

Zur Nukleolusfrage.¹⁾

Ein Beitrag zur Kenntnis der Bildung von Nukleolus in vegetativen Zellen von *Lupinus angustifolius* und *Allium cepa*.

Von

Peter Georgevitch.

Mit Tafel V.

Über die Herkunft und die Bedeutung der Nukleolen werden zur Zeit nach V. Häcker²⁾ drei Theorien vertreten.

Die erste ist die Transportationstheorie, „da nach derselben die Substanz der Nukleolen zu Beginn der Teilung auf die sich bildenden Chromosomen übertragen und bei der Rekonstitution der Tochterkerne den Tochterschleifen wieder entnommen wird.“

Die zweite Theorie ist die Reservestoff-Theorie Strasburger's³⁾. Nach dieser Theorie stellt die Nukleolarsubstanz einen Reservestoff dar, aus dem das Kinoplasma nach Bedarf schöpft und durch dessen Aufnahme seine Tätigkeit erhöht wird.

Eine dritte, die Kernsekret-Theorie, ist von V. Häcker aufgestellt. Er nimmt an, wie die Mehrzahl der Autoren, daß die Nukleolen keine strukturierten Gebilde seien. Nach ihm stellt aber Nukleolus keine Nähr- oder Reservestoff-Substanz dar, sondern nur ein Abspaltungs- oder Zwischenprodukt des Stoffwechsels, „welches während der vegetativen Tätigkeit der Zelle und des Kernes in oder an den chromatischen Balken und Fäden zur Abscheidung gelangt und noch während der Kernruhe oder in Beginn der Mitose als eine Art Sekret aus dem Kernraum entfernt wird, und zwar entweder in gelöster oder, im letzteren Fall, auch in ungelöster Form.“

Neuerdings zeigt sich bei manchen Autoren die Tendenz, die Prinzipien der ersten und der zweiten Theorie zu kombinieren und den Nukleolus als einen Stoff aufzufassen, aus welchem nicht

¹⁾ Die vorliegende Arbeit ist in den Annalen der serbischen Akademie der Wissenschaften zu Belgrad erschienen, und mit ihrer Bewilligung wird auch dieser Auszug veröffentlicht.

²⁾ Praxis und Theorie der Zellen- und Befruchtungslehre. Jena 1899. pag. 114.

³⁾ Karyokinetische Probleme. (Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. 28.)

nur Kinoplasma, sondern auch die Chromosome nach Bedarf schöpfen können und dadurch ihre Substanz vermehren.

Trotzdem ist aber diese Frage noch nicht genug aufgeklärt, und in der Literatur finden wir noch manche Meinungsverschiedenheit.

So sagt O. Hertwig¹⁾ über diese Frage folgendes: „Nach der herrschenden Lehre werden während der Karyokinese die Nukleolen aufgelöst, um später in den Tochterkernen wieder neu gebildet zu werden. Was bei der Auflösung aus der Substanz wird, und wie die Neubildung vor sich geht, konnte mit unsern üblichen Hilfsmitteln nicht genau festgestellt werden. Die Kontinuität zwischen alten und neuen Nukleolen war jedenfalls unterbrochen“ (p. 197).

Diese Tatsache möchte ich besonders hervorheben und gleich darauf hinweisen, daß ich als Hauptaufgabe meiner Arbeit den Nachweis über die Kontinuität der einzelnen Nukleolengenerationen betrachte.

Material und Methoden.

Es wurden untersucht die Wurzelspitzen von *Lupinus angustifolius* und *Allium cepa*, die in Flemming'scher Flüssigkeit fixiert, nach üblicher Methode behandelt, und in Schnitte von 5—7 μ zerlegt wurden. Die Schnitte von *Lupinus* wurden ausschließlich nach Heidenhain mit Eisenhämatoxylin, dagegen diejenigen von *Allium* nach Heidenhain mit Hämatoxylin und nach Flemming mit drei Farben gefärbt.

1. *Lupinus angustifolius*.

Der Zellkern von *Lupinus* enthält im Ruhezustande (Fig. 1) verhältnismäßig wenig Chromatin, welches an der Peripherie des Kernes verteilt ist. Es ist bemerkenswert, daß diese Chromatinmasse auf einzelne Punkte konzentriert ist, welche sich sehr intensiv färben und wahrscheinlich die Chromosomen in ruhendem Zustande darstellen.

In der Mitte des Zellkernes befindet sich ein verhältnismäßig großer Nukleolus, welcher mehrere Vakuolen enthält. Die Peripherie des Nukleolus färbt sich viel intensiver als die vakuolisierte Mitte, wie das auch von H. Wager²⁾ für den Nukleolus von *Phaseolus* gezeigt worden ist (p. 43).

Der Nukleolus ist auf den Präparaten von einem hellen Hof umgeben, welcher aber in frischem Zustande nicht nachzuweisen, und deshalb als Kunstprodukt der Fixierung aufzufassen ist. Für diese Auffassung sprechen auch jene feine Fasern, welche den Nukleolus mit dem peripheren Kernnetze verbinden, und welche auch Wager folgendermaßen beschreibt: „In the resting condition the nucleolus is suspended to the peripheral network by delicate treads, which are only visible in carefully stained specimens“ (p. 45).

¹⁾ Allgemeine Biologie. Zweite Auflage des Lehrbuches „die Zelle und die Gewebe“. Jena 1906.

²⁾ The nucleolus and nuclear division in the root apert of *Phaseolus*.

Bei der Fixierung zieht sich der Nukleolus zusammen, wobei auch einige Partien des Kernnetzes, die mit dem Nukleolus verklebt waren, in feine Fäden ausgezogen werden. Wager läßt diese Verbindungsfäden — „suspending treads“ — eine große Rolle spielen, und meint, daß die Nukleolarsubstanz durch diese in „surrounding treads“ des Kernnetzes übergehe. Das Stadium der Prophase verläuft normal, und die Chromosome differenzieren sich um die bestehenden Chromatinzentren heraus. Am Ende der Prophase sind die Chromosomen schon differenziert, und der Nukleolus beginnt eine unregelmäßige, amoeboide Form anzunehmen. Ein solches Stadium ist in der Figur 2 dargestellt: Der Nukleolus ist viel intensiver als die Chromosomen gefärbt, und fängt an, Vakuolen zu bekommen. Ein weiterer Schritt in der Vakuolisierung des Nukleolus ist in der Figur 3 zur Anschauung gebracht. Der Nukleolus hat eine noch unregelmäßigere Form bekommen; die Vakuolisierung des Nukleolus ist noch weiter fortgeschritten, und deshalb ist der Nukleolus in mehrere Enden ausgezogen. Die Chromosome zeigen noch immer den innigen Zusammenhang mit dem Nukleolus. Sehr interessant in dieser Beziehung ist das Stadium, welches in der Figur 4 dargestellt ist.

Hier ist die Masse des Nukleolus in vier deutliche Enden ausgezogen, welche mehr oder weniger die Form der Chromosome angenommen haben. Es ist weiter sehr bemerkenswert, daß nur diese vier Enden vom Nukleolus eine Vakuolisierung zeigen und dadurch ihre gemeinsame Abstammung vom Nukleolus deutlich bekunden.

Dieses Stadium ist auch insofern interessant, als die drei oberen Enden des Nukleolus viel kompakter erscheinen und mit wenigen Vakuolen versehen sind und sich deshalb viel intensiver färben als das vierte (untere) Ende, welches viel mehr Vakuolen enthält und sich weniger intensiv färbt. Dies wird wahrscheinlich derjenige Teil von Nukleolus sein, welcher später als ein Überschub in das umgebende Protoplasma ausgestoßen wird (extranuklearer Nukleolus). Nur diese Enden vom Nukleolus besitzen Vakuolen, die bei den umgebenden Chromosomen zur Zeit vermißt werden, und sich außerdem noch viel intensiver färben als die Chromosomen.

Auf Grund dieser Eigenschaften ist es wohl unwahrscheinlich, daß eine Verwechslung der Chromosome mit den Teilen vom Nukleolus möglich wäre.

Selbst H. Wager, welcher annimmt, daß die Nukleolarmasse durch ihre Verbindungsfäden in das Kernnetz transportiert werde, und erst aus diesem die Chromosome gebildet werden, gibt zu, daß es in manchen Fällen gerade so aussieht, als ob die Nukleolarsubstanz direkt zu Chromosomen umgewandelt wäre.

So sagt Wager: „It is extremely difficult, however, to be certain of the exact sequence of events, as the observations have to be made entirely on stained specimens. In many cases the nukleolus appears as if it was becoming direktly transformed into chromosomes,“ (p. 47). Nach der Differenzierung der Chromosome aus dem Kernnetze und aus einem Teil vom Nukleolus werden die

Spindelfasern gebildet, die vom Spindelpole zu den Chromosomen verlaufen. Metaphase und Anaphase verlaufen in normaler Weise. In der Telophase werden die Tochterkerne gebildet, und nachher das Kernnetz in der von Grégoire und Wygaerts¹⁾ angegebenen Weise. Es erfolgt zuerst die Anhäufung der Chromosome an die Spindelpole und dann das Auseinanderweichen derselben. Dabei werden zahlreiche Anastomosen zwischen einzelnen Chromosomen gebildet.

Diese Anastomosen sind nichts anderes als die ausgezogene Substanz der Chromosome, welche zu der Zeit Vakuolen in ihrer Masse bekommen haben.

Eine gewisse Anzahl von Chromosomen vereinigen sich zu einer unregelmäßigen, kompakten Masse, welche noch immer mit dem Kernnetze verbunden ist.

So sehen wir in der Figur 5 eine schon geteilte Zelle mit zwei Tochterkernen dargestellt. In beiden Tochterkernen können wir je drei kompakte chromatische Massen wahrnehmen, und zwar in dem oberen Tochterkerne alle drei weit von einander entfernt, und nur durch das chromatische Kernnetz verbunden.

In dem unteren Tochterkerne können wir schon die angebahnte Vereinigung dieser chromatischen Massen wahrnehmen. Zwei größere chromatische Massen sind einander genähert und teilweise schon vereinigt.

Die rechte Hälfte ist aber viel intensiver gefärbt als die linke, woraus man den Schluß ziehen kann, daß diese Masse durch Vereinigung beider Hälften entstanden ist.

Ein weiterer Schritt der Vereinigung von Chromosomen ist in der Figur 6 dargestellt.

Im oberen Tochterkerne befinden sich zwei kompakte chromatische Massen, die sich viel intensiver färben als die übrigen an der Peripherie des Kernes befindlichen Chromosome. Außerdem sind diese Massen so einander genähert, daß deren Umrisse kaum zu unterscheiden sind.

Vergleichen wir dieses Stadium mit dem in der Figur 5 dargestellten, so können wir feststellen, daß die angebahnte Vereinigung von drei chromatischen Massen zu zwei, wie sie im unteren Tochterkerne der Figur 5 dargestellt wurde, auf dem Stadium der Figur 6 vollzogen ist. Die vollendete Vereinigung aller chromatischen Massen zu einer einzigen ist im unteren Tochterkerne der Figur 6 zur Anschauung gebracht. Während man im oberen Tochterkerne zwei chromatische Massen antrifft, sehen wir im unteren Tochterkerne nur eine einzige kompakte Masse von unregelmäßiger Form und unebenen Umrisen. Außerdem kann man noch feststellen, daß diese zentrale Masse durch feine Fibrillen des Kernnetzes mit den peripheren Chromosomen in Verbindung steht. Das ist aber ein Beweis mehr, daß diese Masse durch eine Vereinigung von mehreren Chromosomen entstanden ist, die ihrerseits mit anderen

¹⁾ La reconstitution du noyau et la formation des chromosomes dans les cellules somatiques. (Extrait de la Revue: „La Cellule“. T. XXI.)

Chromosomen im Zusammenhang waren. Endlich bekommt diese Masse eine rundliche Form und mehrere Vakuolen und stellt so den regenerierten Nukleolus dar.

Demnach können wir wohl annehmen, daß der regenerierende Nukleolus in den vegetativen Zellen von *Lupinus* in der Telophase durch Vereinigung mehrerer Chromosome zu einer Masse entstanden ist. Wenn wir nun weiter bedenken, daß in der Prophase aus dem Nukleolus drei Chromosome entstanden sind, während in der Telophase der regenerierende Nukleolus durch Vereinigung von drei chromatischen Massen gebildet wird, so kann man daraus klar ersehen, daß diese Massen nur die Chromosome des Tochterkernes sein können.

Nach dieser Auffassung ist die Kontinuität zwischen alten und neuen Nukleolen wohl gesichert.

Auch in der Literatur finden wir einige Angaben über eine direkte Entstehung der Chromosome aus der Masse des Nukleolus. So hat J. Berghs¹⁾ für *Spirogyra* solche Angaben über die Bildung von Chromosomen gemacht. Nach diesem Autor werden die Chromosome in der Prophase aus der Masse des Nukleolus gebildet.

Auf Seite 65 sagt Berghs folgendes: „On voit que les chromosomes se dégagent du nucléole quiescent au sein du quel ils étaient contenus“.

Berghs nimmt an, daß sich das perinukleolare Kernnetz bei der Bildung von Chromosomen nicht beteiligt.

Außer diesen echten Chromosomen werden auch sogenannte „bâtonnets somatiques“ ebenfalls aus der kernigen Masse des Nukleolus gebildet.

H. Wager hat die Rekonstitution des Nukleolus im Tochterkerne für *Phaseolus* beschrieben. Er hat ebenfalls gefunden, daß ein im Tochterkerne regenerierender Nukleolus durch Vereinigung mehrerer chromatischer Massen (Chromosomen) gebildet wird.

Verschiedene Farbentöne dieser Massen deuten darauf hin, daß dieselben durch Vereinigung mehrerer kleinerer entstanden sind.

Seine diesbezügliche Resultate faßt Wager im folgenden Satze zusammen: „I think, that the nucleoli in the daughter-nuclei definitely originate by the fusion of the chromosomes, first of all into a number of small nucleolar masses, connected together by a deeply stained network, and then by further fusion into the large nucleoli found in the mature cells“ (p. 47).

2. *Allium cepa*.

Der Zellkern dieser Spezies enthält viel mehr Chromatin und relativ längere Chromosome als der Zellkern von *Lupinus*. Im ruhenden Zustande (Fig. 7) enthält der Zellkern einen relativ kleineren Nukleolus, in dessen Mitte eine große Vakuole vorhanden ist, und ist von keinem hellen Hof umgeben.

¹⁾ Le noyau et la cinèse chez le *Spirogyra*. (Extrait de la Revue „La Cellule“. T. XXIII. f. 1.)

Nach B. Němec¹⁾ befindet sich bei jüngeren Zellkernen von *Allium cepa* ein sehr schmaler, von radialen Fibrillen durchsetzter Hof. Später soll aber bei älteren Kernen dieser Hof durch Anhäufung von Chromatinkernen an die Fibrillen verschwinden. Es ist wohl möglich, daß in der Figur 7 ein solcher Kern dargestellt ist, füge aber gleich hinzu, daß auch an anderen Präparaten kein Hof wahrzunehmen war.

Vom Nukleolus sind zahlreiche feine Fäden in radialer Richtung nach der Kernperipherie ausgespannt. Diese Fäden kreuzen sich, und in den Knotenpunkten wird die sehr intensiv sich färbende chromatische Masse angesammelt. Interessant ist es, daß die Längsspaltung des chromatischen Kernfadens vor seinem Zerfall in einzelne Chromosome erfolgt.

Zu gleicher Zeit mit dem Zerfall des Kernfadens kommen auch die achromatischen Polkappen zum Vorschein. In der Figur 8 ist nur eine solche dargestellt, da der Schnitt etwas schief zur Spindelachse geführt wurde. Auf diesem Stadium hat der Nukleolus seine ursprüngliche Form geändert, indem er mehr länglich und unregelmäßig geworden ist. In seiner Mitte sehen wir nicht mehr jene große, helle Vakuola, weshalb der Nukleolus jetzt ganz homogen erscheint.

Es wurde schon betont, daß die Präparate, nach welchen die Figuren 7, 8 und 9 gezeichnet sind, nach Flemming mit drei Farben gefärbt wurden. Nach dieser Methode färbt sich bekanntlich der Nukleolus intensiv hellrot, die Chromosomen dagegen purpurrot. Dieses verschiedene tinktionelle Verhalten gibt uns die Möglichkeit, die Bestandteile von Nukleolus und Chromosomen sicher von einander zu unterscheiden.

Auf dem in der Figur 8 dargestellten Stadium ist die achromatische Polkappe schon gebildet, der Nukleolus aber ist noch immer im Inneren des Kernes ganz vorhanden. Daraus können wir den Schluß ziehen, daß zur Bildung der achromatischen Polkappe keine Nukleolarsubstanz verbraucht wurde. Dasselbe Verhältnis bleibt auch später bestehen. Der Nukleolus hat seine Form noch weiter geändert und schließlich die Form eines Chromosoms angenommen.

So sehen wir in der Figur 9 unter anderen Chromosomen auch ein solches, welches dieselbe hellrote Färbung zeigt wie der Nukleolus selbst, es liegt in der Mitte der unteren Reihe der in der Metaphase sich befindenden Chromosome.

Auf diesem Stadium ist die Kernmembran desorganisiert, und die achromatische Figur vollständig ausgebildet, obgleich die Nukleolarsubstanz in der Form eines Chromosoms ganz erhalten ist. Für unsere Annahme, daß dieses hellrot sich färbende Chromosom vom Nukleolus entstanden ist, spricht noch der Umstand, daß nur dieses einzige Chromosom die intensiv hellrote Färbung zeigt, während alle anderen Chromosome sich dunkelrot färben.

¹⁾ Über die karyokinetische Kernteilung in der Wurzelspitze von *Allium cepa*. (Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. XXXIII. H. 2.)

Das Stadium der Anaphase und der Telophase verläuft in normaler Weise. In der Figur 10 ist das Stadium der Telophase dargestellt: Beide Tochterkerne sind regeneriert und mit einer Membran umgeben. Außerdem ist die Zellplatte gebildet und zeigt in ihrer Mitte die charakteristische Krümmung, welche auch von Némce für *Allium* beschrieben wurde.

Die Chromosome zeigen deutliche Vakuolen in ihrer Masse, wie das Grégoire und Wygaerts für vegetative Zellen beschrieben haben. In jedem Tochterkerne sieht man je ein vakuolisiertes Chromosom, in dessen Mitte ein längliches oder ovales Körperchen in der Verlängerung desselben Chromosoms liegt. Dieses Körperchen ist kompakt, während die anderen Bestandteile dieses Chromosoms vakuolisiert sind. Außerdem färbt es sich weniger intensiv als die Bestandteile dieses und anderer Chromosome, und zeigt überhaupt alle Eigenschaften eines regenerierenden Nukleolus. Bei einer genauen Betrachtung des mikroskopischen Bildes kann man feststellen, daß dieses kompakte Körperchen durch je zwei parallele, feine, farblose Fädchen mit anderen Bestandteilen dieses Chromosoms in Verbindung steht.

Das ganze Bild macht den Eindruck, als ob die Masse eines Chromosoms sich um diesen Punkt konzentrierte, wodurch derselbe durch die Apposition der Chromatinmasse vergrößert wird.

Den Vorgang der Konzentration der Chromosomenmasse in beschriebene Zentren können wir uns folgendermaßen vorstellen: Um einen kompakten Punkt des vakuolisierten Chromosoms, welcher beiderseits durch je eine Vakuole von anderen Bestandteilen des Chromosoms getrennt ist, wird immer neue chromatische Masse von beiden Seiten her aufgelagert. Dadurch wird das kompakte chromatische Körperchen immer größer, bleibt aber noch immer durch je zwei feine, farblose Fädchen mit anderen Teilen dieses Chromosoms in Verbindung. Nach der von Grégoire und Wygaerts gegebenen Definition stellen diese Fädchen die lateralen Wände der Vakuole, und sind aus der Chromosomenmasse gebildet. In der beschriebenen Weise konzentriert sich die ganze Masse eines bestimmten Chromosoms zu einem kompakten, kleineren oder größeren Punkt, welcher einen regenerierenden Nukleolus darstellt. Aus der Masse anderer Chromosome wird dagegen das chromatische Kernnetz in bekannter Weise gebildet.

So haben wir den ganzen Zyklus der Veränderungen des Nukleolus festgestellt. In der Prophase wird aus dem Nukleolus ein Chromosom (für *Allium*) gebildet, und in der nächsten Telophase regeneriert der Nukleolus aus der Masse eines bestimmten Chromosoms.

Solche Entstehungsweise von Nukleolus steht im besten Einklange mit der Theorie der Chromosomenindividualität. Grégoire und seine Schüler haben besonders betont, daß die Chromosome in der Telophase nur ihre Form, nicht aber ihr Wesen verändern, woraus zu schließen ist, daß im Ruhezustande der Zellkern dieselbe Chromosomenzahl wie bei der Mytose enthält, nur ohne deutliche Umrisse einzelner Chromosome. In der Prophase dagegen wird

nur die Masse einzelner Chromosome aus dem Kernnetze konzentriert, und zwar aus denjenigen Teilen desselben, welche in der Telophase durch Vakuolisierung derselben Chromosome entstanden sind.

Auf diese Weise ist die so viel erörterte Individualität der Chromosome auf das deutlichste bewiesen. Unsere Annahme über die Entstehung des Nukleolus nach der gegebenen Erklärung steht keineswegs im Widerspruch mit der Theorie von der Individualität der Chromosome, da aus den vakuolisierten Chromosomen einer Telophase wieder nur die Chromosome der nächsten Prophase gebildet werden.

Zu diesen Chromosomengenerationen wird die Masse des Nukleolus in Form eines oder mehrerer Chromosome in der Prophase hinzugefügt, oder aus denselben in der Telophase als der regenerierende Nukleolus eliminiert.

Ganz anders verhält sich die Sache nach der von Wäger gegebenen Beschreibung der Entstehung von Nukleolus. Nach ihm werden die Chromosome in der Prophase nur aus dem Kernnetze gebildet. Der Nukleolus gibt nur die amorphe Masse — „nucleolar material“ —, welche aus dem Nukleolus durch die „suspending fibres“ in das Kernnetz übergeht, und dadurch dessen Masse vermehrt.

In der Telophase dagegen entsteht der Nukleolus durch Vereinigung einiger Chromosome, morphologisch also aus ganz verschiedenen Elementen, welche nur einen Teil des Nukleolus aus der Prophase enthalten. Dadurch ist aber die Kontinuität zwischen dem alten Nukleolus einer Prophase und dem neuen in der nächsten Telophase unterbrochen.

Für *Allium* hat B. Němec¹⁾ die Bildung des Nukleolus durch Umwandlung der Spindelfasern an den Polen der Teilungsfiguren beschrieben.

Die Mantelfasern verlieren ihre faserige Struktur und werden in eine homogene Masse umgewandelt, welche ihre konische Form beibehalten hat. Später wird sie körnig und färbt sich mit drei Farben rötlich gelb. Einzelne Körner dieser Masse vereinigen sich zu einem oder mehreren rundlichen Körpern, welche alle Eigenschaften der regenerierenden Nukleolen aufweisen. Sie liegen am Pole des Tochterkernes in einer kleinen Vertiefung und erst später dringen sie in das Kerninnere

Auf meinen Präparaten, die ebenfalls mit drei Farben nach Flemming gefärbt wurden, konnte ich nie eine solche Umwandlung der Spindelfasern in Nukleolus beobachten.

Dagegen habe ich sehr oft die Gelegenheit gehabt, an den Polen der Tochterkerne solche sehr intensiv sich färbende Körperchen in einer Vertiefung zu beobachten. In allen Fällen hat sich aber herausgestellt, daß diese rundlichen Körperchen an den Polen der Tochterkerne nichts anders waren als die kompakten Enden eines vakuolisierten Chromosoms, welches am Pole des Tochterkernes lag, und über die übrigen hinausragte. Das kompakte

¹⁾ l. c. p. 330.

Ende eines solchen Chromosoms färbt sich aber intensiv und ist von anderen Teilen dieses Chromosoms durch eine Vakuole getrennt.

Auf ersten Blick macht es den Eindruck eines selbständigen Körpers, und es ist wohl die Möglichkeit nicht ausgeschlossen, daß sie irrtümlicherweise als Nukleolen interpretiert wurden.

Figurenerklärung.

Sämtliche Figuren sind mit Hilfe des Abé'schen Zeichenapparates gezeichnet.

- Fig. 1. Eine Periblemzelle aus dem Längsschnitte einer Wurzelspitze von *Lupinus angustifolius*. Der Kern ist im Ruhezustande. Ok. V. Obj. $\frac{1}{12}$ Ölimmersion von Leitz.
- „ 2. Eine Periblemzelle in der Mytose, sonst wie in der Figur 1.
- „ 3. Wie in der Figur 2. Nukleolus ist vakuolisiert und hat eine noch unregelmäßigere Form bekommen.
- „ 4. Ein weiteres Stadium der Vakuolisierung vom Nukleolus, welcher in vier Enden ausgezogen ist, sonst wie in der Figur 3.
- „ 5. Eine Periblemzelle in der Mytose; beide Tochterkerne zeigen die Vereinigung der chromatischen Massen. Ok. V. Obj. $\frac{1}{12}$. L.
- „ 6. Wie in der Figur 5, nur ist die Vereinigung der chromatischen Massen weiter fortgeschritten.
- „ 7. Eine Periblemzelle aus dem Längsschnitte einer Wurzelspitze von *Allium cepa*. Der Zellkern ist im Ruhestadium. Ok. V. Obj. $\frac{1}{12}$. L.
- „ 8. Eine Periblemzelle in der Mytose. Die Chromosome sind differenziert, und die Polkappe gebildet. Ok. IV. Obj. 0,30 Ölimmersion. Zeiß.
- „ 9. Wie in der Figur 8, nur ist die Spindelbildung vollendet; der Zellkern befindet sich in der Metaphose.
- „ 10. Eine Periblemzeile in der Teilung und mit zwei Tochterkernen. Die Zellplatte ist gebildet. Ok. III. Obj. $\frac{1}{12}$. L.
-

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Botanisches Centralblatt](#)

Jahr/Year: 1908

Band/Volume: [BH_23_1](#)

Autor(en)/Author(s): Georgevitch Petar

Artikel/Article: [Zur Nukleolusfrage.1* Ein Beitrag zur Kenntnis der Bildung von Nukleolus in vegetativen Zellen von Lupinus angustifolius und Allium cepa. 45-53](#)