

*Nachdruck verboten.
Übersetzungsrecht vorbehalten.*

Zur Entwicklungsgeschichte der Sporangien bei den Trichien und Ancyrien.

Von
Helene Kränzlin.

(Hierzu Tafel IV und 7 Textfiguren.)

Inhalt.	Seite
Einleitung	171
I. Das Plasma	172
§ 1. Homogenes und vakuoliges Plasma	174
§ 2. Axiler Strang	174
§ 3. Ringelung	175
§ 4. Stiefelfaltung	175
§ 5. Glashülle	176
§ 6. Unterschiede bei einzelnen Arten	177
II. Die Kerne	180
§ 1. Kerne im Schwärmerstadium (nach JAHN)	180
§ 2. Kerne bei der Endkaryokinese (nach HARPER)	181
§ 3. Karyogamie	181
§ 4. Folgestadien	183
§ 5. Vermutungen über die Reduktion	184
§ 6. Frühere Beobachtungen der Karyogamie	186
III. Die Elateren	187
§ 1. Strahlungscentren	187
§ 2. Ihr Ursprung aus Kernen	189
§ 3. Ihre morphologische Bedeutung	189
§ 4. Vergleich mit Blepharoplasten	192
Schluss: Zusammenfassung der Resultate	192

Einleitung.

Die Bildung der Sporangien eines Myxomyceten aus dem Plasmodium ist in vieler Hinsicht von Interesse. Das formlose Plasmodium erscheint an der Luft und baut in verhältnismäßig kurzer Zeit Fruchtkörper von hoher Entwicklung auf. Es ist ein Vorgang, der in der Welt der Organismen einzig dasteht. Viele Fragen knüpfen sich daran. Wie verhält sich das nackte Plasma gegen die Luft? Was für Strömungen finden in seinem Innern statt? Wie wird der Stiel der einzelnen Sporangien gebildet? Auf welche Weise entstehen die Elateren? und viele andere Fragen.

Bei einzelnen Familien sind Angaben vorhanden. Die Stemoniteen haben de BARY (1) und JAHN (2) untersucht. Das Plasmodium zerfällt hier in Tröpfchen, die künftigen Sporangien. Jedes Tröpfchen legt in seinem Inneren einen Stiel an, setzt ihn nach oben fort und klettert dann an diesem Stiel empor. Das fertige Sporangium gleicht einem Bäumchen, in dessen Astwerk die Sporen sitzen. —

Bei den Cribrarien ist der Vorgang ganz anders. Das Tröpfchen sondert eine Membran ab, schnürt diese ein und bildet schließlich, nachdem alles Plasma aus dem so entstandenen Stiel nach oben gezogen ist, seine Sporen in einem schief an dem Stiel hängenden Köpfchen.

Über *Trichia fallax* liegen Angaben von STRASBURGER (3) vor. Der Vorgang der Sporangienbildung hat hier einige Ähnlichkeit mit dem bei den Cribrarien.

Ich habe die Gattungen *Trichia* und *Arcyria* gewählt, die in gewissem Sinne die höchststehenden unter den Myxomyceten sind. Da STRASBURGER'S Arbeit aus einer frühen Zeit stammt, mußte damals vieles trotz sorgfältiger Untersuchung dunkel bleiben, was mit den heutigen Mitteln der mikroskopischen Technik wohl aufgefunden werden konnte.

Das Material war zum größten Teil von Herrn Dr. JAHN im Laufe der Jahre gesammelt. Es war in FLEMMING'S verdünnter Lösung fixiert und in Alkohol aufbewahrt. Für den Teil I der Arbeit kamen Mikrotomschnitte von 5—10 μ Dicke zur Anwendung, die nach FLEMMING'Scher Methode gefärbt wurden. Da sich die meisten Arten nicht kultivieren lassen, fehlen für die Arcyrien Entwicklungsstadien fast ganz. Die zu den folgenden Untersuchungen benutzten Serien gewann ich dadurch, daß ich im Walde selbst fixierte oder die Sporangienhäufchen auf dem Substrat vorsichtig nach Hause beförderte. Nur einmal gelang es mir, *Oligonema nitens*

zu kultivieren. Die auf feuchtgehaltenem Kaninchenmist ausgelegten Sporen bildeten hier plötzlich, nachdem sie wochenlang keinerlei Lebenszeichen gegeben hatten, an mehreren Stellen zugleich Häufchen von Fruchtkörpern von glänzend weißer Farbe und beträchtlicher Größe, die im Laufe eines Tages, soweit sie nicht fixiert wurden, sich zu leuchtend goldgelben Sporangien entwickelten.

I. Teil.

Das Plasma.

Ich beginne mit *Arcyria cinerea* (vgl. Textfig. I). Das junge, sich eben aus dem Plasmodium absondernde Sporangium zeigt die

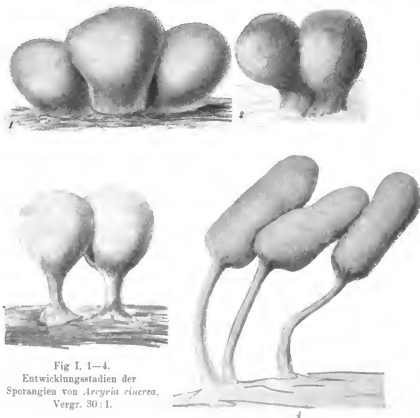


Fig I. 1—4.
Entwicklungsstadien der
Sporangien von *Arcyria cinerea*.
Vergr. 30:1.

Gestalt eines Tropfens. Allmählich erhebt sich die Kugel- zur Cylinderform, und der untere Teil wird eingeschnürt. Das geschieht dadurch, daß die Hauptmasse des Plasmas aus ihm nach oben wandert.

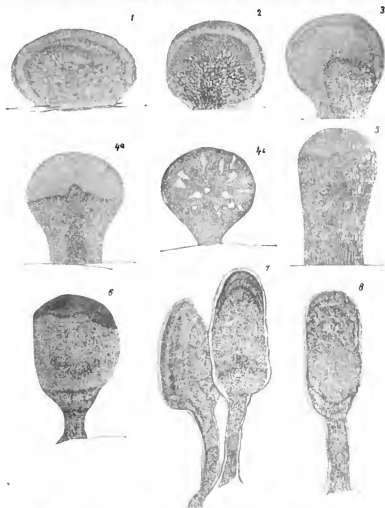


Fig. II, 1—8. Längsschnitte durch Entwicklungsstadien der Sporangien von *Arcyria cinerea*. Vergr. 40:1.

Nun zeigt der zurückbleibende Fuß des Cylinders Schrumpfungsercheinungen, und, seine Membran wie einen geschlossenen Regen-

schirm in Falten zusammenlegend, wächst er noch ein wenig in schwacher Torsion aufwärts, um schließlich als ein scheinbar echter Stiel das inzwischen wieder cylindrisch gewordene Sporangium in die Luft zu erheben. In der Textfig. II, 1—8 sind Längsschnitte durch solche in der Entwicklung begriffene Sporangien dargestellt.

§ 1. Überblickt man die Figuren, so fällt auf, daß sich im Plasma dichtere und vakuolige Partien unterscheiden lassen, und zwar findet sich das dichtere Plasma stets am Rande, während das vakuolige das ganze übrige Sporangium ausfüllt. Daß die homogen erscheinende Schicht zuweilen als Mantel das ganze Sporangium einhüllt und zuweilen als Kappe nur den oberen Teil einnimmt, hängt mit der Stellung des Sporangiums zu seinen Nachbarfruchtkörpern zusammen. Es gehört zur Eigenart der meisten Arcyrien und Trichien, daß ihre Sporangien stets herdenweise auftreten. Stehen nun die Fruchtkörper eines Häufchens so gedrängt, daß sie sich mit ihren Seiten untereinander berühren, so differenziert sich aus dem ganzen Haufen gleichsam nur eine Hülle homogenen Plasmas, und es zeigt sich im Längsschnitt durch einen solchen Haufen, daß die inmitten stehenden Sporangien nur in ihrem oberen Teile, die rechts begrenzten links und die links begrenzten rechts eine Schicht dichteren Plasmas aufweisen. Ganz eingeschlossene Sporangien werden durch die Abb. 4, 5, 6 (Textfig. II) veranschaulicht, während die Abb. 2, 3, 7 den Typus der teilweise begrenzten darstellen. Ein völlig isoliert dastehendes Sporangium findet sich nur in Abb. 1. Einen Grund für die Erscheinung dieser Kappenbildung anzugeben, scheint außerordentlich schwierig. Der Zweck dagegen leuchtet ein: das zarte, im Wachstum begriffene Plasma bedarf einer widerstandsfähigen Außenschicht, um gegen anfliegende Insekten, herabfallende Tannennadeln usw. geschützt zu sein. Dem letzteren Zwecke scheint auch die schon von STRASBURGER erwähnte durchsichtige Cellulosehülle zu dienen, deren Schichten durch Anlagerung von innen nach außen gebildet werden. Ich komme später auf sie zurück.

§ 2. Eine weitere Beobachtung, die man beim Durchgehen der Fig. 1—8 (Textfig. II) macht, ist das wiederholte Auftreten eines axilen Stranges im vakuoligen Plasma (vgl. Abb. 2, 4a u. 5). Er erklärt sich wahrscheinlich folgendermaßen. Das Plasma setzt im Sporangium seine im Plasmodium leicht zu beobachtende Bewegung fort, d. h. es flutet vorwärts, steht still, ebbt etwas zurück und flutet weiter. Am stärksten ist diese Bewegung naturgemäß in der Wachstumsrichtung des Sporangiums; es ist also erklärlich, daß die Plasma-

stränge in der Region, die später den langen Stiel liefern soll, stärker und die Saftvaknolen straffer gerichtet sind als an den Rändern des kugel- oder cylinderförmigen Sporangiums. An zwei Stellen, bei 4a und bei 5, setzt sich der axile Strang mit seiner Spitze in die Kappe dichteren Plasmas hinein fort. Man hat den Eindruck, als mache das bewegtere, vakuolige Plasma der Achsenregion einen Vorstoß in das zähere der homogenen Kappe.

§ 3. Wenden wir unsere Aufmerksamkeit genauer der peripherischen homogenen Plasmaschicht zu, so fällt auf, daß sie nicht nur in verschiedener Stärke auftritt, sondern daß unter der äußeren Kappe zuweilen noch eine zweite (Textfig. II, Abb. 5) oder gar mehrere Kappen liegen (Abb. 7 n. 8), die voneinander durch stark vakuoliges Plasma getrennt sind. In Abb. 4b fehlt diese Schicht ganz. Man kann annehmen, daß das an die Peripherie gelangte Plasma wenigstens vorübergehend aus der allgemeinen Bewegung ausscheidet. Die darunter liegenden schaumigen Massen drängen aber nach oben und durchsetzen mit ihren in der Wachstumsrichtung vorgehenden Saftvaknolen allmählich die hemmende, zähe Schicht. Etagenweise wird das homogene Plasma durch die Vakuolen abgespalten (Abb. 1, 7, 8) und wieder der Region des pulsierenden zugeführt, während das nunmehr an die Peripherie gelangte vakuolige Plasma seinerseits sich zu einer homogenen Außenschicht verdichtet. Die Wahrscheinlichkeit dieser Annahme wird noch durch ein Stadium wie 4b erhöht, das während der periodischen völligen Auflösung seines homogenen Mantels gezeichnet ist.

§ 4. Tritt man der Frage näher, „welche Mittel wendet der einzelne Fruchtkörper auf, um aus der flachen Tropfenform zu der eines schlanken Cylinders auf noch schlankerem Stiele zu gelangen,“ so richtet sich die Aufmerksamkeit natürlich auf die Entwicklung des Stieles. Dieser zeigt von allen Teilen des Sporangiums die geringste Ähnlichkeit mit der ursprünglichen Tropfenform und muß demgemäß die größten Veränderungen erfahren haben. Daß eine Einfaltung vorlag, ergab schon die genaue makroskopische Betrachtung. Ein in Querschnitte zerlegtes Sporangium zeigt kreisrunde, ein quergeschnittener Stiel stets zackige Umrißlinien. Jedenfalls muß es das Plasma sein, das den Stiel in Falten legt; und diese Faltung muß vom Plasma aus genau reguliert werden, damit ein aufrechter, gleichmäßig dicker Stiel zustande kommt. Man sieht auf Fig. 1 n. 2 der Tafel IV, daß die Membran in stumpfen Winkeln eingebuchtet ist, und daß zwischen den Winkeln regelmäßige Zacken hervortreten. Wie konnten diese aus der ursprünglich auch hier

bestehenden Kreislinie hervorgehen? Doch ohne Zweifel nur dadurch, daß sich Zugkräfte von einem Punkte der Peripherie zu einem benachbarten geltend machten. Und in der Tat findet man bei genauem Suchen in gnt mit Safranin gefärbten Schnitten durch die Übergangsregion vom Stiel zum Sporangium von einer Einbnchtung zwischen zwei Zacken zur nächsten zarte Plasmastränge, denen eine derartige Funktion obzuliegen scheint. Der Schnitt durch *Arcyria cinerea* (Taf. IV Fig. 1) ist etwas tiefer durch den Stiel geführt als der auf Fig. 2 dargestellte durch *Trichia fallax*, was aus der krauseren Einfaltung von 1 zu sehen ist. Beide Abbildungen zeigen aber das Gemeinsame, daß von Bucht zu Bucht feine Fibrillen laufen. Die Plasmapartikelchen, die diese Fibrillen bilden, speichern stark Safranin; weiteres läßt sich ihrer außerordentlichen Zierlichkeit wegen nicht über sie ansagen. Ihre Bedeutung ist klar: sie dienen zur Regulierung der Stiefaltung. Im Verlauf der Sporangienbildung hat das Plasma einen starken Drang nach oben und strebt danach, die Stielregion zu verlassen (Textfig. II, 5). Es reißt die an einen kleineren Durchmesser zurückweichende Stielmembran mit und faltet sie in regelmäßiger Weise ein, wie das vorher durch Anlage der Fibrillen vorbereitet ist. Ich nehme an, daß die in Textfig. II, 4 u. 5 zu beobachtende dunkle Bänderung in der Übergangsregion mit diesen Vorgängen in Beziehung zu setzen ist; auch das dicht über dem Fuße bei 6 sichtbare Band wird so zu deuten sein. Auf Querschnitten ist es mir nie geglückt, in dieser Tiefe noch Fibrillen zu sehen; doch beweist dies noch nicht ihre Nichtexistenz, denn es ist praktisch unausführbar, bei dem immerhin langen, völlig gleich dicken Stiele genau zu wissen, aus welcher Höhe der Schnitt ist, den man vor sich hat.

§ 5. Die eben beschriebenen Einfaltungsvorgänge betreffen aufs engste auch die Glashülle der Trichien und Arcyrien. Diese, aus einer der Cellulose ähnlichen Masse bestehende Schicht wird, wie wir seit STRASBURGER wissen, durch Anlagerung vom Plasma an gebildet. Sie ist im Leben schön glasartig durchsichtig und überzieht wahrscheinlich zum Zweck des Schutzes das ganze Sporangium schon in seinen jugendlichen Stadien. Auf dem Scheitel des Sporangiums ist sie nur zart, während sie seitlich, besonders sobald ein Stiel besteht, eine kräftige Haut darstellt, die unten in den Hypothallus übergeht. Im Querschnitt zeigt sie durchweg einen lamellosen Bau (Fig. 3 auf Taf. IV). STRASBURGER macht in seiner vorhin schon erwähnten Arbeit S. 312 darauf aufmerksam, daß sich häufig zwischen den einzelnen Lamellen Reste degenerierten

Plasmas vorfinden. Ich kann diese Angabe wenigstens für die Stielregion bestätigen und erkläre sie folgendermaßen: Stellen wir uns vor, daß die Fibrillen von Bucht zu Bucht lebhaft Zugwirkungen ausüben, die, wie oben erwähnt, noch durch den Zug des Plasmas verstärkt werden, so kann es leicht kommen, daß die zu passiver Faltung gezwungene Glashülle genügend starke Falten wirft, um ein dazwischenliegendes Plasmazipfelchen von der Falte, der es angehört, zu trennen. Lagert sich nun eine weitere Lamelle vom Plasma ausgehend, der Glashülle an, so ist das abgerissene Zipfelchen von jeglichem Zusammenhang mit der Hauptmasse abgeschnitten und muß, trotzdem es noch einige Zeit weiterlebt, zugrunde gehen. Dieser Vorgang ereignet sich zu verschiedenen Malen; denn da die neue Membranlamelle immer der jeweiligen Umrißlinie des Plasmakörpers entspricht, die Fibrillen aber ihre Tätigkeit fortsetzen, wird die Hülle immer von neuem genötigt, Falten zu schlagen, bis die endgültige Querschnittsform des Stieles erreicht ist. Ein Gegensatz zur Stielbildung der Cribrariaceen stellt sich heraus: nicht alles Plasma wird aus dem Stiel nach oben gezogen, vielmehr bleibt ein beträchtlicher Teil des Plasmas im Stiel zurück und wird der Sporenbildung entzogen. Zwar beteiligt es sich an allen im Sporangium erfolgenden Veränderungen, aber es liefert keine normalen einkernigen Sporen. Textfig. III, 1 zeigt ein Stück aus dem Sporangium, Textfig. III, 2 ein solches aus dem Stiel derselben *Arc. cin.* Während bei 1 die fast fertigen Sporen zwischen den Elateren liegen, sieht man bei 2 in stark kontrahiertem Zustande unförmige, vielkernige Klumpen liegen. Dieser Fall der Aufopferung, eigentlich zur Fortpflanzung befähigten Materials zum Zwecke der Stielbildung erinnert an Vorgänge bei weit primitiveren Organismen als die Myxomyceten sind, an die Acrasieen.

§ 6. In bezug auf die Stärke und Ansiedlung ihrer Glashülle verhalten sich die Arcyrien und Trichien nicht völlig gleich. Auch innerhalb dieser Gattungen finden sich Verschiedenheiten der Glasmembran, die wohl wert wären, bei der systematischen Gruppierung der Arten eine Rolle zu spielen.

Vergleicht man ein reifes Arcyriensporangium mit dem einer *Trichia*, so fällt folgendes ins Auge: Die Arcyrien haben einen deutlich abgesetzten Kelch, aus dem das zarthäutige Sporangium aufsteigt, während den Trichien ein besonders differenzierter Becher am Grunde fehlt. Ihre ganze Hülle wird kelchartig angelegt und bei der Reife unregelmäßig durchbrochen. Die Untersuchung von Längsschnitten zeigt, daß die Arcyrien im allgemeinen ihr

Sporangium mit einer schwächeren Glashülle umgeben als die Trichien. Innerhalb der Gattung *Arcyria* haben naturgemäß die zarteren Arten wie *Arcyria pomiformis* auch zartere Glashüllen als z. B. *Arcyria nutans*. Die größere Länge des Stieles

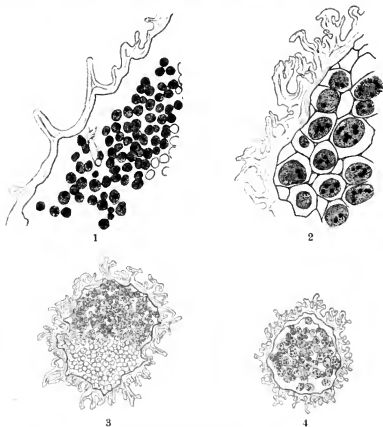


Fig. III, 1-4.

- 1) Stück aus dem Querschnitt durch ein Sporangium von *Arcyria cinerea*.
- 2) " " " " " den Sporangienstiel von *Arcyria cinerea*.
- 3) Querschnitt durch die Übergangsregion vom Stiel zum Sporangium.
- 4) " " " " den Stiel von *Arcyria cinerea*.

Vergr. bei 1 u. 2 500:1. Vergr. bei 3 u. 4 200:1.

scheint bei gleicher Länge des Sporangiums eine stärkere Ausbildung der Glashülle zu bewirken. So findet sich bei *Arcyria incarnata* eine schwächere Glashülle als bei *Arcyria punicea*. Ist das Sporangium

auffallend kurz wie bei *Arcyria pomiformis*, so findet sich trotz eines langen Stieles nur eine sehr zarte Glasmembran. *Arcyria cinerea* und *nutans* haben mittelstarke Glashüllen. Eine Ausnahmestellung nimmt *Arcyria ferruginea* ein, die sich ja auch sonst noch durch ihre auffallend großen Sporen ($9-11\ \mu$) auszeichnet. Ihre Glashülle ist bedeutend stärker als die der anderen Arcyrien, so daß sie an die Trichien erinnert. — Die in der Systematik zwischen *Trichia* und *Arcyria* stehende Gattung *Hemitrichia* gehört auch in bezug auf ihre Glasmembran an diese Stelle. Textfig. IV veranschaulicht ein nahezu reifes Exemplar mit kräftig ausgebildetem



Fig. IV. Längsschnitt durch *Hemitrichia clavata*. Vergr. 40:1.

Stiel, das im Begriff ist, seine Hülle zum Zweck der Sporenausstreuung zu sprengen. Die dünne Stelle in der nach oben zu immer schwächer werdenden Membran zeigt, daß die Sprengung mit einem Einriß am Scheitel beginnen wird. — Eine ebenso starke Ausbildung der Glasmembran wie *Hemitrichia*



Fig. V. Medianer Längsschnitt durch *Perichaena populina*. Das Plasma ist segmentiert zur bevorstehenden Sporenbildung. Vergr. 20:1.

zeigt *Trichia fallax*, diejenige Trichiacee, die den längsten Stiel besitzt und sich dadurch makroskopisch von der sonst äußerlich ähnlichen *Trichia varia* unterscheidet. *Trichia varia* und *persimilis* mit sitzenden oder nur ganz kurz gestielten Sporangien haben auch entsprechend dünnere Glashäute. Ebenso zart, wenn auch verglichen mit Arcyrien immer noch ansehnlich, ist die Glashülle bei den in Haufen auftretenden Sporangien der Trichiacee *Oligonema nitens*.

Abseits in Form des Sporangiums wie in der Beschaffenheit der Glashülle steht die den Arcyriaceen nah verwandte Gattung *Perichaena*. Textfig. V zeigt einen medianen Längsschnitt durch ein fast reifes Sporangium von *Perichaena populina*. Das ganze Sporangium macht den Eindruck eines Hutes mit stark aufgebogener

Krämpfe. Die Glasmembran ist hier sehr zart und umzieht nur als feines Häntchen den Fruchtkörper; aber an ihrer Außenseite scheidet sie eine stark körnige, sich gelblich färbende Schicht ab, die an die Kalkkörnchen in der Membran der Physareen erinnert. Da reife Perichaenensporangien stets den Eindruck einer offenen tiefen Schale machen, ist anzunehmen, daß bei der Sprengung der Hülle der ganze innere Teil, also der Kopf des Hutes, abgehoben wird.

II. Teil.

Die Kerne.

§ 1. Nach dem bisherigen Stande unserer Kenntnisse haben die Kerne im Entwicklungsgange eines Myxomyceten folgendes Schicksal: Bald nach der Keimung der Spore tritt eine Teilung der Schwärmer ein, bei der sich der Kern mitotisch teilt. Diese Teilung ist zuerst von LISTER (4), später von JAHN (5) verfolgt worden. Es sprießt dabei, wie JAHN gezeigt hat, aus den Polen der Teilungsspindel je eine Geißel hervor, die den Tochterindividuen als Bewegungsorgan dient. Die stark färbbaren Punkte an den Spindelpolen, von denen die Geißeln ihren Ursprung nehmen, sieht JAHN als Centrosomen an. Es ist bemerkenswert, daß diese Teilung als eine regelmäßige, in der Entwicklung des lebenden Schwärmers selbst liegende erscheint. Sie setzt nicht etwa erst dann ein, wenn die Schwärmer durch Nahrungsaufnahme und Wachstum zu groß geworden sind, sondern sie erfolgt gleichmäßig bei allen bestimmte Zeit nach der Keimung. Schon DE BARY hat angegeben, daß bei *Didymium* noch in der Sporenhülle eine solche Teilung stattfindet. JAHN's Beobachtungen beziehen sich auf *Stemonitis flaccida*. LISTER (p. 540) hält es nicht für ausgeschlossen, daß die Schwärmer sich mehrfach teilen. Über die schließliche Verwandlung der Schwärmer in Amöben wissen wir zurzeit noch nichts. Es steht nur fest, daß die plötzlich geißellos gewordenen Individuen sich zusammenrotten und ein Plasmodium bilden. In diesem Stadium erfolgen abermals mitotische Kernteilungen. Es war dies bei der oft beträchtlichen Größenzunahme der Plasmodien von vornherein anzunehmen; nachgewiesen ist es jedoch bis jetzt nur von LISTER für *Badhamia utricularis*. Eine amitotische, direkte Kernteilung, die noch LISTER in der vorher erwähnten Arbeit, allerdings unter Vorbehalt, für Plasmodien beschreibt und abbildet, findet sich, soweit meine Einsicht

reicht, bei den Myxomyceten nicht. LISTER's Abbildung 2b scheint mir eine andere Deutung zu erfordern.

§ 2. Das Plasmodium bildet schließlich einzelne Sporangien aus, deren Kerne erst wieder unmittelbar vor der Sporenbildung zu einer mitotischen Teilung schreiten. Ich halte mich bei der folgenden Beschreibung dieses Vorganges an die Angaben von HARPER (6) über *Fuligo varians*. Der ruhende Kern zeigt eine Membran, Chromatin und einen Nukleolus, der wie in den Schwärmern von einem hellen Hofe umgeben ist. Im Äquatorialstadium sieht HARPER deutliche Spindeln mit stark färbbaren Polen; die Chromosomenzahl meint er bei *Fuligo* auf 12 festsetzen zu können. In den Polarplattenstadien konnte HARPER die Chromosomen nicht mehr zählen, da sie alle gleichzeitig wandern und stets dicht zusammengedrängt liegen. Die Spindelpole bleiben noch geraume Zeit sichtbar, während der Nukleolus sehr früh schwindet. — Die Kernverhältnisse des Schwärmerstadiums und die des zur Sporenbildung schreitenden Sporangiums haben, wie aus dem Gesagten hervorgeht, genaue Bearbeitung erfahren; die dazwischen liegenden Entwicklungsstufen sind jedoch vollständig vernachlässigt worden. Die folgende Mitteilung hat den Zweck, diese Lücke anzufüllen.

Auch für diese cytologischen Arbeiten benutzte ich zum größten Teil von Herrn Dr. JAHN gesammeltes Material. Die $5\ \mu$ starken Schnitte wurden nach HEIDENHAIN gefärbt und aufs genaueste differenziert. Ich werde im folgenden die Kernvorgänge der *Arcyria cinerea* beschreiben, um den Vorteil zu haben, bei Angabe der Entwicklungsphase der Sporangien auf die als Textfiguren abgebildeten Längsschnitte verweisen zu können. Dieselben Untersuchungen wurden mit dem gleichen Resultate an *Arcyria nutans*, *Arcyria pomiformis*, *Trichia fallax*, *Trichia persimilis* und teilweise auch an *Oligonema* gemacht. Die Textfig. VI, 1—5 sind durch das Prisma gezeichnet.

§ 3. Das junge Sporangium in Tropfenform zeigt durchweg gleich große, stark färbbare Kerne. Das Chromatin darin ist so stark zusammengeballt, daß es fast nie glückt, einen Nukleolus oder sonst Struktureinzelheiten darin zu erkennen. Das Verhalten der Kerne ändert sich jedoch in den zur Zylinderform übergehenden Sporangien. Während sie im vorher erwähnten Stadium gleichmäßig durch den ganzen Plasmakörper verteilt sind, sieht man nun, daß sie in der Randregion (jedoch fast ausnahmslos um etwa zwei Kernbreiten von der Peripherie entfernt) näher zusammenrücken, so daß kernreichere und kernärmere Partien entstehen (vgl. Textfig. VI, 1). Der Chromatingehalt des Kernes lichtet sich etwas, so daß ein

Nukleolus sichtbar wird. Zwei Kerne nähern sich nun und legen sich Wand an Wand dicht zusammen (2). Ich glaube richtig zu gehen, wenn ich LISTER's Fig. 2b von *Trichia fragilis* auf eine der eben beschriebenen analoge Erscheinung deute. Die erst entfernt voneinander liegenden Nukleoli rücken ebenfalls nach der Berührungsstelle; alsbald sieht man die Wand aufgelöst und der Inhalt beider Kerne fließt zusammen (Textfig. VI, 3). Eine Zeitlang scheinen die zwei Nukleoli noch getrennt zu bleiben, bis sie schließlich zu einem

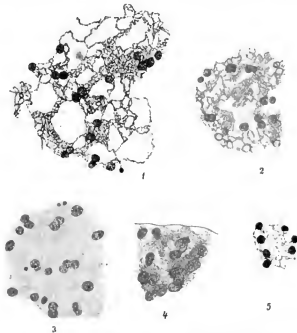


Fig. VI, 1—5. Fusionierende Kerne von *Arcyria cinerea* in verschiedenen Stadien.
Vergr. 1000:1.

verschmelzen; wenigstens sieht man in einem Gesichtsfeld Fusionskerne mit zwei und mit einem Nukleolus. Vom Rande des Sporangiums aus schreitet die Fusion der Kerne nach der Mitte zu fort. Am spätesten fusionieren die Kerne der Axenregion, vermutlich weil das Plasma dort am lebhaftesten strömt. Der Fusionskern, der gleich nach dem Verschmelzungsakt nicht mehr als die zu erwartende Vergrößerung gezeigt hatte (3), beginnt einige Zeit danach mächtig anzuschwellen (4). Untersucht man ein Präparat dessen Stadium

dem Längsschnitt Textfig. II, 3 entspricht, so findet man am Rande Fusionskerne in der Phase der Textfig. VI, 4, in der Mitte noch kleine, unverschmolzene in der Phase der Textfig. VI, 5, während in der dazwischen liegenden Region in der Phase der Textfig. VI, 2 alle Übergänge zur Kopulation zu sehen sind. Wie zu erwarten ist, kommen nicht alle Kerne zur Verschmelzung mit einem anderen. Man sieht des öfteren, wie ein dritter Kern allein neben einem fusionierenden Paare liegen bleibt, oder auch wie zwei sich nähern, aber nicht bis zur Verschmelzung gelangen. Diese zurückgebliebenen Kerne sind dem Untergange geweiht. Ihr Nukleolus vergrößert sich übermäßig und färbt sich mit Safranin leuchtend rot, mit Hämatoxylin tief schwarz. Anfangs sind diese degenerierenden Kerne, wie Fig. 1, 2 u. 3 auf Taf. IV zeigen, von einem hellen Hof umgeben, sie verlieren diesen aber bald und werden kleiner und kleiner. Eine genau mit den meinen übereinstimmende Abbildung gibt LISTER in der mehrfach erwähnten Arbeit in Abb. 3. Er führt die „small, deeply stained nuclear bodies“ in seinem Untersuchungsregister merkwürdigerweise erst 12 Stunden nach dem ersten Auftauchen der Elateren an, ohne jedoch über ihren Ursprung Angaben zu machen. Die geschwollenen Fusionskerne nehmen (wieder vom Rande des Sporangiums nach der Mitte zu fortschreitend) allmählich wieder normale Größe an und zeigen nun lange Zeit ein höchst merkwürdiges, wenn auch leider unentwirrbares Chromatinnetz. Plötzlich sieht man sich aber dieses lichten, und es werden deutlich acht Doppelchromosomen sichtbar. Das folgende Stadium ist jedoch das merkwürdigste: man sieht neben den Kernen mit zählbaren Doppelchromosomen solche liegen, die ihr Chromatin nach oben und unten verlagert haben und in der Mitte eine weiße Gürtelregion zeigen. Ob alle Kerne dieses Stadium durchmachen, und wie es aufzufassen sei, ist mir leider unmöglich zu sagen. Jedenfalls mischt sich bald darauf das Chromatin in sämtlichen Kernen wieder derart, daß sich nichts mehr erkennen läßt. Dieser Zustand hält an, bis die Kerne zu der bekannten Karyokinese schreiten, die der Sporenbildung vorangeht.

Als was ist die Kernfusion mit ihren Folgestadien aufzufassen? und wie fügt sich diese Erscheinung in das, was bekannt war, ein?

§ 4. Ich führe in den Fig. 4—13 auf Taf. IV Kernbilder vor, die Einzelheiten aus den Textfig. VI, 1—5 veranschaulichen sollen und aus denselben Schnitten, zum Teil sogar aus demselben Gesichtsfelde wie diese stammen. Der Kern vor der Fusion (4) bietet nichts Interessantes, da seine Chromatinbestandteile unentwirrbar sind. Die Fusionsbilder 5 u. 6 sprechen für sich. Bei 7 fällt außer der be-

deutenden Größe an, daß, obgleich die Fnsion noch nicht vollendet ist, das Chromatin schon einen geordneteren Eindruck macht als bei 6. In 8 sieht man bei ebenfalls riesigem Volumen einen kleinen Nukleolus und zu langen Bändern gefügtes Chromatin. Ein noch fortgeschrittenes Stadium zeigt Fig. 9. Ich sehe in den beiden letzten Bildern (8 u. 9) ein „Synapsis“-Stadium. Ist die Synapsis als solche da, was aus den folgenden Bildern noch deutlicher hervorgeht, so ist mit einem Schlage aus der oben abgebildeten Kernfusion eine Kopulation geworden, und es fragt sich nun, welcher Art diese Kopulation ist. Offenbar hat man es hier mit einer totalen Karyogamie, und zwar einer Homogamie zu tun. Einen Unterschied zwischen den kopulierenden Kernen zu entdecken, ist mir nicht gelungen.

Ich bin nun ferner der Ansicht, daß auf die Karyogamie sofort eine Reduktion folgt. — Der lange Zeit geschwollen erscheinende Synapsiskern kommt allmählich auf eine normale Größe und zeigt nun plötzlich in häufig wiederkehrenden klaren Bildern das Stadium 10 u. 11. Die acht Doppelchromosomen wirken befremdend. Das Bild macht durchaus den Eindruck einer Diakinese, und man fühlt sich versucht, von den acht Doppelchromosomen je acht von einem der vorher verschmolzenen Kerne α und β abzuleiten. Das Bild würde dann das Stadium wiedergeben, wo die in der Synapsis vereinigt gewesenen, einander entsprechenden Chromosomen von α und β sich von einander lösen. Wenn Fig. 10 u. 11, wie nach dem Vergleich mit anderen Bildern anzunehmen ist, tatsächlich dieses Stadium darstellen, so wäre die Chromosomenzahl der 2x-Generation bei den Myxomyceten 16. — Es fällt nun auf, daß die jetzt zu erwartende Teilung ausbleibt. Der Kern hüllt sich bald nach diesem Stadium in völliges Dunkel. (Bilder wie Fig. 12 zeigen sich nicht so häufig, daß man sie mit Sicherheit als ein Folgestadium von Fig. 10 bezeichnen könnte.) Erst etwa 12 Stunden nach dem Auftauchen der Bilder 9 u. 10 tritt die Endkaryokinese auf. Wäre es mir hier gelungen, Vierergruppen oder Ringe zu entdecken, so würde ich nicht zögern, die oben skizzierte Annahme für richtig zu halten. Leider habe ich aber trotz reichlichen Materials an karyokinetischen Bildern dieses Stadiums niemals in die Einzelheiten des Vorganges eindringen können.

§ 5. Wenn ich trotzdem eine Vermutung äußern darf, so ist es diese: Die vor der Sporenbildung liegende Karyokinese ist als heterotypische aufzufassen; der Schwärmerteilung fällt die Reduktion der Chromosomen zu. Die Myxomyceten gehörten demnach zu den

wenigen Lebewesen, die fast während ihres ganzen Lebens mit 1 x-Chromosomen ausgestattet wären.

Es können manche Bedenken gegen die geäußerte Meinung aufsteigen. Man könnte sagen: so charakteristische Bilder wie Vierergruppen in der Spindel müßten, falls sie überhaupt vorhanden sind, zu sehen sein. Ich erwidere: das Vierergruppenstadium fällt aus. Die erste Teilung geht wahrscheinlich in Form einer Äquationsteilung vor sich. Die längsgespaltenen acht Chromosomen (reduzierte Zahl) verdicken sich nicht und brechen nicht durch eine transversale Teilung in vier Segmente aneinander, sondern sie behalten wahrscheinlich ihre Gestalt bei der ersten Teilung und trennen sich wie bei einer gewöhnlichen Mitose von der Mitte nach den Enden fortschreitend. In der zweiten Teilung, die erst nach beträchtlicher Pause erfolgt, nämlich im Schwärmerstadium, spalten sich die Chromosomen abermals längs im rechten Winkel zur ersten Teilungsebene und lassen so jedem neugebildeten Individuum nur die halbe Chromosomenzahl. Die eben ausgesprochene Annahme gründet sich auf folgende Tatsachen: Es steht fest, daß auf die Verschmelzung der Kerne ein Synapsisstadium folgt; ebenso sicher ist das Vorkommen der Diakinese. — Weiter ist zwar auffallend, aber doch völlig außer Zweifel, daß die Karyokinese, die der Sporenbildung voranfeht, eine einfache ist, d. h. daß sämtliche Teilungsbilder auf einen einmaligen, bei allen Kernen gleichzeitig auftretenden Teilungsakt zurückgehen.

Es liegt nahe und scheint sogar erforderlich, die erste Schwärmerteilung an die genannte Karyokinese anzuschließen. Der Grund dafür ist die von JAHN mit völliger Sicherheit gemachte Angabe, daß die Teilung der Schwärmer bestimmte Zeit nach der Sporenkeimung resp. noch in der Sporenhülle eintritt und ganz unabhängig von den etwaigen Größenverhältnissen des Schwärmers ist. Daß bei Organismen, die eine regelmäßige Kopulation haben, an irgend einem Punkte des Zeugungskreises eine Reduktion stattfinden muß, ist heute erwiesen. Auch das Eintreten einer langen Pause zwischen beiden Teilungen und das Ansbleiben von Tetradenbildungen in der der Reduktionsteilung vorangehenden Karyokinese ist, nachdem Darstellungen wie die von MEWES (96) „Über die Entwicklung der männlichen Geschlechtszellen von *Salamandra*“ und von MCGREGOR über die „Spermatogenesis of *Amphiuma*“ oder von MOORE „Structural changes in the reproductive cells of Elasmobranchs“ existieren, nichts Unerhörtes mehr. Befremdend aber und ungünstig für die aufgestellte Hypothese wirken die Bilder aus der Schwärmerteilung von *Stemonitis flacc.* in der erwähnten Arbeit von JAHN. Die Zahl

der den Tochterindividuen zugeteilten Chromosomen scheint hier (Fig. 2c u. 2g) 4 zu sein, während nach meiner Annahme die reduzierte Chromosomenzahl wenigstens für die *Arcyrien* und *Trichien* 8 zu sein scheint. Allerdings ist zu erwägen, daß die von JAHN abgebildeten Chromosomen einen stark gequollenen Eindruck machen, vielleicht also in Wirklichkeit in doppelter Zahl vorhanden sind. — Mit den geschilderten Eigentümlichkeiten der Myxomycetenkerne mag auch das Stadium 12 zusammenhängen, dessen Deutung mir bis jetzt nicht gelingt.

Die kleinen, stark färbbaren Kerne auf Fig. 1—3 Taf. IV, die aller Wahrscheinlichkeit nach als nicht kopulierte degenerieren, behalten, unabhängig von ihrer Lage im Sporangium und von den nach der Fusion stattfindenden Kernvorgängen ihr Volumen bei, bis sie zur Zeit der Sporenbildung vergehen (Fig. 13 Taf. IV).

§ 6. Die Karyogamie bei Myxomyceten ist schon von LISTER und PROWAZEK beobachtet worden. LISTER gibt in seiner Fig. 2b auf Taf. XXXV der erwähnten Arbeit ein ziemlich genaues Bild des Vorganges, nur sieht er darin ein Teilungsstadium. Es könnte auffallen, daß derselbe Beobachter bei der Untersuchung von 19 sorgfältig fixierten Stadien von *Trichia fallax* nicht die Karyogamie gesehen und als solche erkannt hat. Der Grund dafür liegt in der langen Pause, die er zwischen der 3. (9 Uhr p. m.) und 4. Fixierung (8,30 a. m.) hat eintreten lassen. Stadium 3 zeigt ihm ruhende Kerne und keine Elateren, während Stadium 4 bei scheinbar unveränderten Kernen schon deutliche Elateren in normaler Größe aufweist. Die Karyogamie findet meiner Erfahrung nach regelmäßig geraume Zeit vor der Elaterenbildung statt, bei *Arcyria cinerea*, wie oben bemerkt, sogar schon vor der Stielbildung des Sporangiums. Wahrscheinlich regulieren sich die beiden wichtigsten Funktionen im Leben des Myxomycetenfruchtkörpers, nämlich die Kernverschmelzung und die Elaterenbildung, so, daß die erstere eintritt, sobald die Vermehrung des Plasmas ihr Ende erreicht hat, also der Rauminhalt nicht mehr zunimmt, und daß die Elaterenbildung einsetzt, sobald das Sporangium seine endgültige Form hat.

PROWAZEK hat die Karyogamie nicht nur gesehen und abgebildet, sondern sie auch als solche erkannt. Seine Beobachtungen beziehen sich auf *Physarum psittacinum*. Die Wichtigkeit, die er seiner Beobachtung beilegt, ist jedoch nur gering. Er sieht in der Fusion der Kerne keinen zum Leben der Organismen notwendigen Akt und mißt ihr auch keine geschlechtliche Bedeutung zu. In seinen Augen ist die Fusion nichts als eine Kopulation zum Zwecke der

Regnlierung und ist etwa der durch Hungereinfluß bewirkten Agglutination der Kerne von *Trichosphaerium* oder *Pelomyxa* gleichzusetzen.

III. Teil.

Die Elaterenbildung.

Das Material für die im folgenden mitgeteilten Untersuchungen lieferte die Trichiacee *Oligonema nitens*. Eines Morgens zeigten sich in einer der im botanischen Institut ausgestellten Schalen, in die einige Wochen zuvor Sporen ausgesät waren, junge, glänzend weiße Fruchtkörper. Ich fixierte in Zwischenräumen von $\frac{1}{2}$ Stunde 24 Stadien in FLEMMING's verdünnter Lösung und färbte später die 5μ starken Schnitte mit HEIDENHAIN oder FLEMMING. Die besseren Resultate gab die HEIDENHAIN'sche Methode. Es stellte sich bald heraus, daß die Karyogamie bereits vorüber, dafür aber die Elaterenbildung im Gange war.

Unsere Kenntnis über diesen Gegenstand gründet sich auf STRASBURGER's Arbeit über *Trichia fallax*. STRASBURGER gibt an, daß die Elateren sich aus Saftvakuolen bilden, deren Wände durch Ablagerung von Mikrosomen aus dem Innern der Vakuole gebildet werden. Auch die spiraligen Bänder der Elateren sollen so entstehen. Meine Untersuchungen haben nicht die weitere Ausbildung der Elateren und ihre mechanischen Funktionen zum Gegenstand, sondern lediglich ihr Verhältnis zu den Kernen der Myxomyceten.

§ 1. Bei der Musterung der Serien von *Oligonema* zeigten sich neben den völlig undifferenzierten Kernen im Plasma eigentümliche Strahlungen. Bei den jüngeren Stadien lag im Centrum dieser Strahlungen ein Punkt, bei den späteren eine kreisförmige Scheibe, die als stark lichtbrechend, etwa wie die helle Mondscheibe an einem grauen Tageshimmel, ins Auge fiel. Die Strahlungen fanden sich in jedem Schnitt und Gesichtsfeld. In den Folgestadien schien die helle Scheibe inmitten eines stärker färbbaren Ringes zu liegen und war mit Körnchen angefüllt. Die Plasmastrahlen waren jetzt kürzer als vorher. In Nr. 12 der Schnittserie fanden sich bereits zur Sporenbildung segmentiertes Plasma und deutlich schwarzgefärbte Elateren; von Strahlung war nichts mehr zu sehen. Es handelte sich nun darum, Ursprung und Bedeutung der Plasmastrahlungen zu finden. Ich gebe in den Figuren 14—22 auf Taf. IV Bilder aus den Schnitten 1—13. Der Platzersparnis halber habe ich die Stadien 4, 6, 8, 10, die nur Wiederholungen boten, hier weggelassen. — Lange

nicht alles, was die Bilder zeigen, vermag ich zu deuten, setze sie aber trotzdem als getreue Wiedergabe der Befunde hierher, in der Hoffnung, daß vielleicht später sich ein Aufschluß findet.

Fig. 14 zeigt inmitten des vakuoligen Plasmas eine Sternform aus homogen erscheinendem; die Strahlen des Sternes sind genau radial auf den Mittelpunkt gerichtet, der wie ein kleiner, außerordentlich schwarzgefärbter Kern den Blick auf sich zieht. Am Rande des Sporangiums ist die Strahlung einseitig. 14 b aus einem anderen Schnitt zeigt offenbar schon ein fortgeschritteneres Stadium. Ob die inmitten der Scheibe liegenden drei Punkte durch Teilung oder Zerfall des vorher einheitlichen Mittelpunktes entstanden sind, vermag ich nicht zu sagen.

Fig. 15 bringt ein äußerst wichtiges neues Moment: Im Plasma liegen frei, resp. an Fäden hängend, Chromatinstücke, die die typische Gestalt von Chromosomen haben; außerdem zeigt sich, daß die vorher bemerkte Strahlung nicht nur aus fein ausgezogenen Plasmastrahlen besteht, sondern daß zarte, fibrillenartige Stränge vorhanden sind, die weit über die Plasmastrahlung hinausreichen. Die Chromosomen zeigen eine scharf umrissene rübenartige Gestalt und sind teils um ein Centrum geschart, teils in einer langen Reihe angeordnet. Der Schnitt ist aus der Mitte des Sporangiums, während der Kern mit den dicken T-förmigen Chromosomen aus der Randgegend stammt. In einem erst zufällig ganz weiß gebeizten Schnitte fanden sich die Bilder 15 b. Natürlich vermutete ich, die bekannte Endkaryokinese vor mir zu sehen, wurde jedoch anderer Meinung, als ich den vorliegenden Schnitt mit meinen Arcyrien- und Trichienpräparaten verglich, die dieses Stadium aufweisen. Die Unterschiede waren bedeutend: Erstens tritt die Endkaryokinese bei allen Kernen fast gleichzeitig auf — hier waren etwa 3 Proz. der Kerne in Spindelform. Zweitens zeigen die Endkaryokinesen höchst selten die zugespitzte Form, gehen vielmehr sofort und für geraume Zeit in die Tonnenform über — hier war nicht eine Tonne zu sehen. Drittens war auffällig, daß niemals eine regelrechte zweipolige Spindel zu sehen war, sondern stets nur ein Pol mit deutlichem Polkörper, und endlich stellte sich heraus, daß entsprechend entfärbte Folgestadien keine Spur mehr von spindel- oder tonnenförmigen Karyokinesen zeigten.

Nach dem Abschluß der Untersuchungen über *Oligonema* ist es mir gelungen, in einer neuen Serie von *Arcyria*-Präparaten Bilder zu finden, die genau den eben beschriebenen entsprechen. Die Karyogamie war vorüber. Die Elaterenbildung scheint hier demnach

auf derselben Entwicklungsstufe und in derselben Weise zu erfolgen wie bei *Oligonema*.

§ 2. Meine Vermutung geht nun dahin: Ein Teil der kopulierten Kerne wird zur Elaterenbildung verwandt und macht zu diesem Zwecke eine heteropole Karyokinese durch. Nur aus einer Teilungsfigur können auch die rüchchenförmigen Chromosomen stammen. Allerdings muß ich, um die im folgenden dargelegte Deutung geben zu können, eine kleine Umstellung der Stadien vornehmen. Der Wahrscheinlichkeit meine ich dadurch keinen Abbruch zu tun, da es wohl vorkommen kann, daß in einer großen Schar von Sporangien nicht

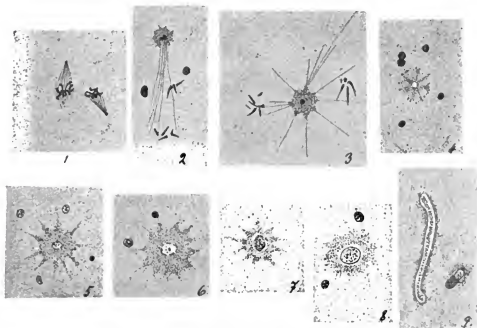


Fig. VII, 1—9. Stadien der Elaterenbildung bei *Oligonema nitens*, etwas schematisiert. Vergr. 1000 : 1.

alle gleich weit entwickelt sind, also das um 10 Uhr fixierte unter Umständen ein vorgeschrittenes Stadium zeigen kann als ein um 11 Uhr fixiertes. Die meine Deutung stützenden Bilder sind als Textfigur VII, 1—9 etwas schematisiert wiederholt.

Bild 1 zeigt, daß die Karyokinese nur ein polige Spindel liefert. Das Centrosom wird zum Strahlungscentrum und entfernt sich, die

Spindelfasern in die Länge ziehend, mehr und mehr von den passiven, stark angeschwollenen Chromosomen (2 u. 3). Allmählich vergrößert sich das Centrosom und vermindert gleichzeitig seine Färbbarkeit. Man hat den Eindruck, als ob es sich durch die Aufnahme von Plasmasaft aufblase (4 u. 5), während das vorher den Mittelpunkt bildende Chromatin in kleine Brocken zerstreut wird (5). Die nunmehr fertige Saftvakuole umgibt sich mit einer Region von homogenem Plasma, die strahlige Umrisse zeigt (6 u. 7). Mechanische Zwecke scheinen diese oft strangartig aussehenden Strahlen nicht zu haben; man hat in ihnen wohl nur den sichtbaren Ausdruck chemischer Beziehungen zwischen der sich immer mehr aufblähenden Vakuole und dem umgebenden Plasma zu sehen. — Die Tatsache, daß mit dem Beginn der Membranbildung die Saftvakuole aufhört, als Strahlungscentrum zu wirken (8), bestärkt diese Annahme. Die Chromosomen sind nur in den ersten Stadien zu sehen. Voransichtlich gehen sie im Plasma des Sporangiums auf, wenn es auch häufig den Anschein erweckt, als leisteten sie dem Centrosom Gefolgschaft. Die weitere Entwicklung der Elateren bietet vom Standpunkt des Cytologen nichts Interessantes mehr. Sie ist auch aus der Arbeit von STRASBURGER hinreichend bekannt.

§ 3. Die Eigenart der geschilderten Vorgänge läßt es schwierig erscheinen, Auknüpfungspunkte für sie in der botanischen Literatur zu finden. Eine kernendogene Entstehung von Elateren ist schlechthin neu. — Faßt man jedoch den Begriff weiter und sieht in der Elatere nichts als eine (im phylogenetischen Sinne gesprochen) erstarrte Geißel, so tnt sich ein weites Gebiet auf: Die Blepharoplastenliteratur.

Die Zoologen haben von zwei Punkten aus Forschungen über Blepharoplasten unternommen. Einerseits bei der Spermatienbildung der Metazoen und andererseits bei der Geißelbildung der Flagellaten. Die Botaniker haben sich nur gelegentlich der Befruchtungsvorgänge bei einigen Kryptogamen und Gymnospermen mit ihnen beschäftigt. In beiden Wissensgebieten ist die Frage nach dem Ursprung der Blepharoplasten aufgetaucht und ist schließlich dahin spezialisiert worden, ob Identifizierung von Centrosomen und Blepharoplasten möglich sei.

Um nicht die gesamte, in vielen Lehrbüchern [WILSON (8), GURWITSCH (9) u. a.] angeführte Literatur hier aufzählen zu müssen, setze ich eine Zusammenfassung hierher, die IKENO (10) im letzten Bande der „Flora“ als vorläufiges Resultat nach manchen Kontro-

versen gibt. Es lassen sich nach IKENO drei Arten von Blepharoplasten unterscheiden:

I. Centrosomatische Blepharoplasten sind solche, welche entweder onto- oder phylogenetisch centrosomatischen Ursprungs sind; soweit untersucht, gehören fast alle Blepharoplasten zu dieser Kategorie: Myxomyceten, Lebermoose, Gefäßkryptogamen, Gymnospermen.

II. Plasmodermale Blepharoplasten. *Chara*, einige Chlorophyceen.

III. Karyo- oder Kernblepharoplasten. Nur bei einigen Flagellatengattungen.

Es ist klar, daß der Blepharoplast oder besser „Elateroplast“, von dem die Elateren der Myxomyceten ihren Ursprung nehmen, der ersten Gruppe angehören, sahen wir ihn doch in der Textfig. VII, 1 als echtes Centrosom am Spindelpole liegen. Er ist demnach nicht nur phylogenetisch, sondern zweifellos auch ontogenetisch einem solchen gleichzusetzen. — Es gibt überkritische Beobachter, die etwa mit WEBBER (11) BELAJEFF'S (12) Blepharoplasten bei der Spermatogenese von *Marsilia* nicht als gleichbedeutend mit Centrosomen gelten lassen wollen, weil die Strahlungen nur nach der Richtung des Zellkernes und nicht nach der anderen Seite gehen. Auch sie werden angesichts der deutlich allseitigen Strahlen in dem hier behandelten „Elateroplasten“ ein dem Centrosom völlig identisches Gebilde sehen müssen. Dazu kommt, daß JAHN in seiner Arbeit über die Schwärmerteilung der Myxomyceten die Entstehung der Geißel aus dem Centrosom nachgewiesen hat.

Von allen bis heute über den Gegenstand der Geißelbildung aus Blepharoplasten erschienenen Bildern kommen diejenigen von SHAW (13) über *Marsilia vestita* den meinen am nächsten. Hier entsteht die Geißel nicht wie bei der von IKENO (14) behandelten *Marchantia* an dem Blepharoplasten, sondern der Blepharoplast selbst verwandelt sich in eine Geißel. SHAW äußert zwar die unhaltbare Ansicht, daß der Blepharoplast in eine Gruppe kleinerer Körner zerfalle, durch deren Aneinanderreihung das spiralförmige Band entstünde; aber seine Bilder, besonders Fig. 18 u. 19, zeigen, daß sich der Vorgang ähnlich abspielt wie bei der Entstehung der Myxomycetenelateren aus Elateroplasten. — Es macht sich in den erwähnten Stadien, also lange nach der Karyokinese, eine enge Beziehung zwischen dem Blepharoplasten und dem Kern bemerkbar, die sich darin ausdrückt, daß der Kern die Wanderung des Blepharoplasten nach der Zellmembran mitmacht. Bei den Myxomyceten findet allem Anschein nach auch eine Bewegung des Elateroplasten statt, wenn sie auch bei dem Mangel einer Raumeinteilung im Sporangium nicht

bewiesen werden kann. Jedenfalls bestehen noch lange, nachdem die kinoplasmatischen Strahlungen bestimmte Begrenzung angenommen haben, fadenartige Verbindungsglieder zwischen den Elateroplasten und dem einstmaligen Kern. Ähnliches ist auch aus den Arbeiten HARPER'S (15) bekannt. In den Figuren von der Bildung der Askus-spore bei *Erysiphe* liegen die Centrosomen der letzten Teilungsspindel der Zellmembran an. Ihre Strahlungen steigen springbrunnenartig empor und laufen wieder parallel der Wandung herab. Die schließliche Umgrenzung des Tochterkernes zum Zwecke der Sporenbildung vollzieht sich, indem die Strahlungen aufeinandertreffen und indem sich aus bzw. zwischen ihnen eine Wand bildet, die das Kinoplasma der Spore vom Cytoplasma des Askus abschließt.

§ 4. Die morphologischen Vergleichsmöglichkeiten wären hiermit erschöpft, und es bleibt die Tatsache bestehen, daß die Myxomyceten auch in ihrer Elaterenbildung sich als höchst eigenartige Organismen kennzeichnen. Ich hebe diese Besonderheiten nochmals kurz hervor: Der Elateroplast entsteht aus dem Centrosom einer heteropolen Kernspindel. Der ganze komplizierte Apparat der Karyokinese wird in Bewegung gesetzt, um ihn hervorzuheben. Der sonst übliche Zweck einer Karyokinese, nämlich die Kernteilung, kommt in Wegfall, ja der Kern geht sogar der Sporenbildung ganz verloren. Die Chromosomen werden zerstreut und vergehen bald, nachdem sie als unnatürlich aufgeschwollene Brocken eine Zeitlang im Plasma gelegen haben. In einem gewissen Sinne bildet also der Elateroplast einen Übergang zu den Karyoblepharoplasten IKENO's; denn wie bei den Flagellaten wird ein vollgültiger Kern für seine Bildung aufgeopfert. Ein weiteres Moment von großer Eigentümlichkeit ist, daß das aus dem Elateroplasten gebildete Organ kein aktiv bewegliches ist, überhaupt keinem lokomotorischen Zwecke zu dienen hat wie etwa die Cilien der *Gingko*- oder *Marsilia*-Spermatozoiden. Es ist von Anfang an ein starrer Körper, der, sobald er seine genügende Größe erreicht hat, von dem Plasma, wenn man so sagen darf, als Außenwelt behandelt wird, gegen die es eine celluloseartige Masse abscheidet, genau wie bei der Glashülle des ganzen Sporangiums.

Zusammenfassung.

Das Plasma des *Elateroplasten* zeigt zweifache Beschaffenheit. Die außen gerichteten Teile des Sporangiums bzw. des Sporangiumhaufens zeigen dichtes, die inneren vakuoliges Plasma.

— Die Stiefaltung geschieht durch tangential verlaufende Fibrillen, die besonders in der Übergangsregion zwischen Sporangium und Stiel anzutreffen sind. — Bei den Kernen findet sich eine Karyogamie mit folgender Synapsis und deutlicher Diakinese. Die Karyokinese vor der Sporenbildung ist als heterotypische, die Schwärmerteilung als Reduktionsteilung anzusehen. — Die Elateren entstehen aus Centrosomen, die ihren Ursprung von der heteropolen Teilungsfigur eines fusionierten Kernes nehmen.

Berlin, Botanisches Institut der Universität.

Literaturverzeichnis.

- 1) DE BARY: Die Mycetozen (Schleimpilze). 2. ungearb. Aufl. Leipzig 1864.
- 2) E. JAHN: Myxomycetenstudien. Nr. 1: Dictydium umbilicatum. Berichte der Deutsch. Botan. Gesellsch. Jahrg. 1901 Bd. XIX Heft 2.
- 3) E. STRASBURGER: Zur Entwicklungsgeschichte der Sporangien von Trichia fallax. Botan. Ztg. Jahrg. 42 1884 Nr. 20.
- 4) ARTHUR LISTER: On the division of nuclei in the Mycetozoa. Journ. of Linn. Soc. Vol. XXIX 1893.
- 5) E. JAHN: Myxomycetenstudien. Nr. 3: Kernteilung und Geißelbildung bei den Schwämmern von Stemmonitis flaccida LISTER. Ber. der Deutsch. Botan. Gesellsch. Jahrg. 1904 Bd. XXII Heft 2.
- 6) HARPER: Cell and nuclear division in Fuligo varians. Botanical Gaz. XXX 4.
- 7) PROWAZEK: Kernverhältnisse in Myxomycetenplasmoiden. Österreich. Botan. Zeitschr. LIV.
- 8) WILSON: The Cell in Development and Inheritance. 2^d edition. New York 1904.
- 9) GURWITSCH: Morphologie und Biologie der Zelle. Jena 1904.
- 10) IKENO: Zur Frage nach der Homologie der Blepharoplasten. Flora Bd. 96 1906.
- 11) WEBBER: Spermatogenesis and Fecundation of Zamia. U. S. Dep. of Agric. Bureau of Plant Industry Bull. Nr. 2 1901.
- 12) BELAJEFF: Über die Centrosome in den spermatogenen Zellen. Ber. d. Deutsch. Botan. Gesellsch. Bd. XVII 1899.
- 13) SHAW: Über die Blepharoplasten bei Onoclea und Marsilia. Ber. d. Deutsch. Botan. Gesellsch. Bd. XVI 1898.
- 14) IKENO: Beiträge zur Kenntnis der pflanzlichen Spermatogenese. Beihefte zum Centralbl. Bd. 15.
- 15) HARPER: Kernteilung und freie Zellbildung im Askus. Pringsheim's Jahrb. 1897 Bd. XXX.

Tafelerklärung.

Tafel IV. ♂

Fig. 1. Stück aus einem Querschnitt durch den Stiel von *Arcyria cinerea*.

Fig. 2. Stück aus einem Querschnitt durch die Übergangsregion vom Stiel zum Sporangium bei *Trichia fallax*.

Vergr. von Fig. 1 u. 2 ist 600:1.

Fig. 3. Querschnitt durch ein Stück der Glashülle eines Sporangiums von *Arcyria cinerea*. Lamellöser Bau. Vergr. 1200:1.

Fig. 4—13. Entwicklungsstadien der Kerne. Gefärbt mit Eisenhämatoxylin. Vergr. 5000:1.

Fig. 4. Kern vor der Fusion.

Fig. 5—7. Fusionsstadien.

Fig. 8 u. 9. Synapsis.

Fig. 10 u. 11. Diakinese.

Fig. 12. Gürtelbaustadium nach der Diakinese.

Fig. 13. Degenerierender Kern.

Fig. 14—23. Entwicklungsstadien der Elateren bei *Oligonema nitens*. Färbung Eisenhämatoxylin. Vergr. 800:1.

Fig. 14 a. Strahlung ausgehend von dem Elateroplasten.

Fig. 14 b. Fortgeschrittenes Stadium.

Fig. 15 a. Strahlung des Plasmas und Fibrillen ausgehend von Elateroplasten.

Fig. 15 b. Heteropole Spindeln.

Fig. 16. Plasmastrahlung um aufgeblähte Elateroplasten.

Fig. 17. Die Plasmastrahlung nimmt ab, Beginn der Membranbildung.

Fig. 18. Dasselbe im fortgeschrittenen Stadium.

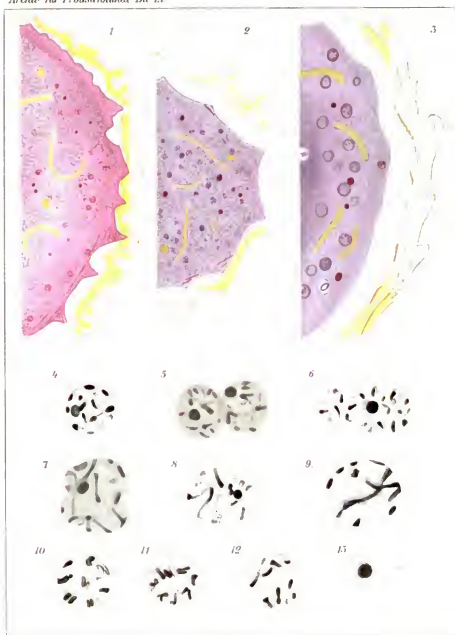
Fig. 19. Die Plasmastrahlung hört auf. In der längsgeschnittenen Elatere ein Mittelband von körnigem Inhalt.

Fig. 20. Der Elaterenquerschnitt zeigt ausgebildete Membran.

Fig. 21. Fertige Elateren, das Plasma segmentiert sich zur Sporenbildung.

Fig. 22. Dasselbe.

Fig. 23. Ausgebildete Elatere aus einem reifen Sporangium.





ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Archiv für Protistenkunde](#)

Jahr/Year: 1907

Band/Volume: [9 1907](#)

Autor(en)/Author(s): Kränzlin Helene

Artikel/Article: [Zur Entwicklungsgeschichte der Sporangien bei den](#)

Trichien und Arcyrien. 170-194