

Ueber die Kerntheilung

bei

Actinosphaerium Eichhorni.

Von

Dr. Richard Hertwig

in Bonn.

Hierzu Taf. IX und X.

Als ich im November 1882 in den zoologischen Uebungen zu Königsberg den Bau von Actinosphaerium Eichhorni erläuterte, fiel mir an einem der zur Untersuchung verwandten Exemplare das eigenthümliche Aussehen einer Anzahl von Kernen auf. Bei näherer Prüfung zeigte es sich, dass die meisten Kerne des Thieres in Theilung begriffen waren, dass die Figuren, welche dabei entstehen, mehr als bei irgend einem anderen Protozoen an die Bilder erinnern, welche man bei der Theilung von Eizellen und Pflanzenzellen erhält, endlich dass Actinosphaerium Eichhorni vermöge seiner Durchsichtigkeit und seiner Lebenszähigkeit ein ganz aussergewöhnlich günstiges Object ist, um am lebenden Thier die Kerntheilung im Zusammenhang zu verfolgen. Durch diese Ergebnisse einer ersten und oberflächlichen Untersuchung wurde ich bestimmt, dem interessanten Object auch weiterhin meine Aufmerksamkeit zu widmen.

Die Beobachtung wurde mir durch den grossen Reichthum des mir zu Gebote stehenden Materials wesentlich erleichtert. In den Gräben, welche sich den Ufern des Pregels entlang durch die westlich von Königsberg gelegenen Wiesen ziehen, gehört das Actinosphaerium Eichhorni zu den häufigsten Vorkommnissen. In

meinen Aquarien hatte ich Hunderte von Exemplaren, welche sich während des ganzen Winters lebend erhielten und sich in gleichem Maasse vermehrten, als ich sie zur Untersuchung aufbrauchte.

Die Kerntheilung ist ein Process, der im Allgemeinen selten bei unserem Rhizopoden einzutreten scheint und sich dann in ziemlich rascher Aufeinanderfolge an den meisten Kernen des Thiers abspielt. Daraus erklärt es sich, dass er bisher nicht hat verfolgt werden können, trotzdem das *Actinosphaerium* wiederholt zum Gegenstand sehr eingehender Studien gemacht worden ist. Nur ganz neuerdings hat Gruber bei einem einzigen in Chromsäure abgetödteten Exemplar Kerntheilungsbilder gefunden und ist bei der Schilderung derselben und noch mehr bei ihrer Deutung zu Resultaten gekommen, welche wie ich weiter unten zeigen werde, in wichtigen Punkten von den meinigen sehr erheblich abweichen; aber auch seine Versuche, die mehr zufällig gemachten Beobachtungen durch Untersuchung weiteren Materials zu ergänzen, sind erfolglos geblieben, da es ihm nicht gelang, geeignete Stadien zu erhalten. Ich habe mich daher bemüht, ausfindig zu machen, ob nicht der Verlauf und das Eintreten der Theilung von äusseren Umständen beeinflusst würde, ob etwa die Vorgänge durch Belichtung oder auch umgekehrt durch Verdunkelung, durch Wärme oder Abkühlung ausgelöst oder durch gute Ernährung angeregt werden könnten. Ich bin dabei zu keinem Resultat gelangt mit Ausnahme des Einen, dass Kerntheilungen im Winter häufiger und leichter zu beobachten sind, als im Sommer. So blieb mir denn nichts Anderes übrig, als den mühsamen Weg wiederholter Beobachtung zahlreicher Exemplare einzuschlagen. Ich habe an manchen Tagen über 100 Thiere durchmustert, jedes einzelne zu wiederholten Malen in Zwischenräumen von 1—2 Stunden. Um diese Arbeit rasch durchführen zu können muss man die Thiere stark durch allmähliche aber ausgiebige Compression abplatteln und durchsichtig machen. Die *Actinosphaerien* vertragen diese Behandlung, wenn sie vorsichtig durchgeführt wird, ganz ausgezeichnet, man kann zu wiederholten Malen dasselbe Exemplar so sehr abplatteln, dass seine Dicke nicht grösser ist als der Durchmesser eines Kernes, dass jeder Kern somit untersucht werden kann, ohne dass eine erheblichere über ihn gelegene Protoplasmalage das Bild trübt. Man erreicht das am leichtesten mittelst eines Verfahrens, welches sich überhaupt bei der Unter-

suchung kleiner und zarter Objecte sehr empfiehlt und ganz besonders auch zum Unterricht in den zoologischen Uebungen geeignet ist. Man bedeckt das Object mit einem Deckgläschen mit Wachsfüsschen, drückt dann mit einer heissen Nadel abwechselnd auf die einzelnen Füsschen, wodurch der schmelzende Wachstropfen abgeplattet wird, bis die nöthige Dünnhheit der Wachsschicht erreicht ist. Wenn man sich einmal ein solches zu stärkster Compression geeignetes Deckgläschen zubereitet hat, kann man es auch direct gebrauchen, nur muss man es vorsichtig auflegen und einen grossen Wassertropfen anwenden, welcher das Deckgläschen balancirt. Der nöthige Grad der Compression wird dann dadurch, dass man einen Theil des Wassers durch Fliesspapier entfernt, herbeigeführt.

Durch Anwendung des geschilderten Verfahrens habe ich etwa 40 Actinosphaerien mit Kerntheilung in den Monaten November und December 1882 und Januar 1883 aufgefunden. Dieses relativ reiche Material hat es mir möglich gemacht, zu wiederholten Malen die Kerntheilung von Anfang bis zu Ende am lebenden Thiere zu verfolgen, sowie auch die verschiedensten Stadien mit Reagentien zu behandeln. Ich habe die Reagentienbehandlung sogar in der mannichfachsten Weise variiren und dabei controliren können, welche Art der Behandlung die naturgetreuesten Bilder liefert. Ich bin dabei zu dem Resultat gekommen, dass bei Actinosphaerium keine befriedigende Conservirung erzielt werden kann, wenn man dem Reagenz nicht so viel Osmiumsäure zusetzt, dass eine erhebliche Osmiumwirkung erzielt wird. Die besten Praeparate erhielt ich mittelst reiner Osmiumsäure (1—2 0/0), Osmium-Chromsäure (Gemisch von 1—2 0/0 Osmiumsäure und 0.5 0/0 Chromsäure), ganz besonders aber mittelst Osmium-Essigsäure (Gemisch von 1—2 0/0 Osmiumsäure und 2 0/0 Essigsäure). Um die Schwärzung zu verhüten habe ich entweder mit Picrocarmin oder Beale'schem Carmin gefärbt oder mit 2 0/0 Kali bichromicum-Lösung ausgewaschen und dieses wieder durch häufiges Ausspülen mit destillirtem Wasser entfernt. Praeparate, welche mit Osmium-Essigsäure und später mit Kali bichromicum behandelt waren, ergeben namentlich bei Aufhellung in verdünntem Glycerin Bilder, welche dem Leben am meisten ähneln. Neben ihnen verdient die Behandlung mit Osmium-Essigsäure-Picrocarmin empfohlen zu werden, während das Beale'sche Carmin schadet, weil es Quellung veranlasst.

Ausserdem habe ich 1—2 % Essigsäure, 0,1—0,5 % Chromsäure und Kleinenberg's Picrin-Schwefelsäure wiederholt angewandt, ohne sonderlich mit ihnen zufrieden zu sein. Namentlich kann ich nicht in das Lob einstimmen, welches in der Neuzeit von Flemming der Wirkungsweise der Chromsäure gespendet worden ist, da sie bei Actinosphaerium wenigstens die Gestalt des Kerns zur Zeit der Theilung verändert und unregelmässige Gerinnungen veranlasst. Nachträgliche Färbung mit Safranin hat mir ebenfalls keine guten Praeparate geliefert. Zum Theil war dieser Misserfolg vielleicht durch die Beschaffenheit des angewandten Safranins bedingt, zum Theil aber jedenfalls auch durch die Ungunst des Objects. Das Ungünstige bei dem Actinosphaerium liegt besonders darin, dass das Protoplasma sich mit Anilin intensiv färbt, was zur Folge hat, dass das ganze Thier sehr undurchsichtig wird. Wäscht man dagegen lange mit Alkohol aus, so leidet die Kernfärbung. Wer trotzdem sich der Anilinmethode bedienen will, muss das Thier zerpfeifen oder noch besser durch Druck auf das Deckgläschen zerquetschen, nachdem das Thier in Canadabalsam eingebettet worden ist. Nicht selten gelingt es, auf diese Weise einzelne Kerne und Kernspindeln zu isoliren, welche viel leichter zu untersuchen sind. Isolation durch Druck und Zerpfeifen habe ich übrigens auch in dem Falle vorgenommen, wo das Präparat wie z. B. bei Osmiumsäure-Behandlung genügend durchsichtig bleibt, da das Bild an Schärfe und Klarheit ausserordentlich gewinnt, wenn es nicht theilweise durch das protoplasmatische Vacuolengerüst verdeckt wird.

Nachdem ich mit meinen Untersuchungen über die Kerntheilung zur Klarheit gekommen war, zum Theil auch schon vorher, habe ich die Structur des ruhenden Kerns zu erforschen gesucht. Von einem ruhenden Kern kann man streng genommen nicht reden, weil auch in den Zwischenräumen zwischen zwei Theilungen die Kerne beständigen Veränderungen unterliegen, nur dass dieselben sich äusserst langsam vollziehen. Man kann ihren Zusammenhang daher nicht durch directe Beobachtung feststellen, sondern muss die neben einander auftretenden Zustände combiniren und daraus sich von der Umwandlung der Kernformen ein Bild entwerfen.

1. Der Bau des ruhenden Kerns.

Während man in früheren Zeiten für die verbreitetste Form des Kerns ein Bläschen hielt, von welchem ein kleineres Körperchen, der Nucleolus, umschlossen wird, ist man in der Neuzeit im Gegentheil bemüht, die Existenz einer solchen Kernform in Abrede zu stellen oder ihr Auftreten als etwas Aussergewöhnliches hinzustellen. Mehr und mehr macht sich die Ansicht geltend, dass der Kern ein Bläschen sei, welches von einem Gerüst oder auch einem vielfach verschlungenen Faden von Kernsubstanz durchsetzt wird. Bei den Rhizopoden fällt es nun leicht, die viel umstrittene uninucleoläre Kernform als etwas sehr häufiges bei vielen Heliozoen und den meisten Monothalamien (z. B. *Arcella vulgaris*) nachzuweisen. Auch bei *Actinosphaerium* habe ich mich von ihrer Existenz überzeugt, obwohl sie hier dem Beobachter nur selten entgegentritt, offenbar, weil sie einen rasch vorübergehenden Zustand darstellt.

Die Kerne des *Actinosphaerium* findet man, wie schon frühere Beobachter angeben, leicht auf, wenn man den Tubus des Microscops vorsichtig und allmählich senkt. Kurz bevor man den Punkt der schärfsten Einstellung erreicht hat, leuchten sie dem Beobachter als matt glänzende weissliche Stellen entgegen. Weniger auffällig sind sie, wenn man genau auf ihre optischen Durchschnitte einstellt; dann machen sie mehr den Eindruck von Vacuolen, welche in einem dichteren Protoplasma eingeschlossen sind. Ihre Umgrenzung ist scharf gezogen, was von der Anwesenheit einer Kernmembran herrührt. Letztere wird namentlich bei Behandlung mit Reagentien sehr deutlich, sie erscheint zwar auch dann nicht derb, aber doch dick genug, um die Bezeichnung doppelcontourirt zu verdienen. Ihre Anwesenheit erleichtert es wesentlich, die Kerne beim Zerzupfen zu isoliren.

Wenn wir von den Kernkörperchen einstweilen absehen, so erscheint der Inhalt der Kernvacuolen im frischen Zustand vollkommen durchsichtig und homogen, als würde er von einer wasserklaren Flüssigkeit gebildet. Erst nach der Behandlung mit Reagentien wird eine Structur erkennbar, indem man nun in dem Zwischenraum zwischen dem Nucleolus und der Kernmembran sehr kleine Körnchen erblickt, welche untereinander gleich, dicht gedrängt und in gleichen Abständen vertheilt sind. In Carmin färbt

sich die betreffende Partie des Kerns matt rosa, auf Safraninpräparaten bleibt sie vollkommen farblos.

Man kann zweifelhaft sein, ob man hier eine normale Structur vor sich hat, welche im frischen Zustand nicht sichtbar ist und nur durch Reagentien deutlich gemacht wird, oder ob es sich um Kunstproducte handelt. Lange Zeit über habe ich selbst letzteres angenommen und die Ansicht gehabt, dass die Kernvacuole von Kernsaft erfüllt sei, welcher Eiweisssubstanzen in sich gelöst enthält, dass diese Eiweisssubstanzen durch die angewandten Reagentien zur Gerinnung gebracht und ausgefällt werden und die gleichmässige Körnelung hervorrufen. Aus später zu erörternden Gründen bin ich jetzt viel mehr geneigt, die Körnelung auf eine normale Structur des Kerns zu beziehen und als den optischen Ausdruck eines Gerüsts von achromatischer Kernsubstanz aufzufassen. In den Maschen des Kerngerüsts würde dann noch eine klare Füllmasse, wohl am besten Kernsaft, anzunehmen sein.

Im Centrum des Kerns liegt der Nucleolus; seine Contour ist scharf gezeichnet und fast stets durch einen Zwischenraum von der Wandung der Kernvacuole getrennt. Kann man schon aus letzterer Erscheinung mit einiger Sicherheit den Schluss ziehen, dass er für gewöhnlich nicht etwa einseitig der Kernwand angeschmiegt ist, so wird diese Deutung zur Gewissheit erhoben, wenn man isolirte Kerne durch Verschieben des Deckgläschens rotiren lässt. Denn auch dann kann man eine trennende Zone allseitig erkennen und nur ausnahmsweise eine Berührung des Nucleolus mit der Kernmembran constatiren.

Bei der Untersuchung des Nucleolus habe ich wiederholt gesehen, dass er aus zwei verschiedenen und scharf von einander getrennten Substanzen besteht, welche man am leichtesten im frischen Zustand, schwieriger bei Anwendung von Reagentien unterscheidet und die ich im Folgenden als Nuclein und Paranuclein bezeichnen werde. Die eine Substanz, das Nuclein, ist stark lichtbrechend, gerinnt in Chrom- und Essigsäure, dunkelt bei Osmiumsäurebehandlung und färbt sich intensiv in Carmin; man kann sie daher auch in Uebereinstimmung mit Flemming Chromatin nennen. Die andere Substanz, das Paranuclein, welche an Masse ausserordentlich viel geringer ist als jene, ist beim lebenden Thier sehr durchsichtig und zart contourirt und kann daher leicht übersehen werden; sie bleibt in Carmin farblos und wird auch bei der Anwendung von Osmiumsäure, Chromsäure und Essigsäure nicht schärfer contourirt. Die Behandlung mit Reagentien trägt daher

eher dazu bei, den zweiten geformten Bestandtheil undeutlicher zu machen, da dann die oben beschriebene Körnelung des Kerns auftritt und ihn verdeckt. Am besten konnte ich die Substanz zur Anschauung bringen, wenn ich verdünntes Beale'sches Carmin sehr kurze Zeit auf Osmiumsäure-Präparate einwirken liess, gerade nur so lang, als nöthig war, um eine matte rosa Färbung des Nucleolus zu bewirken und die Osmiumschwärzung zu verhindern. Aber auch dann war es immer nur ein Theil der Kerne, welcher die Structur zeigte.

Die Gestalt des Nucleolus ist sehr erheblichen Schwankungen unterworfen. Selten ist er kugelförmig (Taf. IX, Fig. 1). Dann besteht die Hauptmasse aus Nuclein und nur an einem Ende der Kugel fehlt ein Stück, als ob ein Theil durch einen Querschnitt entfernt worden wäre. Hier sitzt nun, die Kugel ergänzend, ein calottenförmiges Stück von Paranuclein auf und ist nicht selten mit einem kleinen Spitzchen in eine Einkerbung der Nucleinkugel eingelassen (Fig. 2). Wenn die Einkerbung tiefer und ansehnlicher ist, so nimmt die Nucleinmasse eine bisquit- oder hantelförmige Gestalt an, indem zwei Endanschwellungen entstehen, welche durch ein gekrümmtes Verbindungsstück zusammenhängen (Fig. 3); gleichzeitig bildet das Paranuclein ein schwach gekrümmtes Stäbchen, dessen Krümmung zur Krümmung der Nucleinmasse senkrecht gestellt ist und in sie eingreift wie zwei Kettenglieder mit ihren Enden in einander eingreifen (Fig. 4). Aus diesem Bild lassen sich zwei andere Bilder mit Leichtigkeit ableiten. Wenn man sich die Anschwellungen der Hantelköpfe verschmolzen denkt, so entsteht eine Nucleinscheibe mit einer excentrischen Oeffnung, einer Art Vacuole, in welche das Paranucleinstäbchen hineinragt (Fig. 5). Der Kernkörper gewinnt dann das Aussehen, welches mein Bruder vom Nucleolus des Seesterneies abgebildet hat, zur Zeit, wo das Keimbläschen anfängt sich aufzulösen und die Umgestaltungen beginnen, welche der Bildung der Richtungsspindel vorgehen.

Auf der anderen Seite kann das verbindende Stück der Hantel feiner werden und schliesslich ganz schwinden, so dass sich zwei Nucleoli bilden, welche von einander durch ein queres Stäbchen von Paranuclein getrennt werden. Die beiden Stücke besitzen in allen meinen Präparaten verschiedene Grösse; gewöhnlich ist das eine sogar ganz erheblich kleiner als das andere. Hiermit beginnen die plurinucleolären Kerne (Fig. 6—8), wie sie für gewöhnlich beim *Actinosphaerium* beobachtet werden.

Die Zahl der Nucleoli bei den plurinucleolären Kernen unterliegt vielfachen Schwankungen. Verhältnissmässig selten beträgt sie 3, häufiger dagegen 4, welche sich um das Körperchen von Paranuclein herum gruppieren. Letzteres besitzt dann häufig nicht mehr die Form eines Stäbchens, sondern ist rundlich und zeigt Spitzen, welche zwischen die Nucleoli vorragen. Gar nicht selten begegnet man dem in Figur 11 dargestellten Bild. Das Paranucleinkörperchen sieht aus, als bestände es aus 2 sehr kleinen Stäbchen, welche wie 2 Schenkel gekreuzt sind; die Nucleoli liegen an den Spitzen der Schenkel und etwas seitlich von ihnen.

Wir kommen jetzt zur Besprechung der Kernformen, welche man den grössten Theil des Jahres über und am häufigsten beobachtet und welche daher von früheren Forschern am meisten beschrieben worden sind. Im Innern des Kerns liegt ein Haufe von 6—20 Nucleoli, welche um so kleiner sind, je grösser ihre Zahl. Man möchte oft sagen, dass der Nucleolus in kleine Körnchen zerstäubt sei. Hier ist es sehr schwer festzustellen, was aus dem Paranuclein geworden ist, und nur durch viele und genaue Untersuchungen bin ich zu dem Resultat gekommen, dass es als ein Korn im Centrum des Haufens von Kernkörperchen enthalten ist, dass es mit einem feinen Fortsatz an jedes derselben herantritt und alle somit unter einander zu einer Rosette vereinigt (Fig. 12—15). Für diese Ansicht spricht unter Anderem auch die Gestalt der Nucleoli, welche keulenförmig sind, das dicke Ende nach aussen und das feinere centralwärts gewandt. Das centrale Ende zieht sich zu einem immer undeutlicher werdenden Faden aus. Ausserdem erklärt sich auch die Anordnung der Nucleoli, welche sich meistens in einem Kranz um das Kerncentrum gruppieren, während dieses selbst von ihnen frei ist (Fig. 16, 17). Wenn der Kranz nach einer Seite offen bleibt, so resultirt eine fächerförmige Anordnung wie in Figur 13 oder die Nucleoli liegen links und rechts vom Centrum in zwei Reihen vertheilt.

Dass die bisher geschilderten Zustände des Kerns aus einander hervorgehen und dass sie dabei im Allgemeinen sich an einander reihen, wie ich es angenommen habe, kann wohl kaum bezweifelt werden. Schwieriger ist es zu entscheiden, in welcher Richtung der Umbildungsprocess vor sich geht. Ich bin zur Ansicht gekommen, dass die Richtung genau derjenigen entgegengesetzt ist, welche ich bei der Schilderung aus Zweckmässigkeitsgründen gewählt habe. Die staubförmigen Nucleoli sind ursprünglich vor-

handen, erst allmählich vereinigen sie sich zu grösseren Stücken, bis endlich nur ein einziger Nucleolus und Paranucleolus gegeben ist; dann tritt die Theilung ein, über welche ich im nächsten Abschnitt sprechen werde.

Die Beschreibung des ruhenden Kerns kann ich nicht beschliessen, ohne Beobachtungen zu erwähnen, welche ich an sehr verschiedenen Kernen, aber stets nur nach Behandlung mit Reagentien gemacht habe. Ich fand im geronnenen Kernsaft farblose, kleinste, stark lichtbrechende Körnchen in geringer Zahl. Sie schienen untereinander und mit dem Nucleolus durch zarte Fäden zusammenzuhängen; sie erinnerten mich an eine Structur, welche ich auch im Keimbläschen junger Froscheier einmal gelegentlich gesehen habe. Wahrscheinlich gehören die Körnchen und Fäden ebenfalls dem Paraneleuin zu (Fig. 18). Auf ihre Deutung komme ich später noch einmal zurück, wenn ich die Frage erörtere, wie sich die als Paraneleuin beschriebenen Kerntheile zu der gleich anfänglich besprochenen Körnelung verhalten.

Literatur. Eine genaue und erschöpfende Darstellung der verschiedenen Kernformen des Actinosphaerium ist bisher noch nicht gegeben worden; in der Literatur liegen daher zur Zeit nur Angaben vor, welche einander zu widersprechen scheinen, da der eine Forscher vorwiegend diese, der andere jene Kernform zu Gesicht bekommen hat. M. Schultze¹⁾ hat nur Kerne oder, wie er selbst sich ausdrückt, Zellen, mit 2—8 Nucleoli, welche letztere er für die Kerne hielt, gesehen. Kölliker²⁾ und später F. E. Schulze³⁾ sprechen dagegen nur von uninucleolären Kernen. Letzterer kam zu dem Resultat, dass bei Behandlung mit destillirtem Wasser oder sehr verdünnter Essigsäure ein „im lebenden Thiere stets nur als eine zusammenhängende Masse erscheinender Körper oft in zwei oder mehr einzelne Klumpen zerfällt“ und neigt zur Annahme, dass sich so die Angaben über das Auftreten von vielen Nucleoli im Kern erklären. Bei einer mit E. Lesser⁴⁾

¹⁾ M. Schultze, Das Protoplasma der Rhizopoden und Pflanzenzellen. Ein Beitrag zur Theorie der Zelle. Leipzig 1863. p. 36.

²⁾ Kölliker, Ueber Actinophrys sol. Zeitschrift f. wissenschaftl. Zoologie. Bd. I p. 200.

³⁾ F. E. Schulze, Rhizopodenstudien. Archiv f. mikroskop. Anatomie. Bd. X.

⁴⁾ R. Hertwig und E. Lesser, Ueber Rhizopoden und denselben nahe stehende Organismen. Archiv f. mikroskop. Anatomie Bd. X Suppl.

gemeinsam ausgeführten Untersuchung der Actinosphaerium-Kerne hatten wir am lebenden Thier auch nur uninucleoläre Kerne aufgefunden; dagegen bezogen sich unsere Angaben über eine grössere Zahl von Nucleoli auf Thiere, welche mit Essigsäure behandelt waren, so dass der Einwand, es handle sich um einen künstlich durch Reagentien herbeigeführten Zerfall des einfachen Nucleolus nicht ausgeschlossen war. In der Neuzeit endlich hat Gruber ¹⁾ die ruhenden Kerne, von Actinosphaerium beschrieben und abgebildet, aber in einer Weise, die ich schwer mit den Resultaten meiner Untersuchung vereinbaren kann. Ich glaube nicht, dass die uninucleolären Kerne Gruber's dasselbe sind, wie die von mir unter diesem Namen beschriebenen. Letztere sind grosse Kerne, von denselben Durchmessern wie die übrigen Kerne; erstere sollen wesentlich kleiner sein. Ich kann mir nur denken, dass Gruber die feingranulirten kleinen Kerne, welche aus der Theilung hervorgehen und später von mir besprochen werden sollen — dieselben zeigen ungefähr die Grössenverhältnisse und die Vertheilung wie in Gruber's Figur 2 — vor sich gehabt und den ganzen Kern für den Nucleolus gehalten hat. Unter dieser Voraussetzung ist der helle Hof, welchen Gruber zeichnet, ein Kunstproduct, wie das sicher bei den Kerntheilungsfiguren der Fall ist, um welche Gruber ebenfalls einen thatsächlich nicht existirenden Hof angiebt. Ist diese Annahme richtig, dann hat Gruber uninucleoläre Kerne überhaupt nicht gesehen, ebensowenig wie die Kerne mit 2—4 Nucleoli.

2. Die Theilung der Kerne.

Die ersten Stadien der Kerntheilung von Actinosphaerium sind schwer aufzufinden, weil die Umlagerungen der Kernsubstanz, welche die Theilung vorbereiten, wenig in die Augen fallen und in Folge dessen leicht übersehen werden. Dieser Umstand kommt um so mehr in Betracht, als es ohnehin nur selten gelingt, Theilungsstadien zu beobachten. Sehr frühe Stadien der Kerntheilung habe ich überhaupt nur zweimal angetroffen, das eine Mal bei einem schon abgetödteten Exemplar, das andere Mal bei einem

¹⁾ Gruber, Ueber Kerntheilungsvorgänge bei einigen Protozoen. Zeitschr. f. wissensch. Zool. Bd. XXXVIII p. 375.

lebenden Actinosphaerium, welches ich auch frühzeitig abtödtete, um die wichtigen Kernformen in Musse untersuchen zu können.

Das an zweiter Stelle genannte Actinosphaerium besass zahlreiche uninucleoläre Kerne. Was mich sofort erkennen liess, dass die Kerntheilung sich vorbereite, war das Verhalten des Protoplasma, welches anfang sich im Umkreis des Kernes als eine homogene Masse anzusammeln. Bei vielen Kernen zeigte das homogene Protoplasma eine deutlich polare Anordnung, indem es sich an 2 entgegengesetzten Enden der Kernvacuole besonders reichlich angehäuft hatte und sich hier zu zwei kegelförmigen Aufsätzen erhob. Kern und Protoplasma erzeugten gemeinsam einen spindelförmigen Körper mit abgerundeten Enden, dessen Länge etwa doppelt so gross war wie die Breite. Die Kernvacuole lag genau in der Mitte der Spindel und füllte dieselbe aus, da ihr Durchmesser nahezu gleich gross war wie die Breite der Spindel. Bei den Kernen des anderen Actinosphaerium war die polare Anordnung des Protoplasma erst in der Entwicklung begriffen. Die Menge des um den Kern sich anhäufenden Protoplasma war zwar schon bedeutend, der dadurch veranlasste Hof hatte aber noch eine unregelmässige und bei den einzelnen Kernen verschiedene Gestalt, indem er bald hier, bald dort Verdickungen bildete.

Zum Theil war im Inneren des Kernes der einfache Nucleolus noch fast ganz unverändert, wenn wir davon absehen, dass seine Umrisse anfangen, unregelmässig höckerig zu werden. Meist aber waren erheblichere Veränderungen eingetreten. Das Kernkörperchen war tief eingeschnürt und in Lappen zerfallen und mit abgelösten Körnchen umgeben, seine Contouren nicht mehr so deutlich wie früher; oder es war mehr oder minder vollständig in einen Körnchenhaufen aufgelöst, in dem zuweilen noch ein grösseres, noch nicht in Körnchen umgewandeltes Stück des Nucleolus zu sehen war.

Die Beobachtung der soeben beschriebenen Bilder ist für mich Veranlassung zu der schon geäusserten Ansicht, dass der uninucleoläre Zustand aus dem multinucleolären durch Verschmelzung der Nucleoli hervorgeht und dass er Ausgangspunkt für die Kerntheilung wird. Ueberraschend sind hierbei die frühzeitigen Veränderungen des Protoplasma, um so überraschender als die Kerntheilung bei Actinosphaerium nicht zur Zelltheilung führt. Man könnte hieraus folgern, dass der Anstoss zur Kerntheilung vom Protoplasma ausgehe, dass erst durch die polare Anordnung des

letzteren die polare Differenzirung der Kernsubstanz hervorgerufen werde. Indessen kann man auch die Beobachtungen in einem ganz anderen Sinne verwerthen und zur Ansicht gelangen, dass im Kern frühzeitig eine Polarität vorhanden ist, bevor sie noch in seiner Structur zum Ausdruck gelangt, dass dieselbe sogar schon auf diesem Stadium Einfluss auf die Gruppierung des Protoplasma gewinnt. Welche von beiden Auffassungen die richtige ist, lässt sich durch Erörterung des einzelnen Falles nicht entscheiden; man muss da die Gesamtheit der bei den Kerntheilungen beobachteten Erscheinungen in's Auge fassen. Diese scheinen mir dem Kern die leitende Stellung anzuweisen und somit für die zu zweit genannte Auffassung zu sprechen.

Die Protoplasmakegel — so werde ich im Folgenden die polaren Ansammlungen homogenen Protoplasmas nennen — bleiben unverändert während fast der gesammten Kerntheilung bestehen und bilden sich erst spät zurück; ich kann sie daher bei der Beschreibung der nächsten Stadien mit Stillschweigen übergehen und mache hier nur darauf aufmerksam, dass sie leicht zu irrthümlichen Deutungen Veranlassung geben können. Da der Kern thierischer und pflanzlicher Zellen bei der Theilung in den meisten Fällen eine Spindelgestalt annimmt, so könnte man geneigt sein, auch beim *Actinosphaerium* auf späteren Stadien die Protoplasmaspindel zum Kern zu rechnen, um so mehr, als sie sich in Carmin ziemlich intensiv färbt. Das Irrthümliche dieser Anschauung ist nun nicht allein durch die Beobachtung der geschilderten frühen Stadien dargethan, sondern auch durch die Thatsache, dass das Protoplasma continuirlich in die umgebenden Trabekeln des schaumigen Körpers der *Actinosphaerien* übergeht. Um das zu beweisen, braucht man nur die Protoplasmaspindel nach der Erhärtung in Osmiumsäure durch Zerzupfen zu isoliren, wie das bei dem in den Figuren 35 und 36 auf Tafel IX abgebildeten Exemplar auf einem vorgeschrittenen Stadium der Kerntheilung geschehen ist. Auch ist der Contour des Kerns gegen die Protoplasmaaufsätze allzeit deutlich erkennbar.

Alle von jetzt ab folgenden Stadien der Kerntheilung habe ich an relativ zahlreichen Exemplaren beobachten und einer genaueren Untersuchung unterwerfen können. Denn wenn auch während der unmittelbar sich anschliessenden Veränderungen die Kerne nichts besonders Auffälliges zeigen, so findet sich doch zwischen ihnen immer eine Anzahl anderer Kerne, welche in der Theilung schon weiter vorgeschritten sind und dabei charakteri-

stische Gestalten angenommen haben, die auch bei oberflächlicher Beobachtung sofort die Anwesenheit von Theilungsprozessen erkennen lassen.

Ich habe daher wiederholt von jetzt ab die Kerntheilung am lebenden Thier und im Zusammenhang bis zu Ende verfolgen können; leider habe ich verabsäumt, die Zeit zu bestimmen, welche der ganze Process für sich in Anspruch nimmt; aus der Erinnerung schätze ich sie etwa auf $1\frac{1}{2}$ Stunden.

Nachdem der Nucleolus zerfallen ist, macht der Kern, im frischen Zustand untersucht, den Eindruck eines soliden Körpers, einer Kugel, welche aus feinen, dicht aneinander gestellten und durch das ganze Innere gleichmässig vertheilten Körnchen besteht (Taf. IX Fig. 19). Die Körnchen werden immer feiner, so dass man nichts als eine ausserordentlich zarte Punktirung wahrnimmt (Fig. 20). Nun fangen die oberflächlichen Parteen an, sich allmählich aufzuklären und homogen zu werden; die sich bildende helle Schicht ist anfänglich ringsum gleich breit (Fig. 21), sie wird aber schon frühzeitig breiter an den Polen, welche durch die Protoplasmakegel von Anfang an kenntlich gemacht sind (Fig. 22); hier bleibt sie allein bestehen, während in der Gegend des Aequators die homogene Masse wieder verschwindet. Der Kern setzt sich daher jetzt zusammen aus einem feinkörnigen Mittelstück und zwei homogenen Endstücken von der Gestalt von Kugelmützen, welche gegen das Mittelstück nur undeutlich abgegrenzt sind. Eine scharfe Grenze tritt erst später auf, wenn das Mittelstück sich weiterhin differenzirt hat. In ihm entwickelt sich nämlich ein dunkles, anfänglich nach beiden Kernenden hin verwaschenes (Fig. 23), später scharf gezogenes queres Band (Fig. 24), als der Ausdruck einer äquatorialen Lage, der Kernplatte; der übrige Theil der feinkörnigen Masse nimmt in der Nachbarschaft der Pole eine streifige Beschaffenheit an und setzt sich von den homogenen Enden um so schärfer ab, je deutlicher die einzelnen Streifen werden. Die homogenen Enden, welche mit den Protoplasmaaufsätzen nicht verwechselt werden dürfen, da sie Theile des Kerns selbst sind, nenne ich Polplatten. Sie sind zwar wesentlich schmaler als früher geworden, aber sowohl von dem Protoplasma wie von den übrigen Theilen des Kerns durch äusserst scharfe Contouren getrennt. Dagegen ist es nicht möglich, sie von der Kernmembran zu unterscheiden, sie sehen wie verdickte Parteen derselben aus. Die besprochene Streifung dehnt sich allmählich nach den äquatorialen Parteen des Kerns aus, bis die

einzelnen Streifen durch die Kernplatte hindurch sich als feingekörnte parallele Linien von einer Polplatte bis zur entgegengesetzten erstrecken.

Inzwischen hat sich auch die Gestalt des Kerns verändert, seine Längsaxe hat sich verkürzt, seine Breite zugenommen; am breitesten wiederum ist er genau in der Gegend des Aequators, als ob er hier durch die in Bildung begriffene Kernplatte auseinandergedrängt würde. Die Polplatten haben dagegen die Gestalt äusserst niedriger breitbasiger Kegel.

Während der nächsten Stadien erhalten sich die beiden Polplatten nahezu unverändert, und nur an der Kernplatte spielen sich wichtige Umgestaltungen ab. Sie wird dunkler, schärfer contourirt und nimmt an Dicke zu, wobei ich als Dicke ihre Ausdehnung nach der Axe des Kerns verstehe (Fig. 25); zugleich wird auch eine feinere Structur an ihr immer deutlicher. Eine zarte, sehr regelmässige Streifung parallel der Längsaxe des Kerns weist darauf hin, dass die Platte aus lauter Stäbchen besteht, welche dicht neben einander gestellt sind, wie die Stiftchen eines Mosaiks, dann spaltet sich die Kernplatte der Quere nach in 2 Theile, die Seitenplatten (Fig. 26). Dieser wichtige, in der Neuzeit vielfach in Abrede gestellte Vorgang lässt sich beim Actinosphaerium durch directe Beobachtung feststellen. Inmitten der Kernplatte bildet sich eine helle Partie aus, welche sich rasch vergrössert und als querer äquatorialer Spalt den ganzen Kern durchsetzt. Die Spaltungsproducte der Kernplatte oder die Seitenplatten stimmen mit dieser, wie es nach ihrer Entwicklungsweise sich nicht anders erwarten lässt, vollkommen im feineren Bau überein und erwecken gleichfalls den Eindruck, als wären sie aus kleinen in querer Richtung zusammengefügtten Stiftchen gebildet, nur mit dem Unterschiede, dass die Stiftchen wesentlich kürzer sind. Indem der äquatoriale Spalt sich erweitert, weichen die beiden Seitenplatten nach den Kernpolen zu auseinander. Dabei dehnt sich die Längsstreifung des Kerns in undeutlicher Weise auch auf die zwischen den Seitenplatten gelegene Partie aus.

Mit der Spaltung der Kernplatte beginnt von Neuem eine Veränderung der Kerngestalt, welche sich nun wieder in die Länge streckt unter entsprechender Abnahme der Breite. War früher der Kern im Aequator besonders hervorgetrieben, so kann er jetzt in derselben Gegend vorübergehend eine leichte Einschnürung erfahren. Die Längsstreckung des Kerns nimmt langsam zu bis zur Zeit der Theilung; mit ihr combinirt sich eine leichte band-

förmige Abplattung des Kerns und später auch eine schwache Krümmung über eine seiner Breitseiten.

Die beiden Seitenplatten sind kurz nach ihrer Entstehung von ebenen und parallelen Flächen begrenzte Scheiben. Je mehr sie aber auseinander weichen (Fig. 27), um so mehr krümmen sie sich schüsselförmig, weil sie sich in ihren mittleren Partien rascher von einander entfernen als in der Peripherie; da sie ausserdem rascher auseinander weichen als sich der Kern streckt, gelangen sie bald an die Kernpole und verschmelzen hier so innig mit den Polplatten (Fig. 28), dass beiderlei Substanzen sich durchdringen und eine einzige Masse bilden. Um diese Zeit gewährt der Kern ein äusserst charakteristisches Bild: die beiden Enden (Fig. 29 bis 32) werden durch zwei hohle Halbkugeln bezeichnet, welche stark das Licht brechen und vollkommen homogen aussehen; sie kehren einander ihre Höhlungen zu und sind verbunden durch eine durchsichtige, kaum noch streifige Partie, welche dem Kerne ebenfalls angehört, da sie seitlich durch mehr oder minder deutliche Contouren vom Protoplasma gesondert ist. Die convexen Seiten der Halbkugeln tragen die kegelförmigen Protoplasmaaufsätze.

Bei der Schilderung der letzten Stadien der Kerntheilung bespreche ich die einzelnen Theile getrennt. Die terminalen hohlen Halbkugeln stellen offenbar die wichtigsten Partien dar; sie nähern sich mehr und mehr der Kugelgestalt und schrumpfen zu kleinen soliden Körpern zusammen, indem ihre Wandungen sich verdicken und das Lumen entsprechend bis zu völligem Schwund eingeengt wird. Eine Zeit lang findet sich noch eine Einkerbung an der Stelle, wo die Aushöhlung sass, dann verstreicht auch sie (Fig. 33 und 34).

Inzwischen hat sich das Verbindungsstück des Kerns gestreckt und eingeschnürt. Es ist im frischen Zustande kaum noch wahrzunehmen, da es inmitten von homogenem Protoplasma liegt, welches ursprünglich die conischen Aufsätze bildete, während der Theilung des Kerns aber allmählich mehr nach dem Aequator verlagert worden ist.

Wenn endlich der Verbindungsstrang ganz durchschnitten ist, und seine Hälften in die neu entstehenden Tochterkerne aufgesogen worden sind, hat die Theilung ihr Ende erreicht. Die Tochterkerne sind wesentlich kleiner als der Mutterkern; sie sind gleichmässig fein granulirte Körper, welche sehr lebhaft Wanderungen ausführen, auf einander zu rücken, um sich dann wieder zu ent-

fernen. Bei diesen Wanderungen fällt es sehr schwer, sie im Auge zu behalten, da sie im frischen Zustande sich wenig vom umgebenden Protoplasma absetzen. Die kleinen feinkörnigen, aus der Theilung hervorgegangenen Kerne hat meiner schon ausgesprochenen Vermuthung zu Folge Gruber für die Nucleoli uninnucleolärer Kerne gehalten. Bei Behandlung mit Chromsäure können sie zu homogen erscheinenden kugeligen Körpern gerinnen, es kann ferner die Kernmembran abgehoben werden und so das von Gruber geschilderte und auch von mir wiederholt beobachtete Bild (Taf. X, Fig. 26) entstehen.

Wie es fast stets zu sein pflegt, sind auch bei der Kerntheilung von Actinosphaerium manche Verhältnisse beim lebenden Thiere nicht gut zu erkennen. Ich habe daher zahlreiche Exemplare auf sehr verschiedenen Stadien abgetödtet und eine Serie von Bildern erhalten, wie man sie sich vollständiger überhaupt nicht wünschen kann. Aus derselben werde ich die wichtigsten Theilungszustände herausgreifen und genauer besprechen. Um möglichst sicher zu gehen, dass mir keine wesentlichen, mit den jetzigen optischen Hilfsmitteln erkennbaren Structures entgehen könnten, bediente ich mich zur Untersuchung einer ausgezeichneten Oelimmersion Zeifs $\frac{1}{8}$ und der Wasserimmersionen I, K und L.

Auf den ersten Stadien der Kerntheilung unterscheiden sich die mit Reagentien gewonnenen Präparate von den frischen nur durch die schärfere Zeichnung der Körnelung; dagegen war es nicht möglich, einen Schritt in der Untersuchung weiter zu kommen und die Frage zu entscheiden, ob wirklich einzelne Körnchen vorliegen oder ob das Bild nur der optische Ausdruck eines spongiösen Gerüsts von Kernsubstanz ist. Dazu sind die einzelnen Structurelemente zu zart und fein, selbst wenn man Oelimmersion und starke Oculare bei sehr gutem Lichte anwendet. Im Allgemeinen sprach der Eindruck mehr zu Gunsten der Annahme eines spongiösen Gerüsts.

Sehr empfindlich sind die Kerne gegen die Anwendung verdünnter Reagentien. Leicht treten Quellungen ein und heben die Kernmembran vom granulirten Inhalt ab. Dann zeigen alle Kerne eine homogene Zone, wie sie nur vorübergehend im Laufe der Entwicklung auftritt.

Für die weiteren Stadien haben die mit Reagentien (Osmium-Essigsäure) erzielten Präparate den Vorzug vor dem lebenden Objecte, dass die streifige Beschaffenheit des Kernes deutlicher ist und schon zu einer Zeit erkannt werden kann, wo die homogene

Polsubstanz sich soeben an den Kernenden anzuhäufen beginnt (Taf. X, Fig. 1 u. 2). Die äquatorialen Partien des Kerns sind um diese Zeit unregelmässig feinkörnig und trübe, letzteres ganz besonders, wenn man die Präparate gefärbt hat; sie werden nach den Polen zu lichter, indem die Körnchen spärlicher werden und zugleich eine reihenförmige Anordnung gewinnen¹⁾. Die Körnchenreihen sind gegen die in Bildung begriffenen Polplatten noch nicht deutlich abgesetzt. Erst wenn letztere auf einen schmalen Streifen reducirt werden und sich gleichsam verdichten, tritt eine scharfe Grenze zwischen dem streifigen Theil des Kerns und den homogenen Polplatten auf (Taf. X, Fig. 3). Ich will hier gleich bemerken, dass die Polplatten in ihrer Reaktion an das Paraneuclein erinnern. Am deutlichsten sind sie im frischen Zustande, bei Reagentienbehandlung, namentlich starker Färbung werden sie undeutlicher, am besten werden sie nachgewiesen, wenn man Osmium-Essigsäurepräparate mit doppelt chromsaurem Kali behandelt.

Eine auffallende Erscheinung ist es, dass von dem Moment ab, wo die periphere Aufhellung des feinkörnig gewordenen Kerns beginnt, eine Kernmembran durch Reagentienbehandlung nicht mehr deutlich gemacht werden kann, obwohl die scharfe Begrenzung des Kerns in keiner Weise alterirt wird. Das Gesagte gilt auch für sämmtliche weitere Stadien der Kerntheilung.

Nachdem die Polplatten sich abgegrenzt haben (Fig. 3), ist die Streifung durch den ganzen Kern hindurch von einem Pol zu dem anderen so deutlich zu verfolgen, dass man annähernd die Zahl der auf dem optischen Längsschnitt des Kerns neben einander liegenden Streifen bestimmen kann, eine Zahl, welche nicht immer die gleiche ist und von der Grösse des Kerns abhängt. Wie sehr dieselbe Schwankungen unterliegt, kann man daraus entnehmen, dass ich bei einem Actinosphaerium auf dem optischen

¹⁾ Aus dieser Zeit habe ich einmal eine pathologische Bildung beobachtet (Taf. XI, Fig. 37). Die Aufhellung des Kerns war nicht an den Polen vor sich gegangen, sondern in der einen Hälfte des Kerns, während auf der andern Seite sich die sonst im Aequator liegende Körnchenanhäufung befand. Von letzterer aus strahlten radienartig die Körnchenreihen allmählich undeutlicher werdend in die homogene Substanz aus. Die Protoplasmaanhäufung war auch auf die Seite des Kerns (selbstverständlich die aufgehellte) beschränkt. Man kann sich das Bild so entstanden denken, dass die beiden Kernpole anstatt einander gegenüber, sich neben einander auf derselben Seite entwickelt hatten und wegen ihrer benachbarten Lagerung zusammengelassen waren.

Längsschnitt des Kerns neben einander 22 Streifen zählte, bei einem anderen Exemplar dagegen nur 12. Ferner ist es möglich, mit vollkommener Sicherheit zu ermitteln, dass die Streifung durch parallele Fäden bedingt ist, und dass diese Fäden noch eine feinere Structur besitzen. Bei sehr starken Vergrösserungen sieht jeder Faden aus, als bestände er, ähnlich einer Perlenkette, aus kleinen an einander gereihten Körnchen (Taf. X, Fig. 24).

Die Entwicklung der Kernplatte ist nun dadurch bedingt, dass sich die Körnchen in der Gegend des Aequators anhäufen. Ausserdem aber scheinen auch die einzelnen Körnchen unter einander zu verschmelzen, so dass aus Vereinigung mehrerer kleinerer ein grösseres Element entsteht. Denn so grosse Körner, wie wir später in der Kernplatte antreffen, sind anfänglich nicht vorhanden. So lange nur eine einzige Reihe, oder — richtiger gesagt — Lage von Körnchen vorhanden ist, ist die Kernplatte schmal (Fig. 5); sie wird breiter, wenn sich zu ihnen weitere Theilchen hinzugesellen. Je mehr dieser Anhäufungsprocess vorgeschritten ist, um so schärfer setzt sich die Kernplatte gegen die übrigen Theile des Kerns ab. Alles das tritt besonders gut an gefärbten Präparaten hervor. Ist die Kernplatte vollkommen gebildet, so färben sich die Kernfäden ausserhalb derselben sehr wenig oder gar nicht, auch sehen sie nur schwach granulirt aus, die Stäbchen der Kernplatte dagegen sind an guten Carminpräparaten rubinroth und bilden in ihrer Gesammtheit ein breites Querband, das an Canadabalsam-Präparaten scharf begrenzt dem Beobachter entgegenleuchtet. Jedes Stäbchen erscheint nur so lang als ein einheitliches Element, als man mässig starke Systeme anwendet, von der Oelimmersion $\frac{1}{18}$ oder auch Wasserimmersion K und L wird es in eine Reihe (etwa 6—7) nahezu gleich grosser Körner aufgelöst, welche dicht und gleichmässig an einander gefügt sind. Ganz anders fallen die Bilder aus, wenn man frühere Stadien wählt, wo die Kernstreifung sich entwickelt, eine Kernplatte entweder noch fehlt oder eben erst im Entstehen begriffen ist. Solche Kerne sind mit Ausnahme der farblosen Polplatten nahezu gleichmässig gefärbt oder doch nur wenig dunkler nach dem Aequator zu; die Körnchen sind klein und gleichmässig im Verlauf der Kernfäden vertheilt. Zwischen beiden Extremen kann man zahlreiche vermittelnde Bilder erhalten, Bilder, bei welchen eine verschwommene, dunkler gefärbte mittlere Schicht vorhanden ist, andere, bei welchen in derselben die erste Anlage der Kernplatte durch intensivere Färbung

bemerkbar wird, bis zu denen, wo die imbibitionsfähigen Substanzen fast allein in der Kernplatte enthalten sind.

Man kann aus diesen Ergebnissen zweierlei Schlüsse ziehen: erstens, dass vorübergehend eine innige Vermengung von chromatischen und achromatischen Kernbestandtheilen vorhanden ist, dass später aber eine locale Sonderung beider eintritt. Die Kernfäden enthalten zuerst beide Bestandtheile, sie sind feinste Stränge achromatischer Substanz mit eingestreuten Chromatinkörnchen, in Folge dessen färbt sich der Kern diffus. Wenn sich die Chromatinkörnchen in der Kernplatte vereinigt haben, bleiben die die Grundlage der Kernfäden bildenden Achromatinfäden zurück.

Zweitens kann man aus den mitgetheilten Beobachtungen entnehmen, dass die Kernplatte als ein einheitliches Element entsteht und nicht wie es nach Flemming und Strasburger in vielen andern Fällen zutrifft, von Anfang an schon in die Seitenplatten differenzirt ist. Ich habe auf diesen Punkt viel Aufmerksamkeit verwandt und die Kernplatte auf den verschiedensten Entwicklungsstadien untersucht. Zur Zeit wo sie noch schmal ist, habe ich stets nur die oben erwähnte einfache Reihe von Chromatinkörnchen auffinden können, welche dazu noch alle in der gleichen Ebene lagen und somit unter einander gleichwerthig waren. Ich habe das sowohl an Osmium-Carminpräparaten gesehen als auch an Kernen, welche mit Chromsäure abgetödtet und in Safranin gefärbt waren (Fig. 5). Später sind die Bilder nicht mehr in gleichem Maasse beweiskräftig, da die Stäbchen, die Elemente der Kernplatte, aus einzelnen Körnern bestehen; indessen sie bieten auch keinen Anhaltspunkt zur Annahme, dass die Sonderung in die Seitenplatten schon präformirt sei. Eine derartige Ansicht wird ausserdem auch widerlegt durch die Beobachtung der folgenden Prozesse, welche zur Spaltung der Kernplatte in die Seitenplatten führen.

Hat man einen Kern in dem Moment abgetödtet, wo die Spaltung der Kernplatte soeben vor sich geht, so kann man schon mit Hilfe von Wasserimmersion erkennen, dass einzelne Stäbchen in die Elemente der Seitenplatten zerfallen sind, andere aber noch nicht (Fig. 7 u. 8). Letztere gehören aber schon mit ihren Enden in Bildung begriffenen Seitenplatten an und sind nicht selten in der Mitte bisquitförmig eingeschnürt, als ob sie demnächst hätten getheilt werden sollen. In Figur 25 stelle ich ausserdem zum Beweis einen bei Zeiss $\frac{1}{18}$ Oc. 2 gezeichneten Kern auf einem etwas früheren Stadium dar. Der Beginn der Spaltung liess sich

hier daraus errathen, dass die Kernplatte sehr breit war und als Ganzes bei schwacher Vergrößerung betrachtet in ihren centralen Partien eine Aufhellung als Ausdruck des hier sich bildenden Spaltes erkennen liess. Die meisten Stäbchen waren noch ungetheilt, wenn wir ihre Zusammensetzung aus Körnchen ausser Acht lassen, andere dagegen, welche die Veranlassung zu der centralen Aufhellung abgaben, waren in ihrer Mitte mehr oder minder ansehnlich verdünnt.

Nach der Spaltung der Kernplatte erhält sich die Zusammensetzung der Seitenplatten aus einzelnen parallel gestellten Stäbchen lange Zeit über (Fig. 9—11). Selbst wenn sie mit den Polplatten verschmolzen sind und die schüsselförmige Gestalt angenommen haben, ist zunächst die Structur noch zu erkennen, wenn auch mit verminderter Deutlichkeit. Die Stäbchen sind noch fester als früher gegen einander gepresst (Fig. 10), ihre peripheren Enden sind etwas keulig verdickt, ihre centralen Enden dagegen etwas zugespitzt. Auch die Streifen, welche sich zwischen den Seitenplatten ausspannen, sind noch vorhanden als sehr zarte, farblose, schwach körnige Linien. In ihnen sah ich einige Male eine Structur, welche etwas an die Zellplatte Strasburger's erinnerte (Fig. 13). Bei den betreffenden Kernen waren die Seitenplatten erst durch einen schmalen Zwischenraum getrennt und dem entsprechend noch nicht mit den Polplatten verschmolzen. Genau dem Aequator entsprechend zog sich quer durch die Kerntonne eine einfache, eben nur noch angedeutete Lage von Körnchen. Obwohl Gruber etwas Aehnliches abbildet, möchte ich doch auf den Befund nicht viel Gewicht legen, da ich an zahlreichen anderen auf gleichen Stadien befindlichen Kernen die Körnchenzone nicht habe wieder finden können. Ich glaube vielmehr, dass sie durch unregelmässige Gerinnung herbeigeführt worden ist.

Für die Endstadien der Theilung ist die Behandlung mit Reagentien von keinem weiteren Belang; ich begnüge mich daher noch einen Kern zu beschreiben, welcher kurz bevor das Verbindungsstück durchriss, abgetödtet worden war (Fig. 15). Die schüsselförmigen Endstücke waren stark gefärbt und ganz homogen und zeigten auch keine Andeutung mehr von Stäbchenstructur; beide besaßen noch auf den einander zugewandten Seiten eine tief in das Innere vordringende Einkerbung und hingen durch einen schmalen Verbindungsstrang zusammen, der sich deutlich durch das umgebende Protoplasma verfolgen liess. Die terminalen

Protoplasmaanhäufungen fehlten, da ihre Substanz zum Theil sich vertheilt, zum Theil zwischen die entstehenden jungen Tochterkerne eingeschoben hatte und den Verbindungsstrang umhüllte.

Wenn letzterer ganz durchschnitten ist und seine Theile in die Kerne aufgenommen worden sind, nehmen diese ein feinkörniges Aussehen an. Dabei bleibt lange Zeit über eine helle Partie wie eine Vacuole im Innern des Kernes erhalten. Ich habe oben schon hervorgehoben, dass die Kerne um diese Zeit leicht durch Gerinnung leiden, wodurch die in Figur 26 abgebildeten Bilder entstehen.

Literatur. Zum Schluss gebe ich noch eine Beurtheilung der Resultate, zu denen Gruber gelangt ist, da es diesem bisher allein geglückt ist, Kerntheilung bei Actinosphaerien zu beobachten. Gruber hat nur ein einziges Exemplar untersuchen können und zwar, nachdem es mit 2 % Chromsäure behandelt, in Picrocarmin gefärbt und in Canadabalsam eingeschlossen war; er hat daher keine Gelegenheit gehabt, die Reihenfolge der Stadien durch directe Beobachtung festzustellen und durch Vergleich mit dem lebenden Thier die Wirkungsweise des Reagens zu controliren; so erklären sich manche Irrthümer in seiner Darstellung.

Was zunächst die Beobachtungen anlangt, so leiden alle Abbildungen an dem gemeinsamen Fehler, dass Gruber um die Kerntheilungsfigur einen hellen von der Kernmembran umschlossenen Hof zeichnet und die polaren Protoplasmaanhäufungen und die Polplatten gar nicht erwähnt. Daraus schliesse ich, dass das Präparat ungenügend conservirt war. Auf die Conservirung und den Einschluss in Canadabalsam ist es ferner zurückzuführen, dass die streifige Structur des Kerns unvollkommen, die Stäbchenstructur der Seitenplatten gar nicht erkannt worden ist. Die Körnchenreihe, welche an die Zellplatte bei pflanzlichen Zellen erinnert, zeichnet Gruber bei zwei Kernen und hält sie für die Anlage einer Scheidewand, welche bestimmt ist, beide Kerne zu trennen. Diese Deutung sowie die ganze Art, wie Gruber die einzelnen Stadien combinirt, ist irrthümlich. Der multinucleoläre Kern soll sich ihm zufolge direct in den sich theilenden Kern verwandeln, indem sich die Nucleoli in 2 Gruppen sonderen, welche verschmelzend die Seitenplatten liefern; nun soll der Kern sich in zwei Stücke theilen, von denen ein jedes zunächst noch eine Seitenplatte in ihrer ursprünglichen Gestalt enthält, bis diese sich in den Nucleolus umwandelt. Was hier Gruber als Theilstücke beschreibt, sind die Kerne vor der Theilung, bei denen sich die äqua-

toriale Kernplatte ausgebildet hat; er hat die Stadien hier geradezu in die umgekehrte Reihenfolge gebracht, als es in der Natur der Fall ist. Dagegen hat er mit Recht aus den Befunden bei Actinosphaerium geschlossen, dass hier der Nucleolus bei der Theilung eine hervorragende Rolle spielt und dass die Contouren des Kerns niemals verschwinden, was ein Eindringen von Protoplasma in das Innere des sich theilenden Kerns unwahrscheinlich mache.

Beurtheilung der Beobachtungen.

In den folgenden allgemeinen Erörterungen werde ich mich auf die bei Actinosphaerium vorliegenden Verhältnisse beschränken. Sie haben nur den Zweck kurz die Punkte hervorzuheben, welche für den Bau des Kerns und den Verlauf der Kerntheilung von Actinosphaerium charakteristisch sind, und sollen ausserdem noch einige bei der Beobachtung zweifelhaft gebliebene Punkte durch Vergleich mit anderen Thieren aufzuklären versuchen.

Aus den Untersuchungen über den ruhenden Kern geht mit aller Sicherheit hervor, dass die sich färbenden Bestandtheile des Kerns, das Chromatin oder das Nuclein, keine spongiösen Gerüste bilden wie bei den von Frommann, Flemming und Strasburger beschriebenen meisten thierischen und pflanzlichen Kernen. Alles Nuclein ist in den Kernkörperchen enthalten, welche sich daher bei Anwendung von Carmin vorwiegend, bei Anwendung von Safranin sogar ausschliesslich färben, während die umgebenden Kernbestandtheile entweder nur matt rosa oder vollkommen farblos aussehen. Wenn zahlreiche Nucleoli das Innere eines Kerns erfüllen, so sind dieselben lauter einzelne Nucleinkörner, welche, sofern sie überhaupt zusammenhängen, durch achromatische Substanz vereinigt werden.

Schwieriger ist es eine richtige Beurtheilung der übrigen Theile, welche sich im Actinosphaeriumkern neben den Nucleoli vorfinden, zu geben. Solche sind 1. die durch Anwendung von Reagentien sichtbar werdende Körnelung. 2. die mannigfach gestalteten auch im frischen Zustand erkennbaren Paranucleinstücke. 3. die oben ganz kurz noch erwähnten, in Figur 18 abgebildeten stark lichtbrechenden Körperchen; 4. die Kernmembran. Lassen wir letztere zunächst ausser Acht, so scheinen mir die 3 übrigen Elemente auf ein und dieselbe Bildung zurückführbar zu sein, auf ein Gerüst farbloser Substanz, welche man Paranuclein

oder Achromatin nennen kann, ein Gerüst, welches den Zwischenraum zwischen dem Nucleolus und der Kernmembran ausfüllt. Dass ein solches Gerüst bei genügender Feinheit optisch auch bei den stärksten Vergrößerungen nur unter dem Bild einer feinen Körnelung erscheint, ist genügend bekannt; zu erläutern bliebe daher nur, wie sich dazu die unter 2 und 3 aufgeführten Theile verhalten. Ich deute sie als besondere Verdichtungen des achromatischen Gerüsts, welche in Folge dessen schon im frischen Kern zu erkennen sind. Hierzu würde sehr wohl passen, dass ich sie vielfach vermisst habe; denn es wäre ganz gut denkbar, dass das Gerüst häufig einen in allen seinen Theilen gleichförmigen Charakter besitzt und nur ab und zu in der Gegend der Kernkörperchen sich verdichtet.

Zu der hier vorgetragenen Deutung meiner Befunde habe ich mich erst entschlossen, als ich mit ganz analogen Verhältnissen bei Insectenkernen bekannt wurde, auf welche ich in einer späteren Publication zurückkommen werde. Bei den Insectenkernen ist auch ein einfacher Nucleolus vorhanden, welcher sich allein färbt, ausserdem ein Gerüst von achromatischer Substanz, welches schon im frischen Zustand undeutlich erkannt werden kann, aber erst bei Anwendung von Reagentien schärfere Contouren erhält. Da die Kerne sehr gross sind, sind die einzelnen Maschen des Gerüsts weit und können schon mit guten Trockensystemen aufgelöst werden.

Ganz besonders aber wurde ich bei meinem Urtheil bestimmt durch die Beobachtung eigenthümlicher Umwandlungen, welche die Structur der Insectenkerne erleidet, wenn, wie ich vermuthe, die Kerntheilung vorbereitet wird. Vom Nucleolus, dessen Contouren unregelmässig lappig werden, lösen sich Körnchen ab und verbreiten sich im achromatischen Gerüst, bis er ganz in kleine Körnchen aufgelöst ist. Um diese Zeit wird auch bei den Insectenkernen das Bild eines Gerüstwerks getrübt, weil die weit verbreiteten, an Safraninpräparaten intensiv rothen Chromatinkörnchen dem Kern ein gekörnelttes Ansehen verleihen. Die Umwandlungen finden in den zur Theilung sich vorbereitenden Kernen des Actinosphaerium ihr vollkommenes Gegenstück; wenn wir oben gesehen haben, dass vom Nucleolus sich Körnchen sondern und schliesslich die ganze chromatische Substanz als eine Menge feinsten Körnchen das Innere der Kerne erfüllt, so deute ich jetzt diesen Vorgang nach Analogie der Insectenkerne dahin, dass die Verbreitung der

Chromatinkörnchen auf den Bahnen eines präformirten Gerüsts achromatischer Substanz sich vollzieht und so eine innige Durchdringung beider Kernsubstanzen herbeigeführt wird.

Zur genaueren Charakteristik der Kernmembran liefern meine Untersuchungen keinen Beitrag. Sie ist ein besonderes Element des Kerns und von der Kernsubstanz verschieden, da sie sich gar nicht färbt. Mit den derben Hüllen, wie sie das Binnenbläschen der Radiolarien und die Keimbläschen vieler thierischer Eier umschliessen, scheint sie mir gleichfalls nicht vergleichbar zu sein, da sie im frischen Zustand nur als eine zarte Contour erscheint und erst bei der Anwendung von Reagentien, welche Gerinnungen erzeugen, deutlicher wird. Sie scheint daher aus einer gerinnungsfähigen Substanz zu bestehen, so dass man an eine Verwandtschaft mit dem Paranuclein oder Achromatin denken könnte.

Was nun die Theilung des Kernes anlangt, so nimmt dieselbe ihrem gesammten Charakter nach eine vermittelnde Stellung ein zwischen den Kerntheilungen, wie sie bei den Pflanzen und den Thieren vorkommen, und den Kerntheilungen der Protozoen. Letztere nähern sich am meisten dem Schema, welches man früher von der directen Kerntheilung entworfen hat. Die bisquitförmige Einschnürung des Kernes, welcher stets seine deutlichen Contouren beibehält, tritt bei den Protozoen in den Vordergrund; die inneren Differenzirungen der Kernsubstanz fehlen entweder ganz oder äussern sich nur in einer gleichförmig faserigen Beschaffenheit. Eine Ausnahme von dieser Regel machen zur Zeit nur die Nebenkernkerne der Infusorien, bei denen es zur Bildung von Kern- und Seitenplatten kommt. Bei den Kerntheilungen der Pflanzen und Thiere dagegen ist die bisquitförmige Einschnürung undeutlich, da die Contouren des Kernes überhaupt nicht scharf gezogen sind. Wird doch hier gerade in der Neuzeit wieder behauptet, dass die Grenzen von Kernsubstanz und Protoplasma bei der Theilung gänzlich untergehen und dass sogar eine Vermengung beider Substanzen eintritt. Dafür erscheint die ganze Kerntheilung vielmehr unter dem Bilde einer complicirten und äusserst regelmässig verlaufenden Umlagerung der Kerntheilchen, welche zu der so wichtigen Differenzirung in die achromatischen Kernfäden und die chromatischen Elemente der Kern- und Seitenplatten führt. Beide Substanzen sind so scharf von einander getrennt, dass man sie für Elemente halten könnte, die nichts mit einander zu thun haben.

Das Actinosphaerium theilt mit den Protozoen die Gestaltveränderungen, welche der gesammte Kern während der Theilung

erfährt; derselbe ist ebenfalls auf jedem Stadium scharf umgrenzt und schnürt sich zum Zweck der Theilung im Aequator bisquitförmig ein. Bei *Actinosphaerium* ist es daher nicht gut zulässig, die vorübergehend von Flemming vertretene und neuerdings wieder von Strasburger aufgenommene Ansicht zu vertreten, dass die Kernfäden aus Protoplasma bestehen, welches nach Auflösung der Kernmembran in das Kerninnere eingedrungen ist. Eine solche Annahme stösst bei näherer Prüfung auf grosse Schwierigkeiten, da die Streifung des Kerns in einem erheblichen Abstand von der Kernmembran durch eine streifige Anordnung des körnig gewordenen Kerninhalts ganz allmählig sich entwickelt.

Soweit es sich um innere Structuren handelt, bieten die in Theilung begriffenen *Actinosphaerienkerne* viele Anknüpfungspunkte an die Kerne der Thiere und Pflanzen, namentlich die Kerne thierischer Eizellen. Wie bei den letzteren bildet sich eine Kernplatte, spaltet sich dieselbe in die aus einander rückenden Seitenplatten, wandern die einzelnen Stücke der Seitenplatten an achromatischen Fäden den Kernpolen zu. Gleichzeitig fehlt es aber auch nicht an Momenten, welche an die Kerntheilung der übrigen Protozoen erinnern. Vor dem Auftreten der Kernplatte findet sich ein Stadium, welches bei der Kerntheilung der Infusorien, vorzüglich von *Spirochona gemmipara* auftritt. Wie dort, so verlaufen von Polplatte zu Polplatte Streifen, welche sich noch in ganzer Ausdehnung färben. Mir scheint hier ein Anhaltspunkt für die Deutung der sich theilenden Infusorienkerne gegeben zu sein. Das betreffende Stadium ist bei *Actinosphaerium* dadurch veranlasst, dass die achromatischen Kernfäden in ihrer ganzen Ausdehnung Chromatinstückchen enthalten. Ich glaube, dass man etwas Aehnliches auch für die Infusorien annehmen muss, dass auch hier die Kernfäden selbst aus Achromatin bestehen, dass sie aber in ganzer Ausdehnung von Chromatin bedeckt sind, dass sie in Folge dessen selbst gar nicht sichtbar werden oder doch nur in so fern, als sie einen Einfluss auf die Anordnung der Chromatintheile gewinnen.

Aber die Kerntheilung von *Actinosphaerium* verdient, auch abgesehen von der vermittelnden Stellung, welche sie einnimmt, ein hervorragendes Interesse, ganz besonders durch die Art und Weise, wie die Seitenplatten gebildet werden. Bei den thierischen Zellen ist Flemming zum Resultat gekommen, dass sie von Anfang an getrennt angelegt werden, und Strasburger ist ihm für die pflanzlichen Objecte beigetreten. Flemming namentlich

hat dann weiter diese Wahrnehmung generalisirt; überall soll die Zweitheilung der chromatischen Elemente in eine linke und rechte Seitenplatte schon zur Zeit vorhanden sein, wo die plattenförmige Anordnung beginnt, auch da, wo früher eine einheitliche Kernplatte, welche durch Spaltung die Seitenplatten liefere, angenommen wurde. Mir scheint hier Flemming zu weit zu gehen. Bei *Actinosphaerium* jedenfalls treffen seine Vermuthungen nicht zu. Ich will nicht allzuviel Werth auf die Beobachtung legen, dass man am lebenden Thier die Kernplatte erst einheitlich sieht und dann durch directe Beobachtung die Spaltung verfolgen kann. Hier könnte ja eine Täuschung obwalten, indem es möglich wäre, dass die Theile der Seitenplatten zwar schon getrennt sind, aber dicht bei einander liegen und dass so die Sonderung verdeckt würde. Aber ich muss betonen, dass die Bilder, welche man mit Reagentienbehandlung gewinnt, dieser immerhin etwas gekünstelten Deutung direct widersprechen. Erstens kann man die Spaltung der Kernplatte an den einzelnen Elementen nachweisen, welche bisquitförmig eingeschnürt sind; zweitens kann man beobachten, dass die erste Anlage der Kernplatte eine einzige Körnchenreihe ist. Namentlich die zweite Beobachtung, welche ich wiederholt gemacht habe, scheint mir jede andere Deutung auszuschliessen.

Eine dritte Besonderheit endlich, durch welche sich die Kerntheilung des *Actinosphaerium* auszeichnet, ist die Anwesenheit der Polplatten. Dieselben sind Anhäufungen einer homogenen Substanz, die sich zwischen den streifigen Theil des Kerns und die homogenen Protoplasmakegel einschieben. Sie können nur für Derivate des Zellkerns angesehen werden, da sie durch Aufhellung der peripheren Partien des Kerns entstehen. Auch sind sie anfänglich nur gegen das Protoplasma, nicht aber gegen die streifige Kernsubstanz scharf gesondert. Hier tritt erst ganz allmählich die Grenze deutlich hervor, um später wieder zu verschwinden, wenn die aus Chromatin bestehenden Seitenplatten mit ihnen verschmelzen.

Schwieriger ist es zu entscheiden, welche Bestandtheile des Kerns in ihnen enthalten sind. Im Ganzen scheinen mir nur 2 Möglichkeiten gegeben, entweder ist es das Paranuclein oder es ist die Kernmembran, welche die Polplatten liefert. Für die Kernmembran spricht der Umstand, dass die Polplatten sich von ihr gar nicht absetzen. Allein dabei muss man in Betracht ziehen, dass um diese Zeit von einer deutlich nachweisbaren Kernmembran überhaupt nicht die Rede sein kann. Als einziger Beweis

für die Fortdauer derselben kann die scharfe Contourirung des Kerns angeführt werden, während eine klare und bestimmte doppelt contourirte Schicht nicht mehr sichtbar ist. Auch würde mit einer Ableitung aus der Kernmembran die ganze Entstehungsweise der Polplatten wenig harmoniren.

Weiteres Licht wird auf die uns hier beschäftigende Frage geworfen, wenn wir die ähnlichen Verhältnisse, welche ich früher von der *Spirochona gemmipara*¹⁾ beschrieben habe, zur Beurtheilung heranziehen. Bei diesem Infusor sind während der Kerntheilung ebenfalls Polplatten vorhanden; sie sind sogar viel mächtiger als bei dem *Actinosphaerium*, was es möglich macht, den Beweis zu führen, dass sie Etwas von der Kernmembran Verschiedenes darstellen. Wie ich dort im Einzelnen zu begründen versucht habe, gehen sie aus einem nucleolusartigen Körper hervor, welcher kurz vor der Theilung sich individualisirt und bei den die Theilung einleitenden Vorgängen eine bedeutsame, man möchte fast sagen diese Vorgänge beherrschende Rolle spielt. Sie erhalten sich auch nach der Theilung als besondere, durch eine scharfe Demarkationslinie abgegrenzte Theile des Kerns, bis aus ihnen wieder durch Umwandlung der erwähnte nucleolusartige Körper hervorgeht.

Bei der grossen Uebereinstimmung im Aussehen und in der Anordnung kann es nicht zweifelhaft sein, dass die Polplatten von *Actinosphaerium* und *Spirochona* gleichwerthige Bildungen sind; daraus folgt aber mit grosser Wahrscheinlichkeit, dass sie auch bei *Actinosphaerium* aus Theilen hervorgehen, welche innerhalb der Kernmembran liegen. Und so werden wir auf die zweite Möglichkeit hingeleitet, dass die Polplatten aus dem Paranuclein entstehen, eine Ansicht, die in dem ganzen optischen Verhalten und dem ganzen Imbibitionsvermögen beider Substanzen wichtige Stützen findet.

Bei der Ableitung der Polplatten aus dem Achromatin begegnen wir nun einer auf den ersten Blick ziemlich erheblichen Schwierigkeit. Aus der achromatischen Substanz, dem Paranuclein, habe ich oben auch die Kernfäden abgeleitet. Die Kernfäden scheinen aber bei *Actinosphaerium* scharf gegen die Polplatten abgesetzt, als wären sie Gebilde ganz anderer Art, während doch bei der hier ausgesprochenen Vermuthung man erwarten müsste,

¹⁾ R. Hertwig, Ueber den Bau und die Entwicklung der *Spirochona gemmipara*. Jenaische Zeitschrift Bd. XI p. 149.

dass sie continuirlich sich in die Polplatten fortsetzen. Indessen auch diese Widersprüche lassen sich meiner Ansicht nach ohne Schwierigkeit erklären.

Von den Kernfäden thierischer und pflanzlicher Objecte unterscheiden sich die Kernfäden des Actinosphaerium durch ihre fein gekörnelte Beschaffenheit. Schon im speciellen Theil deutete ich diese Erscheinung durch die Annahme, dass die Kernfäden zwar aus Paranuclein bestehen, dass sie aber ausserdem noch geringe anhaftende Spuren von tingirbarem Nuclein enthalten. Letzteres ist anfänglich zweifellos in ganzer Ausdehnung auf den Kernfäden vorhanden, ehe es sich zu der Kernplatte concentrirt und verleiht den Kernfäden ein sehr deutliches gekörneltes Aussehen. Zurückbleibende Spuren von Nuclein sind es wahrscheinlich, welche auch später die Körnelung der an sich homogenen Kernfäden bedingen und der Grund werden, dass die Fäden gegen die Polplatten scharf gesondert sind.

T a f e l e r k l ä r u n g.

Tafel IX.

Sämmtliche Figuren sind bei Zeiss J. Oc. 2 gezeichnet.

Fig. 1—18. Verschiedene Formen des ruhenden Kerns nach Behandlung mit Osmium-Essigsäure, z. Th. mit nachfolgender Carminfärbung, z. Th. mit nachfolgender Behandlung mit Kali bichromicum.

Fig. 19—34. Verschiedene Stadien der Kerntheilung im frischen Zustand, nach 2 Objecten gezeichnet; von dem einen stammen Fig. 19—24, von dem anderen 24—34. Die Bilder waren zunächst ohne Prisma nach dem lebenden Object entworfen worden; Grösse und Gestalt der Kerne wurden später genauer bestimmt nach fixirten Präparaten, welche mit dem Prisma gezeichnet wurden.

Fig. 35 und 36. 2 Spindeln durch Zerzupfen isolirt.

Fig. 37. Ein Kern, bei welchem die Kerntheilung einen abnormen Verlauf genommen hat. Osmium-Essigsäurepräparat. Zeiss $\frac{1}{8}$ Oc. 2.

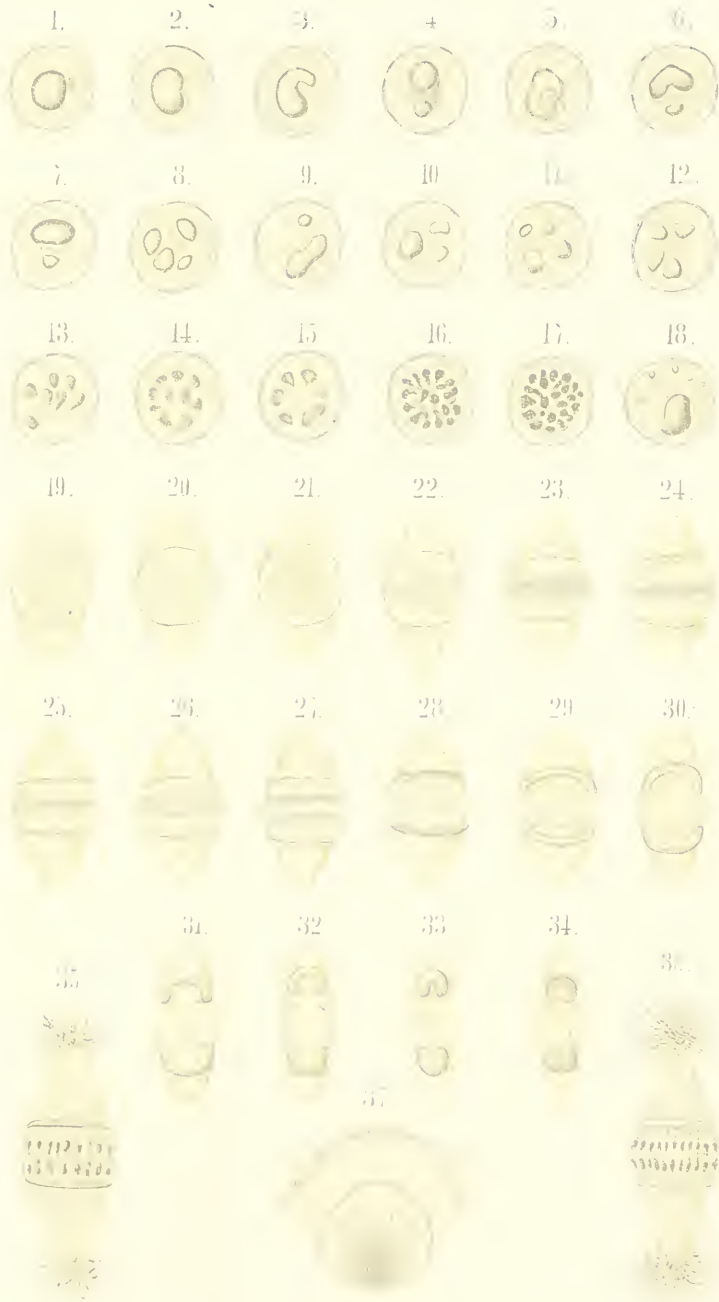
Tafel X.

Fig. 1—16. Verschiedene Stadien der Kerntheilung von verschiedenen Exemplaren, welche mit Osmium-Essigsäure oder Osmium-Chromsäure behandelt und dann z. Th. gefärbt, z. Th. mit Kali bichromicum ausgewaschen worden waren. Nur Fig. 5 und 13 nach Chromsäure-Safraninpräparaten gezeichnet. Zeiss $\frac{1}{8}$ Oc. II.

Fig. 17—23. Vorbereitungen zur Kerntheilung. Fig. 17—22 von einem, Fig. 23 von einem anderen Actinosphaerium. Zeiss $\frac{1}{8}$ Oc. 2.

Fig. 24 und 25. 2 Stadien der Kerntheilung, mit Osmium-Essigsäure behandelt und mit Picrocarmin gefärbt. Zeiss $\frac{1}{8}$ Oc. 3. Tubuslänge 250 mm.

Fig. 26. Aus der Theilung hervorgegangene Kerne nach Chromsäurebehandlung, Kernmembran von dem geronnenen Kerninhalt abgehoben, so dass das Bild eines uninucleolären Kernes entsteht. Zeiss $\frac{1}{8}$ Oc. 2.





ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Jenaische Zeitschrift für Naturwissenschaft](#)

Jahr/Year: 1884

Band/Volume: [NF_10](#)

Autor(en)/Author(s): Hertwig Wilhelm Karl Theodor Ritter von

Artikel/Article: [Ueber die Kerntheilung bei Actinosphaerium Eichhorni. 490-518](#)