Über die bisher als Amitosen gedeuteten Kernbilder von Tradescantia virginica.

Von

P. N. Schürhoff, Elberfeld.

Mit Tafel IV.

Die „Amitosen", die sich in den Stengeln von *Tradescantia virginica* finden, sind als typische Vertreter von Amitosen bei den höheren Pflanzen seit langem anerkannt worden, so daß sie ihren Platz wohl in jedem Lehrbuch gefunden haben. Eine genauere Darstellung gibt Strasburger[1]) zuletzt noch in der Wiesner-Festschrift: „Ich habe *Tradescantia virginica* nunmehr von neuem, und zwar Anfang Juni, zu Beginn ihrer Blütezeit, im Zustande ihrer kräftigsten Lebensäußerung untersucht und trotzdem fehlten die Kerndurchschnürungen in ihr nicht. Sie ließen sich bis in die jüngsten Internodien hinein verfolgen, wenn auch ihre Zahl in den älteren Geweben größer war. Ich konnte sie auch in den Stengelknoten antreffen und sie zeichneten nicht etwa in ihrer Ausbildung benachteiligte, vielmehr besonders gut ernährte Zellen aus. Sie fehlten nur in der Epidermis und meistens auch in den hypodermalen Zellschichten. Das ganze innere Gewebe der von mir untersuchten Pflanzen war auffallend stärkereich; die Siebteile führten viel Eiweiß und diese kräftige Nahrungszufuhr mochte es sein, die eine gewisse Hypertrophie der Kerne veranlaßte. Letztere hielt sich übrigens in sehr bescheidenen Grenzen und bestand vornehmlich in einer Zunahme der Nukleolenzahl. War diese aber eingetreten, so neigte der Kern dazu, seine Teile um die einzelnen

---

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

Nukleolen abzurunden und solchermaßen gelappte Formen anzunehmen. Unter Umständen schnitt eine Trennungslinie scharf in den Kernkörper von außen ein, sich in gleicher Entfernung von zwei Nukleolen haltend. Daß die gegeneinander sich abgrenzenden Teilstücke stets nur einen Nukleolus führen müßten, ist übrigens nicht notwendig. Die Einschnürung braucht auch nicht bis zur Trennung der Teilstücke fortzuschreiten; sie kann es aber tun und eine selbst ansehnlichere Zahl getrennter Kerne in derselben Zelle liefern."

Strasburger sucht in dem letzten Satz bereits dem Widerspruch auszuweichen, der darin liegt, daß man sehr viele Bilder von Amitosen, aber nur selten den Erfolg einer vollzogenen Amitose, nämlich mehrkernige Zellen findet. Dies war auch schon Zimmermann[1]) aufgefallen, der darüber folgendes schreibt: „Hervorheben möchte ich schließlich noch, daß in manchen von denjenigen Zellarten, in denen die direkte Kernteilung angenommen wird, die vermeintlichen Teilungsstadien ungemein häufig angetroffen werden, während doch meist nur sehr wenig Teilungen in denselben stattfinden. So beobachtete ich bei den Mitte Juni untersuchten Mark- und Rindenparenchymzellen der basalen Internodien von *Tradescantia virginica* fast ausschließlich in verschiedener Weise gelappte Kerne; nur ganz ausnahmsweise waren bereits 2 Kerne in einer Zelle enthalten. Auch in älteren Zellen der gleichen Pflanze beobachtet man nur selten mehr als 3 Kerne, obwohl dieselben häufig sogar ein fast traubenförmiges Aussehen haben, wie wenn eine Zerlegung in eine große Anzahl, bis gegen 10 Kerne stattfinden sollte. Man könnte nun allerdings zur Erklärung dieser Beobachtungen die Annahme machen, daß die direkte Kernteilung sich sehr langsam abspielt, wahrscheinlicher scheint es mir aber, daß die vermeintlichen Stadien der direkten Kernteilung überhaupt nicht alle wirkliche Teilungsstadien darstellen, daß vielmehr in den betreffenden Zellen der Kern fortwährenden Gestaltsveränderungen unterworfen ist, die nur selten zu einer wirklichen Teilung führen."

Wie ich im folgenden zeigen werde, ist die bisherige Annahme, daß es sich um Amitosen handele, durchaus falsch. Die Gründe, die mich dazu führten, das Auftreten von Amitosen bei *Tradescantia* in Zweifel zu ziehen, habe ich in meiner Veröffentlichung

1) Zimmermann: Die Morphologie und Physiologie des pflanzlichen Zellkernes. Jena 1896.

„Amitosen von Riesenkernen im Endosperm von *Ranunculus acer*“ [1]) bereits angedeutet. Vor allem führte mich dazu die Tatsache, daß auf Wundreiz hin selbst ältere Kerne sich zur mitotischen Teilung begeben und in den gleichen Gewebselementen, etwas weiter von der Wundstelle entfernt, „amitotische“ Bilder zu finden sind, wie ich dies bereits früher [2]) angegeben habe: „Es fanden sich oft Wundränder, in denen jeder zweite oder dritte Kern in Teilung war, und fand diese Teilung immer auf mitotische Weise statt, während zu gleicher Zeit im Gesichtsfelde etwas weiter von der Wundstelle weg amitotische Teilungen zu sehen waren . . . . . Überall ließ sich feststellen, daß die Teilungen im Wundperiderm von den normal entstandenen in keiner Weise abwichen. Auch fanden sich vielfach ältere Kerne, die in den langgestreckten Zellen ebenfalls eine gestreckte Form angenommen hatten, in mitotischer Teilung vor.“

Hierzu sei bemerkt, daß zur Zeit der letztgenannten Abhandlung noch an das relativ häufige Auftreten von Amitosen geglaubt wurde; besonders wurde diese Ansicht durch die Arbeiten Nathansohns [3]), v. Wasielewskis [4]) u. a. gefördert. Doch hat sich herausgestellt, daß fast alle früher als Amitosen gedeuteten Fälle als Kernverschmelzungen anzusehen sind, so daß wir bei jeder amitoseähnlichen Kernform genau zu prüfen haben, ob es sich nicht vielleicht um Kernverschmelzungen handelt. Jedenfalls kann man heute bei der relativen Seltenheit von Amitosen und dem häufigen Auftreten von Verschmelzungen derartige Bilder im Zweifelsfalle mit größerer Wahrscheinlichkeit als Verschmelzungen ansehen.

Ganz wesentlich zu unserer Kenntnis der Kernverschmelzungen tragen die Versuche bei, die durch Chloralisieren von Wurzelspitzen erlaubten, nicht nur einmalige Kernverschmelzungen hervorzurufen, sondern diesen Vorgang mehrere Male hintereinander eintreten zu lassen. Der bemerkenswerteste Erfolg, den wir von jeder Kernverschmelzung nachweisen können, besteht darin, daß das Verschmelzungsprodukt die Summe der Chromosomen der verschmol-

---

1) Schürhoff: Jahrb. f. wiss. Bot., 1915.

2) Schnürhoff: Das Verhalten des Kerns im Wundgewebe. (Beihefte z. bot. Zentralblatt, 1905.)

3) Nathansohn: Physiol. Unters. über amitotische Kernteilung. (Jahrb. f. wiss. Bot., 1900.)

4) v. Wasielewski: Theoretische u. exp. Beitr. z. Kenntnis der Amitose. (Jahrb. f. wiss. Bot., 1903.)

zenen Kerne enthält. Eine Kernverschmelzung greift anscheinend nicht sehr wesentlich in das sonstige Verhalten des Kernes ein, so daß das Verschmelzungsprodukt sich verhält wie ein normaler Kern, nur daß die Anzahl seiner Chromosomen entsprechend erhöht ist. So finden wir denn, daß auf eine Kernverschmelzung Kernteilungen in normaler Weise folgen, und gerade diese Kernteilungen sind deshalb so wichtig, weil sie uns gestatten, die Anzahl der Chromosomen festzustellen und somit andererseits aus einer übergroßen Anzahl von Chromosomen den Rückschluß auf eine vorherige Kernverschmelzung erlauben.

Kernverschmelzungen kommen im normalen Werdegang der höheren Pflanzen bei der Befruchtung des Eies und der „Befruchtung" des sekundären Embryosackkernes vor. Handelt es sich in ersterem Falle um eine Verschmelzung von zwei haploiden Kernen zu einem diploiden, so zeigt uns der zweite Fall die aufeinander folgende Verschmelzung dreier haploider Kerne zu einem triploiden. Infolgedessen finden wir bei den Angiospermen Kerne mit haploiden, diploiden und triploiden Chromosomenzahlen. Durch Chloralisieren von Wurzelspitzen bringt man zwei oder mehrere diploide Kerne zum Verschmelzen, so daß man didiploide, tridiploide usw. Kerne erhält. Diese Kerne behalten weiter die Eigenschaft, sich mitotisch zu teilen und Scheidewände anzulegen.

Němec[1]) nimmt auch die Möglichkeit einer Reduktionsteilung an, wodurch den Verschmelzungsprodukten die Möglichkeit gegeben würde, wieder die normale Anzahl der Chromosomen herzustellen. Dies wäre insofern von großer Wichtigkeit, als wir dann nicht mehr das Kennzeichen einer vorangegangenen Verschmelzung, nämlich die erhöhte Chromosomenzahl auffinden würden; doch ist hierbei zu bemerken, daß ein derartiger Regulationsvorgang viel seltener zu beobachten ist, als Mitosen mit erhöhten Chromosomenzahlen, so daß wir also doch in der übergroßen Mehrzahl der Fälle nach Kernverschmelzungen die erhöhte Chromosomenzahl finden werden.

Auch wird die Angabe Němecs von Strasburger[2]) bestritten. Ebenfalls nimmt Stomps[3]) keine Reduktionsteilung bei

---

1) Němec: Das Problem der Befruchtungsvorgänge. Berlin 1910.

2) Strasburger: Über die Individualität der Chromosomen und die Pfropfhybridenfrage. Jahrb. f. wiss. Bot., 1907, Bd. XLIV.

3) Stomps: Kernteilung und Synapsis bei *Spinacia oleracea* L. (Biol. Zentralblatt, 1911.)

syndiploiden Kernen an, sondern führt das Auftreten von diploiden Kernen nach syndiploiden darauf zurück, daß bei der Anaphase an einem Pol statt eines zwei neue Tochterkerne entstehen. Auf diese Weise würden natürlich mehrkernige Zellen entstehen.

Eine wesentliche Vorbedingung für das Zustandekommen von Kernverschmelzungen ist das Vorhandensein von zwei Kernen in einer Zelle. Nur in seltenen Ausnahmefällen finden Kernübertritte in die Nachbarzelle statt, wodurch diese zweikernig wird, z. B. bei apogamen Farnen[1]), sonst entsteht meistens die Zweikernigkeit durch eine Auflösung des Phragmoplasten, bevor es zu einer Anlage der Zellwand kommt, wie wir es in typischer Weise bei der Embryosackentwicklung der höheren Pflanzen kennen lernen. In gewissen Fällen kann jedoch die bereits gebildete Zellwand wieder gelöst werden, so z. B. bei den Tapetenzellen, wo auf diese Weise „Periplasmodien" gebildet werden (s. Tischler)[2]).

Im Anschluß hieran müssen wir noch auf die Behauptung von Shibata[3]) zurückkommen, daß in den Wurzelknöllchen von *Podocarpus* nach voraufgegangenen Amitosen der Kern in neue mitotische Teilungen eintreten könne: „Während sich die meisten dieser (auf amitotischem Wege entstandenen) Kerne ohne weiteres desorganisieren, trifft man oft in denselben Zellen ungemein hypertrophierte Kerne an, um welche sich dichte Plasmamassen ansammeln. Derartige Kerne gehen sofort zur Prophase über und vollziehen sodann die Teilung in indirekter Weise. Die hier stattfindende Karyokinese verläuft in üblicher Weise unter Ausbildung distinkter, langer Tochterchromosomen, deren Zahl ich mit Sicherheit als zwölf ermitteln konnte. Dennoch bleibt hierbei die Differenzierung der Spindelfasern aus; an deren Stelle sieht man die homogene, zum Teil vakuolige Kinoplasmamasse, die mit Gentianaviolett leichte Färbung annimmt. Ferner kommt die Zellplatte nie zur Ausbildung. Diese eben durch Karyokinese geteilten Kerne teilen jedoch das gleiche Schicksal mit ihren Schwesterkernen und eilen sogleich zur Degeneration in den kollabierenden Knöllchenzellen . . . . Die Karyokinese findet gerade in den Kernen statt,

---

1) Farmer a. Digby: Studies in Apospory and Apogamy in Ferns. (Ann. of Bot., 1907.)

2) Tischler: Die Periplasmodiumbildung in den Antheren d. Commelinaceen usw. (Jahrb. f. wiss. Bot., Bd. LV.)

3) Shibata: Cyt. Studien über die endotrophen Mycorrhizen. (Jahrb. f. wiss. Bot., 1902.)

die, wie oben gezeigt, vorher durch wiederholte amitotische Teilung entstanden sind."

Strasburger[1]) nahm zuerst zur Erklärung dieser Beobachtung an, daß die Mitosen dem Verschmelzungsprodukt aller zuvor aus dem ursprünglichen Kern der Zelle amitotisch erzeugten Kerne entstammten; später[2]) kam er zu der Ansicht, daß die in Mitose innerhalb ausgewachsener Knöllchen angetroffenen Kerne sich zuvor überhaupt nicht amitotisch geteilt hätten.

Soviel steht jedenfalls fest, daß die in den Knöllchenzellen auftretenden Mitosen durch eine mangelhafte Ausbildung des Phragmoplasten gekennzeichnet sind und daß es bei diesen Teilungen nicht zur Anlage einer Zellplatte kommt. Da es sich bei den beobachteten Mitosen um Kerne mit der normalen diploiden Chromosomenzahl (Strasburger zählte 16 Chromosomen, während Shibata nur 12 angegeben hatte) handelt, so müssen wir annehmen, daß auch keine Kernverschmelzung vorangegangen ist, denn sonst müßten wir syndiploide Chromosomenzahlen finden.

Die normale Anzahl der Chromosomen zeigt ferner auch an, daß es sich nicht um vorausgegangene Amitosen handeln kann; denn dann müßte die Zahl der Chromosomen herabgesetzt sein, wie ich oben bereits ausgeführt habe. Denn man kann nicht annehmen, daß es im ruhenden Kern zu einer Längsspaltung und Trennung der Chromosomen käme, diese wäre aber Voraussetzung, wenn die späteren Mitosen wieder eine normale Chromosomenzahl aufweisen würden. Ich möchte daher annehmen, daß in den Knöllchenzellen von *Podocarpus* durch simultane Kernteilung unter Degeneration des Phragmoplasten sich mehrere Kerne in jeder Zelle bilden, die meist miteinander verschmelzen; diese Verschmelzungen sind wahrscheinlich bisher als Amitosen angesehen worden. Später, nachdem die Pilzverdauung vorüber ist, treten wieder derartige Mitosen auf, die von Kernen herrühren, die keine Verschmelzungsprodukte darstellen.

Jedenfalls ist die Tatsache, daß es bei *Podocarpus* zu einer Reduzierung des Phragmoplasten in den Knöllchenzellen kommt, sehr wichtig, weil dadurch die Vorbedingung zur Entstehung vielkerniger Zellen und damit auch zum Auftreten von Kernverschmelzungen gegeben ist.

---

1) Strasburger: Über die Individualität der Chromosomen usw. (Jahrb. f. wiss. Bot., 1907.)

2) Straßburger: Chromosomenzahlen usw. (Jahrb. f. wiss. Bot., 1908.)

Wenden wir uns nunmehr zu den Amitosen, so finden wir, daß sie durch die Unfähigkeit, neue Zellwände zu bilden, gekennzeichnet sind, so daß durch Amitosen stets vielkernige Zellen entstehen, wie wir diese bei den Internodialzellen der Characeen und bei den Amitosen der Riesenkerne im Endosperm von *Ranunculus acer* sehen. Wir wissen ferner, daß die amitotische Teilung den Kern seiner formativen Eigenschaften beraubt, so daß auf eine Amitose niemals eine Mitose mehr folgt und ebenso, wie bereits erwähnt, daß eine Amitose niemals von einer Zellteilung begleitet ist.

„Daß die Kerne die Sonderung ihrer Chromosomen bei der Teilung unterlassen, wenn ihre erbgleiche Halbierung nicht nötig ist, und daß sie sich dann amitotisch durchschnüren, daran sei auch an dieser Stelle wieder erinnert. Die Characeen lehren, daß eine solche Vermehrung der Kerne einsetzen kann in der Vollkraft ihrer Entwicklung. Bedingung ist nur, daß fortan solche Kerngenerationen auf eine ernährungsphysiologische Tätigkeit beschränkt bleiben, zur Auslösung spezifischer Bildungsvorgänge sind sie nicht mehr tauglich“ [1]).

Da wir annehmen müssen, daß bei Amitosen die einzelnen Chromosomen auf die Tochterkerne verteilt werden, ohne daß vorher durch eine Heraussonderung der Chromosomen und deren Längsspaltung eine Verdoppelung ihrer Anzahl eingetreten ist, so ergibt sich hieraus, daß durch Amitose aus einem Kern nur eine beschränkte Anzahl neuer Kerne hervorgehen kann; denn wir müssen annehmen, daß jedes Teilungsprodukt ein Chromosom nötig hat, um existenzfähig zu sein. Daß derartige Kernchen lebensfähig und imstande sind, sich völlig wie normale Kerne zu verhalten, ist aus den Teilungen der Pollenmutterzelle von *Hemerocallis fulva* [2]) und aus dem Auftreten von zahlreichen Karyomeren [3]) bekannt. Ein Kern mit der diploiden Chromosomenzahl 24 würde also auf amitotischem Wege höchstens 24 Kernchen ergeben, dabei ist es gleichgültig, ob durch eine Amitose der Bestand der einzelnen Chromosomen zu gleichen oder ungleichen Teilen auf die Tochterkerne verteilt wird. Wir sehen jedoch aus dieser Überlegung, daß aus einem Kern durch Amitose eine bedeutende Anzahl von

1) Strasburger: Chromosomenzahlen, a. a. O.

2) Juel: Die Kernteilungen in den Pollenmutterzellen von *Hemerocallis fulva* usw. (Jahrb. f. wiss. Bot., Bd. XXX.)

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

Tochterkernen entstehen kann, wie wir dieses auch tatsächlich bei den Characeen finden.

Wie ich bereits dargetan habe, wurden meine Zweifel an der Echtheit der Amitosen im *Tradescantia*-Stengel in erster Linie dadurch hervorgerufen, daß ich in unmittelbarer Nähe des Wundgewebes sowohl Mitosen als „Amitosen" auftreten sah. Es läßt sich aber nicht vereinigen, daß abwechselnd Mitosen und Amitosen in nebeneinander liegenden, gleichartigen Zellen auftreten; denn wir sind weit entfernt, eine derartige Gleichwertigkeit von Mitosen und Amitosen anzunehmen. Jedenfalls zeigt das Auftreten von Mitosen, daß es sich um Zellen handelt, die jederzeit wieder in den embryonalen Zustand zurückkehren können, während das Auftreten von Amitosen, wenn nicht als Degeneration, so doch als eine Verzichtleistung auf morphologische Aufgaben anzusehen ist.

Die Ansicht, daß es sich bei Amitosen stets um Vorgänge in alternden Zellen handele, ist in dieser Allgemeinheit nicht zutreffend[1]); denn die Internodialzellen von *Chara* zeigen während ihres Wachstums die bekannten Amitosen. Auch die Kerne anderer *Chara*-Zellen verändern ihr Aussehen entsprechend den Internodialzellen. „Die Änderung der Kernstruktur beruht in einer Verdichtung des Gerüstwerkes, der Steigerung seiner Tinktionsfähigkeit, einer Zunahme der Nukleolarsubstanz und Abnahme des Chromatins. Bei denjenigen Characeen-Kernen, welche die angegebene Änderung erfuhren, gelingt es nicht, sie rückgängig zu machen. Diese Kerne sind ein für allemal aus der mitotischen Teilungsfähigkeit getreten und zugleich mit ihnen büßen auch die Zellen, denen sie angehören, ihre Teilungsfähigkeit ein." Diejenigen Zellen der Characeen-Triebe, welche ihre ursprüngliche Kernstruktur behalten und damit die Fähigkeit zu Neubildungen besitzen, sind auf die Knoten beschränkt.

Um daher die Frage sicherzustellen, ob es sich bei *Tradescantia virginica* um Amitosen oder Kernverschmelzungen handelt, oder sonst eine Erklärung der „amitotischen" Bilder zu finden, ist daher festzustellen, ob zweikernige Zellen aus normalen Mitosen durch Reduktion des Phragmoplasten entstehen und ob vielleicht einige Mitosen, die man durch Wundreiz bequem hervorrufen kann, erhöhte Chromosomenzahlen besitzen.

Wenn nach Amitosen noch Mitosen auftreten könnten, so

---

1) Strasburger: Einiges über Characeen und Amitose, a. a. O.

würden derartige Teilungsstadien eine häufig auf wenige Chromosomen reduzierte Spindel zeigen. Doch ist nach den bisherigen Erfahrungen die Hoffnung auf das Auftreten von Mitosen nach Amitosen bei höheren Pflanzen ganz aussichtslos, was bei unserem Material aufs neue bestätigt werden konnte.

Für den Gang der Untersuchung ist also wichtig, das Vorhandensein und die Herkunft zwei- oder mehrkerniger Zellen festzustellen und über das Verhalten der Chromosomenzahl Aufklärung zu schaffen.

Zu erwähnen ist noch, daß nach Nathansohn[1]) auch in den Staubfädenhaaren von *Tradescantia virginica* „gelegentlich amitotische Kernteilungsformen vorkommen und zwar in den basalen Zellen der Haare; sie entsprechen ihrem Aussehen nach denjenigen Formen, die man in den Parenchymzellen der Internodien beobachten kann". Durch Ätherisieren konnte die Anzahl derartiger Bilder bedeutend vermehrt werden und zwar traten diese dann auch in den Endzellen auf, die bekanntlich als Schulbeispiel für mitotische Teilungen dienen. Doch gelang es Nathansohn nicht, den gesamten Verlauf derartiger „Amitosen" zu verfolgen, ebenso konnte er nicht mit Sicherheit feststellen, ob diese Kernteilungen unter Umständen von Zellteilungen begleitet waren.

Die Abbildungen von Nathansohn lassen natürlich nicht erkennen, ob es sich um Amitosen oder Kernverschmelzungen handelt; doch dürfte ein Zweifel daran, daß durch das Ätherisieren Kernverschmelzungen veranlaßt werden, nicht mehr vorhanden sein, nachdem die ganz ähnlichen Abbildungen von v. Wasielewski nach Chloralisierung sich als Verschmelzungen herausgestellt haben, es z. B. durch Chloroformieren ebenfalls leicht gelingt, Kernverschmelzungen hervorzurufen.

Die Frage, ob unter normalen Umständen in vegetativen Pflanzenteilen Kernverschmelzungen und im Anschluß daran syndiploide Kerne auftreten können, ist bereits in bejahendem Sinne entschieden. Strasburger[2]) fand solche syndiploide Kerne in den Wurzelspitzen von *Pisum;* er möchte diese aber unter dem Eindruck der bekannten Chloralhydratversuche auf eine Schädigung des betreffenden Materials zurückführen. Doch haben sich in-

1) Nathansohn: Physiologische Untersuchungen über amitotische Kernteilung, a. a. O.

2) Strasburger: Chromosomenzahlen, a. a. O.

zwischen die Beobachtungen über syndiploide Kerne in Wurzelspitzen wesentlich gemehrt, so daß wir das Auftreten derartiger Kerne als einen häufigen und durchaus nicht abnormen Vorgang auffassen müssen. So beobachtete z. B. Stomps[1]) das Auftreten von Kernverschmelzungen und syndiploiden Kernplatten bei *Spinacia oleracea*, und besonders Němec[2]) beschreibt Kernverschmelzungen und syndiploide Kerne bei mehreren Pflanzen, z. B. *Dioscorea discolor* und im Plerom von Euphorbiaceen, wo ihr gelegentliches Auftreten schon von Smoláк[3]) mitgeteilt war. Die Angaben von Němec über das Verhalten der Kerne in der Wurzelspitze von *Ricinus* sind für uns von besonderer Wichtigkeit. Zunächst stellte Němec fest, daß die mehrkernigen Zellen im Plerom auf mitotischem Wege entstehen; denn erstens ließen sich in den mehrkernigen Zellen alle Stadien der mitotischen Kernteilungsfiguren beobachten und zweitens kamen die Kerne in den meisten Zellen in geraden Zahlen vor, was insofern gut mit der Erscheinung übereinstimmt, daß in mehrkernigen Zellen alle Kerne immer simultan zur Karyokinese herantreten, wie wir es z. B. im Endosperm seit langem beobachten.

Die Vielkernigkeit kommt dadurch zustande, daß der Phragmoplast zwischen den mitotisch entstandenen Kernen keine Scheidewand mehr bildet; die Verbindungsspindel wird körnig und verschwindet ganz. Die Tochterkerne nähern sich einander und legen sich im Zentrum der Zelle dicht aneinander. In dieser Lagerung verharren sie bis zur nächstfolgenden Teilung. Dieser Vorgang wiederholt sich mehrmals, so daß man oft acht Kerne perlschnurartig aneinander liegend findet; später trennen sich die Kerne wieder voneinander und liegen diffus in der langgestreckten Zelle zerstreut. In verhältnismäßig wenig Fällen kam es bei *Ricinus* auch zu einer Kernverschmelzung, die an der erhöhten Chromosomenzahl der folgenden Mitose, sowie an der ungeraden Anzahl der Kerne nachzuweisen war, da natürlich durch simultane Kernteilung stets eine gerade Anzahl von Kernen gebildet wird.

Über weiteres Vorkommen von Kernverschmelzungen in den schnellwachsenden Sprossen von *Asparagus officinalis* wurde von

---

1) Stomps, a. a. O.

2) Němec, a. a. O.

3) Smoláк: Über vielkernige Zellen bei einigen Euphorbiaceen. (Bull. int. de l'Acad. de Bohême, 1904.)

mir[1]) berichtet. In der nächsten Nähe des Vegetationspunktes ($^1/_2$ cm von der Spitze) erfahren die Zellen, die den jungen Gefäßbündeln anliegen, ein außerordentliches Wachstum und auch ihre Kerne nehmen in entsprechender Weise daran teil, so daß die intensiv färbbaren Riesenkerne dort sehr auffallen. Die Zellwände zwischen den Riesenzellen lösen sich z. T. auf und die großen Kerne verschmelzen miteinander, um jedoch bald (etwa 1—1$^1/_2$ cm von der Spitze) zu desorganisieren und anscheinend zur Ernährung der jungen Gefäßbündel zu dienen. Die einzelnen Bilder dieser Kernverschmelzungen ließen sich auch als Amitosen deuten, doch zeigt die Größenzunahme vom Vegetationspunkte aus, daß es sich um eine ständige Vergrößerung der embryonalen Zellen bezw. Kerne handelt und ebenso findet man die Kernverschmelzungen meistens dann, wenn die Riesenkerne kurz vor der Auflösung sind. Die betreffenden Zeichnungen erläutern diese Verhältnisse näher und lassen keinen Zweifel daran, daß es sich um Kernverschmelzungen handelt.

Ich gehe nun über zu meinen Untersuchungen an *Tradescantia virginica;* meine Beobachtungen erstreckten sich zuerst auf lebendes Material durch den Stengel von *Tradescantia virginica.* In dem Stengelteile etwa 1—2 cm unter dem Blütenstande beobachtete ich die Kerne, die z. T. einen lappigen Umriß zeigten; der Umriß der Kerne änderte sich fortwährend innerhalb einiger Stunden, doch sah ich keine Amitosen.

Zum Vergleich nahm ich auch Längsschnitte von Stengelteilen, die etwa 15—20 cm von dem Blütenstand entfernt waren; der Durchmesser dieser Stengelteile betrug 0,5—0,7 cm. Es waren dies also ältere Stengelteile, in denen, wenn Amitosen voraufgegangen waren, unbedingt vielkernige Zellen anzutreffen sein müßten. Ich fand jedoch nur einkernige Zellen, deren Kern im Durchmesser etwa 1$^1/_2$ so groß war, wie in den Zellen unmittelbar unter dem Blütenstand. Auch hier ließ sich gut die ständige Veränderung des Umrisses verfolgen; doch zeigte sich während einiger Stunden Beobachtungszeit keine Andeutung, die auf eine in Aussicht stehende Teilung des Kerns hingewiesen hätte.

Ich möchte hier noch bemerken, daß sich nach meiner Ansicht an direkten Beobachtungen auch nicht die Entscheidung ge-

---

1) Schürhoff: Kernverschmelzungen in der Sproßspitze von *Asparagus officinalis.* (Flora, 1916.)

winnen läßt, ob es sich um Amitosen oder Kernverschmelzungen handelt. Denn durch die Verletzung wird ein baldiges Absterben der Kerne veranlaßt, und es ist klar, daß sich gerade in den Stadien, die für die Beurteilung von Wert wären, die Entwicklung des betreffenden Vorgangs in fortschreitender Richtung kaum finden lassen würde, denn die Kerne werden diese Entwicklung bald aufgeben und wahrscheinlich zur Rückbildung des Vorganges neigen, wie z. B. ein Kern in der Prophase der Mitose unter solchen Umständen nicht in die Mitose eintreten würde, sondern das Stadium des ruhenden Kerns wieder annehmen würde. Sollten also Kernverschmelzungen eben begonnen haben, so würde aller Voraussicht nach der Kern bestrebt sein, diesen Vorgang nach Möglichkeit wieder zurückzubilden und dann Bilder geben, die als Amitosen zu deuten wären; andererseits würden Kerne, die sich eben zur Amitose anschicken, durch eine Rückentwicklung zur Deutung von Kernverschmelzungen Anlaß geben.

Die Untersuchung des frischen Materials gab also als positives Ergebnis nur das Vorhandensein von einkernigen Zellen in den älteren Stengelteilen, während mehrkernige Zellen in diesen Teilen nicht anzutreffen waren.

Bei der Untersuchung der Teilungsstadien in der Nähe von Pseudoamitosen ließ sich an fixiertem, mit Mikrotom geschnittenem und mit Safranin-Wasserblau gefärbtem Material feststellen, daß die Zahl der Chromosomen nicht verdoppelt, aber auch nicht vermindert war, wie dies auch schon aus den Fig. 24 u. 26 meiner früheren Arbeit[1]) zu sehen ist. Die diploide Zahl der Chromosomen beträgt bei *Tradescantia virginica* 24[2]). Es ließ sich bei den Mitosen stets feststellen, daß die Anzahl der Chromosomen etwa 24 betrug; jedenfalls wären syndiploide Spindeln sicher aufgefallen. Es ergibt sich nun hieraus, daß die als Amitosen bezeichneten Bilder keine Kernverschmelzungen darstellen, obwohl diese Annahme sehr naheliegend gewesen wäre, da das Vorhandensein von Amitosen von vornherein sehr unwahrscheinlich war.

Ein besonderes Augenmerk richtete ich noch auf die Anaphasen der mitotischen Teilungen, ob sich vielleicht häufiger eine Degeneration des Phragmoplasten zeigen würde, die dann mehr-

1) Schürhoff: Das Verhalten des Kerns im Wundgewebe, a. a. O.

2) Strasburger: Über Kern- und Zellteilung im Pflanzenreich. (Hist. Beitr., Heft 1, Jena 1888.)

kernige Zellen im Gefolge gehabt haben würde; es gelang mir aber nicht, eine derartige Degeneration aufzufinden; im Gegenteil fanden sich stets gut ausgebildete junge Zellwände, an deren Seiten noch die wohlgebildeten Spindelfasern sichtbar waren.

Vor allem möchte ich noch bemerken, daß ich mich niemals davon überzeugen konnte, daß Zellen mit mehreren Kernen bei *Tradescantia* aufzufinden waren; bei Schnitten durch einen Stengel von 0,5—0,6 cm Durchmesser fand ich z. B. jeden einzelnen Kern einer Parenchymzelle im Pseudoamitosenstadium, trotzdem war keine Zelle mit mehr als einem Kern aufzufinden. Dazu ist allerdings zu bemerken, daß es bei lebendem Material nicht zu entscheiden ist, ob mehrere Kerne einer einzigen Zelle angehören, dafür bedarf es eines sehr gut gefärbten Materials. Man findet aber bald, daß der Kern sich in diesen älteren, langgestreckten Zellen fast immer in der Mitte des Längsdurchmessers befindet, so daß man bei solchen Zellen, von denen nur eine Querwand sichtbar ist, mit größter Sicherheit die Lage der zweiten konstruieren kann.

Häufig habe ich bemerkt, daß die Kerne von zwei in der Längsrichtung nebeneinander liegenden Zellen an derselben Längswandung liegen, so daß ich schon versucht war zu glauben, es fände vielleicht ein Durchtritt von Kernen und spätere Kernverschmelzung statt; doch überzeugte ich mich bald, daß dieses in Wirklichkeit nicht der Fall ist.

Es können jedoch solche Bilder Veranlassung zu Täuschungen geben, wie Fig. 7, 18, 19, 28, Taf. IV sie darstellen; diese Bilder erwecken den Anschein, als ob zwei, bisweilen auch mehrere Kerne nach erfolgter Amitose nebeneinander lägen. In Wirklichkeit sind jedoch die Lappen durch ein dünnes Band miteinander verbunden, wie dies auf Fig. 6, 11, 25—28, Taf. IV zu sehen ist. Es kann jedoch der Fall eintreten, daß der Schnitt den Kern so geteilt hat, daß das Verbindungsstück in den einen Schnitt und der größte Teil der Lappen in den andern Schnitt gekommen ist, so daß man in solchen Fällen glauben möchte, eine soeben erfolgte Trennung des Kerns vor sich zu sehen. Ein Vergleich mit den vielen ähnlichen Stadien, bei denen die Kernbrücke noch erhalten ist, bezw. die Feststellung der Kernverbindung in dem anderen Schnitt gibt aber bald über die wirkliche Bedeutung des Bildes Auskunft.

Wenn ich nun in Erwägung ziehe, daß ich bei meinen Untersuchungen Gelegenheit hatte, mehrere Tausende von Pseudo-

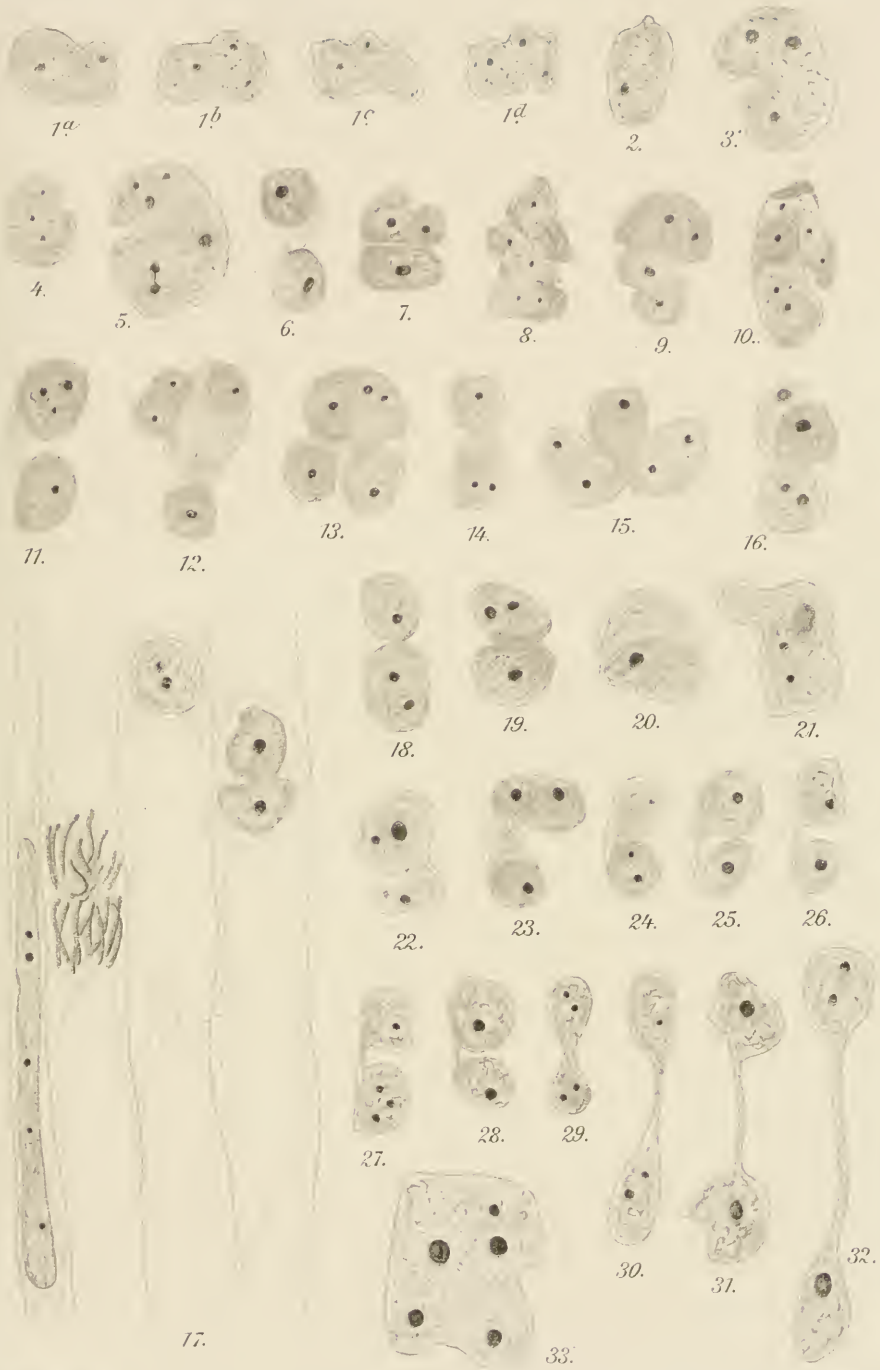
amitosen zu beobachten, dagegen kein einziges Mal in einer Zelle mehrere Kerne feststellen konnte, so ergibt sich hieraus der zwingende Schluß, daß diese Kernbilder mit einer Teilung des Kernes nichts zu tun haben.

Ich will also die Gründe, die gegen die bisherige Annahme sprechen, daß die Kernbilder im Stengel von *Tradescantia virginica* Amitosen darstellen sollen, kurz wiederholen:

1. In nebeneinander liegenden Zellen kommen regelmäßig Mitosen und Pseudoamitosen vor; es erscheint ausgeschlossen, daß Amitosen und Mitosen so gleichwertig sind, daß sie regelmäßig miteinander abwechseln können.
2. Im Wundperiderm teilen sich die Kerne mitotisch, dies setzt voraus, daß keine amitotische Teilung des Kerns vorausgegangen ist, obgleich sich in der nächsten Umgebung zahlreiche Bilder von Pseudoamitosen zeigen.
3. Trotz mehrerer Tausend beobachteter Pseudoamitosen fand sich keine Zelle mit mehreren Kernen; es ergibt sich hieraus, daß die gefundenen Kernbilder keine Vorbereitungen zu Kernteilungen darstellen, da wir sonst für den Verlauf einer Amitose eine so außerordentlich lange Zeit annehmen müßten, daß während der Zeit der Existenz der einzelnen Pflanze nur wenige Amitosen zu Ende geführt würden. Da durch Amitose aber keine Zellwände gebildet werden, müßten durch Amitose unbedingt vielkernige Zellen entstehen.

Gegen die Annahme, daß die Pseudoamitosen Kernverschmelzungen darstellen, sprechen folgende Gründe:

1. Es müßten sich vor der Kernverschmelzung mehrkernige Zellen gebildet haben, diese waren aber niemals aufzufinden.
2. Das Entstehen von vielkernigen Zellen würde eine Desorganisation des Phragmoplasten oder nachträgliche Auflösung der Zellwand bedingen. Da die Kernverschmelzungen schnell verlaufen, hätten bei der großen Anzahl von Pseudoamitosen diese Stadien in Masse gefunden werden müssen. Es ließ sich jedoch stets eine völlige Ausbildung des Phragmoplasten mit nachfolgender Zellwandbildung beobachten; Auflösung der Zellwände wurde hingegen nicht beobachtet.



Lith. Anst. v. E. A. Funke Leipzig

3. Bei Auftreten von Kernverschmelzungen hätten syndiploide Chromosomenzahlen zur Wahrnehmung gelangen müssen. Die Teilungsfiguren wiesen jedoch stets normale diploide Chromosomenzahlen auf.

Wir sind also berechtigt, den Schluß zu ziehen, daß die bisher als Amitosen gedeuteten Kernbilder im Stengel von *Tradescantia virginica* keine Amitosen darstellen, sondern nur der Ausdruck einer amöboiden Bewegung des Kerns sind.

Figuren-Erklärung.

Tafel IV.

Sämtliche Figuren beziehen sich auf *Tradescantia virginica* und sind mit dem Abbéschen Zeichenapparat bei 750facher Vergrößerung gezeichnet. Fig. 1 *a* bis 1 *d* sind nach lebendem Material entworfen, die übrigen Zeichnungen sind nach gefärbten Mikrotomschnitten von 7,5 μ Dicke angefertigt.

Fig. 1 *a* bis 1 *d*. Kern aus dem Längsschnitt eines Stengelteils, 2 cm unter der Blüte; die einzelnen Stadien sind nach Verlauf von je einer halben Stunde nach dem Leben gezeichnet.

Fig. 2—5. Verhältnismäßig junge Kerne, bei denen die Formveränderung noch nicht weit vorgeschritten ist.

Fig. 6—28 zeigen die verschiedensten Arten der Gestaltsveränderung des Kerns; sehr häufig findet man hantelförmige Kerne, deren Kugeln nur durch eine schmale Kernbrücke verbunden sind, solche Kerne sehen „von oben" gesehen aus wie Fig. 7, 18, 19 und 20, während sie „von der Seite" Bilder geben wie Fig. 11, 25—28. Manche Kerne sehen aus, als würden sie in mehrere Teile zerfallen, z. B. Fig. 15 u. 16 in drei, Fig. 12 in fünf. Die Anzahl der Kernkörperchen für die einzelnen „Abschnürungen" ist nicht feststehend.

Fig. 29—32 zeigen Kerne, die eine bedeutende Längsstreckung darstellen.

Fig. 33 gibt einen älteren Kern wieder, der verhältnismäßig regelmäßige Umrisse zeigt.

Fig. 17 zeigt uns endlich eine Mitose und in nächster Nachbarschaft eine Pseudoamitose; zu beachten ist ferner auch der langgestreckte Kern links von der Mitose, solche langgestreckte Kerne sind in den jungen Gefäßen regelmäßig vorhanden und auch die Mitosen in diesen Zellen nehmen eine derartige gestreckte Form an.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Jahrbücher für wissenschaftliche Botanik

Jahr/Year: 1917

Band/Volume: 57

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

Artikel/Article: Über die bisher als Amitosen gedeuteten Kernbilder von Tradescantia virginica. 363-377