

Freie Zellbildung im Embryosack der Angiospermen

mit besonderer Berücksichtigung

der hierbei stattfindenden Vorgänge der Kerntheilung.

Von

Dr. Friedrich Soltwedel.

Hierzu Tafel XVI—XVIII.

Nachdem Strasburger gezeigt hat, dass bei den *Angiospermen* die Zellen des Eiapparates, der Gegenfüsslerinnen, und die Zelle, welche den secundären Embryosackkern einschliesst, den Zellen des Eiweisskörpers der *Gymnospermen* gleichwerthig sind, kann man bei den *Angiospermen* zwei Arten von Endosperm unterscheiden: primäres und secundäres. Das primäre Endosperm entsteht vor der Befruchtung im Embryosack der *Phanerogamen* und, soweit die Beobachtungen reichen, überall durch freie Zellbildung. Unter freier Zellbildung verstehe ich nach der Definition von Strasburger diejenige Zellbildung, bei der nicht nach jeder Kerntheilung eine Zellwand zwischen den Tochterkernen gebildet wird, sondern die Zellwände erst nach wiederholt stattgefundenener Kerntheilung in der Regel zwischen je zwei benachbarten Kernen nachträglich auftreten.

Das primäre Endosperm besteht in der Regel aus sieben Zellen. Drei der Zellen befinden sich im oberen (der Mikropyle zunächst gelegenen) Ende des Embryosackes und bilden den Eiapparat. Drei Zellen des primären Endosperms, die Gegenfüsslerinnen, sind im unteren (der Chalaza zunächst gelegenen) Ende des Embryosackes gelegen und in der Mitte zwischen beiden Zellgruppen befindet sich die bei weitem grösste Zelle mit dem secundären Embryosackkern, der aus der Verschmelzung von zwei freien Kernen hervorgegangen ist. Aus dieser Zelle allein entwickelt sich nach erfolgter Befruchtung der Eizelle das secundäre Endosperm, und ich nenne daher diese Zelle Mutterzelle des

secundären Endosperms. Diese Zelle ist aber nicht gleichbedeutend mit Embryosack, mit dem Hofmeister dieselbe häufig gleichsetzt, sondern sie ist nur ein Theil desselben. Zum Embryosack gehören ausserdem noch der Eiapparat und die Antipoden.

Um den Unterschied zwischen freier Zellbildung und Zelltheilung klarzulegen, habe ich in meinen Untersuchungen die Entwicklung des secundären Endosperms verfolgt. Wenn in der Arbeit schlechthin von Endospermutterzelle die Rede ist, so ist stets die Mutterzelle des secundären Endosperms darunter verstanden und daher ist dies Wort in derselben Bedeutung angewendet, wie es schon Hofmeister gebraucht hat.

Vor Allem war ich bestrebt die Wahrheit des von Strasburger ausgesprochenen Satzes: „Eine freie Kernbildung in den Embryosäcken giebt es nicht, alle Kerne gehen aus einander durch Theilung hervor“ an möglichst vielen Beispielen zu zeigen.

Nach den vielen eingehenden Untersuchungen Hofmeister's über den Embryosack sollen aber bei der Bildung des secundären Endosperms an zwei Stellen die Kerne frei aus dem Protoplasma entstehen: erstens in den Aussackungen des Embryosackes derjenigen *Angiospermen*, deren Endosperm durch Zelltheilung gebildet wird, und zweitens im Embryosack aller *Angiospermen*, deren secundäres Endosperm zuerst durch freie Zellbildung angelegt wird. Auf diese beiden Punkte ist daher in der Arbeit besonders geachtet.

Die Resultate sind fast ausschliesslich an Alkohol-Material gewonnen. Nur die Entwicklung der kleinen durchsichtigen Eichen von *Monotropa* und *Pirola* wurde auch in einprozentiger Zuckerlösung lebend unter dem Mikroskop verfolgt. Die Präparate, die sich nur von erhärtetem Material aufbewahren liessen, sind entweder in Glycerin oder in Glycerin-Gelatine gelegt.

Die Untersuchungen wurden im botanischen Institut zu Jena unter der Leitung des Herrn Hofrath Strasburger gemacht. Es möge mir hier vergönnt sein, meinem verehrten Lehrer, der mich auf alle Fragen aufmerksam machte, die bei dieser Untersuchung zu lösen waren, für seine Unterstützung meinen innigsten Dank auszusprechen.

Geschichtliches.

Hofmeister war der erste, welcher in seinen zahlreichen Arbeiten über Embryobildung auf die interessanten Vorgänge im Embryosack die Aufmerksamkeit gelenkt hat. Wenn es ihm nicht immer gelang, die Entstehung des Embryo und des Endosperms bis in die Einzelheiten klar zu legen, so lag dies wohl zum allergrössten Theil an der damals noch sehr unvollkommenen Methode der mikroskopischen Untersuchung.

Dem Vorkommen und besonders der Entstehungsweise des Endosperms legte Hofmeister¹⁾ einen so hohen Werth bei, dass er darnach auf die Verwandtschaftsbeziehungen der Pflanzenfamilien schloss. So unterschied er drei grosse Gruppen unter den *Angiospermen*: endospermlose Pflanzen, Pflanzen, deren Endosperm durch wiederholte Zweitheilung einer einzigen Mutterzelle entsteht, und solche, bei denen gleichzeitig mehrere freie Endospermzellen gebildet werden. Nach der verschiedenartigen Entwicklungsweise des Endosperms werden daher nach Hofmeister weit getrennt „die *Boragineen* von den *Labiaten*, die *Solanaceen* von den *Scrophularineen*, die *Gentianeen* von den *Orobanchen*, die *Loaseen* von den *Passifloren*.“

Jedoch hebt Hofmeister an einer andern Stelle²⁾ die Schwierigkeit hervor, „die Grenze zwischen den *Phanerogamen* mit nur durch Zelltheilung wachsendem Endosperm, und denen, deren Endosperm durch freie Zellbildung angelegt wird, mit Genauigkeit zu ziehen.“

Zu den endospermlosen Pflanzen rechnet Hofmeister³⁾ alle diejenigen, bei denen die Bildung eines geschlossenen Gewebes von Endospermzellen unterbleibt. Hierher gehören die *Najaden*, *Potamogetoneen*, *Alismaceen*, *Orchideen*, *Cannaceen* u. s. w. Wohl sollen bei einzelnen Pflanzen dieser Gruppe vorübergehend einige Zellkerne im protoplasmatischen Wandbeleg des Embryosackes auftreten, doch werden keine Zellwände um die Kerne gebildet.

Bei allen Pflanzen, deren Endosperm durch Theilung einer

¹⁾ Neue Beobachtungen über Embryobildung der *Phanerogamen*. Jahrbücher für wiss. Botanik. Bd. I. p. 185.

²⁾ Neue Beiträge zur Kenntniss der Embryobildung der *Phanerogamen*. Abhandl. d. math. phys. Cl. d. königl. sächs. Gesellsch. d. Wiss. Bd. IV. p. 537.

³⁾ l. c. Bd. V. p. 704.

Mutterzelle gebildet wird, können beide Tochterzellen sich weiter theilen oder nur die eine von beiden. In der anderen Tochterzelle sollen dann gewöhnlich noch freie Zellkerne auftreten. Bei *Prostanthera violacea* und *Catalpa syringaeifolia* soll nach Hofmeister in der oberen Tochterzelle wirkliche freie Zellbildung stattfinden, während in dem unteren Ende des Embryosackes das Endosperm durch Theilung der anderen Tochterzelle angelegt wird.

Ueber die freie Zellbildung giebt Hofmeister¹⁾ sehr ausführliche Angaben. Nach seinen Beobachtungen wird im Embryosack der Mehrzahl der *Phanerogamen* bald nach der Befruchtung der primäre Zellkern verflüssigt. In dem protoplasmatischen Wandbelege des Embryosackes sollen darauf die Zellkerne zuerst als bläschenähnliche Gebilde, ohne feste Bildungen im Innern auftreten, deren Grösse diejenige der später in ihnen entstehenden Kernkörperchen erheblich übertrifft. Um jeden Kern soll sich ein Ballen dichteren Protoplasmas häufen, dessen Peripherie die Beschaffenheit einer Hautschicht besitzt, und der so eine Primordialzelle darstellt.

Diese Primordialzellen sind zunächst von einander entfernt.

Indem sie unter Bildung von Vacuolen im Innern wachsen, sollen sie bald seitlich in Berührung treten, durch gegenseitigen Druck polygonal werden und an den Berührungsstellen feste elastische Membranen bilden. Bei einigen Pflanzen sollen die jungen Endospermzellen Kugelgestalt annehmen, sich von der Wandschicht des Embryosackes ablösen und in dessen mit Flüssigkeit erfüllte Vacuole treten. In diesen Zellen soll dann später die Bildung freier Tochterzellen oder auch Zelltheilung stattfinden.

Während nach Hofmeister bei der freien Zellbildung zuerst die Kerne und später in diesen die Kernkörperchen entstehen sollen, treten nach Schleiden²⁾, Schwann³⁾, Nägeli⁴⁾ und Schacht⁵⁾ zuerst die Kernkörperchen auf und um diese später erst die Kernmembran.

1) Lehre von der Pflanzenzelle. 1867, p. 116.

2) Beiträge zur Phytogenese. Müller's Arch. 1838, p. 137.

3) Mikroskop. Unters. über die Uebereinstimmung in der Structur und dem Wachsthum der Thiere und Pflanzen, 1839, p. 207.

4) Zeitschrift für wiss. Botanik. Heft III und IV. 1846, p. 34 und 36.

5) Lehrbuch der Anat. und Phys. der Pflanzen, Bd. I. 1865, p. 69.

Dippel¹⁾ konnte sich zu keiner von beiden Anschauungen entschliessen, da er bei der freien Zellbildung im Embryosack der *Phanerogamen* stets schon ausgebildete grössere und kleinere Zellkerne antraf, die das Kernkörperchen und die Kernmembran deutlich erkennen liessen.

Dann war Strasburger²⁾, der die Vorgänge bei der freien Zellbildung im Embryosack von *Phaseolus* verfolgt hatte, zu der Ueberzeugung gelangt, dass die Zellkerne zuerst als kleine dichte Kügelchen auftreten, die von Anfang an von einer Zellmembran umgeben sind.

Während die kleinen Kerne zu ihrer definitiven Grösse heranwachsen, sollten auch die kugeligen Zellen schnell an Grösse zunehmen, schliesslich auf einander stossen und sich so zu einem geschlossenen Gewebe vereinigen.

Strasburger gebührt das Verdienst, bei seinen mikroskopischen Untersuchungen zuerst in absolutem Alkohol erhärtetes Material verwendet zu haben. Durch zahlreiche Controluntersuchungen stellte er fest, dass der Alkohol das Protoplasma schnell fixirt, den feineren Bau desselben besser hervortreten lässt und nur wasserentziehend auf das Plasma wirkt. Wenn es sich darum handelt, das erhärtete Material zum Schneiden tauglicher zu machen, legt man dasselbe 24 Stunden lang in ein Gemisch von Glycerin und Alkohol. Glycerin verändert die Structur des erhärteten Protoplasmas nicht mehr.

Mittelst dieser Methode gelang es Strasburger³⁾ bei vielen Pflanzen nachzuweisen, dass die Kerne des Eiapparates und der Gegenfüsslerinnen nicht nach der bis dahin geläufigen Annahme frei im Protoplasma entstehen, sondern durch Theilung aus dem primären Embryosackkern hervorgehen.

Ebenfalls verfolgte er bei dieser Untersuchung die Bildung der ersten secundären Endospermzellen an den kleinen durchsichtigen Eichen von *Monotropa Hypopitys* und beobachtete die dabei stattfindenden Kerntheilungen am lebenden Objekt.

Im Embryosack von *Capsella Bursa pastoris* sollen nach Strasburger (l. c. p. 71) im Wandplasma nach Auflösung des secundären Embryosackkerns zunächst wenige, später durch Einschaltung zwischen die vorhandenen neue Kerne entstehen. Während die jungen Kerne bei *Phaseolus* völlig homogen waren, zeigen die

¹⁾ Mikroskop, Bd. II. 1869, p. 43.

²⁾ Zellbildung und Zelltheilung, 1876, p. 7.

³⁾ Befruchtung und Zelltheilung, 1878.

von *Capsella* ein Kernkörperchen und eine Kernhülle. Die Kerne sind auch hier bei ihrem ersten Auftreten sofort von einer Hautschicht umgeben.

Indem Hegelmaier ¹⁾ bei seinen Untersuchungen über „Entwicklung *Dicotyler* Keime“ auch Alkoholmaterial verwendete, fand er im Embryosack von *Eschscholtzia* die mit einem grossen, stark lichtbrechenden Kernkörperchen versehenen Kerne als deutlich umschriebene, aber von keinem differenten Contour umgebene Partien in dem feinkörnigen Wandbeleg aus Protoplasma. Vor der Bildung der Trennungslinien sind die Kerne von radienförmig verlaufenden Strängen körniger Substanz umgeben. Die Bildung der feinkörnigen Trennungslinien geschieht von der Mikropyle gegen die Chalaza des Eichens fortschreitend. Uebereinstimmend mit *Eschscholtzia* sollen die Vorgänge bei *Hypecoum*, *Chelidonium* und *Glaucium* sein, jedoch „zeigt bei *Corydalis* die Endosperm bildung jedenfalls verschiedene Erscheinungen ²⁾“. Anhaltspunkte für die etwaige Annahme einer stattgehabten Theilung sind Hegelmaier nicht aufgestossen, da nur ausnahmsweise zwei Kerne einander genähert lagen.

Darauf zeigte Strasburger in der botanischen Zeitung ³⁾, dass bei der freien Endosperm bildung gar keine freie Entstehung von Zellkernen stattfindet, dass alle Kerne aus schon vorhandenen durch Theilung hervorgehen. Die spätere Bildung der Scheidewände erfolgt im Wesentlichen in der von Hegelmaier geschilderten Weise.

Ein wenig später behauptete wieder Darapsky ⁴⁾, dass bei *Hyacinthus ciliatus* M. B. der Doppelkern des Embryosackes aufgelöst werde und die jungen Endospermkerne frei im Protoplasma auftauchen. Im Protoplasma findet man länglich verzogene oder eckig gedrückte Körnchen ziemlich regelmässig zu kleinen Gruppen angeordnet, um solche Vereinigungen taucht dann ein leichter, leis hingehauchter Contour auf. Auch bei *Myosurus minimus* gelang es ihm nicht, weder den secundären Embryosackkern noch die freien Endospermkerne im Theilungsstadium zu fixiren.

Fischer ⁵⁾ fand in seinen Untersuchungen über „Embryo-

1) Vergl. Unters. über Entwicklung *Dicotyler* Keime, 1878, p. 22.

2) l. c. p. 92.

3) Bot. Zeitung, 1879, Nr. 17 und 18.

4) Bot. Zeitung, 1879, Nr. 35.

5) Jenaische Zeitschrift für Naturwissensch. Bd. XIV. Heft 1, Tafel III, Fig. 28 und 29.

sackentwicklung“ bei *Ehrharta panicca* die Tochterkerne des secundären Embryosackkernes und die Theilung der noch freien Endospermkerne.

In seinen Untersuchungen über „Embryogenie und Endospermentwicklung von *Lupinus*“ fand Hegelmaier¹⁾, dass bei dieser Pflanze die freien Zellkerne im protoplasmatischen Wandbelege des Embryosackes zum grossen Theil rückgebildet werden, und dass nur in der Umgebung des Keimes ein Endospermkörper gebildet wird (l. c. Sp. 129). Wenn es ihm auch nicht gelang, die Herkunft der freien Endospermkerne aus Theilung eines einzigen festzustellen, so hatte er doch wiederholt Gelegenheit vorbereitende Zustände der Kernvermehrung „in den bekannten Erscheinungen der Faden- und Tönnenbildung“ zu beobachten und zwar dann stets in grosser Anzahl. Bei der Rückbildung der freien Endospermkerne treten nach Hegelmaier eine Anzahl charakteristischer Erscheinungen auf (l. c. Sp. 131). Der Kern wird bis zum 15fachen Durchmesser aufgebläht, seine Contouren werden undeutlicher und entschwinden schliesslich der Wahrnehmung, während die Kernkörperchen ebenfalls bedeutend an Grösse zunehmen, stark lichtbrechend werden und Vacuolen bilden. Vor ihrem definitiven Aufgelöstwerden können die Kernkörperchen „durch Ausbreitung und Zusammenfliessen der Vacuolen in einige glänzende Stückchen zerfallen; Gruppen solcher Partikelsind alsdann das letzte sichtbare Residuum der früheren Endospermkerne.“ Endlich hat Strasburger in der dritten Auflage seines Buches über „Zellbildung und Zelltheilung“ die Theilung der noch freien Endospermkerne von mehreren Pflanzen nach Präparaten, die ich dargestellt hatte, veröffentlicht. In einem Aufsätze über „Vielkernige Zellen und über die Embryogenie von *Lupinus*“²⁾ theilte derselbe dann noch mit, dass er im Embryosack von *Lupinus subcarnosus* die vier ersten Endospermkerne und wiederholt die Theilung von noch freien Endospermkernen gefunden habe.

1) Bot. Zeitung 1880, Nr. 5—9.

2) Bot. Zeitung 1880, Nr. 50 und 51.

Entwicklung des secundären Endosperms.

Pflanzen ohne secundäres Endosperm.

Im Embryosack von *Orchis pallens* findet, wie schon Strasburger¹⁾ in seinem Werke über „Befruchtung und Zelltheilung“ gezeigt hat, nach der Befruchtung nur die Weiterentwicklung der Eizelle statt. Die Gehülffinnen, die Gegenfüßlerinnen und die Mutterzelle des secundären Endosperms werden bald desorganisirt und vom heranwachsenden Embryo als Nahrungsstoff verbraucht. Dasselbe ist der Fall bei *Begonia Froebeli*. Nach der ersten Theilung der Eizelle sind die Gegenfüßlerinnen und der secundäre Embryosackkern bereits verschwunden und Rudimente der Gehülffinnen sind noch als formlose Protoplasmamassen zu erkennen. Nur sehr selten kam es vor, dass die Mutterzelle des Endosperms sich in zwei Tochterzellen theilte.

Bei *Alisma Plantago* gelang es mir, die vier ersten Endospermkerne im Theilungszustande frei im protoplasmatischen Wandbelege des Embryosackes zu finden. Zur Bildung von secundären Endospermzellen kommt es bei dieser Pflanze nicht.

Da im Embryosack der *Angiospermen*, wie Strasburger²⁾ gezeigt hat, vor der Befruchtung der Eiapparat, die Gegenfüßlerinnen und die Mutterzelle des secundären Endosperms in derselben Weise wie bei den *Gymnospermen* der Eiweisskörper durch freie Zellbildung entstehen und daher jene als Endospermzellen aufgefasst werden müssen, so ist es selbstverständlich, dass man nicht mehr von endospermlosen Pflanzen sprechen kann. Man hat daher bei den *Angiospermen* vielmehr die Pflanzen darnach zu unterscheiden, ob sie nur primäres oder auch secundäres Endosperm bilden.

Entwicklung des secundären Endosperms durch Zelltheilung.

Bei einer Reihe von Familien der *Dicotylen* entsteht das secundäre Endosperm durch Theilung einer Mutterzelle. Im Allgemeinen gehören hierher die Pflanzen, welche verhältnissmässig nur wenig Endosperm bilden und deren Samen daher meistens nur sehr klein sind, wie z. B. die Samen der *Aristo-*

¹⁾ Befruchtung und Zelltheilung, 1879, p. 70.

²⁾ *Angiospermen* und *Gymnospermen*, 1879, p. 137.

lochieren, Orobanchen, Scrophularineen, Verbenaccen, Plantagineen, Campanulaceen und Droseraceen.

Die Entwicklung des secundären Endosperms bei *Monotropa Hypopitys* hat Strasburger¹⁾ bereits beschrieben. Nach der Theilung des secundären Embryosackkernes wird zwischen den Tochterkernen eine Zellwand gebildet, die den Embryosack in zwei nahezu gleiche Hälften theilt. Die Theilungen der beiden Tochterzellen erfolgen fast gleichzeitig, doch so, dass die obere (der Mikropyle zunächst gelegene) Zelle mit der Theilung beginnt. Wenn das Endosperm schon aus vier übereinander liegenden Zellen besteht, hat sich die Eizelle zwar sehr gestreckt, aber noch nicht getheilt. Sie wächst durch die oberste Zelle, löst die die beiden obersten Endospermzellen trennende Zellwand an einer Stelle auf und gelangt auf diese Weise in die zweite Zelle. Der Inhalt der obersten Zelle wird in diesem Stadium meistens resorbirt und es finden nur noch Theilungen in den drei anderen Zellen statt.

In den kleinen durchsichtigen Eichen von *Monotropa* und *Pirola* kann man die Bildung des Endosperms in ein- bis dreiprozentiger Zuckerlösung lebend unter dem Mikroskop verfolgen. Am fünften Tage nach der Bestäubung hat der Pollenschlauch den Eiapparat erreicht und gleich nach der Befruchtung findet die Endospermbildung statt.

Noch besser treten die Theilungsfiguren an Alkoholmaterial hervor; nur darf man bei *Monotropa* den Alkohol nur wenige Stunden einwirken lassen, weil bei weiterer Einwirkung die Eichen sich hier schwärzen und undurchsichtig werden. Doch genügt diese Zeit, um das Protoplasma vollständig zu fixiren, und solche Eichen lassen sich dann gut in Glycerin aufbewahren.

Während der Embryosack bei *Monotropa* und *Pirola* gleichmässig nach allen Richtungen hin an Grösse zunimmt, kann er bei anderen Pflanzen durch ungleichmässiges Wachstum bei seiner Weiterentwicklung sehr unregelmässige Gestalten annehmen und grössere Aussackungen in den Nucellus treiben. In diesen Aussackungen findet man einige wenige freie Kerne, die aber in den meisten Fällen wieder rückgebildet werden.

Für *Bartonia aurea* hat Strasburger²⁾ festgestellt, dass es hier die Gehülffinnen sind, welche in das Nucellargewebe

1) Befruchtung und Zelltheilung, p. 70.

2) Befruchtung und Zelltheilung, p. 43.

auswachsen, und dass die Zellkerne, die in dieser Aussackung zu finden sind, den Gehülffinnen angehören.

Bei *Lamium album* ist das untere Ende des Embryosackes seitlich abgebogen und von einer Schicht stark verdickter Zellen umgeben. Fig. 1, Taf. XVI stellt den Embryosack gleich nach erfolgter Befruchtung dar. Die Eizelle hat sich bereits gestreckt und neben ihr sind noch Reste der Gehülffinnen zu sehen. Von den Gegenfüßlerinnen sind auch nur noch Rudimente vorhanden. Der secundäre Embryosackkern ist im unteren Theile des Embryosackes auf Protoplasmafäden suspendirt. Diese Lage behält er während der Theilung bei und daher wird die Endospermutterzelle in zwei sehr ungleich grosse Tochterzellen getheilt (Fig. 2). Beide Zellen theilen sich noch einmal und zwar die obere wieder in eine kleine untere und eine grosse obere. Während in den unteren Endospermzellen fortan immer Zelltheilungen stattfinden, erfolgen in der obersten nur einige Kerntheilungen und Zellwände werden nicht gebildet. In Fig. 3 befindet sich im untern Theil des Embryosackes ein vielzelliger Endospermkörper, in den schon frühzeitig der Embryo hineingewachsen ist. In der oberen Zelle befinden sich einige Zellkerne frei im Protoplasma, ihre Zahl schwankte stets zwischen 1 und 8. Bemerkenswerth ist noch, dass der Embryosack bei seiner Entwicklung an der Stelle, wo die verdickten Zellen der Embryosackwand aufhören, eine starke Einschnürung erfährt. Dadurch wird der Endospermkörper von dem oberen mit Flüssigkeit erfüllten Raum des Embryosackes abgeschlossen.

Nach Hofmeister soll bei einer anderen *Labiata* und zwar bei *Prostanthera violacea* im oberen Ende des Embryosackes freie Zellbildung stattfinden, während im unteren Ende das Endosperm von Anfang an durch Zelltheilung entsteht. Ebenso sollen bei *Catalpa syringaefolia* „in der oberen Anschwellung freie Zellkerne und Zellen auftreten, welche später wieder verschwinden, ohne geschlossenes Gewebe zu bilden.“

Ganz in derselben Weise wie bei *Lamium album* wird auch bei *Veronica Buxbaumii* durch Einschnürung des mittleren Theiles der Embryosack in zwei Räume getheilt, die nur durch einen engen Kanal in Verbindung stehen. Da auch hier im oberen Theile kein secundäres Endosperm gebildet wird, so muss der Embryo mittelst eines Suspensors durch den Kanal in den Endospermkörper geführt werden.

Zur Zeit der Befruchtung ist das obere Ende des Embryosackes keulenförmig angeschwollen, während das untere Ende einen langen, schmalen Fortsatz in das Nucellargewebe darstellt (Fig. 5, Tafel XVI). Nach der Theilung des secundären Embryosackkernes wird das obere angeschwollene Ende des Embryosackes durch eine Zellwand vom unteren schmalen Ende getrennt. Der Kern in der grossen oberen Zelle theilt sich und ebenso dessen Tochterkerne; doch die Zellwandbildung unterbleibt.

In der unteren Zelle findet eine ächte Zelltheilung statt, so dass auf diesem Stadium das Endosperm aus drei übereinander liegenden Zellen besteht. Nur die mittlere Zelle giebt dem Endospermkörper den Ursprung. Die unterste Zelle nimmt wohl noch an Grösse zu, ihr Kern theilt sich noch einmal; doch damit ist die Weiterentwicklung abgeschlossen. Die Kerne der beiden Endzellen schwellen noch zu bedeutender Grösse an, werden aber darauf desorganisirt. In Fig. 6 ist das secundäre Endosperm, welches aus einer Enkelzelle der Endospermutterzelle hervorgegangen ist, bereits achtzellig; in der untersten Zelle befinden sich zwei freie Kerne und in der obersten drei, indem vielleicht ein Kern durch den Schnitt entfernt ist. Der Embryo ist bereits bis in den Kanal hineingewachsen. In Fig. 7 ist der Embryo bis in den vielzelligen Endospermkörper vorgedrungen.

Der Embryosack von *Loasa tricolor* (Fig. 8, Taf. XVI) hat eine sehr schlanke Gestalt. Das obere vom Funiculus abgebogene Ende ist von nicht differenzirten Zellen des Nucellus umgeben. An der Stelle, wo die Krümmung beginnt, wird schon vor der Befruchtung eine Aussackung in das Nucellargewebe gebildet, indem an der betreffenden Stelle die Zellen des Nucellus resorbirt werden. Die Ausstülpung ist stets von dem Funiculus abgewendet. Unterhalb der Aussackung erweitert sich der Embryosack bauchig, um sich nahe dem unteren Ende wieder zu verengen. Dieser Bauch ist von einer Schicht von Nucellarzellen umgeben, die durch die starke Verdickung der Zellwände auffallen. Unterhalb des Bauches bildet der Embryosack noch eine kleine Anschwellung, in der auch noch in weit vorgeschrittenen Entwicklungszuständen die drei Gegenfüsslerinnen zu erkennen sind. Der secundäre Embryosackkern befindet sich immer in der Nähe der Aussackung. Nach der Befruchtung werden die Gehülfinnen schnell desorganisirt (Fig. 10), der secundäre Embryosackkern theilt sich und zwischen den Tochterkernen wird ein wenig unterhalb der

Aussackung eine Zellwand gebildet (Fig. 9). Der Kern der oberen Zelle wandert darauf in die Aussackung (Fig. 12). Auf dieser Stufe der Entwicklung wird meistens eine Ausstülpung von der unteren Anschwellung des Embryosackes aus gebildet (Fig. 11). Häufig kommt es auch vor, dass die Zellschicht, welche die bauchige Anschwellung umgibt, an einzelnen Stellen resorbiert wird, doch werden dann keine tiefern Aussackungen gebildet.

In der oberen Ausstülpung des Embryosackes, in welche der eine Tochterkern des secundären Embryosackkernes gewandert ist, finden nur noch einige Kerntheilungen statt. Wiederholt fand ich nach der Weiterentwicklung acht freie Kerne in dieser Ausbuchtung des Embryosackes (Fig. 14). In der unteren Tochterzelle der Endospermutterzelle wird durch Zelltheilung ein vielzelliger Endospermkörper gebildet, in den der Embryo auf einem Suspensor hineingeführt wird. Wenn nach der Theilung des Kerns der zu der Zeit untersten Endospermzelle eine Zellwand in der unteren Einschnürung gebildet wird, gelangt ein Kern in die untere Anschwellung des Embryosackes. Hier findet noch eine Kerntheilung statt, jedoch eine Zellwand wird nicht gebildet (Fig. 13).

Bei *Scrophularia vernalis* und *Pedicularis sylvatica* bildet der Embryosack nach der Befruchtung eine Ausstülpung, die genau dieselbe Lage hat als die am oberen Ende des Embryosackes von *Loasa*. In der Aussackung fand ich einen, zwei oder auch vier freie Zellkerne. Im eigentlichen Embryosack entsteht auch bei diesen Pflanzen das Endosperm durch Zelltheilung.

Entwicklung des secundären Endosperms durch freie Zellbildung.

Die Entwicklung des secundären Endosperms kann zweitens in der Weise erfolgen, dass zunächst nur Kerntheilungen stattfinden, ohne dass Zellwände gebildet werden. Diese treten erst auf, wenn der Embryosack fast seine definitive Grösse erreicht hat.

Interessant ist es, dass bei vielen untersuchten Pflanzen, deren secundäres Endosperm durch freie Zellbildung entsteht, nach jeder Kerntheilung in den Verbindungsfäden (Strasburger) der jungen Kerne eine Zellplatte mehr oder minder stark ausgebildet wird. Bei einigen Pflanzen z. B. bei *Lilium* wird sogar eine frei in das Protoplasma endende Zellwand gebildet, die bei

der Weiterentwicklung wieder resorbirt wird. Vielleicht ist aus dieser Thatsache der Schluss zu ziehen, dass die freie Zellbildung bei den *Angiospermen* aus der typischen Zelltheilung erst später entstanden ist.

Nachdem Strasburger¹⁾ gezeigt hatte, dass bei *Myosurus* der secundäre Embryosackkern nicht aufgelöst wird, sondern sich theilt und ebenso dessen Nachkommen, fand auch Fischer²⁾ bei *Ehrharta panicea* die beiden jungen Tochterkerne des secundären Embryosackkernes.

Es gelang mir den secundären Embryosackkern in Theilung zu finden bei *Lysimachia Ephemera* und *Lilium Martagon*. Bei der letzten Pflanze sah ich auch die beiden Tochterkerne im Theilungsstadium. Weiter fand ich bei *Hyacinthus ciliatus* den secundären Embryosackkern in Vorbereitung zur Theilung und gleich nach der Theilung der beiden Tochterkerne und schliesslich bei *Leucojum aestivum* die vier ersten Endospermkerne in Theilung. So schwierig es ist, den secundären Embryosackkern im Theilungsstadium zu finden, so leicht ist es andererseits, die Theilung der noch freien Endospermkerne in weiter entwickelten Samen zu beobachten. An Alkoholmaterial gelingt es leicht, die erhärtete Protoplasmaschicht, welche meistens schon durch die Einwirkung des Alkohols von der Embryosackwand abgehoben wird, aus dem Embryosack herauszupräpariren. Bei schwacher Vergrösserung kann man dann schnell feststellen, ob Kerntheilungen vorhanden sind oder nicht. Auf diese Weise habe ich die Theilung von noch freien Endospermkernen bei einer Reihe von Pflanzen aus verschiedenen Familien gefunden.

Bei den untersuchten Pflanzen theilen sich die Kerne im protoplasmatischen Wandbelege des Embryosackes ziemlich gleichzeitig, doch so, dass in anatrophen Eichen meistens die Kerne in der Gegend der Mikropyle mit der Theilung beginnen und die Kerne im Chalaza-Ende sich am spätesten theilen. Bei *Caltha palustris* fand ich häufig die jüngsten Kerntheilungsstadien im Chalaza-Ende des Embryosackes; doch in einem Eichen fand ich auch einmal das Entgegengesetzte. Dort waren die jüngsten Stadien im Mikropyle-Ende und die ältesten im Chalaza-Ende. Von orthotropen Eichen habe ich nach dieser Richtung hin nur *Polygonum Bistorta* und *Urtica pilulifera* untersucht. Bei der ersteren

¹⁾ Bot. Zeitung, 1879, Nr. 17 und 18.

²⁾ Jenaische Zeitschrift für Naturwiss. Bd. XIV. 1880, p. 105, Fig. 28, Taf. III.

Pflanze schreiten die Kerntheilungen mikropylewärts, bei der zweiten dagegen chalazawärts fort. Ebenfalls schreitet dann auch die Bildung der Zellwände in derselben Richtung als die Kerntheilungen fort. Wenn sich alle Endospermkerne getheilt haben, tritt eine längere Ruhepause ein. Ihre Zahl wird in dieser Zeit im Allgemeinen gleich einer Potenz von 2 sein, da sie durch wiederholte Zweitheilung aus einem Einzigen entstanden sind. So hat schon Hofmeister in seinem Werke „Entstehung des Embryo der *Phanerogamen*“ für *Sorghum bicolor* sehr richtig in Figur 24 auf Taf. XVII zwei Endospermkerne und in den Figuren 25 und 26 je 16 freie Kerne abgebildet.

Da nun die Kerntheilungen stets in einem Ende des Embryosackes beginnen und sich die Theilung von hier aus allmählich auf alle anderen Kerne erstreckt, so findet man nicht selten im Wandplasma des Embryosackes Hunderte von Theilungsfiguren (Fig. 40, Taf. XVII), deren jede folgende ein wenig mehr entwickelt ist als die vorhergehende. Und aus diesem Grunde eignen sich solche Präparate ganz besonders gut zum Studium der Kerntheilung. Dazu kommt noch, dass hier die häufig störenden Zellwände fehlen, und dass man die Theilungsfiguren immer in derselben Lage (senkrecht zur Spindelachse) sieht.

Bei *Leucojum*, *Iris* und den *Aroideen* sollen sich nach Hofmeister¹⁾ um die in der Inhaltsflüssigkeit des Embryosackes frei entstandenen Kerne sphärische Zellen bilden, in denen dann zuweilen noch die Bildung freier Tochterzellen stattfindet. An einer anderen Stelle sagt Hofmeister²⁾ für *Hyacinthus orientalis*: „Wie bei den meisten *Liliaceen*, *Irideen* und *Narcissineen* erfolgt die Bildung des Endosperms in der Weise, dass der Innenwand des Embryosackes die in dessen Inhaltsflüssigkeit freischwimmend entstandenen Zellen sich schichtenweise anlagern.“ Bei allen untersuchten Pflanzen (auch bei *Leucojum*, *Iris* und *Hyacinthus orientalis*) fand ich an erhärtetem Material stets nur den secundären Embryosackkern auf Protoplasmafäden in der Mitte des Embryosackes suspendirt. Sobald mehrere Kerne vorhanden waren, lagen diese in der protoplasmatischen Wandschicht, und in derselben fanden die Kerntheilungen statt. Freie sphärische Zellen habe ich nie ge-

¹⁾ Neue Beobachtungen, Jahrb. f. wissensch. Bot. Bd. I. 1858, p. 181.

²⁾ Entstehung des Embryo, 1849, p. 18.

sehen, sondern jede Zellwand trennte gleich nach ihrem Entstehen zwei benachbarte Zellen, wie in Fig. 47, Taf. XVII für *Agrimonia Eupatoria* abgebildet ist.

Die jungen Zellwände des Endosperms setzen an die Innenwand des Embryosackes an und wachsen in dessen Lumen hinein. Wenn sie eine bestimmte Grösse erreicht haben, werden die noch offenen Zellen auch von der Inhaltsflüssigkeit des Embryosackes durch eine Zellulosewand abgeschlossen. Die so entstandenen Zellen vermehren sich fortan durch Theilung und bilden bald ein geschlossenes Gewebe, welches den Embryo umhüllt.

Zusammenfassung.

Das wichtigste Ergebniss der Untersuchung ist kurz folgendes: Alle freien Kerne, die nach der Befruchtung im Embryosack der *Angiospermen* auftreten, stammen vom secundären Embryosackkern ab; eine freie Entstehung von Zellkernen findet nicht statt. Ob aber das secundäre Endosperm durch Theilung einer Mutterzelle gebildet wird, oder ob in dieser Mutterzelle zuerst nur Kerntheilungen stattfinden und später um die freien Kerne Zellwände auftreten, scheint nur von der Grösse dieser Zelle abzuhängen. Im Allgemeinen finden wir, dass das secundäre Endosperm in grossen Embryosäcken durch freie Zellbildung, in kleineren dagegen durch Zelltheilung entsteht. Nun kann es auch vorkommen, dass in ein und demselben Embryosack, wie z. B. bei *Lamium album*, in dem einen schmaleren Ende Zelltheilung, im anderen weiteren Ende dagegen nur Kerntheilung stattfindet. Während aber bei *Lamium* die freien Kerne frühzeitig resorbiert werden, können nach Hofmeister um die freien Kerne im oberen Ende des Embryosackes von *Prostanthera violacea* auch Zellwände gebildet werden. Diese Thatsache aber, dass bei einzelnen Pflanzen das secundäre Endosperm zum Theil durch freie Zellbildung, zum Theil durch Zelltheilung gebildet wird, wie ferner der Umstand, dass bei den Pflanzen, deren secundäres Endosperm durch freie Zellbildung entsteht, die Kerne nicht frei entstehen, sondern durch Theilung auseinander hervorgehen, und dass bei vielen Pflanzen nach jeder freien Kerntheilung eine transitorische Zellplatte gebildet wird, lassen die beiden Entwicklungsweisen des secundären Endosperms als nicht wesentlich verschieden von einander erscheinen,

Daraus ergibt sich aber, dass man aus der verschiedenen Entstehungsart des Endosperms keine sicheren Schlüsse auf die Verwandtschaftsbeziehungen der einzelnen Familien ziehen kann.

Kerntheilung von freien Endospermkernen.

Terminologisches.

Bevor ich zur Beschreibung der Kernfiguren übergehe, will ich kurz die Ausdrücke, deren ich mich bedient, und in welcher Bedeutung ich dieselben gebraucht habe, vorausschicken.

Am entwickelten Kern unterscheide ich, wie zuerst R. Hertwig¹⁾ vorgeschlagen hat, zwei Bestandtheile, Kernsubstanz und Kernsaft. Zur Kernsubstanz rechne ich alle tingirbaren Theile des Kernes, Kernrindenschicht, Kernnetz und Kernkörperchen. Ausserhalb der Kernrindenschicht nehme ich (wenigstens bei einzelnen Kernen) noch eine äusserst feine Kernmembran an, die aus einem von den übrigen Kernbestandtheilen differenten Stoff gebildet ist. Von Kernwand werde ich sprechen, wenn ich es unentschieden lasse, ob die äussere Begrenzung des Kernes nur aus einer Kernrindenschicht, oder nur aus einer Kernmembran, oder aus beiden Theilen gebildet ist. Als Kernsaft bezeichne ich den nicht tingirbaren Rest des Kernes. Die Bezeichnungen Spindelfasern, Kernplatte, Zellplatte behalte ich in derselben Bedeutung bei, als sie Strasburger angewendet hat.

Während jeder Kerntheilung unterscheide ich vier verschiedene Spindelstadien, deren jede zwei Pole, eine Achse und den Aequator besitzt. Die erste oder „primitive Spindel“ scheint nur aus Kernsubstanz gebildet zu sein (Fig. 10 und 19, Taf. XVII). Aus dieser geht die „einplattige Spindel“ (Kernspindel, Strasburger) hervor, indem die Kernsubstanzmassen in den Aequator zusammengedrängt werden (Fig. 1 und 11, Taf. XVII). Mit der Theilung der Kernplatte entsteht die „zweiplattige Spindel“ (Fig. 2 und 12, Taf. XVII). Nach der Bildung der beiden Tochterkerne an den beiden Polen bleibt die „kernplattenlose Spindel“ zurück (Figur 4 und 14, Tafel XVII).

¹⁾ Beitrag zu einer einheitlichen Auffassung der verschiedenen Kernformen, Morpholog. Jahrbuch, Bd. II. S. 63—81.

Specielles.

Bei *Iris sibirica* treten die Theilungsfiguren der Endospermkerne im protoplasmatischen Wandbeleg des Embryosackes sehr deutlich hervor. Die Kernplatte der einplattigen Spindel besteht aus getrennten Körnchen der Kernsubstanz (Fig. 1, Taf. XVII). Diese Körnchen erscheinen als mittlere Verdickungen der nicht tingirbaren Spindelfasern. Wenn wir diese Theilungsfigur körperlich betrachten, so liegen die Spindelfasern auf der Mantelfläche eines Doppelkegels und die Kernplattenelemente auf der Peripherie des Berührungskreises der beiden Kegel. Das Protoplasma berührt die Elemente der Spindel von allen Seiten. In weiter vorgeschrittenen Stadien hat sich jedes Körnchen der Kernplatte in zwei Theile getrennt, welche an oder in den Spindelfasern den beiden Polen zuwandern. Fig. 2 und 3, Taf. XVII sind solche zweiplattige Spindeln. An den beiden Polen verschmelzen die einzelnen Körnchen zu je einer homogenen Masse, welche die beiden Tochterkerne darstellen (Fig. 4). Zwischen den Tochterkernen ist noch eine Zeit lang die kernplattenlose Spindel zu sehen, die nur aus Spindelfasern gebildet ist. In der Mitte der Spindelfasern wird eine Zellplatte gebildet, die bei ihrem ersten Auftreten aus kleinen Körnchen besteht (Fig. 5), welche sich in Borax-Carmin nicht tingiren. Darauf werden die Zellplatte und die kernplattenlose Spindel wieder rückgebildet und entschwinden schliesslich ganz und gar der Beobachtung. In den homogenen Tochterkernen werden Vacuolen gebildet, indem jedenfalls Flüssigkeit von der Kernsubstanz abgesondert wird. Dadurch wird eine Kernwand abgehoben und die Kernsubstanz zerfällt in zahlreiche Körner, die durch Kernsaft getrennt sind. In diesem Stadium verharren die Kerne längere Zeit, während sie allmählich an Grösse zunehmen. Wenn sie eine bestimmte Grösse erreicht haben, verschmelzen im Innern die Körner zu Fäden, welche die primitive Spindel bilden. Die Kernwand und der Kernsaft sind geschwunden und das umgebende Protoplasma umgiebt die Spindelelemente von allen Seiten. Diese Spindel scheint nur aus Kernsubstanz gebildet zu sein; von Spindelfasern ist noch nichts zu sehen (Fig. 10, Taf. XVII). Letztere treten erst auf, wenn sich die Kernsubstanz im Aequator zu einzelnen Körnern angesammelt hat, und somit die einplattige Spindel gebildet ist.

Während die ersten und letzten Stadien der Kerntheilungen

auch bei verschiedenen Pflanzen nur äusserst geringe Abweichungen darbieten, besitzt die einplattige Spindel keineswegs stets den typischen Bau, wie in Fig. 1, Taf. XVII für *Iris* abgebildet ist.

Bei *Asparagus officinalis*, *Euphorbia myrsinites*, *Chelidonium majus*, *Reseda odorata*, *Viola palustris* und *Oxalis stricta* sind die einplattigen Spindeln sehr klein, doch erkennt man noch deutlich, dass bei diesen Pflanzen die Kernplatte ebenfalls aus getrennten Körnchen besteht, an welche die Spindelfasern ansetzen.

Die einplattigen Spindeln aus dem protoplasmatischen Wandbelege des Embryosackes von *Staphylea pinnata* waren in einem Falle sämtlich typisch ausgebildet, während in einem anderen Eichen derselben Pflanze die aequatorialen Körnchen der Kernplatte so nahe an einander gelagert waren, dass man die Grenze der einzelnen Körnchen nicht mehr erkennen konnte.

Noch variabler sind die einplattigen Spindeln von *Leucojum aestivum* (Fig. 1, 7, 8, 9, 10, Taf. XVIII), wenn sie auch in demselben Eichen die grösste Aehnlichkeit besitzen. In Fig. 1, Taf. XVIII sind die Kernplattenelemente sehr nahe an einander gereiht und die Spindelfasern bilden zur Ebene des Aequators einen sehr spitzen Winkel. Fig. 6 stellt das Bild einer solchen Spindel schräg von oben gesehen dar. Die Fig. 7 zeigt die einplattige Spindel typisch ausgebildet. In Fig. 8 besteht die Kernplatte aus kurzen Stäbchen, und einzelne Kernplattenelemente liegen seitlich von der Spindel getrennt. In Fig. 9 ist die primitive Spindel mit der einplattigen Spindel identisch; die Kernsubstanzmassen werden nicht vor der Theilung in den Aequator gedrängt und daher werden an den Polen die Spindelfasern gar nicht sichtbar; oder mit anderen Worten: die Kernplattenelemente bestehen aus langen Stäbchen, welche bis zu den beiden Polen reichen. In Fig. 10 besteht die Kernplatte aus ineinandergeschlängelten Fäden, und die Pole sind verhältnissmässig weit vom Aequator entfernt.

Die einplattige Spindel von *Lilium croceum* besitzt eine Kernplatte, die aus eng aneinandergelagerten Stäbchen besteht. Der Verlauf der einzelnen Stäbchen ist nicht genau zu verfolgen; doch sieht man von den Enden derselben die Spindelfasern zu den beiden Polen gerichtet (Fig. 11, Taf. XVII). Auf dieses Stadium folgt bald durch die Quertheilung der einzelnen Stäbchen die zweiplattige Spindel (Fig. 12) und die beiden Kernplattenhälften weichen bis zu den Polen auseinander (Fig. 13). An den Polen verschmelzen die Elemente der Kernplattenhälften zu je einem homogenen Körper, welche die jungen Tochterkerne, nur aus

Kernsubstanz bestehend, darstellen (Fig. 14). Zwischen den Tochterkernen bleibt die kernplattenlose Spindel, welche nur aus Spindelfasern gebildet ist. Ein wenig später erkennt man an den Tochterkernen eine Kernwand, die Kernsubstanz ist in viele Körnchen zerfallen, die im Kernsaft zerstreut liegen. Zwischen den Tochterkernen ist innerhalb der kernplattenlosen Spindel eine homogene Zellplatte gebildet (Fig. 15), die bald stark aufquillt (Fig. 16) und darauf mit dieser Spindel spurlos wieder verschwindet. Man findet dann die Kerne im feinkörnigen Wandplasma ziemlich regelmässig vertheilt und durch einzelne dicke Protoplasmafäden mit den Nachbarkernen verbunden (Fig. 20). Die Kernsubstanz ist zum grössten Theil auf zahlreiche grössere und kleinere Körnchen beschränkt, von denen fast jedes im Innern eine Vacuole besitzt. Ob alle diese Körnchen mit einander in Verbindung stehen, liess sich nicht erkennen. Nur sehr selten konnte man sich überzeugen, dass zwei benachbarte Körnchen durch einen feinen Faden, der ebenfalls aus Kernsubstanz bestand, verbunden waren.

Wenn sich der Kern zur Theilung anschickt, sieht man die Körnchen zu Fäden ausgezogen, die wirr durcheinander laufen (Fig. 17, Taf. XVII). Bald darauf scheint die Kernwand verschwunden zu sein (Fig. 18) und das umgebende Protoplasma drängt sich in die Lücken des Fadenknäuels. Die Fäden werden dann der Länge nach nebeneinander gereiht und stellen die primitive Spindel dar (Fig. 19). Dieses Stadium bleibt verhältnissmässig lange unverändert und erst kurz vor der Theilung der Kernplatte wird die Kernsubstanz in den Aequator zusammengedrängt und dann treten an den Polen die Spindelfasern auf (Fig. 11, Taf. XVII).

Eine einplattige Spindel, deren Kernplatte aus langen Stäbchen zusammengesetzt ist, wie es Fig. 11, Taf. XVII für *Lilium croceum* zeigt, habe ich nur bei *Monocotylen* gefunden und zwar noch bei *Lilium Martagon*, *Fritillaria imperialis* und *Meleagris* und bei *Hyacinthus orientalis*. Eine Mittelform zwischen diesen einplattigen Spindeln und denen, deren Kernplatte aus einzelnen getrennten Körnern besteht, bieten uns die einplattigen Spindeln dar, deren Kernplatten aus kurzen Stäbchen gebildet sind. Solche einplattige Spindeln fand ich bei *Secale cereale*, *Bulbocodium vernum*, *Czackia Liliastrum*, *Polygonatum officinale*, *Leucojum aestivum* (Fig. 8, Taf. XVIII) und bei *Agrimonia Eupatoria*.

Bei *Galanthus nivalis* schien die Kernplatte aus einer ununterbrochenen Masse von Kernsubstanz gebildet zu sein, von welcher einzelne Fortsätze zu den beiden Polen gerichtet waren (Fig. 15

und 16, Taf. XVIII). Aehnlich sind die einplattigen Spindeln bei *Leucojum vernum*, *Tulpia Gesneriana*, *Vicia narbonensis* und *Pisum sativum*.

Häufig findet man die Kernplatte aus dicht aneinander gedrängten Körnern bestehend, wie in Fig. 21, Taf. XVII für *Staphylea pinnata*, in Fig. 31, Taf. XVII für *Dictamnus albus* und in Fig. 11, Taf. XVIII für *Ornithogalum nutans* abgebildet ist. Solche einplattige Spindeln fand ich ausserdem noch bei *Muscaria racemosa*, *Allium odorum*, *Convallaria majalis*, *Sisyrinchium iridifolium*, *Caltha palustris*, *Alliaria officinalis*, *Evonymus latifolius*, *Circaea lutetiana*, *Primula elatior* und *Cuscuta europaea*.

Endlich kann die Kernplatte aus einer homogenen Masse von Kernsubstanz bestehen. So bei *Hemerocallis graminea*, *Urtica pilulifera*, *Corydalis cava*, *Corydalis pallida* und *lutea* und bei *Cynoglossum officinale*.

Im Embryosack einiger Pflanzen habe ich noch die Theilung von freien Endospermkernen gefunden; doch war die Theilung so weit vorgeschritten, dass ich die einplattige Spindel nicht beobachtet habe. Dieses war der Fall bei *Tradescantia virginica*, *Luzula pilosa*, *Pulsatilla vulgaris*, *Armeria vulgaris*, *Polygonum*, *Bistorta*, *Malva rotundifolia*, *Cytisus Laburnum* und *Senecio vulgaris*.

Bei *Staphylea pinnata* wird nach der Theilung zwischen den Tochterkernen innerhalb der kernplattenlosen Spindel eine feste transitorische Zellplatte gebildet (Fig. 25, Taf. XVII). Vor der Bildung der Spindel kann sich die Kernsubstanz zu einer homogenen Masse zusammenballen (Fig. 28, Taf. XVII). Dasselbe Verhalten fand ich auch zuweilen bei *Leucojum aestivum* (Fig. 34 und 35, Taf. XVIII).

Nach jeder Theilung der freien Endospermkerne von *Dictamnus albus* wird die transitorische Zellplatte nur schwach angedeutet (Fig. 35, Taf. XVII). Bei *Corydalis cava*, *C. pallida*, *Euphorbia myrsinites*, *Urtica pilulifera*, *Vicia narbonensis* und *Agrimonia Eupatoria* tritt keine Zellplatte auf.

In den Kernkörperchen der entwickelten Kerne von *Dictamnus* werden häufig grosse Vacuolen gebildet (Fig. 36 und 37, Taf. XVII). Von noch bedeutenderer Grösse sah ich Vacuolen in den Kernkörperchen der secundären Embryosackkerne von *Loasa tricolor* (Fig. 43, Taf. XVII). In einem Falle traf ich ein solches Kernkörperchen direkt vom Protoplasma umgeben (Figur 44, Tafel XVII); der Kerncontour war verschwunden. Leider konnte ich

hier nicht feststellen, ob das Eichen befruchtet war, oder ob die Befruchtung ausgeblieben war und der secundäre Embryosackkern daher vielleicht in Rückbildung begriffen war.

Während sich die Kerne im protoplasmatischen Wandbelege des Embryosackes meistens durch Zweitheilung vermehren, hatte ich einige Male Gelegenheit abnorm ausgebildete Spindeln zu beobachten, bei denen die Spindelfasern nach drei verschiedenen Punkten convergiren. Den einen Fall hat Strasburger in der dritten Auflage seines Buches über „Zellbildung und Zelltheilung“ für *Reseda odorata* in Fig. 28, Taf. XVII abgebildet. Die Spindelfasern convergiren hier nach drei verschiedenen Polen. Aus der Fig. 29, Taf. XVII (*l. c.*) kann man aber aus dem Grunde nicht auf eine stattgefundene Dreitheilung schliessen, als ein Kern von dem mittleren verdeckt ist. Die feine Protoplasmaschicht ist nämlich beim Herauspräpariren aus dem Embryosack nicht sorgfältig ausgebreitet, so dass sie umgeschlagen ist und daher an dieser Stelle aus einer doppelten Lage besteht. Ein Kernpaar liegt in der oberen, ein zweites in der unteren Protoplasmaschicht.

In Fig. 2, 3 und 4 auf Taf. XVIII sind einige abnorm ausgebildete (dreipolige) Spindeln aus dem Embryosack von *Leucosium aestivum* abgebildet. Ganz in der Nähe derselben hatten die übrigen einplattigen Spindeln das Aussehen, wie Fig. 1, Taf. XVIII zeigt. Aehnliche dreipolige Spindeln fand ich auch im Embryosack von *Ornithogalum nutans* (Fig. 12, 13 und 14, Taf. XVIII). Diese lagen ebenfalls zwischen normal ausgebildeten einplattigen Spindeln (Fig. 11) zerstreut.

Im Embryosack vieler (wenn nicht aller) *Papilionaceen* werden, wie schon Hegelmaier¹⁾ und Strasburger²⁾ erwähnt haben, die noch freien Endospermkerne, welche durch wiederholte Zweitheilung aus dem secundären Embryosackkern hervorgegangen sind, zum grössten Theil wieder rückgebildet. Endospermzellen werden nur in der Nähe des Embryo gebildet. Die in Rückbildung begriffenen Kerne nehmen bedeutend an Grösse zu, schliesslich schwindet die Kernwand, der Kernsaft mischt sich mit dem umgebenden Protoplasma und die Kernsubstanz zerfällt unter Bildung von Vacuolen im Innern in kleine Stücke, die später spurlos im Protoplasma

¹⁾ Bot. Zeitung 1880, Nr. 8 Sp. 131.

²⁾ Bot. Zeitung 1880, Nr. 51 Sp. 865.

verschwinden. Fig. 26, 27 und 28, Taf. XVIII stellen solche Stadien des Zerfalls von Kernen aus dem Wandplasma des Embryosackes von *Phaseolus vulgaris* dar. Im Embryosack von *Leucojum aestivum* fand ich an einer Stelle ähnliche Bilder (Fig. 36 und 37, Taf. XVIII), die ebenfalls auf ein Zerfallen von Endospermkernen schliessen lassen.

Allgemeines über die Kerntheilung.

Wenn wir vorhin die Verschiedenheiten kennen gelernt haben, welche bei der Theilung von Zellkernen vorkommen können, so wird es auf der anderen Seite nicht weniger interessant sein, die Gleichartigkeit dieser Vorgänge aufzusuchen. Indem wir dieses thun, werden wir zugleich das Wesentliche vom Unwesentlichen trennen; denn wir können annehmen, dass das Gemeinsame wesentlich ist, und die individuellen Verschiedenheiten zum Verständniss des Theilungsvorganges weniger wichtig sind. Im Folgenden werde ich daher gleichsam ein Schema der Kerntheilung entwerfen, welches aus den Theilungsfiguren von freien Endospermkernen an den oben aufgezählten Pflanzen gewonnen ist. Was die Art der Beschreibung anbetrifft, so werde ich die Entwicklung des Kernes von dem Augenblicke an, wo er ein einheitliches Ganze darstellt, bis zu der Zeit verfolgen, wo aus dem Mutterkern zwei diesem ähnliche Tochterkerne entstanden sind. Da aber schon längst von verschiedenen Seiten die Aehnlichkeit der Kerntheilungsvorgänge im Pflanzen- und Thierreich hervorgehoben ist, so werde ich auch die verschiedenen Ansichten von einigen Autoren auf diesem Gebiete mittheilen.

Der junge Zellkern, welcher aus einer Kernplattenhälfte hervorgegangen ist, erscheint zunächst als ein völlig homogener Körper stark lichtbrechender Substanz, die sich in Farbstofflösungen weit intensiver imbibirt, als das umgebende Protoplasma. In den Fällen, wo eine homogene Kernplatte vorhanden ist, wie z. B. bei *Galanthus nivalis*, sind die Tochterkerne gleich nach der Theilung der Kernplatte gebildet. Wo jedoch die Kernplatte aus getrennten Elementen besteht, findet die Bildung der Tochterkerne erst an den Polen statt, indem hier die Hälften der einzelnen Körner oder Stäbchen zu einem einheitlichen Körper verschmelzen. Der Kern besteht in diesem Stadium scheinbar nur aus Kernsubstanz, von Kernsaft oder einer differenter Kernwand lässt sich nichts erkennen. Die Art seiner Entste-

lung, die leichte Veränderlichkeit seiner Form, wie auch das Vermögen Vacuolen im Innern zu bilden, lassen schliessen, dass wir es hier mit einer zähflüssigen, dem Protoplasma ähnlichen Materie zu thun haben.

Indem im Innern des jungen Kernes zahlreiche Vacuolen gebildet werden, der Inhalt der Vacuolen an vielen Stellen zusammenfliesst, zerfällt die Kernsubstanz in viele grössere und kleinere Massen, die häufig noch durch zarte Fädchen in Verbindung stehen. Auf diese Weise entstehen aus der einheitlichen Kernsubstanz zahlreiche Kernkörperchen, die daher auch alle Eigenschaften der Kernsubstanz besitzen. Die Flüssigkeit, welche sich zuerst nur in den Vacuolen befand, stellt den Kernsaft dar, der die Kernkörperchen umgiebt. Ob im entwickelten Kern alle Kernkörperchen durch Kernsubstanz in Verbindung stehen, konnte nicht beobachtet werden. Eine solche Verbindung wird aber durch die Art der Entstehung der Kernkörperchen aus der einheitlichen, protoplasmaähnlichen Masse des jungen Kernes wahrscheinlich gemacht.

Der Kernsaft ist scharf gegen das Protoplasma abgegrenzt. Ob zwischen Protoplasma und Kernsaft eine aus differentem Stoff gebildete Membran besteht, liess sich auf dieser Stufe der Entwicklung nicht sicher feststellen. Ich nehme an, dass das Protoplasma, wie es überall nach aussen hin sich mit einer dichteren Schicht umgiebt, auch um einen differenten Körper, in diesem Falle um den Zellkern eine dichtere Beschaffenheit annimmt. Wenn dieses der Fall ist, so ist der Kern bei seinem ersten Entstehen von einer Membran umgeben, die das Product der chemischen Vereinigung von Kernsubstanz und Protoplasma ist.

Ansichten verschiedener Autoren.

Zuerst hat Auerbach¹⁾ die Aehnlichkeit der Nucleolarsubstanz mit dem Protoplasma hervorgehoben. Er führt vor Allem folgende Eigenschaften an, die beiden Körpern gemeinsam sind: „die Fähigkeit und Neigung, im lebendigen Zustande Vacuolen in sich zu entwickeln,“ das Vermögen, amöboide Formveränderungen auszuführen und „die Fä-

¹⁾ Organologische Studien, Heft 1, 1874, p. 167 und 168.

higkeit zu organischem Wachstum und zur Vermehrung durch Selbsttheilung.“ Diese Aehnlichkeit macht es Auerbach¹⁾ sehr wahrscheinlich, „dass die Nucleoli aus einer Substanz bestehen, welche mit dem Protoplasma junger Zellen identisch ist.“ Ueber die Entstehung der Kernmembran sagt Auerbach²⁾ folgendes:

„Der Kern ist bei seiner Entstehung eine Art Vacuole, d. h. eine tropfenförmige Ansammlung einer vom eigentlichen Protoplasma verschiedenen, dickflüssigen, hellen und homogenen Substanz in einer anfangs wandungslosen, d. h. nicht durch eine besondere Schicht eingeschlossenen Höhle des Protoplasma. Nachträglich verdichtet sich eine der Oberfläche des Tropfens anliegende Grenzschicht des Protoplasma zu einer besonderen Wandung der Kernmembran. Die Kernhöhle ist also das Primäre am Kern, seine Membran ein äusseres Accidens.“ Schon vor Auerbach hatte la Valette St. George³⁾ amöboide Kernkörperbewegung beschrieben, und die sogen. Nucleolini als Vacuolen im Keimfleck erklärt. Auch hatte Strasburger⁴⁾ die Theilung der Kernkörperchen in zwei neue Nucleoli beobachtet. Es standen jedoch damals diese Angaben so vereinzelt da, dass man sie nicht als charakteristische Eigenschaften der Kernkörperchen ansehen konnte.

Später wurden auch von Brandt⁵⁾, Eimer⁶⁾ und Greff⁷⁾ amöboide Bewegungen an Keimflecken wahrgenommen, und ebenso von Kidd⁸⁾ solche an den Kernkörperchen in den Zellen des Mundepithels vom Frosch. Bütschli⁹⁾ unterscheidet am diffe-

¹⁾ l. c. p. 165.

²⁾ Zelle und Zellkern, Beiträge zur Biologie der Pflanzen von Cohn Bd. II. p. 6.

³⁾ Ueber den Keimfleck und die Deutung der Eitheile. Archiv für mikr. Anatomie, Bd. II. 1866, p. 56.

⁴⁾ Die *Coniferen* und die *Gnetaceen*, Jena, 1872, p. 85.

⁵⁾ Ueber aktive Formveränderungen des Kernkörperchen, Arch. f. mikr. A. Bd. 10, p. 507.

⁶⁾ Ueber amöboide Bewegungen des Kernkörperchens, Arch. f. mikr. A. Bd. 11, p. 325.

⁷⁾ Jahresber. über Fortsch. d. Anat. u. Physiol. Bd. V. 1876, p. 41.

⁸⁾ Observations on spontaneous movement of nucleoli, Quart. journ. of microscop. science, 1875. V. 15.

⁹⁾ Studien über die ersten Entwicklungsvorgänge der Eizelle, Abhandl. der Senckenb. naturf. Gesellsch. Bd. X.

renzirten Kern die Kernmaterie von der Kernflüssigkeit. Die Kernmaterie kann allein für sich einen Kern bilden; sie differenziert sich später in Hülle und Inhaltskörper, welche letztere als Kernkörperchen oder faserige Gebilde erscheinen können.

Bütschli sagt ausdrücklich (l. c. p. 197). „Eine weitere Folge ist jedoch auch die Zusammengehörigkeit der sogenannten Membran der thierischen Kerne und deren Binnenkörper; beide sind Differenzierungsprodukte eines ursprünglich homogenen Körperchen und es ist daher ganz verfehlt, wenn Auerbach die Membran der Kerne als eine vom umgebenden Protoplasma erzeugte Umhüllung auffasst.“ An einer anderen Stelle sagt Bütschli¹⁾: „Die grossen Keimzellen aus den Hoden von *Blatta germanica* enthalten nichts, was man Kernkörper bezeichnen könnte, dagegen eine beträchtliche Anzahl dunkle Körner (nach Essigsäurebehandlung), die alle, indem sie sich in Fasern fortsetzen, mit einer gewissen Strecke der Kernhülle in Verbindung treten.“

v. Beneden²⁾ erkennt im Kern des reifen Eies von *Asteracanthion rubens*, der von einer feinen Membran umgeben ist, einen Nucleolus und mehrere von diesem chemisch differente Körperchen, die Pseudonucleolen, welche in einem das Innere des Keimbläschens durchziehenden veränderlichen feinen Netze einer feinkörnigen Substanz, „Nucleoplasma“, suspendirt sind. Die jungen Kerne bestehen aus einer homogenen Materie „essence nucléaire.“ Aus dem Protoplasma wird beim Wachsthum des Kernes noch der Kernsaft aufgenommen. Aus der Vereinigung von Kernessenz und Kernsaft entsteht die Kernsubstanz. Die Membran und die Kernkörperchen bestehen ausschliesslich aus essence nucléaire. Beide lösen sich vor der Theilung in der Kernsubstanz auf, wodurch der Kontour des Kernes schwindet. Die Vacuolen im Kernkörperchen sind das Produkt der Vereinigung von Nucleolarsubstanz mit dem Kernsaft.

Sehr ausführliche Angaben über die Bestandtheile des Kernes

¹⁾ Mittheilung über die Conjugation der Infusorien und die Zelltheilung, Zeitschrift für wiss. Zoologie. Bd. 25, 1875, p. 432.

²⁾ Contributions à l'histoire de la vésicule germinative, Bull. de l'acad. roy. de Belgique. P. 41, 1876.

der Ganglienzelle giebt Schwalbe¹⁾. Derselbe hat beobachtet, dass die Kernkörperchen feine Ausläufer besitzen, die von derselben Substanz gebildet sind als die Kernkörperchen und die Kernmembran, nämlich von Nucleolarsubstanz. Wenn im Innern des Kernes die Nucleoli fehlen, treten dafür wandständige Kernkörperchen auf, die mit der Kernmembran eng verschmolzen sind. „Die Substanz, aus der die spätere Kernmembran und die Nucleoli bestehen, ist anfangs gleichmässig durch den ganzen Kern vertheilt und füllt denselben mehr oder weniger vollkommen aus, indem sie von zahlreichen mit einer anderen Masse erfüllten Vacuolen durchsetzt ist. Beim Wachsthum des Kernes nimmt die Vacuolensubstanz zu, ohne dass eine wesentliche Zunahme des anderen Kernbestandtheils zu constatiren wäre. Die Folge davon ist, dass letztere in verschiedene Portionen zerrissen wird, von denen eine stets die Oberfläche des Kernes einnimmt, zur sog. Kernmembran wird, mit einer Anzahl zackiger Vorsprünge, den wandständigen Kernkörperchen, in das Innere des Kernes hineinragt, während andere Portionen sich zu einem oder mehreren Nucleolis zusammenballen. In dem Maasse, als die helle Substanz im Innern des Kernes zunimmt, werden die inneren Prominenzien der Kernmembran in Folge zunehmender Ausdehnung des letzteren immer mehr verstreichen. Man kann also den ganzen Prozess als eine Vacuolisirung auffassen, ähnlicher Art, wie sie innerhalb der Pflanzenzellen zur Scheidung von Protoplasma und Zellsaft führt. Ich werde hinfort den glänzenden, die Kernmembran und die Kernkörperchen constituirenden Bestandtheil der fertigen Kerne als Nucleolarsubstanz bezeichnen, den wasserklaren das Innere des Kernes erfüllenden als Kernsaft.“ Ferner betont Schwalbe an den Kernen vieler Ganglienzellen das Fehlen einer Kernmembran. „Der helle klare Kernsaft wird unmittelbar von der Zellsubstanz begrenzt.“

R. Hertwig²⁾ unterscheidet im Kern zwei Bestandtheile, die

¹⁾ Bemerkungen über die Kerne der Ganglienzelle, Jenaische Zeitschrift f. Naturw. Bd. 10. 1876 p. 29 u. ff.

²⁾ Beiträge zu einer einheitlichen Auffassung der verschiedenen Kernformen, Zoolog. Jahrb. Bd. II. 1876.

Kernsubstanz und den Kernsaft. Die Kernsubstanz ist durch automatische Bewegungen charakterisirt, die sich entweder in amöboiden Formveränderungen kund geben, oder in bestimmten Richtungen vor sich gehen, und dann zur Kerntheilung führen. Die starke Lichtbrechung und die Einwirkung verschiedener chemischer Reagentien zeigen, dass die Kernsubstanz einen vom Protoplasma verschiedenen Stoff darstellt. Die Kernkörperchen, welche vorwiegend die Kernsubstanz enthalten, sind die Träger der Kernfunctionen. Der Kernsaft ist eine Flüssigkeit, welche die Kernsubstanz durchtränkt. Das Netzwerk im Kern scheint ein protoplasmatisches Gebilde zu sein. „Wahrscheinlich communicirt dasselbe mittelst feiner Poren der Nucleusmembran mit dem umgebenden Protoplasma der Eizelle, von welchem es wie es scheint auch seiner Entstehung nach abgeleitet werden muss“¹⁾.

Nach der Vertheilung der beiden Kernbestandtheile unterscheidet R. Hertwig primitive und secundäre Kerne. Die primitiven Kerne erscheinen homogen; die Kernsubstanz ist gleichmässig vom Kernsaft durchtränkt (Embryonale Kerne, Eikern von O. Hertwig, Kerne der Furchungszellen, Kerne der *Infusorien*, *Monothalamien*, *Foraminiferen*). Zu den secundären Kernen gehören alle diejenigen, bei denen eine Sonderung der beiden Kernbestandtheile stattgefunden hat. Dies führt im einfachsten Falle zum Auftreten von Vacuolen in der Kernsubstanz (Pflanzenkerne); oder aber die Kernsubstanz zerfällt in mehrere Nucleolen, die mit dem Kernsaft von einer Kernrindenschicht umgeben sind (bei *Actinosphäriden*). Die Kernrindenschicht besteht wie die Nucleolen aus Kernsubstanz. Eine weitere Differenzirung der Kerne findet statt, wenn eine wirklich chemisch differente Kernmembran gebildet wird (Keimbläschen vieler Eier, *Infusorien*-Kerne). Letztere verhält sich zur Kernrindenschicht wie die Zellmembran zur Hautschicht des Protoplasma. Schliesslich können noch die Kernkörperchen unter sich und mit der Kernmembran durch ein Protoplasmanetz verbunden werden.

Flemming²⁾ fand in den Kernen der verschiedensten Gewebszellen von *Salamandra* schon im lebenden Zustande feine Netze aus einer Substanz gebildet, die von der übrigen Masse

¹⁾ l. c. p. 77.

²⁾ Beobachtungen über die Beschaffenheit des Zellkerns. Arch. f. mikros. A. Bd. XIII.

des Kernes wie auch vom umgebenden Protoplasma (R. Hertwig s. oben) chemisch verschieden ist. Nach Anwendung der Hermann'schen Anilinfärbung werden einzelne Theile des Kernnetzes stärker tingirt als andere, woraus sich auf Stellen von differenter Beschaffenheit des Netzgerüstes schliessen lässt. In dem Netz sind die Nucleolen und Nebennucleolen, zwei Körper von verschiedenartiger Substanz, suspendirt. Von der Kernmembran sagt Flemming¹⁾: „Es macht mir den Eindruck, dass die Kernmembran nicht entsteht, indem eine zusammenhängende Schicht ausgeschieden würde oder sich verfestigte, sondern, indem periphere Theile des Gerüstes sich zu einer dünnen Wandschicht²⁾ an der Grenze des Plasma vereinigen.“ Später hat Flemming³⁾ noch besonders das Verhalten der Nucleolen bei der Kerntheilung beobachtet, ohne zu einem befriedigenden Resultat zu gelangen. „Für *Salamandra* liess sich dabei ganz sicher stellen, dass sie (die Nucleolen) schon in sehr frühen Stadien des Mutterknäuls verschwunden sein können und dass sie, umgekehrt entsprechend, erst in den spätesten Tochterstadien wieder auftreten. In beiden Fällen zeigen sich die betreffenden Körperchen übrigens als Verdickungen der Netzbälkchen; ob sie schon den eigentlichen Nucleolen entsprechen, oder nur Verdickungen der Bälkchen, in welchen noch die Nucleolen als besondere Körper liegen, oder sich bilden werden, ist hier nicht zu entscheiden.“

In den farblosen Blutzellen von *Triton* hat Stricker⁴⁾ Formveränderungen der Zellkerne wie auch amöboide Bewegungen des inneren Gerüstes wahrgenommen. Die Kernhülle ist häufig unterbrochen, zuweilen kann sie bis auf ein Drittel oder auf die Hälfte ihres früheren Umfanges reducirt werden, so dass das Innengerüste dann continuirlich in den Zelleib übergeht. Da die Kernhülle und das Gerüste gleichartig zu sein scheinen, bezeichnet Stricker

¹⁾ Beiträge zur Kenntniss der Zelle und ihrer Lebenserscheinungen, Arch. f. mikr. Anat. Bd. 16.

²⁾ Diese Wandschicht würde der Kernrindenschicht von R. Hertwig entsprechen.

³⁾ Beiträge zur Kenntniss der Zelle und ihrer Lebenserscheinungen, Arch. f. mikrose. Anatomie. Bd. 18, 1880, p. 195.

⁴⁾ Beobachtungen über die Entstehung des Zellkerns, Sitzungsberichte d. Wien. Acad. Bd. 76. III. Abth.

beide als Kernsubstanz und die hellere Masse in den Maschen als Kernsaft. „Der freie Kern mit dem beweglichen Innengerüst ist nichts anderes als ein abgekapselter Zellleib¹⁾. Ferner sagt Stricker²⁾: „Die Kernkörperchen sind eben Theile oder Reste eines amöboiden Körpers im Kerne. Theile, insofern sie Bestandtheile des Reticulums sind, wie es Flemming und auch Eimer annehmen; Reste hingegen, wenn das Reticulum zerreisst.“ „Wenn man Kerne mit lebhaft amöboidem Reticulum beobachtet, so sieht man, dass Kernkörperchen, respective einzelne Knotenpunkte des Reticulums, unter den Augen entstehen und schwinden.“

Ebenfalls beobachtete Unger³⁾ in den Kernen von verschiedenen Gewebszellen vom Frosch, Triton, Hund, Kaninchen und Mensch Bewegungen des Innengerüsts und Brandt⁴⁾ nahm Formveränderungen am Keimbläschen und amöboide Bewegungen des Keimfleckes wahr. „Die amöboide Beweglichkeit (des Keimfleckes) veranlasst nicht selten das Loslösen einzelner Partikel, welche, wie der Keimfleck selbst, amöboid contractil sind. Die Zahl und Grösse dieser gelegentlich wieder zusammenfliessenden Partikel ist eine äusserst verschiedene. Bisweilen zerfällt der Keimfleck in eine Anzahl untereinander mehr oder weniger gleicher Theile oder es lösen sich von ihm so zahlreiche Stücke, dass seine Hauptmasse verdeckt wird, oder endlich der ganze Keimfleck ist in feine Körnchen zerfallen, so dass er zu fehlen scheint und man füglich von einem granulirten Keimbläschen reden kann“⁵⁾.

Klein⁶⁾ konnte sich überzeugen, dass die Kerne der verschiedenartigsten Zellen von *Triton cristatus* eine deutlich ausgeprägte netzförmige Structur besitzen. Dies intranucleare Netzwerk steht mit einem ähnlichen des Zelleibes, dem intracellularen

¹⁾ l. c. p. 14.

²⁾ l. c. p. 22.

³⁾ Ueber amöboide Kernbewegungen in normalen und entzündeten Geweben. Wien. med. Jahrb. 1878.

⁴⁾ Das Ei. 1878.

⁵⁾ l. c. p. 179.

⁶⁾ Observations on the structure of cells and nuclei, Quart. journ. of micros. science. 1878. p. 315 und ff.

Fasernetz, in Verbindung. Die Membran des Kernes besteht aus zwei Schichten, einer äusseren dichteren — der eigentlichen Grenz-
haut — und einer inneren, welche aus derselben Substanz als das
Netzwerk besteht. Die Kernkörperchen sind nur Verdichtungen
der Netzbalken. An einer anderen Stelle ¹⁾ sagt Klein: „Diese
Nucleolen bestehen ganz aus derselben stark licht-
brechender Substanz als die Fäden des Netzes und
hängen mit diesen allenthalben zusammen, sind also
nur verdickte Partieen desselben. Die dickeren Fä-
den des Netzes zeigen zuweilen kleinere oder grössere
Vacuolen und dasselbe ist auch der Fall mit
den Nucleolen; dieses ist somit ein weiterer Grund,
die Nucleolen als einfache Verdickungen der Netz-
fäden zu betrachten.“ Zuweilen kann das Netzwerk ganz
gleichmässig ausgebildet sein und dann fehlen die Kernkörperchen.

Strasburger ²⁾ rechnet zur Kernsubstanz alle tingirbaren
Theile des Kernes, die Kernwand, die Körner und Netze, wie auch
die Kernkörperchen. Von der Kernsubstanz wesentlich verschie-
den ist der Kernsaft, welcher die Räume zwischen den geformten
Kerntheilen erfüllt. „In gewissen Fällen scheint sich das
umgebende Protoplasma an der Bildung der Kern-
wandung zu betheiligen. Die Kernwandung würde
dann nur zum Theil der Kernsubstanz angehören.“
„Das Abheben der Membran bei den meisten pflanz-
lichen Kernen wird jedenfalls durch Aufnahme wässri-
ger Flüssigkeit aus der Umgebung veranlasst. Diese
bildet den Kernsaft“ ³⁾.

Allgemeines über die Kernbestandtheile.

Wie sehr auch die Ansichten über die Zusammensetzung des
Zellkernes auseinander gehen, so scheint doch aus der Gleich-
artigkeit der an den verschiedensten Stellen gewonnenen einzelnen
Resultate hervorzugehen, dass überall stets dieselben Vorgänge
wiederkehren.

Ueber die Gleichheit oder Verschiedenheit der einzelnen Be-
standtheile muss aber vor Allem die Entwicklung des Kernes von

¹⁾ Ein Beitrag zur Kenntniss des Zellkernes u. s. w., Centralbl.
f. d. med. Wiss. 1879, p. 291.

²⁾ Zellbildung und Zelltheilung. III. Aufl. 1880, p. 322.

³⁾ l. c. p. 336.

seinem ersten Auftreten als einheitliches Ganze an Aufschluss geben. Indem ich diese ersten Differenzirungen des Kernes verfolgte, gelangte ich zu Resultaten, die im Wesentlichen mit denen von Bütschli, Schwalbe, R. Hertwig, Stricker, Klein und Strasburger übereinstimmen.

Wenn Bütschli die Kernmembran zur Kernsubstanz hinzu-rechnet und Auerbach dieselbe als eine Grenzschrift des Protoplasma ansieht, so liegt die Differenz nur darin, dass Bütschli die Kernrindenschicht (R. Hertwig) nicht von der Kernmembran unterscheidet. Von R. Hertwig's Ansicht unterscheidet sich meine nur dadurch, dass ich das intranucleare Netzwerk nicht als ein protoplasmatisches Gebilde auffasse, sondern es zur Kernsubstanz gehörig betrachte. Mit Klein theile ich nicht die Ansicht, dass das intranucleare Netzwerk mit dem intracellularen in direkter Verbindung steht.

Wenn R. Hertwig¹⁾ die Nucleoli, welche vorwiegend die Kernsubstanz enthalten, als „die Träger der Kernfunctionen“ ansieht und in ihnen „die Thätigkeitscentren des Kernes“ erblickt, so möchte ich sagen: Das Wesen des Kernes ist allein durch die Kernsubstanz bedingt; denn der jugendliche Kern besteht nur aus Kernsubstanz, der Kernsaft wird durch die Vacuolenentwicklung erst später gebildet. Da die im entwickelten Kern vorhandenen Kernkörperchen nur unveränderte Theile der vorhin einheitlichen Kernsubstanz darstellen, so ist die Bezeichnung „Kernkörperchen“ überflüssig.

Die Kernmembran, welche aus einem von der Kernsubstanz verschiedenen Stoff besteht, betrachte ich mit Auerbach²⁾, O. Hertwig³⁾ und Strasburger⁴⁾ als ein Differenzirungsprodukt des angrenzenden Protoplasma, „als ein accidentelles Gebilde des Kernes.“

Bei der Kernvermehrung theilt sich nur die Kernsubstanz, welche vorher als Kernkörperchen, Netzwerk oder Kernrindenschicht vorhanden war. In den Fällen, wo sehr viele Kernkörperchen im

1) Beiträge zu einer einheitlichen Auffassung der verschiedenen Kernformen, Zoolog. Jahrbuch; Bd. II. 1876, p. 75.

2) Zelle und Zellkern, Beiträge zur Biologie der Pflanzen. Cohn, H. 2. 1877. p. 6.

3) Beiträge zur Kenntniss der Bildung, Befruchtung und Theilung d. thier. Eies, Morpholog. Jahrb. Bd. I. 1876, p. 349.

4) Zellbildung und Zelltheilung III. Aufl. p. 322.

entwickelten Kern vorhanden sind, wird vor der Theilung ein wirr durcheinanderlaufender Knäuel gebildet. Wenn dagegen die Kernsubstanz vorwiegend nur auf wenige Kernkörperchen vertheilt gewesen ist, kann es vorkommen, dass die Kernsubstanz vor der Theilung zu einem einheitlichen Körper sich zusammenballt. In diesen Stadien pflegt meistens der Kernsaft zu schwinden und das Protoplasma tritt unmittelbar an die Kernsubstanz heran. Vielleicht hat der Kern vorher eine von der Kernsubstanz chemisch differente Membran besessen, welche jetzt aufgelöst oder gesprengt ist und somit das Protoplasma von dem Kernsaft nicht mehr trennt. Bald darauf sieht man die Fäden des Knäuels regelmässiger nebeneinander gereiht, so dass die primitive Spindel entsteht, die bereits zwei Pole erkennen lässt. Wenn die Kernsubstanz vor der Theilung zu einem Klümpchen zusammengeballt war, so zerfällt dieses wieder in einzelne kurze Stäbchen, welche ebenfalls nach zwei verschiedenen Punkten gerichtet werden.

Vor der Theilung wird dann die tingirbare Kernsubstanz in den Aequator zusammengedrängt und an den beiden Polen treten die nicht tingirbaren Spindelfasern auf, welche bei allen verschiedenen Spindelformen mit Ausnahme der in Fig. 9, Taf. XVIII abgebildeten beobachtet sind. Zuweilen sind die Spindelfasern nur schwer wahrnehmbar; doch treten sie dann nach Einwirkung von Essigsäure hinreichend deutlich hervor. Die Ansammlung der Kernsubstanz im Aequator ist auch von Flemming¹⁾ besonders betont worden: „es tritt immer ganz unfehlbar ein Stadium dazwischen ein, wo die Fäden in den Aequator zusammengedrängen.“

Was die Spindelfasern anbetrifft, so bin ich geneigt, dieselben nicht als massive Stäbchen, sondern als Röhren oder Schläuche anzusehen, welche die Kernsubstanz einschliessen. Zu dieser Ansicht bin ich auf demselben Wege wie früher Bütschli²⁾ und Strasburger³⁾ gelangt, nämlich dadurch, weil es mir schien, dass bei einzelnen einplattigen Spindeln (Fig. 1, Taf. XVII) die Kernplattenelemente Verdickungen der Spindelfasern darstellten und dass die Kernsubstanz beim Auseinanderweichen der Kernplattenhälften nur in den Spindelfasern sich bewegt. Ich denke

1) Beiträge zur Kenntniss der Zelle und ihrer Lebenserscheinungen, Theil II. Arch. f. mikr. Anat. Bd. 18, 1880, p. 169.

2) Eizelle, Zelltheilung u. s. w. Abhandl. der Senckb. naturf. Ges. Bd. X p. 192.

3) Zellbild. und Zellth. III. Aufl., 1880, p. 326.

mir, dass die Spindelfasern aus dem umgebenden Protoplasma gebildet sind, indem dieses, sobald es an die primitive Spindel hintritt, die einzelnen Elemente derselben mit einer dichten Hautschicht umgiebt. Dann würden die Spindelfasern in derselben Weise entstehen wie die Kernmembran, und beide müssten aus derselben Substanz bestehen. Die kernplattenlose Spindel würde demnach nur die Hülle der primitiven Spindel darstellen. Die von Baranetzky¹⁾ beschriebenen Spindelfasern um die wurstförmig gewundenen Kernsubstanzmassen in den Pollenmutterzellen von *Tradescantia virginica* möchte ich auch nicht als Artefacte, sondern als spirale Verdickung der Spindelfasern ansehen.

Wenn wir aber annehmen, dass die Kernsubstanz sich in feinen Schläuchen bewegt, so hängt die Gestalt der einplattigen Spindel nur von der Widerstandsfähigkeit und Elasticität der Schläuche und von der Grösse der Kraft ab, welche die Kernsubstanzmassen in den Aequator zusammendrängt. Besitzen die Schläuche eine grosse Elasticität, so wird die Kernplatte aus einzelnen Körnchen zusammengesetzt sein (Fig. 1, Taf. XVII), sind sie sehr widerstandsfähig, so wird die Kernplatte aus Stäbchen gebildet sein (Fig. 11, Taf. XVII), sind die Schläuche aber schwach gebaut, so werden sie im Aequator gesprengt werden, die austretende Kernsubstanz fliesst zusammen und bildet eine homogene Kernplatte (Fig. 31, Taf. XVII).

Nach jeder freier Kerntheilung wird bei vielen Pflanzen zwischen den beiden Tochterkernen im Aequator der kernplattenlosen Spindel eine transitorische Zellplatte mehr oder minder deutlich ausgebildet. Mit der Zellplatte verschwindet auch die kernplattenlose Spindel wieder, und die Kerne werden, wenn die feinkörnige Protoplasmaschicht sehr zart ist, durch einzelne stärkere Protoplasmafäden verbunden (Fig. 20 und 46, Taf. XVII).

Häufig fand ich an Präparaten von *Lilium croceum*, *L. Martagon*, *Fritillaria imperialis*, *Polygonum Bistorta* und *Caltha palustris* neben den schon weit vorgeschrittenen Theilungsfiguren sehr feine Häutchen liegen, die sich in Methylgrün oder Borax-Carmin nicht tingirten (Fig. 22, 23, 24, 25, Taf. XVIII). Vielleicht sind diese Häutchen als Membranen der Mutterkerne zu betrachten, die vor ihrer Auflösung gesprengt und abgeworfen wurden.

¹⁾ Die Kerntheilung in den Pollenmutterzellen einiger *Tradescantien*, Bot. Zeit. 1880, Nr. 15—17, Sp. 285. Fig. 41, Taf. V.

Zellwandbildung und Kernverschmelzung.

Wenn der Embryosack fast seine definitive Grösse erreicht hat, beginnt die Zellwandbildung um die noch freien Endospermkerne. Die ersten Zellwände treten in anotropen Eichen in der Gegend der Mikropyle zuerst auf und ihre Bildung schreitet von hier chalazawärts fort. Sie scheinen zuerst aus kleinen Körnchen zu bestehen, die zu geraden Reihen in der Regel in der Mitte zwischen je zwei benachbarten Kernen angeordnet sind (Fig. 45 und 47, Taf. XVII, Fig. 30, Taf. XVIII). Diese kleinen Körnchen werden durch Borax-Carmin oder Methylgrün nicht tingirt. Ob dieselben an Ort und Stelle gebildet werden, oder ob sie vom Protoplasma erst dorthin geführt werden, konnte nicht sicher gestellt werden. Indem die Körnchen mit einander verschmelzen, bilden sie feste Zellwände, die an die Innenwand des Embryosackes ansetzen und die einzelnen Kerne von einander trennen.

Strasburger¹⁾ hat bereits gezeigt, dass im Embryosack von *Corydalis cava* die ersten Endospermzellen viele Zellkerne enthalten können, deren Anzahl gewöhnlich zwischen 1 und 7 schwankt. Alle Kerne in einer Zelle können dann zu einem Einzigen verschmelzen. Solche Kerne erlangen dadurch eine sehr bedeutende Grösse. Während die noch freien Endospermkerne gewöhnlich nur ein grosses Kernkörperchen besitzen, zeigen die Kerne, welche aus der Verschmelzung von mehreren hervorgegangen sind, deren viele, die höchst wahrscheinlich auch noch mit einander verschmelzen können.

Wie *Corydalis cava* verhält sich auch *Corydalis pallida*; doch verläuft die Endospermbildung im Embryosack von *Corydalis lutea* in ganz normaler Weise, so dass die ersten Endospermzellen stets gleich einen Kern enthalten. Auch bei *Galanthus nivalis*, *Leucojum aestivum*, *Pulmonaria officinalis*, *Staphylea pinnata* und *Urtica pilulifera* kam es nicht selten vor, dass zwei, drei oder auch vier Zellkerne in einer Zelle eingeschlossen waren. Die Kerne in einer Zelle können entweder noch nachträglich Scheidewände zwischen sich bilden und auf diese Weise einkernige Zellen darstellen, oder aber sie verschmelzen mit einander, sei es vor der Theilung, sei es während oder gleich nach der Theilung. In Fig. 5, Taf. XVIII ist ein Stück Wandplasma aus dem Embryosack von *Leucojum aestivum* bald nach der ersten Anlage der Zellwände abgebildet.

¹⁾ Zellbildung und Zelltheilung III. Aufl. p. 24.

In der grossen Zelle links befindet sich oben ein Kern, der noch deutlich erkennen lässt, dass er aus der Verschmelzung von zweien hervorgegangen ist. In derselben Zelle befindet sich unten noch ein Kern und zwischen beiden wird nachträglich eine Zellwand gebildet. In der Zelle rechts befindet sich ein grosser Kern, der jedenfalls auch durch Verschmelzung von zweien gebildet ist. Fig. 16, Taf. XVIII stellt eine nach oben hin (zum Beschauer hin) noch nicht geschlossene Zelle aus dem protoplasmatischen Wandbeleg des Embryosackes von *Galanthus nivalis* dar. In der Zelle haben sich zwei einplattige Spindeln in der Weise eng aneinander gelegt, dass ihre Aequatorebenen zusammenfallen und die Kernplatten der beiden einplattigen Spindeln zu einer einzigen verschmolzen sind. Dies Bild von *Galanthus nivalis* kann uns aber Aufschluss geben über einige merkwürdige Kernfiguren, die noch frei im Wandplasma des Embryosackes von *Lilium croceum* lagen. Solche Theilungsstadien sind in den Fig. 17, 18, 19, 20 auf Taf. XVIII abgebildet. In Fig. 17 haben wir eine grosse zweiplattige Spindel, die aber aus zwei zweiplattigen Spindeln zusammengesetzt zu sein scheint. In den Figuren 18, 19, 20 liegen zwischen je zwei grossen Tochterkernen je zwei kernplattenlose Spindeln. Vergleicht man diese Bilder mit der Fig. 16, so ist es sehr wahrscheinlich, dass hier während der Theilung von zwei Kernen gleichzeitig eine Verschmelzung der beiden Kerne (resp. Tochterkernpaare) stattgefunden hat. Auf diese Weise ist es also möglich, dass aus der Theilung von zwei Kernen wieder zwei Kerne hervorgehen. Ganz einzig in seiner Art ist aber das in Fig. 21, Taf. XVIII gezeichnete Bild einer Verschmelzung. Ich weiss für dieses Bild keine andere Deutung, als dass nach vollendeter Kerntheilung auf dem Stadium, wo in der kernplattenlosen Spindel die Zellplatte gebildet wird, eine Verschmelzung von zwei Tochterkernen und einem andern Nachbarkern stattgefunden hat.

Im Wandplasma aus dem Embryosack von *Leucojum aestivum* und *Hemerocallis fulva* habe ich schliesslich noch einzelne sehr grosse Kerne (Fig. 33, 38, Taf. XVIII) und in deren Nähe langgestreckte Kerne (Fig. 31, 32, Taf. XVIII) gefunden. Aus diesen Bildern möchte ich hier ebenfalls auf die Möglichkeit einer stattgefundenen Verschmelzung von noch freien Endospermkernen schliessen.

Zusammenfassung.

Die Vorgänge bei der Entwicklung, Theilung, Verschmelzung und Rückbildung der Zellkerne wie die Vorgänge bei der Zellwandbildung lassen sich kurz etwa folgendermaassen zusammenfassen.

Die Art der Entstehung des entwickelten Kernes aus dem anfangs homogenen Klümpchen von Kernsubstanz lässt sich als eine Vacuolenbildung der Kernsubstanz auffassen. Der Inhalt der Vacuolen bildet den Kernsaft und aus der Kernsubstanz gehen die Nucleolen, das Kernnetz und die Kernrindenschicht hervor. Da an vielen entwickelten Kernen nichts von einer Kernrindenschicht zu erkennen ist und da in diesen Fällen der Kernsaft stets scharf vom umgebenden Protoplasma abgegrenzt ist, so nehme ich an, dass der Kern von einer Kernmembran umgeben ist. Die Kernmembran kann durch eine chemische Einwirkung entweder der Kernsubstanz oder des Kernsaftes auf das umgebende Protoplasma gebildet sein.

Bei der Vermehrung der Zellkerne theilt sich nur die Kernsubstanz, welche zunächst die primitive Spindel bildet. Der Kernsaft dringt auf diesem Stadium in das umgebende Protoplasma, da die Kernmembran jedenfalls aufgelöst oder gesprengt ist. Das Protoplasma, welches jetzt an die Stäbchen der primitiven Spindel hinantritt, umgiebt dieselben mit einer dichteren Hautschicht und bildet auf diese Weise die Spindelfasern. Diese werden an den Polen sichtbar, wenn die Kernsubstanz in den Aequator gedrängt wird. Nach dem Auseinandergehen der Kernplattenhälften bleiben zwischen ihnen die Spindelfasern als leere Schläuche zurück, die später wieder rückgebildet werden.

Die Verschmelzung der Kerne geschieht in der Weise, dass die Kernmembranen an den Berührungsstellen der Kerne verschwinden und die gleichwerthigen Bestandtheile sich vereinigen.

Vor dem Zerfall der Zellkerne erreichen dieselben eine sehr bedeutende Grösse, ihre Membran wird schliesslich aufgelöst, der Kernsaft mischt sich mit dem umgebenden Protoplasma und die Kernsubstanz zerfällt unter Bildung von Vacuolen im Innern in kleine Stücke, die später im Protoplasma zerfliessen.

Die Zellwände werden aus kleinen Körnchen aufgebaut, deren Substanz sich nicht erkennen liess.

Tafelerklärung.

Tafel XVI.

Fig. 1—4. *Lamium album*.

Fig. 1. Befruchteter Embryosack. Der secundäre Embryosackkern liegt auf Protoplasmafäden suspendirt in dem unteren abgebo- genen Ende des Embryosackes, der von einer einfachen Schicht von Zellen mit verdickten Wänden umgeben ist. Vergr. 220.

Fig. 2. Das untere Ende des Embryosackes nach der ersten Theilung der Endospermutterzelle. Vergr. 440.

Fig. 3. Im unteren Ende des Embryosackes ist ein vielzelliger Endospermkörper gebildet, in den der Embryo auf einem Suspensor hinein gewachsen ist. Im oberen Theile des Embryosackes liegen einige freie Zellkerne im Protoplasma. Vergr. 220.

Fig. 4. Der Embryosack hat bei seiner Weiterentwicklung in der Mitte eine Einschnürung erfahren. Vergr. 160.

Fig. 5—7. *Veronica Buxbaumii*.

Fig. 5. Embryosack gleich nach der Befruchtung. Vergr. 160.

Fig. 6. Der Embryosack ist in der Mitte stark eingeschnürt und hat nach unten hin eine Ausstülpung getrieben. Der Endospermkörper besteht aus acht Zellen. Vergr. 220.

Fig. 7. Der Embryo ist in den Endospermkörper hineingewach- sen. Vergr. 440.

Fig. 8—14. *Lousa tricolor*.

Fig. 8. Der Embryosack hat vor der Befruchtung eine Aus- stülpung in das Nucellargewebe getrieben. Vergr. 90.

Fig. 9. Mittlerer Theil des Embryosackes nach der ersten Thei- lung der Endospermutterzelle. Vergr. 220.

Fig. 10. Der Eiapparat gleich nach der Befruchtung. Vergr. 440.

Fig. 11. Die untere Anschwellung hat eine Aussackung in das Nucellargewebe getrieben. Vergr. 220.

Fig. 12. Ein Tochterkern des secundären Embryosackkernes ist in die Ausstülpung gewandert. Vergr. 220.

Fig. 13. In der Ausstülpung sind einige freie Zellkerne. Der Endospermkörper ist bereits vielzellig. Im unteren Raume sind noch die Gegenfüßlerinnen und zwei freie Endospermkerne zu sehen. Vergr. 90.

Fig. 14. Die obere Ausstülpung des Embryosackes. In derselben befinden sich acht freie Zellkerne. Vergr. 220.

Tafel XVII.

Fig. 1—10. *Iris sibirica*. Vergr. 820.

Fig. 1. Einplattige Spindel.

Fig. 2 und 3. Zweiplattige Spindeln.

Fig. 4. Zwei Tochterkerne, zwischen denen noch die kernplattenlose Spindel zu sehen ist.

Fig. 5. In der kernplattenlosen Spindel ist die Zellplatte gebildet.

Fig. 6. Zellplatte und kernplattenlose Spindel sind wieder rückgebildet.

Fig. 7. Ein Endospermkern mit vielen Kernkörperchen.

Fig. 8. Die Kernkörperchen sind theils mit einander verschmolzen, theils sind sie zu Fäden ausgezogen.

Fig. 9. Die Kernwand ist verschwunden.

Fig. 10. Primitive Spindel.

Fig. 11—20. *Lilium croceum*. Vergr. 440.

Fig. 11. Einplattige Spindel.

Fig. 12 und 13. Zweiplattige Spindeln.

Fig. 14. Zwischen den beiden Tochterkernen liegt die kernplattenlose Spindel.

Fig. 15. An den Tochterkernen sind die Kernkörperchen, der Kernsaft und die Kernwand zu erkennen. In der kernplattenlosen Spindel ist die Zellplatte gebildet.

Fig. 16. Rückbildung der Zellplatte.

Fig. 17. Aus der Kernsubstanz ist ein Fadenknäuel gebildet.

Fig. 18. Die Kernwand ist geschwunden.

Fig. 19. Primitive Spindel.

Fig. 20. Ein Stück Wandplasma. Die freien Endospermkerne sind durch einzelne dicke Protoplasmafäden verbunden. Die Kernkörperchen zeigen Vacuolen im Innern.

Fig. 21—30. *Staphylea pinnata*.

Fig. 21. Einplattige Spindel. Vergr. 820.

Fig. 22. Zweiplattige Spindel. Vergr. 820.

Fig. 23 und 24. An den Polen der kernplattenlosen Spindel sind die Tochterkerne gebildet. Vergr. 820.

Fig. 25. Die Tochterkerne bestehen aus Kernsubstanz und Kernsaft. In der kernplattenlosen Spindel ist die Zellplatte gebildet. Vergr. 820.

Fig. 26. Die kernplattenlose Spindel ist mit der Zellplatte rückgebildet. Vergr. 820.

Fig. 27. Ein Endospermkern nahe vor der Theilung. Vergr. 820.

Fig. 28. Kernwand und Kernsaft sind geschwunden. Die Kernsubstanz hat sich zu einer homogenen Masse zusammengeballt. Vergr. 820.

Fig. 29. Bildung der primitiven Spindel. Vergr. 820.

Fig. 30. Die Kernfiguren liegen im Protoplasma von Zellwänden eingeschlossen, welche stark gequollen sind. Vergr. 440.

Fig. 31—40. *Dictamnus albus*.

Fig. 31. Einplattige Spindel. Vergr. 820.

Fig. 32. Zweiplattige Spindel. Vergr. 820.

Fig. 33 und 34. An den Polen der kernplattenlosen Spindeln sind die Tochterkerne gebildet. Vergr. 820.

Fig. 35. In der kernplattenlosen Spindel ist die Zellplatte schwach angedeutet. Die Tochterkerne bestehen aus Kernsaft und Kernsubstanz. Vergr. 820.

Fig. 36 und 37. Endospermkerne nahe vor der Theilung. Vergr. 820.

Fig. 38. Die Kernwand und der Kernsaft sind geschwunden. Vergr. 820.

Fig. 39. Bildung der primitiven Spindel. Vergr. 820.

Fig. 40. Ein Stück Wandplasma aus dem Embryosack, die Kerntheilungen zeigend. Vergr. 160.

Fig. 41—44. *Lousa tricolor*. Vergr. 440.

Fig. 41—43. Secundäre Embryosackkerne.

Fig. 44. Der secundäre Embryosackkern besteht nur aus einem Kernkörperchen, welches Vacuolen im Innern zeigt.

Fig. 45. *Caltha palustris*. Vergr. 440.

Fig. 45. Zellwandbildung im Embryosack.

Fig. 46 und 47. *Agrimonia Eupatoria*. Vergr. 440.

Fig. 46. Die Endospermkerne sind durch dicke Protoplasmafäden verbunden.

Fig. 47. Beginn der Zellwandbildung um die freien Endospermkerne.

Tafel XVIII.

Fig. 1—10. *Leucojum aestivum*. Vergr. 440.

Fig. 1. Einplattige Spindel.

Fig. 2—4. Dreipolige Spindeln.

Fig. 5. Zellwandbildung. Verschmelzung von Zellkernen.

Fig. 6. Eine einplattige Spindel schräg von oben gesehen.

Fig. 7—10. Einplattige Spindeln aus verschiedenen Embryosäcken.

Fig. 11—14. *Ornithogalum nutans*. Vergr. 440.

Fig. 11. Einplattige Spindel.

Fig. 12—14. Dreipolige Spindeln.

Fig. 15—16. *Galanthus nivalis*. Vergr. 440.

Fig. 15. Einplattige Spindel.

Fig. 16. Zwei einplattige Spindeln liegen in einer jungen Endospermzelle nahe aneinander.

Fig. 17—23. *Lilium croceum*. Vergr. 440.

Fig. 17—21. Verschmelzung von Theilungsfiguren.

Fig. 22 und 23. Neben den Theilungsfiguren liegen feine Membranen.

Fig. 24 und 25. *Lilium Martagon*. Vergr. 440.

Fig. 24 und 25. Neben den Theilungsfiguren liegen feine Membranen.

Fig. 26—28. *Phaseolus vulgaris*. Vergr. 440.

Fig. 26—28. Zerfall von Endospermkernen.

Fig. 29—30. *Reseda odorata*. Vergr. 440.

Fig. 29. Zellwandauflösung.

Fig. 30. Zellwandbildung.

Fig. 31—33. *Hemerocallis fulva*. Vergr. 350.

Fig. 31—33. Grosse freie Endospermkerne.

Fig. 34—38. *Leucojum aestivum*. Vergr. 350.

Fig. 34 und 35. Zwei freie Endospermkerne nahe vor der Theilung.

Fig. 36 und 37. Zerfall von freien Endospermkernen.

Fig. 38. Ein grosser, freier, unregelmässig gestalteter Endospermkern.





