

148722

Über die Encystirung von *Actinosphaerium Eichhorni* Ehrbg.

Von

Dr. August Brauer.

(Aus dem zoologischen Institut zu Marburg.)

Mit Tafel X und XI.

Während wir über die Theilungs- und die Konjugationsvorgänge der Protozoen, wenigstens der wichtigsten Gruppen, ziemlich eingehend unterrichtet sind, liegen auffallenderweise über den Encystirungsprocess selbst häufiger Formen nur sehr dürftige Angaben vor; derselbe verdient aber nicht minder große Beachtung, weil bei demselben vorher und nachher meist Veränderungen des Organismus auftreten, welche bei jenen Fortpflanzungsprocessen nicht beobachtet werden. Ich wollte daher die günstige Gelegenheit, die sich mir in diesem Winter bot, in nächster Umgebung von Marburg *Actinosphaerium Eichhorni* Ehrbg. in großer Menge zu erhalten, nicht vorübergehen lassen, um den Versuch zu machen, die Encystirung dieses Thieres genauer als bisher zu verfolgen.

Zwar liegen für diese Form bereits mehrere Untersuchungen von CIENKOWSKI (65)¹, SCHNEIDER (71 u. 78), GREEFF (73), F. E. SCHULZE (74) und BRANDT (77) vor, aber im Wesentlichen beschränken sich dieselben auf die Veränderungen, welche man durch Beobachtungen des ganzen Thieres erkennen kann; und selbst hier herrscht in Bezug auf wichtige Punkte keineswegs unter den Forschern volle Übereinstimmung. Wie alle Autoren gleichmäßig beschreiben, bestehen die ersten Veränderungen eines *Actinosphaeriums*, welches sich encystiren will, darin, dass die Pseudopodien eingezogen werden und die Vacuolisirung des Protoplasmas verschwindet. Das Thier wird hierdurch kompakter und

¹ Die Zahlen bezeichnen das Jahr der Publikation in abgekürzter Form. Bei der Abfassung des Litteraturverzeichnisses bin ich den Vorschlägen von MARK und H. H. FIELD (Biol. Centralbl. Bd. XIII. Nr. 24. 1893) gefolgt.

undurchsichtiger; es umgiebt sich alsdann mit einer gallertigen, glashellen Hülle. Alsbald sollen die Kerne verschwinden und nach einiger Zeit wieder neue, deren Zahl aber bedeutend geringer ist als vorher, auftauchen. Ob eine Verschmelzung mehrerer Kerne stattgefunden hat, wie SCHNEIDER (71) vermuthet, oder ob die alten Kerne zu Grunde gegangen sind und neue sich gebildet haben, wie SCHULZE und BRANDT annehmen, ist zweifelhaft.

Während das Thier jetzt nach den Angaben von CIENKOWSKI und BRANDT in so viele Stücke sich theilen soll, wie große Kerne entstanden sind, der Zerfall auch ziemlich gleichzeitig erfolgen soll, geben GREEFF und SCHULZE an, dass nach Art eines Furchungsprocesses successive der Klumpen nach dem Princip der fortgesetzten Zweitheilung sich theilt; nach SCHNEIDER soll nun wieder jedes Theilstück mehrere Kerne erhalten, nach den Übrigen jedes je einen. Auch über das weitere Schicksal weichen die Angaben von einander ab. GREEFF und BRANDT berichten nämlich, dass von den Theilstücken je zwei wieder mit einander verschmelzen, doch mit dem Unterschiede, dass nach GREEFF die Verschmelzung sofort wieder eintritt, nach BRANDT dagegen erst nachdem jedes Theilstück sich getheilt hat; SCHNEIDER und SCHULZE haben von einer Verschmelzung nichts gesehen.

Übereinstimmend berichten dann alle Forscher, dass nach dem Zerfall in Kugeln sich um jede eine neue Hülle, welche, wie zuerst SCHNEIDER nachgewiesen hat, aus Kieselsäure besteht, bildet, und dass in diesem Zustande die Cysten überwintern.

Auf die Darstellung anderer, auf weniger wichtige Punkte sich beziehender Angaben will ich hier verzichten; das Vorhergehende wird genügen, um eine neue Untersuchung zu rechtfertigen.

SCHNEIDER (78) sucht die Verschiedenheit der Angaben durch die Annahme zu erklären, dass »unter dem Namen A. Eichhorni sich mehrere (4) Species verbergen, welche in der Vegetationsperiode sich sehr ähnlich sind und nur während der Fruktifikationsperiode erheblich unterscheiden« (p. 446). Meiner Ansicht nach ist der Grund darin zu suchen, einmal, dass man die Resultate weniger Beobachtungen verallgemeinert hat, also dass Variationen vorkommen, und dann darin, dass die bloße Beobachtung der Veränderungen am ganzen, sei es lebenden oder konservirten Thier leicht irre führen kann, weil die Cysten wegen ihres dunkelkörnigen Inhaltes und wegen der Kieselhülle undurchsichtig sind. Eine kurze Beobachtung belehrte mich bald, dass durch alleinige Untersuchung des Thieres in toto kein großer Fortschritt zu erzielen war, ja selbst nicht entschieden werden konnte, welche der verschiedenen Angaben die richtigen waren; nur durch Zerlegen der

Cysten in Schnitte konnte man sich einen näheren Einblick in die bei der Encystirung sich abspielenden Vorgänge verschaffen.

Das Material gewann ich mir in folgender Weise: In den Monaten November bis Januar brachte ich verschiedene Male aus größeren Aquarien, welche Algen und viele Nahrung enthielten und in jeder Weise für das Gedeihen von *Actinosphaerium* die günstigsten Bedingungen boten, eine Anzahl, etwa 20—40 Thiere, in eine kleine flache Schale, welche nur Wasserleitungswasser enthielt; nach etwa 8—14 Tagen begannen bereits in den meisten Fällen die ersten sich zu encystiren; es folgten bald andere, in keinem Falle habe ich aber beobachtet, dass alle sich encystirten. Die Cysten sind so klein, dass man selbst dann nicht, wenn man sie kennt und im Aufsuchen geübt ist, mit freiem Auge alle wie weiße Pünktchen aussehenden finden kann, zumal dieselben meist von ansitzenden Detritustheilchen bedeckt sind. Sie sitzen entweder am Boden oder an der Wand und werden durch die äußere gallertige, sehr klebrige Hülle festgehalten. Um die Cysten im Paraffin wiederzufinden, ohne vorher zu färben, benutzte ich die Klebrigkeit der Hülle in der Weise, dass ich in die Schalen feinen, keine Steinchen enthaltenden Schmutz brachte, welcher sich den Cysten ansetzte; wo die Thiere an schmutzfreien Stellen sich encystirt hatten, da löste ich die Cysten mit einer Nadel ab und drehte sie einige Male in dem Schmutz um, wodurch sie sofort einen dunkeln Mantel bekamen. Diese kleinen kugeligen Schmutzballen, welche im Inneren die Cyste bargen, ließen sich jetzt sehr bequem behandeln und waren leicht erkennbar. Weder das Konserviren noch das Schneiden bereitete irgend welche Schwierigkeit. Die Behandlung war dieselbe wie bei einem anderen Objekte.

Ich verwandte 10/10ige Überosmiumsäure, kaltes conc. Sublimat und Pikrinessigsäure, welche alle rasch eindringen; alle gaben gute Resultate, die besten aber die Anwendung von Sublimat. Die Schnitte wurden mit Alaun-Hämatoxylin gefärbt und dann zuerst mit salzsaurem und weiter mit ammoniakalischem Alkohol behandelt. Die Präparate wurden zuerst in Glycerin aufbewahrt; da sich aber ergab, dass die Kieselhülle so gut wie unsichtbar wurde und die Kernfiguren und die anderen Einzelheiten im Kanadabalsam eben so klar hervortraten, so wurde zuletzt ausschließlich dieses als Einschlussmittel angewandt.

Der großen Liebenswürdigkeit des Herrn Professors Dr. KORSCHULT habe ich es zu danken, dass ich bei dieser Arbeit die ZEISS'schen Apochromate anwenden konnte. Ich sage ihm hierfür sowie für die freundliche Unterstützung, welche ich jederzeit bei ihm gefunden habe, meinen aufrichtigen Dank.

Die Darstellung der Encystirung von *Actinosphaerium* lässt sich in zwei Hauptabschnitte eintheilen: in dem ersten werden diejenigen Veränderungen besprochen werden, welche zu der Bildung derjenigen Cysten führen, welche eine längere Ruheperiode durchmachen, also kurz der Ruhecysten, und der zweite wird diejenigen Vorgänge behandeln, welche sich beim Freiwerden des Thieres aus der Cyste abspielen. Der erste Hauptabschnitt zerfällt weiter in zwei Unterabschnitte, von denen der erstere den Theil der Encystirung vom Anfang bis zum Zerfall des ganzen Thieres in Stücke, die ich als Cysten erster Ordnung bezeichnen will, der zweite die Theilungen der letzteren, die zum Endresultat die Ruhecysten haben, behandelt. Die Theilungen können zwar ausfallen, indessen habe ich eine einzige ungetheilte Cyste erster Ordnung so selten beobachtet, dass diese Ausnahme auf die Eintheilung der Darstellung keinen Einfluss ausüben kann.

Die Dauer des Encystirungsprocesses bis zur Bildung der Ruhecysten beträgt, wie schon SCHNEIDER (74), SCHULZE und BRANDT richtig angegeben haben, gewöhnlich zwei bis drei Tage, die Dauer der einzelnen Vorgänge aber ist sehr verschieden und hängt wohl in erster Linie von der Größe des Thieres und von der Zahl der erfolgenden Theilungen ab; die ersten Vorbereitungen aber bis zum Zerfall in Cysten erster Ordnung nehmen im Allgemeinen die meiste Zeit in Anspruch.

I. Die Encystirung bis zur Bildung der Ruhecysten.

(Taf. X und XI.)

A. *Vom Beginn der Encystirung bis zum Zerfall des ganzen Thieres in Cysten erster Ordnung.* Da in Bezug auf die ersten äußerlich sichtbaren Veränderungen, welche die Encystirung einleiten, meine Beobachtungen in vollem Einklange mit den früheren stehen, so kann ich mich auf einen kurzen Überblick über dieselben beschränken, so weit er nothwendig ist, um in der Darstellung keine Lücke eintreten zu lassen und das Verständnis der späteren Vorgänge zu erleichtern.

Das erste Merkmal, an welchem man schon bei einer Durchmusterung des flachen Aquariums mit der Lupe ein Thier, das sich encystiren will, von anderen mit Sicherheit unterscheiden kann, besteht in einer Veränderung der Farbe, indem es bei auffallendem Lichte nicht mehr mattgrau, kaum sichtbar erscheint, sondern milchweiß. Untersucht man ein solches Thier unter dem Mikroskope näher, so zeigt sich, dass die Pseudopodien fast alle eingezogen sind, nur hier und dort noch kurze, stumpfe Fortsätze sich finden, und dass ferner sowohl in der Mark- wie in der Rindenschicht die Größe und die Zahl der Va-

cuolen kleiner geworden ist oder neben kleinen eine oder einige sehr große, die meist dem Centrum genähert liegen, vorhanden sind, dass Nahrungsbällen ausgestoßen sind¹ und dass endlich die Marksubstanz mit größeren Körnern erfüllt erscheint. Das ganze Thier gewinnt hierdurch ein kompakteres Aussehen. Bald nachher erkennt man, dass es ringsum eine glashelle Hülle ausscheidet, welche ziemlich mächtig² werden kann; wie die Schichtung (Fig. 7), auf welche SCHULZE zuerst aufmerksam gemacht hat, vermuthen lässt, wird sie allmählich, nicht auf einmal abgeschieden. Oben erwähnte ich schon, dass dieselbe sehr klebrig ist; mit dem Beginn ihrer Bildung wird daher das sich encystirende Thier an einem Ort festgehalten, und zwar so stark, dass es nicht möglich ist, nur mittels einer Pipette dasselbe von der Unterlage zu entfernen, sondern man eine Nadel zu Hilfe nehmen muss. Das Thier kann wohl innerhalb der Hülle seine Form verändern, aber nicht mehr seinen Platz wechseln.

Außer einem immer stärkeren Kompakterwerden, welches in einer fortdauernden Abgabe der Vacuolenflüssigkeit und in einer engeren Zusammenlagerung der Körner, womit naturgemäß auch eine Größenabnahme des ganzen Thieres verbunden ist, seinen Grund hat, ist für längere Zeit äußerlich wenig mehr zu erkennen. Aus der dunklen Masse scheinen helle Flecke hervor, welche meist Kerne darstellen, zum Theil aber auch Vacuolen. Auf diesem Stadium habe ich auch zum letzten Male noch kontraktile Vacuolen beobachtet.

Im Inneren des Thieres spielen sich aber während dieser Zeit drei wichtige Prozesse ab, welche aber nur auf Schnitten zu verfolgen sind: 1) die Bildung von größeren Körnern, 2) die Ausscheidung der für die spätere kieselige Hülle verwendeten Kieselstücke, und die Anlage der Hülle selbst und 3) die Verschmelzung der Kerne zu wenigen großen. Die drei Prozesse verlaufen nicht, wenigstens nicht immer, in der obigen Reihenfolge, sondern die ersteren beiden gleichzeitig und der dritte entweder ebenfalls zu derselben Zeit oder etwas später.

Auf Schnitten durch ein Actinosphaerium, welches die Pseudopodien eingezogen und die gallertige Hülle ausgeschieden hat (Fig. 1), bemerkt man in der Markmasse überall ziemlich große Körnchen, welche sofort durch ihre Struktur auffallen. Es sind (Fig. 47 a—c und Fig. 47 d, welche ein solches Körnchen noch stärker vergrößert zeigt) kleine oval geformte platte Scheibchen. Das Ganze ist nicht homogen, sondern

¹ Nur in vereinzeltten Fällen (z. B. Fig. 3 n) habe ich solche noch gesehen.

² In den Figuren ist die Hülle nicht breit genug gezeichnet; sie war bei der Konservirung geschrumpft. Die Fig. 4 und 5 bei SCHULZE (74) geben die Breite und Aussehen der Hülle im Leben richtig wieder.

auf zwei Seiten ist ein mondsichelförmiges Stück besonders ausgezeichnet, indem es allein stark den Farbstoff aufnimmt und in Osmiumsäure sich bräunt. Der zwischen den Sicheln, deren konkave Seiten einander zugewandt sind, befindliche Raum erscheint homogen und bleibt ungefärbt. Je nachdem von welcher Seite man sie betrachtet, ist die Ansicht eine andere; bei reiner Flächenansicht (Fig. 47 *b, d*) haben die Körnchen die soeben beschriebene Gestalt; ist eine der schmalen längeren Seiten dem Auge zugewandt, so sieht man nur ein schmales gefärbtes Stäbchen (Fig. 47 *c*); hat man eine der kurzen Seiten vor sich (Fig. 47 *a*) so erkennt man zwei gefärbte runde Körner, welche durch einen schmalen, hellen Spalt getrennt sind, aber durch eine gemeinsame Hülle zusammengehalten werden.

Im Anfange, wo die Entleerung der Vacuolen noch nicht große Fortschritte gemacht hat, liegen diese Körner zerstreut den Protoplasmazüge aber nur des Marktheiles eingelagert (Fig. 1, 2); je mehr aber die Vacuolen verschwinden, um so enger ordnen sie sich zusammen (Fig. 3—6).

Um zu entscheiden, ob diese Körner, welche ich in keiner einzigen Cyste vermisst habe und welche immer denselben Bau zeigten, erst mit dem Beginn der Encystirung gebildet werden oder ob sie bereits vorher auch in nicht encystirten Thieren vorhanden sind, etwa mit den »größeren, dunklen glänzenden Körnchen«, welche in der Markmasse beobachtet werden, identisch sind, aber in Folge ihrer Vertheilung durch den stark vacuolisirten Körper weniger auffallen, vielleicht auch in Bezug auf ihre Zahl abhängig von der Menge der Nahrung sind, habe ich sowohl solche Thiere, welche sich in derselben flachen Schale befanden, aber sich nicht encystirt hatten, als auch solche, welche in den größeren Aquarien lebten und, wie die vielen Nahrungsballen im Thiere zeigten, keinen Hunger litten, auf Schnitten mit starken Vergrößerungen sorgfältig durchmustert, aber niemals jene oben beschriebenen Körner gefunden.

Auch in der Litteratur finde ich nicht nähere Angaben über diese Gebilde; es wird nur erwähnt, dass der Inhalt der Cysten aus dunklen Körnern besteht. Wenn ich auch die Möglichkeit, dass diese Körner auch in anderen Zeiten im Actinosphaerium auftreten können, nicht bezweifeln will, so scheint mir in Anbetracht des gleichmäßigen Vorkommens derselben bei allen sich encystirenden Thieren der Schluss unabweisbar zu sein, dass ihre Bildung mit diesem Process in einem engen Zusammenhange steht, und es liegt nahe, ihnen eine ähnliche Bedeutung für die Cyste zuzuschreiben wie den Dotterkörnern für das Ei und in dieser Ansicht muss man bekräftigt werden, wenn, wie wir

unten sehen werden, diese Körner bei der Entwicklung des jungen *Actinosphaeriums* aus der Cyste verbraucht werden. Es sei darauf hingewiesen, dass die Körner hinsichtlich ihrer Struktur ganz auffallend an die Dotterkörner, besonders der Gemmulakeimzellen von *Ephydatia* (Weltner [93]) und mancher Hydroiden erinnern.

Ein zweiter wichtiger Vorgang, welcher bei der Betrachtung des ganzen Thieres unbemerkt bleibt, ist die Bildung der Kieselstückchen und der Beginn ihrer Anordnung zur Kieselhülle.

In der kurzen Übersicht über die bisherigen Untersuchungen habe ich bereits erwähnt, dass alle Forscher ohne Ausnahme angeben, die kieselige Hülle würde erst gebildet, nachdem das Thier simultan in Stücke zerfallen ist oder allmählich sich in solche getheilt hat. Über die Entstehung berichtet keiner. In Bezug auf den Bau der fertigen Hülle weichen die Angaben von einander ab. Nach SCHNEIDER (71) »sind die Wandungen nicht homogen, sondern wie aus vielen Kieselstücken zusammengesetzt, welche kleine Lücken zwischen sich lassen, doch ist der Zusammenhang der Wand ganz fest und wird durch die Säuren nicht zerstört« (p. 508). SCHULZE hingegen, dem sich BRANDT angeschlossen hat, giebt an: »Auch die eigenthümliche von SCHNEIDER erwähnte Struktur dieser Hülle habe ich bemerkt; freilich kam es mir nicht so vor, als ob die Kapsel aus kleinen Kieselstückchen mit Lücken dazwischen bestände, sondern mehr, als ob sie eine Membran mit Lücken oder dellenartigen äußeren Depressionen darstelle« (p. 346).

Schon auf frühen Stadien (Fig. 4) bemerkt man auf Kanadabal-sampräparaten, wie der Rand des Thieres von einer zwar noch sehr dünnen, aber doch durch die Lichtbrechung klar erkennbaren Schicht von kleinen, verschieden geformten Stückchen eingenommen wird, und bei weiterer sorgfältiger Durchmusterung der Schnitte tauchen überall in dem Protoplasma zwischen den Körnern kleine glänzende Flitterchen auf, besonders an solchen Stellen treten sie hervor, wo die Körner nicht so zahlreich liegen oder ganz fehlen, und auch an den Wänden von Vacuolen sieht man sie in größerer Menge zusammengelagert. Den Einwand, es möchten die im Inneren liegenden Stücke durch das Schnittmesser aus der peripheren Schicht herausgerissen und nach der Mitte überführt sein, kann man mit Sicherheit als unberechtigt zurückweisen. Die Stücke, welche, wie SCHNEIDER (71) zuerst nachgewiesen hat und wie die übrigen Forscher bestätigt haben, aus Kieselsäure bestehen, werden mithin vom Protoplasma sowohl in den peripheren wie den centralen Partien ausgeschieden; sie werden dann erst allmählich nach der Peripherie oder nach den Theilen, wo die spätere Trennung erfolgen soll, befördert, um hier zur Bildung einer Hülle

zusammengefügt zu werden. Es lässt sich dieser letztere Vorgang durch Verfolgen der weiteren Stadien des Encystirungsprocesses (Fig. 4—6) feststellen, indem die Kieselstückchen im Inneren immer geringer an Zahl werden, die Hülle oder richtiger die Randschicht an Breite und damit an Deutlichkeit gewinnt. Ferner stimmt mit dieser Ansicht auch überein, dass die Stücke im Anfange und im Inneren stets kleiner sind als später in der fertigen Cyste und an der Peripherie, wie z. B. die Fig. 48 a und 48 b, welche Kieselstücke eines Stadiums der Fig. 4 und einer Ruhecyste darstellen, lehren. Die Stücke bleiben aber vorläufig auch in der Randschicht noch im Protoplasma liegen und werden noch nicht zu einer festen unbiegsamen Hülle zusammengefügt, wie die amöboiden Bewegungen, welche das Thier noch innerhalb der Gallerthülle ausführen kann, und die späteren Theilungen auf das klarste zeigen.

Die Form der Kieselstücke ist ganz verschieden; meist sind es kleine Nadeln oder ovale Scheiben oder Tafeln, mitunter sieht man aber auch unregelmäßig gestaltete und gezackte Stücke, doch ist hier nicht ausgeschlossen, dass sie beim Schneiden zerrissen sind. Gewöhnlich findet man die genannten Formen gleichmäßig in einer Cyste vor, zuweilen herrscht aber auch die eine vor; dass nur die eine oder nur die andere vorhanden ist, habe ich in keinem Falle beobachtet. Sie liegen sowohl im Inneren wie an der Peripherie völlig unregelmäßig, bald radial, bald tangential, bald in noch anderer Richtung.

Aus dieser Untersuchung hat sich also ergeben, einmal, dass die Kieselhülle nicht, wie man angenommen hat, erst von den Theilstücken, sondern vom ganzen Thiere vor dem Zerfall in solche gebildet oder angelegt wird, und ferner, dass die sie bildenden Stückchen vom Protoplasma sowohl im Inneren wie an der Peripherie ausgeschieden werden.

Leider sind wir über die Entstehungsweise der kieseligen Hüllen bei anderen Rhizopoden zu wenig unterrichtet, um sie zum Vergleiche heranziehen zu können. Meist ist man erst auf sie aufmerksam geworden, nachdem sie fertig, wenigstens ihre Theilchen, gebildet sind. Nach den Schilderungen der Bildung der neuen Hülle bei *Euglypha* sowohl bei der Encystirung wie bei der Theilung für das Tochterindividuum dürfte wohl eine ähnliche Entstehung der Schalenplättchen anzunehmen sein. Im hinteren Abschnitt, schreibt z. B. SCHEWIAKOFF (88 p. 200) »erblickt man, bei den sich zur Theilung anschickenden Exemplaren, außer dem Kern, die bekannten Schalenplättchen, welche zur Bildung der Schale des Tochterindividuums bestimmt sind. Diese Schalenplättchen liegen im Weichkörper um den Kern in mehreren der Schalenfläche parallelen Schichten. Ob sie in dieser Region auch gebildet werden,

vermag ich nicht mit Sicherheit zu entscheiden, möchte aber bemerken, dass ich sie immer nur in diesem und keinem anderen Abschnitte angetroffen. Später erst, wenn die Bildung des Tochterindividuums ihren Anfang genommen hat, werden die Plättchen von ihrer Bildungsstätte an den Ort ihrer Verwendung befördert.

Ähnlich dürfte wohl auch bei den *Actinosphaerium* verwandten Formen, wie *Actinophrys*, *Acanthocystis* und *Clathrulina*, wo das Thier oder jedes der Theilstücke, in welche dasselbe bei der Encystirung zerfällt, ebenfalls eine besondere und wie es scheint, auch kieselige Hülle erhält, dieser Process ablaufen (vgl. CIENKOWSKI [65 u. 67], GREEFF [69], PENARD [90]).

Wie ich bereits berichtet habe, hatte SCHNEIDER die Vermuthung ausgesprochen, es möchte eine Verschmelzung von mehreren Kernen stattfinden, und auf Grund der Angaben BRANDT's, dass die Kerne in den Theilstücken größer sind als diejenigen, welche man beim Beginn der Encystirung im *Actinosphaerium* trifft, hatte sich O. BÜTSCHLI (80—82 p. 314) dieser Ansicht angeschlossen. Wie mich meine Untersuchung nun gelehrt hat, findet in der That eine Kernverschmelzung statt. Dieselbe kann bald im Anfang oder erst auf späteren Stadien, immer aber vor dem Zerfall des Thieres in Cysten erster Ordnung vor sich gehen. Es ist auch möglich, dass nicht die Herabsetzung der Zahl der Kerne auf einmal erfolgt, sondern durch einen mehrere Male wiederholten Verschmelzungsprocess.

Die Fig. 25, 26 führen einige Stadien vor. Die in den Fig. 25a—d wiedergegebenen Kerne sind alle einem und demselben Thiere entnommen, das sich etwa auf dem Stadium der Fig. 1 befand, die der Fig. 26 a u. b einem anderen Thiere, das bereits weiter in der Encystirung fortgeschritten war und kurz vor dem Zerfall stand. In dem ersteren Thiere waren nur wenige Kerne zu treffen, welche vereinzelt lagen, die meisten waren in Gruppen zu je 2 oder zu je 4 eng zusammengeordnet. Einige lagen so dicht zusammen (Fig. 25 a—c), dass die berührenden Flächen sich mehr oder minder stark abgeplattet hatten; bei anderen endlich waren die Scheidewände nicht mehr zu erkennen, nur eine Einkerbung in der Mitte deutete die Zusammensetzung aus zwei Kernen an (Fig. 25 d). Auch in dem anderen Thiere waren die Verhältnisse ähnliche; neben solchen Kernen (Fig. 26 a), welche eng an einander lagen, fanden sich andere (Fig. 26 b), welche bedeutend größer waren und daher wohl eine Entstehung aus mehreren Kernen vermuthen lassen. Ferner lässt sich für die Ansicht, dass eine Verschmelzung von Kernen stattfindet, die wachsende Größe der Kerne während dieser Zeit anführen. Zwar sind die Kerne in verschiedenen Thieren keineswegs alle gleich groß, wie die Fig. 23 u. 24,

welche Kerne aus zwei nicht encystirten Thieren zeigen, lehren, und eben so findet man auch in verschiedenen Cysten verschieden große Kerne, aber trotzdem, glaube ich, ergibt ein Vergleich der Fig. 27 bis 30, welche Kerne von verschiedenen Stadien wiedergeben, und zwar Fig. 27, 28 solche von einem noch ungetheilten Thier, Fig. 29 einen solchen von einer Cyste erster Ordnung und Fig. 30 einen Kern einer Ruhecyste, auf das klarste, dass eine bedeutende Vergrößerung der Kerne eintritt, die durch eine Verschmelzung mehrerer verständlich wird. Endlich kommt noch ein negativer Befund hinzu, dass man nämlich nichts von zerfallenden Kernen beobachten kann. Dass man das wichtigste Stadium der Verschmelzung, die Auflösung der Scheidewand, sehr selten antreffen muss, ist wohl begreiflich, weil dieser Vorgang sehr rasch verlaufen wird. Dagegen müsste es auffallen, dass man von einer Auflösung der Kerne, wenn eine solche stattfinden sollte, keine Anzeichen findet. Denn derartige Prozesse — ich erinnere hier z. B. nur an die Auflösung der Kerne in Nährzellen — pflegen gewöhnlich nur langsam zu verlaufen.

Manchmal sieht man zwar in der Gallerthülle und zuweilen auch zwischen dieser und der Oberfläche des Thieres eigenthümliche, kernähnliche Gebilde liegen, welche zu der Vermuthung Anlass geben können, es möchten ausgestoßene Kerne sein. Indessen lehrt ein näherer Vergleich derselben mit wirklichen Kernen und eine genauere Prüfung dieser Gebilde bald, dass dieselben nichts mit dem *Actinosphaerium*, geschweige denn mit dessen Kernen zu thun haben. Bald sind sie zahlreich vorhanden, bald vereinzelt, bald fehlen sie ganz. Es sind offenbar Parasiten, und zwar Flagellaten, welche sich in die Gallert-hülle einbohrten, zum Theil auch bis zum Thiere vorgedrungen waren, und welche später die Cysten angreifen. Sie sind wahrscheinlich identisch mit denselben, welche BRANDT (77 u. 84) beobachtet hat.

Nachdem man unterrichtet ist, welche Vorgänge im Inneren des Thieres sich während dieser Periode von der Bildung der Gallerthülle bis zum Zerfall in Theilstücke abspielen, ist es verständlich, wesshalb sie so lange Zeit dauert, und wesshalb äußerlich diese Vorbereitungen so wenig deutlich hervortreten können. Wenn man davon absieht, dass die Markmasse allmählich dunkler, die Rindenschicht etwas schmäler wird und die hellen Flecke, die Kerne, sich fast ganz der Beobachtung entziehen, so sind es nur einige langsam verlaufende Formveränderungen des ganzen Thieres, welche anzeigen, dass noch nicht völlige Ruhe eingetreten ist. Im Allgemeinen können dieselben zweierlei Art sein. In dem einen Falle (Fig. 3, 4) rundet sich das Thier zu einer Kugel ab, in deren Innerem sich eine meist central liegende, offenbar durch

Zusammenfließen mehrerer stets wachsende Vacuole bildet; da nun auch auf der Oberfläche Einkerbungen auftreten, welche wie Zellgrenzen bei einem sich furchenden Ei aussehen, so gewinnt dieses Stadium das Aussehen einer Coeloblastula. Im zweiten Falle (Fig. 5) entsteht keine centrale Höhle, sondern das Thier bleibt kompakt; es nimmt eine mehr oder weniger in die Länge gezogene Gestalt an, und es treten an der Oberfläche große breite lappige, abgerundete Fortsätze auf. BRANDT erwähnt ähnliche Formveränderungen, wie die zuletzt beschriebenen, doch sollen sie nach ihm bereits vor der Bildung der Gallerthülle auftreten, wo ich sie nicht beobachtet habe. Dieselben hängen nun zusammen mit der Anordnung des Inhaltes für den Zerfall in Stücke, die »Cysten erster Ordnung«, wie Schnitte lehren (Fig. 4—6). Zunächst erkennt man, dass die Markmasse, also Körner und Kerne in erster Linie, eine bestimmte Anordnung erfährt. Um je einen der nach der Verschmelzung vorhandenen Kerne als Centrum gruppirt sich eine, so scheint es, bestimmte, gleich große Menge von Körnern. Die Anzahl der Partien ist völlig verschieden und hängt offenbar von der Größe des Thieres und von der hierdurch bedingten Zahl der Kerne ab. Es lässt sich leider nicht mit irgend welcher Sicherheit bestimmen, wie viele Kerne mit einander verschmelzen. Da die Zahl der sekundären nach der Verschmelzung vorhandenen Kerne in den meisten Fällen zwischen 4 und 10 schwankt, so scheint mir die Angabe BRANDT's, dass die Anzahl zehnmal so klein als vorher ist, ziemlich das Richtige zu treffen, da man in mittelgroßen nicht encystirten Thieren im Durchschnitt bis zu 100 Kernen findet.

Die Partien sondern sich bald in der Weise schärfer von einander ab, dass an den Grenzen an der Oberfläche kleine Einbuchtungen entstehen und in der späteren Trennungsfläche die Körner nach zwei Seiten aus einander weichen und sich hier so körnerfreie vacuolenreichere Protoplasmawände bilden (Fig. 3 a), die ganz das Aussehen der Rindenschicht annehmen. Diese Anordnung findet man vornehmlich bei kugeligen, mit einer oder mehreren großen Vacuolen versehenen Thieren (Fig. 3, 4), bei den kompakteren, länglichen Formen dagegen beginnt eine jede Partie sich durch Vorwölbung über die Peripherie vom übrigen Theil abzuschneiden (Fig. 5). Weiter findet man manchmal, dass die Kieselstücke im Inneren an Zahl abnehmen, dagegen außer in der Rindenschicht in den Scheidewänden zwischen den Partien zahlreicher auftreten (Fig. 4 K¹).

Nachdem diese Vorbereitungen beendet sind, erfolgt der Zerfall des Ganzen in so viele Theile, wie Kerne vorhanden sind und im Sinne der Anordnung des Inhaltes. Ein jedes Theilstück erhält mithin nur

einen Kern; in keinem einzigen Falle habe ich eben so wenig wie SCHULZE und BRANDT mehrere Kerne gefunden. Es ist möglich, dass SCHNEIDER (74), welcher eine derartige Angabe gemacht hat, eine allerdings nur selten eintretende Zweitheilung des *Actinosphaerium* im Beginn der Encystirung gesehen und diese dem späteren Zerfall in Theilstücke gleichwerthig gesetzt hat. Wie die Fig. 2, welche einen der beiden von mir beobachteten Fälle darstellt, zeigt, hat sich das Thier in zwei Hälften gesondert auf einem Stadium der Fig. 4. Die Kieselstückchen sind bereits ebenfalls an den Theilungsflächen zahlreicher angeordnet wie sonst in der Rindenschicht. In der einen Hälfte lagen 12 Kerne, in der anderen 45, wie eine Zählung nach einer Aufzeichnung der Schnitte ergab; es wäre möglich, dass die Zahl der Kerne Anfangs gleich groß gewesen ist, dass sie sich aber in Folge einer Verschmelzung mehrerer in der einen Hälfte verringert hat, doch macht die verschiedene Größe der Hälften, welche bei einem Vergleiche der Schnitte sich zeigt, eine derartige Annahme unwahrscheinlich. Diese Theilung, welche auch GREEFF (73) beobachtet hat, kann aber nicht zur Stütze der Angabe SCHNEIDER's dienen, denn von jetzt an verlaufen die weiteren Prozesse, Verschmelzung der Kerne und Anordnung des Inhaltes, für jede Hälfte in derselben Weise, wie bei einem Thier, welches sich nicht getheilt hat, so dass auch hier beim Zerfall jedes Stück nur einen Kern erhält.

Der Zerfall kann nun in verschiedener Weise vor sich gehen. Besonders bei kugeligter Gestalt und beim Vorhandensein einer centralen Höhle kann die Scheidung der Theilstücke, wie wir gesehen haben, bereits im ungetheilten Thier so weit vorbereitet werden, dass nur eine einfache Trennung des Rindenplasmas längs dieser Stellen nothwendig ist ohne dass wesentliche Formveränderungen dadurch bedingt werden. Wo dagegen nur eine kompakte Masse vorhanden ist und die Marksubstanz aller Theilstücke in kontinuierlichem Zusammenhange steht, da geschieht die Trennung derselben von einander durch wirkliche Abschnürung (Fig. 5), indem von außen eine breite Furche gegen das Centrum eindringt, die Brücken, welche die Rinden- und Marksicht noch verbinden, immer schmaler werden (Fig. 6, welche zwei sich von einander trennende Stücke zeigt) und zuletzt jede Verbindung gelöst wird. Wir werden später noch einmal ähnlichen Variationen bei den Theilungen begegnen, und ich werde dann darauf zurückkommen müssen.

GREEFF und SCHULZE geben an, dass nicht, wie CIENKOWSKI, BRANDT und ich es schildern, der Zerfall auf einmal erfolgt, sondern allmählich nach dem Princip der fortgesetzten Zweitheilung das Ganze in immer

kleinere Stücke sich theilt. Es kann vorkommen, dass zwei oder auch mehrere Stücke noch zusammenhängen, während andere schon sich getrennt haben, und hierdurch mag eine allmähliche Theilung wie beim Furchungsprocess vorgetäuscht werden; einen so regelmäßigen Verlauf, wie jene Forscher ihn annehmen, habe ich niemals gesehen. Es ist dieser Punkt aber von geringer Wichtigkeit. Die Hauptsache und das für diesen Process Charakteristische liegt allein darin, dass dieser Zerfall vor sich geht, ohne dass eine Kerntheilung erfolgt, der Kern vielmehr unverändert bleibt und dass das Thier immer nur in so viele Stücke sich sondert als Kerne vorhanden sind. Hierdurch unterscheidet sich die Bildung dieser Theilstücke wesentlich von derjenigen der aus diesen wieder hervorgehenden Stücke, indem mit ihr stets eine Kerntheilung verbunden ist. Ich bezeichne deshalb diese durch einfachen Zerfall des Ganzen entstehenden Theile als »Cysten erster Ordnung« dagegen die späteren durch wirkliche Kern- und Zelltheilung entstehenden als »Cysten zweiter Ordnung«.

Wenn der Zerfall beendet ist, runden sich die Cysten erster Ordnung mehr oder weniger ab und eine jede scheidet wieder eine glashelle Gallerthülle ab, so dass also jetzt jede von zwei derartigen Hüllen, der allen gemeinsamen und der nur jeder allein zukommenden, umgeben ist. Die zuletzt gebildete fällt im Leben sehr wenig auf, ich bin erst auf Schnitten, wo sie in Folge der Behandlung stark geschrumpft, membranartig erscheint, auf sie aufmerksam geworden. Am deutlichsten ist sie bei und nach den Theilungen zu erkennen (Fig. 7, 13—15 *gh*¹). Ungetheilten Cysten liegt sie so eng an, dass sie sich nur als schärfere äußere Begrenzung der Rindenschicht, bezw. Kieselhülle markirt. Das Centrum jeder Cyste wird von dem einen großen Kern eingenommen; er ist umgeben von einer meist nur sehr schmalen Schicht von körnchenfreiem Protoplasma. An diese schließt sich weiter nach außen die im Allgemeinen ziemlich gleich breite Zone der Körner, welche, da die Vacuolen völlig geschwunden sind, jetzt eng an einander liegen, so dass man von der Grundmasse, in welche sie eingebettet sind, nichts erkennen kann, und zwischen welchen man ganz vereinzelt (z. B. Fig. 8) noch Kieselstückchen findet. Die meisten liegen in der Rindenschicht. Bei der Betrachtung im Leben oder auch in Glycerin glaubt man nur ein feines Maschenwerk von Protoplasma vor sich zu haben, von den Kieselstücken sieht man so gut wie nichts; auf Kanada-balsampräparaten dagegen scheint der ganze äußere Ring nur von Kieselstückchen dicht erfüllt zu sein, so dass das Protoplasma fast völlig verschwindet. Die Stücke liegen so eng an- und durch einander,

dass man den Eindruck erhalten muss, es sei bereits eine starre, unbiegsame Hülle vorhanden.

Die Zahl der Cysten erster Ordnung schwankt nach meinen Beobachtungen zwischen 4 und 10, gewöhnlich trifft man 4—6.

B. *Die Bildung der Ruhecysten.* In ganz vereinzeltten Fällen habe ich feststellen können, dass keine Theilung der Cyste erster Ordnung erfolgte, sondern diese direkt zur Ruhecyste wurde; in den übrigen nach Hunderten zählenden Fällen erfolgte mindestens noch eine Theilung, oft aber zwei. Mehr als zwei habe ich nicht beobachtet; selbst wenn auch eine neue Kernspindel angelegt wurde, erfolgte doch keine Theilung.

Da ich in diesem Abschnitt näher auf den Kern und seinen Bau eingehen muss, so mögen hier zunächst noch die Beobachtungen über die Struktur der Kerne vor dem Zerfall des *Actinosphaeriums* in Cysten erster Ordnung nachgetragen werden.

Ohne Ausnahme (Fig. 23—28) habe ich den Bau des ruhenden Kernes immer in folgender Weise angetroffen: außer der stets deutlichen Membran ließen sich unterscheiden ein Chromatingerüst, Nucleolen und Kernsaft, also dieselben Bestandtheile, welche man in Kernen der Metazoen findet. Im Gegensatze zu GRUBER (83) und R. HERTWIG (84) habe ich stets ein deutliches Gerüst vorgefunden; es trat auf Osmiumsäurepräparaten nicht so klar hervor wie auf den mit Sublimat und Pikrinessigsäure behandelten. Es war ein engmaschiges Netzwerk, welches den ganzen Kernraum durchzog; es bestand aus einer wenig färbbaren Grundmasse, dem Linin, in welche überall feine sich färbende Körnchen, die Chromatinkörner, eingelagert waren. Die Nucleolen waren stets in der Mehrzahl vorhanden, in keinem Falle habe ich nur einen oder zwei gefunden. Ihre Form war selten ganz kugelig, auch lagen sie nicht isolirt durch den ganzen Kernraum, wie man es bei plurinucleolären Metazoenkernen findet, sondern die unregelmäßig geformten, verschieden großen stark den Farbstoff aufnehmenden Körper lagen entweder im Kreise oder in kurzen Reihen angeordnet; zwischen ihnen, seltener getrennt von ihnen, ließen sich oft dickere Verbindungsstränge unterscheiden, die in Bezug auf die Färbbarkeit mit dem Linin übereinstimmten (Fig. 24—27 *pn*), und welche mit den von BÜTSCHLI (76) und R. HERTWIG (84) beobachteten, von Letzterem als *Paranuclein* bezeichneten Fäden identisch zu sein scheinen. Auf den Schnitten ließ sich nicht genau feststellen, wie sie verlaufen und ob sie stets vorhanden sind; ich verweise desshalb auf die Angaben jener Forscher. Ich kann zwar nicht mit völliger Sicherheit die Ansicht GRUBER'S und R. HERTWIG'S, dass die Nucleolen an dem Aufbau der

Chromosome Antheil nehmen, als unrichtig zurückweisen, möchte aber glauben, dass man, da dieselben Bestandtheile wie in Metazoenkernen, vor Allem ein Chromatingerüst, vorhanden sind, und da auch die Art der Ausbildung der Spindel keine besonderen Abweichungen in Bezug auf diesen Punkt erkennen lassen, denselben auch dieselbe Bedeutung wird zuschreiben müssen. Auch bestärken mich in dieser Ansicht die neueren Beobachtungen von PFITZNER (86), SCHEWIAKOFF (88), LAUTERBORN (93) u. A., nach welchen sowohl in den Kernen von *Opalina*, wie von *Euglypha* und der *Diatomeen* die Chromosome nicht aus den Nucleolen ihren Ursprung nehmen, sondern aus den in einem Netzwerk vertheilten Chromatinkörnern.

Über die Kerntheilung von *Actinosphaerium* liegen bereits die Untersuchungen von GRUBER (83), und besonders die sehr eingehenden von R. HERTWIG (84) vor. Wenn ich auch die Angaben des letzteren Forschers in fast allen wichtigen Punkten nur bestätigen kann, so halte ich doch eine nochmalige Schilderung des Vorganges nicht für überflüssig, weil einmal zum Verständniss der Punkte, in denen ich von demselben abweiche, eine weitere Ausführung nothwendig ist, und weil ferner über Kerntheilungen bei Protozoen nur wenige Mittheilungen vorliegen, und eine Bestätigung früherer daher nicht ohne Werth sein dürfte. Ich muss aber vorausschicken, dass meine Beobachtungen nicht ohne Lücken geblieben sind, weil es wegen der Undurchsichtigkeit der Cysten nicht möglich ist, an einem und demselben Thier den ganzen Process im Leben zu verfolgen, sondern vielmehr durch Schneiden vieler Cysten die Stadien kombinirt werden müssen, ja ich habe darauf verzichten müssen, alle Stadien nur von solchen Cysten, die in der ersten Theilung begriffen waren, zu gewinnen; ein Theil der Abbildungen stellt vielmehr Kernfiguren aus der ersten, ein Theil solche aus der zweiten dar; hierauf dürfte auch theilweise die verschiedene Größe derselben (Fig. 35, 36) zurückzuführen sein, zum Theil hat sie aber auch ihren Grund in der wirklich verschiedenen Größe der Kerne in verschiedenen Cysten (man vgl. z. B. Fig. 30 u. 34).

Die ersten Merkmale, welche eine Kerntheilung ankündigen, bestehen in Veränderungen der Theile im Kern und ferner in dem Auftreten der »Protoplasmakegel« und »Polplatten« (R. HERTWIG) an den Polen der künftigen Spindel. Die ersteren sind dieselben, welche man auch in Metazoenkernen beobachtet, indem die Nucleolen verschwinden (Fig. 31—33), das Chromatingerüst sich enger zusammenzieht, so dass die Fäden an Zahl abnehmen, an Deutlichkeit durch die Ansammlung der Chromatinkörner aber gewinnen. Auf einem etwas späteren Stadium (Fig. 34) ist der ganze Kernraum mit isolirten Körnern, den

Chromosomen, erfüllt, deren Zahl nicht zu bestimmen ist. Eine genauere Betrachtung derselben ergibt, dass ein jedes aus zwei Körnern besteht, also die Spaltung bereits jetzt vorhanden ist, nicht erst in der Äquatorialplatte kurz bei der Trennung der Tochterplatten erfolgt, wie es R. HERTWIG angegeben hat. Manchmal, z. B. in Fig. 37, scheint es, als ob die Chromosome nicht die Form von Körnern oder kurzen Stäbchen hätten, sondern kurze Schleifen wären, indessen, glaube ich, ist dieses eine Täuschung, welche bei etwas schiefer Durchschneidung der Spindel leicht entstehen kann.

Wie die Chromosome sich zur Äquatorialplatte zusammenordnen, habe ich nicht verfolgen können, weil man auf Schnitten, wegen der großen Menge derselben, keine einwandfreien Bilder erhält. Die Angabe R. HERTWIG's (p. 24), dass die kleinen Körnchen, welche im Kernraum liegen, sich allmählich in Reihen anordnen und dann in der Äquatorialplatte sich ansammeln und hierbei erst zu größeren Körnern, den Chromosomen, verschmelzen, scheint mir wenig wahrscheinlich zu sein, weil letztere bereits vorher, wie wir gesehen haben, fertig gebildet sind. Aber es ist möglich, dass bei nicht encystirten Thieren der Verlauf ein etwas anderer ist. Die Äquatorialplatte ist, wie Polansichten lehren, kreisrund und ist in allen Theilen mit Chromosomen erfüllt. Schätzungsweise beträgt die Zahl mehrere Hunderte. Die Äquatorialplatte erfüllt nicht die ganze Breite des Kernes, welcher mit dem Beginn der Spindelbildung eine Abplattung (Fig. 8, 35) in der Richtung der Spindelachse erfährt, sondern auf allen Seiten bleibt ein Raum frei. Von den Chromosomen ziehen nach beiden Seiten parallel verlaufende Reihen aus achromatischer Substanz, welche aus sehr feinen Körnchen zusammengesetzt zu sein schienen, niemals homogen wie die Spindelfasern aussahen, doch zweifle ich nicht, dass wir dieselben den letzteren gleich zu setzen haben. Ganz auffallende Bildungen treten an den Polflächen des Kernes auf, nämlich die Polplatten (Fig. 34, 35—42 pp). Sie haben die Gestalt von Kugelkalotten, zuweilen sind sie in der Mitte etwas spitzer, sie erscheinen völlig homogen und bleiben ungefärbt; sie machen den Eindruck, als wenn es Verdickungen der Membran wären, die stets während des ganzen Kerntheilungsprocesses erhalten bleibt. Ich habe nicht erkennen können, dass die von den Chromosomen ausgehenden Körnchenreihen sich in diese fortsetzten oder gar sie durchdrangen und in das Protoplasma übergingen. Diese Polplatten schienen vielmehr eine Scheidewand zwischen dem Kerninneren und dem letzteren zu bilden. Als letzter Theil der Spindel wären noch die Protoplasmakegel zu besprechen. Außerhalb des Kernes an seinen Polen beginnt sich schon, wenn die ersten Veränderungen im Kern er-

kennbar werden, feinkörniges Protoplasma anzusammeln. Diese Ansammlungen haben die Form von Kegeln oder von hohen, mehr oder minder stark gewölbten Hauben. Auf den Sublimat- und Pikrinessigsäure-Präparaten erscheinen sie körnig (Fig. 34, 38, 40), auf den mit Osmiumsäure behandelten (Fig. 35, 37) dagegen völlig homogen; nur in einem Falle (Fig. 36) habe ich etwas wie eine streifige Anordnung der Körnchen, niemals aber eine Strahlung erkennen können. Meist setzen sich diese Hauben scharf gegen das übrige Protoplasma ab, z. B. Fig. 35, 37—39, 9, 10, 17. Die Größe der Spindeln ist, wie ein Blick auf die Fig. 35—40 lehrt, völlig verschieden, im Bau habe ich aber keinen Unterschied gemerkt. Die Spindel liegt meist central in der Cyste (Fig. 8, 9).

Bei der nun folgenden Trennung der Tochterplatten (Fig. 36, 37, 38, 40) treten zwischen denselben Verbindungsfasern oder genauer feinkörnige parallele Streifen auf. Zugleich erfolgt eine Streckung des ganzen Kernes, mit welcher auch eine solche der Cyste schon verbunden sein kann (Fig. 9, 17). Die Chromatinplatten, in welchen man kaum noch die einzelnen Chromosome wegen der engen Aneinanderlagerung bei der Überführung erkennen kann, rücken bis an die Polplatten, eine Verschmelzung aber mit diesen, wie R. HERTWIG angiebt, habe ich nicht konstatiren können (Fig. 39—42). Der Kern, dessen Membran völlig erhalten geblieben ist, wird hierbei mehr und mehr in die Länge gezogen (Fig. 40), dann nimmt er, indem er sich in der Mitte einschnürt, Sanduhrform an, worauf bald die völlige Trennung erfolgt. Wie ich glaube mit Sicherheit in Übereinstimmung mit R. HERTWIG angeben zu können, geht die Kernmembran auf die Tochterkerne über, auf keinem Stadium findet eine Auflösung oder Lückenbildung statt, was sich klar daraus ergibt, dass die anliegenden Körner nicht in den Kernraum eindringen, wie es bei Kerntheilungen von Metazoen zu beobachten ist, sondern derselbe stets erhalten und scharf begrenzt bleibt. Nachdem der Zipfel der Kernmembran, in welchen dieselbe nach der Mitte zu kurz nach der Trennung ausläuft (Fig. 41), eingezogen ist, der neue Kern sich abgerundet hat, bilden sich die Polplatten und Protoplasmakegel (Fig. 40—43) zurück und die Chromosome beginnen wieder sich in Körnchen aufzulösen und in einem neuen Liningerüst zu vertheilen. Je mehr die Kernvacuole wächst, um so mehr tritt das Chromatinnetz an Deutlichkeit zurück (Fig. 42, 43); der Kern ist, nachdem auch noch Nucleolen sich gebildet haben, in das Ruhestadium eingetreten.

Neben den beschriebenen Bildern von der Theilung findet man nun noch andere, welche auf den ersten Blick einen ganz anderen Theilungsmodus anzuzeigen scheinen. In Bezug auf die Ausbildung

der Spindel, die Gestalt und den Verlauf der Trennung der Tochterplatten habe ich in keinem Falle Abweichungen angetroffen; diese traten erst auf den Endstadien der Theilung auf. Die Fig. 44—45, 41, 42, 44 zeigen einige derartige Kernfiguren, bei denen die Theilung bereits oder fast ganz vollzogen ist. Zunächst fällt die Größe der Kernvacuole (vgl. Fig. 44) und die Anordnung des Chromatins auf, indem das letztere auf parallelen Fäden angeordnet erscheint, welche von den Polplatten nach der entgegengesetzten Seite, an Stärke allmählich hierbei abnehmend, verlaufen. Da zwischen ihnen bei genauerer Betrachtung auch Querbrücken zu erkennen sind, so scheint diejenige Deutung dieses Bildes mir die richtige zu sein, dass die Rekonstruktion des Kernes begonnen hat, dass also die Chromatinkörner aus den den Polplatten nahe zugeführten Tochterplatten von hier aus sich nach den freien Stellen des Kernraumes, also vorwiegend nach der entgegengesetzten Seite verbreiten. Es würde somit nur die Größe der Vacuole Auffälliges bieten, doch ließe sich diese durch den Hinweis auf den ungemein verschiedenen Umfang der Kerne und damit auch der Spindeln (z. B. Fig. 35, 36) genügend erklären.

Ein weiterer und zwar der wichtigste Unterschied liegt darin, dass auf diesen Bildern ein Centrosom und eine Strahlung in den Protoplasmakegeln zu sehen sind, während vorher, selbst nicht in der fertigen Spindel und während der Trennung der Tochterplatten niemals — auch von R. HERTWIG nicht — eine Spur von beiden konstatiert werden konnte, obwohl die Behandlung derselben genau dieselbe gewesen ist und auf das sorgfältigste die Schnitte mit den Apochromaten verschiedene Male durchmustert wurden.

Meist lagen der Kernmembran dicht an oder in ganz geringer Entfernung von ihr (Fig. 44, 45) zwei Centrosome, die sich fast berührten oder verschieden weit aus einander gerückt waren und ganz das Bild boten, als wenn sie durch Theilung aus einem hervorgegangen und im Begriffe wären, nach entgegengesetzten Richtungen sich zu bewegen. So klein die Gebilde auch waren, so hoben sie sich doch scharf aus dem umgebenden Protoplasma ab; es ließ sich eine helle scharf begrenzte Kugel erkennen, in deren Mitte ein dunkleres Korn sich zu befinden schien. Von der Peripherie der Kugel gingen nach den Seiten zarte Strahlen aus, die oft sich durch den ganzen körnerfreien Protoplasmahof verfolgen ließen. Genau wie man es in dotterreichen Zellen z. B. den Spermatoocyten von *Ascaris* auf diesem Stadium findet, machte sich die Bewegung der Centrosome und ihrer Strahlungen nach den Polen der neu zu bildenden Spindel in der Art der Anordnung der umliegenden Körnchen deutlich bemerkbar (Fig. 46), und zwischen den

beiden Centrosomen war eine Verbindungsbrücke erkennbar wie eine Centralspindel. Die Bilder gleichen ganz denen, welche ISHIKAWA (94) von den Centrosomen bei der Kerntheilung von *Noctiluca miliaris* gegeben hat. Wenn auch auf den Präparaten manchmal die Centrosome selbst nicht scharf umgrenzt waren, sondern nur wie dunklere Centren in der Mitte einer feinkörnigen Masse sich darstellten, so lehrten doch die von einem Centrum radienartig ausgehenden Strahlungen mit Sicherheit, dass solche vorhanden waren und wahrscheinlich in Folge der Konservirung oder Färbung an Deutlichkeit verloren hatten.

Es möge vorläufig davon abgesehen werden, dass bei der an erster Stelle beschriebenen Kerntheilung weder ein Centrosom, noch eine Strahlung auf irgend einem Stadium erkennbar waren, und dass besonders nach der Bildung der Tochterkerne selbst von den breiten körnerfreien Protoplasmahöfen nichts zu sehen war, und zunächst nur die auffallende Erscheinung zu erklären versucht werden, dass das Centrosom in der fertigen Spindel nicht beobachtet wurde, dagegen nach der Theilung deutlich wird. Wenn man bedenkt, dass bei den Mitosen der Metazoen im Stadium der fertigen Spindel und der Überführung der Tochterplatten allgemein das Centrosom und die Strahlung ihre größte Entwicklung erreichen und deshalb auch leicht erkannt werden, und ferner, dass die Konservirung immer dieselbe¹ gewesen ist, so scheint mir der Schluss unabweisbar, dass das Centrosom vorher nicht im Protoplasma außerhalb des Kernes, wie die Figuren es zeigen, gelegen haben kann. In erster Linie wird man an die eigenartigen Polplatten denken müssen, an welchen die Körnerreihen, welche von der Äquatorialplatte nach beiden Seiten ausgehen, und welche ich den Spindelfasern der Kernfiguren der Metazoen gleich setzte, ihre Ansatzpunkte finden. Sie machen, wie ich erwähnte, den Eindruck, als wären es Verdickungen der Kernmembran, doch scheint mir eine derartige Bildungsweise völlig unverständlich, und ich möchte die Ansicht RICH. HERTWIG's, dass sie aus Kernsubstanz hervorgehen und zwar aus dem von ihm als Paranuclein bezeichneten Körper, für die wahrscheinlichste halten. Auch weist ihr Verhalten bei *Spirochona gemmipara*, wo derselbe Forscher (77) ähnliche Polplatten (»Endplatten«) nachgewiesen hat, auf einen solchen Ursprung hin, indem sie hier aus einem nucleolusartigen Körper hervorgehen und auch wieder nach der Theilung in einen solchen sich umwandeln. Wenn aber auch die Frage der Her-

¹ Außer den wenigen Fällen, wo 40/ige Osmiumsäure und Pikrinessigsäure zur Verwendung kamen, welche aber hierbei natürlich nicht in Betracht gezogen werden, obwohl sie in Bezug auf den obigen Punkt ganz dieselben Resultate wie das Sublimat lieferten.

kunft der Polplatten noch nicht als sicher entschieden gelten kann, so ist doch, da in Bezug auf die Zeit des Auftretens, den Ort der Lagerung, Aussehen, Verhalten gegen Farbstoffe etc. dieselben mit den Endplatten von *Spirochona* völlig übereinstimmen, kein Zweifel darüber möglich, dass beide Bildungen homolog sind. Die Endplatten sind nur etwas gedrungener, weniger breit als die Polplatten.

Ganz ähnliche Bildungen sind ferner noch bei einem dritten Protozoon, nämlich bei *Euglypha alveolata*, deren Theilung von SCHEWIAKOFF (88) eine genaue Untersuchung erfahren hat, konstatiert worden. Er berichtet über dieselben (p. 224): Gleichzeitig mit der Ansammlung von Protoplasma außerhalb des Kernes an den zwei Theilungspolen »bemerkt man, dass die Kernwandung an diesen beiden Stellen in den Kern sich etwas einstülpt, wodurch zwei Dellen gebildet werden. Auf dem Grunde dieser Dellen gewahrt man einen kleinen homogenen Höcker, dessen Umrisse, Dank der starken Lichtbrechung, deutlich hervortreten. Besonders scharf treten sie bei abgetödteten Thieren hervor und erscheinen als matt glänzende, gut begrenzte ellipsoidale Körper, die von Färbungsmitteln nicht im mindesten tingirt werden«. Er bezeichnet dieselben als Polkörperchen. Nach der Theilung »wird das Polkörperchen in die Kernsubstanz eingezogen, um schließlich mit derselben zu verschmelzen« (p. 238). SCHEWIAKOFF setzt diese Polkörperchen von *Euglypha* den Polplatten von *Actinosphaerium* gleich. In der That stimmen beide Bildungen in jeder Beziehung außer in der Größe überein. Doch scheint mir dieser Unterschied von nicht so großer Bedeutung zu sein, da auch die Endplatten von *Spirochona* in der Größe von den Polplatten abweichen. Wenn ich auch vollständig mich damit einverstanden erkläre, dass die drei Bildungen, die Polkörperchen von *Euglypha*, die Endplatten von *Spirochona* und die Polplatten von *Actinosphaerium*, gleichwerthig sind, so scheint mir aber die Ansicht SCHEWIAKOFF's, dass die Polkörperchen, also auch die Polplatten von *Actinosphaerium*, den Centrosomen homolog sind, nicht begründet. Aus dem gleichzeitigen Vorhandensein von Centrosomen und Polplatten (Fig. 44, 45) ergibt sich, dass die Polplatten das Centrosom allein nicht repräsentiren können. Da wir sehen, dass die Spindelfasern an diesen Körpern in den genannten drei Fällen ihre Ansatzpunkte finden und die Trennung und Überführung der Tochterplatten hier auch wie bei den Metazoen durch diese Fasern bewirkt werden dürfte, so wird man auch den Polplatten plus dem Centrosom eine ähnliche Rolle bei der Kerntheilung zuschreiben müssen, in ihnen also mit R. HERTWIG (77 p. 180) die aktiven Bestandtheile des Kernes sehen und somit auch in ihrer funktionellen Bedeutung etwa dem Archoplasma (BOVERI) plus dem

Centrosom, also kurz den Centrosphären (STRASBURGER) gleichsetzen. Diese Substanz würde mithin im Kerne ihren Sitz haben und bei der Kerntheilung an den Polflächen des Kernes, das Centrosom in der Mitte, sich anordnen. Bei dieser Auffassung kann aber auch das »Polkörperchen« von *Euglypha* dem Centrosom nicht allein gleich sein, wie SCHEWIAKOFF annimmt, sondern vielmehr ebenfalls den ganzen Centrosphären, wofür auch die Form und Eigenschaften dieses Körpers sprechen, die sehr wenig mit denen eines Centrosoms übereinstimmen.

Mit dieser Deutung scheint die Thatsache im Widerspruch zu stehen, dass das Centrosom manchmal außerhalb des Kernes und losgelöst von den Polplatten auftritt. Es muss aber zunächst dagegen hervorgehoben werden, dass dieses keineswegs bei jeder Kerntheilung der Fall ist, sondern in vielen Fällen, wie aus der völligen Rückbildung der Protoplasmakegel und dem Fehlen jeglicher Strahlung geschlossen werden kann, das Centrosom am Ende der Theilung wie bei *Euglypha* in den Kern zurücktritt. Auch in den Fällen, wo es am Ende der Theilung in das Protoplasma übertritt, hier sich theilt und die Tochtercentrosome nach den Polen der neuen Spindel sich bewegen, scheint es, da nicht ein einziges Mal sie in der fertigen Spindel beobachtet wurden, dass sie ihre Lage wieder in den Polplatten, vermuthlich in der Mitte, einnehmen. Die Bildung der Protoplasmakegel deutet aber an, dass durch die Lage in den Polplatten ein Einfluss auf das Protoplasma nicht aufgehoben ist, ferner möge auf das in vielen Punkten ähnliche Verhalten des Centrosoms in den Spermatoocyten von *Ascaris megalocephala univalens* (vgl. meine Arbeit 93) hingewiesen werden, indem es Anfangs im Kern, später außerhalb desselben liegt. Wenn man, wie ich schon in jener Arbeit hervorgehoben habe, die Kernmembran nicht als feste Scheidewand zwischen den Bestandtheilen des Kernes und des Protoplasmas auffasst und besonders nicht wegen derselben schematisch einen scharfen Gegensatz zwischen den beiden konstruirt, so wird man der verschiedenen Lage des Centrosoms bald innerhalb bald außerhalb der Kernmembran keine so große Bedeutung beimessen und vor Allem nicht darin zwei unvereinbare Thatsachen erkennen, sondern eher vermuthen, dass die Verschiedenheit der Lage in irgend welcher Beziehung zu einem rascheren Verlaufe der Theilung, leichteren Vorbereitung der neuen und dgl. steht.

Man wird auf derartige Vermuthungen um so eher geführt, als man beim *Actinosphaerium* beobachten kann, dass auch der Verlauf der Theilung der Zelle und die Zahl der Theilungen Unterschiede zeigt, welche wenigstens zum Theil zu den Kerntheilungen in Beziehung stehen können. Wenn die Kerntheilung so verlief, wie die Fig. 35—43

es zeigen, der Kern also lang ausgezogen wurde, die Größe der Tochterkerne zuerst sehr klein war, Polplatten und Protoplasmakegel bald verschwanden und ein Centrosom außerhalb nicht sichtbar wurde, so erfolgte zwar gleichzeitig auch eine Streckung der Zelle in der Richtung der Spindelachse (Fig. 13), aber die Theilung geschah nicht durch Einschnürung derselben in der Mitte, sondern in der Weise, dass die Körner der Markmasse in der Mitte der Cyste nach zwei Seiten aus einander wichen, so dass hier eine von ihnen freie Scheidewand entstand, in welcher sich Kieselstückchen ansammelten, dass somit die Theilung in der ganzen Cyste schon vorbereitet wird und sie durch einfache Lösung der Hälften längs dieser Scheidewand erfolgen kann, ohne dass größere Formveränderungen der ganzen Zelle nothwendig wären. Die Tochterkerne hatten sich hierbei nicht nur von einander vollständig getrennt, sondern auch schon die centrale Lage in der jedem zugehörigen Hälfte des Weichkörpers eingenommen, bevor die Zelltheilung vollzogen wurde (Fig. 13).

In anderen Fällen dagegen, wo das Centrosom beobachtet wurde, begann der Zelleib sich in der Mitte bereits einzuschnüren, wenn die Kerntheilung entweder noch nicht oder eben erst beendet war, die Zelle selbst nahm also ebenfalls wie der Kern die Gestalt einer Sanduhr an, bis zuletzt die Durchschnürung ganz durchgeführt wurde (Fig. 14). Die Tochterkerne lagen hier den Seiten, wo die Theilung erfolgte, dicht an, oft sogar waren sie von der Rindenschicht noch nicht durch zwischen beide eindringende Körner der Markmasse getrennt (Fig. 14) und erst nach beendeter Zelltheilung rückten die Kerne in die Centren der Tochterzellen (Fig. 15). Ganz denselben Unterschied im Verlaufe der Zelltheilungen hatten wir bei dem Sonderungsprocess des ganzen Thieres in die Cysten erster Ordnung angetroffen. Die Ursachen können verschiedener Art sein. Sie können einmal in der verschiedenen Größe der Kerne und Cysten beruhen und in dem hiermit vielleicht in einem Zusammenhang stehenden Grade der Theilungsfähigkeit, wie man denn in der That beobachten kann, dass manche Cysten erster Ordnung nur eine Theilung durchmachen, andere dagegen zwei. Hierauf ließe sich vielleicht die Größe der Tochterkerne und auch der Übertritt des Centrosoms in das Protoplasma zurückführen, da ja auch bei Metazoen bei rasch einander folgenden Theilungen das Centrosom stets außerhalb des Kernes zu finden und hier sein Wachsthum, seine Theilung und seine Wanderung nach den Polen der neuen Spindel vor sich gehen. Doch scheint mir damit die verschiedene Art der Theilung der Cyste nicht erklärt zu sein; der Grund hierfür wird meiner Ansicht nach allein in dem ver-

schiedenen Grade der Ausbildung der Kieselhülle zu suchen sein. Sind die Skeletttheile bereits fester zusammengefügt, so wird, da die Hülle dann an Biegsamkeit verloren hat, die Cyste auch keine großen Formveränderungen mehr eingehen können; wenn dagegen dieselben noch locker durch einander liegen, so kann die Zelltheilung wie gewöhnlich erfolgen, also durch Durchschürung derselben.

Für diese Ansicht sprechen wesentlich die Fälle von abnorm verlaufenden Zelltheilungen. Es sind hier verschiedene zu erwähnen. Es können (Fig. 16) die Weichkörper sich völlig von einander scheiden und auch seitens jeder Tochtercyste ist an der Scheidewand eine Kieselhülle normalerweise ausgebildet, die beiden Cysten trennen sich aber nicht von einander, sondern bleiben in einem festen Zusammenhang. In anderen Fällen lässt sich beobachten, dass die Kerntheilung wohl vollzogen ist, die Zelltheilung aber nicht. Die oft verschiedene meist in der Richtung der Spindelachse, etwas ausgezogene Gestalt der Zelle (Fig. 20) scheint auf Versuche zu deuten, welche eine Streckung und weiter eine Theilung der Zelle bewirken sollten, aber an der geringen Biegsamkeit der Hülle gescheitert sind. Die Spindeln können dann manchmal schief gestaltet sein oder die Tochterkerne in ganz unregelmäßiger Lage zu einander angeordnet sein (Fig. 20), in einem Falle lagen sie sogar völlig verkehrt, indem die Polplatten derselben einander zugerichtet waren (Fig. 22). Wie andere Cysten vermuthen lassen, scheint es, dass die Kerne sich später wieder einander nähern (Fig. 24) und wahrscheinlich verschmelzen, da man in den Rubecysten niemals mehr als einen Kern findet.

Diese soeben besprochenen Beobachtungen sind noch in anderer Hinsicht von Wichtigkeit, als sie eine Erklärung dafür geben können, wie GREEFF (73) und BRANDT (77) zu der Ansicht gekommen sind, es trete entweder direkt nach dem Zerfall in Cysten erster Ordnung oder nachdem erst eine Theilung stattgefunden hat, eine Wiederverschmelzung von je zwei Cysten ein. Außer den erwähnten, nicht sehr seltenen Fällen, bei welchen also eine Kerntheilung zwar erfolgt, dann aber wieder, da eine Zelltheilung ausbleibt, die Kerne verschmelzen, habe ich keine Beobachtungen gemacht, welche ich auf die Angaben der beiden Forscher hätte beziehen können. Wenn eine Zelltheilung wirklich erfolgt ist, dürfte schon die feste Kieselhülle eine Wiedervereinigung unmöglich machen.

Wie ich schon erwähnte, findet entweder nur eine oder zwei Theilungen der Cysten erster Ordnung statt. Man findet zuweilen zwar noch die Anlage neuer Spindeln, aber mehr als zwei Zelltheilungen habe ich nicht beobachtet. Ob die in der Einzahl vorkommenden

Ruhecysten, welche man ganz vereinzelt antrifft, wirklich ungetheilten Cysten erster Ordnung gleichwerthig sind, und ob hier nicht der Versuch zur Theilung gemacht ist, aber nicht durchgeführt werden konnte, muss dahingestellt bleiben, da ich sie erst als fertige Ruhecysten aufgefunden habe.

Es ist interessant zu sehen, dass die Ebene der zweiten Theilung ganz entsprechend dem bisher nur für Metazoen nachgewiesenen Theilungsgesetze O. HERTWIG's rechtwinkelig auf der ersten steht, wie die Fig. 17, welche zwei zu der zweiten Theilung sich vorbereitende Cysten zweiter Ordnung darstellt, klar erkennen lässt.

Die zusammengehörigen Paare lassen sich an verschiedenen Merkmalen, auch wenn die Theilungen beendet sind, leicht auffinden. Einmal sind sie nämlich von einer gemeinsamen Hülle umschlossen (Fig. 7, 14, 15, 17). Sie hat genau dieselbe Struktur und dasselbe Aussehen im Leben wie die allen gemeinsame Gallerthülle, welche das *Actinosphaerium* im Anfang der Encystirung nach der Einziehung der Pseudopodien ausscheidet; auf den Präparaten (und daher auch in den Figuren) ist sie in Folge der Behandlung geschrumpft. Oft findet man ihr Kieselstückchen angelagert. Sie wird, wie ich oben schon anführte, nach dem Zerfall von jeder Cyste erster Ordnung ausgeschieden. Bei der Theilung wird sie ausgedehnt und umhüllt demnach auch die Tochtercysten; man findet dem entsprechend die Cysten zweiter Ordnung entweder zu je zweien, im Falle dass nur eine, oder zu je vieren, im Falle dass zwei Theilungen erfolgt sind, in einer besonderen Hülle innerhalb der gemeinsamen gruppirt. Weiter lassen sich oft die zusammengehörenden Tochtercysten an der Form erkennen, indem sie auf den einander zugewandten Seiten abgeplattet, auf den übrigen mehr gerundet sind, also etwa die Form von Kugelsegmenten haben (z. B. Fig. 15, 17). In anderen Fällen sind sie aber ganz rund. So regelmäßige, sechseckige Formen, wie SCHULZE (74) und BRANDT (77) beschreiben, habe ich nicht gesehen. Die verschiedene Form dürfte wesentlich von der Biagsamkeit der Kieselhülle und damit also wieder von der Art der Trennung der Tochtercysten abhängig sein.

Wenn die Theilungen beendet sind, sind die Ruhecysten (Fig. 18, 19) gebildet. Da ihre Form, ihre Theile und deren Anordnung dieselben sind wie in einer Cyste erster Ordnung, so brauche ich hierauf nicht näher einzugehen. Wie die Fig 19, in welcher wahrscheinlich bei der Konservirung der Weichkörper etwas geschrumpft ist, da ich in der lebenden Cyste es nicht gesehen habe, deutlich erkennen lässt, ist die Sonderung desselben in Mark- und Rindenschicht noch völlig erhalten. Nur die Kieselhülle verdient noch eine Bespre-

chung. Dieselbe kommt nämlich jetzt zur vollen Ausbildung. Die Skeletttheilchen werden eng zusammengefügt, so dass die Hülle an Breite (Fig. 18, 19) gegen früher meist etwas verliert, und fest mit einander verkittet; zugleich zieht sich das Rindenplasma aus ihr zurück. Die Kieselhülle ist jetzt nach außen und innen scharf begrenzt und macht im Leben ganz den Eindruck einer kontinuierlichen Kapsel (SCHULZE, BRANDT). GREEFF (73) erwähnt noch »eine der äußeren dicht anliegende innere Kieselcyste«. Ich habe dieselbe nicht gesehen; nur zuweilen hatte sich auf Präparaten eine membranartige Hülle von der Kieselhülle abgehoben, die aber nicht aus Kieselsäure bestand, sonst habe ich nichts Derartiges finden können und es ist mir deshalb zweifelhaft, ob normalerweise noch eine innere Hülle gebildet wird.

Die Anordnung der Ruhecysten in der gemeinsamen Gallerthülle ist verschieden; es scheint, dass sie abhängig ist von der Form, welche das *Actinosphaerium* bei dem Zerfall in Cysten erster Ordnung hatte, indem bei kugliger Gestalt mit centraler Höhle (Fig. 5) die Cysten ebenfalls um ein frei bleibendes Centrum gruppiert werden (Fig. 7), bei länglicher Form ohne Höhle durch einander gelagert sind. In Folge der Theilungen erfolgen dann zwar Verschiebungen, die aber nicht bedeutend sind. In einem Falle lag mitten innerhalb der primären Gallerthülle ein Pflanzenstengel; wahrscheinlich hat das Thier bei der Encystirung demselben eng angelegen und derselbe ist von jener Hülle umflossen worden. Die Zahl der Ruhecysten betrug nach meinen Beobachtungen 1 bis 24, dazwischen findet man alle geraden und ungeraden Zahlen. SCHULZE (74) giebt die Zahl der von ihm gefundenen auf 10—30, BRANDT (77) auf 2 bis 35 an. Die Größe der Cysten schwankte außerordentlich, nicht nur verschiedener Thiere, sondern auch die eines und desselben; sie kann wie BRANDT bereits richtig angegeben hat, 0,6—0,11 mm betragen.

II. Die Entwicklung des *Actinosphaeriums* aus den Ruhecysten.

Über die Entwicklung des *Actinosphaeriums* aus der Ruhecyste liegen Angaben von SCHNEIDER (71), SCHULZE (74) und BRANDT (77) vor. Während SCHULZE, welcher den Austritt der jungen Thiere selbst nicht beobachtete, im Frühjahr, nachdem die Cysten mehrere Monate geruht hatten, in den Gefäßen »in großer Anzahl ganz kleine (etwa 0,08—0,01 mm messende) *Actinosphaerien* fand, von denen die meisten nur mit einem einzigen Kerne im Centrum, einige auch mit mehreren versehen waren«, sahen SCHNEIDER und BRANDT aus den Cysten mehrkernige Thiere ausschlüpfen. Der Letztere berichtet (p. 45): Die Cysten »hatten sich monatelang in demselben Zustande gehalten. Erst Ende Februar

wurde eine Veränderung an ihnen bemerkt. Der Inhalt hatte sich nämlich wieder in eine helle, feinkörnige Rindenschicht und eine dunkle, fast homogene Markschiicht differenziert, und in der letzteren war nicht ein großer heller Fleck, wie vorher, sondern mehrere, sehr undeutliche, kleinere vorhanden. Kurze Zeit nach dem Ausschlüpfen waren die Thiere schon ganz so beschaffen, wie alle frei lebenden. Sie waren von blasigem Bau und besaßen eine pulsirende Vacuole, sowie eine Menge zarter, radiär gestellter Pseudopodien mit je einem Achsenfaden. Beim Zerquetschen eines eben herausgetretenen Individuums zeigte sich, dass in seiner Marksubstanz 12 Kerne lagen, die in Größe und Inhalt vollkommen mit den gewöhnlichen *Actinosphaerium*-Kernen übereinstimmten.

Nachdem ich die im Januar gewonnenen Cysten einen Monat lang hatte ruhen lassen, brachte ich sie, etwa 60, in kleine Glasgefäße, welche mit sehr feiner Seidengaze verschlossen wurden, und diese in ein größeres, mit frischem Wasser und Pflaunzen versehenes Aquarium, um die Cysten vor Bakterien, die mir vor Weihnachten bereits zwei Male zu demselben Zwecke gesammelte Cysten vernichtet hatten, zu schützen; das Aquarium wurde dann im geheizten Zimmer der Sonne ausgesetzt. Nach früheren Versuchen, welche ich mit Cysten von *Bursaria truncatella* gemacht hatte, durfte ich erwarten, dass auf diese Weise die Thiere viel rascher zum Ausschlüpfen veranlasst würden als wenn man sie in demselben Wasser und in ungeheiztem Raume stehen lässt. Bereits acht Tage später wurden die ersten Cysten verlassen. Obwohl ich Morgens und Nachmittags alle Cysten genau durchmusterte, ist es mir doch nicht geglückt, den Austritt selbst beobachten zu können. Wenn ich somit auch über die Art und Weise, wie das junge Thier die Hüllen sprengt, keine näheren Angaben machen kann, so ermöglichen doch die Untersuchungen mehrerer, an verschiedenen Tagen konservirter Cysten auf Schnitten, sowie die der bereits ausgeschlüpfen Thiere einen genügenden Überblick über die Vorgänge. Eine Beobachtung der lebenden Cysten ließ Weniges oder Falsches erkennen; z. B. sah ich häufig den Inhalt heller werden und mehrere kleinere Flecke auftreten und glaubte sie in ähnlicher Weise wie BRANDT in dem Sinne deuten zu müssen, dass der eine Kern sich getheilt habe. Eine Untersuchung auf Schnitten zeigte indessen hiervon nichts. Entweder war nur ein Kern wie vorher vorhanden oder aber es fanden sich im Inneren kleine kugelige, stark färbbare Gebilde, parasitische Flagellaten, welche Körner und Kerne vernichteten und hierdurch den Cysteninhalt heller erscheinen ließen.

Nach der Zahl der ausgeschlüpfen einkernigen Thiere zu urtheilen

verlassen die meisten *Actinosphaerien* die Cyste, ohne wesentliche Veränderungen vorher durchzumachen. Wenn man von der Vacuolisirung der Rindenschicht, der Aussendung von Pseudopodien, in denen der Achsenfaden deutlich zu erkennen war und der Bildung meist nur einer kontraktilen Vacuole, welche Vorgänge wohl sicher erst nach dem Ausschlüpfen ablaufen, absieht, so haben die jungen *Actinosphaerien* noch ganz denselben Bau wie in der Cyste, besonders war um den einzigen, großen, central liegenden Kern noch eine Zone der Körner vorhanden, wodurch die Markmasse Anfangs noch undurchsichtig erscheint. Die Größe stimmte mit der von SCHULZE angegebenen, nämlich 0,8—0,4 mm. In den wenigen Tagen, in welchen ich diese einkernigen Thiere leider nur beobachten konnte, weil trotz aller Vorsicht Bakterien auftraten, trat keine andere Veränderung ein, als die, dass die Körner allmählich verschwanden und hierdurch das Thier durchsichtiger wurde; besonders hervorzuheben ist, dass keine Kerntheilung erfolgte.

Außer diesen, wie gesagt, an Zahl weit überwiegenden einkernigen Thieren fand ich einige andere, welche bereits eine verschieden große, zwischen 10 und 20 schwankende Zahl von Kernen hatten, bedeutend größer als jene waren und bereits ganz wie andere *Actinosphaerien* aussahen. Sind diese gleich mehrkernig aus der Cyste gekommen oder aber ebenfalls einkernig und hat sich erst später die Zahl der Kerne durch Theilung vermehrt? Da die einkernigen Thiere mehrere Tage hindurch keine Veränderung in Bezug auf den Kern zeigten und nur sehr langsam wuchsen, so ist kaum anzunehmen, dass jene bedeutend größeren in dieser Beziehung sich anders verhalten haben, sondern vielmehr, dass sie bereits mehrkernig aus der Cyste ausgeschlüpft sind. Bei einem Durchmustern der Schnitte habe ich denn auch in einzelnen Cysten Vorbereitungen zu einer Kerntheilung gefunden, indem bereits die Protoplasmakegel vorhanden waren (wie in Fig. 34) und die Chromosome entweder in der Ausbildung begriffen oder fertig gebildet waren (Stadien, wie Fig. 32—34 zeigen), und in anderen habe ich zwei neben einander liegende Kerne angetroffen; mehr als zwei aber in keinem Falle. Wenn hierdurch auch bewiesen ist, dass der Kern schon in der Cyste sich theilen kann, also das junge Thier mindestens zweikernig die Cyste verlässt, und auch eine Mehrkernigkeit wahrscheinlich vorkommen kann, so würde doch die Größe der beobachteten Thiere, die das Drei- und Vierfache der einkernigen Thiere betrug, noch nicht recht erklärlich sein, da, wie gesagt, das Wachsthum sehr langsam zu verlaufen scheint. Folgender interessante Fall lässt noch die Möglichkeit einer anderen Entstehungsweise der größeren mehrkernigen Thiere zu. In der sehr großen primären Gallerthülle lagen mehrere, etwa zehn

Ruhecysten, in welchen die Kerne im Beginne der Vorbereitungen zu einer Theilung waren, zwischen ihnen lag ein mit etwa 14 Kernen versehenes *Actinosphaerium*, dessen Rindenpartie bereits stark vacuolisirt war und bis an die Cysten, bezw. die Wand der Gallerthülle reichte, und dessen Inneres noch überall mit Körnchen erfüllt war. Die Größe der Kerne war kleiner als die des einen in den noch nicht aus der Cyste befreiten Thieren, es ist desshalb wahrscheinlich, dass Kerntheilungen erfolgt sind; die Größe des Thieres, dessen Durchmesser viermal so groß war wie der einer Cyste, lässt es aber sehr zweifelhaft erscheinen, dass dasselbe nur aus einer Cyste stammt. Ich möchte es für wahrscheinlicher halten, dass es durch Vereinigung mehrerer entstanden ist, indem gleichzeitig oder kurz nach einander mehrere Cysten geplatzt sind, die jungen Thiere innerhalb der Gallerthülle sich getroffen und vereinigt haben, wie man ja auch sonst Actinosphaerien dadurch, dass man sie auf sehr engem Raume, z. B. im hängenden Tropfen, zur Berührung bringt, zur Verschmelzung veranlassen kann.

Nachdem R. HERTWIG (84) festgestellt hat, dass die Vermehrung der Kerne im nicht encystirten *Actinosphaerium* durch mitotische Theilung erfolgt und ich dasselbe für die erste Theilung des Kernes der Ruhecyste nachgewiesen habe, kann wohl kaum noch ein Zweifel sein, dass auch die weitere Vermehrung der Kerne mitotisch und nicht amitotisch vor sich geht.

Nach den mitgetheilten Beobachtungen nimmt der Encystirungsprocess von *Actinosphaerium Eichhorni* folgenden Verlauf:

Das sich encystirende Thier zieht seine Pseudopodien ein und scheidet eine gallertige Hülle aus. Unter dem Schutze derselben bildet sich der vacuoläre Bau des Protoplasmas zurück, es treten in der Marksicht charakteristisch geformte, dotterartige Körnchen auf, vom Protoplasma werden in allen Theilen kieselige Skelettstücke ausgeschieden, die allmählich nach der Peripherie verlagert werden, und endlich verschmelzen eine größere Anzahl von Kernen mit einander. Nachdem diese Vorbereitungen beendet sind, zerfällt das Thier in so viele Theilstücke, Cysten erster Ordnung, als Kerne, welche hierbei keine Veränderungen erleiden, vorhanden sind. Eine jede Cyste scheidet wieder eine gallertige Hülle aus. Darauf erfolgen eine oder zwei Theilungen sowohl des Kernes wie der Zelle, wodurch Cysten zweiter Ordnung gebildet werden, die weiter, nachdem die Theilungen beendet und die Kieselhülle fertig ausgebildet ist, zu den Ruhecysten werden. Eine jede Ruhecyste hat nur einen central liegenden großen Kern, derselbe ist umgeben von einer Zone von Körnern, an diese schließt sich weiter

nach außen eine schmale körnchenfreie Rindenschicht; weiter nach außen folgt die Kieselhülle, dann eine gallertige Hülle, welche zwei oder vier Cysten umschließt und endlich eine zweite gallertige Hülle, von welcher alle Cysten umgeben sind. Die Ruhecysten verharren längere Zeit in völliger Ruhe. Alsdann entwickeln sich aus denselben entweder einkernige oder, nachdem in der Cyste bereits Kerntheilungen erfolgt sind, mehrkernige *Actinosphaerien*, in denen die dotterartigen Körner allmählich verschwinden, und welche bald anderen *Actinosphaerien* völlig gleichen.

Zum Schlusse möge noch kurz darauf eingegangen werden, wie man den Encystirungsprocess und die bei demselben auftretenden Vorgänge aufzufassen hat. Es wäre dieses kaum nothwendig, wenn nicht von SCHNEIDER (71) denselben eine besondere Bedeutung zugeschrieben wäre. Derselbe will nämlich in der von ihm nur vermutheten Verschmelzung der Kerne einen »Befruchtungsakt« sehen. Eben so wie es schon SCHULZE gethan hat, kann ich mich nur auf das entschiedenste gegen eine derartige Ansicht erklären. Es liegt auch nicht der geringste Grund zu derselben vor, denn das Wichtigste, die Verschmelzung der Kerne verschiedener Thiere, fehlt. SCHNEIDER nimmt zwar an, dass vorher eine Konjugation von zwei *Actinosphaerien* stattgefunden habe. Diese tritt aber sicher in den seltensten Fällen ein; in den wenigen Fällen, wo ich eine Konjugation, die zu einer dauernden Verschmelzung führte, beobachtete und die Thiere isolirte, trat selbst nach 8—10 Tagen keine Encystirung ein. Da ferner auch die Konjugationen zweier Cysten, welche GREFF und BRANDT beschrieben haben, entweder fehlen oder nicht als solche aufgefasst werden dürfen, so ist der Ansicht SCHNEIDER's jegliche Unterlage entzogen. Es erscheint mir richtiger, bei der Beurtheilung der Vorgänge derartige Gesichtspunkte überhaupt fallen zu lassen, überhaupt hinter denselben nichts Geheimnisvolles zu suchen, sondern in Übereinstimmung mit R. HERTWIG und LESSER (74), BÜTSCHLI (80—82) und WEISMANN (84) in der Encystirung in erster Linie lediglich eine Schutz Einrichtung gegen äußere schädliche Einflüsse zu sehen, welche sekundär erst sich ausgebildet hat und mit welcher sekundär auch eine Vermehrung durch Theilung verbunden ist.

Die drei Prozesse, Verschmelzung der Kerne, Zerfall des ganzen Thieres in Theilstücke und die Theilungen, muss man, wenn sie auch in enger Beziehung zu einander stehen, bei der Betrachtung scharf aus einander halten.

Die auffällige Verschmelzung von Kernen steht übrigens, wenn wir von den bei den Konjugations- und Befruchtungsvorgängen vor sich

gehenden jetzt absehen, nicht vereinzelt da. Bei der vielkernigen *Opalina* haben ENGELMANN (76) und ZELLER (77) ebenfalls bei der Encystirung beobachtet, dass das Thier in viele Stücke sich theilt, dass die letzten Stücke, welche sich encystiren, Anfangs noch mehrere Kerne haben, die aber in der Cyste zu einem einzigen verschmelzen. Wenn die Ansicht, dass die große Zahl von Kernen beim *Actinosphaerium*, welche vornehmlich über die Peripherie vertheilt sind, ihren Grund in der starken Vacuolisirung und der hierdurch bedingten Vergrößerung des Thieres hat, begründet ist, so ist es erklärlich, dass bei der Encystirung, wo die Vacuolisirung zurückgebildet und das Volumen verringert wird, die Zahl der vorhandenen Kerne zu groß ist und desshalb so weit reducirt wird, dass für ein bestimmt großes Protoplasmateritorium nur ein Kern vorhanden bleibt. Da bei dem Freiwerden des Thieres aus der Cyste wieder dieselben Prozesse, aber in umgekehrter Reihenfolge erfolgen, d. h. also durch Vacuolisirung und Wachsthum die Größe bedeutend wächst, so muss auch wieder eine Kernvermehrung und Vertheilung durch das ganze Thier eintreten. Weiter aber kann die Verschmelzung der Kerne in Beziehung stehen zu einer leichteren, sicheren und genaueren Durchführung der späteren Theilungen.

Der Zerfall des Thieres in Theilstücke dürfte seinen Grund darin haben, dass eine Encystirung des ganzen Thieres in toto wegen der Größe nicht möglich ist. Hierfür spricht, dass je größer das Thier, um so mehr Theilstücke gebildet werden, kleine Thiere direkt ohne Sonderung in Cysten erster Ordnung sich encystiren. Wenigstens möchte ich den Zweck dieses Processes nicht in einer Vermehrung suchen. Diese erfolgt allein durch die Theilungen der Cysten erster Ordnung. Dieselben entsprechen vermuthlich denen, die man auch bei verwandten Formen bei der Encystirung beobachtet hat, z. B. *Clathrulina* (CIENKOWSKI [67], GREEFF [69]), *Actinophrys sol*, dessen Encystirung nach CIENKOWSKI (65) und PENARD (89) in allen wichtigen Punkten, besonders in Bezug auf die Vorbereitungen, die Bildung von dotterartigen Körnern, die Zahl und Beschaffenheit der Hüllen etc. wie beim *Actinosphaerium* zu verlaufen scheint.

Die Größe des Thieres, die Zahl der Kerne und die mit der Encystirung verbundene Vermehrung lassen bei dieser Form den ganzen Process complicirter erscheinen als bei anderen Protozoen, welche klein sind und nur einen Kern haben und welche meist auch ohne weitere Theilungen sich encystiren. Auf der anderen Seite aber sind in Folge der einfacheren Organisation die Umbildungsvorgänge zu der ruhenden Zelle einfacher als bei anderen, wo in vielen Fällen z. B. bei *Bursaria truncatella*, deren Encystirung ich (85) vor mehreren Jahren, allerdings

nur oberflächlich, beobachten konnte, hoch differenzierte Bildungen wie z. B. das Peristom völlig rückgebildet werden müssen.

Ebenfalls als sekundär, mit der Encystirung im Zusammenhang stehend, wird man die interessante, hier zum ersten Male im Thierreich auftretende Bildung der dotterartigen Körner, welche von dem jungen, aus der Cyste sich entwickelnden *Actinosphaerium* verbraucht werden, und ferner die Hüllenbildung auffassen. Die kieselige Hülle verdient deshalb größere Beachtung, weil *Actinosphaerium* und eben so *Actinophrys*, deren Cystenülle auch aus Kieselsäure besteht, nicht zu den skelettführenden Formen gehören. Wenn es auch falsch wäre, wie schon SCHNEIDER (71) richtig bemerkt hat, diese Kieselhülle derjenigen, welche *Acanthocystis*, *Clathrulina* u. a. im nicht encystirten Zustande umgiebt, gleich zu setzen, weil bei der Encystirung innerhalb der vorhandenen eine neue, ebenfalls kieselige gebildet wird, welche allein mit der von *Actinosphaerium* und *Actinophrys* zu vergleichen ist, so weist doch das Vermögen, ein Kiesel skelett auszuschcheiden, darauf hin, dass man diese nackten Formen von beschalten abzuleiten hat.

Marburg, Zoologisches Institut, 2. März 1894.

L i t t e r a t u r.

- K. BRANDT (77), Über *Actinosphaerium* Eichhornii. Inaug.-Dissert. Halle a. S. 1877.
 Derselbe (84), A. GRUBER, Über Kerntheilungsvorgänge bei einigen Protozoen. Biol. Centralbl. Bd. III. 1884.
 A. BRAUER (85), *Bursaria truncatella*, unter Berücksichtigung anderer Heterotrichen und der Vorticellinen. Jenaische Zeitschr. für Naturwissensch. Bd. XIX. N. F. 12. 1885.
 Derselbe (93), Zur Kenntnis der Spermatogenese von *Ascaris megaloccephala*. Archiv für mikr. Anatomie. Bd. XLII. 1893.
 O. BÜTSCHLI (76), Über die ersten Entwicklungsvorgänge der Eizelle, Zelltheilung und Konjugation der Infusorien. Abhandl. der SENCKENBERG. naturf. Gesellschaft. Bd. X. 1876.
 Derselbe (80—82), Protozoa. BRONN's Klassen und Ordnungen. Leipzig und Heidelberg 1880—1882.
 L. CIENKOWSKI (65), Beiträge zur Kenntnis der Monaden. Archiv für mikr. Anatomie. Bd. I. 1865.
 Derselbe (67), Über die *Clathrulina*, eine neue *Actinophryen*-Gattung. Archiv für mikr. Anat. Bd. III. 1867.
 TH. W. ENGELMANN (76), Über Entwicklung und Fortpflanzung von Infusorien. Morphologisches Jahrb. Bd. I. 1876.
 R. GREEFF (69), Über Radiolarien und radiolarienartige Rhizopoden des süßen Wassers. I. Artikel. Archiv für mikr. Anat. Bd. V. 1869.

- R. GREEFF (73), Über die Encystirung von *Actinosphaerium* (*Actinophrys*) Eichhornii. Sitzungsber. der Gesellsch. zur Beförderung der gesammten Naturw. in Marburg. 1873. Auch in: Archiv für mikr. Anat. Bd. XIV. 1877.
- Derselbe (75), Über Radiolarien und radiolarienartige Rhizopoden des süßen Wassers. II. Artikel. Archiv für mikr. Anat. Bd. XI. 1875.
- A. GRUBER (81), Der Theilungsvorgang bei *Euglypha alveolata*. Diese Zeitschr. Bd. XXXV. 1884.
- Derselbe (83), Über Kerntheilungsvorgänge bei einigen Protozoen. Diese Zeitschr. Bd. XXXVIII. 1883.
- Derselbe (84), Über Kern und Kerntheilung bei den Protozoen. Diese Zeitschr. Bd. XL. 1884.
- Derselbe (85), Über vielkernige Protozoen. Biol. Centralbl. Bd. IV. 1885.
- Derselbe (86), Kleinere Mittheilungen über Protozoenstudien. Ber. d. Naturf. Ges. zu Freiburg i. Br. Bd. II. 1886.
- R. HERTWIG (77), Über den Bau und die Entwicklung der *Spirochona gemmipara*. Jenaische Zeitschr. für Naturw. Bd. XI. N. F. IV. 1877.
- Derselbe (84), Die Kerntheilung bei *Actinosphaerium* Eichhornii. Jena 1884.
- Derselbe (92), Über Befruchtung und Konjugation. Verhandlungen der Deutsch. Zool. Gesellsch. Leipzig 1892.
- Derselbe u. E. LESSER (74), Über Rhizopoden und denselben nahe stehende Organismen. Archiv für mikr. Anat. Bd. X. Suppl. 1874.
- C. ISHIKAWA (94), Über die Kerntheilung bei *Noctiluca miliaris*. Berichte d. Naturf. Gesellsch. zu Freiburg i. B. Bd. VIII. 1894.
- R. LAUTERBORN (93), Über Bau und Kerntheilung der Diatomeen. Verhandlungen des Naturh.-Med. Vereins zu Heidelberg. N. F. Bd. V. Heft 2. 1893.
- E. PENARD (89), Étude sur quelques Hélozoaires d'eau douce. Arch. de Biologie. T. IX. 1889.
- Derselbe (90), Die Heliozoen der Umgegend von Wiesbaden. Jahrb. des Nassauischen Vereins f. Naturk. Jahrg. 43. 1890.
- W. PFITZNER (86), Zur Kenntnis der Kerntheilung bei den Protozoen. Morphol. Jahrb. Bd. XI. 1886.
- L. RHUMBLER (88), Die verschiedenen Cystenbildungen und die Entwicklungsgeschichte der holotrichen Infusoriengattung *Colpoda*. Diese Zeitschr. Bd. XLVI. 1888.
- W. SCHEWIAKOFF (88), Über die karyokinetische Kerntheilung der *Euglypha alveolata*. Morphol. Jahrb. Bd. XIII. 1888.
- A. SCHNEIDER (74), Zur Kenntnis der Radiolarien. Diese Zeitschr. Bd. XXI. 1874.
- Derselbe (78), Beiträge zur Kenntnis der Protozoen. Diese Zeitschr. Bd. XXX. Suppl. 1878.
- F. E. SCHULZE (74), Rhizopodenstudien. I. Archiv für mikr. Anat. Bd. X. 1874.
- Derselbe (75), Rhizopodenstudien. III. Archiv für mikr. Anat. Bd. XI. 1875.
- A. WEISMANN (84), Über Leben und Tod. Jena 1884.
- W. WELTNER (93), Spongillenstudien. II. Archiv für Naturgesch. Bd. I. Jahrg. 1893.
- E. ZELLER (77), Untersuchungen über die Fortpflanzung und die Entwicklung der in unseren Batrachiern schmarotzenden Opalinen. Diese Zeitschr. Bd. XXIX. 1877.

Erklärung der Abbildungen.

Buchstabenerklärung:

c, Centrosom; *kh*, Kieselhülle; *pn*, Paranuclein;
gh, primäre Gallerthülle; *n*, Nahrungsballen; *pp*, Polplatten.
gh¹, sekundäre Gallerthülle; *pk*, Protoplasmakegel;

Tafel X.

Die Figuren sind bei ZEISS, hom. Immers. 1/12, Oc. 2, Vergr. 490 gezeichnet.

Fig. 1. Ein sich encystirendes Thier nach der Einziehung der Pseudopodien und Absonderung der Gallerthülle; Ausscheidung der Kieselstücke und Bildung von Körnern.

Fig. 2. Ein sich encystirendes Thier fast auf demselben Stadium der Fig. 1, das sich getheilt hat.

Fig. 3 u. 4. Ältere Stadien von sich encystirenden Thieren. *a* und *k¹* bezeichnen die Stellen, an welchen die Sonderung in Cysten erster Ordnung vor sich gehen wird. Die Kernverschmelzung ist beendet.

Fig. 5. Ein sich encystirendes Thier kurz vor dem Zerfall in Cysten erster Ordnung.

Fig. 6. Zwei sich trennende Cysten erster Ordnung.

Tafel XI.

Die Fig. 7—22 sind bei ZEISS, homog. Immers. 1/12, Oc. 2, Vergr. 490, die übrigen bis auf Fig. 47 *d* bei ZEISS, apochr. homog. Immers. 2,00, Apert. 1,30, Oc. 8, Vergr. 1060, gezeichnet; Fig. 47 *d* hat keine bestimmte Vergrößerung.

Fig. 7. Eine ganze Cyste mit Cysten zweiter Ordnung. Alle haben sich einmal getheilt. Die zu der Cyste *a* gehörende Schwestercyste ist wegen der Lage nicht zu sehen.

Fig. 8—15. Theilungsstadien.

Fig. 16. Zwei getheilte, aber nicht getrennte Cysten zweiter Ordnung.

Fig. 17. Zwei Cysten zweiter Ordnung im Anfang einer zweiten Theilung.

Fig. 18, 19. Ruhecysten. In Fig. 18 hat sich die Rindenschicht noch nicht aus der Kieselhülle zurückgezogen.

Fig. 20, 22. Abnorm verlaufene Theilungen.

Fig. 21. Cyste mit zwei Kernen.

Fig. 23, 24. Kerne aus zwei nicht encystirten Actinosphären.

Fig. 25. Verschmelzungsstadien von Kernen aus einem und demselben Thier.

Fig. 26. Wie Fig. 25.

Fig. 27. Kern eines sich encystirenden Thieres auf dem Stadium der Fig. 1.

Fig. 28. Kern eines sich encystirenden Thieres auf dem Stadium der Fig. 3 u. 4.

Fig. 29. Kerne aus Cysten erster Ordnung.

Fig. 30. Kern einer Ruhecyste.

Fig. 31—34. Stadien der Ausbildung der Kernspindel.

Fig. 35—40. Kerntheilungsfiguren.

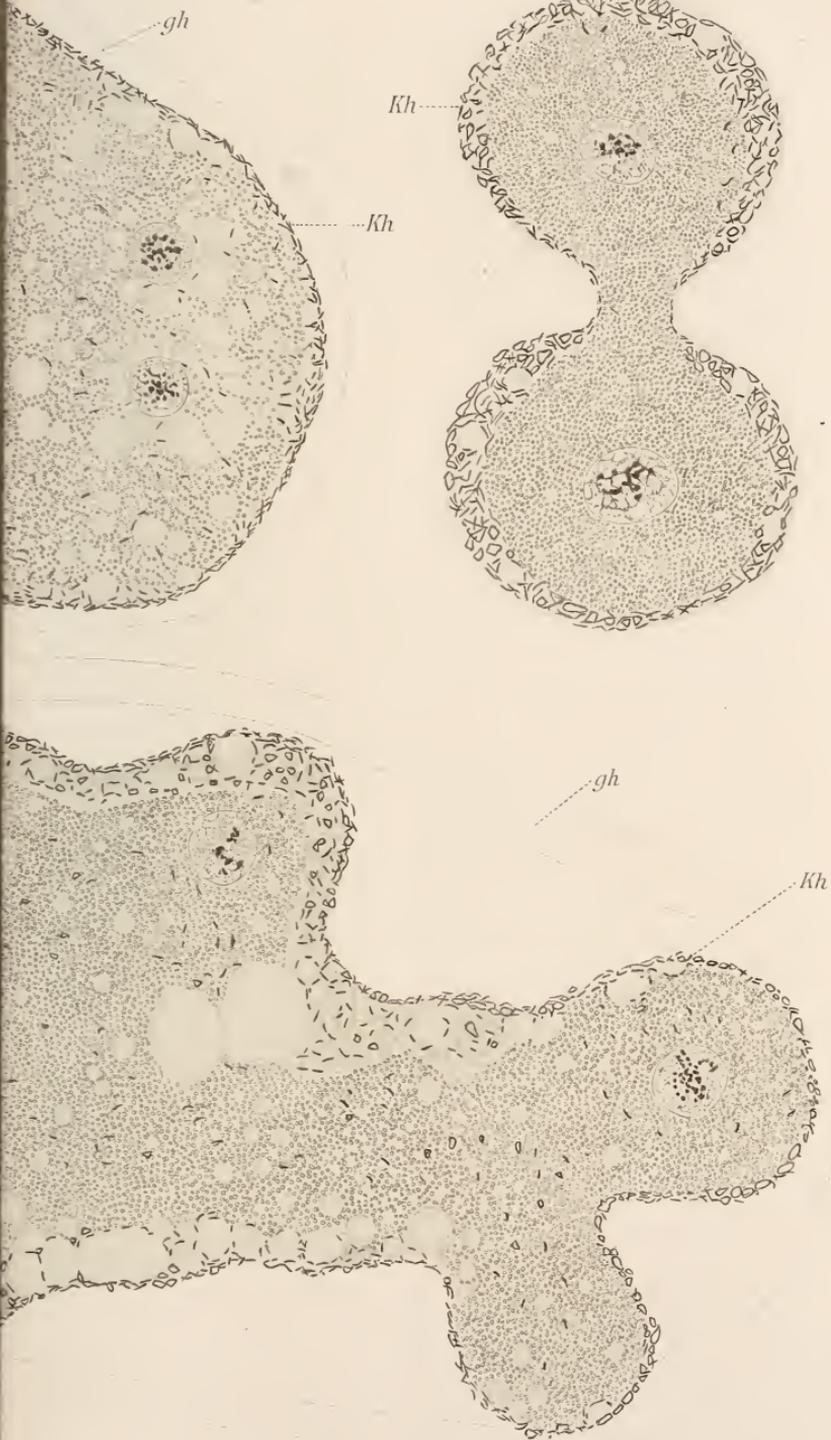
Fig. 41—43. Ausbildung von Tochterkernen.

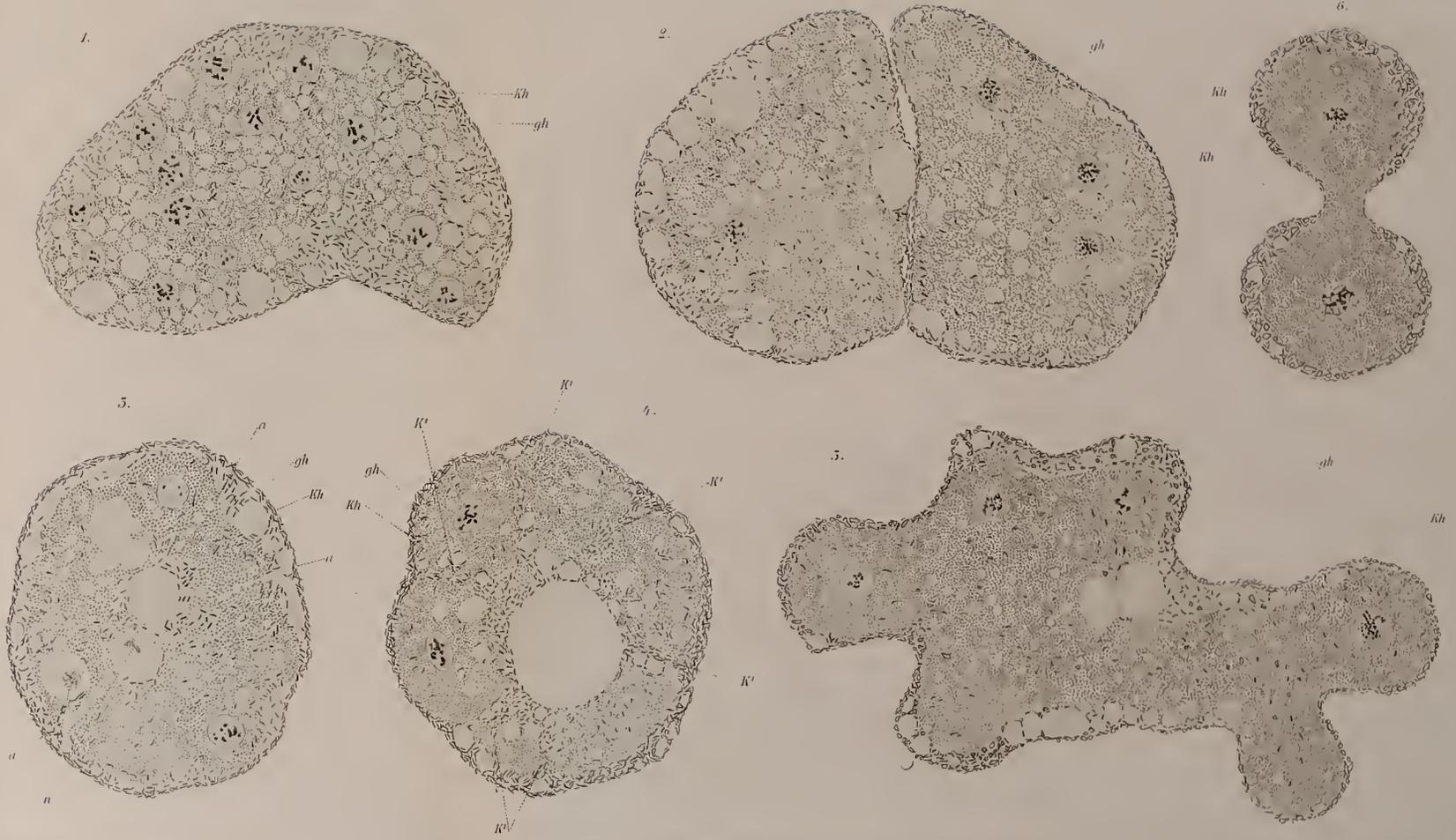
Fig. 44—46. Kerne mit Centrosomen.

Fig. 47 *a—c*. Drei Ansichten eines der dotterartigen Körnchen. Fig. *d*, beliebig stark vergrößert.

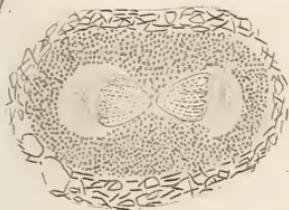
Fig. 48. Kieselstückchen.

6.

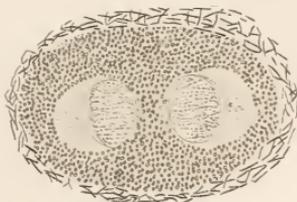




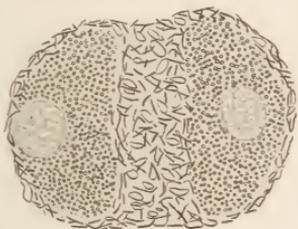
11.



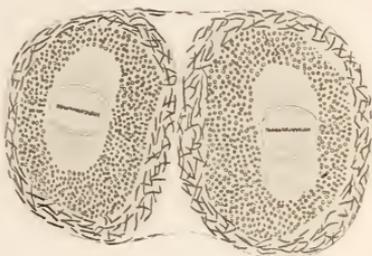
12.



16.



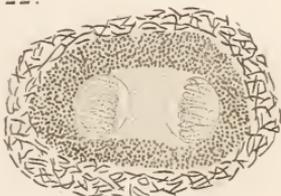
17.



21.



22.



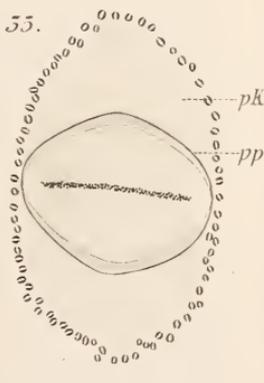
52.



54.



55.



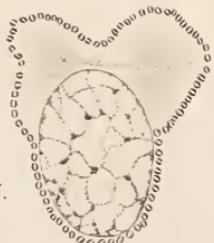
55.



47.

a b c d
: 0 1 0

46.



48.





ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

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

Jahr/Year: 1894

Band/Volume: [58](#)

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

Artikel/Article: [Über die Encystirung von Actinosphaerium Eichhorni Ehrbg. 189-221](#)