

Pflanzliche Plasmastrukturen und ihre Beziehungen zum Zellkern.

Von **M. v. Derschau** (Auerbach-Hessen).

(Mit Tafel VIII u. IX.)

Die Strukturen, welche wir im Zytoplasma der Pflanzenzelle sowohl während der Kern- und Zellteilung, wie auch beim weiteren Ausbau derselben beobachten, gelten nach der Auffassung der meisten Zytologen auch heute noch für individuelle Bestandteile des Zytoplasmas. Aus morphologisch dienlichen Gründen entwickelte sich der Begriff von einem initiativen Plasma, auch „Kinoplasma“ genannt, welches letzterer gewissermaßen als ein *deus ex machina*, viele der sich in der Zelle abspielenden morphologischen Phänomene beherrschen sollte. In der Zoologie hat sich dieser Begriff nie recht einbürgern wollen, während in der botanischen Morphologie der Zelle unter der Ägide Strasburger's und in den Arbeiten seiner Schüler die Kinoplasmatheorie eine sehr wesentliche Rolle spielt. Es kam hierzu das Dogma von der Kernmembran, das ohne Zweifel viel dazu beitrug, eine Teilnahme des Kernes materieller Art bei den sich in der Zelle abspielenden Metamorphosen sozusagen auszuschalten.

Unter dieser Anschauung entstanden die wichtigen Arbeiten von R. A. Harper¹⁾, M. u. P. Bouin²⁾, Dixon³⁾, Mottier⁴⁾, Juel⁵⁾, Němec⁶⁾ u. a. Von besonderem Interesse erscheint hier die klassische

1) Kernteilung und freie Zellbildung im Ascus. Jahrb. f. wiss. Bot., Bd. XXX, 1897.

2) Sur la présence de filaments particuliers dans le protoplasme de la cellule-mère du sac embryonnaire. Bibliographie anatomique 1898.

3) On the chromosomes of *Lilium longifolium*. Proceedings of the Royal Irish Acad. 1895, Vol. III, Ser. 3.

4) Über das Verhalten der Kerne bei der Entwicklung des Embryosackes und die Vorgänge bei der Befruchtung. Jahrb. f. wiss. Bot. 1898, XXXI.

5) Beiträge zur Kenntnis der Tetradenteilung und Beiträge zur Kenntnis der Tetradenteilung in den Samenanlagen von *Larix*. Jahrb. f. wiss. Bot. 1900, XXXV.

6) Die Reizleitung und die reizleitenden Strukturen. Biol. Zentralbl. 1901.

Arbeit Harper's: Der Autor läßt an der Hand vorzüglicher Abbildungen den Vorgang der Membranbildung bei der werdenden Ascospore von *Erysiphe communis* hauptsächlich unter der Wirkung einer „kinoplasmatischen Zentrosphäre“ sich abspielen. Er betont zwar, daß der Kern bei der Bildung der „kinoplasmatischen Grenzsicht“ mitwirkte, und daß Kern und „Zentrosphäre“ während des ganzen Prozesses innig miteinander verbunden wären. Zu einer Abgabe von Kernsubstanz mittels des schnabelförmig ausgezogenen Kernfortsatzes aber kann der Autor sich nicht entschließen, sondern läßt es bei einer dynamischen Wirkung seitens des Kernes bewenden. Die eigenartige morphologische Struktur des letzteren drängte geradezu zu einer Abgabe stofflicher Art¹⁾. Mische²⁾ hält neben der dynamischen Einwirkung des Kernes auch eine materielle nicht für ausgeschlossen. Er nahm eine solche bei der Regeneration der Epidermis von *Tradescantia* an, wo der Kern der Membran dicht angeschmiegt lag. Auch M. u. P. Bouin erklärten die „filaments particuliers“ in den Embryosackmutterzellen von Liliaceen für zytoplasmatische Bildung. Strasburger³⁾ dagegen hielt sie für kinoplasmatisch. Dixon, Mottier, Juel, welche dieselben Strukturen in ♀ Archesporzellen anderer Monokotylen fanden, geben dieselben für kinoplastische Faserbündel aus. Die Némec'schen „Fibrillen“ in den Plasmasträngen meristematischer Wurzelzellen, deren Untersuchung der erste Teil dieser Ausführungen gewidmet ist, wurden morphologisch von Haberlandt⁴⁾ im Strasburger'schen Sinne den kinoplasmatischen Bildungen eingereiht.

Es lag nahe, zu untersuchen, ob nicht engere Beziehungen zwischen Kern und den fibrillären Strukturen Némec's obwalten könnten, vielleicht ähnlicher Art, wie ich es bereits früher für die als „Chondriosomen“ bezeichneten Fadengebilde gezeigt hatte. Auch schien es mir denkbar, daß die von Lidforss⁵⁾ und Å. Åkerman⁶⁾ beschriebenen kinoplasmatischen Fäden und fadenförmigen Plasmafäden Kernderivate

1) v. Derschau, Zum Chromatindualismus der Pflanzenzelle. Archiv f. Zellf. 1914, Heft 2, pag. 232, 235, 236.

2) Über die Wanderungen des pflanzlichen Zellkernes. Flora 1901, pag. 137. Vergl. hierzu v. Derschau, Wanderung nukleolarer Substanz während der Karyokinese. Ber. d. D. bot. Ges. 1904, XXII, Heft 8.

3) Die Ontogenie der Zelle seit 1875. Progr. rei bot. 1907, Bd. 1, pag. 22.

4) Über fibrilläre Plasmastrukturen. Ber. d. D. bot. Ges. 1901, XIX.

5) Kinoplasmatische Verbindungsfäden zwischen Zellkern und Chromatophoren 1908. Univ. Årsskr. Lund, N. F., IV, 2.

6) Studien über fadenförmige Protoplasmastrukturen in den Pflanzenzellen. Lunds Univ. Årsskr. 1915, N. F., Avd 2, Bd. XII, Nr. 4.

sein könnten. Wir werden die Beobachtungen der beiden letzten Forscher im zweiten Teile berücksichtigen.

Ich halte es nun für zweckmäßig, vorher einige Beobachtungen einzuschalten, die mir bei dem Studium lebender und fixierter Objekte aufgefallen waren und mir gewissermaßen eine Richtschnur für die Beurteilung fixierter Präparate abgaben. Dabei bin ich zu der Auffassung gelangt, daß die bisherige Interpretation besagter Plasmastrukturen sich nur auf der Basis eines nicht wohl zureichend fixierten Materiales heranzubilden konnte. Wenn irgendmöglich übte ich eine stetige Kontrolle der Präparate mit dem lebenden Material.

In lebenden Epidermiszellen ist der Kern stets von einem engeren oder weiteren hellen Raume umgeben, der vielleicht als Vakuole in weiterem Sinne aufgefaßt werden kann. Von den echten Vakuolen unterscheidet sich dieser Raum durch das Fehlen einer reellen Vakuolenmembran. Nach außen schließt sich unmittelbar das Wabengerüst des übrigen Zellleibes an. Dieser lichtbrechende Saft Raum läßt schon *intra vitam*, Verbindungen, Brücken oder Kernfortsätze erkennen, welche mit breiterer Basis vom Kern ausgehend sich konisch verjüngen und mit der Spitze, die ein basichromatisches Tröpfchen trägt, an dem Netzwerk inseriert sind. Hat man, wie in Epidermiszellen, ganze Kerne vor sich, so kann man dieselben unter günstigen Beleuchtungsverhältnissen ziemlich gleichmäßig auf demselben verteilt sehen. Der Kern gleicht demnach morphologisch einer Amöbe mit pseudopodialen Fortsätzen. Dasselbe wiederholt sich in kleineren Verhältnissen bei dem Nucleolus. Kern wie Kernkörperchen sind an ihren Fortsätzen gleichsam suspendiert¹⁾. Auch Schürhoff²⁾ hat später bei den Kernen der Konnektive von *Arum maculatum* einen direkten Zusammenhang zwischen Nucleolen und Chromosomen durch „direkte Fortsätze“ festgestellt. Die Auffassung A. Meyer's³⁾ muß ich daher für irrig erklären, wenn er sagt, daß die Nucleolen in den Kernen genau so als isolierte Fremdkörper lägen, wie die Stärkekekörner in den Trophoplasten.

Weisen nun fixierte Objekte diese Strukturen nicht mehr auf, was z. B. aus den Abbildungen Harper's und Juel's hervorgeht, so muß ich dies Wirkungen unserer modernen Fixiermittel zuschreiben. Gewisse

1) v. Derschau, Der Austritt ungelöster Substanz aus dem Zellkern. Archiv f. Zellf. 1915, XIV, Heft 2.

2) Die Beziehungen des Kernkörperchens zu den Chromosomen und Spindelfasern. Sep.-Abdr. a. Flora 1917, N. F., X, Heft 1/2.

3) Die biologische Bedeutung der Nucleolen. Ber. d. D. bot. Ges. 1917, XXXV, Heft 3.

Osmiumsäure-Mischungen, auch Sublimat, wirken derartig quellend und verändernd, daß, abgesehen von Veränderungen des genuinen Eiweißkörpers, die dem Kern nächstliegenden natürlichen Strukturen völlig verschwinden und das Wabengerüst sich fest um den Kern legt. Dieser Umstand, verbunden mit der Verquellung der peripher am Kernrand liegenden basichromatischen Tröpfchen bieten dann das Bild einer idealen Kernmembran. Häufig verliert auch der Nucleolus seine Fortsätze, rundet sich ab wie eine Amöbe im Kontraktionszustand und liegt völlig isoliert im Kern (Haecker's „Sekretkörper“). Übrigens lehnt bereits Heuser¹⁾ eine Kernmembran ab, indem er für die den Kern begrenzende Schicht des Zytoplasmas sich des „weit passenderen“ Ausdrucks „Kernwandung“ bedient. Außerdem hat neuerdings Åkerman²⁾ darauf hingewiesen, daß außer in beschädigten Zellen, auch in solchen, die nach Flemming, Carnoy, Kaiser fixiert wurden, gewöhnlich eine deutliche Kernmembran künstlich hervorgerufen wurde. Dieser artifizielle Abschluß des Kerns läßt naturgemäß die faserigen Strukturen im übrigen Zytoplasmanetzwerk isoliert erscheinen. Derartige Einwirkungen auf die Zellstruktur gehen auch aus den Abbildungen Haberlandt's³⁾ gelegentlich seiner Kontrolluntersuchung der Nemeschen Fibrillen hervor. Fig. 4, 5, 6, 7 zeigen eine typische Kernmembran, der heller lichtbrechende Raum sowie die Kernfortsätze fehlen. Fixierung: Chromessigsäure, Pikrineisessigschwefelsäure. Dagegen zeigen Fig. 1, 8, 9, nach dem Leben gezeichnet, die Kernmembran nur angedeutet, auch in Fig. 9 ist der Raum um den Kern nur schwach markiert. Jedenfalls zeigen die nach fixierten Präparaten gezeichneten Figuren eine deutliche Isolierung des Kernes vom Zytoplasma. — Es ist daher auch zu verstehen, daß die Interpretation von Objekten, welche eine wesentliche Veränderung ihrer natürlichen Struktur erlitten, zu der Annahme individueller Zytoplasmagebilde führen mußte.

I.

Die fibrillären Plasmastrukturen in meristematischen Pflanzenzellen wurden seinerzeit durch Nemeč⁴⁾ auf der Grundlage eines mit großer Sorgfalt studierten Materials bekannt. Als Reizvermittler mußten sie besonders vom physiologischen Gesichtspunkt Interesse erregen, jedoch ging schon aus des Autors eigenen Untersuchungen hervor, daß

1) Beobachtungen über Zellverteilung. Bot. Zentralbl. 1884, XVII, 1/5, pag. 6.

2) l. c. pag. 59.

3) l. c.

4) l. c.

sie eben nur in einer beschränkten Zone des Pflanzenkörpers nachzuweisen waren, und in den älteren allmählich verschwanden. Immerhin ist anzunehmen, daß sie, wenn auch in beschränktem Umfange, die Fortleitung von Reizen fördern dürften¹⁾. Haberlandt²⁾ konnte in ihnen keine speziell reizleitenden Strukturen erkennen und hält sie für strömendes Plasma, wie solches auch in Haarzellen vorkommt. Ich schließe mich völlig dieser Ansicht an. Dagegen ist Haberlandt geneigt, in ihnen mit de Vries Stofftransportbahnen anzunehmen, was ja auch Němec in Betracht gezogen hat. Gänzlich ablehnend verhielt sich Kienitz-Gerloff³⁾, der behauptete, daß außer Němec niemand die Fibrillen gesehen habe, und er selbst habe Němec's klassisches Objekt, nämlich Allium-Wurzeln, daraufhin untersucht. Němec scheint später nicht mehr zu dieser Frage Stellung genommen zu haben.

Nachdem ich mich am lebenden Material im Wasser, wie durch Neutralrotfärbung von dem Vorhandensein der Fibrillen überzeugt hatte, bediente ich mich zum Fixieren des 70%igen Alkohols, der von Stauffacher und mir schon seit längerer Zeit bevorzugt wird und den Vorteil hat, das genuine Eiweiß unverändert zu fällen. Gefärbt wurde mit dem elektiven Gemisch von Ehrlich-Biondi. Stauffacher⁴⁾ macht in seiner letzten Veröffentlichung darauf aufmerksam, daß durch unsere Fixiermittel die genuinen Eiweißkörper häufig denaturiert werden und dann Reaktionen aufweisen, die ihnen normalerweise nicht zukommen. Wenn wir nun nach der Alkoholfixierung mit der Ehrlich-Biondi'schen Lösung färben, so färbt sich das Nuklein (Chromatin), das die Prozesse des Wachstums und Stoffwechsels beherrscht, grün, während die plasmatische Grundsubstanz des Nucleolus, seine auf das Kerngerüst überströmende Masse, die sich ebenfalls auf das weitere Wabengerüst des Zelleibes ergießt bis zur Hautschicht rot tingiert.

Hinsichtlich des Verhaltens der Plasmafibrillen zum Kern sagt Němec, daß sie den Kern entweder vollständig allseits umgeben, oder in mehreren Ästen um ihn herum verlaufen. Sie könnten auch an einer Seite desselben vorbeigehen, dabei fände immer eine Berührung mit dem Kern statt. An den jüngeren Teilen der Wurzelspitze sei der Kern ausnahmslos mit den Fibrillen in innigem Kontakt. Auf

1) Pfeffer, Pflanzenphysiologie II, 1904, pag. 228.

2) l. c.

3) Bemerk. aus Dr. O. Braun's Aufsatz über die Plasmodesmen in den Pflanzen. Naturwiss. Wochenschr. 1908, N. F., VII, pag. 121—122.

4) Neue Beobachtungen über den Erreger der Maul- und Klauenseuche. 1918. Druck und Verlag des Polygraphischen Instituts. Zürich.

Schnitten von 3—5 μ Dicke zeigte sich folgendes: Die Kerne der langgestreckten Pleromzellen von *Vicia faba* ließen einen bis mehrere Fortsätze (Brücken) erkennen, auf denen die Kernsubstanz, sowohl Oxychromatin (nukleolare Grundsubstanz — Plasma) und Nuklein auf das den Kern umgebende Wabengerüst übertrat, und in Form fein „gekörnelter“ Fäden, die sich stetig verjüngten, der Hautschicht zustrebte.

Das Nuklein war in feinen gelatinösen Tröpfchen auf der erythrophilen Grundsubstanz der Fibrillen verteilt. Von der Hautschicht an kommunizierten sie durch Plasmodesmen mit entsprechenden Fäden der Nachbarzelle. Auf ihrem Wege durch die Zelle schmiegt sie sich da, wo Vakuolen lagen, den Wänden derselben eng an, wie dies ja auch N ě m e c beobachtete (Fig. 1). Bei *Pisum* waren die Verhältnisse ähnlich. Von den äußeren Kernfortsätzen gelangten die Fibrillen in das Plasma und teilten sich öfter in mehrere feine Seitenfäden. Auch konnte, wie N ě m e c fand, das Verlaufen eines Fadens quer über den Kern beobachtet werden. Jedoch war auch hier die Fibrille durch Fortsätze mit dem Kerne verbunden (Fig. 2 a, b.) Die Fortsätze, welche Kern und Nukleolus verbinden, waren hier sehr deutlich zu bemerken.

N ě m e c sagt, daß die homogene Fibrillensubstanz da rot erscheine, wo die Nukleolarmasse sich ebenfalls rot färbe, die Scheide aber mit Gentianaviolett, violett oder blau, mit Smaragdgrün, grün. Analog ist die Tinktion mit Ehrlich-Biondi bei Alkoholfixierung. Die Fibrillen, die strömende plasmatische Grundsubstanz darstellen, können nicht anders als erythrophil erscheinen, vorausgesetzt natürlich, daß keine Entartung des Eiweißkörpers durch Fixage stattgefunden hat. Die Nukleintröpfchen dagegen färben sich, weil basophil, grün. Eine Ausnahme macht, wie bekannt, das Methylenblau, das, wie Stauffacher¹⁾ hervorhebt, bei Alkoholfixierung sich der plasmatischen Grundsubstanz gegenüber genau so verhält wie dem Nuklein gegenüber. Wenn N ě m e c meint, daß die fibrillären Strukturen in ihrer Färbung von dem übrigen Plasma abweichen, so kann dies meiner Ansicht nach nur davon herrühren, daß durch die fein verteilten Nukleintröpfchen eine Mischfärbung der Fibrillen hervorgerufen wird. Eine spezifische Tinktion der Fibrillen halte ich aus den oben dargelegten Tatsachen für ausgeschlossen. Sie werden immer die Farbstoffreaktion der Kernbestandteile aufweisen. Deshalb muß ich auch die Annahme des Autors, die Fibrillen entstünden als individuelle Gebilde in der Nähe des Vegetationspunktes, ablehnen. Den Grund zu dieser Annahme möchte ich in der Art der Fixierung suchen.

1) l. c. p. 8.

In dieser Vermutung wurde ich noch mehr bestärkt, daß die Fibrillen nach Némec ununterbrochen am Kern vorbeigehen, wobei manche sich seiner „Membran“ dicht anlegen könnten. Des weiteren bemerkt der Autor ausdrücklich¹⁾, daß die Fibrillenbündel nicht Fortsätze des Kernes selbst seien, sondern zytoplasmatische Gebilde die den Kern berühren, ohne mit ihm zusammenzufließen. Weniger günstig schien mir Zea Mays zur Untersuchung, doch traten auch hier die Fibrillen mittels der Kernfortsätze auf das Plasmanetz über, meist geradlinig der Hautschicht zustrebend (Fig. 3). *Allium cepa* bot allerdings das instruktivste Bild (Fig. 4). Gleichartige Strukturen konnte ich übrigens in den Zellen des Filaments von *Lilium Martagon* entdecken (Fig. 5). Ich überzeugte mich im Laufe dieser Untersuchungen mehr und mehr, daß weder morphologisch noch tinctionell, vielleicht auch physiologisch zwischen den Fibrillen und den von mir bereits früher auf ihren Kernursprung zurückgeführten „Chondriosomen“ ein Unterschied besteht. Gleich den „Chondriosomen“ halte ich diese Gebilde für Bahnen strömenden Plasmas im Interesse des Stoffaustausches.

Im experimentell-physiologischen Teil seiner Abhandlung führt Némec aus, daß konstant niedrigere Temperaturen eine Umwandlung der Fibrillenbündel bewirken, derart, daß eine homogene, wenig granuliert Substanz zu beobachten sei, die zumeist an der Stelle der ursprünglichen Bündel in Form großer, meist kugelig Körper liege. Dieses kugelige Gebilde, „das sich zum Kerne bewegt“ bleibe in seiner Nähe liegen. Der Autor hat oft diese Körper in enger Berührung mit dem Kerne gesehen, und es schien ihm sogar, daß sie in denselben eindringen. Dieser physiologische Prozeß ist besonders für die Grundsubstanz, als den Träger der Reizempfänglichkeit, charakteristisch. Unter der Kältewirkung kontrahiert sich die nukleolare Grundmasse und die Fibrillen werden in der vom Autor beschriebenen typischen Form natürlich wieder auf den Kern resp. Nucleolus zurückgezogen. Ich habe bereits an anderer Stelle²⁾ auf die Versuche von Hottes und Schrammen hingewiesen, wo durch Einwirkung höherer Temperaturen eine Ausdehnung der plasmatischen Grundsubstanz erzielt wurde³⁾. Unter der Kälteeinwirkung vollzog sich dann der umgekehrte Effekt.

1) l. c. p. 98.

2) Zum Chromatindualismus der Pflanzenzelle. Archiv f. Zellf. 1914. Bd. XII, Heft 2.

3) Die Autoren faßten diesen Vorgang allerdings als eine Regeneration von individuellen Kinoplasmafasern auf.

Ähnliche Resultate erzielte Némec bei sauer gewordener Kulturflüssigkeit. Die Fibrillen verschwanden, kamen jedoch bei Zusatz frischen Wassers schon nach 24 Stunden wieder zur Entwicklung. Hier könnte es sich fragen, ob die alten Fibrillenbündel nur zurückgezogen wurden um später wieder zu erscheinen, oder ob sie degenerierten und später aus den Kern wieder ersetzt wurden. Wundreiz ruft wie Kältewirkung nach Némec zunächst Kontraktion hervor, doch konnte ich bei dem aus ihrem Verbände isolierten Zellen von *Eichhornia crassipes* beobachten¹⁾, daß bald wieder ein Abströmen von Kernsubstanz (Oxy- und Basichromatin) nach den Wundstellen hin, stattfindet, wodurch es schließlich zur Ausfüllung der Lücken kommt.

Wir können diese Betrachtungen damit schließen, daß der lokale Befund die Existenz der Némecschen Fibrillen bestätigt hat. Ein Anhaltspunkt dafür, daß sie individuelle Plasmagebilde im alten Sinne seien, hat sich nicht ergeben. Es konnte im Gegenteil ein organischer Zusammenhang derselben mit dem Kern in ihren frühesten Anfängen beobachtet werden. Die Fibrillen bestehen aus plasmatischer Grundsubstanz und führen Nuklein, das, wie es scheint, für die Fibrillenscheide verwendet werden dürfte. Physiologisch verhalten sie sich Reizen gegenüber wie die plasmatische Substanz des Nucleolus. Morphologisch und tinktionell unterscheiden sie sich in keiner Weise von den „Chondriosomen“. Als Transportwege zu Ernährungszwecken scheinen sie vorwiegend in Betracht zu kommen. Auch in jungen, einkernigen Pollenzellen der Tetraden von *Lilium Mertago* nehmen ähnliche Strukturen von derselben stofflichen Zusammensetzung ihren Ausgang vom Kern. Sie setzten sich bis zur Hautschicht fort, wo eine Ablagerung von Nuklein zum Ausbau der Zellmembran stattfand. Deshalb braucht ja eine reizvermittelnde Funktion nebenbei nicht ausgeschlossen zu sein.

II.

Die bei der Untersuchung der Fibrillen gewonnenen Resultate legten es mir nahe, auch den von Lidforss und Åkerman³⁾ beschriebenen Plasmastrukturen meine Aufmerksamkeit zuzuwenden, denn es war anzunehmen, daß auch diese Gebilde ähnliche Beziehungen zu dem Kern aufweisen würden. Lidforss beobachtete kinoplasmatische Verbindungsfäden zwischen Kern und Chloroplasten sowohl, wie auch

1) Der Austritt ungelöster Substanz aus dem Zellkern. Archiv f. Zellf. 1915, Bd. XIV, Heft 2.

2) l. c.

3) l. c.

zwischen den Chloroplasten untereinander. Für Lidforss kamen zwei Möglichkeiten in Betracht, entweder stellten die Fäden Membranausläufer dar oder direkte Kernfortsätze. Die erstere Eventualität dürfte für uns aus Gründen, die ich bereits in früheren Abhandlungen ausführlich dargelegt habe¹⁾, als ausgeschlossen gelten. Gleichzeitig mit Lidforss konnte ich feststellen, daß Kern, Chloroplasten, Pyrenoid bei den Chlorophyceen durch feine Verbindungsfäden miteinander kommunizieren²⁾, und diese Fäden Ausläufer direkter Kernfortsätze sind³⁾. Damit fällt für uns auch der Begriff besonderer „Kinoplasmastrukturen“ fort.

Å. Åkerman hat die Lidforss'schen Angaben einer nochmaligen Untersuchung unterzogen und am lebenden wie fixierten Material nachzuweisen versucht, daß die von Lidforss beschriebenen Strukturen weder Kernfortsätze seien, noch der Membran des Kernes angehörten, auch daß sie nicht kinoplasmatischer Natur in einem anders organisierten Plasma (Trophoplasma) wären.

Der Autor ist der Ansicht, daß hier vakuolendurchsetzende Zytoplasmafäden vorliegen, die unter Umständen band- oder faltenförmig in die Vakuolen eindringen, und stellte sie den gewöhnlichen Plasmafäden an die Seite, wie sie Zellen mit zirkulierendem Plasma zukommen. Die erythrophile Hülle des Zellkerns, von der nach Lidforss diese Fäden ausstrahlen, habe sich nur als eine Anhäufung von Zytoplasma um den Zellkern erwiesen.

Ich bediente mich bei dem Studium dieser Verhältnisse zum Teil der von Åkerman untersuchten Pflanzen und beobachtete sie im lebenden wie fixierten Zustande. Die Fixierung wurde auch hier aus bekannten Gründen mit 70—80 %igem Alkohol vollzogen. Wenn Å. Åkerman annimmt, daß der Alkohol ebenfalls eine künstliche Kernmembran hervorrufe, so muß ich ihm entgegenhalten, daß Stauffacher und ich seit langem den 70—80 %igen für tierische und pflanzliche Objekte anwenden, ohne auf besagten Mißstand zu stoßen.

Die Epidermen der Laubblätter aller von mir untersuchten Pflanzen ließen schon in lebendem Zustande ähnliche Beziehungen zwischen Kern und Plasmafäden erkennen, wie wir sie für die Fibrillen beschrieben

1) Über Kernbrücken und Kernsubstanz in pflanzlichen Zellen. Archiv f. Zellf. 1912, Bd. VII. — Zum Chromatindualismus der Pflanzenzelle. Archiv f. Zellf. 1914, Bd. XII, Heft 2. — Der Austritt ungelöster Substanz aus dem Zellkerne. Archiv f. Zellf. 1915, Bd. XXV, Heft 2. —

2) Beziehungen zwischen Zellkern und Pyrenoiden bei den Chlorophyceen. Ber. d. D. bot. Ges. 1909, Bd. XXVII, 3. — Der Austritt ungelöster Substanz aus dem Zellkern. Archiv f. Zellf. 1915, Bd. XIV, Heft 2.

haben. Vom Kern streben pseudopodienartige Fortsätze aus, die den vakuoligen Hof durchsetzen und in feine Zytoplasmafäden sich ausspinnen. Sie durchqueren, wie Åkerman angibt, die Vakuolen und setzen an die gegenüberliegende Plasmaschicht an. Die Fig. 6 a, b, c wurden der Blattepidermis von *Iris germanica* entnommen. Zunächst wurde in einem kalten Raum beobachtet. Der Kernfortsatz ragt mit seiner knopfartigen Verdickung (Nuklein) in die Vakuole hinein (a). Die Beobachtung wurde gleich darauf im warmen Zimmer fortgesetzt, wo sich etwa nach einer Minute der Fortsatz zu einem zarten Plasmafaden ausspannt und, die Vakuole durchquerend, an die wandständige Plasmaschicht ansetzt (b). In c haben wir ein fixiertes, mit Ehrlich-Biondi gefärbtes Präparat. Es zeigt den Kern in der Ausspinnung feiner Plasmafäden begriffen. In Fig. 7 zeigen Kern und Nucleolus Fortsätze. Fäden und Fortsätze haben die Tinktion der nukleolaren Grundsubstanz, sind also strömendes Plasma, die feine Granula, Nuklein (eigentliches Chromatin). Bei *Tradescantia virginica* (Fig. 8) waren schon in lebendem Zustande recht gut die fein granulierten Fäden, wie sie die Vakuolen durchsetzen, zu sehen. Die basichromatischen Endtröpfchen der Fortsätze verschwinden mehr und mehr bei der Ausbildung der Fäden und ihre Substanz dürfte zur Ausbildung des Fadens verwendet werden. Teilung der Fäden beobachtete ich bei *Tulipa Gesneriana*, sie wird aber auch in allen anderen Fällen vorkommen (Fig. 9). Bei *Lilium candidum* kann man bei Anwendung der Immersion die Kernfortsätze nicht nur im Profil, sondern auch im Halbprofil und in vertikaler Ansicht beobachten. In letzterem Falle sieht man einen grüngefärbten Punkt, der von einer helleren Zone umgeben ist (Fig. 10). Vergleichen wir diese feinen Strukturen mit den Fadenbildungen Miehé's¹⁾, die wir in gewissem Sinne als „Aufhängefäden des Kernes“ betrachten können, so ergibt sich, daß die Fibrillen sowohl wie die fadenförmigen Plasmastrukturen Åkerman's ihren Ursprung vom Kerne mittels deren Fortsätze nehmen. Sie sind auch hier strömendes Plasma, das letztenorts dem Kernkörperchen entstammt. Die Granulierung rührt auch hier vom Nuklein her. Die „Scheiden“, welche Němec bei seinen Fibrillen beobachtete, sind wohl hauptsächlich ein Produkt des Nukleins, da ihre Farbstoffreaktion mit der des letzteren übereinstimmt. Die Fibrillen sowohl wie die fadenförmigen Bildungen Åkerman's sind nicht individuell zytoplasmatisch in hergebrachtem Sinne, infolgedessen der Be-

1) Histologische und experimentelle Untersuchungen über die Anlage der Spaltöffnungen einiger Monokotylen. Bot. Zentralbl. 1891, LXXVIII.

griff eines „Kinoplasma“ nicht mehr aufrecht erhalten werden kann. Wenn der Autor noch die Möglichkeit einer Niederschlagsmembran zwischen Kern und dem umgebenden Wabengerüst zum Zwecke der Diosmose in Betracht zieht, so kann ich das Bedürfnis hierfür nicht recht einsehen, da der Stoffaustausch des Kernes mit dem umgebenden Zelleibe durch die Kernfortsätze viel unmittelbarer sich vollziehen dürfte, ganz abgesehen davon, daß die Anwesenheit so zarter Häute optisch nicht mehr wahrnehmbar ist.

III.

Die Ausführungen der beiden ersten Abschnitte haben gezeigt, daß der „ruhende Kern“ keinen abgerundeten Körper in der pflanzlichen Zelle darstellt, sondern morphologisch das Bild eines amöbenartigen Zustandes mit pseudopodienartigen Fortsätzen aufweist. Es darf deshalb nicht merkwürdig erscheinen, diesen Strukturen auch in anderen Phasen pflanzlichen Zellenlebens zu begegnen. Schürhoff¹⁾ erwähnt, daß nach Denke der Kern vor Beginn der Spindelbildung in die Nähe der Zellwand rücke und in der neben ihm liegenden Plasmapartie die „Kinoplasmafasern“ auftreten. Dieses zeitliche Zusammentreffen beider Vorgänge deutet ohne Zweifel auf engere Beziehungen zwischen Kernkörperchen und Spindelfasern hin. Fig. 11 zeigt einen Kern nach der ersten Teilung aus dem Embryosack von *Fritillaria imperialis*. Der Nucleolus entsendet mittels seiner Fortsätze Fäden, die aus plasmatischer Grundsubstanz desselben und Nuklein bestehen. Auch Schürhoff²⁾ erwähnt diese Fortsätze bei *Arum maculatum*, wie ich bereits früher bemerkt hatte. Die Fäden passieren den Kern und treten in das Gerüstwerk der äußeren Zelle über. Es sind dies die Anfänge des späteren „kinoplasmatischen Filzes“, der nach und nach immer stärker zur Entwicklung kommt. Die Farbstoffreaktion zeigt deutlich, daß der Nucleolus an der Bildung der Spindelfasern beteiligt ist, wie Strasburger seinerzeit für die höheren Pflanzen bereits vermutet hat³⁾. Auch hier haben wir es wieder wie in den früheren Fällen mit strömender nukleolarer Grundsubstanz zu tun, die Nukleinpartikelchen mit sich fortreißt. Der ganze „Kinoplasmafilz“ ist nuklearer resp. nukleolarer Abkunft. Ich kann mich deshalb Schürhoffs Ansicht nicht anschließen,

1) Die Beziehungen des Kernkörperchens zu den Chromosomen und Spindelfasern. Abdr. a. Flora 1917, N. F. X, Heft 1/2.

2) l. c. pag. 64.

3) Vergl. Koernike, Der heutige Stand der pflanzlichen Zellforschung. Ber. d. D. bot. Ges. 1913.

wenn er es für ausgeschlossen hält, daß das Kernkörperchen zur Spindelbildung verwendet würde. Die Beteiligung der Kernsubstanz an der letzteren und der Membrananlage geht aus Fig. 12 hervor. Die Tochterkernbildung im Embryosackwandbelag von *Fritillaria imperialis* ist vollzogen. Die Spindelfasern setzen sich aus den Kernfortsätzen weiter fort, auf denen sich die erythrophile Plasmasubstanz nebst Nuklein nach der Zellplatte fortbewegt¹⁾. Die Kernfortsätze nehmen dabei ihren Ursprung zwischen den Chromosomenschleifen und erscheinen bald rot, bald mischfarben, je nachdem Nuklein passiert. Die Nukleolen sind fast völlig verschwunden, da deren Substanz auf die Chromosomen übergegangen ist. Die Figuren 13 a—b geben bei starker Vergrößerung Nukleolen in ihrer Auflösung wieder, sie sind zu Fortsätzen ausgezogen, die in die Chromosomen schließlich übergehen. Man kann sagen, die Chromosomen sind differenzierte Nukleolen, oder auch differenzierte Teile derselben.

Pollenmutterzellkerne in der Diakinese lassen häufig Nukleolarreste erkennen, wobei deren Bestandteile durch die „Brücken“ nach den Chromosomen abfließen (Fig. 14—15). Der Vorgang der Kernverschmelzungen in den Tapetenzellen wird eingeleitet durch dieselben Fortsätze, welche von beiden Kernen hinübergreifen. Die Fig. 16—18 stellen den Beginn der Vereinigung durch die Kernpseudopodien dar. Am Ende der Fortsätze ist stets ein starkes Basichromatinkorn zu beobachten. Junge Pollenzellen aus den Tetraden von *Lilium Martagon* bieten ein vortreffliches Objekt für den Vorgang bei der Membranbildung (Fig. 19—20). Die Kernfortsätze dehnen sich bis zur Hantschicht aus, wo das Nuklein Verwendung zum Aufbau der Zellwand findet. Einen ähnlichen Vorgang beschreibt Welsford²⁾ bei der Membranbildung der generativen Zelle des jungen Pollenkernes. Er sagt: „Granules are also sometimes found lying in a row, midway between the wall of the generative cell and its nucleus. They are extruded from the nucleus.“ Besonders charakteristisch für die Beteiligung des Nukleins bei der Bildung der generativen Zellmembran ist daselbst die Fig. 7, wo auf Bahnen nukleolarer Grundsubstanz das Nuklein an die Membran geschafft wird. Ebendasselbst deutet ein zentrifugal zugespitzter Nucleolus unzweideutig auf dessen Stoffabgabe hin.

1) Siehe auch v. Derschau, Wanderung nukleolarer Substanz während der Karyokinese. Ber. d. D. bot. Ges. 1904, XXX, Heft 8.

2) The Genesis of the male Nuclei in *Lilium*. Sep.-Abdr. a. Ann. of Bot. 1914, Vol. XXVIII, Nr. CX.

E. Windel¹⁾ teilt mit, daß der Wachstumsperiode der Haare gewisse Ortsbewegungen des Kernes entsprechen. Bei Kulturen in feuchtem Sande rücken die Kerne aus der Basis häufig den Spitzen zu. Wenn bei lokalem Flächenwachstum der Membran seitliche Ausstülpungen gebildet werden, ist der Zellkern stets in unmittelbarer Nähe desselben zu finden. (Von mir gesperrt.)

Hier hätte der Autor höchstwahrscheinlich substantielle Teilnahme des Kernes, außer „dynamischer“, feststellen können. Auch die von ihm öfter beobachtete sehr ausgesprochene Lage des Kernes in den Wurzelhaaren von *Azolla caroliniana* legt diese Vermutung sehr nahe. Es scheint aber, als wenn die „Kernmembran“ den Autor daran gehindert hätte. Die Bedeutung des aus Nucleolus und Kern strömenden Chromatins (Nuklein) für die vegetativen Vorgänge in der Zelle, wird durch die Beobachtungen Schürhoff's²⁾ noch weiter gestützt. Die Mengen von Nuklein in den Tapetenzellkernen, bei den Kernverschmelzungen der Heterodera-Gallen, der nukleinreiche triploide primäre Endospermkern stellen nach dem Autor ohne Zweifel die Grundlage erhöhter Nährstoffbereitung dar.

Was nun die Entstehung der Phragmoplasten anlangt, so glaube ich nach unseren bisherigen Darlegungen annehmen zu dürfen, daß deren Substanz wohl auch auf den Kern zurückzuführen ist. Ich befinde mich hier im Gegensatz zu Schürhoff³⁾, der die Phragmoplasten für zytoplasmatische Bildungen hält. Doch gebe ich dem Autor darin Recht, wenn er in den Resten derselben keine Meves'schen⁴⁾ „Mitochondrien“ erblicken kann.

Auerbach (Hessen), im April 1919.

1) Über die Beziehungen zwischen Funktion und Lage des Zellkernes in wachsenden Haaren. (Inaugural-Diss. 1916.) Beitr. allg. Bot. I, 1.

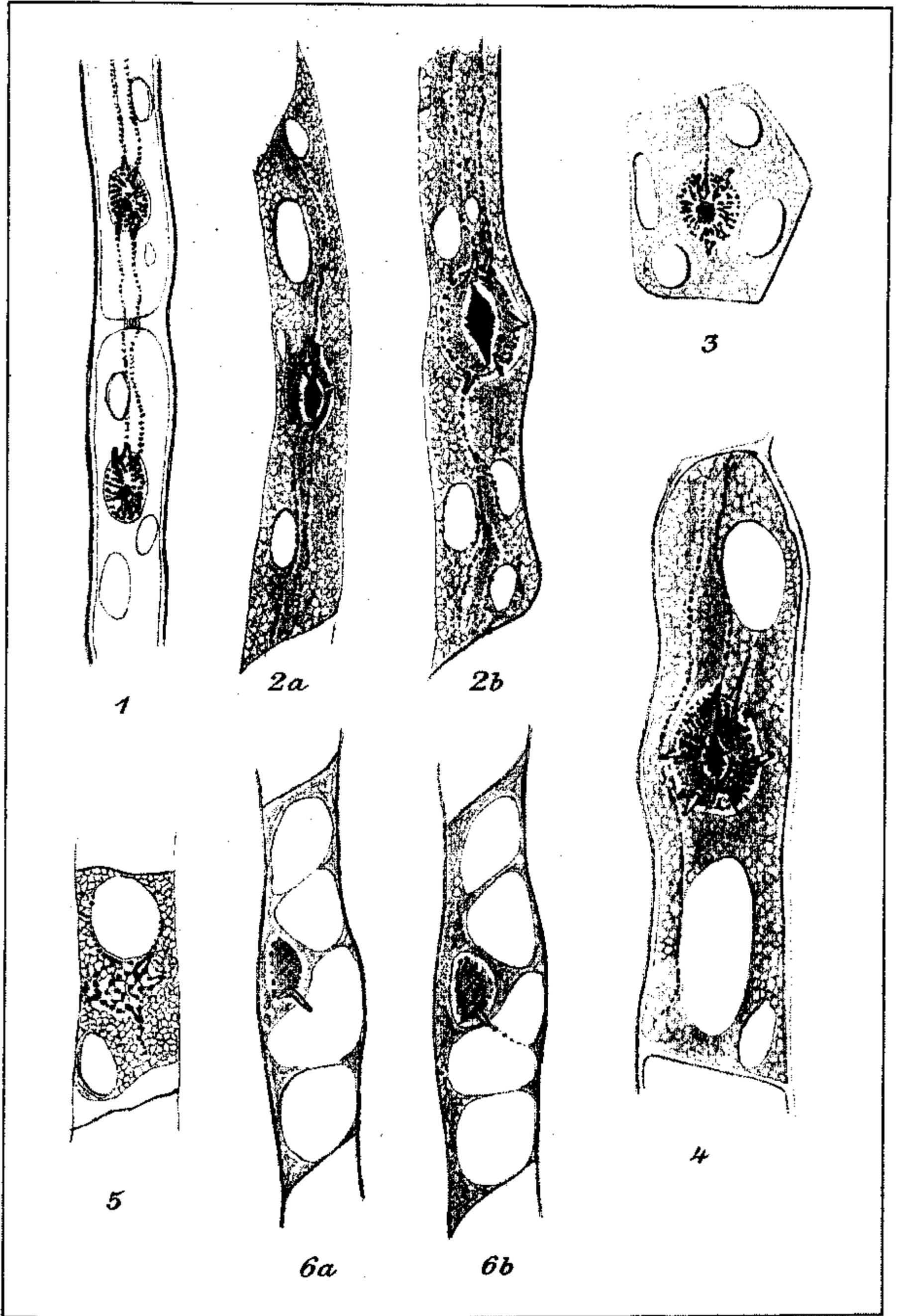
2) Kernverschmelzungen in der Sproßspitze von *Asparagus officinalis*. Flora 1916, Bd. 109.

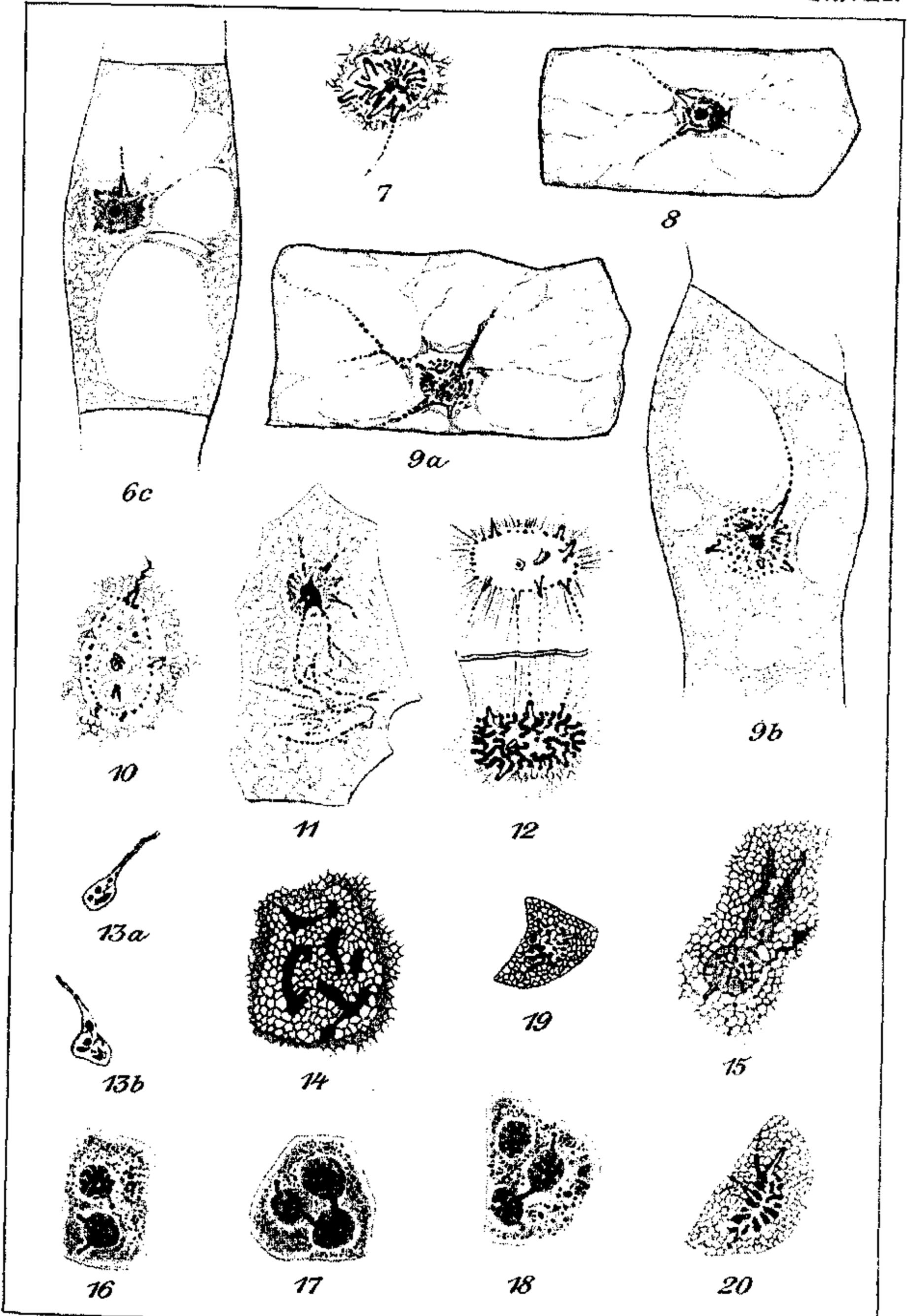
3) Über regelmäßiges Vorkommen zweikerniger Zellen an den Griffelkanälen von *Sambucus*. Sonderabdr. a. d. biol. Zentralbl. 1916, XXXVI, 10.

4) Über das Vorkommen von Mitochondrien bzw. Chondriomiten in Pflanzenzellen. Ber. d. D. bot. Ges. 1904, XXII, 5.

Figurenerklärung auf Tafel VIII u. IX.

- Fig. 1. *Vicia faba*. Fibrillen von Kernfortsätzen ausgehend. Die Einzeichnung des zytoplasmatischen Gerüstwerkes ist im Interesse der Strukturen unterblieben.
- Fig. 2 a—b. *Pisum sativum*. Zwei Pleromzellen. In a eine quer über den Kern verlaufende, aber mit dem Kern durch Fortsatz verbundene Fibrille. In b sich teilende Fibrillen. Die Fibrillen schmiegen sich den Vakuolenwänden an.
- Fig. 3. *Zea Mays*. Kernfortsatz und Fibrille der Hautschicht zustrebend.
- Fig. 4. *Allium cepa*. Fibrille mit zwei Kernfortsätzen verbunden.
- Fig. 5. *Lilium Martagon*. Filamentzelle, denselben Prozeß zeigend.
- Fig. 6. *Iris germanica*, Blattepidermiszellen. a Vom Kernfortsatz sich ausspinnender Plasmafaden. b Derselbe hat die Vakuole nach etwa 1 Minute durchquert. a u. b sind in vivo beobachtet. c Eine Blattepidermiszelle in fixiertem Zustande.
- Fig. 7. *Anemone nemorosa*. Kernfortsätze und nukleolare Fortsätze bei stärkerer Vergrößerung. Blattepidermis.
- Fig. 8. *Tradescantia virginica*, Blattepidermiszelle in viro. Die vom Kern austretenden Fäden durchsetzen die Vakuolen.
- Fig. 9. *Tulipa Gesneriana*. Zwei Blattepidermiszellen. a) in lebendem, b) in fixiertem Zustande.
- Fig. 10. *Lilium candidum*. Kern einer Epidermiszelle, stark vergrößert. Die Kernfortsätze in verschiedener Richtung auf dem Kerne verteilt.
- Fig. 11. *Fritillaria imperialis*. Kern nach der ersten Teilung (Embryosack). Aus den Fortsätzen des Kernkörperchens strömt plasmatische Grundsubstanz und Nuklein auf Kern und Zytoplasmanetzwerk über, die Anfänge der Spindelfasern.
- Fig. 12. *Fritillaria imperialis*. Embryosackwandbelag. Tochterkernbildung. Die Spindelfasern entwickeln sich aus den Kernfortsätzen und beteiligen sich mit der plasmatischen Grundsubstanz und dem Nuklein an der Ausbildung der Zellplatte.
- Fig. 13 a—b. *Fritillaria imperialis*. Nukleolenreste aus Wandbelegkernen.
- Fig. 14. *Lilium Martagon*. Pollenmutterzellkern in Diakinese. Die Nukleolenreste geben ihre Substanz (Oxy- und Basichromatin) an die Chromosomen mittels pseudopodiale Fortsätze ab. Starke Vergrößerung.
- Fig. 15. *Lilium Martagon*. Abgabe nukleolarer Substanz an die Chromosomen. Der Nucleolus noch nicht zerfallen.
- Fig. 16—18. Tapetenzellkerne von *Lilium Martagon*. Einleitung der Verschmelzung. (Ehrlich-Biondi).
- Fig. 19—20. *Lilium Martagon*. Einkernige Pollenzellen. Pseudopodiale Kernfortsätze fördern auf den oxychromatischen Fäden Nuklein nach der Hautschicht zum Ausbau der Zellmembran.





ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Flora oder Allgemeine Botanische Zeitung](#)

Jahr/Year: 1920

Band/Volume: [113](#)

Autor(en)/Author(s): Derschau von Max

Artikel/Article: [Pflanzliche Plasmastrukturen und ihre Beziehung zum Zellkern
199-212](#)