

## Das Verhalten des Kernes im Wundgewebe.

Von

**P. Schürhoff.**

---

(Mit Tafel IX.)

---

Die vorliegende Arbeit soll von der Entstehung des Wundgewebes handeln. Sie beabsichtigt also, auf das physiologische Verhalten des Kernes gegenüber äußeren Einflüssen, in unserem Falle Wundreiz, näher einzugehen. Es wird sich dabei von selbst ergeben, daß auch der Frage näher getreten wird, in welcher Weise dieser Reiz als Reaktionsauslösung dient. Wir werden zunächst uns Klarheit darüber verschaffen, wie die Pflanze als Ganzes auf diesen Reiz reagiert, und uns weiterhin mit dem Verhalten des Kernes insbesondere befassen.

Pflanzen und Pflanzenorgane werden durch Wundreiz in verschiedener Weise zur Bildung eines Schutzgewebes angeregt. Es bilden sich bei diesem Wachstumsvorgang neue, wenig differenzierte Zellen, die von den verletzten sich in bestimmter Weise unterscheiden. Es wird entweder ein Korkmeristem gebildet, dessen äußere Schicht durch Verkorkung das Schutzgewebe bildet, oder es bildet sich ein parenchymatisches Wundgewebe. Letzterer Vorgang wird Kallusbildung genannt. Endlich können sich die verletzten Pflanzenteile vor weiteren Folgen der Verwundung dadurch schützen, daß die der Wundfläche zunächst liegenden Zellagen eingehen und durch Austrocknen und eventuelle Korkbildung einem weiteren Einflusse der Wunde vorbeugen. Von letztgenannter Wundreaktion wird im Laufe der Arbeit abzusehen sein.

Ein wichtiges Merkmal des Kallus ist, daß aus ihm unter günstigen äußeren Bedingungen meristematische Gewebe mit Sproß und Wurzelvegetationspunkten hervorgehen können. Durch Wundreiz entstehen also neue meristematische Gewebe aus Zellen, die bereits eine bestimmte Differenzierung erlangt hatten. Es tritt also gewissermaßen eine Verjüngung des Gewebes ein und damit auch der ruhenden älteren Kerne. Selbstverständlich reagieren nur lebendige, mit vollständigem Protoplast versehene

Zellen. Ob der Wundreiz ausgeübt wird durch Quetschung, Stich, Schnitt oder Brand, ist für die Bildung des Wundgewebes gleich<sup>1)</sup>.

Der Kallus kann an allen Teilen der Pflanzen entstehen, doch sind naturgemäß solche Teile am meisten zur Bildung des Kallus befähigt, die in hervorragender Weise und für längere Zeit von der Pflanze benutzt werden. Es käme also hauptsächlich die Achse in Betracht; weiterhin würden besonders Reservestoffbehälter zur Vernarbung befähigt sein.

An der Bildung des Schutzgewebes nehmen die verschiedenen Gewebe mit mehr oder weniger Intensität teil. Am meisten ist naturgemäß das Kambium hierzu befähigt, weil die Kambialzellen am meisten schutzbedürftig sind, oder wenn wir den Vorgang vom kausalen Gesichtspunkte betrachten, weil sie das meiste Material zur Zellbildung führen; ihm folgen Parenchym und Markstrahlen. Um die Kernteilungen zu beobachten, hält man sich, wie aus obigem hervorgeht, am besten an die genannten Gewebe.

Nun besteht die Frage: Erfolgt die Kern- und Zellteilung bei der Bildung des Kallus und Wundkorkmeristems in analoger Weise, wie bei Zellen an anderen Vegetationspunkten, oder teilt sich der Kern durch Amitose, wie in einigen Dauergeweben?

Bei diesem letzten Punkt ist allerdings zu bemerken, daß eine Neubildung von Zellen durch amitotische Kern- und Zellteilung sehr auffallend sein würde und sich mit den gegenwärtigen Ansichten von dem physiologischen Verhalten des Kernes schlecht vereinen ließe.

So sagt z. B. Strasburger<sup>2)</sup>: „Sehr zahlreiche Fälle direkter Kernteilung hatte ich wiederum Gelegenheit gehabt bei meiner Untersuchung über Bau und Wachstum der Zellhäute zu Gesicht zu bekommen. Sie traten mir, wie früher, nur in Zellen entgegen, welche sich nicht mehr teilten. In den meisten Fällen war der Inhalt der sich einschnürenden Kerne weniger reich als in den teilungsfähigen Zellen, doch kamen mir auch eingeschnürte Kerne mit reichem Inhalte vor. Dem Schwund des Kerns in der Zelle ging in manchen Fällen eine Fragmentation desselben voraus. — Soweit meine Erfahrungen bis jetzt reichen, wird bei den höher organisierten Pflanzen eine direkte Kernteilung von Zellteilung nie gefolgt; denn es fehlen bei der direkten Kernteilung die Verbindungsfäden, welche hier die Tochterkernanlagen an die richtige Stelle führen und die Stütze für spätere Verbindungsfäden und für die Zellplatte abgeben, und an welche die Zellteilung eben angepaßt ist. — So ist denn bis jetzt an Orten, wo Zellteilung mit indirekter Kernteilung verknüpft ist, Zellteilung mit direkter Kernteilung noch nicht beobachtet worden“.

1) Massart: La cicatrisation chez les végétaux.

2) „Über den Teilungsvorgang der Zellkerne und das Verhältnis der Kernteilung zur Zellteilung.“



Der Kern hat nämlich vor allem zweierlei Arbeit zu erfüllen. In erster Linie dient er morphologischen Zwecken, indem er die Zellteilungsvorgänge reguliert, wobei es hauptsächlich auf die gleichmäßige Verteilung des Kinoplasmas ankommt. In zweiter Linie folgt die physiologische Bedeutung des Kernes, insofern er nämlich die Ernährungsvorgänge beherrscht. Es besteht nun in großen Kreisen die Anschauung, daß der Kern, um seiner erstgenannten Arbeit gerecht werden zu können, durchaus auf mitotische Teilung angewiesen ist. Im zweiten Falle kann er jedoch von der weniger komplizierten Amitose Gebrauch machen, da er hier in einer Zelle möglichst viele Energiezentren für die Ernährungsvorgänge bilden will, die durchaus nicht mit einander konkurrieren, sondern in demselben Sinne wirken. So schreibt z. B. Flemming<sup>1)</sup>: „Es scheint mir nicht ausgeschlossen, daß man sich über die Fragmentierungen der Leukozytenkerne — und über die amitotische Kernteilung überhaupt — auch folgende Anschauung bilden könnte: Die Leukozyten finden ihre normale physiologische Neubildung gleich den Zellen anderer Gewebe durch Mitose; nur die auf diesem Wege neu entstandenen erhalten das Vermögen, länger fortzuleben und auf demselben Wege ihresgleichen zu erzeugen. Fragmentierung des Kernes mit oder ohne nachfolgende Teilung der Zelle ist überhaupt in den Geweben der Wirbeltiere ein Vorgang, der nicht zur physiologischen Vermehrung und Neubildung von Zellen führt, sondern wo er vorkommt, entweder eine Entartung oder Aberration darstellt, oder vielleicht in manchen Fällen (Bildung mehrkerniger Zellen durch Fragmentierung) durch Vergrößerung der Kernperipherie dem zellulären Stoffwechsel zu dienen hat. Wenn sich also Leukozyten mit Fragmentierung ihrer Kerne teilen, so würden hiernach die Abkömmlinge dieses Vorgangs nicht mehr zeugungsfähiges Material sein, sondern zum Untergang bestimmt, obwohl sie zunächst noch lange in den Geweben und Säften weiterleben können.“

Ein typisches Beispiel der bivalenten Eigenschaften des Kernes demonstrieren auch die *Characeen*. Die Internodialzelle wächst um das tausendfache ihres Volumens an. Ihr Kern teilt sich amitotisch. Im Augenblick der ersten Amitose ist über die Beherrschung der morphologischen Bildungen durch den Kern das Todesurteil gesprochen. Der Kern hat aufgehört, der Träger der erblichen Eigenschaften zu sein. Nie wieder ist er imstande, in den embryonalen Zustand überzugehen und neue Zellen zu schaffen. Das Experiment beweist uns dieses. Töten wir nämlich die sämtlichen Zellen von *Chara*, ausgenommen die Internodialzellen, so ist es auf keine Weise möglich, diese Zellen zur Neubildung von Zellen zu veranlassen. Wir sehen also, daß die Längsspaltung der Chromosomen der einzige Weg ist, auf dem der Mutterkern die Gesamtheit seiner Eigenschaften in ideal

1) Flemming: Über Teilung und Kernformen bei Leukozyten und über deren Attraktionssphären.

genauer Weise den Tochterkernen vererben kann. So bleibt der Kern bei einem Individuum unbegrenzt mit aller ihm inwohnenden Energie stabil, mag das einzelne Individuum auch, wie z. B. bei *Sequoia*, 5000 Jahre alt sein.

Wenn wir einen Überblick über die diesbezügliche Literatur uns verschaffen, so finden wir, daß über die Art der Kernteilung im Wundgewebe sich bisher noch keine Einigung hat erzielen lassen. Es handelt sich also um folgendes: Entweder entstehen aus Dauergeweben durch mitotische Teilung neue meristematische Gebilde, dann ist zur Bildung differenzierungsfähiger Zellen Mitose erforderlich, oder die Zellen entstehen durch amitotische Kern- und Zellteilung, dann würde die Amitose der Mitose in bezug auf Eigenschaften und Entwicklungsfähigkeit der durch sie entstandenen Zellen äquivalent sein, und könnte die Mitose durch Amitose zum mindesten zeitweilig ersetzt werden, ohne den betreffenden Geweben einen dauernden Nachteil zu hinterlassen.

Wenden wir uns zunächst zu den Autoren, die sich für Mitose aussprechen. So berichtet Kny<sup>1)</sup> bei seinen Versuchen über die Richtungsbeeinflussung neu entstehender Scheidewände, daß bei Kartoffelscheiben im Wundperiderm die Spindel der Mitose immer senkrecht zur Wundfläche orientiert war. Auch in einer neueren Abhandlung über dasselbe Thema<sup>2)</sup> bleibt Kny bei diesen Angaben und beruft sich noch auf Němec<sup>3)</sup>, der sich folgendermaßen ausspricht: „Untersucht man die Scheiben der Kartoffelknollen auf ihre Kernteilung, so findet man, daß schon die achromatischen Figuren senkrecht auf die Richtung der sich später bildenden Scheidewand entstehen.“

Nathansohn<sup>4)</sup> fand, daß beim Wurzelvegetationspunkt von *Vicia faba*, der durch Längsspaltung halbiert war, während der Regeneration der fehlenden Hälfte nur Mitosen sich vorfanden. Auch er konstatierte nochmals, daß beim Wundperiderm der Kartoffelknollen sich nur Mitosen bildeten. Ferner fand er beim Wundgewebe an abgeschnittenen Zweigen von *Sambucus nigra* nur Mitosen. Nur „bei *Populus nigra* habe ich auch Formen beobachtet, die als amitotische Teilungen zu deuten sind“. Bei diesem Objekt will Nathansohn auch häufig zweikernige Zellen aufgefunden haben: „Daneben fanden sich stets auch mitotische Teilungen, und es gelang nicht, das Objekt zu ausschließlich amitotischer Teilung zu zwingen.“ „Ich habe den Eindruck gewonnen, daß die großen, plasmaarmen und zellsaftreichen Zellen, wie sie besonders bei *Populus nigra* vorhanden sind, im allgemeinen am ehesten zur amitotischen Teilung neigen. Daß

1) Kny: „Über den Einfluß von Zug und Druck auf die Richtung der Scheidewände in sich teilenden Pflanzenzellen. 1896.“

2) Kny: „Über der Einfluß von Zug und Druck auf die Richtung der Scheidewände in sich teilenden Pflanzenzellen. 1902.“

3) Němec: Über Kern- und Zellteilung bei *Sol. tub.* 1899.

4) Nathansohn: Physiologische Untersuchungen über amitotische Kernteilungen. 1900.



diese Zellen aber infolge ihrer Protoplasmaarmut nicht die unbegrenzte Entwicklungsfähigkeit zu verlieren brauchen, lehrt die Tatsache, daß aus ihnen Vegetationspunkte entstehen.“

Endlich möchten wir noch die Angaben Zimmermanns<sup>1)</sup> hervorheben: Von Ladowsky wird „angegeben, daß in einzelnen Wurzeln von *Vicia faba* ausschließlich direkte Teilung der Kerne stattfinden soll. Ich bemerke zu dieser Angabe nur, daß ich in den letzten Jahren gewiß mehr als 100 Wurzelspitzen von *Vicia faba* zu untersuchen Gelegenheit hatte, aber in keinem Falle Ähnliches beobachtet habe“.

Ebenfalls sagt v. Wasielewsky: „Die Behauptung Ladowsky's, daß es Wurzeln von *Vicia* mit direkten Kernteilungen gäbe, darf man wohl bis zu etwaiger weiterer Bestätigung ignorieren. Unter den Tausenden von Zellteilungen, die ich gerade bei *Vicia* gesehen, habe ich nie eine spontan auftretende Amitose gefunden.“

Endlich glaube ich die Miehle'schen Angaben nicht übergehen zu dürfen, der sich folgendermaßen erklärt: „Meine lebenden und gefärbten Präparate zeigten mir in der Nähe der Wunden des öfteren Teilungen der Kerne. Diese erfolgten stets nach dem mitotischen Typus, unzweifelhafte Fälle von Amitose kamen nie vor. Biskuitförmige Formänderungen sind nicht beweisend, umsoweniger, als die Form der affizierten Kerne sehr variabel ist. Oft können auch nicht ganz scharf gefärbte Metaphasen dem ungeübten Beobachter Bilder von Amitosen vortäuschen.“

Man hat ferner auf Karyokinese deshalb geschlossen, weil bisher bei den Zellteilungen, wo es zur Bildung weiter teilungsfähiger Zellen kommt, wenigstens was höher organisierte Pflanzen angeht, stets nur Mitose beobachtet war, während amitotische Teilungen eine Fragmentation des Kernes, gewissermaßen eine Absterbeerscheinung zur Folge hatten und auch nicht von Zellteilungen begleitet waren.

In diesem Sinne spricht sich Strasburger<sup>2)</sup> aus: „Während in den einkernigen Zellen eine indirekte Kernteilung von einer Zellteilung fast stets begleitet wird, folgt eine solche auf eine direkte Kernteilung nicht.“ Auch Hegler<sup>3)</sup> äußert sich in derselben Weise: „Die Mitose ist somit der einzige Vorgang, durch welchen der Kern unter Erhaltung seiner potentiellen Eigenschaften geteilt wird, denn mit der Fragmentation desselben sehen wir stets und in allen Fällen ohne Ausnahme den Verlust der Regenerationsfähigkeit Hand in Hand gehen.“

Wenden wir uns nunmehr zu den Autoren, die für direkte Kernteilung eintreten, so möchte ich zuerst Massart<sup>4)</sup> anführen:

<sup>1)</sup> Zimmermann: Die Morphologie und Physiologie des pflanzl. Zellkerns. Jena (G. Fischer) 1896.

<sup>2)</sup> Strasburger: Lehrbuch der Botanik. Jena (G. Fischer) 1904.

<sup>3)</sup> Hegler: Untersuchungen über die Organisation der *Phycochromaceen*-Zelle 1901.

<sup>4)</sup> Massart: La cicatrisation chez les végétaux. 1898.

„Dans les trois plantes que j'ai étudiées à ce point de vue (*Ricinus communis*, *Cucurbita ficifolia*, *Tradescantia virginica*) j'ai vu que la division est presque toujours directe. Je n'ai observé en tout que deux cellules qui présentaient de la caryocinèse; elle se trouvaient dans la tige de *Tradescantia*, en dehors de la stèle. Partout ailleurs je n'ai rencontré que de l' Amitose. M. de Bretfeld n'a pas non plus constaté de la caryocinèse dans les cellules cicatricielles des feuilles. Il est probable que la division du noyau est directe dans tous les phellogènes cicatriciels. Les expériences de M. Kny sur la pomme de terre ne pourraient donc pas donner de résultats quant à la direction de la figure caryocinétique.“

Kny<sup>1)</sup> bleibt jedoch, wie schon erwähnt, bei seinen Angaben. Ferner sagt Massart in seinem Resumé der genannten Arbeit: Die Bildung des Wundphellogens sei durch direkte Kern- und Zellteilung charakterisiert. Auf diese Weise hat er sich in Gegensatz gebracht zu Kny<sup>1)</sup> und Němec<sup>2)</sup>; ebenfalls ist ihm durch Nathansohn<sup>3)</sup> nachgewiesen, daß sich im Wundperiderm stets auch Mitosen vorfinden. v. Wasielewsky<sup>4)</sup> erhielt zwar nicht durch Wundreiz, sondern durch Behandlung mit Chloralhydrat Amitose mit Zellteilung bei *Vicia faba*. Die Zellwandbildung soll jedoch meist ziemlich lange Zeit nach der Amitose erfolgen. Man finde infolgedessen häufig zweikernige Zellen. Es gelang ihm auch, diese durch Amitose gebildeten Kerne weiterhin sich karyokinetisch vermehren zu sehen.

Eine neue Arbeit von Němec<sup>5)</sup>, in der die Versuche v. Wasielewsky's nachgeprüft wurden, weist jedoch nach, daß die von Wasielewsky beobachteten Figuren degenerierte Mitosen sind und daß die Scheidewand infolgedessen immer auf mitotischem Wege entsteht.

In ähnlicher Weise entstehen durch Behandlung mit 5% Ätherlösung bei den Eiern von *Cyclops*<sup>6)</sup> Pseudoamitosen, bei denen einzelne Chromosomen verklumpen resp. sich zu je einem Kern auszubilden suchen.

Pfeffer<sup>7)</sup> steht auf dem Standpunkte, daß sich Mitose und Amitose vertreten können: „Die unberechtigte Annahme verschiedener Forscher, ohne die mitotische Kernteilung sei die dauernde Erhaltung und Vermehrung eines Organismus unmöglich, ist ebenso wie das Dogma von der Unentbehrlichkeit des

1) Kny: Über den Einfluß von Zug und Druck auf die Richtung der Scheidewände in sich teilenden Pflanzenzellen.

2) Němec: Über Kern- und Zellteilung bei *Sol. tub.* 1899.

3) Nathansohn: Physiologische Untersuchungen über amitotische Kernteilungen 1900.

4) v. Wasielewsky: Theoretische und experimentelle Beiträge zur Kenntnis der Amitose. Leipzig 1902.

5) Němec, Über die Einwirkung des Chloralhydrats auf die Kern- und Zellteilung. (Jahrbuch f. wiss. Bot. XXXIX. 1904.)

6) Häcker, V.: Mitosen im Gefolge amitosenähnlicher Vorgänge. (Anatomischer Anzeiger. Bd. XVII. 1900. N. I.)

7) Pfeffer: Pflanzenphysiologie. Bd. II.



freien Sauerstoffs nur aus einer inkorrekten Verallgemeinerung entsprungen. Es ist auch nicht einzusehen, warum eine völlige erbgleiche Teilung nicht möglich sein soll, ohne daß sich die teilungstätigen Lebenseinheiten (Pangene, Biophoren) zu größeren sichtbaren Komplexen (Chromatinfäden etc.) gruppieren. Damit ist wohl vereinbar, daß mit dieser Gruppierung, wie es sicherlich der Fall sein dürfte, ein Vorteil verknüpft ist.“

Ferner führt Zimmermann<sup>1)</sup> eine Notiz Oliviers an. Der genannte Autor fand nämlich, „daß in Wurzelparenchymzellen von *Vicia faba*, wenn durch Einschneiden der Wurzeln der auf ihnen lastende Druck vermindert wird, ein abnormes Wachstum mit gleichzeitiger Vermehrung der Kerne eintrat, während die Zellteilung unterblieb. Die Kernvermehrung soll in diesem Falle jedenfalls größtenteils durch Fragmentation stattfinden; karyokinetische Figuren konnten wenigstens nicht beobachtet werden.“ Diese an sich schon recht unsichere Notiz ist widerlegt worden, so z. B. durch Nathansohn<sup>2)</sup>: „Wenn ich an den Wurzeln von *Vicia faba* den Vegetationspunkt durch Längsspaltung halbierte und die in Regeneration der fehlenden Hälfte befindlichen Gewebe untersuchte . . . . habe ich in diesen stets nur Mitosen gefunden.“ Ich möchte hier auch Shibata<sup>3)</sup> erwähnen, der während der Pilzverdauung in den infizierten Knöllchenzellen von *Podocarpus* Amitose konstatierte, nachher fanden jedoch wieder normale Mitosen statt, und zwar waren die Chromosomen hinsichtlich ihrer Zahl und Anordnung durchaus nicht verändert worden. Shibata will die während der Pilzverdauung auftretende amitotische Kernteilung nicht als Absterbeerscheinung gedeutet wissen, sondern als ein schneller zum Ziele führendes Mittel der Kernvermehrung; bei seinen Amitosen erfolgte jedoch keine Zellteilung.

Ähnlich sind die Angaben Tischlers<sup>4)</sup>, der bei seinen Untersuchungen über Heterodera-Gallen fand, daß das anormale Gewebe durch mitotische Kern- und Zellteilung gebildet wurde, die Vielkernigkeit der Riesenzellen jedoch auf Amitose beruhte.

In analoger Weise spricht sich Chun<sup>5)</sup> aus: „In keinem Falle bedingt die direkte Kernteilung bei den *Siphonophoren* eine nachfolgende Zellteilung; da auch in allen Fällen, wo bis jetzt direkte Kernteilung nachgewiesen wurde, es zur Bildung von vielkernigen Zellen kommt, ohne daß mit Sicherheit eine nachfolgende Zellteilung beobachtet wurde.“

1) Zimmermann: Die Morphologie und Physiologie des pflanzlichen Zellkerns. Jena (G. Fischer) 1896.

2) Nathansohn: Physiologische Untersuchungen über amitotische Kernteilungen. 1900.

3) Shibata: Cytologische Studien über die endotrophen Mykorrhizen. 1902.

4) Tischler: Über Heterodera-Gallen an den Wurzeln von *Circaea lutetiana*.

5) Chun: Über die Bedeutung der direkten Kernteilung.

In den letztgenannten Fällen hat unseres Erachtens nach der Kern einen Teil seiner Aufgaben, nämlich die morphologischen erfüllt und kann sich um so intensiver seiner physiologischen Arbeit, der Regulierung der Ernährungsvorgänge zuwenden. Es liegt auf der Hand, daß er nicht der minutiösen Teilungsform der Mitose bedarf, um die für eine erhöhte Nahrungsverarbeitung nötige Kernsubstanz zu verteilen. In der Tat finden wir denn auch in vielen Zellen, in denen sich der Kern speziell für seine physiologische Arbeit differenziert hat, Amitosen und in deren Gefolge Vielkernbildung. Es sei unter anderm nur auf die Internodialzellen der *Characeen* hingewiesen.

Wir können also unterscheiden zwischen Vielkernbildung und zwischen Kernteilung, die eine Zellteilung im Gefolge hat. Stellen wir die Literatur nach einmal kurz zusammen: Es behaupten, Amitose finde statt mit Zellneubildung: Massart, Nathansohn, Lavdowsky, v. Wasielewsky, Olivier. Außerdem soll dies von Buscalioni<sup>1)</sup> behauptet werden. Es handelt sich um das Endosperm von *Vicia faba*. Hierüber schreibt Zimmermann<sup>2)</sup>: „Buscalioni konnte auch eine Längsspaltung der Chromosomen nachweisen, auf dieselbe folgt aber nicht wie bei der normalen Karyokinese ein Auseinanderweichen der Tochterchromosomen. Von einer Spindelbildung war ferner an den betreffenden Präparaten nichts zu beobachten, doch dürfte dies vielleicht der hauptsächlich auf die Darstellung des Chromatins abzielenden Präparationsmethode zuzuschreiben sein.“

Dieser Fall kann wohl nur schwer als typische Zellbildung durch Amitose angeführt werden. Zimmermann<sup>2)</sup> selbst betrachtet diese Teilung als anormale Karyokinese<sup>3)</sup>.

An die Angaben Massarts und Buscalionis anknüpfend, sagt Nathansohn<sup>4)</sup>: „Aber mit der Erkenntnis, daß Amitose zur Bildung von Geweben führen kann, ist die Frage nach ihrer physiologischen Bedeutung noch nicht erledigt. Denn obwohl nunmehr feststeht, daß Amitose von Zellteilung begleitet sein kann, ist trotzdem die Anschauung sehr verbreitet, daß sie der Karyokinese physiologisch nicht gleichwertig ist und vor allem nie zur Bildung von Zellen embryonalen Charakters führen könne.“

Nathansohn ist also der Ansicht, daß die Amitose der Mitose völlig gleichwertig sei. Da wirft sich die Frage auf: Weshalb bedient sich die Natur der komplizierten Mitose und

1) Buscalioni, L.: Sulla frammentazione nucleare seguita dalla divisione della cellula.

2) Zimmermann: Die Morphologie und Physiologie des pflanzlichen Zellkerns.

3) Vergleiche auch: Schrammen: Über die Einwirkung von Temperaturen auf die Zellen des Vegetationspunktes des Sprosses von *Vicia faba*.

4) Nathansohn: Physiologische Untersuchungen über amitotische Kernteilungen. 1900.



benutzt die Amitose nur bei Degenerationsvorgängen oder in sehr krankhaften Zuständen. Die äußeren Faktoren, unter denen eine Zelle sich entwickelt, sind doch so vielgestaltig, wenn wir Feuchtigkeit der Luft, Temperatur, Druck usw. berücksichtigen, daß wir bei jeder Zellbildung gewissermaßen ein neues Experiment vor uns haben. Warum treten denn die Amitosen nur nach derartigen Eingriffen in das Leben der Pflanze auf, unter denen das Individuum nur kurze Zeit entwicklungsfähig bleibt?

Greifen wir noch einmal auf v. Wasielewsky<sup>1)</sup> zurück. Er schreibt zum Schluß: „Als ein vorläufiges, doch gesichert erscheinendes Resultat kann ich mitteilen, daß die Hervorbringung der Amitose durch sehr verschiedene Reize wenigstens möglich erscheint. Daß nun die Pflanzenzelle auf Eingriffe so verschiedener Art, als es beispielsweise Narkose und Verwundung naheliegender Zellen ist, mit derselben Veränderung ihres Teilungsmodus zu reagieren befähigt ist. . . .“ Er hebt also hervor, durch Verwundung ebenfalls Amitose erhalten zu haben, jedoch findet sich über seine diesbezüglichen Versuche nichts Näheres bei ihm. Er teilt fernerhin mit, bei seinen Versuchen stets auch Mitosen und ebenfalls Übergänge zwischen Mitosen und Amitosen erhalten zu haben.

Es galt also, im folgenden vor allem festzustellen ob im Wundgewebe Mitosen oder Amitosen oder beide Teilungsarten nebeneinander vorkämen. Falls Amitosen festgestellt würden, so blieb als Unterfrage, ob durch dieselben auch Zellteilung eingeleitet würde.

### Eigene Untersuchungen.

Bei der Auswahl der Pflanzen, an denen die Untersuchungen vorgenommen werden sollten, wurden Objekte, die bereits zu Untersuchungen dieser Art von den verschiedenen Autoren angewandt waren, in besonderem Maße berücksichtigt. Daher kamen vor allem folgende Pflanzen in Betracht!

*Ricinus communis*<sup>2)</sup>,  
*Tradescantia virginica*<sup>2)</sup>,  
*Cucurbita ficifolia*<sup>2)</sup>,  
*Solanum tuberosum*<sup>3)</sup>,  
*Populus nigra*<sup>4)</sup>.

Außerdem gelangten viele andere Pflanzen zur Untersuchung, die in ihrem Verhalten jedoch vollkommen übereinstimmten. Wir

1) v. Wasielewsky, Theoretische und experimentelle Beiträge zur Kenntnis der Amitose.

2) Massart: La cicatrisation chez les végétaux 1898.

3) Kny, Němec, Nathansohn.

4) Nathansohn: Physiologische Untersuchungen über amitotische Kernteilungen. 1900.

werden daher im folgenden uns an charakteristische Repräsentanten halten. So wurde der Kallus untersucht bei *Populus* div. spec. (*nigra*, *albificans*, *alba*), *Salix*, *Vitis*, *Rosa* div. spec., *Geranium*, Achsen von *Tradescantia virg.*, *Ricin. communis*, ferner das Fruchtmesocarp von *Pirus*, *Cucumis*, *Cucurbita* etc.

Am 25. Mai wurden Stecklinge gesetzt von *Rosa*, *Populus*, *Vitis*, *Salix*, *Geranium*, *Syringa*, *Hedera* etc. Die Kultur fand in einem Sandkasten im Treibhause statt. Kallusbildung trat in ausgiebigster Weise ein am untern Ende der Stecklinge von *Populus*, *Rosa*, *Salix* und *Vitis*, daher wurden diese in bevorzugter Weise zur Untersuchung ausgewählt.

Zum Fixieren wurde vor allem die im hiesigen Institut gebräuchliche, schwächere Flemmingsche Lösung<sup>1)</sup> benutzt. Gefärbt wurde nach Flemmings Dreifarbenmethode<sup>1)</sup>. Um die durch die Osmiumsäure hervorgerufenen Schwärzungen zu beseitigen, gelangten die Präparate aus dem Xylol nach Abspülen mit Alkohol für 24 Stunden in verharztes Terpentinöl.

Am 3. Juni wurde der Kallus von *Populus* und *Vitis* fixiert. Beide hatten an der Unterseite schöne Kallusbildung; bei *Populus* war die Reaktion am stärksten erfolgt.

Am 4. VI. wurde der Kallus von *Rosa* und *Salix* fixiert. Es zeigte sich, daß die noch fast ganz grünen Achsen den reichlichsten Kallus gebildet hatten. Am 5., 6., 7. VI. wurden die Kallusbildungen ebenfalls fixiert. Dann wurden neue Stecklinge gesetzt von *Salix* und *Populus*, nachdem durch den Versuch sich ergeben hatte, daß sie am besten auf den Wundreiz reagierten. Diese Stecklinge wurden benutzt, um die ersten Teilungen der gereizten Zellen verfolgen zu können.

Am 1. VI. wurden Kartoffelknollen in 1 cm dicke Scheiben geschnitten, dann in einer Glasglocke mittels Filtrierpapier feucht und in einem Treibhause warm gehalten. Die Fixierungen erfolgten nach 2—10 Tagen, am besten fanden sich Teilungsstadien nach 2—4 Tagen vor.

Bei *Ricinus* wurden die Wunden teils durch Quetschung<sup>2)</sup> oder Schnitt und Stich angebracht. Wundgewebe bildete sich an den Außenflächen, wo die Rinde gesprengt war. Die Wunden, die im Innern verliefen, hatten kaum auf den Wundreiz reagiert, wie auch schon von Massart<sup>2)</sup> beobachtet war.

Bei *Tradescantia* wurden die Wunden durch Längsschnitte hervorgebracht; zum Teil wurden die Stengel auch ganz durchstoßen. Auch hier wurden die Fixierungen vom zweiten Tage an vorgenommen.

#### *Populus (nigra, albificans, alba).*

Bei der mikroskopischen Untersuchung wies der Kallus von *Populus* zahlreiche Mitosen auf. Die Kerne sind im Verhältnis

<sup>1)</sup> Strasburger: Das botanische Praktikum.

<sup>2)</sup> Massart: La cicatrisation chez les végétaux.



zur Größe der Zellen klein. Die Mitosen zeigten in der Prophase und Metaphase den typischen Charakter embryonaler Teilungen. Das Plasma hatte sich stets dicht um die Spindel gelagert, während der übrige Teil der Zelle mit Saft erfüllt war. Die Teilungen fanden sich am reichlichsten drei bis sieben Zellenlagen von der Peripherie des Kallus entfernt. Auch fanden sich zahlreiche Zellen vor, die den Anschein erweckten, als ob sie zwei Kerne enthielten, doch wird dies Aussehen durch den weiter unten näher beschriebenen Verlauf der Membranbildung erklärt. Manche Kerne enthielten zwei bis sieben Nukleolen, doch waren dies stets ältere Kerne, immer viele Zellenlagen von der Peripherie des Kallus entfernt.

Beginnt die Prophase der Teilung eines Kernes, so gruppiert sich um denselben eine dichte Plasmamasse, die sich intensiv färbt. Von der plasmatischen Kernumhüllung laufen radiale Streifen zur Zellmembran. Wenden wir uns zum Kerne selbst. In der Ruhelage liegt der Nucleolus in der fadig-netzartigen Struktur des Kerngerüsts. Um den Nucleolus befindet sich gewöhnlich ein hellerer Hof. In der Prophase der Teilung sondert sich zuerst der Kernfaden heraus; die Bildung der achromatischen Figur wird dadurch eingeleitet, daß sich um den Kern zuerst eine periphere gleichmäßige Cytoplasmaschicht bildet, die sich allmählich nach zwei Polen verschiebt und sich dort zu Polkappen ausbildet, in denen das Cytoplasma eine körnig-faserige Struktur bekommt. Die Cytoplasmafäden strecken sich mehr und mehr und werden zu äußerst feinen Linien; sie bleiben entweder größtenteils parallel oder neigen in zwei Polen zusammen. Die Chromosomen haben sich herausgesondert. Der Nucleolus verschwindet, und die Kernmembran löst sich auf, die Cytoplasmafäden wachsen in das Kerninnere hinein, erfassen die Chromosomen und befördern sie zur Äquatorialplatte, zum Teil bilden sie sich als Stützfasern aus. Die Chromosomen sind kurz und füllen die ganze Äquatorialplatte aus, wie an Polansichten leicht zu sehen ist. Darauf folgt eine Längsspaltung der einzelnen Chromosomen; auch dieses Stadium ist an Polansichten am besten zu finden; darauf werden die Chromosomen auseinander gezogen und wandern längs den Stützfasern zu den Polen. Die Stützfasern zeichnen sich durch größere Dicke vor den Zugfasern aus. Aller Wahrscheinlichkeit nach werden sie auch noch benutzt, um Material zur Bildung der Zellplatte zu befördern.

Sobald die Tochterchromosomen anfangen, sich zu je einem Kern zu vereinigen, beginnt die Ausbildung der Zellplatte. Da die Zellen im Verhältnis zur Kernspindel sehr groß sind und nur wenig Plasma enthalten, kann die Scheidewand nicht sofort für den ganzen Durchmesser der Zelle angelegt und ausgebildet werden.

Nun unterscheidet Strasburger<sup>1)</sup> drei Arten von Membran-

1) Strasburger: Zellbildung und Zellteilung.

bildung (die beiden ersten werden auch von Treub<sup>2</sup>) angegeben, nämlich:

1. „Der Kern bleibt in der Mitte der Zelle, die Zellplatte wächst an ihren Rändern, der Komplex der Verbindungsfäden weitet sich gleichmäßig aus und die Zellplatte erreicht so ziemlich gleichmäßig die Mutterzellwände. Dies ist die gewöhnliche Art der Zellplattenbildung in embryonalen Zellen, die Cytoplasmafäden bleiben ziemlich lange erhalten.

2. Die Zellplatte berührt gleich nach ihrer Anlage einseitig die Mutterzellwand, muß aber noch einen großen Teil des Zellumens durchsetzen, um die andere Seite der Mutterzellwand zu erreichen, dann bewegt sich der Fadenkomplex mitsamt den Zellkernen gegen die entgegengesetzte Seite der Zelle, und die Zellplatte wächst, bis sie allseitig die Mutterzellwand erreicht hat.

3. Die Zellplatte setzt einseitig an die Mutterzellwand an und durchmißt nur einen kleinen Teil des Zellumens. Der fehlende Teil muß ergänzt werden; dies erfolgt durch Wachstum des Fadenkomplexes an seinen freien Rändern: hier nimmt die Zahl der Fäden zu, in den wachsenden Teilen wird die Zellplatte ergänzt; es entstehen eigentümlich aussehende Komplexe von Verbindungsfäden, die das Zellumen durchsetzen. Die fortwachsenden Ränder des Komplexes sind besonders inhaltreich. Schließlich ist der ganze Querschnitt der Zelle durchzogen“.

Hierzu möchte ich als vierte Art der Zellplattenbildung folgende anführen: Das Zellumen ist sehr groß (z. B. ausgewachsene Mark- oder Parenchymzellen), die Spindel hingegen klein; sie liegt ziemlich in der Mitte der Zelle, frei in dem umgebenden Cytoplasma. Bei der Anaphase wird die Zellplatte in normaler Weise in den Verbindungsfäden angelegt und weiter ausgebildet. Währenddessen erfolgt eine Neubildung von Cytoplasmafäden peripher an der primären Spindel, und dort wird dann die Membranbildung begonnen. Ununterbrochen schreitet die Bildung der peripheren Cytoplasmafäden und somit die Er-

1) Treub: Quelques recherches sur la rôle du noyau dans la division des cellules végétales (pag. 29): „Lorsque le noyau en se divisant, se trouve tout près d'une des parois de la cellule la plaque cellulaire touche tout de suite après sa formation, contre cette paroi, tandis que de l'autre côté, elle est séparée de la paroi opposée par la plus grande partie de la cavité cellulaire. Dans les cellules vivantes, surtout dans celles de l'*Epipactis palustris*, comme dans un grand nombre de différentes cellules tuées par l'alcool, j'ai pu constater qu'alors le tonneau ou plutôt de demi-tonneau, se dirige, avec les deux jeunes noyaux vers le côté opposé de la cellule, en même temps que la plaque cellulaire s'accroît jusqu'à ce qu'elle touche partout à la paroi cellulaire. Après un traitement par l'alcool, opérant une construction du protoplasma j'ai très distinctement vu dans plusieurs cellules, qu'à partir du lieu où elle touche à la paroi cellulaire, la fente il se forme une membrane de cellulose, se rattachant à la paroi cellulaire, cette membrane se forme ainsi successivement, son aggrandissement suit de près l'accroissement de la plaque cellulaire; un peu après que celle-ci a atteint la paroi cellulaire opposée, la membrane de cellulose s'y rattache aussi et la cloison séparatrice est complète.



gänzung der Zellplatte fort, bis die Cytoplasmafäden ziemlich gleichzeitig an die Mutterzellwand anstoßen. Mit der Neubildung der peripheren Cytoplasmafäden geht die Auflösung der zentralen Strahlungen Hand in Hand.

Bei *Populus* erfolgt die Bildung der Scheidewand in oben zuletzt beschriebener Weise. Die Spindel wird gewöhnlich in der Mitte der Zelle ausgebildet und legt sich auch in den letzten Stadien der Teilung der Zellwand nicht an. Die Tochterkerne bilden sich sogleich bei der Anaphase in der cytoplasmatischen Figur der Zellplatte, dann rücken die Kerne, deren Chromosomen sich zu einem Faden vereinigt haben und als solche noch längere Zeit kenntlich bleiben, näher zusammen; die Spindel stellt zwei immer stumpfer werdende Kegel dar, die mit ihrer Basis einander berühren. Während nun allmählich die Zellwand in der Mitte der Spindel angelegt und ausgebildet ist, wandern die Cytoplasmafäden an der Berührungsebene der Kegel zentrifugal weiter, und zwar gleichmäßig in der ganzen Peripherie; die Kerne nähern sich nun mehr und mehr, bis sie ziemlich aneinanderstoßen. Die zentralen Cytoplasmastrahlungen sind verschwunden, und die Kerne erscheinen jetzt im Protoplasma eingebettet. Hat die Strahlung auf ihrer Wanderung die Zellwände erreicht, so wandelt sie sich langsam in homogenes Cytoplasma um; dieses bleibt aber immer noch einige Zeit an der Basis der ehemaligen Kegel liegen. Die Strahlungen werden undeutlich, die Fäden verschmelzen zum Teil und bilden weniger, aber dickere Fäden, letztere nehmen bei Dreifachfärbung schon braune Farbe an und gehen bald in homogenes, anfangs noch etwas körniges Plasma über. Das Plasma verringert sich allmählich, wahrscheinlich wird es zur Ernährung der Kerne verbraucht, die jetzt erst zu ihrer vollen Größe heranwachsen.

Ein sehr fortgeschrittenes Stadium der Anaphase in Polansicht gesehen, läßt meistens die beiden Kerne erkennen, die sich in dieser Lage größtenteils decken und wie amitotische Kernteilung aussehen, man sieht jedoch in einiger Entfernung die kranzförmigen Cytoplasmastrahlungen; in etwas schräger getroffenen Schnitten sieht man mehr von dem unten liegenden Kern und immer ein Segment der Cytoplasmastrahlungen; noch schräger getroffene Schnitte zeigen die Kerne dicht nebeneinander, während nur ein kleiner Teil der Strahlung sichtbar ist. Wahrscheinlich ist dieses Stadium von Nathansohn für eine zweikernige Zelle, angesehen worden. Figur 8a zeigt bei hoher Einstellung die Cytoplasmafäden von außen gesehen, während Figur 8b (dieselbe Zelle bei tiefer Einstellung) die Fäden in Längsschnitt zeigt. In den letzten Abschnitten der Membranbildung hat der Kern allmählich sein Ruhestadium erreicht.

Bei *Populus* wurden mehrere Hundert Mitosen untersucht, doch fand sich niemals eine amitotische Teilung vor; obwohl vielleicht manche Bilder zu Täuschungen hätten Anlaß geben können, waren sie doch stets einem Stadium der Zellwandbildung

einzureihen. An sich erscheint die Nathansohnsche Angabe schon schwach, daß bei an sich gleichen Reizen, bei gleichen Organen, der Kern bei Bildung gleich differenzierter Gewebe in so verschiedener Weise reagieren soll. Diese Amitosen stellen wahrscheinlich ebenso wie die zweikernigen Zellen in Polansicht getroffene Tochterkerne in der Anaphase vor. Wären Kernteilungen erfolgt ohne Zellteilung, vielleicht durch Amitose, so wären doch wahrscheinlich auch Zellen aufzufinden gewesen, die mehr als zwei Kerne besessen hätten. Endlich vermischen wir bei Nathansohn jede Angabe über das weitere Schicksal der zweikernigen Zellen.

Der Kallus von *Salix* wies ein gleiches Gewebe auf wie der bei *Populus*, nur waren bedeutend mehr mit Sekret gefüllte Zellen vorhanden; das Wachstum war, wie schon hervorgehoben, weniger intensiv wie bei *Populus* gewesen, daher fanden sich, da die Zellen bei *Populus* und *Salix* im Kallus gleich groß waren, weniger Mitosen vor. Auch fehlten die in den älteren Kalluszellen von *Populus* in Masse auftretenden Einzelkristalle. Die Kern- und Zellteilung verlief in genau derselben Weise wie bei *Populus*, auch hinsichtlich der Ausbildung der Scheidewand. Amitosen waren nicht aufzufinden.

Bei *Rosa* und *Vitis* war der Kallus hinsichtlich der Kern- und Zellteilungen denen von *Populus* und *Salix* vollkommen analog. Nie zeigten sich Amitosen.

Bei *Geranium* hatte sich kein eigentlicher Kallus gebildet; die verletzten Zellen waren eingegangen und die darunter liegenden Kerne hatten sich mitotisch geteilt. Besonders zahlreich waren diese Teilungen in den plasmareicheren Zellen längs der Gefäßbündel. Amitotische Teilungen fanden sich nicht vor.

Wenden wir uns zu *Ricinus communis*. Wir haben hier ebenso wie bei *Geranium*, jedoch in bedeutend ausgeprägterem Maße, zu unterscheiden zwischen Teilungen in plasmareichen und plasmaarmen Zellen. Die plasmareichen Zellen werden hier vertreten durch das Meristemgewebe, während im älteren Parenchym, besonders im Markparenchym und im Kollenchym sich die plasmaarmen größeren Zellen vorfinden. Die Kambialzellen teilen sich in durchaus normaler embryonaler Weise; der Unterschied besteht nur in der Richtung der Spindel. Diese steht bei Einschnitten in den Stamm senkrecht auf dieser Wunde und hat sich somit von der normalen Richtung um ca. 90° abgewandt. Die großen und plasmareichen Parenchym- und Kollenchymzellen zeigten in der Anaphase hinsichtlich der Zellwandbildung dasselbe Verhalten, wie die Zellen des Kallusgewebes. Die Zellplatte wird sukzedan ausgebildet in der Weise, daß der Komplex der Verbindungsfäden zuerst eine Zellplatte anlegt, dann am Rande der Platte allmählich in zentrifugaler Richtung die Zellplatte weiter ausbildet. Diesen Fall halte ich für besonders instruktiv, insofern er nämlich dartut, daß die Kern- und Zellteilung im Wundmeristem in durchaus normaler Weise verläuft, und daß



der Unterschied in der Anaphase nicht durch den Wundreiz an sich, sondern „durch die Größe des Zellumens im Verhältnis zu der Masse des vorhandenen Protoplasmas“<sup>1)</sup> bedingt wird. Massart<sup>2)</sup> hat bei *Ricinus* keine Mitosen finden können, vielleicht liegt der Grund darin, daß er zu spät mit der Untersuchung eingesetzt hat; auch bei *Ricinus* waren nach 2 bis 4 Tagen die günstigsten Objekte für Mitosen zu finden. Die Fixierungen erfolgten in den Morgenstunden.

Bei *Tradescantia virginica* waren, wie schon erwähnt, Längsschnitte in der Achse angebracht. Von diesen Wunden wurden zum Zwecke der Untersuchung Längs- und Querschnitte hergestellt. Auf den Querschnitten waren die Teilungsstadien der Kerne relativ schwieriger aufzufinden, da die Zellen bei *Tradescantia* recht groß sind, und infolge dessen stets nur sehr wenig gereizte Zellen im mikroskopischen Bilde waren. Desto leichter fanden sich die Mitosen in Längsschnitten. 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. Nestler<sup>3)</sup> schreibt über die durch die Verwundung beeinflussten Kerne folgendes: „In einigen Fällen wurde die Beobachtung gemacht, daß der in traumatischer Umlagerung befindliche Zellkern mehr oder weniger bedeutend größer war als der in normaler Lage, also in den durch die Wunde nicht beeinflussten Zellen (Fig. 4). Bei *Tradescantia zebrina* (Epidermis des Blattes) hatte ein Zellkern in der ersten intakten Zellreihe vier Tage nach Anbringung der Verletzung einen Durchmesser von 24,6  $\mu$ , während die normalen Zellkerne nur einen Durchmesser von 10  $\mu$  besitzen; der Zellkern in der Umlagerung übertraf somit den normalen Kern ungefähr 15mal an Voluminhalt. Die allmähliche Abnahme der Größe der Kerne von der Wunde an bis in die 4. und 5. intakte Zellreihe wurde besonders auffallend bei den Epidermiszellen des Stengels von *Tradesc. viridis* (hort.) beobachtet. Da in späteren Stadien der Umlagerung derartige Größendifferenzen nicht mehr wahrgenommen wurden, so scheinen dieselben nach der Rückwanderung des Zellkerns wieder zu verschwinden. Eine nähere Erklärung dieser Erscheinung ist vorläufig nicht anzugeben; soviel aber scheint mir sicher zu sein, daß infolge der lokalen Wunde in den angrenzenden Zellen derselben für eine gewisse Zeit abnormale Verhältnisse bestehen, welche jene auffällige Veränderung hervorrufen; so mögen vor allem die Ernährungsverhältnisse der durch die Wunde beeinflussten Zellen ganz andere sein, als die der normalen Zellen.“ Diese Vergrößerung der Kerne nach 12—24 Stunden konnte ich gleichfalls konstatieren, doch war dies ganz allein darauf zurückzuführen, daß

1) Strasburger Zellbildung und Zellteilung.

2) Massart: La cicatrisation chez les végétaux. 1898.

3) Nestler: Über die durch Wundreiz bewirkten Bewegungserscheinungen des Zellkerns und des Protoplasmas.



die Kerne, die durch die Verletzung beeinflusst waren, sich in der Prophase befanden. Da Nestler nicht die neueren Fixierungs- und Färbungsmethoden anwandte, ist ihm dies allem Anscheine nach entgangen. Daher fand er auch, daß in späteren Stadien nach Bildung neuer Scheidewände diese Größenzunahme verschwunden war. Strasburger<sup>1)</sup> gibt inbetreff der *Tradescantia*-Kerne an: „Der zur Teilung sich anschickende Kern nimmt an Größe zu.“ Im übrigen zeigen die Abbildungen 22 und 23 einen ruhenden Kern und einen Kern aus der nebenliegenden Zelle im Knäuelstadium, beide aus der Wundzone. Es läßt sich hier die Nestlersche Angabe der Vergrößerung der Kerne deutlich sehen, zugleich ist jedoch die Erklärung dafür geschaffen. Ebenfalls hier unterzubringen ist eine Notiz Miehes<sup>2)</sup>: „Allgemein scheint der Substanzgehalt etwas zuzunehmen; besonders auffallend war dies bei *Tradescantia viridis* der Fall, wo sämtliche in der Nähe der Wunde gelegenen Kerne reichliche körnige Substanzanhäufungen aufwiesen, die ganz den ersten Teilungsstadien glichen. Eine Teilung selbst beobachtete ich nicht.“ Die Mitosen zeigten ganz normalen embryonalen Charakter; in einzelnen Zellen war die Anaphase in derselben Form ausgebildet, wie bereits des öfteren für weitleumige, plasmaarme Zellen mitgeteilt wurde. Die Kerne sind bekanntlich bei *Tradescantia* recht groß, und ließen sich daher die Teilungen im Wundperiderm mit normal entstandenen Mitosen eingehend vergleichen. 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. In der Anaphase verliefen die Cytoplasmafäden der tonnenförmigen Spindel nicht glatt, sondern in zarten Wellenlinien von Pol zu Pol.

Als weiteres Untersuchungsobjekt wurden Kartoffeln verschiedener Herkunft, sowohl frische wie auch solche, die bereits ein Jahr gelagert hatten, verwandt. Die Methode der Verwundung und die weitere Behandlung der Wunden wurde bereits oben mitgeteilt. Bei der mikroskopischen Untersuchung erschwerten die durch Gentianaviolett mitgefärbten Stärkekörner den Überblick, doch waren die Kerne recht groß und leicht zu erkennen. Die ruhenden Kerne besaßen einen nur mit einer Vakuole versehenen Nucleolus; das Kerngerüst war granuliert bis netzartig. Das um den Kern liegende Plasma war stets fein gekörnt. Bei der Prophase vergrößerte sich der Nucleolus, zeigte ein wabiges Gefüge und ließ jetzt mehrere Vakuolen erkennen. Dann sonderten sich die Chromosomen heraus. Die Anaphase zeigte oft merkwürdige Gestalt, veranlaßt durch die Form der Zellen und die Vielzahl der Chromosomen. Vor allem war wieder die sukzedane Ausbildung der Scheidewand zu sehen, wie sie auch von Němec<sup>3)</sup> hier beobachtet und als eine be-

1) Strasburger: Das botanische Praktikum 1902.

2) Miehe: Über Wanderungen des pflanzlichen Zellkerns.

3) Němec: Kern- und Zellbildung bei *Sol. tub.*



sondere, den Kartoffelknollen zukommende Art der Membranbildung angesprochen wurde. Wir haben aber gesehen, daß diese Ausbildung der Scheidewand hervorgerufen wird durch das Verhältnis der Plasmamenge zur Größe des Zelllumens. Die Cytoplasmafäden vereinigten sich bei der Spindel nicht in einem Punkt, sondern liefen mehr oder weniger parallel. Infolgedessen boten die Anaphasen ein entsprechendes Bild. Waren die einzelnen Cytoplasmafäden sehr kurz, was durch die Größe der Zelle bestimmt wurde, so ergaben sich bei der Anaphase Bilder, die zwei nur wenig voneinander entfernte Chromosomenteller darstellten, die durch die Spindelfasern verbunden waren. Allmählich wurden diese Teller kleiner, verloren ihre flache Gestalt und wurden eiförmig, dann sonderte sich der Nucleolus heraus und die Chromosomen bildeten sich zurück. Die Spindelbildung erfolgt also bei Kartoffelknollen, ohne daß ein extranukleäres Zentrum sich bemerkbar machte; Strasburger<sup>1)</sup> schlägt vor, dieses Verhalten als diarch apolares den diarch multipolaren Fällen anzureihen. Untersuchungen bei *Cucurbita* div. Spec. zeigten genau dasselbe Verhalten hinsichtlich Kern- und Zellteilung und Ausbildung der Scheidewand. Die Wundenheilung setzte am zweiten Tage am intensivsten ein, und waren dann ersten und häufigsten Kernteilungen zu sehen. Die Wunden zeigten nach dreiwöchentlicher Vernarbung ein gut ausgebildetes Korkphellogen, das zum Unterschiede von den alten Zellen ohne Stärke oder sonstige Einschlüsse war.

Zur Untersuchung gelangte ferner *Taraxacum*, und zwar wurden hiervon die Blütenstiele benutzt kurz vor der Öffnung der Blüte. Dieses Objekt wurde durch Längsschnitte verwundet. Die Wundflächen wurden durch die Gewebespannung auseinandergezerrt und zeigten so schon makroskopisch eine starke Reaktion auf die Verwundung. Die Wunden wurden teils sofort, teils nach 10 Minuten, 2 Stunden etc. fixiert, um eventuell eine Wanderung des Kernes feststellen zu können<sup>2)</sup>. Ferner wurden bei *Taraxacum* und bei *Tradescantia* Epidermisstreifen abgerissen<sup>3)</sup> und sofort fixiert, um die erste Wundreaktion zu beobachten. Bei der Untersuchung sowohl dieser wie auch einiger anderer Objekte ergab sich folgendes: Sofort nach der Verwundung findet eine Reaktion statt, indem die Kerne der Nachbarzellen sich der Wundseite anlegen. Im Laufe der ersten Stunde verlieren die verwundeten sowie die einige Zellagen unter ihnen befindlichen Zellen Wasser, der Turgor hört auf, das Protoplasma sowie die Zellmembran kontrahieren sich. Man sieht häufig, daß sich die Membranen korkzieherartig eingezogen haben. Dadurch, daß sich die Membranen in 4–8fachen Lagen aufeinander legen, entsteht ein Wundabschluß nach außen. In diesen eingehenden Zellen nimmt der Kern alsbald eine amöboide

<sup>1)</sup> Strasburger: Über Reduktionsteilung, Spindelbild. Centros. und Cilienbildner im Pflanzenreich.

<sup>2)</sup> Schrammen: Über die Einwirkung von Temperaturen auf die Zellen des Vegetationspunktes des Sprosses von *Vicia faba*.

<sup>3)</sup> Mische: Über Wanderungen des pflanzlichen Zellkerns.



Form an, endlich ist er kaum noch sichtbar zwischen den immer mehr aufeinanderrückenden Zellwänden, bis er schließlich seine Lebensfähigkeit verliert und eintrocknet. Kerndurchpressungen habe ich bei diesen Wunden, die durch Schnitte angebracht wurden, nicht beobachtet.

Daß die Kerne der Nachbarzellen sich der Wundseite anlegen, ist bereits von Nestler<sup>1)</sup> angegeben.

Bei *Taraxacum* wurden endlich auch Epidermisstreifen vom Stengel abgerissen, um eventuell eine Kerndurchpressung konstatieren zu können. Auf Querschnitten zeigte sich die Epidermis mit den anhängenden Zellen 1—4 Lagen breit. Die Kerne zeigten nie eine Neigung, abnorme Formen anzunehmen, daher auch nie eine Kerndurchpressung zu finden war. Die Epidermisstreifen wurden sofort mit Flemmingscher Lösung fixiert und mit den drei Farben tingiert. Längsschnitte (tangential) ließen ebenfalls keine Abnormitäten des Zellkerns erkennen.

Auch Farnprothallien wurden zur Untersuchung benutzt, und zwar  $\frac{1}{4}$ ,  $\frac{3}{4}$  und 2 Stunden nach der Verwundung. Sie befanden sich in dem Stadium, in welchem auch die Befruchtung stattfand. Kerndurchpressungen waren nicht aufzufinden, der Kern der Nachbarzelle der Wunde hatte sich meistens schon an die Wundseite seiner Zelle gelagert. Auch sonst waren keine Desorganisationserscheinungen an den Kernen wahrzunehmen.

Dagegen gelang es mir, Kerndurchpressungen aufzufinden zuerst bei *Iris germanica*, dann bei den verschiedensten Objekten, und zwar bei der Epidermis sowohl wie auch an Schnittwunden, doch war die Vorbedingung, daß diese Wunden an Geweben angebracht waren, die noch sehr zart waren. So fanden die Durchpressungen in den Epidermiszellen nur in den jüngsten Regionen des Blattes statt; andere Kerndurchpressungen waren z. B. an noch nicht ausgewachsenen Filamenten<sup>2)</sup> zu finden. Bei *Iris* fand ich, daß der Kern an der Seite, wo die Durchpressung stattfindet, sich intensiv rot färbt, während an der andern Seite die netzartige Struktur erhalten bleibt. Ist der Kern ungefähr zur Hälfte ausgetreten, so ist auch der zurückbleibende Teil fast homogen rot gefärbt und kontrahiert. Der Kern nahm aber oft auch sehr merkwürdige Gestalt an. Während er nämlich dem einen Ende der Zelle anlag und dort eine Durchpressung schon erfolgte, wurde ein Teil desselben Kernes nach der andern Seite bandförmig durch die ganze Länge der Zelle gezogen und trat an der neuen Berührungsfläche der Zellwand von neuem durch. Man sah dann, daß sich in der Zelle, der der Kern angehörte, die Kernmasse vor den Durchtrittsporen staute. Ein Zeichen dafür, daß eine wirkliche „Durchpressung“ stattfand.

Versuche an *Pirus* etc. hatten hinsichtlich der Kernteilungen im Wundmeristem dasselbe Ergebnis.

Was endlich den Wundreiz als Reaktionslösung betrifft, so

<sup>1)</sup> Nestler: Über die durch Wundreiz bewirkten Bewegungserscheinungen des Zellkerns und des Protoplasmas.

<sup>2)</sup> Körnicke: Über Ortsveränderung von Zellkernen.



sagt allerdings Küster<sup>1)</sup>: „Daß bei Entstehung des Kallus, des Wundholzes u. a. der Wegfall des Rindendruckes und ähnlicher Wachstumswiderstände nicht ohne Einfluß auf die Ausbildung des Wundgewebes ist, läßt sich als sehr wahrscheinlich bezeichnen; zu der Annahme, daß der Wegfall der Druckwirkung die Veranlassung der Wundgewebebildung abgibt, liegt aber keinerlei Nötigung vor; — sehen wir doch Gewebe der verschiedensten Art auch ohne vorherige Verwundung und Druckbefreiung und manche Wucherungen oder dem Einfluß stetig zunehmenden Gewebedrucks heranwachsen (endogen entstehende Wucherungen, Gallen, Intumeszenzen).“

Vor allem aber ist meiner Meinung nach zu unterscheiden zwischen physikalischen und chemischen Reizen. Zu der ersteren Art gehören die Verwundungen, wenn sie die Gewebespannung aufheben oder, wie unten nachgewiesen werden soll, einen Zug auslösen, der dem durch die Gewebespannung bewirkten Druck anfänglich entgegengesetzt ist. Daß dieser Zug die primäre Wirkung des Wundreizes ist und als sekundäre Wirkung die Bildung neuer Zellen hervorruft, geht vor allem auch daraus hervor, daß eine ausgedehnte Zellneubildung nur unter solchen Umständen vor sich geht, wo Fürsorge getroffen ist, daß der Turgor möglichst stark ist. Man hat es daher in der Hand, eine Wunde zu veranlassen, mit reichlicher Kallusbildung den Folgen der Verwundung entgegenzutreten, andererseits sie dazu zu bringen, den Wundabschluß durch Eintrocknen und Verkorkung der unter der Wundfläche liegenden Zellen zu bewirken.

Anders die chemischen Reize: Diese greifen bestimmte Bestandteile des Protoplasten selbst an und erzeugen je nach ihrer Art wieder neue Stoffe, die in wiederum verschiedener Art einwirken können. So haben wir z. B. alle durch Parasiten hervorgerufene Reize, vor allem auch Gallenbilder zu den chemischen zu rechnen, da das Experiment schon lehrt, daß durch bloße Verwundung nie eine gallenähnliche Bildung zustande kommt.

Dieses Experiment wird sehr häufig in der Natur selbst ausgeführt. Denn die ganze Lentizellenbildung beruht nur auf mechanischem Wundreiz. „Erst nach dem Aufreißen der Epidermis beginnen in dem angrenzenden Kollenchym die Teilungen, die zur Bildung des Periderms führen“<sup>2)</sup>. Auch hier bildet sich das Wundkambium, ohne jedoch Formen resultieren zu lassen, wie sie durch chemische Affektionen hervorgerufen werden.

Gehen wir nunmehr zur Erläuterung der primären Reaktion der Wunde über. Zunächst möchte ich mich zu *Ricinus* wenden. Wird der Stengel gequetscht, so entstehen, wie aus Figur 42 hervorgeht, vier Wunden, zwei innere und zwei äußere. (Von Massart<sup>3)</sup> wird diese Art der Verwundung bei *Ricinus* schon angeführt, ebenfalls bei Küster<sup>4)</sup>, daher halte ich mich auch

1) Küster: Pathologische Pflanzenanatomie. Jena 1903.

2) Strasburger: Das botanische Praktikum.

3) Massart: La cicatrisation chez les végétaux, 1898.

4) Küster, Pathologische Pflanzenanatomie. Jena 1903.



zuerst an dies „klassische“ Beispiel.) Infolge der Gewebespannung wird im Innern ein Druck in der Richtung der Pfeile a stattfinden (Fig. 43). Die äußeren Wunden dagegen werden durch die Gewebespannung in entgegengesetzter Weise beeinflusst. (Pfeile d.) Auf mechanische Weise wird die Wunde dann bald so verändert sein wie Fig. 43 darstellt. Es werden also die äußeren Wundflächen in hervorragender Weise durch den Zug der Rinde gedehnt, während die inneren Wunden wieder geschlossen werden. Die Gewebespannung steht nun ferner jedesmal in Korrelation mit dem Turgor. Sobald also der Rindendruck durch die Wunde zum Teil aufgehoben wird, tritt eine bedeutend erhöhte Turgeszenz der Zellen ein, die nicht mehr unter dem Rindendruck stehen, also der Zellen der Wundzone. Der Turgor wirkt in der Richtung der Pfeile b (Fig. 43). Es ist nun klar, daß die Rückwirkung der Gewebespannung sich vor allem an den peripheren Teilen der Wunde äußert, hingegen die inneren Zellen hauptsächlich der Dynamik des Turgors unterstehen. Eine Folge davon ist, daß nach einiger Zeit<sup>1)</sup> reichliche Wachstumsbeschleunigung eintritt, während sie bei den inneren Wunden unterbleibt. So schreibt z. B. Strasburger<sup>2)</sup>: „Die Feuchtigkeit beeinflusst das Wachstum sowohl als Reiz, wie auch durch die Begünstigung des Turgors bei verminderter Transpiration.“

Als zweites Beispiel möchte ich für den Wundreiz und seine Wirkung die so oft zur Demonstration desselben verwandten Kartoffelknollen anführen. Während die Zellen der unverletzten Knolle unter gleichmäßiger Oberflächenspannung stehen, wird diese, sobald die Knolle in Scheiben geschnitten ist, an der Wundfläche aufgehoben. Die Zellen werden also dem gleich großen Drucke wie vorher, nur in entgegengesetzter Richtung unterworfen sein. Der Druck hat sich in Zug verwandelt. Ebenfalls tritt hier die Turgeszenz als Faktor auf, so daß eine Wundperidermbildung nur bei hinreichender Feuchtigkeit zustande kommt.

Wenden wir uns nunmehr zu Stammstücken, die durch Querschnitte verwundet sind. In dieses Gebiet fallen vor allem die Stecklinge und die verschiedenen Arten von Veredelungen. Durch die Verwundung wird der Druck, unter dem die inneren Gewebe stehen, an der Schnittfläche aufgehoben, sie werden sich also hervorwölben. Die äußeren Gewebe werden sich in der Richtung der Pfeile zusammenziehen; auf diese Weise wird die vorher ebene Wunde zu einem Kugelabschnitt, sie vergrößert also bedeutend ihre Oberfläche. Da alle Punkte dieser Oberfläche

<sup>1)</sup> Strasburger: Lehrbuch der Botanik.

<sup>2)</sup> „Durch den gesteigerten Zug wird in vielen Pflanzen eine gewisse Beschleunigung des Wachstums (bis zu 20 %) verursacht, nachdem zunächst, wenigstens bei plötzlich gesteigerter Inanspruchnahme, während 1—2 Tagen eine Verlangsamung (bis zu 80 %) eingetreten war. Da eine solche transitorische Verlangsamung auch durch eine plötzliche Steigerung der Turgorspannung verursacht wird, so scheint sie in erster Linie eine Folge der Störungen zu sein, die durch den schnellen Wechsel hervorgerufen werden. Pfeffer, Bd. II.



zentrifugales Bestreben haben, so ist hiermit auch die Entstehung der Lohdenkeile auf mechanische Ursache zurückgeführt.

Die Frage: Wie verhält sich der Kern gegenüber dem Wundreiz findet also ihre Antwort zugleich in dem Verhalten des Kernes bei Dehnung des Gewebes, sei es, daß diese auftritt als Zug von außen (Gegendruck der Gewebespannung) oder als Druck von innen (Turgordehnung).

Als Ergebnis vorliegender Arbeit wäre also folgendes anzusehen:

I. Die Kernteilung im Wundmeristen und im Kallus erfolgt nur durch Mitose. Massarts Behauptung, daß diese Gewebe durch Amitose entstanden, ist durch zahlreich aufgefundene Mitosen in den verschiedensten Stadien widerlegt. Es wurden nie Amitosen im Wundgewebe aufgefundene, während mehrere Tausend Mitosen beobachtet wurden. Gleichfalls war Mitose schon konstatiert von Kny, Némec und Nathansohn. Letzterer gibt jedoch an, im Kallus von *Populus nigra* auch Amitosen gefunden zu haben; diese Ausnahmestellung von *Populus nigra* läßt sich nicht aufrecht erhalten, sondern die als Amitosen angesprochenen Bilder finden ihre Erklärung in der sukzedanen Ausbildung der Scheidewand. Vorliegende Untersuchungen bilden einen neuen Stützpunkt für die Ansicht, daß zur Zellneubildung mitotische Kernteilung unbedingt erforderlich ist, und daß Amitosen als krankhafte oder Degenerationserscheinungen aufzufassen sind. Das Bedürfnis, neue Zellen resp. Zellwände zu schaffen, veranlaßt stets, wie wir gesehen haben, sogar ältere Kerne, die z. B. bei *Tradescantia* zu direkter Teilung neigen, sich wieder auf mitotischem Wege zu teilen.

II. Ferner können wir die Art der Membranbildung in plasmaarmen weitleumigen Zellen als sukzedan-zentrifugal bezeichnen, d. h. die Ausbildung der Scheidewand erfolgt durch Anlage neuer Spindelfasern in der Peripherie der Zellplatte, während die älteren Cytoplasmastrahlungen wieder aufgelöst werden und ihre Substanz wahrscheinlich zur Bildung neuer Strahlungen weiter verwandt wird.

III. Der Kern der Nachbarzellen wandert schnell nach der der Wunde zunächst liegenden Zellwand. Nach mehreren Stunden schickt er sich zur Teilung an, die von Nestler beobachtete Vergrößerung der Kerne findet ihre Erklärung in der Vorbereitung zur Mitose.

IV. Endlich wäre als Ergebnis der Arbeit anzuführen: Der Wundreiz hebt die Gewebespannung auf, hierdurch entsteht ein Gegendruck, der die Zellen dehnt und sie zwingt, durch wiederholte Teilungen die Festigkeit des Gewebes wieder herzustellen. Die Verwundung bringt als primäre Wirkung also die Aufhebung der Gewebespannung und die Äußerung des Gegendrucks, als sekundäre Wirkung erst die Entstehung neuer Zellen hervor. Die Entstehung des Wundgewebes läßt sich also auf mechanische Ursachen zurückführen.

## Literatur.

1. Buscalioni, L.: Sulla frammentazione nucleare seguita dalla divisione della cellula. (Giornale della Reale Acad. di med. Torino 1892).
2. Chun: Über die Bedeutung der direkten Kernteilung. (Schriften der physik. ökon. Gesellsch. zu Königsberg i. Pr. Jahrg. 31. 90.)
3. Flemming, W.: Über Teilung und Kernformen bei Leukozyten und über deren Attraktionssphären. (Archiv f. mikrosk. Anat. Bd. 37. 91.)
4. Häcker, V.: Mitosen im Gefolge amitosenähnlicher Vorgänge. (Anatom. Anzeiger Bd. XVII. 1900. Heft I.)
5. Hegler: Untersuchungen über die Organisation der Phycochromaceenzelle 1901. (Jahrbuch f. wiss. Bot. Bd. 36.)
6. Körnicke: Über Ortsveränderung von Zellkernen. (Sitzungsber. d. Niederrhein. Gesellsch. f. Natur- und Heilkunde zu Bonn.)
7. Kny: Über den Einfluß von Zug und Druck auf die Richtung der Scheidewände in sich teilenden Pflanzenzellen. (Jahrb. für wiss. Bot. 1896.)
8. —: Über den Einfluß von Zug und Druck auf die Richtung der Scheidewände in sich teilenden Pflanzenzellen. (Jahrb. für wiss. Bot. 1902.)
9. Küster: Pathologische Pflanzenanatomie (Jena. Fischer. 1903)
10. Lavdowsky: Von der Entstehung der chromatischen und achromatischen Substanzen in den tierischen und pflanzlichen Zellen. (Anat. Hefte Bd. IV. 1894.)
11. Massart: La cicatrization chez les végétaux 98. (Extrait du tome L. VII. des Mém. couronnés et autres Mém. publ. par l'Acad. royale de Belgique.)
12. Miede, H.: Über Wanderungen des pflanzlichen Zellkerns. Flora. Bd. 88. 1901. Heft I.)
13. Nathansohn: Physiologische Untersuchungen über amitotische Kernteilungen 00. (Jahrb. für wiss. Bot. Bd. XXXV. Heft I.)
14. Němec: Über Kern- und Zellteilung bei Sol. tub. 99. (Flora. 1899.)
15. —: Über die Einwirkung des Chloralhydrats auf Kern- und Zellteilung. (Jahrb. f. wiss. Bot. XXXIX. 4.)
16. Nestler, A.: Über die durch Wundreiz bewirkten Bewegungserscheinungen des Zellkerns und des Protoplasmas. (Sitzungsberichte der Kais. Acad. d. Wissenschaften. Wien Bd. CVII. 1898. Heft VII.)
17. Olivier: Expériences sur l'accroissement des cellules et la multiplication des noyaux. (Bull. de l. Soc. bot. de France T. 29. 1882.)
18. Pfeffer, W.: Pflanzenphysiologie. Bd. II.
19. Rosenberg, O.: Über die Individualität der Chromosomen im Pflanzenreich. (Flora. 1904.)
20. Schrammen: Über die Einwirkung von Temperaturen auf die Zellen des Vegetationspunktes des Sprosses von *Vicia faba*. (Inaug.-Dissert.) Bonn 1902.
21. Shibata: Cytologische Studien über die endotrophen Mycorrhizen. (Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. XXXVII. 1902. Heft IV.)
22. Strasburger: Zellbildung und Zellteilung. (Vide 23.)
23. —: Das botanische Praktikum. Jena (Fischer) 1902.
24. —: Über Reduktionsteilung, Spindelbild. Centros. u. Cilienbildner im Pflanzenreich. Jena (Fischer) 1900.
25. —: Noll, Schenk, Karsten: Lehrbuch der Botanik. Jena (Fischer) 1904.
26. Tischler: Über Heterodera-Gallen an den Wurzeln von *Circaea lutetiana*. (Bericht d. bot. Gesellsch. 1901.)
27. Treub: Quelques recherches sur la rôle du noyau dans la division des cellules végétales. (Publié par l'Accad. Royale Amsterdam. 1878.)
28. v. Wasielewsky: Theoretische und experimentelle Beiträge zur Kenntnis der Amitose. (Habilitationsschrift) Rostock 1902.
29. Ziegler: Die biologische Bedeutung der amitotischen Kernteilung im Tierreich. (Biolog. Zentralblatt. Bd. XI. 1891.)
30. Zimmermann: Die Morphologie und Physiologie des pflanzlichen Zellkerns. Jena (Fischer) 1896.



### Erklärung der Abbildungen.

Fig. 1—9 *Populus nigra*. Vergröß. 1000. 2—20 Tage nach der Verletzung.

- Fig. 1. Spindel aus dem Kallus. Längsspaltung der Chromosomen und Auseinanderweichen. Der Kern ist von einer dichten Plasmahülle umgeben und befindet sich in der Mitte der Zelle.
- „ 2. Die Tochterchromosomen sind an den Polen angelangt. Der Kern liegt in der Zellmitte.
- „ 3. Bildung der Zellplatte. Die Chromosomen in den Tochterkernen haben sich aneinander gereiht. Die Tochterkerne nähern sich; die Spindel hat sich verbreitert.
- „ 4. Weitere Ausbildung der Zellplatte. Die Kerne liegen beiderseits der Zellplatte an, die Spindelfasern sind in der Mitte bereits unkenntlich geworden. An den Rändern wird die Zellplatte ergänzt.
- „ 5. Schräg getroffener Schnitt. Man sieht den halben Kranz der peripheren Strahlungen und einen Tochterkern.
- „ 6. Bildung der Zellplatte schräg von oben gesehen. Nur der obere Kern und die Cytoplasmastrahlungen sind zu sehen.
- „ 7. Eine Pseudoamitose. Rechts ist der Kranz der fortschreitenden Spindelfasern sichtbar.
- „ 8. a) Eine sukzedane Ausbildung der Zellplatte bei hoher, b) bei tiefer Einstellung.
- „ 9. Kern, der sich gerade zur Teilung anschickt.

Fig. 10—15. *Ricinus communis*. 2 Tage nach der Verletzung. Vergr. 1000, Fig. 15 2000.

- Fig. 10. Spindel aus dem Kambium; durch die Verletzung hat sich die Spindel senkrecht zur Wundfläche gestellt.
- „ 11. Zellplattenanlage einer durch die Wunde beeinflussten Kambialzelle: durchaus normal.
- „ 12. Sukzedane Ausbildung der Zellplatte in einer größeren Parenchymzelle. Links die sich peripher fortbewegende Spindel.
- „ 13. Pseudoamitose. Links die schräg getroffenen Spindelfasern.
- „ 14. Pseudoamitose. Der Kranz der Cytoplasmastrahlen ist zur Hälfte sichtbar.
- „ 15. Pseudoamitose. Rechts und links sieht man die Spindelfasern. Die Kerne liegen nicht der alten Zellwand an.

Fig. 16—21. *Solan. tuberos.*; Knolle Vergr. 1000. 2—3 Tage nach der Verwendung.

- Fig. 16. Auseinanderweichen der Tochterchromosomen. diarch apolare. Spindelbildung.
- „ 17. Die Zellplatte ist in der Mitte bereits vollkommen ausgebildet; sie wird peripher ergänzt. Die Tochterkerne rücken sich näher. Die Spindelfasern sind nur noch an den Enden, wo sie noch mit der Zellplattbildung beschäftigt sind, sichtbar. In den Tochterkernen haben sich die Chromosomen zu einem Faden vereinigt.
- „ 18. Anaphase; erste Anlage der Zellplatte.
- „ 19. Die Tochterchromosomen sind an den Polen angelangt. Dadurch, daß die Zelle in der Spindelrichtung nur geringen Durchmesser hatte, entstanden zwei tellerförmige Platten von Chromosomen.
- „ 20. Ein Stadium etwas später wie Fig. 16 für *Sol. tub.* charakteristisch.
- „ 21. Pseudoamitose. Die beiden Tochterkerne, deren Chromosomen noch sichtbar sind, liegen übereinander. An beiden Seiten sind die zellplattbildenden Spindelfasern sichtbar.

Fig. 22—28. *Tradescantia virgin.* Vergr. 500. 2 Tage nach der Verwundung.

- Fig. 22. Kern in der Prophase; die Chromosomen haben sich heraus gesondert. Der Kern übertrifft in seiner Nähe befindliche ruhende Kerne bedeutend an Größe.
- „ 23. Ruhender Kern, um den Größenunterschied zu Fig. 22 zu zeigen.

- Fig. 24. Spindel in einer älteren Zelle.  
 „ 25. Kernplatte.  
 „ 26. Anaphase; die Tochterchromosomen sind an den Polen angelangt, die Verbindungsfäden laufen in zarten Wellenlinien von Pol zu Pol.  
 „ 27. Zellplattbildung in einer kleineren Zelle. Die Zellplatte ist gleichmäßig angelegt worden. Die Cytoplasmastrahlungen ziehen sich vom Tochterkern und der Zellplatte gleichmäßig zurück und verschwinden.  
 „ 28. Zellplattbildung in einer großen Zelle. Die Kerne sind einander nahe gerückt. Die Zellplatte ist zum Teil fertig; an den Rändern wird sie durch die Spindelfasern ergänzt.

Fig. 29—33. *Taraxacum officinale*. Vergr. 2000.

- Fig. 29. Kern zwei Stunden nach der Verwundung. Derselbe liegt in der Zelllage direkt an der Wundstelle; er hat bereits amöboide Form angenommen. Vom Protoplasten ist weiter nichts sichtbar.  
 „ 30. Kern 2 Stunden nach der Verwundung; amöboide Form großer Nukleolus.  
 „ 31. Kern 2 Stunden nach der Verletzung. Der Kern ist bedeutend zusammengeschrumpft; er hängt an einem Membranfetzen in die Wunde hinein.  
 „ 32. Kern 10 Minuten nach der Verwundung fixiert. Beginn der amöboidalen Form. Das Trophoplasma ist noch sichtbar.  
 „ 33. Kern 2 Stunden nach der Verletzung. Amöboidale Form des Kerns.

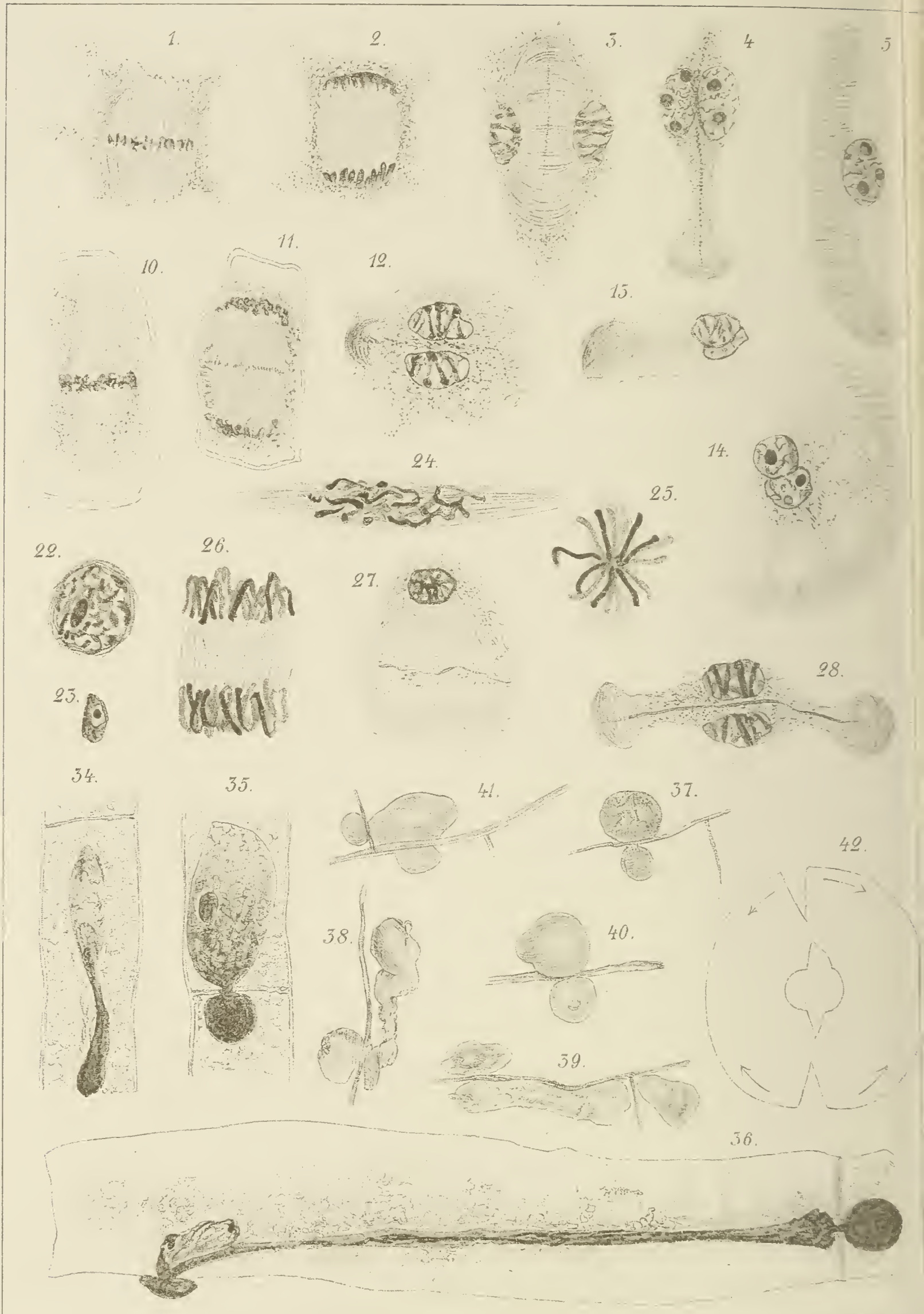
Fig. 34—41. *Iris germanica*. Vergr. 1000.

- Fig. 34. Kern der abgezogenen Epidermis. Chromosomiumessigsäure-Fixierung. Dreifärbung. Der Kern hat sich in die Länge gezogen, das fortwandernde Ende ist dunkelrot gefärbt, während der andere Teil des Kerns noch fädig-netzartige Struktur besitzt.  
 „ 35. Kern wie Fig. 34. Ein Teil des Kerns ist durch die Zellwand bereits durchgetreten. Im unteren Teil des Kerns sieht man die beginnende Deformierung. Die dunkel gezeichneten Teile waren stets rot gefärbt.  
 „ 36. Kern wie vorher: Der Kern hat einen Fortsatz durch die ganze Länge der Zelle getrieben, ein Teil ist dort durchgetreten, ein anderer ist in eine andere Zelle gewandert, man bemerkt, daß sich die Kernmasse vor der Durchtrittsstelle staut, daß eine Durchpressung stattfindet.  
 „ 37—41. Kerne der abgezogenen Epidermis in Methylgrünessigsäure sofort nach der Verwundung beobachtet. Die Kerne haben ein glänzendes Aussehen angenommen, zum Teil erscheinen sie traubig-wulstig deformiert.  
 „ 42. Schematischer Querschnitt eines durch Zusammenpressen verletzten Stengels von *Ricinus*. Die Pfeile zeigen an, in welcher Weise die Rinde sich zusammenzieht.  
 „ 43. Schematischer Querschnitt von *Ricinus* 8 Tage nach der Verletzung. Die Doppelpfeile zeigen an, in welcher Weise die Wunde gedehnt wird. Zugleich wird durch den Turgor die äußere Wunde nach außen, die innere aber nach innen zusammengepreßt, wie die innern Pfeile andeuten.  
 „ 44. Schematischer Längsschnitt durch das Wurzelende eines Stecklings. Die innern Pfeile zeigen die Richtung an, in welcher der Turgor einen Druck ausübt; die äußeren Pfeile zeigen an, wie die Rinde sich zusammenzuziehen sucht.  
 „ 45. Dasselbe Objekt nach einigen Tagen. Die Bedeutung der einfachen Pfeile wie vorher. Die Doppelpfeile zeigen an, in welcher Weise jetzt die der Wunde zunächst liegenden Zellen gedehnt werden. Die punktierten Linien bezeichnen das Stammende vor der Einwirkung des Turgors und vor der Zusammenziehung der Rinde.  
 „ 46. Äußere Ansicht des Stadiums wie in Fig. 43. Man erkennt wie durch die Kräfte in Richtung der einfachen Pfeile in Fig. 43 der Lohdenkeil geschaffen ist.

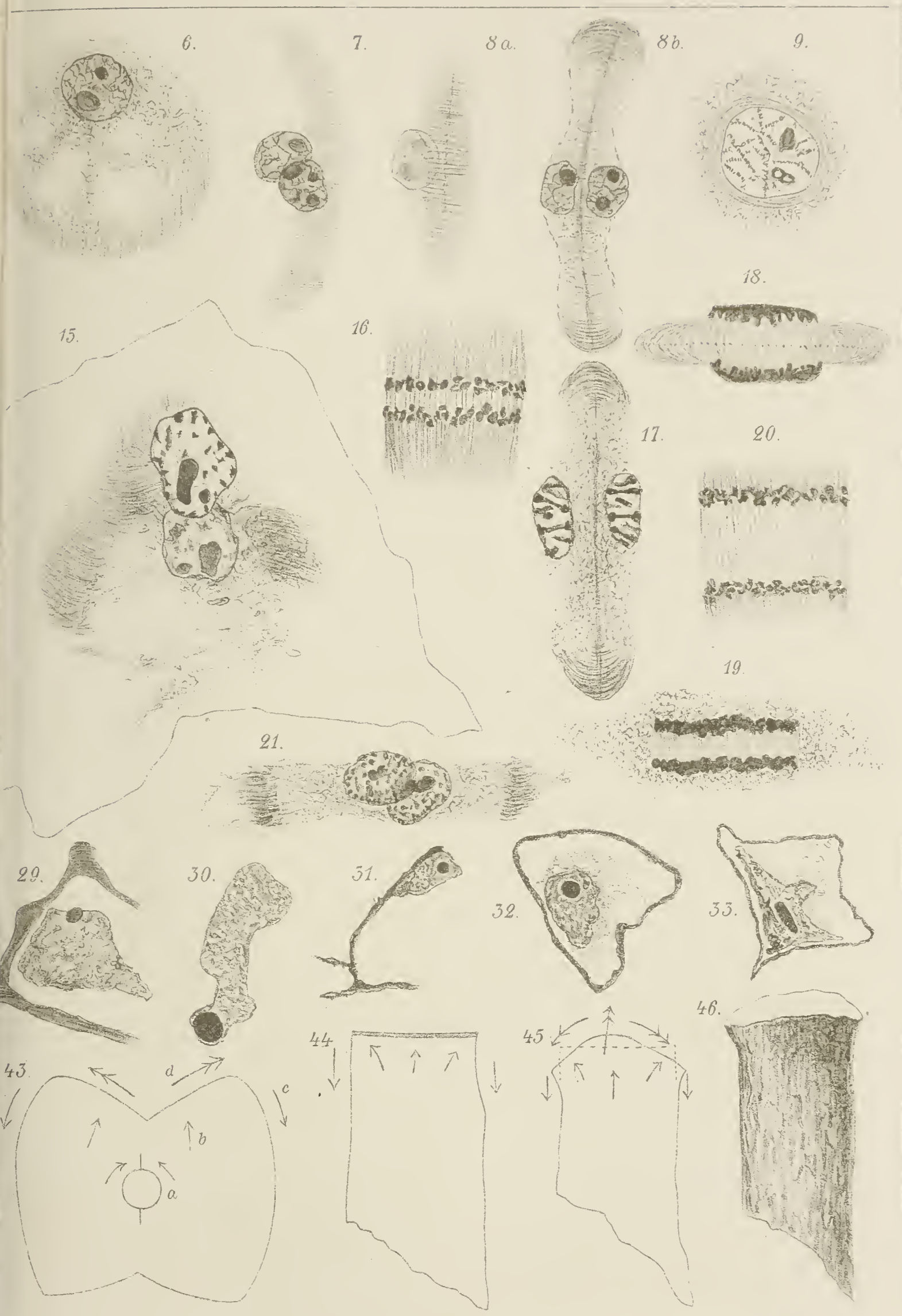




Beihefte zum Botanischen Centralblatt Bd. XIX. Abt. I.







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

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Botanisches Centralblatt](#)

Jahr/Year: 1906

Band/Volume: [BH\\_19\\_1](#)

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

Artikel/Article: [Das Verhalten des Kernes im Wundgewebe. 359-382](#)