

# Amitosen von Riesenkernen im Endosperm von *Ranunculus acer*.

Von

P. N. Schürhoff.

Mit Tafeln III und IV.

---

Bevor ich auf Einzelheiten eingehe, möchte ich daran erinnern, daß bei zytologischen Untersuchungen häufig über Amitosen berichtet wurde; doch konnte eine große Anzahl dieser Mitteilungen über das Auftreten von Amitosen nicht bestätigt werden. Während man früher die Amitose im allgemeinen der mitotischen Kernteilung gleichwertig erachtete und an ihr häufiges Auftreten glaubte, sind die bekannten Fälle immer mehr zusammengeschrumpft, so daß wir heute nur sehr wenig Beispiele für Amitosen zur Verfügung haben. In erster Linie kommen hier die Internodialzellen der Characeen in Frage und ferner noch die häufig angeführten Amitosen im Stengel von *Tradescantia*.

Aber auch für dieses letztere „klassische“ Beispiel fehlt der genügende Beweis, daß es sich wirklich um Amitosen und nicht um Kernverschmelzungen handelt. Dies ist auch nicht zu verwundern, da früher Kernverschmelzungen im allgemeinen für vegetative Gewebe unbekannt waren, während häufiges Auftreten von Amitosen dort allgemein angenommen wurde. U. a. aus folgendem Grunde möchte ich das Vorhandensein von Amitosen im Stengel von *Tradescantia* ablehnen; bei Verwundungen reagieren nämlich auch diese älteren Internodialzellen durch ganz normale mitotische Teilungen<sup>1)</sup>, was ausgeschlossen wäre, wenn Amitosen vorangegangen wären.

---

1) Schürhoff: Das Verhalten des Kerns im Wundgewebe. (Ber. d. Deutsch. Bot. Ges., 1905.)

Dabei läßt sich häufig beobachten, daß in nebeneinanderliegenden Zellen in der einen Zelle eine Mitose, in der anderen eine „Amitose“ vor sich geht, und zwar trifft man hierunter ebenso häufig die Mitose in den inneren Schichten an und die „Amitose“ in den äußeren wie umgekehrt. Dies ist insofern von Wichtigkeit, als Strasburger<sup>1)</sup> angibt, daß die Amitosen in der Epidermis und meist auch in den hypodermalen Zellschichten fehlen. Wir können also nicht sagen, daß diese Mitosen nur in den äußeren und nicht zur Amitose disponierten Zellschichten auftreten.

Wenn wir nun erwägen, daß durch eine Kernverschmelzung stets eine Erhöhung der Chromosomenzahl erfolgt, so müssen wir in analoger Weise annehmen, daß durch eine Amitose die Zahl der Chromosomen verringert wird. Würden wir also Gelegenheit haben, Mitosen auf Amitosen folgen zu sehen, so müßte uns unbedingt die geringe Anzahl der Chromosomen auffallen. Andererseits spricht auch eine größere Anzahl von Kernen in den Zellen von *Tradescantia* (Strasburger zählte 8—10) nicht für Amitose; denn wir finden normalerweise z. B. im Endosperm vielkernige Zellen, die durch Mitose gebildet sind, aber zur Kernverschmelzung neigen. Wenn wir zur Erklärung der Mitosen im *Tradescantia*-Stengel die Deutung Strasburgers über die Mitosen bei *Podocarpus*, daß also die Mitosen nur in solchen Kernen auftreten, die sich zufällig vorher noch nicht amitotisch geteilt hatten, annehmen würden, so steht dieser entgegen, daß sich im *Tradescantia*-Stengel häufig fast alle Kerne in einem „Amitose“-Stadium befinden (s. auch die bekannte Figur in Strasburgers Praktikum S. 680), während wiederum an der Verwundungsstelle fast alle Kerne in ein Stadium der Mitose eingetreten sind.

Die Verwechslung zwischen Amitosen und Kernverschmelzungen ist häufig vorgekommen; ich erinnere nur an die in ihrer Art grundlegende Arbeit v. Wasielewskis<sup>2)</sup>, der durch Behandlung mit Chloralhydrat in der Wurzelspitze von *Vicia faba* Amitosen hervorgerufen zu haben glaubte, während es sich nach späteren Untersuchungen<sup>3)</sup> herausstellte, daß durch die angeführte Behandlung Kernverschmelzungen hervorgerufen werden.

1) Strasburger: Einiges über Characeen und Amitose. (Festschrift für Wiesner, Wien 1908.)

2) v. Wasielewski: Theoretische und experimentelle Beiträge zur Kenntnis der Amitosen. (Habil.-Schrift, Leipzig 1902.)

3) Neméc: Das Problem der Befruchtungsvorgänge. (Berlin 1910.)

Ebenso verhält es sich mit den Riesenzellen der *Heterodera*-Gallen. Nach Tischler<sup>1)</sup> findet in ihnen eine Vermehrung des Kernes durch Amitosen statt, während Neměc<sup>2)</sup> auch in diesem Fall Kernverschmelzungen sicherstellte. Eine Nachuntersuchung der Ergebnisse von Shibata<sup>3)</sup> über die von ihm behaupteten Amitosen in den infizierten Knöllchenzellen von *Podocarpus* wäre auch noch erwünscht, um so mehr als dieser Autor mitteilt, daß nach wiederholten Amitosen der Zellkern wieder zur mitotischen Teilung übergeht, was jedenfalls sehr fremdartig wäre und eine Gleichwertigkeit von Mitose und Amitose voraussetzen würde, die wir zurzeit nicht anerkennen können. Allerdings gelangte auch Strasburger<sup>4)</sup> nicht zu anderen Ergebnissen wie Shibata; er erklärte sich das Auftreten von Mitosen dadurch, daß einzelne Kerne, die sich vorher nicht amitotisch geteilt hatten, zur mitotischen Teilung schritten. Ein Beweis für diese Annahme fehlt jedoch gänzlich. Bemerkenswert ist noch, daß die späteren Mitosen, die aus vorher amitotisch geteilten Kernen hervorgehen sollen, keine Scheidewand bilden, so daß also den Mitosen in den Knöllchenzellen die Eigenschaft zukommt, mehrkernige Zellen zu bilden, wodurch die Vorbedingung zu Kernverschmelzungen gegeben ist. Wahrscheinlich ist die Angabe des Auftretens von Amitosen dadurch veranlaßt, daß die Vielkernigkeit der Riesenzellen durch simultane mitotische Kernteilung vor sich geht, ebenso wie bei den *Heterodera*-Gallen, so daß man verhältnismäßig sehr selten Mitosen zu Gesicht bekommt. Auf diesen Punkt weist Neměc<sup>2)</sup> besonders hin: „Obzwar sehr viele Gallen untersucht wurden, wurden dennoch sehr spärlich Kerne der Riesenzellen im Teilungsstadium getroffen. Man könnte leicht, wenn man kein genügend großes Untersuchungsmaterial zur Verfügung hätte, zur Überzeugung gelangen, daß es in den Riesenzellen überhaupt keine Mitose gibt. Bedenkt man jedoch, daß die Kernteilung nach unseren bisherigen Kenntnissen höchstens etwa 2 Stunden dauert, wogegen die Riesenzellen sicher 1—2 Monate lang leben und

---

1) Tischler: Über *Heterodera*-Gallen an den Wurzeln von *Circaea lutetiana* L. (Ber. d. Deutsch. Bot. Ges., 1901, Bd. 29.)

2) Neměc, vgl. Anm. 3, S. 500.

3) Shibata: Zytologische Studien über die endotrophen Mykorrhizen. (Jahrb. f. wiss. Bot., Bd. XXXVII, 1902.)

4) Strasburger: Chromosomenzahlen, Plasmastrukturen, Vererbungsträger und Reduktionsteilung. (Jahrb. f. wiss. Bot., Bd. XLV, 1908.)

wenigstens  $\frac{1}{2}$  Monat zum Heranwachsen brauchen, während welcher die Kernteilungen zu erwarten sind, so wird man zur Überzeugung kommen, daß die Teilungen in ziemlich großen Intervallen vor sich gehen; denn schon zehn simultane Kernteilungen genügen zur Erzeugung von 1024 Kernen.“

Auch bei den Tapetenzellen der Antheren wurden zuerst amitotische Teilungen angenommen, während sich später herausstellte, daß es sich um Kernverschmelzungen handelt.

Wir sehen aus dieser Literaturanführung, daß zahlreiche früher als Amitosen angesprochene Fälle sich bei der Nachuntersuchung als Kernverschmelzungen herausgestellt haben. Die Kernverschmelzung scheint, ganz abgesehen davon, daß sie beim Befruchtungsakt in der Ontogenie jeder Pflanze auftritt, leichter einzutreten, vielleicht weil dadurch den Zellen der höheren Pflanzen nicht jede Entwicklungsmöglichkeit geraubt wird, wie wir dies von der Amitose annehmen müssen. Es kann sich z. B. bei Kernverschmelzungen auch um Reparationsvorgänge handeln, wie ich dies bei Karyomerenbildung in den Pollen von *Hemerocallis fulva*<sup>1)</sup> nachweisen konnte.

Aber auch viele andere vorher als Amitosen angesprochene Bilder haben einer Nachprüfung nicht standgehalten; so konnte ich<sup>2)</sup> zeigen, daß die von Massart und Nathansohn im Callusgewebe behaupteten Amitosen sich bei genauerer Untersuchung als ganz normale Mitosen herausstellten.

Es zeigt sich somit, daß das Auftreten von Amitosen bei höheren Pflanzen überaus selten ist, wenn man überhaupt exakt nachgewiesene Fälle von Amitosen bei höheren Pflanzen annehmen will.

Gehen wir nun zur besonderen Literatur über Amitosen im Endosperm über, so ist es klar, daß wir auch hier die etwa auftretenden Kernverschmelzungen zu besprechen haben.

Als älteste Literatur möchte ich Strasburger<sup>3)</sup> anführen: „In den peripherischen Endospermzellen von *Imatophyllum (Clivia) cyrtanthiflorum* und zwar an Präparaten, die in den inneren Endospermzellen noch Teilungen zeigten, sah Treub (Archives Néerlandaises, Bd. XV, 1880) hypertrophierte, zum Teil einge-

1) Schürhoff: Karyomerenbildung in den Pollenkörnern von *Hemerocallis fulva*. (Jahrb. f. wiss. Bot., Bd. LII, 1913.)

2) Schürhoff: Das Verhalten des Kerns im Wundgewebe (a. a. O.).

3) Strasburger: Zellbildung und Zellteilung, Jena 1880, S. 231.

schnürte Zellkerne. Öfters vereinigte nur ein dünnes Band die beiden Hälften des Zellkerns. In noch anderen Zellen sah man zwei Zellkerne liegen, und es ließ sich annehmen, daß die Verbindungsbrücke durchrissen war. Wie der Augenschein lehrte, handelte es sich hier um einen abnormen Vorgang.“

Hierzu ist zu bemerken, daß jeder Beweis fehlt, daß es sich in dem vorliegenden Falle um Amitosen gehandelt hat; nach unsern heutigen Kenntnissen von dem häufigen Auftreten von Kernverschmelzungen im Endosperm können wir das genannte Beispiel ruhig als Kernverschmelzung betrachten. Strasburger selbst beschreibt die Kernverschmelzungen im Endosperm von *Ephedra*: „die Verschmelzung erfolgt nicht anders als wie bei *Corydalis*, die Bilder erweckten aber vor Jahren in mir die Vorstellung, daß es sich hier um Teilung der Kerne handle.“ Übergänge zwischen Amitose und Mitose wurden von Dixon<sup>1)</sup> für *Fritillaria* und von Sargent<sup>2)</sup> für *Lilium Martagon* beschrieben, doch handelt es sich hier, wie Buscalioni<sup>3)</sup> nachwies, um echte Mitosen. Andererseits werden von Buscalioni selbst einige Übergangsformen geschildert und auch Tischler<sup>4)</sup> berichtet über ähnliche Übergänge im Endosperm von *Corydalis*.

Weit zahlreicher sind die Angaben über das Vorkommen von Kernverschmelzungen im Endosperm. Schon Strasburger<sup>5)</sup> schildert diese für das Endosperm von *Corydalis cava*: „Diese Zellen sind immer noch vielkernig, doch alsbald findet Verschmelzung der Zellkerne jeder Zelle zu einem einzigen statt. Solche Zellkerne sind von verschiedener Größe, je nach der Summe der Elemente, die in die Bildung eingingen; sie unterscheiden sich auch in der Zahl der Kernkörperchen. Diese Differenzen erhalten sich noch, wenn auch abgeschwächt, auf späteren Teilungsschritten, so zwar, daß die Kerne immer noch von etwas ungleicher Größe sind und namentlich sich durch die verschiedene Zahl der Kernkörperchen

1) Dixon: Note on the nuclei of the endosperm of *Fritillaria imperialis*. (Proc. of the royal Irish Acad., 1895.)

2) Sargent: Direct nuclear division in the Embryosac of *Lilium Martagon*. (Ann. of Bot., 1896.)

3) Buscalioni: Osservazioni richerche sulla cellula vegetale. (Estratte del Ann. del R. Ist. bot. di Roma, 1898.)

4) Tischler: Unters. über die Entwicklung des Endosperms und der Samenschale von *Corydalis cava*. (Verhandl. d. naturw. Vereins Heidelberg, 1900.)

5) Strasburger: Zellbildung und Zellteilung. (Jena 1880, S. 231.)

unterscheiden. Zellkerne mit nur einem Kernkörperchen scheinen nämlich bei der Teilung wieder solche, diejenigen mit mehreren Kernkörperchen entsprechende, zu geben.“

„*Corydalis cava* entsprechend verhält sich, wie Soltwedel feststellen konnte, *Corydalis pallida*. Daß aber der Vorgang nicht allein auf einige *Corydalis*-Arten beschränkt ist, lehrt der Umstand, daß er, wie Soltwedel seitdem ebenfalls fand, auch bei *Pulmonaria officinalis* und oft auch bei *Staphylea pinnata* wiederkehrt, ja selbst bei der Monokotyledonee *Galanthus nivalis* war er wiederzufinden. Er dürfte somit gar nicht zu den seltenen Erscheinungen bei der Endosperm bildung gehören.“

Spätere Untersuchungen von Tischler<sup>1)</sup> bestätigten das Vorkommen der Kernverschmelzungen im Endosperm von *Corydalis cava*. Gleichfalls wurden Kernverschmelzungen beobachtet im Endosperm von *Tulipa* durch Ernst<sup>2)</sup>, bei *Zostera* durch Rosenberg<sup>3)</sup>, bei *Digitalis purpurea*, *Corydalis purpurea* und *Secale cereale* durch Neměc<sup>4)</sup>:

„Bei manchen Pflanzen kommen derartige Vorgänge normalerweise nicht vor, z. B. bei *Ranunculus ficaria*, *Senecio vulgaris*, *Lamium album* und *amplexicaule*, wenn jedoch zufällig bei diesen Pflanzen in eine Zelle mehrere Kerne geraten, so kann auch da eine Kernverschmelzung stattfinden.“

Wenn ich also im folgenden typische Amitosen für das Endosperm von *Ranunculus acer* beschreibe, so bin ich mir darüber klar, daß es eines hinreichenden Beweises bedarf, um darzutun, daß es sich hier um Teilungen des Kernes und nicht um Kernverschmelzungen handelt. Ich möchte noch betonen, daß die typischen Amitosen nur in verhältnismäßig wenig Präparaten sich fanden; ich führe dies darauf zurück, daß die Teilungen simultan verlaufen; es gilt daher im allgemeinen ähnliches für sie, wie es Neměc für das seltene Auftreten von Mitosen in den Riesenzellen der *Heterodera*-Gallen mitteilt. Jedenfalls verläuft die Endosperm bildung von *Ranunculus acer* in der übergroßen Mehrzahl in normaler Weise.

1) Tischler, vgl. Anm. 4, S. 503.

2) Ernst: Beiträge zur Kenntnis der Entwicklung des Embryosackes und des Embryo (Polyembryonie) von *Tulipa Gesneriana* L. (Flora, Bd. 88, 1901.)

3) Rosenberg: Über die Embryologie von *Zostera marina* L. (Bil. til K. Svensk V. Akad. Handl., Bd. 27.)

4) Neměc: Das Problem der Befruchtungsvorgänge. (Berlin 1910.)

Meine Technik war kurz folgende: Fixierung mit Chromessigsäure, Schnitte  $5 \mu$  dick, Färbung mit Eisenhämatoxylin oder Safranin-Wasserblau.

In solchen Endospermen, die auf dem Schnitt einen einschichtigen Kernbelag zeigten, fanden sich in einigen Fällen bedeutend vergrößerte Kerne vor; das Aussehen dieser Kerne hatte sich gegenüber den normalen Endospermkernen von *Ranunculus*, auf die wir später zum Vergleich eingehen werden, sehr verändert. Meistens waren sie in die Länge gestreckt, hatten hervorspringende Ecken, häufig war die Gestalt nierenförmig. Die Kerne nahmen mit Safranin eine intensive Färbung an; sie zeigten zahlreiche Nukleolen, die in einer gekörnt-wabigen Grundmasse lagen, von Lininfäden, wie sie die normalen Endospermkerne so schön aufweisen, war nichts zu erkennen.

Zuerst nahm ich an, daß die Größe der Kerne auf Kernverschmelzungen zurückzuführen sei, wofür auch die große Anzahl der Nukleolen zu sprechen schien; doch läßt sich hiergegen einwenden, daß nach Kernverschmelzungen die Verschmelzungsprodukte, je nach der Anzahl der verschmolzenen Kerne, in ihrer Größe sehr voneinander abweichen werden.

Ich entschloß mich daher zu der Annahme eines besonderen Kernwachstums für diese Kerne, wie es Neměc für *Colutea arborescens* beschreibt:

„Einige bemerkenswerte Eigentümlichkeiten bietet auch die Endospermanlage von *Colutea arborescens*. Dieselbe stellt auch hier anfangs einen vielkernigen Wandbeleg vor, in dem ziemlich gleichmäßig die gleich großen Kerne verteilt sind. Nach Beendigung der Kernvermehrung beginnen die Kerne in der Chalazalgegend stark zu wachsen und erreichen ungewöhnlich große Dimensionen. In dem Mikropylarende bleiben die Kerne klein, ihre Form ist rundlich. Ihre Durchmesser betragen da  $8,1 \times 8,1 \mu$ . Im Chalazalteile erscheinen sie schließlich linsenförmig, ihre Durchmesser betragen da  $54 \times 16,2$  bis  $108 \times 13,5 \mu$ . Diese großen Kerne enthalten ein sehr lockeres Kernretikulum, in dem Chromatinansammlungen differenziert sind, und einen meist stark vakuolisiert fixierten Nukleolus. Die Zahl der Chromatinansammlungen variiert zwischen etwa 10 und 18, da dieselben jedoch meist nur aus einer Anhäufung von unregelmäßig geformten Knoten und Körnern bestehen, so ist dieselbe nicht sicher anzugeben. Überhaupt war in diesen großen Kernen gut zu sehen, daß es sich nicht um ganz

distinkte, scharf gegen das Kernretikulum abgegrenzte Körperchen handelt, sondern um große Knoten oder Anhäufungen von kleineren Knötchen des Kernretikulums selbst.

Die großen Kerne entstehen hier nicht durch Verschmelzung von zahlreichen kleineren, sondern durch Kernwachstum; denn ich konnte nie eine Annäherung der Kerne zu Gruppen, wie z. B. bei *Corydalis*, in den jüngeren Endospermanlagen beobachten. Auch spricht dagegen der Umstand, daß die Größe der Kerne in der Richtung vom Mikropylarende zum Chalazalteile in jungen Endospermanlagen gleichmäßig zunimmt. Später wird der Übergang schroff, da nur zu einer bestimmten Grenze die Kerne sich abnorm vergrößern.

Die Distanz zwischen den großen Kernen ist größer als zwischen den kleineren.

Die Segmentierung der vielkernigen Endospermanlage beginnt bei dem Mikropylarende und verbreitet sich allmählich kaum auf die Hälfte der Endospermanlage. Zwischen den großen Kernen werden Scheidewände überhaupt nicht differenziert.“

Die Beschreibung dieser großen Endospermkerne, die ebenso wie die in folgendem bei *Ranunculus* beschriebenen von linsenförmiger Gestalt sind, bietet in mancher Beziehung viele Ähnlichkeiten mit meinen Befunden. Vor allem ist auch das Fehlen der Scheidewände charakteristisch.

Bei der Fortsetzung meiner Untersuchungen gelang es mir, auch die sämtlichen Übergangsstadien zwischen den normalen Endospermkernen und den Riesenkernen aufzufinden. Dieses Wachstum findet statt, während das Endosperm noch einschichtig ist. Dies stimmt übrigens auch mit dem Auftreten von Amitosen während des gleichen Entwicklungszustandes (s. Fig. 1 u. 4, Taf. III) vollkommen überein. Die normalen Endospermkerne zeigten in diesem Zustande gewöhnlich nur ein großes Kernkörperchen, der sonstige Inhalt des Kernes glich völlig dem Stadium der Prophase. Ein dünner Kernfaden hatte sich herausgesondert, in manchen Kernen waren Linienfäden und Chromatinkörnchen noch zu unterscheiden (Fig. 33, Taf. IV). Nun setzt das Wachstum des Kernes ein; er streckt sich in der Richtung des Wandbelegs etwas in die Länge, so daß er ein linsenförmiges Aussehen bekommt, gleichzeitig mit der Größenzunahme tritt eine Vermehrung der Nukleolen ein, so daß wir in einem Schnitt Kerne der verschiedensten Größen mit der Größe entsprechend erhöhter Nukleolenzahl vorfinden. Das

Kerngerüst läßt keinen deutlichen Chromatinfaden bei größeren Kernen mehr erkennen, sondern einzelne Chromatinkörnchen liegen dicht beieinander und bewirken so eine intensive Farbstoffspeicherung bei der Safraninfärbung. Bei sehr großen Kernen ist die Form nicht mehr linsenförmig, sondern es zeigen sich häufig pseudopodienartige Fortsätze. Der Längendurchmesser ist ungefähr zweibis fünfmal so groß wie der Querdurchmesser. Hervorzuheben ist noch, daß persistierende Phragmoplaste nicht zu sehen sind; das Plasma ist gleichmäßig wabig-fädig differenziert und die Kerne in ihm sind ziemlich gleichmäßig verteilt. Einander genäherte Kerne, die auf eine Kernverschmelzung hindeuten könnten, wurden nicht beobachtet. Die Entstehung der Rieskerne durch Rieswuchs der Kerne ist somit sichergestellt.

Da wir bei unserm Material gleichzeitig Kernverschmelzungen und Amitosen auftreten sehen, so haben wir eine vorzügliche Gelegenheit, die Unterschiede zwischen beiden Typen zu beobachten, die noch dadurch besonders hervortreten, daß die Kerne eine außerordentliche Größe besitzen. Ganz besonders wird die Erkennung der Amitosen in unserem Falle dadurch erleichtert, daß auch die Amitosen im Embryosack ebenso wie die Mitosen simultan vor sich gehen. Wir sehen dann noch an den Tochterkernen genau, welche zwei aus einem Mutterkern entstanden sind, und finden alle Übergänge bis zu den typischen Amitosen. Diese zeichnen sich vor den bisher bekannten Bildern von Amitosen dadurch aus, daß die Tochterkerne nicht durch einfache Durchschnürung des Mutterkernes entstehen, sondern daß der Mutterkern, ohne sich vorher wesentlich in die Länge zu ziehen, in der Mitte auseinander weicht, während gleichzeitig an den Seiten und in der Mitte durch zarte Fäden noch die Verbindung zwischen den Kernen eine Zeitlang aufrecht erhalten bleibt. Diese Fäden werden allmählich eingezogen und zwar reißen sie vorher etwa in der Mitte durch. An den Tochterkernen sieht man daher häufig noch einen Teil dieser Fäden, die sich ständig verkürzen und dabei breiter werden. Beim Einziehen dieser Kernbrücken kommt es öfters vor, daß ein Teil der äußersten Spitze anscheinend nicht schnell genug folgen kann, so daß es zu Abschnürungen kommt, die sich abrunden und das Aussehen normaler, kleiner Kerne besitzen. Wir haben es hier, da nicht anzunehmen ist, daß sich gerade die typische Menge der Kernmasse abgesondert hat, wogegen auch die verschiedene Größe der Kernchen spricht, mit

Karyomerenbildung zu tun. Da nun diese Kernchen später verschwinden, ist anzunehmen, daß sie entweder desorganisieren oder aber mit ihren Schwesterkernen wieder verschmelzen. Ich halte letzteres für wahrscheinlicher, da ein derartiges Verhalten der Karyomeren bereits bekannt ist.

Die Tochterkerne nehmen bald eine semmel- bis nierenförmige Gestalt an und zwar liegen sie mit den konkaven Seiten einander gegenüber; sie geben dann ein ähnliches Bild wie die Teilungen von Diplokokken. An dieser Form und Lage kann man mit Leichtigkeit feststellen, welche Tochterkerne einem Mutterkern entstammen. Die beiden Tochterkerne sind sowohl gleich groß als auch stimmen sie in der Größe mit den anderen durch Amitose entstandenen Kernen überein. Die Zahl der Kernkörperchen ist allerdings in den Tochterkernen verschieden.

Die Nukleolen der Riesenkerne sind stets in Mehrzahl in jedem Kern vertreten. Bei stark differenzierten Färbungen mit Eisenhämatoxylin erhält man eine fast isolierte Färbung der Nukleolen. An solchen Präparaten läßt sich leicht feststellen, daß die größeren Nukleolen sich in Teilung befinden. Entweder finden wir hantelförmige Bilder oder die Nukleolen zeigen ähnliche Figuren, wie die Amitosen der Riesenkerne.

Das Zytoplasma zeigt während der Amitosen eine wabige Struktur und scheint sich bei der Trennung der Kerne nicht zu betätigen. Jedenfalls ist von irgendwelchen fädigen Differenzierungen nichts zu sehen; auch finden wir keine Verdichtungen des Zytoplasmas an den Polen oder sonst in der Umgebung der Amitosen. Es ist auch kein Unterschied in dem umgebenden Zytoplasma beim Stadium der Amitosen einerseits und der vollzogenen Amitosen andererseits zu finden. Infolgedessen kommt es auch nicht zur Anlage bzw. Bildung von Zellmembranen, sondern die Tochterkerne, die aus den Amitosen hervorgegangen sind, liegen gleichmäßig verteilt in dem wabigen Zytoplasma und lassen nur dadurch, daß sie nach einer Richtung bedeutend länger sind und diese Längsachsen bei den zugehörigen Tochterkernen parallel sind, ihre Entstehung aus demselben Mutterkern erkennen.

Das Auftreten von Amitosen im Endosperm ist keineswegs verwunderlich; denn es ist zu bedenken, daß die Kerne des Endosperms auf ihre formativen Eigenschaften verzichtet haben und nur ernährungsphysiologisch tätig sind. Die Kerne können infolgedessen von einer völlig gleichwertigen Verteilung der Erbmasse, wie sie

durch den minutiösen Vorgang bei der Mitose bewirkt wird, absehen und die Verteilung der Regulierungszentren auf amitotischem Wege vornehmen.

Betonen möchte ich jedoch nochmals, daß die Frage, ob Kernverschmelzungen oder Amitosen vorliegen, an keinem der bisher bekannten Fälle mit solcher Sicherheit entschieden werden konnte, wie es sich hier durch das glückliche Zusammentreffen verschiedener Umstände zeigt. Und wie man bekanntlich das Endosperm zur Demonstration der fortschreitenden Stadien der Mitose benutzt, so werden die angegebenen Bilder in Zukunft geeignet sein, die verschiedenen Stadien der amitotischen Kernteilung nebeneinander zu zeigen.

Ich möchte nochmals kurz die Gründe anführen, daß es sich um Amitosen, nicht um Kernverschmelzungen handelt.

1. Die Teilungen verlaufen simultan, wie wir es von den mitotischen Teilungen des Endosperms wissen, während die Kernverschmelzungen keine Regelmäßigkeit zeigen.
2. Infolge der simultanen Teilung sind die beiden zugehörigen Kerne genau erkennbar, wie in den Anaphasen der Mitosen.
3. Die nierenförmigen Tochterkerne sind mit ihren konkaven Seiten einander zugekehrt, wie die jungen durch Mitose entstandenen Tochterkerne.
4. Von besonderer Wichtigkeit ist das Auftreten von Karyomeren beim Auseinanderweichen der Kerne. Diese sind nur durch Zerreißen der Brücken zu erklären.
5. Das vollständige Fehlen von Scheidewänden spricht ebenfalls gegen eine Kernverschmelzung, da im Endosperm Kernverschmelzungen sämtlicher Kerne innerhalb der abgegrenzten Zellen stattfinden.
6. Die Riesenkerne zeigen später keine mitotischen Teilungen mehr, sondern degenerieren. Das Auftreten von späteren Mitosen würde unbedingt für Kernverschmelzungen sprechen.

Im letzten Satze wurde die Mitteilung über das spätere Verhalten der durch Amitose entstandenen Kerne schon kurz gekennzeichnet. In der Tat gehen die Riesenkerne nach verhältnismäßig kurzer Zeit zugrunde, so daß man keine ausgewachsenen Samenanlagen mit den auf amitotischem Wege entstandenen Kernen findet. Gleichzeitig mit der Degeneration der Kerne setzt ein Zerfall des Zytoplasmas ein, so daß sich nur noch einige Plasma-

flocken um die desorganisierenden Kerne ballen. Die Kerne führen noch weiterhin Amitosen der oben beschriebenen Art aus, jedoch sind sie nicht mehr imstande, das nötige Kernmaterial für die neuen Kerne aufzubringen, so daß die neuen Kerne kleiner werden, die Zahl der Nukleolen verringert sich und an Stelle der früheren intensiven Safraninfärbung zeigen sie nur noch schwache Farbstoffspeicherung. In vorgeschrittenen Stadien der Desorganisation sieht man fast nur noch die Kernmembran, die an manchen Stellen eingefaltet erscheint.

### Der Befruchtungsvorgang und die Entwicklung des normalen Endosperms.

Zum Vergleiche mit den geschilderten Abnormitäten lohnt es sich auf die Befruchtung und die Entwicklung des normalen Endosperms einzugehen.

Über den Befruchtungsvorgang der Ranunculaceen liegen mehrere ausführliche Veröffentlichungen vor. Hierzu mag einerseits beigetragen haben, daß die Ranunculaceen verhältnismäßig große Kerne besitzen, so daß sie sich, ähnlich wie die Monokotylen, für das Studium der feineren Kernstrukturen sehr gut eignen, andererseits zeigen die Polycarpicae manche Eigentümlichkeiten, die sie als eine polygenetisch sehr alte Pflanzenordnung kennzeichnen. Wir finden manche Anklänge an die Gymnospermen, so daß gerade die Histologie berufen scheint, unsere Kenntnisse über die systematische Stellung der Polycarpicae wesentlich zu vertiefen. Es sei an die spiralige Anordnung der Blütenkreise erinnert und an die nur aus Tracheiden aufgebauten Holzstränge der zur Gattung *Drimys* gehörenden Bäume, die in ihrem Bau auffallend den Nadelhölzern ähneln. Ferner versucht man die Monokotylen von den Polycarpicae abzuleiten, wofür insbesondere einige Eigentümlichkeiten der monokotylen Familie der Helobiae sprechen.

Strasburger<sup>1)</sup> beschreibt die Befruchtung und Endosperm-entwicklung von *Myosurus minimus*. Seine Abbildungen ähneln sehr den Bildern, denen wir bei *Ranunculus* begegnen, wenn auch damals die Verschmelzung des zweiten Spermakerns mit dem sekundären Embryosackkern noch nicht erkannt war.

---

1) Zellbildung und Zellteilung.

Die Verschmelzung des zweiten Spermakerns mit dem sekundären Embryosackkern wurde für die Ranunculaceen durch Guignard<sup>1)</sup> sichergestellt. Auf das Verhalten der Antipodenzellen, wie es von diesem Autor und von Coulter<sup>2)</sup> geschildert wird, ist ebenfalls noch einzugehen. Die riesenhaften Antipodenzellen von *Aconitum Napellus* werden von Osterwalder<sup>3)</sup> beschrieben, dem es allerdings nicht gelang, die Kopulation der Gametenkerne zu beobachten.

Beginnen wir bei *Ranunculus acer* mit dem Stadium des acht-kernigen Embryosackes (Fig. 13, Taf. III), so finden wir in der Samenanlage drei untere einzelne Zellen, die Antipoden, drei obere einzelne Zellen, den Eiapparat und in einem gemeinsamen Protoplasmaschlauch, der eine große zentrale Vakuole besitzt, die beiden sich gegenüberliegenden Polkerne.

In Fig. 14, Taf. III sehen wir die Polkerne einander genähert und bereits im Begriff, miteinander zu verschmelzen. Der Eiapparat unterscheidet sich nicht von dem in Fig. 13 wiedergegebenen. Die beiden sichtbaren der drei Antipodenkerne zeigen jedoch bereits eine beträchtliche Vergrößerung der Zellen sowohl wie der Kerne. In Fig. 15, Taf. III finden wir einen reifen Embryosack (die Nukleolen des Eies und des sekundären Embryosackkernes sind im Schnitt nicht getroffen). Die Synergiden zeigen deutlich ihre Vakuolen, die unterhalb des Kernes liegen; an der Spitze ist der Fadenapparat sehr gut zu sehen, unwillkürlich drängt sich beim Anblick des in die beiden Spitzen auslaufenden Fadenapparates der Vergleich mit einem spitzen Pinsel auf, und wir wissen ja auch<sup>4)</sup>, daß die Fadenapparate aus Zellulose bestehende fädige Plasmaproducte sind, sie haben anscheinend den Zweck, die in die Vakuolen ausgeschiedene, chemotaktisch wirkende Flüssigkeit in die Mikropyle abzuleiten, um dem Pollenschlauch den Weg zu weisen. Der Fadenapparat ist sehr deutlich sichtbar und erhält sich sehr lange, so daß es verwunderlich ist, daß er von Coulter<sup>2)</sup>,

---

1) Guignard: La double fécondation chez les Rénonculacées. (Journ. de Botanique, 1901.)

2) Coulter: Contribution to the life history of *Ranunculus*. (Botanical Gazette, 1898.)

3) Beiträge zur Embryologie von *Aconitum Napellus*. (Flora, 1898.)

4) Habermann: Der Fadenapparat in den Synergiden der Angiospermen. (Beihfte z. bot. Zentralblatt, Bd. XX, 1906.)

Osterwalder<sup>1)</sup> und Guignard<sup>2)</sup> nicht berücksichtigt wurde. Um das Verhalten des Fadenapparates nach der Befruchtung noch kurz anzuführen, so ist hervorzuheben, daß er, wenn das Endosperm mehrschichtig geworden ist und der Embryo, der bei den Ranunculaceen bekanntlich sehr klein bleibt und sich nur langsam entwickelt, bereits aus einer größeren Anzahl von Zellen besteht, noch deutlich zu erkennen ist. Jedenfalls überdauert er die Existenz der andern Bestandteile der Synergiden erheblich. Im älteren Zustande sind bei ihm die einzelnen Fädchen nicht mehr erkennbar, sondern er färbt sich homogen und zeigt nach unten (also nach dem Innern der früheren Synergide) sich ausgefranst. Er bildet gewissermaßen einen Verschuß der Mikropyle.

Wenden wir uns wieder zur Fig. 15. Der Eikern liegt in der Mitte, unterhalb der beiden Synergiden. Der aus den beiden Polkernen hervorgegangene sekundäre Embryosackkern ist sehr groß und zeigt ein deutliches Kernretikulum. Es ist deutlich zu sehen, daß das Zytoplasma der sekundären Embryosackzelle sowohl den Eiapparat als auch die Synergiden an ihren in die Embryosackhöhle hineinragenden Teilen völlig umfaßt. Die Antipoden zeigen sich in unserm Präparat schon zu dieser Zeit außerordentlich vergrößert. In Fig. 16 a, Taf. III finden wir das Stadium der Befruchtung; der Eikern befindet sich in Kopulation mit dem einen Spermakern. Dieser zeigt sich sehr stark gefärbt, so daß kaum Einzelheiten zu erkennen sind, doch läßt sich eine Querstreifung feststellen, die auf die in dieser Richtung verlaufenden Chromatinfäden zurückzuführen ist; der Eikern enthält nur ein Kernkörperchen. Von den beiden Synergiden ist die eine bereits völlig desorganisiert, von der andern ist der Kern sichtbar; der Fadenapparat ist in diesem Präparat nicht gut zu erkennen. Der sekundäre Embryosackkern besitzt ein sehr großes Kernkörperchen; die Kopulation dieses Kernes mit dem zweiten Spermakern ist auf dem folgenden Schnitt desselben Präparates (Fig. 16 b) zu sehen. Bei oberflächlicher Betrachtung könnte man den Spermakern mit dem Nukleolus verwechseln, doch geht sowohl aus der Lage des Nukleolus als auch aus der Querstreifung des Spermakerns die Identität beider hervor. Ferner zeigt der ganz homogen gefärbte Nukleolus mit Safranin eine gelblichrote, der Spermakern eine

---

1) Osterwalder, vgl. Anm. 3, S. 511.

2) Guignard, vgl. Anm. 1, S. 511.

mehr violettrote Färbung. In Fig. 17, Taf. III sehen wir einen anderen sekundären Embryosackkern in Kopulation mit dem Spermakern.

Die Antipoden der Fig. 16 sind nicht median getroffen und zeigen daher nicht ihre volle Größe. Deutlicher ist diese aus Fig. 18, Taf. III zu sehen, wo sich zufällig alle drei Antipoden in demselben Schnitt zeigen. Der „befruchtete“ Embryosackkern befindet sich hier bereits in Prophase, er läßt die Chromatinansammlungen gut erkennen und zeigt ferner drei Kernkörperchen.

In Fig. 19, Taf. IV ist die erste Teilung des Embryosackkerns bereits vollendet. Wir sehen, daß sich das Endosperm der Wandung des Embryosackes anlegt. Vom Embryo ist auf diesem Schnitt nichts zu finden, dagegen zeigen sich die Antipoden außerordentlich vergrößert. Dies Wachstum der Antipodenzellen und Antipodenkerne hält noch weiter an. In älteren Endospermen finden wir die Antipoden zu wirklichen Riesenzellen ausgewachsen, wie dies auch von anderen Ranunculaceen in gleicher Weise bekannt ist (s. Osterwalder, Coulter, Guignard). In den größten Kernen ist der Kern anscheinend im Stadium der Prophase; die riesenhaften Chromosomen haben sich herausgesondert und sind miteinander nur noch durch kleine Brücken verbunden, die Kernwand ist häufig aufgelöst oder nicht mehr zu erkennen (Fig. 27 u. 28, Taf. IV). In einigen Fällen ist auch eine Längsspaltung der Chromosomen zu sehen (Fig. 41, Taf. IV). In meinen Präparaten vermochte ich keine Kernteilung der Antipoden zu finden, doch bildet Coulter<sup>1)</sup> derartige mitotische Teilungen für *Hepatica acutiloba* ab. Diese Teilung ist insofern bemerkenswert, als sich hierbei eine übergroße Anzahl von Chromosomen vorfindet und aus der Teilung, wie aus der nebenliegenden Antipodenzelle ersichtlich ist, mehrere Zellkerne entstehen. Es sei darauf hingewiesen, daß Koernicke<sup>2)</sup> bei *Triticum* bereits 1897 bis zu 36 und mehr Antipoden gezählt hat. Also wieder ähnliche Verhältnisse bei Monokotylen und Ranunculaceen. Auch Guignard<sup>3)</sup> bildet zwei Antipodenzellen (bei *Anemone nemorosa*) mit 3 bzw. 4 Kernen ab. Diese Verhältnisse scheinen mir mit den unregelmäßigen Kern-

1) Coulter, vgl. Anm. 2, S. 511.

2) Koernicke: Unters. über die Entstehung u. Entwicklung d. Sexualorgane von *Triticum* usw. Inaugural-Dissertation, Bonn 1897.

3) Guignard, vgl. Anm. 1, S. 511.

teilungen der unteren Embryosackkerne bei *Lilium Martagon*<sup>1)</sup> Ähnlichkeiten zu haben, wo es bekanntlich durch eine Längsspaltung der Chromosomen zu einer Verdoppelung der Chromosomen kommt und später eigenartige Deformationen bzw. Desorganisationen der Antipodenkerne auftreten. Während nun bei *Lilium Martagon* die Degeneration der Antipoden besonders vorgeschritten ist, scheint mir der Vorgang bei den Ranunculaceen darauf zu deuten, daß wir hier Übergänge von mehrzelligen Prothallien zu der normalen Dreizahl der Antipodenzellen haben. Jedenfalls scheint mir das Auftreten von Kernteilungen und die riesenhafte Entwicklung der Antipoden darauf hinzudeuten, daß die Antipoden nicht eine rein physiologische Aufgabe zu erfüllen haben, wie es vor allem Westermaier<sup>2)</sup> will, sondern daß sie ihren formativen Aufgaben, wie sie ursprünglich einem vielzelligen Gewebe zukamen, nicht mehr gerecht werden und somit ein rudimentäres Gebilde darstellen.

Doch wenden wir uns wieder zum Endosperm; die Teilung der Kerne folgt auf normalem, mitotischem Wege, wie dies Fig. 29, Taf. IV darstellt, die Teilungen gehen simultan vor sich, doch pflegen sie meist in einer bestimmten Richtung vorzuschreiten, so daß wir nahe beieinander die verschiedensten aufeinander folgenden Stadien finden. Die Abgrenzung der Zellen erfolgt in dem Stadium, wo das Endosperm zweischichtig ist, von der Fläche gesehen zeigt uns Fig. 32, Taf. IV diesen Zustand. Die Kerne des Endosperms zeigen meist drei Nukleolen, um die Kerne herum sind die Vakuolen erfüllt mit Nährstoffen. Obwohl die Zellwände schon völlig ausgebildet sind, bleiben doch die Phragmoplasten noch lange erhalten, so daß man bei bestimmter Einstellung entweder am Rande der Zellen Zellsaftvakuolen erblickt oder die nach allen Richtungen gleichmäßig ausstrahlenden Phragmoplasten. Ab und zu findet man bei den Anaphasen der Kernteilungen, daß ein Chromosom auf jeder Seite etwas nachgeschleppt wird, so daß solche Bilder vielleicht beim oberflächlichen Anblick den Anschein von Amfitosen hervorrufen könnten (Fig. 30 u. 31), doch zeigen die Spindelfasern und der ganze Habitus der Kerne deutlich, daß es sich um typische Mitosen handelt.

1) Strasburger, vgl. Anm. 4, S. 501.

2) Westermaier: Historische Bemerkungen zur Lehre von der Bedeutung der Antipodenzellen. (Ber. d. Deutsch. Bot. Ges., 1898.)

Der Embryo von *Ranunculus acer* bleibt sehr klein und zeigt keine Besonderheiten. Zu erwähnen ist noch, daß man häufig in älteren Stadien (Fig. 24a u. b, Taf. IV) die Reste des Pollenschlauches sieht und zwar stets mit zwei kleinen Kernresten. Man könnte verleitet werden, diese beiden geschrumpften Kernchen für die beiden Spermkerne zu halten (Fig. 20b, 21, 22, Taf. IV), doch zeigt die weit vorgeschrittene Bildung des Endosperms, daß die Befruchtung bereits seit längerer Zeit vor sich gegangen ist. Guignard<sup>1)</sup> hält diese Chromatinklümpchen für Reste des Nukleolus der desorganisierenden Synergide; ich möchte jedoch das eine Kernteilchen als Rest des Synergidenkerns und das andere als den Rest des vegetativen Pollenkerns ansprechen. Eine gleiche Deutung gibt Strasburger<sup>2)</sup> den beiden Kernresten, z. B. bei einer Abbildung der Befruchtung von *Urtica dioica*. Was mich insbesondere zu dieser Annahme führt, ist das regelmäßige Vorkommen von zwei derartigen Körperchen; auch zeigen einige Präparate (Fig. 20b, 21, Taf. IV), daß es sich nicht um vollkommen homogene Degenerationsprodukte handelt, sondern sie lassen noch Strukturen erkennen, die denen der Spermkerne im Augenblick der Kopulation gleichen. Endlich sei noch die Angabe von Osterwalder<sup>3)</sup> erwähnt, daß er bei *Aconitum Napellus* neben dem Embryo noch Synergidenembryonen gefunden habe, diese Angabe dürfte dahin richtig zu stellen sein, daß es sich um Polyembryonie gehandelt hat, wie ja auch Coulter<sup>4)</sup> bei *Ranunculus septentrionalis* mehrere Embryosackanlagen in einer Samenanlage beobachtet hat. Auch bei Winkler<sup>5)</sup> finden wir keine Mitteilungen über ein derartiges Verhalten der Synergiden bei den Ranunculaceen.

Endlich sind noch die bei *Ranunculus* auftretenden Kernverschmelzungen im Endosperm zu erwähnen; sie erfolgen keineswegs regelmäßig, sondern finden sich fast nur in der Nähe der Antipoden. Die Kernverschmelzungen finden in solchen Zellen statt, die sich bereits durch eine Zellwand abgegrenzt hatten und in denen dann durch eine mitotische Teilung zwei Kerne entstanden, ohne daß es zur Ausbildung einer Scheidewand gekommen wäre. Sie

---

1) Guignard, vgl. Anm. 1, S. 511.

2) Strasburger: Sexuelle und apogame Fortpflanzung bei Urticaceen. (Jahrb. f. wiss. Bot., 1910.)

3) Osterwalder, vgl. Anm. 3, S. 511.

4) Coulter, vgl. Anm. 2, S. 511.

5) Winkler: Parthenogenesis und Apogamie im Pflanzenreich. (Jena 1908.)

gehören also in die gleiche Kategorie, wie die von Neméc bei *Ranunculus ficaria* usw. beschriebenen. Es handelt sich also in diesen Fällen um syntriploide Kerne. In solchen Schnitten, die gleichzeitig die vergrößerten Antipoden zeigen, sieht man genau, daß die Kernverschmelzungen in den an die Antipoden angrenzenden Zellen ihren Anfang nehmen (Fig. 41, Taf. IV).

Die Verschmelzungsprodukte zeigen einen ganz unregelmäßigen Umriß und gehen z. T. auch bald zur Desorganisation über. In Fig. 37, Taf. IV ist der seltene Fall einer Kernverschmelzung in der Nähe der Mikropyle abgebildet, die näheren Verhältnisse, die zu dieser Verschmelzung geführt haben, ließen sich nicht feststellen. Daß es sich in den letztgenannten Fällen um Kernverschmelzungen und nicht um Amitose handelt, geht daraus hervor, daß sich der Ursprung der zweikernigen Stellen in der Nähe der Antipoden mit Sicherheit auf eine vorhergegangene mitotische Teilung zurückführen läßt; es unterbleibt nur die Ausbildung der jungen Zellmembran zwischen den Kernen, was ja bei der Anlage des Endosperms in derselben Weise unterbleibt.

---

Als Ergebnis meiner Untersuchungen möchte ich demgemäß anführen, daß es mir gelungen ist, den bestimmten Nachweis für das Vorkommen von amitotischen Kernteilungen bei höheren Pflanzen zu erbringen. Die amitotischen Teilungen verlaufen in unserem Beispiele simultan, wie es ja auch bei den mitotischen Teilungen des Endosperms der Fall ist. Diese Amitosen führen nicht zur Bildung neuer Zellen. Der Anreiz zur amitotischen Teilung scheint in dem vorausgegangenen Riesenwuchs der Endospermkerne gegeben zu sein.

Kernverschmelzungen kommen im Endosperm von *Ranunculus acer* nur dann vor, wenn infolge Ausbleibens der Scheidewandbildung einige Zellen zweikernig geblieben sind. Dieser Fall tritt fast ausschließlich nur in der Umgebung der Antipoden ein.

Bemerkenswert sind ferner die riesenhaften Antipoden, die anscheinend in das Stadium der Prophase eintreten. Teilungen der Antipodenzellen wurden nicht beobachtet, erscheinen aber nicht ausgeschlossen.

Die Befruchtung zeigt bei *Ranunculus acer* keine besonderen Eigentümlichkeiten; hervorzuheben ist, daß der Fadenapparat der Synergiden sehr lange erhalten bleibt und vielleicht nach der Befruchtung als Verschuß der Mikropyle Verwendung findet.

---

## Figuren - Erklärung.

*Ranunculus acer*.

## Tafel III.

Fig. 1. Längsschnitt durch den unteren Teil der Samenanlage. Die Rieskerne des Endosperms zeigen unregelmäßige Umrisse. Ihre gegenseitige Lage läßt erkennen, welche Teilungen vorhergegangen sind. Das Zytoplasma des Endosperms ist wabig aus der großen Antipodenzelle fadig differenziert. Das Chromatin des Antipodenkerns bildet eine dichte Masse und läßt um den Nukleolus einen Hof erkennen. 750 mal.

Fig. 2. Flächenansicht des Endosperms mit Riesenkernen. Die Kerne haben sich vorher amitotisch geteilt und lassen durch ihre gegenseitige Lage erkennen, aus welchem Mutterkern sie hervorgegangen sind. Gleichzeitig sieht man zwei kleinere Kernchen, die durch Abschnürung bei der Teilung entstanden sind. 140 mal.

Fig. 3. Zwei Rieskerne nach der amitotischen Teilung. Es sind noch die zum Teil eingezogenen Kernbrücken zu sehen, ferner ein abgeschnürter kleinerer Kern. 750 mal.

Fig. 4. Unterer Teil des Endosperms mit Riesenkernen und einer Amitose. Die unregelmäßige Form der Rieskerne fällt sehr auf. Jeder Rieskern enthält eine größere Anzahl von Nukleolen. Im übrigen liegen die Verhältnisse ähnlich wie bei Fig. 1. 750 mal.

Fig. 5. Flächenansicht des Endosperms mit zwei Amitosen und mehreren durch Amitose geteilten Riesenkernen. 140 mal.

Fig. 6. Die zwei oberen Rieskerne der vorigen Figur in amitotischer Teilung. Das Präparat kann als Typus für eine Amitose gelten, man sieht deutlich die einzelnen Kernbrücken, die noch die Verbindung zwischen den beiden Tochterkernen bilden und zum Teil schon eingezogen sind. Bei dem einen Kern sieht man zwei abgeschnürte Teilkerne. Es ist zu erkennen, daß das Plasma sich nicht an der Dynamik der Teilung beteiligt. Die Teilungsprodukte werden, wie aus den verschiedenen Ansichten der Tochterkerne hervorgeht, gleich groß. Im Schnitt sind natürlich die riesenhaften Kerne nicht gleichzeitig median getroffen. 750 mal.

Fig. 7. Eine Mitose in der Nähe der Antipoden. Die Teilung scheint ungleiche Teilungsprodukte zu liefern, was aber auf die Schnitttrichtung zurückzuführen sein dürfte. 750 mal.

Fig. 8. Amitosen der Rieskerne mit den Resten der Kernbrücke und zwei abgeschnürten Kernchen. Es ist deutlich zu sehen, aus welchen Kernbrücken diese beiden Kernchen sich abgeschnürt haben. 750 mal.

Fig. 9. Tochterkerne der Riesenzellen nach amitotischer Teilung zeigen das Verhalten der Nukleolen, die sich gleichfalls in ähnlicher Weise wie die Rieskerne teilen. 750 mal.

Fig. 10. Amitotische Teilung der Rieskerne im Endosperm bei beginnender Degeneration. Die Färbung ist weniger intensiv. Die Kerne sind zum Teil vergrößert und führen entsprechend weniger Nukleolen, die Chromatinverteilung ist viel weniger dicht. 750 mal.

Fig. 11. Wie Fig. 10. 750 mal.

Fig. 12. Die Degeneration ist bereits weiter fortgeschritten, trotzdem hatte der Kern noch eine amitotische Teilung eingeleitet. 750 mal.

Fig. 13. Achtkerniger Embryosack. Die Antipodenkerne besitzen noch ihre normale Größe. 750 mal.

Fig. 14. Verschmelzungen der Pollenkerne. Die Antipoden bereits etwas vergrößert. 750 mal.

Fig. 15. Reife Samenanlagen. Die Synergiden zeigen einen gut ausgebildeten Fadenapparat und je eine Vakuole. Die Kerne liegen oberhalb der Vakuolen. Der Eikern und sekundäre Embryosackkern zeigen in dem vorliegenden Schnitt keine Kernkörperchen, da sie nicht getroffen sind. Von den bereits sehr stark vergrößerten Antipoden sind zwei zu sehen. 750 mal.

Fig. 16 a. Befruchtung. Kopulation des Spermakerns mit dem Eikern. Degeneration der einen Synergide. Der Kern der anderen Synergide ist erhalten geblieben. 750 mal.

Fig. 16 b. Der auf Fig. 16 a folgende Schnitt zeigt die Kopulation des Spermakerns mit dem sekundären Embryosackkern; der Nukleolus des sekundären Eisackkerns ist in Fig. 16 a zu sehen. Die Spermakerne sind daran zu erkennen, daß sie nicht homogen gefärbt sind wie die Nukleolen. 750 mal.

Fig. 17. Kopulation des einen Spermakerns mit dem sekundären Eisackkern aus einem anderen Präparate. 750 mal.

Fig. 18. Sekundärer Embryosackkern mit drei Nukleolen nach der Befruchtung in Prophase. Darunter die drei Antipoden, die jedoch nur peripher getroffen sind. 750 mal.

#### Tafel IV.

Fig. 19. Zweikerniges Endosperm. Die Antipoden haben bereits eine bedeutende Größe angenommen und zeigen, daß sich das Chromatin hauptsächlich peripher geändert hat, während der Nukleolus sich in der Mitte befindet. 750 mal.

Fig. 20 a. Schnitt durch das einschichtige Endosperm; unten eine der vergrößerten Antipoden, oben der einzellige Embryo sichtbar. 140 mal.

Fig. 20 b. Der Eisack stark vergrößert. Ein Synergidenkern ist noch erhalten geblieben. Im Pollenschlauch Reste zwei degenerierter Kernchen. 750 mal.

Fig. 21. Ein gleiches Stadium wie Fig. 20 b. 750 mal.

Fig. 22. Ebenfalls. Seitlich des befruchteten Eies sieht man zwei Endospermkerne in Prophase. 750 mal.

Fig. 23. Die Überreste des Fadenapparates bei einem mehrkernigen Embryo. Dazwischen ein kleines Kernchen, wahrscheinlich von der zweiten Synergide. 750 mal.

Fig. 24 a. Pollenschlauchreste mit zwei degenerierten Kernchen und Reste des Fadenapparates. 750 mal.

Fig. 24 b. Dazu gehöriger zweikerniger Embryo. 750 mal.

Fig. 25 a. Schnitt durch das einschichtige Endosperm. 75 mal.

Fig. 25 b. Der obere Teil der gleichen Samenanlage mit dem Embryo. 75 mal.

Fig. 25 c. Der Embryo stärker vergrößert. Die unteren Zellen des Embryo in Teilung. 750 mal.

Fig. 26. Mehrzelliger Embryo, der noch an der Mikropyle die Reste des Fadenapparates erkennen läßt. 750 mal.

Fig. 27. Eine der Riesenantipoden. Die Kernwand ist geschwunden. Die einzelnen Chromosome sind erkennbar, zum Teil noch durch feine Brücken miteinander verbunden. 750 mal.

Fig. 28. Zwei Antipoden entsprechend Fig. 27. 750 mal.

Fig. 29. Mitosen des Endosperms. Das Präparat entstammt einem Präparat mit zweischichtigem Endosperm. 750 mal.

Fig. 30. Telephase aus dem Endosperm, in dem beide Tochterkerne und je ein Chromosom etwas zurückgeblieben ist. Die Ausbildung des Phragmoplasmas zeigt, daß es sich um eine echte Mitose handelt. 750 mal.

Fig. 31. Das gleiche wie Fig. 30. 750 mal.

Fig. 32. Flächenansicht des Endosperms im Stadium des zweischichtigen Endosperms. Die Kerne besitzen mehrere Nukleolen. Um die Kerne herum sind die Nährstoffe gelagert. Bei hoher Einstellung sieht man die persistierenden Phragmoplasten, bei höherer Einstellung (oberer Teil der Figur), daß die Zellen schon völlig abgegrenzt sind. 750 mal.

Fig. 33. Endospermkern zu Beginn des Riesenwachstums zeigt zum Teil eine Längsspaltung des Kernfadens und ein einzelnes größeres Kernkörperchen. 750 mal.

Fig. 34 Riesenkern (benachbart dem Kern Fig. 33). Es sind mehrere Nukleolen zu sehen, sowie pseudopodienartige Fortsätze. Das Chromatin bildet eine dichte gekörnte Masse. 750 mal.

Fig. 35. Wie Fig. 34. 750 mal.

Fig. 36. Wie Fig. 34. 750 mal.

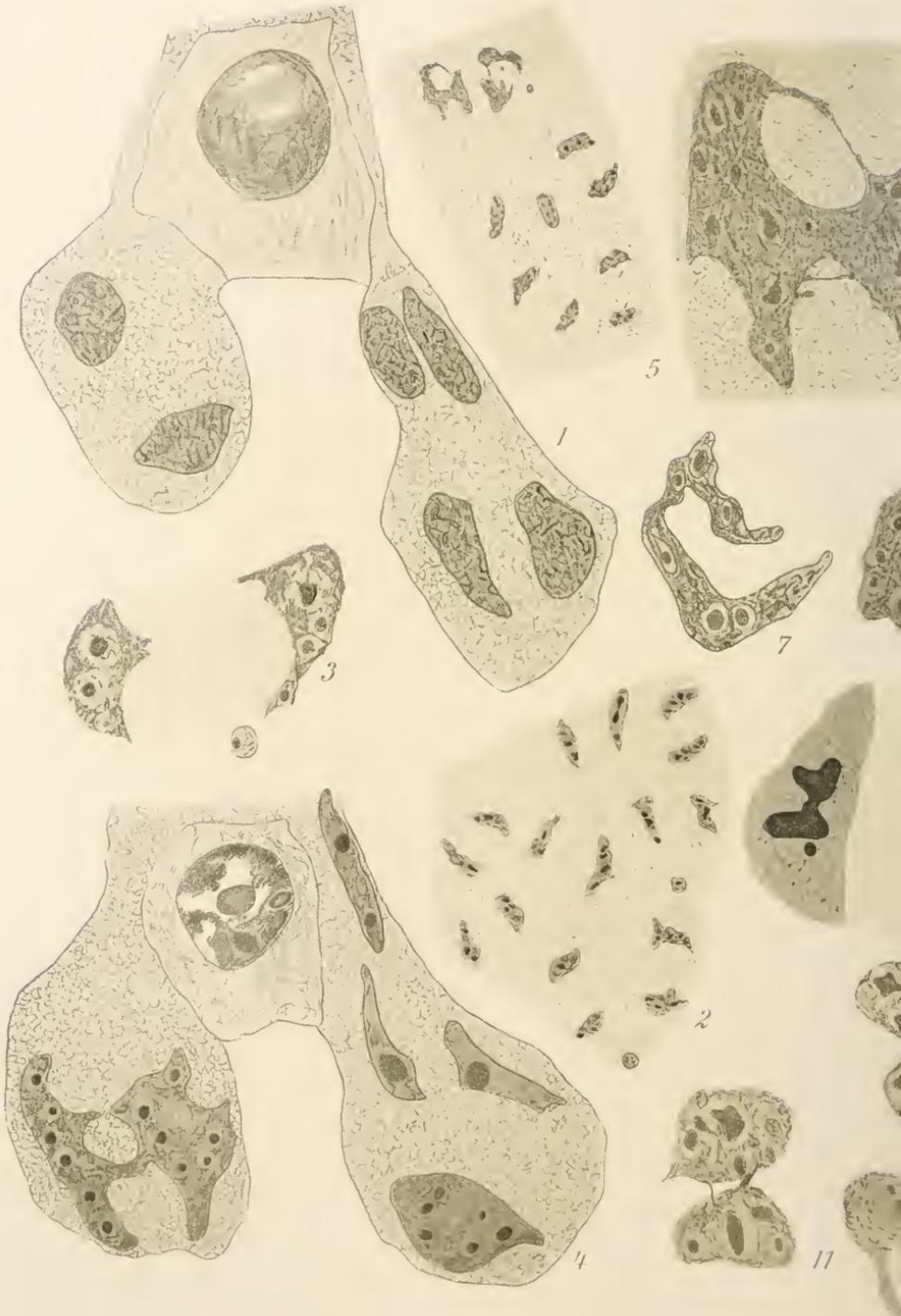
Fig. 37. Kernverschmelzung in der Nähe der Mikropyle. Es sind noch einzelne Kerne erkennbar. 750 mal.

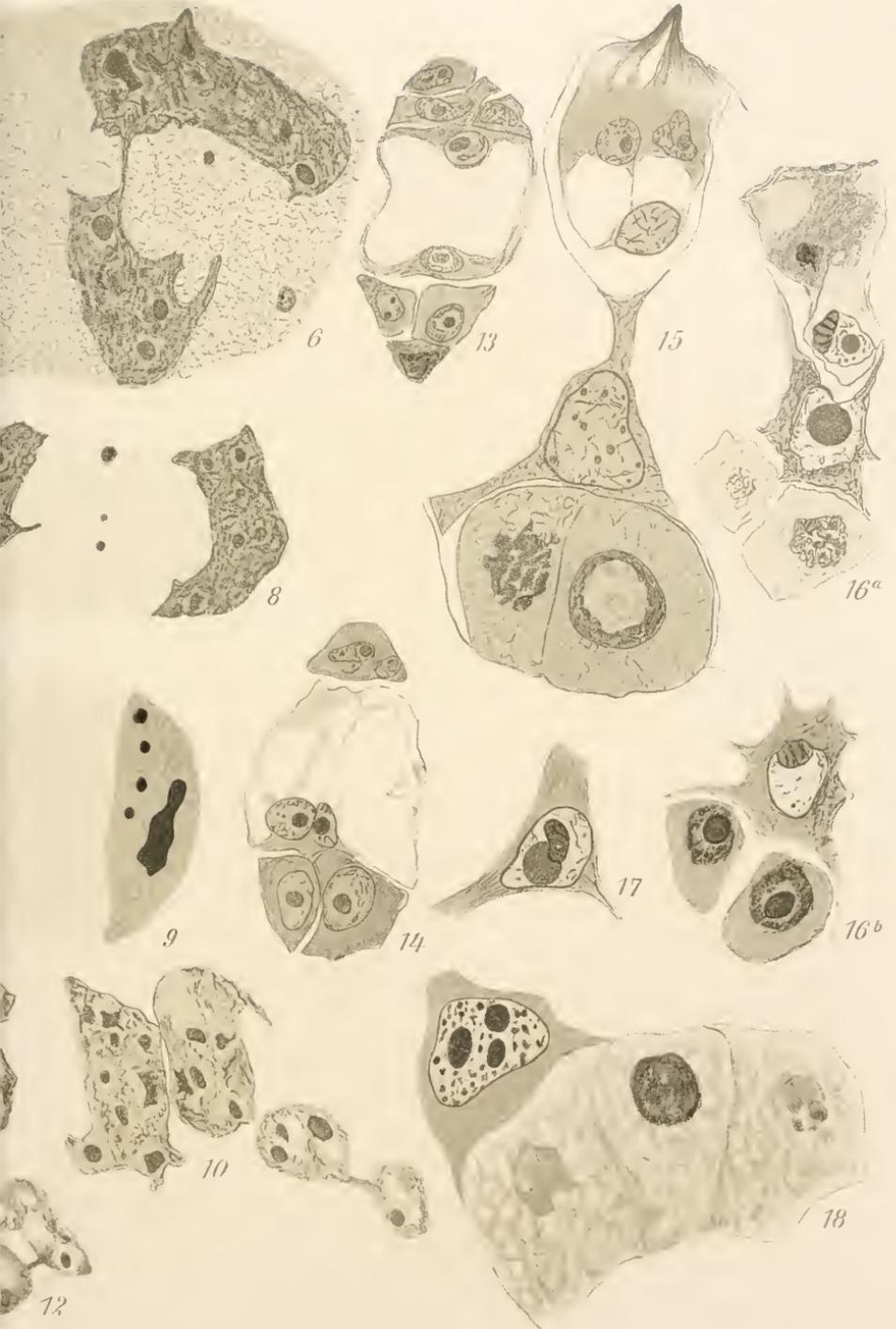
Fig. 38. Zweikernige Zellen in der Nähe der Antipoden. 750 mal.

Fig. 39. Kernverschmelzung in der Nähe der Antipoden. 750 mal.

Fig. 40. Wie Fig. 39. 750 mal.

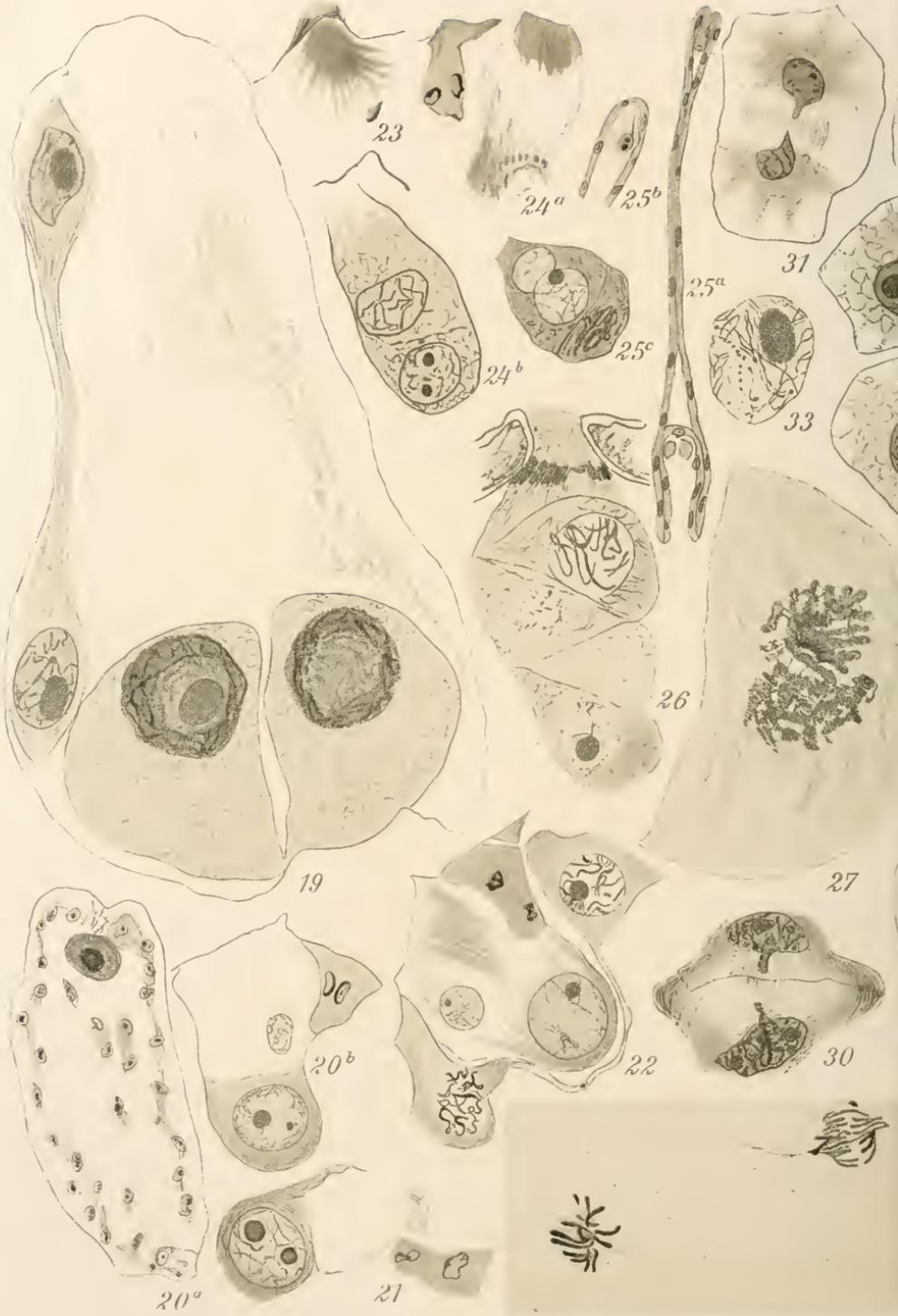
Fig. 41. Antipoden mit mehreren Zellen, in denen Kernverschmelzungen stattfinden. Man erkennt zum Teil, daß es sich um vorher zweikernige Zellen handelt. Die Chromosomen des Antipodenkerns haben anscheinend eine Längsspaltung erfahren. 750 mal.

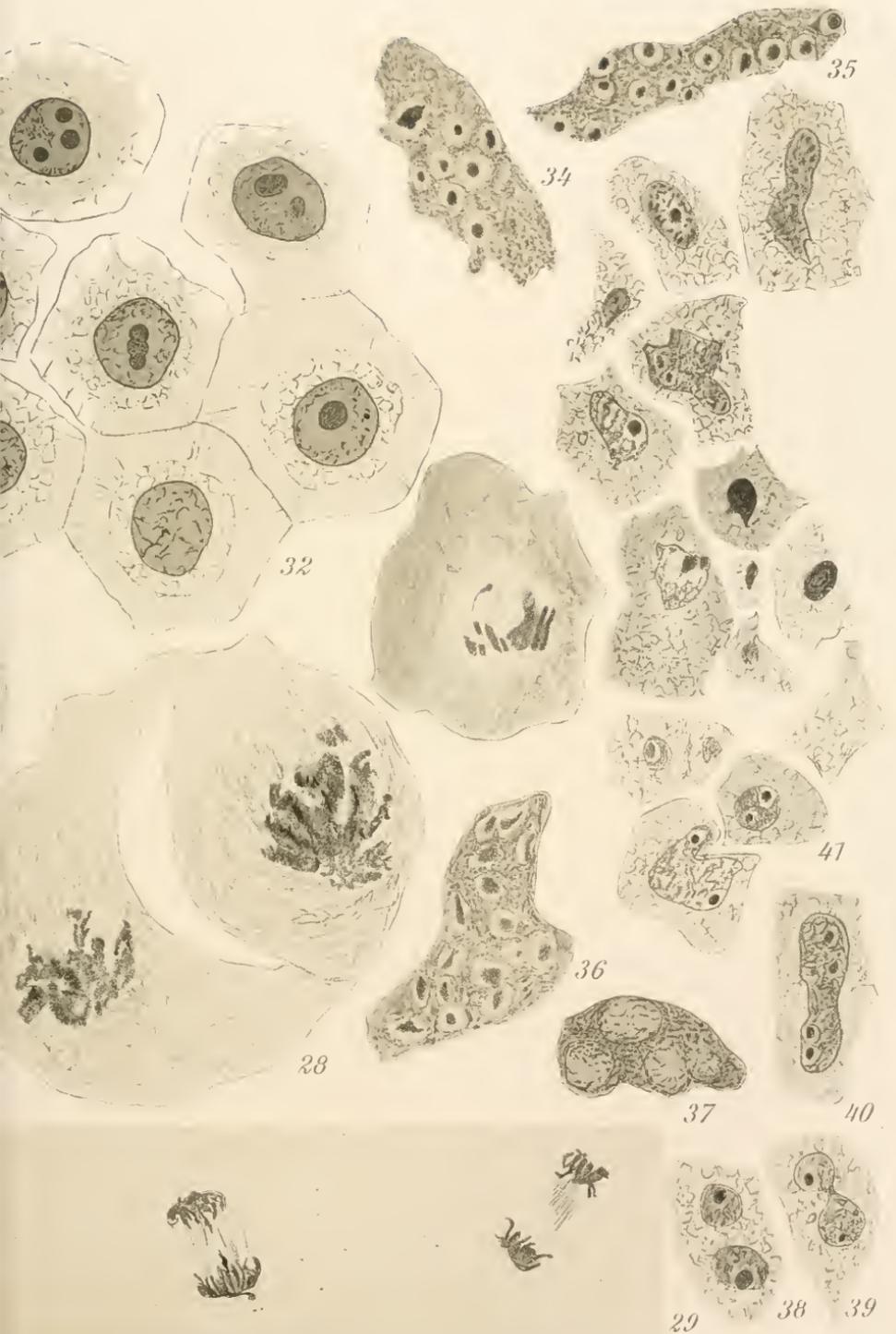












# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Jahrbücher für wissenschaftliche Botanik](#)

Jahr/Year: 1915

Band/Volume: [55](#)

Autor(en)/Author(s): Schürhoff Paul Norbert

Artikel/Article: [Amitosen von Riesenkernen im Endosperm von Ranunculus acer. 499-519](#)