

Botanisches Centralblatt.

REFERIRENDES ORGAN

für das Gesamtgebiet der Botanik des In- und Auslandes

Herausgegeben unter Mitwirkung zahlreicher Gelehrten

von

Dr. Oscar Uhlworm und **Dr. F. G. Kohl**

in Cassel

in Marburg

Nr. 8.	Abonnement für das halbe Jahr (2 Bände) mit 14 M. durch alle Buchhandlungen und Postanstalten.	1899.
--------	---	-------

Die Herren Mitarbeiter werden dringend ersucht, die Manuscripte immer nur auf *einer* Seite zu beschreiben und für *jedes* Referat besondere Blätter benutzen zu wollen.
Die Redaction.

Wissenschaftliche Originalmittheilungen.*)

Zur Physiologie der Kern- und Zelltheilung.

Von

Dr. Bohumil Němec

in Prag.

(Mit 7 Textabbildungen.)

Ich will in der vorliegenden Mittheilung einen vorläufigen Bericht über einige Versuche geben, welche die Kern- und Zelltheilungen im vegetativen Gewebe von Gefäßpflanzen betreffen und einiges Licht auf die hier in Betracht kommenden Fragen werfen können. Dies betrifft in erster Reihe den von mir¹⁾ constatirten Unterschied zwischen den Prophasen der Kerntheilung im vegetativen und Fortpflanzungsgewebe bei der ungeschlechtlichen Generation der Gefäßpflanzen, andererseits Fragen, welche sich auf physikalische Eigenschaften des Protoplasmas in sich theilenden Zellen der vegetativen Gewebe beziehen. Dies waren auch Gesichtspunkte, welche mich zu diesen Untersuchungen geführt haben.

*) Für den Inhalt der Originalartikel sind die Herren Verfasser allein verantwortlich. Red.

¹⁾ Němec, B., Ueber die Ausbildung der achromatischen Figur im vegetativen und Fortpflanzungsgewebe. (Diese Zeitschrift. 1898.)

In meinem Bericht (l. c.) über die Unterschiede zwischen der Ausbildung der achromatischen Figur im vegetativen und Fortpflanzungsgewebe der Gefäßpflanzen habe ich die Frage aufgeworfen, ob vielleicht die thatsächlichen Unterschiede nicht durch äussere Verhältnisse, denen die betreffenden Zellen unterliegen, verursacht werden. Es handelt sich nämlich darum, dass in den relativ freiliegenden Zellen der sporogenen Gewebe die achromatische Figur multipolar, öfters sogar radial um den Kern herum angelegt wird, wogegen im vegetativen Gewebe die achromatische Figur von Anfang an bipolar entsteht, und zwar zunächst als ein hyalines, den Kern umgebendes Gebilde, das in einigen Fällen nur an den Polen als kappenförmige, hyaline oder diffus färbbare Plasmaansammlung hervortritt. Diese Bipolarität konnte ich bei Gefäßpflanzen, die Repräsentanten fast aller Classen vorstellen, constatiren.

Ich lasse hier die Liste der in dieser Richtung von mir untersuchten Pflanzen folgen, und verweise noch auf die von Hof und Rosen untersuchten Formen:

Aspidium Filix mas, Alspöhila australis, Equisetum palustre, E. arvense, Cycas circinalis, Zamia integrifolia, Ginkgo biloba, Picea excelsa, Pinus silvestris, P. Strobus, Latania borbonica. Hemerocallis fulva, Allium Cepa, A. oleraceum, Chlorophytum comosum, Zannichellia palustris, Iris germanica, Monstera deliciosa, Corallorrhiza inuata, Platanthera chlorantha, Stanhopea alba, Orchis fusca, Hordeum vulgare, Avena sativa, Calamagrostis littorea, Salix sp., Alnus glutinosa, Ranunculus Ficaria, Paeonia sp., Helleborus viridis, Roripa amphibia, Vitis gongyloides, Pisum sativum. Vicia Faba, Sarothamnus vulgaris, Lotus corniculatus, Sambucus nigra, Cucurbita Pepo, Cucumis sativa, Aristolochia Clematidis. Pirola secunda, Solanum tuberosum, Helianthus annuus, H. tuberosus.

Bei allen diesen Pflanzen bildet sich die achromatische Figur bipolar aus — ohne Intervention eines differencirten Organes, welches mit dem sogenannten Centrosom identisch wäre. Bei allen erscheint die erste Anlage der achromatischen Spindel als ein hyalines, den Kern umgebendes, am Pole kappenförmig entwickeltes Gebilde, das ich hier der Kürze wegen als Periplast¹⁾ bezeichnen will. Das hyaline, diesen Periplast bildende Plasma zeigt Eigenschaften, die chemisch mit denjenigen des Kernsaftes identisch sind. Es handelt sich zunächst um die physikalischen Eigenschaften des den Periplast bildenden Plasmas. Dasselbe zeigt, wie ich im Weiteren näher erörtern werde, die Eigenschaften einer zur Kernmembran adhärennden Flüssigkeit. Als Flüssigkeit müsste es eine kugelige, den Kern umgebende Form annehmen, wenn es sich im Zustande eines vollständigen Gleichgewichts befände. Wenn es nun, wie dies im vegetativen Gewebe der Fall ist, eine ellipsoide oder ovoidale Form annimmt, so müssen laterale Kräfte vorausgesetzt

¹⁾ Vejdovský und Mrázek, Centrosom und Periplast. (Sitzungsberichte der königlich böhmischen Gesellschaft der Wissenschaft. Prag 1898.)

werden, welche diese Form verursachen. Könnte man diese Kräfte inactiv machen oder überhaupt entfernen, so müsste der Periplast, insofern die Zellmembranen es nicht verhindern, eine kugelige Form annehmen. Es gelang mir wirklich, die ursprünglich im intacten Gewebe ovoidalen oder ellipsoiden Periplaste in eine kugelige Form zu bringen, und zwar durch Entfernung der Turgeszenz der betreffenden Zellen. Dies geschah durch Chloroformirung oder Plasmolyse. Da bei diesen beiderlei Behandlungen manche differente Erscheinungen zu Tage treten, werde ich dieselben gesondert behandeln.

Einwirkung von Chloroform. Da die verdünnten Lösungen von Chloroform in Wasser, respective in schwachen wässerigen Zuckerlösungen, wie derartige von Demoor und neuerdings von Samassa¹⁾ zum Studium der Einwirkung von Chloroform auf sich theilende Zellen benutzt wurden, nicht im Stande, sind die Turgeszenz der Zellen aufzuheben, benutzte ich in meinen Versuchen gesättigte Chloroformdämpfe bei normalem Luftdruck und einer Temperatur von 18° bis 20° C. Die Turgeszenz der Zellen geht hier bald zurück, was sich an der Verkürzung derselben oder ganzer Zellencomplexe kund giebt. Keimpflanzen von *Vicia Faba*, *Phaseolus coccineus* und *Pisum sativum* wurden auf 3, 5, 10, 15 etc. Minuten der Einwirkung von Chloroform ausgesetzt und sodann in Alkohol oder in einer Pikrin-Eisessig-Schwefelsäure enthaltenden Flüssigkeit conservirt und untersucht. In anderen Fällen wurden die mit Chloroform behandelten Pflanzen, eigentlich die Vegetationsspitzen ihrer Wurzeln, plasmolysirt und erst dann conservirt, oder endlich in einer wasserdampfgesättigten Luft eine verschieden lange Zeit gelassen. Vielfach wurden auch Wurzeln von den Zwiebeln von *Allium Cepa* benutzt.

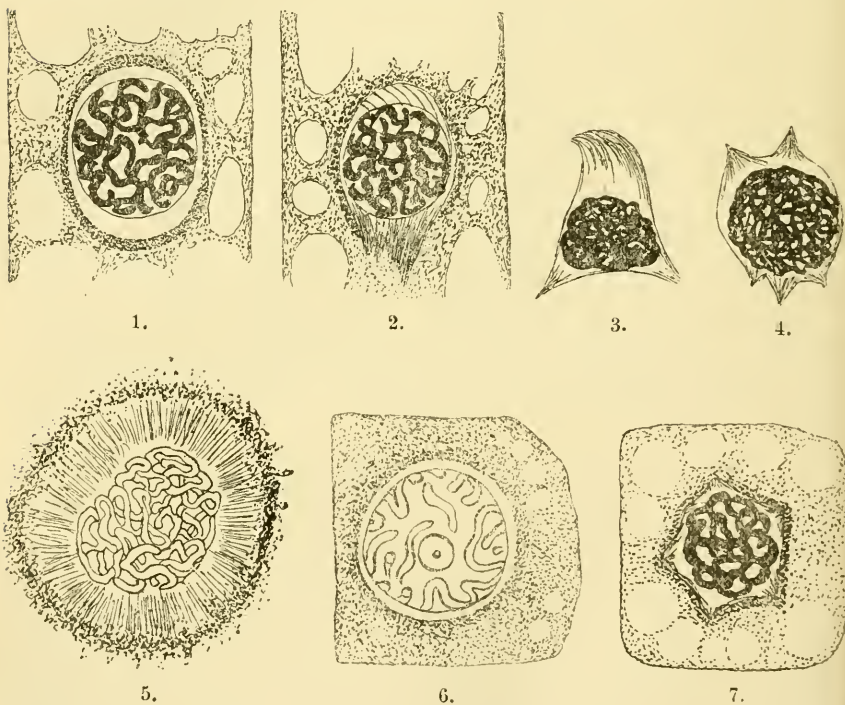
Bekanntlich zeigen gegen die Einwirkung von Chloroform verschiedene Pflanzen eine nicht nur spezifische, sondern auch individuelle Resistenz. Es wurden daher zur Feststellung des Resultates in einem jeden Versuche mehrere Wurzeln untersucht.

Schon eine 3, 5 und 10 Minuten andauernde Einwirkung von Chloroformdämpfen wirkt schädigend, jedoch nicht immer tödtlich. Die Erholung der Pflanzen nimmt einige Stunden in Anspruch. Längere Einwirkung führt immer bei den untersuchten Pflanzen zum Tode. Sehr wichtig ist hier der Umstand, ob die Pflanzen völlig turgescent sind oder wasserarm. Im ersten Falle sind sie dann gegen Chloroform viel resistenter als im zweiten.

Untersucht man nun die Kerne der Wurzelspitze, z. B. von *Allium Cepa*, welche 5—15 Min. der Chloroformwirkung ausgesetzt waren, so findet man keine der Kerntheilung vorgehenden Stadien, die durch die kappenförmige Anhäufung von hyalinem Plasma an den Kernpolen, wie derartige von mir und Hof (l. c.) beschrieben

¹⁾ Samassa, P., Ueber die Einwirkung von Gasen auf die Protoplasmaströmung und Zelltheilung von *Tradescandia* etc. (Verh. des nat. med. Ver Heidelberg 1898.)

wurde, ausgezeichnet wären. Dagegen findet man Kerne mit einem deutlich entwickelten Kernfaden, die ganz von einem hyalinen Hofe umgeben sind. Dieser hyaline Hof hat nun ohne Ausnahme und ohne Bezug auf die Kernform die Gestalt einer Kugel (ungefähr wie in Fig. 6). Nur die Spindelanlagen (Periplaste), an welchen schon die Fäserchen sich zu bilden begannen, zeigen eine bipolare Form. In den Zellen der Wurzelspitze einer Keimpflanze von *Vicia Faba*, welche auf 5 Min. der Einwirkung von Chloroform ausgesetzt wurde und darnach in feuchte Luft gestellt wurde, wo sie nach einer halben Stunde ihre Turgeszenz herzustellen begann, zeigten sich Periplaste, die deutlich den ganzen Kern umgaben und bipolar ausgebildet waren (Fig. 1). Es sei hier bemerkt, dass in normalen Zellen der Wurzelspitze von *Vicia Faba* derartige Periplaste sehr selten, vielleicht in einem so frühen



Stadium nie, vorkommen. Periplaste, die ich in normalen Zellen deutlich den ganzen Kern umgeben sah, waren immer älter und zeigten schon meridional verlaufende Fäserchen. Die dem beschriebenen bipolaren, aber den ganzen Kern umgebenden Periplaste, die in nicht ganz turgorlosen Zellen vorkommen, verbinden normale Periplaste mit den kugeligen hyalinen Gebilden, welche die Kerne mit völlig durch Chloroform aufgehobenem Turgor umgeben. Es besteht kein Zweifel, dass die kugeligen Gebilde aus normalen bipolaren Periplasten durch Einwirkung von Chloroform auf die Zellen entstanden sind.

Die Kerntheilung wird durch Chloroformdämpfe meist schnell eingestellt. Die achromatischen Fäserchen werden schon nach 10minütiger Einwirkung körnig und verschwinden, die Chromosomen werden vacuolig, im Plasma entstehen grosse Vacuolen, die die Figuren und die Kerne deformiren, langsam zerfällt dann schliesslich das Plasma in eine fein granulirte Masse, die sich zunächst um den Kern herum anhäuft, später jedoch den ganzen Zellenraum einnimmt. Unterdessen begannen die Kerne schnell zu wachsen, es entstehen in denselben grosse Vacuolen, die öfters platzen, so dass besonders in den dem Chloroform am meisten ausgesetzten Zellen schliesslich der Kern in viele kleine Körnchen, welche sich im Cytoplasma diffus vertheilen, zerfällt. Die Einstellung der Kern- und Zelltheilungsprozesse betrifft zunächst die mittleren und auf die Strophe folgenden Stadien der Kerntheilung. In den Stadien, welche durch einen kugelförmigen Periplast gekennzeichnet sind, konnte der Process noch in Wurzeln, die 10 Minuten lang mit Chloroform behandelt wurden, weiter schreiten. In diesem Falle bilden sich um den Kern die achromatischen Fäserchen nicht bipolar aus, wie es in normalen Zellen der Fall ist, sondern ziemlich unregelmässig oder multipolar. Derartige unregelmässige oder multipolare Figuren stellen uns die Figg. 2, 3 und 4 vor. In einer Wurzelspitze von *Vicia Faba*, die 7 Minuten lang Chloroformdämpfen ausgesetzt war und dann 20 Minuten in feuchter Luft verweilte, fand ich eine merkwürdige Figur mit radial um den Kern herum stehenden Fäserchen.¹⁾ Es ist auffallend, dass die Multipolarität dadurch zu Stande kommt, dass sich an dem kugelförmigen Periplast Höckerchen bilden, an deren Peripherie sich Fäserchen entwickeln, die radial um die Scheitel der Höckerchen verlaufen. In normalen Zellen bilden sich die Fäserchen radial um die Pole der Periplastes aus, oder beginnen sich wenigstens von seiner Oberfläche aus, parallel mit seiner Längsachse, zu bilden.

Einwirkung der Plasmolyse. Die Wurzeln von Keimpflanzen von *Vicia Faba*, *Panicum miliaceum* und von *Allium Cepa* werden durch Kalisalpeter oder Rohrzucker plasmolysirt, in der plasmolysirenden Flüssigkeit kürzere oder längere Zeit gelassen, sofort conservirt und untersucht, oder erst nach einer in destillirtem Wasser erfolgten Returgesenz. (Nähere Angaben werden sich in einer später erscheinenden definitiven Arbeit finden.) Bei den Wurzeln von *Vicia Faba* genügt 4% Kalisalpeter, um die Bipolarität des Periplastes zu entfernen. Die hyaline Spindelanlage erscheint dann als ein kugeliges Gebilde, welches den Kern umgiebt (Fig. 6). Wird nun eine mit 4% Kalisalpeter behandelte Wurzel, welche 5 Minuten in der plasmolysirenden Flüssigkeit verblieb, in destillirtes Wasser gesetzt und sofort nach der Returgesenz (etwa nach 3 Min.) conservirt und untersucht, so findet man wiederum bipolare Periplaste (hyaline Spindelanlagen).

¹⁾ Andere ähnlich behandelte Pflanzen setzte ich in feuchte Luft; dieselben gingen jedoch zu Grunde. Die Schädigung war also tödtlich.

Dieselben Resultate erzielt man bei Anwendung von isosmotischen Lösungen von Rohrzucker, Glycerin, Kochsalz. Lässt man die Wurzeln in den plasmolysirenden Flüssigkeiten länger (10, 20, 30 Minuten) verweilen, so findet man wiederum multipolare, höckerige Figuren, wie eine solche in Figur 7 dargestellt wird.

Doch stellen auch hier eben so wie nach Chloroformwirkung die Kerne ihre Theilungsprozesse bald ein, es gehen in Figuren, die sich in den letzten Stadien der Prophasis und den weiter folgenden befanden, die achromatischen Fäserchen zurück und aus den Chromosomen bilden sich definitive Kerne aus. Zunächst werden die achromatischen Fäserchen körnig, die Körnchen bilden dann eine an Stelle der früheren Fäden liegende, vom übrigen Plasma gut unterscheidbare Masse. Wurden die Wurzeln, z. B. von *Vicia Faba*, 30 Minuten in 5% Kalisalpeter gelassen und dann sofort conservirt, so zeigten sich überall an den Stellen, wo sich früher die durch Umwandlung von achromatischen Fasern entstandene körnige Masse befand, Nucleolen, die in allen tinctionellen und mikrochemischen Eigenschaften mit Nucleolen, die sich in Kernen befinden, übereinstimmten. Die schnell durch Plasmolyse zur Reconstruction gereizten Kerne zeigten im Innern keine oder nur winzige Nucleolen.

Da dieser körnigen Umwandlung der Fäserchen auch die Verbindungsfasern unterliegen, durch deren Vermittelung in normalen Zellen die Zellplatte hervorgeht, so bleibt in plasmolysirten Zellen die Bildung derselben aus und es entstehen zweikörnige Zellen. Soweit ich das Schicksal dieser zweikörnigen Zellen verfolgen konnte, kam ich zu dem Resultate, dass sie entweder degeneriren und absterben, oder es stirbt nur ein Kern ab und wird resorbirt, der andere theilt sich oder wächst normal weiter.

Einige Resultate. In einer turgeszenten Zelle der vegetativen Gewebe der Gefässpflanze ist die hyaline Spindelanlage (Periplast) bipolar ausgebildet, und zwar in einer sehr regelmässigen Form eines Ellipsoides oder Ovoides. In plasmolysirten Zellen nimmt diese Spindelanlage eine kugelige Gestalt an. Ist es möglich, nach kurzer Zeit die Zelle aus dem plasmolysirten in turgeszenten Zustand zu bringen, so kehrt die Bipolarität zurück. Lässt man die Zellen längere Zeit in plasmolysirtem Zustande, ohne dass dieselben absterben oder allzusehr durch diesen abnormen Umstand affizirt werden, so findet man multipolare Figuren, allerdings nur Anfangsstadien, welche denjenigen, die im sporogenen Gewebe vorkommen, ähnlich sind. Die Zellen der sporogenen Gewebe zeichnen sich aber dadurch aus, dass sie fast frei, ohne grösseren Druck aufeinander auszuüben oder einem solchen ausgesetzt zu sein, liegen.

Die längere Achse der hyalinen Periplaste stimmt immer mit der Achse der Kerntheilungsfigur überein. Es bilden sich nämlich die achromatischen Fäserchen meridional zu dieser Achse aus und senkrecht auf den Complex dieser Fäserchen differenzirt sich

die Zellplatte. Nun ist es Kny¹⁾ gelungen, durch Zug und Druck die Stellung dieser Zellplatte zu bestimmen. Stand in diesen Versuchen die Zellplatte ebenfalls senkrecht auf dem Complex der achromatischen Fäserchen, so musste durch Zug oder Druck auch die Achse dieser Fäserchen, somit auch die Achse des bipolaren hyalinen Periplastes bestimmt gewesen sein; natürlich muss vorausgesetzt werden, dass bei diesen Versuchen die Kerntheilungen formell eben so vor sich gehen, wie in normalen Zellen, die nicht einer Einwirkung von äusseren mechanischen Kräften ausgesetzt sind. Diese Voraussetzung konnte ich bestätigen. Ich wiederholte einige Versuche, die in dieser Beziehung von Kny ausgeführt wurden (mit Kartoffeln, Wurzeln von *Helianthus annuus*, *Pisum* und *Vicia*) und fand, dass durch Zug oder Druck die bipolare hyaline Spindelanlage oder wenigstens die Achse der achromatischen Fäserchen orientirt wird. Die Richtungen dieser Achsen stimmen aber mit den Richtungen der geringsten, durch Zug oder Druck eines homogenen festen Körper inducirten Elasticität überein.

Man wird wohl sehr leicht auf den Gedanken kommen, dass auch im normalen vegetativen Gewebe Zug und Druck eine hervorragende Rolle bei der Bestimmung der Theilungsachse zukommt. Denn es lässt sich thatsächlich ein Druck, den turgescente Zellen auf sich ausüben, überall im vegetativen Gewebe nachweisen. Zug kann da leicht durch Differenzen im Turgor und Membranelasticität hervorgebracht werden. Ich untersuchte in dieser Richtung Wurzelspitzen von verschiedenen Pflanzen und konnte wirklich manche Bedingungen von Zug und Druck realisirt auffinden. Es kommt hier zunächst die grosse Membran-Elasticität überhaupt in Betracht, der hohe Turgor, den man eben in meristematischen Geweben constatirt, schliesslich auch ungleiche Vertheilung der osmotischen Kraft in verschiedenen Gewebecomplexen. Ich möchte allerdings auch nicht für die vegetativen Gewebe ausschliesslich mechanische Kräfte bei der Orientirung der Theilungsachsen in Anspruch nehmen. Ebenso könnten andere äussere Verhältnisse die Orientirung bewirken oder mitwirken, wie es für andere Fälle wirklich bewiesen wurde (Stahl).

Jetzt heisst es, die Art und Weise näher zu präzisiren, in welcher der Einfluss der mechanischen Kräfte, wo sie wirklich bei der Bestimmung der Theilungsachsen entscheidend sind, ausgeübt wird. Es könnte sich um eine Reizwirkung handeln, deren nähere Prozesse sich unserer Beobachtung entziehen, oder um eine directe physikalische Einwirkung. Es wurde schon betont, dass die Theilungsachsen in Zellen, die Zug oder Druck ausgesetzt sind, den Richtungen der geringsten Elasticität in einem ebenso formirten festen elastischen Körper entsprechen.

Denke man sich in einem isotrop elastischen festen Körper einen kugeligen Tropfen Flüssigkeit suspendirt. Wirkt ein nicht

¹⁾ Kny. L., Ueber den Einfluss von Zug und Druck auf die Richtung der Scheidewände in sich theilenden Pflanzenzellen. (Ber. d. d. bot. Ges. Bd. XIV. 1896.)

in allen Richtungen gleicher Zug oder Druck auf diesen Körper ein, so wird der Tropfen in einer bestimmten Richtung deformirt. Die längste oder die längsten Achsen des deformirten Tropfens werden mit den geringsten Achsen der durch äussere Kräfte inducirten Elastizität zusammenfallen. Lässt der Zug oder Druck nach, nimmt der Tropfen seine ursprüngliche kugelige Gestalt an. Natürlich kommen hier die Grösse der mechanischen Kräfte, die Beschaffenheit des festen Körpers und die Centrakraft des flüssigen Tropfens in Betracht. Es ist leicht ersichtlich, unter welchen Bedingungen verschiedene Ellipsoide oder Ovoide zu Stande kommen.

In vegetativen, sich theilenden Zellen findet man Periplaste von genau geometrisch an unser Beispiel passender Form, dieselben nehmen unter äusserem Zug und Druck die richtige Stellung an, man kann sie schliesslich in eine kugelige Form bringen, nämlich durch Plasmolyse. Es liegt auf der Hand, daraus zu schliessen, dass durch die Plasmolyse die Zellen von Zug oder Druck befreit wurden, denen sie im turgeszenten Zustande unterliegen.

Ganz ähnliche Gesichtspunkte gelten bei der Betrachtung der Entwicklung der Periplaste. Die Tropfen müssten auch in einem durch Zug oder Druck anisotrop elastisch gemachten Körper deformirt erscheinen, wenn die Flüssigkeit an einem bestimmten Orte sich ausscheiden und langsam sich vermehren sollte, mag sie sich auch an der Peripherie eines anderen Körpers ansammeln. Wäre dieser Körper kugelig und die Flüssigkeit zu ihm adhärierend, so würde sie zunächst eine dünne durch Adsorbzion an der Oberfläche des Körpers gehaltene Schicht ausbilden, durch weiteres Anwachsen dieser Flüssigkeit könnten die neu zugekommenen Moleküle in die Orte der geringsten Cohäsion des umgebenden festen Mediums verschoben werden. Die Form des so entstandenen Tropfens wird unter Anderem auch von der Grösse des kugeligen, im Innern liegenden Körpers, sowie von der Menge der um die feste Kugel angesammelten Flüssigkeit abhängig sein und wird sich mit dem Anwachsen dieser Flüssigkeit leicht verändern können.

In vegetativen Zellen der Gefässpflanzen sammelt sich nun um den Kern eine Substanz an, die in der Gestalt, welche sie annimmt, mit dem eben geschilderten Tropfen Flüssigkeit übereinstimmt. Es ist für diese Anschauungen gleichgiltig, ob man es hier mit einer Ausscheidung von Seiten des Cytoplasmas oder des Kerns zu thun hat, oder ob der Kern um sich eine dem Cytoplasma entnommene Substanz ansammelt. Der Umstand, dass die den Periplast bildende Substanz im Gleichgewichtszustand, der durch Plasmolyse oder überhaupt Beseitigung der Turgescenz erzielt wird, leicht die Form einer Kugel annimmt, beweist, dass man es hier mit einer Flüssigkeit zu thun hat, und der Umstand, dass durch Turgescenz der Periplast deformirt wird, sowie die Art dieser Deformirung lässt auf das Vorhandensein

von lateralen mechanischen Kräften schliessen, die wohl im Allgemeinen Zug und Druck sein werden.

Dieser Druck oder Zug muss jedoch in der Zelle durch das Plasma in bestimmten Richtungen fortgepflanzt werden, um die Deformation der Periplaste hervorbringen zu können. Daraus folgt, dass das Plasma in den Zellen, wo sich die Theilung in der für die vegetativen Zellen bekannten Weise abspielt, nicht die Eigenschaften einer einfachen Flüssigkeit besitzt, denn Flüssigkeiten gestatten nicht eine Fortpflanzung von Zug oder Druck in einer bestimmten Richtung, auch nicht die Induction einer nach bestimmten Richtungen verschiedenen Elasticität.

Die meisten Forscher halten das Plasma für flüssig, und es kann kein Zweifel bestehen, dass es thatsächlich diesen Zustand meist aufweist. In sich theilenden Zellen der meristematischen vegetativen Gewebe der Gefässpflanzen besitzt es jedoch Eigenschaften, die sicher nicht einer flüssigen Substanz zukommen können.

Es ist jedoch bekannt, dass das Plasma wenigstens in einzelnen Theilen eine ansehnlichere Cohäsion annehmen kann, wie überhaupt auch innerhalb des flüssigen Aggregatzustandes ein Wechsel der Cohäsion häufig vorkommt.

Es ist also höchst wahrscheinlich, dass auch die festere Consistenz des Plasmas in sich theilenden Zellen der untersuchten vegetativen Gewebe der Gefässpflanzen keine dauernde ist. Werden ganze Vegetationskegel plasmolysirt und frisch oder conservirt (z. B. durch die von Went angegebenen Flüssigkeiten) untersucht, so findet man, dass sich die theilenden Zellen, obzwar sie contrahirt sind, überhaupt nicht abrunden oder sie thun das nur an den Ecken. Zellen mit ruhenden Kernen zeigen viel ansehnlichere Abrundung. Eine geringe Abrundung kann allerdings auch passiv durch Zusammenziehung der Vacuolen hervorgerufen werden. Immerhin kann das Plasma der Zellen, die sich bei einer ausgiebigen Plasmolyse nicht abrunden, nicht als Flüssigkeit angesehen werden (natürlich darf das Plasma durch die plasmolysirenden Lösungen nicht geschädigt werden). Sonst lässt sich ziemlich leicht aus dem Verhalten des Protoplasma bei der Plasmolyse erkennen, ob man es wirklich mit einer flüssigen Substanz zu thun hat.

Ich habe mich bemüht, aufzufinden, ob es nicht möglich wäre, experimentell die Veränderung des Aggregatzustandes des Protoplasmas zu erzielen. Dies gelang mir thatsächlich. Zunächst durch Verwundung der meristematischen Zellencomplexe.

Wurden Wurzelspitzen von *Allium Cepa* mit einem scharfen Messer in Parteien angeschnitten, die im normalen Zustande aus Zellen mit einem in plasmolysirten Zustande sich nicht abrunden Plasma zusammengesetzt sind, so nehmen schon nach einer halben Stunde in mehreren, die Wunde umgebenden Zellschichten die Protoplasten eine kugelige Form an. Diese Zellen sind mit

einer genügend starken neutralen plasmolysirten Lösung nicht abgestorben, denn sie zeigen Plasmaströmung, die bekanntlich durch den Wundreiz ebenfalls hervorgerufen wird. Nach einer längeren Zeit (etwa 48 Stunden) kehrt der ursprüngliche Zustand wieder zurück, die Zellen bereiten sich zur Wundheilung und Regeneration, die natürlich mit Zelltheilungen verbunden ist, vor und ihr Plasma nimmt die oben beschriebenen physikalischen Eigenschaften an.

Aehnliche Veränderungen werden durch Eingypsen und nachfolgendes Befreien der Wurzelspitzen erzielt. Dabei bemerkt man, dass die grossen Vacuolen in kleineren sich zur Theilung anschickenden Zellen verschwinden, das Plasma nimmt eine wabige Structur an, es ist jedoch wahrscheinlich, dass es sich dabei nur um eine Vertheilung des Zellsaftes in zahlreiche kleine Vacuolen handelt. In grösseren Zellen stellen sich die Vacuolen meistens in die Ecken, das übrige Plasma wird ebenfalls diffus alveolig.

Der Umstand, dass sich öfters die Ecken bei der Plasmolyse abrunden können, sowie auch, dass die Figur (jedoch nur Zellen in den Stadien vor und nach der Prophasis) während der Zellplattenbildung ihre Stellung theilweise verändern kann, spricht dafür, dass das Plasma hier nicht fest, sondern weicher Consistenz ist. Es ist möglich, dass die feste Consistenz durch die dicht aneinander gereihten Vacuolen erreicht wird, wodurch an den Berührungspunkten der kugeligen kleinen Vacuolen die molekularen Anziehungskräfte derart in Action treten, dass sie die Verschiebung der Vacuolen durch Zug und Druck unmöglich machen oder wenigstens ergiebig erschweren. Die Erscheinung, dass wirklich in sich theilenden Zellen unzählige Vacuolen (Alveolen) das Plasma diffus erfüllen, spricht für diese Anschauung. Es könnte übrigens auch an Veränderungen der Cohäsion durch Veränderung der Quellungsigenschaften u. s. w. gedacht werden.

Bei der Peridermbildung an verwundeten Kartoffelknollen, an denen ich die Kny'schen Versuche wiederholt habe, bilden sich die achromatischen Fäserchen in einer von Zug oder Druck abhängigen Richtung aus. Bei Wurzelspitzen von Pflanzen, an denen die oben dargestellten Versuche angestellt wurden, in der Richtung der längeren Periplastachse, deren Stellung nach unserer Voraussetzung ebenfalls nur durch Zug und Druck bestimmt wird. Bei der Bildung der Fäserchen lässt sich vorläufig nicht an eine directe physikalische Wirkung denken. Dass jedoch die Ausbildung der Fäserchen mit den übrigen durch Zug oder Druck bewirkten Erscheinungen in Zusammenhang steht, geht daraus hervor, dass in plasmolysirten Zellen, ebenso wie in ziemlich frei liegenden Sporen- oder Pollenmutterzellen, die Fäserchen nicht bipolar angelegt werden. Der Hauptunterschied zwischen vegetativen und sporogenen Zellen in Betreff des Kerntheilungsmodus erscheint demnach nicht principiell, sondern durch äussere Umstände bewirkt zu sein.

Es wurde schon hervorgehoben, dass man durch Plasmolyse oder Chloroformirung (es gelang mir dies übrigens auch durch

Aetherisiren und plötzliche Abkühlung von 20° auf 0° C) zweikernige Zellen bekommt, da sich die Chromosomen schnell zu geschlossenen Kernen reconstruieren und die achromatischen Fäserchen verschwinden. Sie werden nämlich körnig und an Stelle dieser körnigen Masse erscheinen extranucleäre Nucleolen, wobei die Kerne dann keine oder nur sehr kleine Nucleolen enthalten. Ich habe schon früher beschrieben, dass bei normaler Theilung in Wurzelspitzen von *Allium Cepa* bisweilen zu Ende der Metakinesis die Mantelfasern zu einer körnigen Masse werden, an deren Stelle dann Nucleolen entstehen, die jedoch in's Kerninnere aufgenommen werden. Die eben angeführten Thatsachen, mit den schon früher von Strasburger, seinen Schülern und Anderen zusammengebrachten Beobachtungen verglichen, sowie Zacharias' Untersuchungen, nach denen die Nucleolen kein Nuclein enthalten, sowie die Thatsache, dass sich dieselben ebenfalls wie die achromatischen Fasern wie Platin verhalten, beweist die Richtigkeit der Anschauung, dass zwischen achromatischen Fäserchen und Nucleolen ein inniger Zusammenhang besteht.

Das experimentell erzielte Ausbleiben der Zellplattenbildung bei Gefäßpflanzen erinnert an einige Versuche, die Gerassimoff mit Algen angestellt hat, und in welchen durch ähnliche Eingriffe wie bei unseren Experimenten die Zelltheilung entweder abnorm oder nur theilweise unvollständig zu Stande kam. Es handelt sich hier um einen durch abnorme Umstände hervorgebrachten Reiz. Bei der Plasmolyse könnte man an einen mechanischen Reiz denken, doch ist es auffallend, dass durch isosmotische Lösungen, z. B. von Kalisalpeter und Rohrzucker, nicht gleichzeitig fortschreitende Erscheinungen erzielt werden. Kalisalpeter wirkt viel energischer, und bei *Vicia* bewirkt in 20 Minuten eine 5 procentige Lösung ungefähr ebenso viel, wie in 35 Minuten eine entsprechende Rohrzuckerlösung.

Es scheint deshalb, dass hier neben mechanischen auch stoffliche Reize in Betracht kommen. Bei den durch Chloroformirung hervorgebrachten multipolaren oder radial um den Kern entstehenden Figuren könnte es sich vielleicht um eine Giftwirkung handeln. Denn multipolare (polycentrische) Figuren hervorzu bringen, gelang z. B. den Brüdern Hertwig durch verschiedene Gifte in thierischen Eiern. Die in Figur 5 (ich habe eine einzige solche Figur gesehen) ist auch höchst wahrscheinlich pathologisch. Doch meine ich, wenigstens bei der durch Plasmolyse hervorgerufenen Multipolarität handelt es sich nicht um Giftwirkungen oder pathologische Erscheinungen, da auch solche Figuren in normalen Zellen der sporogenen Gewebe zu Stande kommen. Vielmehr wird es sich hier um eine gleichartige, durch gleiche äussere Umstände bewirkte Entwicklung handeln.

Botanisches Institut der böhmischen Universität in Prag,
24. December 1898.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Botanisches Centralblatt](#)

Jahr/Year: 1899

Band/Volume: [77](#)

Autor(en)/Author(s): Nemeč Bohumil Rehor

Artikel/Article: [Zur Physiologie der Kern- und Zelltheilung. 241-251](#)