie beim Nucleus des *Actinosphaerium*.

Die direkte Theilung wird von STRASSBURGER als das Primäre bezeichnet, als der Ausgangspunkt, aus dem die indirekte sich entwickelt habe. Dies klingt sehr wahrscheinlich, besonders wenn man Fälle, wie den bei *Amoeba proteus* beschriebenen als Zwischenstadien auffassen will.

Die direkte Theilung ist bekanntlich nur sehr selten beobachtet worden, sowohl in Pflanzenzellen und zwar vielkernigen, als auch in einigen thierischen Zellen. Principiell kann man sich dieselbe überall da als möglich denken, wo eine einfache Durchschnürung den Kern in zwei gleichwerthige Hälften zerlegen kann, oder wo ein Zerfall des Kernes in ungleichwerthige Stücke stattfinden darf.

Was speciell die Protozoen betrifft, so sind vielleicht einige wenige Fälle auf direkte Kernheilung zurückzuführen, doch lässt sich dies mit voller Sicherheit nicht angeben. Hierhin gehört die Durchschnürung des

Kernes bei *Amoeba polyopodia*, wie sie von SCHULZE¹ beobachtet worden ist. Doch verlief der Process sehr rasch und wurde nachher nie wieder verfolgt, so dass etwaige Strukturveränderungen am Kerne leicht hätten übersehen werden können.

Ferner sind an vielkernigen Infusorien Kerntheilungen beobachtet worden, die vielleicht direkte sind. Ich selbst fand auf meinen zu anderen Zwecken gemachten Präparaten eine Oxytrichine, die letzten Winter in dem hiesigen kleinen Seewasseraquarium lebte und die ich damals nicht näher zu bestimmen suchte. Es erweist sich dieselbe erfüllt von einer großen Anzahl kleiner Kerne, welche im Präparat ein körniges Innere zeigen. An einem Exemplar fand sich nun einer derselben biskuitförmig eingeschnürt, also offenbar in Theilung begriffen, ohne dass sich eine Strukturveränderung seiner Substanz nachweisen ließ (Fig. 42).

Diese Beobachtung ist allerdings eine sehr dürftige, viel genauer sind die Untersuchungen ZELLER's über die Kerntheilung der Opalinen². Hier schnürt sich der Nucleus ebenfalls biskuitförmig ein, das immer dünner werdende Verbindungsstück zieht sich zu einem Faden aus und reißt endlich durch. Ausdrücklich erwähnt ZELLER, dass das Kernkörperchen nicht mit getheilt werde, dass also der eine Tochterkern des Nucleolus entbehre und erst nachträglich ein solches in ihm auftrete. Er sagt von *Opalina similis*: »Sehr bemerkenswerth ist, dass bei der Theilung des Kernes das Kernkörperchen sich nicht theilt und überhaupt keine, wenigstens keine erkennbaren Veränderungen eingeht.« Es verbleibt einfach dem einen aus der Theilung hervorgehenden Kerne, in dem anderen aber bildet sich ein Kernkörperchen neu, indem dieses als ein ganz winziges, eben noch sichtbares Kügelchen entsteht und sich nur allmählich vergrößert.«

Wenn nun dieses Körnchen wirklich der Nucleolus ist, wäre hierin ein vollkommener Fall direkter Theilung gegeben, wobei sogar der eine Tochterkern dem anderen nicht gleichwerthig wäre, da ihm ein Kernkörperchen oder, anders ausgedrückt, ein Theil des Chromatins fehlte.

Alles, was sonst von Kerntheilung bei Protozoen bekannt geworden, muss als indirekte Theilung bezeichnet werden, denn überall ist dabei ein Streifigwerden der Kernsubstanz beobachtet worden.

Es bleibt aber in der genaueren Erforschung aller dieser Vorgänge noch viel zu thun übrig, und es wird mein Bestreben sein, mit der Zeit neue Beiträge hierzu liefern zu können.

Um zur *Amoeba proteus* zurückzukehren, so mag es uns Wunder

¹ Archiv für mikr. Anat. Bd. XI.

² Diese Zeitschr. Bd. XXIX.

nehmen, dass bei dem einfachen Bau ihrer Kerne dieselben sich nicht durch bloße Einschnürung vermehren. Ich glaube aber, dass einer solchen Vermehrungsweise mechanische Schwierigkeiten in den Weg treten: Die Kerntheilung erfolgt nämlich, wie wir an der Fig. 9 sehen, nicht während eines Ruhezustandes, sondern während der Bewegung der Amöbe. Dabei ist aber das gesammte Protoplasma und mit ihm die Kerne in einem oft reißenden Strömen begriffen. Es wäre also an einen direkten Einfluss des Plasmas auf den Kern — wenn man einen solchen als die Ursache der Einschnürung annehmen will — nicht zu denken.

Nähme der sich theilende Kern die Hantelform an, so könnte in dem Wirbel von Körnern, Krystallen, Nahrungsballen etc. leicht eine Zerreißung erfolgen. Bei der oben geschilderten Art der Abspaltung aber behält der Kern bis zuletzt seine runde Gestalt und wird deshalb unbeschädigt in der Strömung umherrollen können.

Wie bei *Actinosphaerium*, so sehen wir auch bei *Amoeba proteus* die Theilung nicht an allen Kernen zugleich erfolgen, im beschriebenen Fall sind es sogar nur vier unter mehr als zwanzig, die in Vermehrung begriffen sind, und wir werden demnach von einem gleichmäßig auf alle Kerne wirkenden Einfluss des Protoplasmas nichts gewahr.

Ich möchte hier erwähnen, dass ein solcher Fall vereinzelter Theilung von Kernen in einem multinucleären Protozoon auch schon früher beschrieben und abgebildet worden, aber, wie mir scheint, in Vergessenheit gerathen ist. Bei *Opalina* zeichnet nämlich ZELLER (a. a. O.) unter der Menge von Kernen erwachsener und den immerhin schon zahlreichen heranwachsender Infusorien einige im Stadium der Biskuitform, also in Vermehrung begriffen, während die übrigen die runde Gestalt besitzen, also in Ruhe sind.

Es seien mir hier auch noch einige Bemerkungen gestattet über die Beziehung des Volums der Kerne zu ihrer Zahl. BÜRSCHLI¹ hat bei *Amoeba princeps*, die mit *A. proteus* identisch ist, Berechnungen darüber angestellt, welche ihm anzudeuten schienen, dass das gesammte Kernvolum sich entsprechend der Abnahme der Kerne etwas vergrößere. Dabei lagen ihm Übergänge vor von kleinen Individuen mit einem großen zu bedeutend umfangreicheren mit viel kleineren Kernen. Dabei giebt er an, dass sein Fundort ihm Anfangs nur viel- und kleinkernige, später eine größere Zahl wenig- und großkerniger Amöben geliefert habe.

Mir selbst ist es leider nicht gelungen, Individuen von der letztgenannten Kategorie aufzufinden; bei allen Exemplaren, die ich unter-

¹ Studien etc. Abhandl. der SENCKENBERG'schen naturf. Gesellsch. Bd. X. Separatabdruck p. 465.

suchte, waren die Kerne gleich groß, einerlei ob sie in geringer Anzahl in einer kleinen Amöbe lagen, oder zu Hunderten ein großes Thier erfüllten (Fig. 10). Dabei war die relative Zahl der Nuclei eine sehr wechselnde und es ließ sich schon ohne weitere Messung durch den bloßen Augenschein konstatiren, dass das Volumverhältnis von der Kern- zur Zellsubstanz ein sehr verschiedenes sein kann. Zur Erläuterung dieser Bemerkung habe ich die Fig. 11 beigegeben, in welcher eine Amöbe abgebildet ist, die mit Nuclei förmlich gestopft erscheint, so dass bei ihr das Plasma des Kerns das Zellplasma an Volum wohl übertreffen mag, während bei anderen, so z. B. der in Fig. 9 dargestellten, das umgekehrte Verhältnis sich findet. Dieselbe Beobachtung lässt sich auch bei *Actinosphaerium* machen, wie z. B. ein Vergleich der Figuren 4 und 8 ergiebt.

Es sind dies Thatsachen, die unser Interesse und sogar unsere Verwunderung erregen, für die wir aber bis jetzt noch keine befriedigende Erklärung zu geben im Stande sind.

Beobachtungen an *Amoeba* sp.

Im Anschluss an die geschilderten Kerntheilungsvorgänge der *Amoeba proteus* muss ich noch einige Beobachtungen erwähnen, die ich an einer kleinen Amöbe gemacht, welche neben jener in demselben Aquarium lebte und die ich nicht näher bestimmen konnte.

Es fand sich auf den meisten Präparaten immer eine mehr oder weniger große Anzahl dieser kleinen Rhizopoden, bei denen der Kern immer äußerst deutlich gefärbt war. Für gewöhnlich zeigte der Nucleus den normalen Bau, nämlich eine deutliche Kernmembran und von dieser ringsum abgehoben und durch einen hellen Zwischenraum getrennt das Chromatin des Kerns, einen einzigen Nucleolus darstellend. Auf zwei Präparaten aber und besonders auf einem von diesen enthielten sehr viele, ja sogar die meisten Amöben einen ganz anders gestalteten Kern. Ich habe auf den Figuren 13—20 einige von diesen Individuen abgebildet und man bemerkt, dass einmal in den Nuclei der Nucleolus in zwei gleiche (Fig. 13) oder ungleiche (Fig. 14) Stücke zerfallen sein kann, während sich sonst am Kerne keine Veränderung zeigt. Ferner kann sich zwischen die Bruchstücke der Nucleoli eine feine Scheidewand einschieben, so dass der ganze Kern in zwei Abschnitte zerfällt (Fig. 15), die sich schließlich auch an der Membran darstellen können (Fig. 17).

Zieht man die Beobachtungen an *Amoeba proteus* in Betracht, so wird man wohl mit Recht versucht sein, auch hier einen Kerntheilungsvorgang zu vermuthen, der etwa folgendermaßen verlief: Zuerst schnürt sich der Nucleus in zwei Theile ab, diese rücken nach den Polen

hin aus einander, im Äquator bildet sich eine Scheidewand, die Membran der Tochterkerne; es erfolgt eine Abschnürung und die beiden Stücke, jedes mit seinem Antheil an Chromatin, trennen sich von einander ab.

Auffallend bleibt dabei aber, dass in den meisten Fällen die beiden Theile des Nucleolus ungleich groß sind, wobei das eine halbmondförmig gebogen, das andere mehr abgerundet ist (Fig. 15). Es kommen wohl auch Fälle vor, wo ein Zerfall des Kernkörperchens in zwei gleiche Hälften erfolgt (Fig. 13) und wo auch die späteren Stadien der Abspaltung symmetrische Gestalt besitzen, aber die Regel ist dies nicht.

Solche Bilder mögen den Gedanken nahe legen, als sei die ganze Erscheinung nur eine durch die Einwirkung der Reagentien künstlich hervorgerufene, doch ist dies an und für sich nicht wahrscheinlich und wird auch dadurch widerlegt, dass auf demselben Präparate neben Amöben mit gespaltenem solche mit völlig normal gebildetem Kerne zu finden sind, welche doch beide unter denselben Bedingungen gestanden haben.

Dass eine Trennung der Kernstücke erfolgt, das beweisen solche Exemplare der Amöbe, in welchen zwei Kerne liegen, und zwar entweder zwei gleich große oder solche, von denen der eine den anderen an Umfang übertrifft, also entsprechend dem Verhalten des getheilten Kernkörperchens (Fig. 16 und 18). Außerdem findet man Amöben, die einen großen normalen und andere, die einen verhältnismäßig sehr kleinen Nucleus besitzen (Fig. 19 und 20).

Aus dem Allen kann man also entnehmen, dass auf die Kerntheilung die Theilung der Amöbe folgt, und zwar wird wahrscheinlich bei einem Zerfall des Kerns in ungleiche Stücke auch das Protoplasma nicht in gleiche Hälften getheilt.

Stellt man dieser Beobachtung, wie bei *Amoeba proteus*, die oben erwähnte Mittheilung F. E. SCHULZE's über *Amoeba polydora* entgegen, so würde sich dadurch abermals ergeben, dass bei Amöben zweierlei Formen von Kerntheilung vorkommen können, eine mehr direkte durch uhrglasförmige Einschnürung des Kernes und eine als indirekt zu bezeichnende, wo die Theilung zuerst am Kernkörperchen sich kund giebt, und erst darauf hin eine Abspaltung der Kernhälften erfolgt.

Freiburg i/B., im December 1882.

Erklärung der Abbildungen.

Tafel XIX.

Fig. 1. Ein Actinosphaerium Eichhornii nach Behandlung mit Chromsäure und Tinktion mit Pikrokarm in Kanadabalsam eingeschlossen (HARTNACK Ocular 3, Objektiv 6 m. Camera lucida). Mark- und Rindenschicht sind nicht mehr scharf getrennt; im Inneren sieht man zwei halbverdaute Nahrungsballen in großen Vacuolen liegen. Von den 33 Kernen sind 12 in Theilung begriffen. Die meisten davon sind in Fig. 4 genauer dargestellt.

Fig. 2. Ein Stück eines Actinosphaeriums als Präparat; neben den normalen Kernen mit mehreren Kernkörperchen sieht man eine Menge kleinerer mit einem großen central gelegenen Nucleolus (Tochterkerne, vgl. Fig. 5). Das Protoplasmanetz des Thieres ist nur an der Peripherie angedeutet.

Fig. 3. Ein Stück eines anderen Exemplares, auf welchem die Übergänge der kleinen mononucleolären in die großen polynucleolären Kerne zu sehen sind (vgl. Fig. 5). Sowohl Fig. 2 wie Fig. 3 sind mit der Camera lucida entworfen.

Fig. 4 zeigt die in Theilung begriffenen Kerne der Figur 4 bei stärkerer Vergrößerung (HARTNACK Oc. 3, Obj. 9).

- a*, die Kernkörperchen beginnen sich in zwei Reihen zu ordnen;
- b*, dieselben haben dies erreicht;
- c*, sie verschmelzen mit einander und bilden dann zwei homogene Bänder;
- d, e*, das Chromatin des Kernes hat sehr abgenommen und ist wahrscheinlich mit in die Bänder eingegangen; dieselben rücken aus einander, feine Körnchen zwischen sich einschließend. Der übrige helle Theil des Kernes ist strukturlos;
- f*, die Bänder sind noch weiter aus einander gerückt und die Körnchen zwischen ihnen erscheinen in Streifen angeordnet. Im Äquator bemerkt man eine feine Linie; dieselbe ist in
- g* viel stärker und erweist sich als aus Körnchen zusammengesetzt;
- h*, hier sind die beiden Chromatinmassen mehr halbmondförmig gestaltet; die Äquatoriallinie (Zellplatte) ist zu erkennen;
- i*, ein Kern, in welchem nur ein Chromatinstreifen liegt, der von zwei blassen streifigen Säumen begrenzt wird.

Fig. 5. Kerne, welche dem auf Fig. 3 dargestellten Exemplar entnommen sind bei derselben Vergrößerung wie in der vorigen Figur.

- a*, der mononucleoläre Zustand; das Chromatin liegt alles im Centrum zusammengedrängt und wird durch einen blassen Hof von der Kernmembran getrennt;
- b*, die centrale Masse hat an Ausdehnung gewonnen und beginnt körnig zu werden;
- c*, einige dieser Körner treten deutlicher hervor und
- d*, werden zu den Kernkörperchen, während die übrige Masse sich gleichmäßig im wachsenden Kerne vertheilt (*e*).

Fig. 6. Ein normaler, ruhender Kern von einem anderen Exemplar mit großen Kernkörperchen und fein granulirtem heller gefärbtem Kernplasma.

Fig. 7. Ein Actinosphaerium, welches eben im Begriff steht einen Splitter mit zwei Kernen in sich aufzunehmen. An der Stelle, wo die Verschmelzung erfolgt, ist

die Grenze zwischen Rinde und Mark verwischt (nach einem Dauerpräparat gezeichnet).

Fig. 8. Ein Actinosphaerium im Umriss dargestellt; dasselbe enthält eine relativ sehr große Anzahl von Kernen (Dauerpräparat).

Fig. 9. Eine *Amoeba proteus* (*princeps*) mit absolutem Alkohol getödtet, mit Pikrokarmine gefärbt und in Kanadabalsam eingeschlossen (HARTNACK Oc. 3, Obj. 9; Camera lucida). Es sind nicht alle Kerne eingetragen, 3—4 sind der Klarheit halber weggelassen. Man kann an denselben eine dunkel gefärbte Rindenschicht, eine eben solche centrale Masse (Nucleolus) und zwischen beiden eine hellere Zone unterscheiden. Die Kernmembran hat sich bei der Präparation von dem durch den Alkohol kontrahirten Kern zurückgezogen, so dass ein heller Hof um jeden Nucleus sichtbar wird. Vier von den Kernen sind in Theilung begriffen, welche bei dem auf der rechten Seite der Figur am weitesten vorgeschritten ist. Außer den Kernen bemerkt man in der Amöbe noch einige Vacuolen und verhältnismäßig sehr wenige Krystalle (rechts).

Fig. 9 a. Zwei ruhende Kerne von *Amoeba proteus*. Links ein solcher im frischen Thiere mit den feinen Körnchen der Rindenschicht, innerhalb welcher man nichts genauer erkennen kann; rechts ein Kern aus einem zerdrückten Exemplar, also nach Wassereinwirkung; die Rindenzone ist etwas deutlicher geworden, hauptsächlich aber hebt sich die centrale Partie als Nucleolus klar hervor.

Fig. 10. Eine kleine *Amoeba proteus* mit acht von der gewöhnlichen Größe nicht abweichenden Kernen.

Fig. 11. Eine *A. proteus* mit einer ungewöhnlich großen Anzahl von Kernen.

Fig. 12. Ein Stück einer unbestimmten vielkernigen Oxytrichine (Präparat); einige der Kerne sind langgestreckt und einer biskuitförmig eingeschnürt.

Fig. 13—20. Kerntheilung bei einer kleinen, nicht näher bestimmbar Amöbe (Präparate: Alkohol, Pikrokarmine, Kanadabalsam). Lauter verschiedene Exemplare.

Fig. 13. Der Nucleolus ist in zwei gleich große Stücke zerfallen.

Fig. 14. Ein in zwei ungleiche Abschnitte zerfallenes Kernkörperchen.

Fig. 15. Zwischen den zwei Theilstücken ist eine äquatoriale Scheidewand zu bemerken.

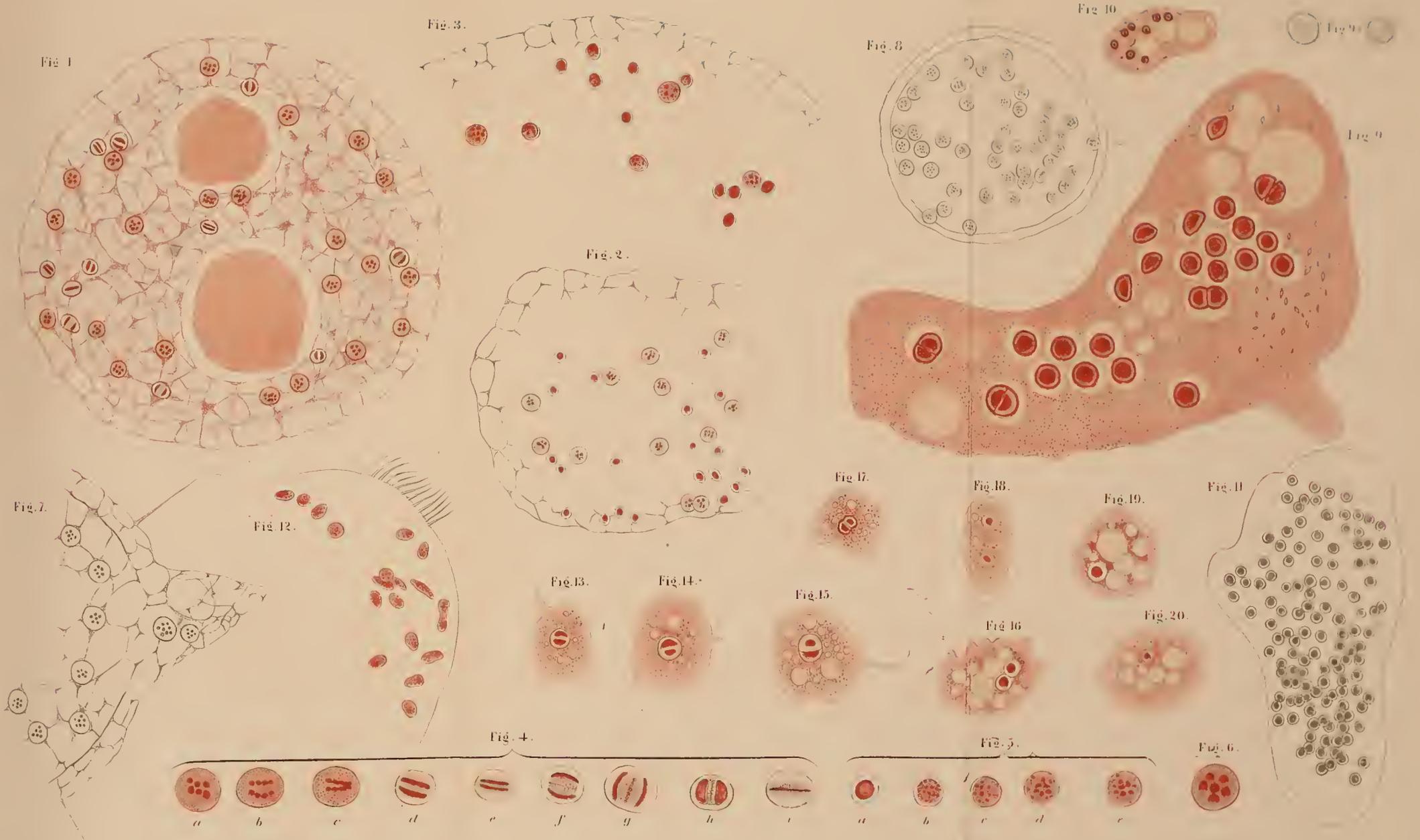
Fig. 16. Eine Amöbe mit zwei gleich großen Kernen.

Fig. 17. Eine solche, wo der Kern in zwei kongruente Stücke zu zerfallen scheint.

Fig. 18. Ein Exemplar mit zwei ungleichen Kernen.

Fig. 19. Eine Amöbe mit normalen und

Fig. 20 eine solche mit relativ sehr kleinem Kerne.



ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

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

Jahr/Year: 1883

Band/Volume: [38](#)

Autor(en)/Author(s): Gruber August

Artikel/Article: [Über Kerntheilungsvorgänge bei einigen Protozoen. 372-391](#)