

Mittheilungen.

I. R. A. Harper: Beitrag zur Kenntniss der Kerntheilung und Sporenbildung im Ascus.

Mit Tafel XXVII.

Eingegangen am 19. September 1895.

Die vorliegenden Untersuchungen wurden während des letzten Winters unter Leitung des Herrn Prof. STRASBURGER im Botanischen Institut zu Bonn ausgeführt. Es wurde versucht, die Entstehung des Kernes im Ascus festzustellen und dessen Theilungsvorgänge weiter zu verfolgen. Ich benutze diese Gelegenheit gern, um Herrn Geheimrath Prof. STRASBURGER für seine liebenswürdige Unterstützung öffentlich meinen verbindlichsten Dank auszusprechen. Auch drängt es mich, Herrn Dr. H. SCHENCK für mancherlei Anregung und Hilfe meine Anerkennung zu bezeugen.

DE BARY¹⁾ hat als der erste beobachtet, dass im Ascus bei einigen Pezizeen zuerst ein Kern vorhanden ist, und dass später zwei, vier und acht nach einander zum Vorschein kommen. STRASBURGER²⁾ hat dasselbe bei *Anaptychia ciliaris* beobachtet und festgestellt, dass die acht Kerne durch die dreimal wiederholte Zweitheilung des primären Kernes entstehen.

SADEBECK³⁾ endlich hat bei *Evoascus* zuerst die Theilung des Ascuskernes als indirect erkannt, und GJURAŠIN⁴⁾ hat die Theilungsbilder bei *Peziza vesiculosa* weiter studirt und gezeigt, dass die Vorgänge im Allgemeinen mit denjenigen bei den höheren Pflanzen übereinstimmen. Ueber die Entstehung des Ascuskernes hat GJURAŠIN nichts mitgetheilt. Im erwachsenen Ascus von *P. vesiculosa* findet er, dass, direct vor der ersten Theilung, der Kern im oberen Theil des Ascus in einem feinkörnigen Plasma liegt, welches nach oben und unten von einer stark lichtbrechenden Masse abgegrenzt ist. Der Kern ist zuerst arm an Chromatin und hat ein grosses, körniges Kernkörperchen. Die Theilungsvorgänge beginnen damit, dass das Chro-

1) Ueber die Fruchtentwicklung der Ascomyceten. Leipzig 1863, S. 14 und 34.

2) Bot. Zeit. 1879, p. 272. Zellbildung und Zelltheilung, 3. Aufl., S. 49.

3) Jahrbücher d. wiss. Anstalten zu Hamburg. 1883, S. 101.

4) Ueber die Kerntheilung in den Schläuchen von *Peziza vesiculosa* Bulliard. Ber. der deutsch. bot. Ges. Bd. XI, 1893, S. 113—117.

matin feinkörnig wird und der Kern sich zur Tonnenform ausdehnt. Von beiden Polen aus erstrecken sich sodann Fasern, welche in der Mitte der Kernhöhle auf einander stossen, während im Cytoplasma um beide Pole ein Aster sichtbar wird. Die Spindel ist sehr schmal und hat nur wenige Fasern. GJURAŠIN bildet kein Aequatorial-Stadium ab, ebenso sind die einzelnen Chromosomen nicht unterscheidbar.

Im weiteren Verlauf der Theilung dehnt sich der Kern immer mehr aus, das Kernkörperchen verliert seine körnige Structur und nach GJURAŠIN's Abbildungen zu urtheilen wird es etwas kleiner. Im nächsten Stadium sind Asten und Spindel verschwunden, die Tochterkerne weichen weiter aus einander, bleiben aber durch dünne Streifen in Verbindung. Diese letzteren sollen die gestreckte Mutterkernmembran darstellen. Das Kernkörperchen wird im Cytoplasma aufgelöst und GJURAŠIN glaubt, dass seine Substanz direct in die Tochterkerne übergehe. Bei der dritten Theilung liegen die Spindelachsen senkrecht zur Längsachse des Ascus, so dass die acht Kerne und die jungen Sporen zuerst in zwei Reihen liegen. Die ausgewachsenen Sporen besitzen je einen Kern.

DANGEARD¹⁾ hat die Entstehung des Ascus bei *Peziza vesiculosa* neben derjenigen anderer Ascomyceten beschrieben. Der Ascus soll nach seiner Angabe ein wirkliches Oogonium sein: der Ascuskern entsteht aus der Vereinigung von zwei Kernen, beziehungsweise eines Spermakerns und eines Eikerns, welche entweder zwei mit einander copulirenden Hyphen entstammen oder als Tochterkerne zweier Mutterkerne, welche im Ende einer ascogenen Hyphe liegen, ihren Ursprung finden. Im letzteren Falle sollen diese zwei Kerne sich theilen, und von den vier so entstandenen Kernen einer in einer sterilen Endzelle der Hyphe abgegrenzt werden, zwei andere als Ei- und Spermakerne im jungen Ascus fungiren, der vierte endlich weiter zurück in der ascogenen Hyphe verbleiben. In der Nähe des Ascuskernes findet DANGEARD zwei Centrosomen, hat aber keine indirecte Theilung bei *P. vesiculosa* abgebildet. Die erwachsenen Sporen sollen je zwei Kerne enthalten.

Des Weiteren sind von WAGER²⁾ die auf einander folgenden Vorgänge in der Basidie der Basidiomyceten sehr ausführlich untersucht worden. Seine Angaben stimmen mit den früheren von ROSENVINGE³⁾ darin überein, dass die erwachsene Basidie einen einzigen Kern enthält, der durch zweimal wiederholte Zweitheilung in vier Tochterkerne zerlegt wird. Diese Tochterkerne wandern später durch die Sterigmen in die vier

1) La Reproduction sexuelle des Ascomycètes. Le Botaniste, 4. sér., 1. und 2. Fasc. 1894, S. 21—58. Comptes rendus de l'Acad. No. 19, Mai 1894.

2) I. Nuclear Division in the Hymenomycetes, Annals of Botany. Vol. VII, 1893, p. 489. — II. On the Presence of Centrosomes in Fungi. Vol. VIII, Sept. 1894.

3) Sur les noyaux des Hyménomycètes. Ann. des sc. nat. Bot. 7. sér. Tome III, 1886, p. 75.

Basidiosporen hinein. Ferner findet er, dass der Kern der Basidie durch paarweise Verschmelzung von mehreren, aus der Hyphe in die junge Basidie hinein gewanderten Kernen entsteht.

Er sagt¹⁾: „The basidium now contains two nuclei produced by the fusion of four preexisting nuclei and in contact with each nucleus, in some cases looking as if it were just being extruded from it, we can see a spherical body precisely similar to the nucleolus and stained in a similar way.“ Diese so entstehenden Körper hält er für gleichwerthig mit dem Archiplasma der thierischen Zellen. Sie verschmelzen mit einander und zur selben Zeit auch mit dem letzten Kernpaar; aus ihnen soll die Spindel für die erste Theilung des Basidienkernes ihren Ursprung nehmen.

Ungefähr gleichzeitig mit der ersten Arbeit WAGER's erschien eine Mittheilung von ROSEN²⁾, worin er, neben anderen, seine Beobachtungen über die Kerne in den Basidien verschiedener Basidiomyceten wiedergibt. In den jungen Basidien von *Lepiota mucida* und *Psalliota campestris* fand er ebenfalls einander paarweise genäherte Kerne, sechs bis acht in einigen Fällen. Er meint, dass dieselben verschmelzen, um den Basidienkern zu bilden, konnte dieses aber nicht mit Sicherheit nachweisen, da die Basidie noch nicht nach unten abgegrenzt war.

Meine Untersuchungen beziehen sich hauptsächlich auf *Peziza Stevensoniana* Ellis und *Ascobolus furfuraceus* Pers. Die *Peziza* fand sich neben anderen im Botanischen Garten des Instituts in Bonn, und der *Ascobolus* wurde von Mistculturen erhalten. Im Vergleich mit einer Reihe anderer Discomyceten, die in die Untersuchungen eingezogen wurden, erwiesen sich die genannten Arten als besonders günstig für das Studium des Ascuskernes.

Zur Fixirung des Materials wurden folgende Flüssigkeiten gebraucht: Wässerige Sublimat-Lösung, Alkohol, 1 procentige Osmiumsäure, Chrom-Osmium-Essigsäure-Gemisch nach FLEMMING und Platinchlorid-Osmium-Essigsäure nach HERRMANN. Die zwei letzteren lieferten weitaus die brauchbarsten Bilder. Am meisten wurde zuletzt ein sehr verdünntes Chrom-Osmium-Essigsäure-Gemisch benutzt, welches etwa die Hälfte der Stärke der schwächeren FLEMMING'schen, von ZIMMERMANN beschriebenen Lösung hat. Durch den Gebrauch einer so sehr verdünnten Lösung wurde eine Schwärzung des Protoplasmas vermieden und doch eine möglichst scharfe Fixirung der Kernelemente erzielt. Das Material wurde dann nach den gewöhnlichen Methoden gehärtet, in Paraffin bei 52° eingebettet und mit dem Mikrotom in ungefähr 5 μ dicke Schnitte zerlegt. Zur Färbung der Schnitte erwies sich

1) l. c. II, S. 331.

2) Beitr. zur Kenntniss der Pflanzenzellen. Beitr. zur Biologie der Pflanzen. COHN, VI. Bd, S. 232.

nach vielen Versuchen das FLEMMING'sche Safranin-Gentianaviolett-Orange als das beste Mittel. Mit Safranin und Gentianaviolett allein bekommt man in ruhenden Kernen ein stark blau gefärbtes Kerngerüst und ein rothes Kernkörperchen. Das Safranin-Gentianaviolett-Orange giebt in Kernen, welche in Theilung begriffen sind, blaue Chromosomen, rothes Kernkörperchen und schwach braune achromatische Figur und Cytoplasma.

In der folgenden Beschreibung beschränke ich mich auf die Vorgänge bei *Peziza* und verweise nur bei einigen Verschiedenheiten kurz auf *Ascobolus*. Die Ascen entstammen, wie von JANCZEWSKI¹⁾ und DE BARY²⁾ beschrieben worden ist, sogenannten ascogenen Hyphen. Sie entspringen entweder vereinzelt den Seitenverzweigungen dieser Hyphen oder in basipetaler Anordnung. Die apicale Zelle der Hyphe bleibt manchmal steril, in welchem Falle dieselbe von der nächsten sich zum Ascus entwickelnden Zelle bei Seite geschoben wird, so dass der Ascus auf zwei Zellen sitzt und von zwei Hyphen entstanden zu sein scheint (Fig. 5). Dieser Fall ist von DANGÉARD³⁾ beschrieben. Nach meinen Beobachtungen pflegt er am häufigsten in alten Fruchtkörpern vorzukommen, wo die Zweige der ascogenen Hyphen ziemlich lange in verticaler Richtung zwischen den basalen Theilen der früher entstandenen Ascen haben hinauf wachsen müssen, um in einer höheren Ebene Raum zur weiteren Entwicklung zu gewinnen. In jungen Fruchtkörpern dagegen entsteht der erste Ascus manchmal aus der apicalen Zelle selbst (Fig. 1 und 4). In einigen Fällen auch bleibt eine Zelle zwischen dem ersten und zweiten Ascus steril (Fig. 2). Möglicher Weise ist solches Sterilbleiben auf Nahrungsmangel zurückzuführen. In diesen jüngsten Ascen sind wenigstens vier Kerne vorhanden (Fig. 1 und 2), die meistens paarweise zusammenliegen und möglicher Weise aus noch früheren Verschmelzungen entstanden sind. Die Kerne der Paraphysen sind viel kleiner, wie diejenigen in den jungen Ascen. Auch die Zellen, aus welchen die Paraphysen entspringen, enthalten viele sehr kleine Kerne. Die Ascuskernkerne zeigen ein sich blaufärbendes faseriges Kerngerüst und ein sich stark rothfärbendes Kernkörperchen. Man sieht zunächst die zwei Kernpaare immer näher an einander liegend, und in den etwas älteren Ascen sind nur zwei Kerne vorhanden, welche erheblich grösser sind wie die früheren (Fig. 3 und 26). Sie liegen zuerst etwas weiter von einander getrennt.

In den folgenden Stadien sieht man sie näher zusammentreten, sodann sind sie fest an einander geschmiegt, um endlich einen einzelnen

1) Morphologische Untersuchungen über *Ascobolus furfuraceus*. Bot. Zeitung, 1871, S. 275.

2) Morphologie der Pilze S. 81.

3) l. c. S. 38.

Kern zu bilden (Fig. 4—5 und 27). Das Cytoplasma zeigt eine sehr deutlich faserige Structur (Fig. 5). Die einzelnen Fasern verlaufen sehr dicht unter einander und erscheinen fast wie ein ziemlich feinmaschiges Netz.

Während des Verlaufes der Ascuskernbildung sind mehrere verschieden grosse Körnchen im Ascusplasma aufgetreten (Fig. 3—8). Einige sind dicht und in ihrer Farbe und Grösse nicht von dem Kernkörperchen zu unterscheiden, andere scheinen grobkörnig, von unregelmässiger Gestalt und färben sich schwach blau. Sie liegen um die Kerne im Protoplasma zerstreut, in einigen Fällen dicht an die Kernwand gepresst. Ihre Zahl und Grösse wechselt ziemlich stark. Mit dem weiteren Wachsthum des Ascus verschwinden sie allmählich und am Ende des ersten Theilungs-Vorganges findet man sie nicht mehr. Bei *Ascobolus* sind sie zuerst zahlreicher und verschwinden etwas schneller (Fig. 26—28). Mit dem weiteren Wachsthum des Ascus nimmt auch der Kern an Grösse zu. Wie DE BARY beschrieben hat, wird in der unteren Partie des erwachsenen Ascus das Plasma schaumartig mit grossen Vacuolen. Das obere Drittel ist mit viel dichterem, faserigem Plasma erfüllt, welches seiner Hauptmasse nach zur Sporenbildung bestimmt ist. In diesem dichterem Plasma liegt der Kern. Die zuvor erwähnten Körnchen haben bereits an Zahl und Grösse abgenommen und liegen meistens in zwei Gruppen über und unter dem Kern (Fig. 6—7). Der Kern ist jetzt oval, seine Längsachse parallel der Längsachse des Ascus orientirt. Das Chromatingerüst besteht aus einem oder mehreren langen, stark gewundenen Fäden, welche theils an der Kernwandung liegen, theils die Kernhöhle durchsetzen (Fig. 6). Der Faden hat überall fast gleichen Durchmesser und zeigt eine körnige Structur, die Chromatin-Scheibchen. Freie Enden sind schwer zu finden und in manchen Fällen hat man den Eindruck eines Netzes mit geschlossenen Maschen. Der Faden ist stark cyanophil. Feinere Suspensionsfäden sind jetzt kaum vorhanden.

Das Kernkörperchen ist sehr gross und stark erythrophil. Es zeigt meistens eine bis mehrere Vacuolen (Fig. 6). Manchmal sind noch ein oder zwei viel kleinere Kernkörperchen vorhanden (Fig. 27).

Gerade vor der ersten Theilung liegt der Kern ungefähr in der Mitte des dichterem Plasmas und ist fast rund. Das Chromatin-Gerüst verliert jetzt seine gleichmässige Dicke, wird zusammengezogen auf gewisse Punkte und bildet dickere unregelmässige Stäbchen, welche durch feine Fäden mit einander verbunden bleiben (Fig. 7). Diese Zusammenziehung des Chromatins dauert weiter fort, bis wir am Ende mehrere unregelmässige Klumpen finden, welche die blaue Farbe sehr stark aufspeichern und unter sich sowie mit der Kernwand durch sehr viele dünne, fast achromatische Fasern verbunden sind. Bald ordnen sie sich zu einer unregelmässigen Gruppe in der Mitte des Kernes

(Fig. 8). Während dieses Vorganges wird das Kernkörperchen immer kleiner, meistens ohne seine kugelige Gestalt zu verlieren. Zuweilen ist es zuletzt bei *Ascobolus* nicht grösser wie eine von den Chromatin-Massen (Fig. 28), färbt sich jedoch rothviolett. Im nächsten Stadium ist die fertige Spindel ausgebildet mit den Chromosomen in einer Aequatorialplatte (Fig. 9). Bald folgt die Trennung in zwei Gruppen. Wie dies geschieht, konnte ich aber nicht feststellen. Die Tochtersegmente sind länglich elliptisch und liegen regelmässig mit ihren Längsachsen parallel mit der Längsachse der Spindel (Fig. 10). Die Enden der Spindel sind stumpf. An beiden Polen derselben befinden sich etwas abgeplattet kugelförmige Körper, um welche sich ein stark ausgeprägter Aster zeigt. Doch lässt sich kein Centrosom mit umgebendem hellen Hof unterscheiden (Fig. 9—10 und 29). Vielmehr besteht das Centrum aus dichtkörniger Substanz. Die Körper liegen in einer kleinen Einstülpung der Kernmembran. Bei *Ascobolus* wird diese Einstülpung grösser wie bei *Peziza* (Fig. 29). Das Auseinanderweichen der einzelnen Segmente schreitet sehr unregelmässig fort, und auf diese Weise werden sie bald über die ganzen Spindelhälften zerstreut. In diesem Zustande ist es ziemlich leicht festzustellen, dass sie beiderseits acht an der Zahl sind, sowohl bei *Ascobolus*, wie bei *Peziza*.

Nach der Ankunft der Chromosomen an dem Pol verschwindet allmählich der Aster, und die Chromosomen bilden ein dichtes Häufchen um den Pol an der Innenseite der Kernwandung, die noch unversehrt bleibt (Fig. 12). Die Spindel scheint noch unverändert und ein oder mehrere stark reducirte Kernkörperchen sind in der Kernhöhle zu finden. Bei dem nunmehr folgenden weiteren Auseinanderweichen der Tochterkerne durchbrechen dieselben die Mutterkernwand, und in einigen Fällen scheint die letztere darauf plötzlich zu verschwinden. In anderen Fällen bleibt sie noch länger erhalten, und das Cytoplasma scheint nur langsam durch die bei der Streckung der Spindel entstandenen Spalten in die Kernhöhle einzudringen.

Zunächst bewegt sich weiter nur einer der beiden Tochterkerne, und zwar der der Basis der Ascen näher liegende. Gleich mit dem Durchbrechen der Mutterkernwand werden die Spindelfasern gerade und bilden einen schmalen Cylinder, durch welchen die Tochterkerne noch in Verbindung bleiben, bis dass der untere Kern die Stelle erreicht hat, an welcher die zweite Theilung vollzogen wird, etwa um das Doppelte des Durchmessers des Mutterkernes von seinem Schwesterkern entfernt (Fig. 14). Inzwischen wird die ausgedehnte Spindel ungefähr gleichmässig in ihrer ganzen Länge schmaler und färbt sich tief blau. Die Tochterkerne sind noch sehr dichte scheibenförmige Körper. Dann aber schwellen sie stark an, und es wird eine Kernwand um die Chromatin-Masse gebildet. Die Kernwand vergrössert

sich schnell, und bald findet sich zwischen dem Chromatin und dieser Wand ein heller Raum ein (Fig. 15—16). Erst in diesem Stadium verschwindet die Mutterkernspindel. Das Kernkörperchen ist noch als schwach sich färbender Ueberrest im Cytoplasma nachweisbar (Fig. 15 und 16).

Die Substanz der Spindel wird in das Cytoplasma aufgenommen in ähnlicher Weise wie es von STRASBURGER¹⁾ für die Pollenmutterzellen von *Larix* beschrieben ist. Auf beiden Tochterkernen wird an der bisherigen Anheftungsstelle der Spindel ein sich blaufärbender Körper sichtbar (Fig. 16). Nach der Grösse zu urtheilen können dieselben keinen beträchtlichen Theil der Spindelsubstanz enthalten. Jedoch lässt ihr beständiges Auftreten zu dieser Zeit und an dieser Stelle keinen Zweifel darüber, dass sie den Polen der alten Spindel, den Centren der Figuren 9—11, entsprechen. Es muss darnach angenommen werden, dass sie durch die Tochterkerne hindurch gezogen worden sind, um auf der dem Aequator des Mutterkerns zugekehrten Seite zum Vorschein zu kommen.

Eine ähnliche Erscheinung wird von MEUVES²⁾ in den Theilungen der Spermatogonien des Landsalamanders beobachtet. Er findet, dass in dem Dispiremstadium in den meisten Fällen die Spindelfasern durch den Tochterkern zurückgezogen sind und eine Art polwärts liegenden Pfropf in dem ringförmigen Kern bilden, jedoch wird in einigen Fällen der Pfropf auf der dem Aequator zugekehrten Seite gebildet.

Bei *Peziza* ist das Schicksal dieser Körper nicht sicher festzustellen. In den völlig erwachsenen, aber noch nicht in Theilung begriffenen Tochterkernen sind sie nicht zu finden (Fig. 18), erscheinen aber wiederum mit der zweiten Theilung (Fig. 19) und bei den jungen Tochterkernen zweiter Generation (Fig. 21). Auch hier zeigen sie nicht die Structur, welche für Astrosphären allgemein angenommen ist, doch bin ich überzeugt, dass sie bei *Peziza* durchaus diesen Körpern entsprechen. Ueberhaupt ist die Structur der Centrosomen noch nicht sicher festgestellt. Die früheren Angaben von einem einzelnen Centrialkörperchen mit umgebendem hellen Hof ist kürzlich von verschiedenen Forschern, namentlich WILSON und MATHEWS³⁾ und HEIDENHAIN⁴⁾ sehr angegriffen worden. Wegen der Kleinheit dieser Körper bei *Peziza* lässt sich kein sicheres Urtheil über ihre Structur gewinnen.

1) Karyokinetische Probleme. Jahrbücher für wiss. Bot. XXVIII. Bd. f. 1893.

2) Ueber eine Art der Entstehung von ringförmigen Kernen und der bei ihnen beobachteten Gestalten und Lagen der Attractionsphäre. Diss. Kiel, 1893.

3) Maturation, Fertilization and Polarity in the Echinoderm Egg. Journ. of Morphology, Vol. X, No. 1.

4) Neue Untersuchungen über die Centrialkörper und ihre Beziehungen zum Kern und Zellenprotoplasma. Arch. für mikr. Anat. XXXIII, Heft III, 1894.

Bei weiterer Grössenzunahme der Tochterkerne schwillt die Chromatinmasse immer mehr an, wird unregelmässiger, weniger dicht und feine Fasern scheinen von ihr ausgesponnen zu werden (Fig. 16). Zuletzt trennen sich kleinere Stücke von der Hauptmasse ab, und zwischen ihnen, dicht der grösseren Masse anliegend, wird ein Kernkörperchen sichtbar, das nur durch seine Erythrophilie sich von dem Chromatin unterscheiden lässt (Fig. 17). Die Tochterkerne entwickeln nie das regelmässige Chromatingerüst, welches wir in dem Kern des jungen Ascus haben. Feine, fast achromatische Fasern sind sehr früh vorhanden, während das Chromatin zu unregelmässigen Klumpen verbunden bleibt, welche zu dicht sind, um die Chromatin-Scheibchen erkennen zu lassen. Sobald der Kern seine vollständige Grösse erreicht hat, erscheinen reich entwickelte achromatische Fasern mit zerstreuten Chromatinmassen wie in der ersten Theilung (Fig. 8 und 28). Das Kernkörperchen beginnt zu verschwinden, und die weiteren Theilungsstadien sind im Allgemeinen dieselben, wie bei der ersten Theilung. Die Zahl der Chromosomen bei dieser Theilung (Fig. 19) ist ebenfalls acht. Auch scheint bei der dritten Theilung (Fig. 27) ihre Anzahl dieselbe zu sein, obgleich hier die Kleinheit der Figur uns keinen bestimmten Schluss ziehen lässt.

Wie es von GJURAŠIN für *Peziza vesiculosa* beschrieben und abgebildet ist, liegen die Spindeln der ersten und zweiten Theilungsfiguren ungefähr parallel der Längsachse des Ascus, während die Spindeln der letzten Kerntheilung senkrecht auf der Längsachse des Ascus stehen. So kommt es, dass die acht so entstandenen Kerne in zwei Reihen geordnet liegen, doch rücken die Sporenanlagen sehr bald in eine einzige Reihe. Nach meinen Beobachtungen kommt diese Erscheinung der Verlagerung der Achse der Theilungsfigur immer vor bei *P. Stevensoniana*, *P. badia*, *Plicaria repanda* und *Ascobolus furfuraceus*, und lässt sich vielleicht so erklären, dass der lange schmale Ascus der Pezizeen mit einreihigen Sporen eine Modification eines ursprünglich breiteren oder kugligen Typus ist, wie ein solcher bei den Erysipheen vorkommt.

In der Entwicklung eines stark ausgeprägten achromatischen Gerüsts im Kern direct vor der Spindelbildung mit gleichzeitiger auffallender Reduction des Kernkörperchens stimmt die Karyokinese bei *Peziza Stevensoniana* mit derjenigen der Pollenmutterzellen von *Larix* und *Lilium*, wie sie neuerdings von BELAJEFF¹⁾ und STRASBURGER²⁾ beschrieben ist, überein, und man kann nicht zweifeln, dass auch hier,

1) Zur Kenntniss der Karyokinese bei den Pflanzen. Flora, Ergänzungsband. 1894, S. 437.

2) Karyokinetische Probleme. Jahrbücher für wiss. Bot. Bd. XXVIII, S. 164—169.

wie von STRASBURGER in den erwähnten Fällen bewiesen ist, wenigstens ein Theil der Kernkörperchensubstanz zur Spindelbildung verwendet wird. Bei *Peziza*, wo die Mutterkernwand bis zum Durchbruch der Tochterkerne keine Verletzung zeigt, ist die Annahme eines cytoplasmatischen Ursprunges für die Spindel ausgeschlossen. Ebenso deutet das gleichzeitige Vorkommen der Aster mit ihren Centren ausserhalb der Kernmembran auf einen cytoplasmatischen Ursprung der letzteren.

An dieser Stelle wird ein kurzer Ueberblick der bisherigen Untersuchungen über die Entstehung der Spindel in der Kerntheilung bei Thallophyten nicht ohne Interesse sein. Wie oben erwähnt, beschreibt GJURAŠIN¹⁾ das Eindringen der Fasern von den Polen des etwas ausgedehnten Kernes. Nach WAGER²⁾ entsteht die Spindel der ersten Theilungsfigur in der Basidie von *Agaricus* aus einem besonderen Archiplasma nach Auflösung der Kernwand. In der zweiten Theilung aber soll die Kernwand länger erhalten bleiben. Auch hier ist das Kernkörperchen aufgelöst während des Stadiums der Spindelbildung. WAGER schliesst aus gewissen Farbenreactionen, dass die Kernkörperchensubstanz in die Chromosomen übergehe. MOLL³⁾ beschreibt für *Spirogyra* die directe Entstehung der Chromosomen aus dem Kernkörperchen. WAGER und MOLL stimmen in ihrer Meinung über das Schicksal der Kernkörperchensubstanz überein. Dass diese Auffassung nicht für *P. Stevensoniana* zutreffend ist, zeigt eine Vergleichung des Chromatins in Fig. 6 und 8. Eine Vermehrung der Masse des Chromatins in diesen Stadien ist nicht anzunehmen. Trotz der Verschiedenheit der Auffassungen erwähnter Forscher wird doch in allen Fällen das Kernkörperchen mehr oder weniger zur Zeit der Entstehung der Spindel reducirt, und liegt die Vermuthung nahe, dass das letztere eine Quelle für die Substanz der sich entwickelnden Spindel ist; und die entscheidenden von STRASBURGER⁴⁾ erbrachten Beweise, dass dieses die Regel bei den höheren Pflanzen ist, machen es ganz wahrscheinlich, dass auch dies für die Thallophyten zutrifft.

GJURAŠIN findet, dass bei *Peziza vesiculosa* das Verbindungsstück zwischen den Tochterkernen die ausgestreckte Mutterkernwand ist. Auch hat FAIRCHILD⁵⁾ sehr ausführlich eine ähnliche Ausdehnung der Mutterkernwand bei der mitotischen Theilung der Kerne von *Valonia* beschrieben und abgebildet. Doch die FAIRCHILD'schen Abbildungen (Fig. 18 und 19) zeigen in diesem Mittelstück eine sehr deutliche

1) l. c. S. 115.

2) l. c. II., S. 514 ff.

3) Verhandlung der koninkl. Akad. der Wetensch. te Amsterdam, Sect. 2, D. I, No. 9, 1893.

4) l. c. S. 164 ff.

5) Ein Beitrag zur Kenntniss der Kerntheilung bei *Valonia utricularis*. Ber. der deutsch. bot. Gesellsch., XII. Bd. S. 331.

Streifung und legen die Vermuthung nahe, dass die Spindelfasern auch hier vorhanden sind. BERTHOLD¹⁾ hat auch für *Codium* ein ähnliches Mittelstück zwischen den Tochterkernen beobachtet. Dasselbe soll hier von den Kernen abgelöst und in das Cytoplasma aufgenommen werden, gerade wie es von STRASBURGER²⁾ für die alte Spindel in den Pollenmutterzellen von *Larix* beschrieben ist. Auch hat STRASBURGER³⁾ in der Kerntheilung bei *Trichia fallax* ein ähnliches, aus der Spindel bestehendes Mittelstück abgebildet. Nach meinen Untersuchungen möchte ich annehmen, dass dieses viel beobachtete Mittelstück zwischen den Tochterkernen bei Thallophyten hauptsächlich wie bei Phanerogamen aus den Spindelfasern gebildet wird, in welchem Falle es, besonders bei *Peziza*, ein weiterer Beweis dafür ist, dass diese Fäden ziemlich zähe und elastisch sind.

Was die Theilung des Protoplasmas bei der Sporenbildung betrifft, so finde ich, dass bereits mit der Theilung der vier Tochterkerne zweiter Generation die Zusammenhäufung der Sporenschubstanz beginnt. Das Plasma zieht sich um die vier Kerne zusammen und wird dichter, und so kommt es, dass, nachdem die letzte Theilung vollzogen ist, die acht Kerne paarweise zusammenliegen, jedes Paar von einer ziemlich bestimmten abgerundeten Plasmamasse umgeben (Fig. 23), welche allmählich beim Voneinanderrücken der Kerne durchgeschnürt wird. Jeder Kern wird so von einer ovalen Plasmamasse umgeben, welche in der Mitte am dichtesten ist und nach aussen allmählich dünner wird. Das Plasma zeigt eine ausgeprägt faserige Structur, und seine verschiedene Dichte erklärt sich durch die Anwesenheit einer besonders stark sich färbenden Substanz, welche zwischen den Fasern des Sporenplasmas liegt. Diese Substanz speichert gleichmässig die rothe oder die blaue Farbe. So unterscheidet sich das Sporenplasma von dem im Ascus zurückbleibenden nur dadurch, dass es eine stark sich färbende feinkörnige Substanz zwischen diesen Fasern enthält.

Die definitive Abgrenzung des elliptischen Sporenkörpers wird zunächst durch eine sehr dünne helle Schicht vollzogen. Diese wird allmählich dicker (Fig. 24); bleibt aber fast ganz achromatisch. Auf der inneren Oberfläche dieser Schicht wird endlich die Sporenmembran angelegt. In solchen Fällen, wo wie bei *Ascobolus* und *Sordaria* ein Anhängsel um die reife Spore vorhanden ist, wird dasselbe aus dieser achromatischen Schicht gebildet. Bei *Peziza* aber bleibt sie sehr dünn und ist bei den reifen Sporen nicht nachzuweisen. In den jungen Sporen von *Peziza* sind keine Oeltropfen zu sehen. Später aber, bei

1) Zur Kenntniss der Siphoneen und Bangiaceen. Mitth. zool. Stat. Neapel, II. Bd., S. 72.

2) l. c. S. 193 ff.

3) Zur Entwicklungsgeschichte der Sporangien von *Trichia fallax*. Bot. Zeit. 1884, S. 311, Taf. III.

weiterer Ausreife der Sporen, erscheinen zuerst kleine Tropfen, welche sich schliesslich zu zwei grossen, auf beiden Seiten des Kernes liegenden Oeltropfen vereinigen (Fig. 25). Mit dieser Ausscheidung von Oel wird die faserige Structur des Sporenplasmas noch deutlicher und legt die Vermuthung nahe, dass die obenerwähnte Substanz, welche zwischen den Fasern des noch nicht abgegrenzten Sporen-Plasmas lag, wirklich nur Reserve-Nahrung war, welche beim ruhenden Zustand der Spore als Oel ausgeschieden wird.

GJURAŠIN und DANGEARD stimmen mit einander nicht überein in der Zahl der Kerne der Sporen von *Peziza vesiculosa*. Ich habe diese Art nicht untersucht, jedoch fand ich in Schnitten von alten, bereits zerfallenden Fruchtkörpern von *P. Stevensoniana*, *P. badia*, *Plicaria repanda* und *Ascobolus furfuraceus* alle Sporen noch einkernig.

Der vorher beschriebene constante und charakteristische Verlauf der Sporenbildung giebt dem typischen achtsporigen Ascus einen sehr bestimmten morphologischen Charakter unter den Fruchtformen der Pilze. Die morphologische Bedeutung der verschiedenen Einzelheiten, besonders der Entstehung des Ascuskernes aus mehreren Kernen ist noch nicht genügend aufgeklärt. Möglicherweise werden weitere Untersuchungen von atypischen Ascen mit mehr oder weniger als acht Sporen, sowie dem Verlauf der endogenen Sporenbildung in anderen Pilz-Gruppen weitere Aufschlüsse bringen. In der Entstehung seines Kernes und der darauf folgenden bestimmten Zahl der Theilungen desselben zeigt der typische Ascus eine interessante Aehnlichkeit mit der typischen Basidie, wie sie von WAGER und ROSEN beschrieben ist.

16. Aug. 1895.

Erklärung der Abbildungen.

Figuren 1—25 *Peziza Stevensoniana* Ell., 26—29 *Ascobolus furfuraceus* Pers. Alle Figuren sind mit dem ZEISS'schen Achromat-Objectiv 2,0 mm, Apertur 1,40, mit Hilfe der ABBÉ'schen Camera gezeichnet. Figuren 1—5 und 26 mit Compens.-Ocular No. 8, die übrigen mit Compens.-Ocular 12. Etwas grösser gezeichnet.

- Fig. 1. Sehr junger Ascus mit vier Kernen.
 „ 2. Zwei junge Ascen mit zwischenliegender steriler Zelle der ascogenen Hyphe.
 „ 3. Aelterer zweikerniger Ascus und Körnchen im Cytoplasma.
 „ 4. Noch älterer Ascus mit einem Kern, welcher zwei Kernkörperchen enthält.
 „ 5. Ausgewachsener Ascus mit einem Kern und nach unten stehender steriler apicaler Zelle der ascogenen Hyphe.
 „ 6. Kern des fast völlig erwachsenen Ascus.
 „ 7. Ascuskern im ersten Theilungsstadium. Anfang der Zusammenhäufung des Chromatins und Reduction des Kernkörperchens.
 „ 8. Weiteres Stadium in der Zusammenhäufung des Chromatins.
 „ 9. Aequatorialplatte, Strahlungen und Centren; n Kernkörperchen.

- Fig. 10. Tochterchromosomen getrennt.
 „ 11. Anfang des Auseinanderrückens der Tochterchromosomen.
 „ 12. Dispiremstadium.
 „ 13. Der untere Tochterkern ist durch die Mutterkernwand gebrochen. Das Cytoplasma fängt an, in die Kernhöhle einzudringen.
 „ 14. Die Mutterkernwand ist verschwunden. Spindel lang ausgedehnt.
 „ 15. Der obere Tochterkern mit Membran. Spindel in Auflösung begriffen.
 „ 16. Tochterkern mit angeschwollenen Chromatinmassen. Spindelpolkörperchen auf den inneren Seiten zu sehen.
 „ 17. Weiter entwickelter Tochterkern; n Kernkörperchen.
 „ 18. Erwachsener Tochterkern.
 „ 19. Theilung des Tochterkernes.
 „ 20. Weiteres Stadium, Fig. 14 der ersten Theilung entsprechend.
 „ 21. Tochterkerne zweiter Generation.
 „ 22. Theilung eines Tochterkernes zweiter Generation, Spindelachse senkrecht zur Längsachse des Ascus.
 „ 23. Sporenanlagen, Zusammenhäufung des Plasmas um die Kernpaare dritter Generation.
 „ 24. Spore durch eine dicke helle Schicht abgegrenzt.
 „ 25. Reife Spore mit zwei Oeltropfen und einem Kern.
 „ 26. Junger zweikerniger Ascus von *Ascobolus* (Fig. 3 von *Peziza* entsprechend). Körnchen im Cytoplasma reichlich vorhanden.
 „ 27. Weiter ausgewachsener Ascus, etwas älter wie der in Fig. 5. Viele Körnchen im Cytoplasma.
 „ 28. In Theilung begriffener Kern. n , Kernkörperchen stark reducirt.
 „ 29. Tochterchromosomen getrennt. Mutterkernwand an den Spindelpolen eingestülpt, mehrere kleine Kernkörperchen.

2. O. Warburg: Ueber die Haarbildung der Myristicaceen.

Mit Tafel XXIX.

Eingegangen am 12. October 1895.

Die Haare in dieser Familie besitzen einen so aussergewöhnlichen und theilweise seltsamen, dabei in sich, aber nur anscheinend, derartig verschiedenartigen Bau, dass es sich lohnt, dieselben von allgemeinem Standpunkt aus zu analysiren.

Man kann sämtliche vorkommenden Formen auf zweierlei Typen zurückführen, deren Grundformen zwar allgemein bekannt sind, deren Complicationen und Variationen aber keine Analogie zu haben scheinen.

Der erste Typus besteht aus einschenkeligen Haaren. Die Grundform, das einfache, einzellige Haar, scheint nur ganz ausnahmsweise in der Familie vorzukommen, so z. B. besitzen die anscheinend ganz kahlen Zweige von *Virola bicuhyba* (Schott.) Warb. zerstreut stehende,

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft](#)

Jahr/Year: 1895

Band/Volume: [13](#)

Autor(en)/Author(s): Harper Robert Almer

Artikel/Article: [Beitrag zur Kenntniss der Kerntheilung und Sporenbildung im Ascus. 1067-1078](#)