

30. F. A. F. C. Went: Beobachtungen über Kern- und Zelltheilung.

(Mit Tafel XI.)

Eingegangen am 21. Juli 1887.

In diesem Aufsätze beabsichtige ich einige Fragen der Morphologie der Kern- und Zelltheilung zu besprechen, die bis jetzt noch nicht ganz klargelegt worden sind. Die Untersuchungen sind hauptsächlich an eigenen Präparaten gemacht worden, theils aber auch an solchen, die mir Herr Professor STRASBURGER gütigst zur Verfügung gestellt hatte. Sowohl dafür, als wie auch für die Unterstützung und Leitung, die mir bei meiner Arbeit, welche zum grössten Theil in seinem Laboratorium ausgeführt wurde, von Herrn Prof. STRASBURGER zu Theil wurde, erlaube ich mir demselben hier meinen herzlichsten Dank auszusprechen.

Ich glaube, dass es jetzt, wo die Hauptsachen der Morphologie der Kerntheilung, sowohl bei Thieren wie bei Pflanzen, klargelegt worden sind, und eine ziemliche Uebereinstimmung in den Ansichten gewonnen worden ist, nicht mehr nöthig ist, in jedem Aufsätze über Kerntheilung, die ganze Kerntheilungsliteratur zu besprechen. Dafür brauche ich nur auf die Hauptarbeiten auf diesem Gebiete zu verweisen, wo man eine Zusammenstellung der Literatur findet, auf zoologischem Gebiet auf die Arbeiten FLEMMING's, VAN BENEDENS' u. A., auf botanischer Seite auf die Arbeiten STRASBURGER's, GUIGNARD's u. s. w. Ich möchte hier nur ganz kurz die Literatur derjenigen Fragen berühren, die ich speciell zu behandeln beabsichtige.

Aufnahme der Nucleolen in den Kernfaden.

Der erste Punkt, der noch nicht genügend bekannt ist, betrifft das Verhalten der Nucleolen bei der Theilung¹⁾. STRASBURGER sah

1) Der Nebenkern, welcher bisweilen mit dem Nucleolus verglichen worden ist, scheint mir ganz was anderes zu sein, botanisch jedenfalls noch nicht bekannt; ich verweise hierfür auf die Literatur:

v. LA VALETTE ST. GEORGE, Spermatologische Beiträge I, II, III. Arch. f. mikr. Anat., Bd. XXV, XXVII, 1885, 1886.

G. PLATNER, Ueber die Entstehung des Nebenkernes und seine Beziehung zur Kerntheilung. Arch. f. mikr. Anat., Bd. XXVI, pag. 343.

bei den Kernen im Wandbelege des Embryosackes von *Fritillaria*¹⁾, dass die Nucleolen bei der Theilung ihre scharfen Umrisse verlieren, und langsam vom Kernsaft aufgenommen werden, welches dadurch tingirbar wird. Bei *Galanthus*²⁾ hingegen beobachtete er, dass der Nucleolus in Stücke getheilt wird, welche an den Windungen des Kernfadens festhaften; der Kernfaden wird darauf dicker. Er glaubt hier aber nicht an eine Verschmelzung, sondern nur an eine Aufnahme des Nucleolus als Nahrung. Ungefähr dieselbe Meinung wurde etwas später ausgesprochen von GUIGNARD³⁾. Er glaubt bei *Lilium* eine Lösung des Nucleolus im Kernsaft gesehen zu haben, während er bei *Nothoscordum* den Nucleolus am Kernfaden festhaften sah. Was die Neubildung der Nucleolen nach der Theilung betrifft, so meint er, dass es vielleicht möglich wäre, dass diese sich aus dem Kernfaden bilden.

Bei meinen eigenen Untersuchungen habe ich die Pollenmutterzellen ganz ausgeschlossen; ich bin der Meinung STRASBURGER's zugehan, dass dasjenige, was man dort Nucleolus nennt, in Wirklichkeit etwas Anderes ist; darum werde ich diese Gebilde hier ganz ausser Besprechung lassen. Um sich ein Urtheil zu bilden über die Umwandlungen des Nucleolus muss man sich im Allg-meinen mit sehr grossen Kernen beschäftigen, sonst genügen selbst die stärksten Vergrösserungen nicht um zu sehen, was aus dem Kernkörperchen wird. Wir sind also wieder angewiesen auf die Kerne im Wandbelege des Embryosackes der Monocotylen, speciell Liliaceen. Als Tinktionsmittel benutzte ich hauptsächlich das Safranin, entweder in alkoholischer oder in wässriger Lösung; im ersten Falle wurde die Lösung ziemlich stark genommen und mit 50 pCt. Wasser verdünnt; die wässrige Lösung dagegen wurde sehr verdünnt angewandt. Ich liess die Präparate ungefähr 18 — 24 Stunden in der Lösung, darnach wurde ausgewaschen mit Alkohol, bis sich das Protoplasma entfärbt hatte, und nur die Kerne ihre rothe Farbe behalten hatten; darauf wurde der Alkohol durch Xylol ersetzt, und in Canadabalsam eingeschlossen. Ein anderes Tinctionsmittel, das ich vielfach anwandte, war eine

NUSSBAUM, Sitzungsberichte der niederrhein. Gesellschaft f. Natur- und Heilkunde, 1881, pag. 183.

„ Ueber den Bau und die Thätigkeit der Drüsenzellen. Intern. Medical. Congr. London, 1881.

„ Ueber den Bau und die Thätigkeit der Drüsen. Arch. f. mikr. Anat., Bd. XXI, pag. 343.

„ Ueber die Veränderungen der Geschlechtsprodukte bis zur Eifurchung. Arch. f. mikr. Anat., Bd. XXII.

1) STRASBURGER, Controversen der indirekten Kerntheilung, Bonn 1884, pag. 8.

2) l. c., pag. 22.

3) GUIGNARD, Nouv. recherches sur le noyau cellulaire. Ann. d. sc. nat. Bot., 1885, T. 20, pag. 310.

Mischung von einer Diamantfuchsin- und einer Jodgrünlösung, beide in einem Gemisch von gleichen Theilen Alkohol und Wasser. Die Mischung hatte eine violette Farbe; die Präparate wurden auf dem Objectträger ungefähr während $\frac{1}{2}$ —1 Minute in die Flüssigkeit gebracht und diese darauf schnell durch Glycerin ersetzt. Es gelingt nicht immer hiermit eine Doppelfärbung zu erhalten; dieses hängt aber auch viel von der Zusammensetzung der Mischung und von der Dauer der Einwirkung ab. Ist die Tinction gelungen, dann muss sich der Kernfaden blaugrün, der Nucleolus und das Protoplasma roth gefärbt haben. Die Präparate entfärben aber leicht.

Das erste Beispiel, welches ich besprechen möchte, sind die Kerne im Wandbelege des Embryosackes von *Leucojum aestivum*. In Fig. 1 Taf. XI sieht man einen solchen Kern am Anfang der Prophase abgebildet; wie man sieht, ist die Kernwand noch anwesend, der Kernfaden hat sich schon sehr verdickt und dazwischen befinden sich zwei sehr grosse Nucleolen. In einem späteren Stadium (Fig. 2, Taf. XI) sind die Nucleolen vom sich abwickelnden Kernfaden mitgeschleppt worden, und haften ihm an verschiedenen Stellen an. Unten sieht man selbst wie die Masse des Nucleolus langsam in die des Kernfadens übergeht. Im folgenden Zustande (Fig. 3, Taf. XI) ist der Nucleolus beinahe ganz vom Kernfaden aufgenommen worden; nur an einer Stelle, in der Biegung, ist noch ein kleines Stück übrig geblieben, das aber auch sehr bald verschwunden sein wird. Man beobachtet zu gleicher Zeit wie der Kernfaden während der Aufnahme des Nucleolus an Dicke zunimmt.

Für *Galanthus nivalis* könnte es genügen, auf die Abbildungen STRASBURGER's¹⁾ zu verweisen, wo derselbe die Aufnahme des Nucleolus im Kernfaden zeichnet; im Allgemeinen aber wird hier das Kernkörperchen ganz umwickelt vom Kernfaden; wenn dieser sich darauf wieder abwickelt, ist der Nucleolus beinahe ganz verschwunden, nur einige Stücke von ihm sitzen noch den verschiedenen Theilen des Kernfadens auf, werden aber sehr bald aufgenommen.

Im Wandbelege des Embryosackes von *Helleborus viridis* scheinen die Nucleolen auch im Kernfaden aufgenommen zu werden. Die Kernkörperchen verschmelzen oft leicht, darauf verschwindet die Kernwand; der Faden ist zu einem unregelmässigen Knäuel aufgewunden, das den Nucleolus ganz umgiebt; während dieser aufgenommen wird, verdickt sich der Faden allmählich. Oft dauert diese Aufnahme sehr lange, bisweilen selbst bis ans Ende der Prophase.

Bei *Fritillaria imperialis* (Wandbeleg) geht die Aufnahme der Nucleolen ausserordentlich rasch vor sich; in demselben Präparat sind sie meist in einer Theilungsfigur sehr gut sichtbar, in der nächstfolgenden bereits verschwunden. In einem Falle schien es mir aber doch, dass

1) Controversen, Taf. II, Fig. 45, 46, 47.

ich ein Uebergangsstadium gefunden hatte, wo die Reste der Nucleolen an drei Stellen im Kernfaden aufgenommen wurden; mit völliger Gewissheit kann ich das aber nicht behaupten. Ebenso wenig konnte ich mir ein sicheres Urtheil bilden über das Verhalten der Nucleolen bei der Kerntheilung im jungen Endosperm von *Sambucus nigra*, wiewohl ich hier sehr oft Kerntheilung beobachtete. Einmal schien es mir wohl, als wenn die Nucleolen im Kernfaden aufgenommen wurden, die Kerne sind aber doch zu klein um selbst mit den stärksten Vergrößerungen Gewissheit hierüber zu erlangen.

Bei den Kernen im Wandbelege des Embryosackes von *Narcissus Pseudonarcissus* findet die Aufnahme des Nucleolus ungefähr wie bei *Galanthus* statt; er wird also von allen Seiten vom Kernfaden umwunden; allmählich windet dieser sich wieder los. Oft ist dann der Nucleolus schon ganz aufgenommen, zuweilen aber werden noch Theile davon vom Kernfaden fortgeschleppt und bleiben dann wohl einmal sichtbar bis zum Anfang der Metaphase. Wenn man Präparate mit Diamantfuchsin-jodgrün tingirt hat, sieht man, dass die Farbe des Kernfadens vor der Aufnahme des Nucleolus blaugrün ist, während dieser letztere roth gefärbt ist; nach der Aufnahme des Nucleolus und während der ganzen Meta- und Anaphase ist die Farbe des Fadens deutlich violett geworden, was naturgemäss verursacht ist durch die Aufnahme des Nucleolus. Nachdem sich in den Tochterkernen die neuen Kernkörperchen gebildet haben, ist die Farbe des Kernfadens wieder blaugrün geworden.

Im Wandbelege des Embryosackes von *Hyacinthus orientalis* kann man in Safraninpräparaten die Aufnahme der Kernkörperchen im Kernfaden sehr leicht verfolgen: sie findet fast wie bei *Leucojum* statt. In Fig. 4 Taf. XI sieht man einen Kern der sich eben zur Theilung anschickt, der Kernfaden hat sich schon verdickt, dazwischen liegen zwei Nucleolen. In Fig. 5 ist der folgende Zustand abgebildet worden, von den Kernkörperchen sind nur noch 5 Reste übrig, die gerade vom Kernfaden aufgenommen werden; dieser ist dadurch viel dicker geworden. Bei einem anderen Präparate von *Hyacinthus*, welches mit Diamantfuchsin-jodgrün tingirt war, sah ich sehr deutlich, dass nach der Aufnahme des rothgefärbten Nucleolus, die Farbe des Kernfadens, welche erst blaugrün war, grünlich-violett geworden war.

Die Kerne im Wandbeleg des Embryosackes von *Tulipa sylvestris* ergeben mit Diamantfuchsin-jodgrün einen blaugrünen Kernfaden und einen rothen Nucleolus; in der Metaphase sind offenbar die Kernkörperchen im Kernfaden aufgenommen, da die Farbe des letzteren viel mehr grünlich-violett geworden ist. Eine ganz ähnliche Erscheinung beobachtet man auch im Embryosack und im jungen Endosperm von *Imantophyllum miniatum*, wo die Farbe des Kernfadens in Diamant-

fuchsin-jodgrün-Präparaten in derselben Weise sich ändert durch die Aufnahme des Nucleolus.

Ich glaube aus den hier mitgetheilten Thatsachen wohl den Schluss ziehen zu dürfen, dass in vielen Fällen wenigstens der Nucleolus beim Anfang der Kerntheilung im Kernfaden aufgenommen wird. Es ist mir bis jetzt nicht gelungen, zu sehen, woraus sich die Kernkörperchen nach der Theilung wieder bilden. Man kann eben noch nicht von einem Nucleolus sprechen, bevor man einen deutlich abgerundeten Körper vor sich hat, und dann ist seine Entstehung natürlich nicht mehr zu beobachten. Dann kommt noch hinzu, dass in den gerade entstandenen jungen Kernen, der Kernfaden so eng gewunden ist, dass man sehr schwer etwas im Kern sehen kann. Am wahrscheinlichsten ist es wohl, dass, wo der Nucleolus vor der Theilung im Kernfaden aufgenommen wird er sich nach der Theilung auch wieder daraus bildet. Diese Meinung wird noch dadurch gestützt, dass in Diamantfuchsin-jodgrünpräparaten, die Farbe des Kernfadens, welche erst grünlich-violett war, nach der Bildung der Nucleolen, blaugrün wird.

Bei der grossen Wichtigkeit, welche die Längsspaltung der Chromatinfäden für den ganzen Kerntheilungsprozess hat, ist es vielleicht nicht ganz ohne Interesse, wenn ich mittheile, dass ich die Längsspaltung beobachtet habe im jungen Nucellargewebe der Eier von *Sambucus nigra* und *Fritillaria imperialis* und in einem jungen Blütenstiele von *Hyacinthus orientalis*.

Identität von Spindelfasern und Verbindungsfäden.

Wir wenden uns jetzt zu den Spindelfasern; die Frage nach der Entstehung dieser Gebilde habe ich nicht näher untersucht. Wie bekannt ist, glaubt STRASBURGER¹⁾ dass die Spindelfasern aus dem Cytoplasma entstehen und nachher in den Kern eindringen, besonders an einem Präparat von *Galanthus* war ihm das deutlich, wo die Spindelfasern schon im umgebenden Cytoplasma zu sehen waren, während die Kernwand noch anwesend war. Ihm schliesst sich GUIGNARD²⁾ an, FLEMMING³⁾ dagegen meint, dass die Spindelfasern schon im Kern entstehen, da er glaubt, sie im Kern gesehen zu haben, während die Kernwand noch anwesend war. PFITZNER, RABL und CANNOY schliessen sich ihm an und auch ZACHARIAS vertheidigt diese Meinung in einer noch vor kurzem erschienenen Arbeit.⁴⁾ HEUSER⁵⁾ nimmt eine

1) Controversen, pag. 22.

2) GUIGNARD, Ann. d. sc. nat., 1885, Bot. T. 20, pag. 310.

3) FLEMMING, Zellsubstanz, Kern und Zelltheilung, 1882, und zuletzt wieder in Arch. f. mikr. Anat., Bd. XXIX, Heft 3, pag. 426.

4) ZACHARIAS, Beiträge zur Kenntniss des Zellkerns und der Sexualzellen, Bot. Zeit., 1884, pag. 334.

5) HEUSER, Beobachtungen über Zellkernteilung, Botan. Centralblatt 1884.

vermittelnde Stellung zwischen beiden Parteien ein, VAN BENEDEN¹⁾ und PLATNER²⁾ lassen den polaren Theil der Spindelfasern aus dem Cytoplasma entstehen, den aequatorialen Theil dagegen aus der achromatischen Substanz des Kernes. Der Nebenkern PLATNER's beweist jedenfalls, dass die Spindelfasern aus dem Protoplasma entstehen, und weil wir nachher sehen werden, dass die Verbindungsfäden nichts anderes sind als die Spindelfasern, also auch die Verbindungsfäden. FLEMMING³⁾ lässt jedenfalls auch die Spindelfasern nachher im Protoplasma aufgenommen werden, was doch mehr für STRASBURGER's als für seine eigene Meinung sprechen würde.

Ich habe nun auch in ein paar Fällen schon eine Streifung im Cytoplasma um den Kern herum gesehen, während die Kernwandung noch anwesend war, nämlich einmal bei *Fritillaria imperialis* (Wandbeleg des Embryosackes) und einmal im Wandbelege von *Leucojum aestivum* (Fig. 1, Taf. XI). Daneben aber sah ich in einem Falle zweifellos schon deutliche Spindelfasern im Cytoplasma während die Kernwand noch zu sehen war, nämlich bei einem Kerne im Wandbeleg des Embryosackes von *Narcissus Pseudonarcissus*, wie ich dieses auf Taf. XI, Fig. 6 gezeichnet habe. Wie gesagt, sind dieses aber nur zufällige Beobachtungen, eine nähere Aufmerksamkeit habe ich diesem Punkte nicht gewidmet.

Wie bekannt, sieht man zwischen den beiden neu sich bildenden Kernen achromatische Fäden, die Verbindungsfäden. Eine Frage, die schon oft erörtert worden ist, ist diejenige nach dem Zusammenhange von Spindelfasern und Verbindungsfäden. STRASBURGER hatte zuerst die Meinung ausgesprochen, dass die Theile des Kernfadens an den Spindelfasern entlang geschoben werden und also die sogenannten Verbindungsfäden zunächst nichts anderes sind, wie der aequatoriale Theil der Spindelfasern, in diesem Falle müssen also die Spindelfasern von einem Pole zum andern ununterbrochen fortlaufen. Dagegen meint VAN BENEDEN, dass die Spindelfasern in der Mitte aufhören, also zwei differente Systeme bilden; in der Anaphase ziehen sie die jungen Kerne nach beiden Polen, indem sie sich allmählich verkürzen. Darauf bilden sich zwischen den beiden Kernen ganz neue Verbindungsfäden. Dasselbe vertheidigt auch ZACHARIAS noch in seiner soeben erschienenen Abhandlung⁴⁾; er stützt sich dabei auch auf BERTHOLD⁵⁾.

1) VAN BENEDEN, Recherches sur la maturation de l'oeuf, la fécondation et la division cellulaire, 1888.

2) PLATNER, Arch. f. mikr. Anat., Bd. XXVI, pag. 343.

3) l. c., pag. 435.

4) Bot. Zeit. 1884, pag. 348

5) BERTHOLD, Studien über Protoplasmamechanik, 1886, pag. 202.

FLEMMING erklärt sich in seiner jüngsten Abhandlung¹⁾ ganz zu Gunsten der Meinung STRASBURGER's; er giebt hier auch Abbildungen, woraus ersichtlich ist, dass die Spindelfasern in der Mitte continuirlich fortlaufen, von einem Pol zum andern, was natürlich allein mit der STRASBURGER'schen Auffassung stimmt. Ich bin nun zu demselben Resultat gekommen, indem ich die Kerntheilungspräparate mit rauchender Salzsäure behandelte, ein Reagenz, das schon ZACHARIAS benutzt hat, um das Chromatin zu lösen. Nach der Einwirkung dieses Reagenz bleiben beinahe nur die Spindelfasern und die Verbindungsfäden übrig, und jetzt, wo man in seiner Beobachtung durch die Kernfaden-Segmente nicht mehr gestört wird, sieht man immer sehr deutlich, dass die Spindelfasern in der Metaphase von einem Pole zum andern laufen, aber auch nachher ist kein Unterschied mehr zu bemerken zwischen Spindelfasern und Verbindungsfäden. Diese Namen gelten also für zu verschiedenen Zeiten angelegte, sonst identische Plasmafäden. Da die Spindelfasern die Kernfaden-Segmente nach ihrem Bestimmungsorte führen, so könnte man sie auch als Leitfäden bezeichnen. Als Beispiel habe ich die Fig. 7 auf Taf. XI gezeichnet, es ist eine Kerntheilungsfigur im Wandbelege des Embryosackes von *Narcissus Pseudonarcissus*. Wie man sieht, laufen die Spindelfasern continuirlich von einem Pol zum andern. Vor der Salzsäureeinwirkung befanden sich die Theile des Kernfadens auf ungefähr ein Viertel der ganzen Spindellänge von den beiden Polen, was in der Figur durch zwei kleine Striche an den Seiten angedeutet ist. Man sieht in der Figur auch, dass die Fäden an den Polen langsam in das umgebende Protoplasma übergehen. Viel deutlicher war diese letztere Erscheinung zu sehen im Wandbeleg des Embryosackes von *Imantophyllum miniatum*; nie sah ich die Spindelfasern so deutlich und selbst besser an ungefärbten wie an tingirten Präparaten. Mit rauchender Salzsäure bekam ich dieselben Resultate wie bei *Narcissus*, also Identität der Spindelfasern und Verbindungsfäden. Dasselbe gilt auch für alle Kerntheilungszustände im Wandbelege des Embryosackes von *Fritillaria imperialis*, während ich die Continuität der Spindelfasern einmal nach Salzsäureeinwirkung auch in einer Spindel aus dem jungen Blütenstiele von *Hyacinthus orientalis*, wo die beiden jungen Kerne gerade angefangen hatten, sich vom Aequator nach den Polen zu bewegen, beobachtete. Noch einen Augenblick möchte ich auf die Verbindungsfäden bei *Narcissus Pseudonarcissus* zurückkommen, weil ich nämlich ein Präparat besitze, wo das Deckglas sich etwas verschoben hatte; dadurch waren die Verbindungsfäden auseinandergebogen und an verschiedenen Stellen geknickt, so dass man hier sehr deutlich sehen konnte, dass man nicht nur eine

1) FLEMMING, Neue Beiträge zur Kenntniss der Zelle. Arch. f. mikr. Anat., Bd. XXIX, Heft 3, pag. 432.

bestimmte Anordnung der Mikrosomen, sondern ganz gewiss bestimmte Fäden vor sich hatte.

Die Bildung des aequatorialen Ringes und sein Verhältniss zur Zelltheilung.

Ich möchte zuletzt noch einige Beobachtungen mittheilen über die Zelltheilung und das Verhalten der Verbindungsfäden bei diesem Prozesse. Bevor ich dazu übergehe muss ich aber einige Worte einem im Sommer des vorigen Jahres erschienenen Aufsatz von HEGELMAIER widmen¹⁾, in welchem einige Beobachtungen über die Bildung der Zellhaut mitgetheilt werden. Ich will über den genannten Aufsatz nicht eingehend referiren, verweise vielmehr den Leser auf das Original. Da mir durch die Güte des Hrn. Prof. STAHL einiges Material zu Gebote stand, welches auch HEGELMAIER zu diesen seinen Studien über Endosperm Bildung benutzt hat, so habe ich seine Beobachtungen wiederholt, konnte auch einige derselben bestätigen, während es mir in anderen Fällen leider unmöglich war, alles dasjenige zu sehen, was HEGELMAIER beschrieben hat. Bei *Borago officinalis* fand ich das von HEGELMAIER geschilderte Verhalten: ein Wandbeleg von Kernen, der durch Zellwände in mehrkernige Zellen getheilt wird, dazwischen oft inselartige Stücke, die ganz ungetheilt geblieben sind, wo also die Kerne nicht von Zellhäuten umgeben sind, die Zellwände der umliegenden Zellen somit blind endigen. Ebenso konnte ich auch die Angaben HEGELMAIER's über *Anchusa italica* bestätigen; man findet eine einfache Schicht von Endospermzellen, in der Art wie bei *Borago* gebildet, so dass also die Zellen mehrkernig sind, und nur um den Vorkeim herum mehrere Schichten Endosperm. Bei *Sambucus nigra* dagegen fand ich, dass sich der Embryoack mit einem Endosperm füllt, welches sich durch einfache Zweitheilung bildet; das eigenthümliche Verhalten, welches HEGELMAIER beschreibt, konnte ich nicht beobachten. Ebenso bildet sich auch bei *Lonicera*, wenigstens bei der von mir untersuchten *Lonicera Ledebourii*, ein einfacher Wandbeleg von Kernen, die in der gewöhnlichen Art und Weise durch Zellhäute getrennt werden; von Protoplasmabrücken, in welchen sich die Zellhäute bilden sollten, bemerkte ich nichts. Nach dieser kurzen Abschweifung kehre ich zu meiner eigentlichen Untersuchung zurück. Ich werde einige Beobachtungen mittheilen, die ich hauptsächlich an den Kernen im jungen Endosperm (es hatte sich eben der erste Beleg von Endospermzellen gebildet) von *Fritillaria imperialis* machte. Dann werde ich kurz anschliessen, was ich bei anderen Pflanzen von analogen Erscheinungen gesehen habe.

1) HEGELMAIER, Zur Entwicklungsgeschichte endospermatischer Gewebekörper Bot. Zeit. 1886, pag. 529.

Nachdem die Längsspaltung vorüber, gleiten die Stücke des Kernfadens an den Spindelfasern entlang den beiden Polen zu (Fig. 11, Taf. XI). Die Spindelfasern, die zwischen den beiden Kernen als Verbindungsfäden zurückbleiben, sind in Safraninpräparaten beinahe ganz ungefärbt. In Fig. 12 (Taf. XI) sind die Kerne an den Polen angekommen, und jetzt sieht man an beiden Seiten nach den Polen zu die Verbindungsfäden etwas dunkler tingirt; es sieht aus, als wenn ein tingirbarer Stoff von den Kernen ausgeschieden wäre. Dass sich hier eine bestimmte Substanz vorfindet, sieht man noch besser in der folgenden Figur 13, dort hat sich die dunkler tingirte Zone nach der Mitte fortbewegt, während die Kerne sich mit einer Wand umgeben haben und selbst schon kleine Nucleolen sichtbar geworden sind. In Fig. 14 ist die tingirbare Substanz von beiden Seiten her im Aequator angelangt und dort zu einer Masse verschmolzen; an dieser Stelle wird sich jetzt, wie wir bald sehen werden, die Zellhaut bilden. Die Kerne haben indessen schon annähernd ihre definitive Gestalt angenommen, während die Kernkörperchen, wenn auch noch klein, doch schon deutlich sichtbar sind. An der Stelle, wo die Verbindungsfäden jetzt stärker tingirbar sind, im Aequator, sind sie auch etwas dicker wie nach den Polen zu, diese Erscheinung wird indess erst in folgenden Zuständen ausgeprägter zum Vorschein kommen. Jetzt tritt auf einmal in der Mitte die Zellplatte auf, in welcher Art ist durch die Verbindungsfäden nicht deutlich zu sehen (Fig. 15). Die Verbindungsfäden haben sich etwas verkürzt, indem sie ihre Masse fortwährend in der Mitte zusammenziehen und sich dabei verdicken; die Kerne nehmen an Grösse zu, der Kernfaden verdünnt sich fortwährend, indem er sich in immer engere Windungen verschlingt, die Nucleolen vergrössern sich. Die Verkürzung und dabei stattfindende Verdickung der Verbindungsfäden tritt aber im folgenden Zustande am klarsten hervor (Fig. 16, Taf. XI). Hier haben die Kerne ihre definitive Gestalt erreicht, und man sieht die Zellfäden nur noch in der Mitte. Es wäre sehr wohl möglich, dass noch ein Theil der Verbindungsfäden bis nach den Kernen liefe, sodass sich ihre Masse nur theilweise in der Mitte angehäuft hätte; dann müssten aber diese übrig gebliebenen Verbindungen so dünn sein, dass man sie nicht mehr sieht, denn nur am Rande der Figur deutet eine dünne Linie deren Abgrenzung an. Das erste Auftreten der Zellplatte konnte ich nicht beobachten, da es ganz in der Mitte zwischen den Verbindungsfäden stattfindet; dabei breitet sich die Zellplatte zuerst ausserordentlich rasch aus. Dann folgt aber eine merkwürdige Erscheinung. Die Verbindungsfäden haben sich ganz aus der Mitte zurückgezogen, sodass sie sich nur noch am Rande der Zellplatte befinden. Die Fig. 16 ist also nicht vollkommen richtig gezeichnet, weil die Zellfäden hier einen Ring bilden, der senkrecht auf der Fläche der Tafel steht, sodass also die mittleren Zellfäden höher

liegen wie diejenigen am Rande der Figur; ich gab hier also nur eine Projektion auf einer Fläche, welche die beiden Kerne gerade halbirt. In Präparaten, wo die Kerntheilungsfigur etwas schräg steht, sieht man sehr deutlich den Ring aus Verbindungsfäden, welcher die Zellplatte umgiebt, noch deutlicher wird dieser aber, wenn man eine Kerntheilungsfigur von oben betrachtet, und also die beiden Kerne in derselben Richtung sieht. Ein solches Präparat habe ich in Fig. 17 auf Taf. XI abgebildet. Weil die beiden Kerne sich bedecken, ist nur der obere sichtbar, es sieht aus, als wenn er mit einem Heiligenschein umgeben wäre, dieser Heiligenschein ist der Ring von Zellfäden von oben gesehen. Man kann in diesen Präparaten das Wachsthum der Zellplatte sehr schön verfolgen, natürlich nur von der Zeit ab, dass ihre Fläche grösser ist wie diejenige des Kernes; man beobachtet dann wie sie sich langsam nach allen Seiten ausbreitet, bis sie die Wand der Mutterzelle erreicht hat (Fig. 18, Taf. XI). Das geschieht oft zuerst an einigen Punkten, wo die junge Haut dann natürlich nicht mehr in die Fläche wächst, während sie sich an ihren anderen Seiten noch fortwährend ausbreitet, bis die beiden Tochterzellen gebildet sind.

Nachdem die mit Safranin tingirbare Substanz sich, von den beiden Kernen her abkommend, in der Mitte angehäuft hat, nimmt bei andauerndem Wachsthum der Zellplatte die Farbe fortwährend ab, sodass es den Anschein hat, als wenn diese Substanz in irgend welcher Art bei der Bildung der Zellplatte verbraucht wird. Die Anzahl der Verbindungsfäden vergrößert sich bei steigendem Wachsthum der Membran, was ja auch natürlich ist, da der Ring fortwährend grösser wird. Wie entstehen nun die neuen Verbindungsfäden? Ich möchte diese Frage hier nur aufwerfen ohne sie zu beantworten; einmal schien es mir, bei Betrachtung mit den stärksten Vergrößerungen (Oelimm. $\frac{1}{8}$ Zeiss mit Oc. 4) als wenn ich eine Längsspaltung bei den Zellfäden beobachtete; deutlich war dieses aber nicht, und ich möchte darauf also kein Gewicht legen, ebensogut könnten sich die Verbindungsfäden Neubilden aus dem Protoplasma.

Das Auftreten einer tingirbaren Substanz in den Verbindungsfäden wurde auch von STRASBURGER¹⁾ beobachtet. Er giebt auch sehr genaue Abbildungen davon, womit aber seine Beschreibung, dass sich die Substanz von der Mitte nach den beiden Kernen bewegen würde, nicht genau stimmt. GUIGNARD²⁾ giebt ein paar Zeichnungen, woraus ersichtlich ist, dass er die Erscheinung auch gesehen; seine Erklärung ist aber nicht ganz richtig. Er meint, dass neue Verbindungsfäden an den Kernen auftreten und sich von dort aus nach der Mitte ausbreiten.

1) l. c., pag. 18, Fig. 15—19.

2) GUIGNARD, l. c., pag. 331, Fig. 13, 34.

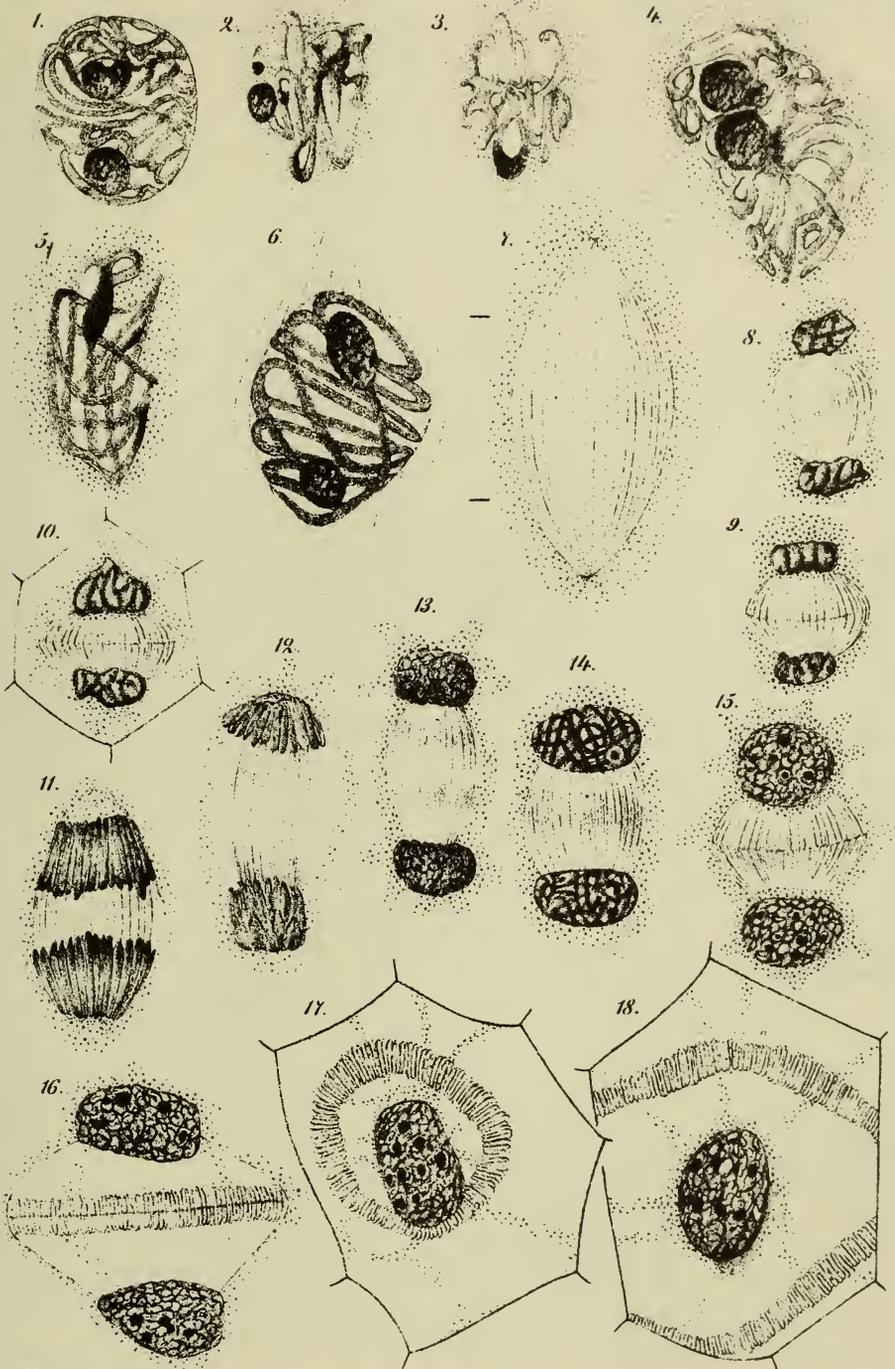
Im Wandbelege des Embryosackes von *Dictamnus albus* sieht man nachdem die Tochterkerne ihre Lage eingenommen haben, auch von dort ab sich eine tingirbare Substanz bilden, welche sich in dem Aequator anhäuft, während die Verbindungsfäden sich verkürzen und zu gleicher Zeit dicker werden. Auch die Kerne im Embryosack von *Viola tricolor* und *Leucojum aestivum* scheinen sich ganz so zu verhalten. Bei den Kernen des jungen Endosperms von *Allium odorum* beobachtete ich ungefähr dieselben Erscheinungen wie bei *Fritillaria*. Im mittleren Theile des Embryosackes von *Prunus Padus* beobachtete ich auch verschiedene Kerntheilungen; eine Substanz, die sich mit Safranin dunkel färbt, geht von den beiden Tochterkernen nach dem Aequator; weil in diesem Theile des Embryosackes sich keine Zellwand bildet, verschwindet die Substanz später wieder. Wenn man im Wandbelege des Embryosackes von *Narcissus Pseudonarcissus* aufeinanderfolgende Kerntheilungszustände beobachtet, sieht man in Präparaten, welche mit Diamantfuchsin-jodgrün tingirt sind, eine sich roth färbende Substanz sich von den beiden Tochterkernen nach der Mitte bewegen an der Stelle, wo die Zellhaut gebildet werden wird. Bei der Bildung der Zellplatte verkürzen sich auch hier die Verbindungsfäden, obschon nur in sehr geringem Maassstabe im Vergleich zu *Fritillaria*.

In Fig. 8—10 auf Taf. XI habe ich die Bildung der Zellplatte im Endosperm von *Sambucus nigra* abgebildet. Der Fall scheint hier anders, ist aber in Wirklichkeit doch ganz derselbe wie bei *Fritillaria*. In Fig. 8 sieht man, dass sich eine tingirbare Substanz (welche von den Kernen kommt) in der Mitte angehäuft hat. Darauf bildet sich die Zellplatte (Fig. 9), während sich die Verbindungsfäden, gerade wie bei *Fritillaria*, aber nur in sehr geringem Grade verkürzen und dabei dicker werden. Indem sie sich verkürzen, ziehen sie aber die beiden Tochterkerne mit sich, welche sich also einander mehr und mehr nähern, was noch deutlicher aus Fig. 10 ersichtlich ist; dort habe ich zu gleicher Zeit die umgebende Zelle gezeichnet. Aus Bildern, von oben gesehen, ergibt sich auch hier wieder, dass sich die Verbindungsfäden nur in einem Ring um die Zellplatte herum befinden. Bei noch weiterem Wachstum der Membran lösen sie sich endlich auch ganz von beiden Kernen los. Die Kerne des jungen Blütenstieles von *Hyacinthus orientalis* verhalten sich ganz so wie bei *Sambucus nigra*; indem ich hier mit Diamantfuchsin-jodgrün tingirt hatte, konnte ich auch wieder konstatiren, dass die tingirbare Substanz sich mit diesem Reagenz roth färbt. Die Verbindungsfäden der Kerne im Wandbeleg des Embryosackes von *Tulipa silvestris* verhalten sich wie diejenigen bei *Sambuccus* und *Hyacinthus*, die Kerne nähern sich also bei der Bildung der Zellplatte, während die Verbindungsfäden einen Ring bilden; sie färben sich hellroth mit Diamantfuchsin-jodgrün.

Erklärung der Abbildungen.

Alle Abbildungen sind gezeichnet mit Objectiv $\frac{1}{16}$ (Oelimmersion) von LEITZ und Ocular 2 von ZEISS. Fig. 1—5 und 8—18 waren tingirt mit Safranin, entweder in wässriger oder in alkoholischer Lösung, Fig. 6 mit Diamantfuchsinjodgrün, und Fig. 7 ist mit concentrirter Salzsäure behandelt worden.

- Fig. 1—3. Wandbeleg des Embryosackes von *Leucojum aestivum*; man sieht in den aufeinanderfolgenden Stadien die allmähliche Aufnahme der Nucleolen in den Kernfaden.
- „ 4—5. Wandbeleg des Embryosackes von *Hyacinthus orientalis*, die Nucleolen werden vom Kernfaden aufgenommen.
- „ 6. Wandbeleg des Embryosackes von *Narcissus Pseudonarcissus*; Anfang der Kerntheilung; die Spindelfasern sind schon im Cytoplasma angelegt, während die Kernwand noch anwesend.
- „ 7. Spindel aus dem Embryosacke von *Narcissus Pseudonarcissus*; die Segmente des Kernfadens sind von der Salzsäure gelöst, sie befanden sich an den durch Striche neben der Figur angedeuteten Stellen. Die Richtungsfäden laufen ununterbrochen von einem Pol zum andern.
- „ 8—10. Junges Endosperm von *Sambucus nigra*. Letzte Stadien der Kerntheilung und Zellhautbildung. Die Verbindungsfäden verkürzen sich und ziehen die Kerne mit, sodass diese sich einander allmählich nähern.
- „ 11—16. Endosperm von *Fritillaria imperialis*. Letzte Stadien der Kerntheilung. Bildung einer tingirbaren Substanz an beiden Kernen, welche sich nach dem Aequator bewegt; an der Stelle, wo sie sich angehäuft, bildet sich die Zellplatte. Die Verbindungsfäden verdicken sich in der Mitte und verkürzen sich dabei. Sie bewegen sich vom Centrum nach der Peripherie der Zelle, sodass sie einen Ring um die neue Membran bilden.
- „ 17—18. Endosperm von *Fritillaria imperialis*. Bildung der Zellplatte von oben betrachtet, sodass man die beiden Kerne in derselben Richtung betrachtet (in Fig. 18 ist ein Stück des unteren Kernes sichtbar). Die Verbindungsfäden umgeben die Zellplatte mit einem Zellring, in Fig. 17 wird dieser Zellring theilweise vom obern Kern verdeckt, weil die Kerntheilungsfigur etwas schief liegt.



F. Went ad nat. del.

C. Laue lith

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

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

Jahr/Year: 1887

Band/Volume: [5](#)

Autor(en)/Author(s): Went Friedrich August Ferdinand Christian auch:
Frits

Artikel/Article: [Beobachtungen über Kern- und Zelltheilung. 247-258](#)