Die wichtigsten Ergebnisse der botanischen Zellen-Forschung in den letzten 15 Jahren.

Von
F. Noll.

Unser Verständniss für die uns umgebende Lebewelt steht naturgemäss in engem Zusammenhange mit der Kenntniss vom inneren Aufbau der Organismen. Wie die innerhalb eines lebenden Körpers sich abspielenden Reizerscheinungen — seine sogenannten Functionen — seine Existenzfähigkeit in erster Linie bedingen, so bildet die genaue Kenntniss von den Trägern dieser Functionen, also der Zellen, oder allgemeiner gesprochen des Protoplasmas und seiner inneren Organe, gleichsam das Fundament für eine wissenschaftliche Betrachtung der Lebewesen.

In richtiger Würdigung dieses Zusammenhanges hat sich die wissenschaftlich-botanische Forschung in dem letzten anderthalb Jahrzehnt wieder mit erneutem Eifer dem eingehendem Studium der Pflanzenzelle zugewandt, und, unterstützt durch eine sehr verbesserte Technik der Untersuchungsmittel, besonders durch vorzügliche optische Instrumente und Tinktionsmethoden, auch Resultate erlangt, welche einen bedeutenden Fortschritt bezeichnen. Es lohnt daher schon, einmal die wichtigsten dieser Resultate kurz zusammenzustellen, die als Ergebnisse vielfältiger Forschungen in einer sehr ausgedehnten Litteratur dargeboten sind. Nur dem fachmässigen Phytotomen dürfte diese Litteratur zugänglich sein, nur er wird ferner im Stande sein, sich durch die umfangreichen Schriften alle durchzuarbeiten, zugleich kritisch das Wissenswerthe und als gesichert zu Betrachtende vom Nebensächlichen und Ungewissen zu sondern.

Dem anderen grossen Theile des Leserkreises dieser Zeitschrift, für welchen es trotzdem Interesse hat, jene neuen Forschungsergebnisse seinem Wissen dienstbar zu machen, soll mit diesem vorliegenden Referate in kurzer sachlicher Weise entgegengekommen werden.

Dass der Zeitraum von etwa 15 Jahren hier gewählt ist, hat seinen Grund vornehmlich darin, dass vor 15 Jahren die vierte Auflage des Sachs'schen Lehrbuches der Botanik (1874) erschienen war, in welchem der damalige Stand der pflanzlichen Zellenlehre in der klarsten Weise und in der präzisesten Formdargestellt ist. Andererseits hat seit jener Zeit die Zellenforschung neue Wege eingeschlagen, sie hat nicht nur an Entdeckungen wichtiger Vorgänge und einer genaueren Kenntniss der Inhaltskörper, sondern auch entschieden an philosophischer Tiefe gewonnen. — Man kann sagen, dass die Entdeckung der Theilungsvorgänge am Zellkern, die von Tschistiakoff 1874 veröffentlicht wurde, dies neue

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05167-0161-2

Leben in die Zellenforschung gebracht hat. Es war dies zu einer Zeit, wo der Zellkern als etwas ganz Nebensächliches, fast möchte man sagen Unbequemes behandelt wurde, da man mit ihm absolut nichts anzufangen wusste, nachdem sich die Schleiden'schen Vorstellungen über ihn überlebt hatten. Diese Entdeckung lehrte nun mit einem Male höchst merkwürdige Vorgänge an einem Inhaltskörper der Zelle kennen, den man bisher wohl fast regelmässig in den Zellen höherer Pflanzen gefunden, der den niederen Gewächsen aber ganz zu fehlen schien und dem man deshalb keine weitere Wichtigkeit beigemessen; man beschrieb ihn gleich den andern Inhaltskörpern einfach so, wie er sich bei ziemlich oberflächlicher Betrachtung darbot. Durch die eingehenden Untersuchungen von Strasburger auf botanischem, von Flemming auf zoologischem Gebiete stellte es sich dann heraus, dass diese neu entdeckten Theilungsvorgänge des Kernes im Pflanzen- wie im Thierreich mit geringen Modificationen ganz allgemein verbreitet sind. Man sah sich mit einem Male vor die Thatsache gestellt, dass dieser räthselhafte Inhaltskörper, den man nicht anders als mit dem wenigsagenden Worte »Kern« der Zelle bezeichnet hatte, sich selbständig wie ein Organismus für sich vermehrt und sich nicht aus dem Protoplasma der Zelle bildet, wie man es, auf wenig genaue Beobachtungen hin, in vielen Fällen sowohl für den Kern als andere Inhaltskörper (Chlorophyllkörper) geglaubt hatte. Man war gezwungen, dem Zellkern — vorläufig wenigstens morphologisch — eine erhöhte Wichtigkeit beizumessen. Man suchte und nicht vergebens mit genaueren Methoden auch in jenen Pflanzen nach diesem Inhaltskörper, die man bisher für kernlos gehalten hatte und übertrug die Aufmerksamkeit, die dieser eine bisher vernachlässigte Inhaltskörper so reichlich gelohnt hatte, mit grossem Erfolge auch auf die anderen geformten plasmatischen Bestandtheile der Zelle, denen sich genauere Untersuchungen der nichtplasmatischen accessorischen Bestandtheile naturgemäss anschlossen.

Während man bis dahin die Zellen der Pflanzen als typisch einkernig angesehen hatte, zeigte es sich bei der näheren Untersuchung, dass diese Erscheinung nicht etwa eine stetige Regel bildet; Schmitz lehrte Zellen kennen, die mehrere Kerne besassen, ja er fand in vielen verhältnissmässig grossen Pflanzen, die man bis dahin als kernlos angesehen, so bei den Siphoneen unter den Algen, den Mucorineen unter den Pilzen eine grosse Anzahl von Kernen, hunderte und tausende, im Plasmakörper vor. Es war dann Sachs, der, gestützt auf diese Thatsache, eine neue, freiere und einheitlichere Auffassung des Pflanzenkörpers gewann. Die Kammerung in Zellen fasste dieser Forscher fortan als eine mehr nebensächliche Erscheinung des ganzen Pflanzenkörpers auf, während man bis dahin sich den Pflanzenkörper aus dem Conglomerat tausender selbständiger Zellen zusammengesetzt vorstellte, als »Zellen-Republik«, wie es Häckel

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05167-0162-8

treffend bezeichnete. Während man früher die Zelle als das eigentliche Individuum angesehen, ist nach der Auffassung von Sachs das Individuum die ganze Pflanze, deren Plasmakörper entweder in einzelne Zellen gegliedert sein kann, in andern dagegen eine solche Gliederung nicht zeigt und doch die gleichen Organe, die gleichen Wuchs- und Ernährungsverhältnisse, wie eine in Zellen gegliederte Pflanze aufweist. Es könnte scheinen, dass es sich bei diesen Dingen um einen rein formalen Standpunkt handelte; das ist aber nicht der Fall. Wohl bleiben die concreten Thatsachen nach beiden Auffassungen dieselben. Für die Weiterforschung kommt es aber, wie die Geschichte aller Naturwissenschaften zeigt, in hohem Masse auch auf die Idee an, die klärend die Thatsachen in bestimmter Richtung beleuchtet und so den Weg zu neuen Fortschritten weist. So sind ja auch die concreten Thatsachen der sogen. aromatischen organischen Verbindungen dieselben, ob wir die Auffassung des Benzolringes zu Grunde legen oder anderer Ansicht sind. Unbestritten bleibt es aber, dass diese blose, aus wenigen Thatsachen philosophisch herausgelesene Idee zu einer Fülle neuer Entdeckungen, zu einem ungeahnten Fortschritt jener Wissenschaft geführt hatte. So ist es für die physiologische Forschung auch gar nicht so gleichgültig, ob wir unseren Forschungen die autonome Zelle oder den Pflanzenkörper als Ganzes zu Grunde legen und gerade die Erfahrungen der letzten Jahre haben gezeigt, wie alle Schlüsse trogen, die man aus Versuchen mit zerstückelten Pflanzen vorgenommen, in der Meinung, dass die beobachteten Zellen sich gleich verhalten müssten, ob nun einige tausend Mitglieder der Zellenrepublick noch daneben zugegen wären, oder nicht. Die Autonomie der Zelle als jederzeit nothwendiger »Elementartheil«, als »Baustein« jedes Organismus war zerstört. Die Zellenbildung war nicht mehr das primäre, sondern zu einer secundären Erscheinung am Organismus gestempelt; es war ihr damit der Charakter als einer morphologischen Grunderscheinung genommen, sie gehörte jetzt vielmehr den physiologischen Problemen an. Das von Sachs aufgefundene Princip der rechtwinkligen Schneidung der Zellwände in jüngsten Pflanzentheilen lieferte dazu den sehr lehrreichen Beweis, dass es bei der Kammerung des Plasmakörpers sich um eine sozusagen geometrische Erscheinung handele, für die geradezu ein gesetzmässiger mathematischer Ausdruck zu finden war und deren physikalische Ursache man in neuerer Zeit in dem Plateau'schen Gesetz der kleinsten Fläche zu finden glaubt. Mit dieser für das Verständniss der Zellenbildung und des Wachsthums höchst wichtigen Entdeckung wurden aber eine Reihe mühevoller Untersuchungen überflüssig, die von Nägeli ausgehend und nächst ihm besonders von Hofmeister, Pringsheim und Hanstein durch 40 Jahre gepflegt, es sich zum Ziele gesetzt hatten, (ausgehend noch von der unbedingten Autonomie der Einzelzelle) das spätere Wachsthum des Gesammtkörpers aus den Theilungsfolgen der Zellen am Vegetationspunkte

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05167-0163-4

erklären zu können. — So stellt sich in grossen Zügen die Weiterentwickelung der Zellenlehre innerhalb des betrachteten Zeitraums in ihrem innern Zusammenhang dar, und es mag nun ein mehr detaillirtes Bild von den einzelnen neuen Aufschlüssen, die das Specialstudium an der einzelnen Zelle geliefert hat, folgen.

Was zunächst den Kern betrifft, so beansprucht dieser um so mehr das Interesse in erster Linie, als seine Bedeutung als hervorragend wichtiger Bestandtheil der Zelle in der letzten Zeit mehr und mehr offenbar wird. Ganz sicher gestellt ist es, dass er bei den Befruchtungsvorgängen die massgebende Rolle spielt, indem das Verschmelzen der Kerne beider Sexualzellen als die durchgehende Fundamentalerscheinung des Befruchtungs-Actes sich herausgestellt hat. Man ist deshalb darauf hingewiesen, speciell die Kerne als Träger und Ueberträger der erblichen Eigenschaften anzusehen, zumal die Spermakerne oft ohne jegliches Protoplasma der elterlichen Pflanze zur Copulation gelangen. Der Kern wurde deshalb auch als specifisches Zeugungsorgan der Zelle aufgefasst, doch muss er auch entschiedenen und massgebenden Einfluss auf die vegetativen und Wachsthumsvorgänge der ganzen Pflanze haben. Aus der Thatsache, dass dem Embryo die Wuchsverhältnisse und Eigenschaften der Eltern durch die Copulation der Kerne aufgeprägt werden, folgt dies nothwendig.

Bezüglich der Rolle, welche der Kern bei den verschiedenen Funktionen der Zelle spielt, stehen wir erst am Anfang der Erkenntniss. Versuche mit halbirten einkernigen Zellen thierischen und pflanzlichen Ursprungs haben ergeben, dass vor allem die Regenerationsvorgänge in hohem Masse von der Anwesenheit des Kernes abhängen, indem nur diejenige Hälfte sich wieder vollkommen zu regeneiren vermag, welcher bei der Theilung der Kern geblieben war. Die kernlose Hälfte kann zwar noch einen Theil der normalen Lebensfunctionen eine Zeitlang zeigen, ist aber schliesslich dem Verfall anheimgegeben, da nur das Zusammenwirken und Ineinandergreifen aller normalen Functionen die Lebensprocesse dauernd normal erhalten können. Nach den Versuchen an Pflanzenzellen, die durch Plasmolyse halbirt waren, fällt besonders die Abhängigkeit der Bildung neuer Zellmembran von der Anwesenheit des Kernes auf, während die Stärkebildung in der kernlosen Hälfte bei gewissen Pflanzen ungestört weiter verlief.

Dass ein derartig wichtiges Organ der Zelle eine sehr allgemeine Verbreitung besitzt, kann nicht auffallend erscheinen. Es ist im Gegentheil merkwürdig, dass man trotz eifrigen Nachsuchens in den Zellen der Cyanophyceen und der Schizomyceten Kerne bisher nicht hat finden können. Demgegenüber verdient aber erwähnt zu werden, dass das Protoplasma der letzteren in toto sich manchen Reactionen nach ähnlich verhält, wie die Kernsubstanz, was besonders bei der künstlichen Färbung der Bacterien hervortritt. Es ist hier augenscheinlich noch nicht zu

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05167-0164-0

einer individuellen Gestaltung der Kernsubstanz gekommen. — In den Zellen der meisten, zumal der höheren Pflanzen, trifft man normal einen einzigen verhältnissmässig grossen Kern an, der so lange erhalten bleibt, als das Protoplasma der Zelle noch Lebensfunktionen zu verrichten hat. In den Holzzellen und den mechanischen Geweben stirbt der Kern bald ab, und verschwindet sammt dem Plasma bald mehr oder weniger. Einzelne Zellparthieen, welchen innerhalb des Holzkörpers noch besondere Lebensfunctionen zufallen, behalten bis in ein hohes Alter auch ihre Kerne, die man z. B. in den stärkeführenden Ersatzfaserzellen und den Markstrahlzellen ganz alter 85jähriger Jahresringe vollkommen lebensfrisch aufgefunden hat.

Auch die Secretbehälter behalten, so lange sie noch functioniren, meist ihre Kerne; gemäss ihrer häufigen Entstehung durch Fusion mehrerer Zellen sind dieselben dementsprechend vielkernig, wie zumal die Milchsaftgefässe. Die langen, verzweigten, nicht cellulären sogenannten Milch-Zellen der Euphorbiaceen enthalten, trotz andrer Entwickelungsweise, ebenfalls sehr viele Zellkerne. Dieselbe Thatsache ist von den oft sehr lang werdenden Bastfasern bekannt, die, so lange sie noch Plasma enthalten, oft eine grosse Zahl von Kernen führen. Nicht selten führen im Gewebe höherer Pflanzen auch alte Parenchymzellen 2 Kerne. Die grosse Anzahl der Kerne in den oben erwähnten Gewebeelementen macht es wahrscheinlich, dass die Wirkungssphäre der Kerne auf das Plasma eine räumlich beschränkte sei, dass für einen weit ausgedehnten Plasmakörper eine etwa gleichmässige Vertheilung von Kernen in demselben nothwendig wird, so etwa, wie eine gleichmässige Vertheilung der Hefezelle in einem Quantum Teig für eine gleichmässige Vergährung desselben nothwendig ist. Erst mit dem Erreichen grösserer Dimensionen werden diese Zellen vielkernig, wie es auch besonders schön an den Internodialzellen der Characeen beobachtet werden kann. Ganz allgemein zeigt sich das auch bei den niederen Pflanzen, vielen Algen und Pilzen, bei denen, wie Schmitz zuerst zeigte, oft sehr kleine Kerne aber in sehr grosser Anzahl dem Protoplasma eingestreut sind. Die grossen Plasmakörper der Cöloblasten enthalten meist ausserordentlich kleine Kerne, die aber zu tausenden oder hunderttausenden gleichmässig in demselben vertheilt sind. Die grossen Plasmakammern, die bei Cladophora durch Scheidewände abgesondert werden, sind, ihrer Grösse entsprechend, ebenfalls von vielen Kernen durchsetzt. Bei den Siphoneen hat man die interessante Beobachtung gemacht, dass bei der Differenzirung des Plasmakörpers in Schwärmsporen, mehrere der winzigen Kerne sich in je einem Schwärmer vereinigen, so dass diese einen, aber verhältnissmässig grossen Kern enthalten. Auch bei Bildung der Oosphären von manchen Algen und Pilzen ist eine solche Verschmelzung von Kernen in einen beobachtet, so z. B. für Vaucheria (Schmitz) und Saprolegnia (Strasburger). Bei der Keimung dieser

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05167-0165-6

Schwärmsporen und der damit verbundenen Ausbreitung des Plasmas auf einen grösseren Raum erfolgt dann wieder die Theilung in zahlreiche kleine Kerne. Eigenartige Verhältnisse bieten bezüglich der Kerne auch die Pollenkörner der Angiospermen dar, die, wie man an vielen Beispielen festgestellt hat, je zwei Kerne besitzen, die verschiedene Functionen haben. Die beiden Kerne entstammen entweder entwicklungsgeschichtlich, oder doch philogenetisch zwar verschiedenen Zellen, doch schwimmen sie im auskeimenden Zellenkern in einem Plasmakörper. Der eine Kern, der sogen. Befruchtungskern oder Spermakern, der in manchen Fällen schliesslich in Theilstücke zerfallen kann, schreitet zur Copulation mit dem Kern der Eizelle, der andere, der vegetative, hat mit dem Befruchtungsvorgang augenscheinlich direct nichts zu thun. Dieses Zusammensein zweier Kerne mit verschiedenen Functionen, oder wie wir statt dessen sagen können, mit verschiedenen Reizbarkeiten innerhalb eines Plasmakörpers ist physiologisch höchst interessant, findet seine Erklärung aber, wie gesagt, in der Philogenesis, in der muthmasslichen Descendenz von Gymnospermen und Heterosporeen, wo die beiden (oder noch mehr) Kerne dauernd in verschiedenen Zellen verbleiben.

Die innere Differenzirung des Zellkernes, die man früher mit dem Vorhandensein der Kernkörperchen (der Nucleoli) und einer mehr oder weniger feinen Granulation seiner Grundsubstanz erschöpft hielt, ist bei pflanzlichen Objecten besonders an den grossen Zellkernen der Monokotylen, und denen der Geschlechtszellen der Phanerogamen, bei thierischen Zellen vornehmlich in dem Epithel der Amphibien und in Drüsenzellen festgestellt worden. Zum genauen Studium der verhältnissmässig kleinen Zellkerne reichen unsre optischen Hilfsmittel bei weitem nicht aus, so dass aus diesem Grunde eine Bestätigung der dort gefundenen Verhältnisse für dieselben noch aussteht.

Vornehmlich durch die Untersuchungen von Strasburger, Flemming, Rabl, Guignard, Boveri, Pfitzner, Zacharias u. a. wissen wir, dass der Zellkern höchst wahrscheinlich von einer ziemlich resistenten Membran umgeben ist, dass innerhalb dieser Membran ausser den Nucleolen noch zwei scharf getrennte Bestandtheile zu erkennen sind: In einem formlosen, ziemlich flüssigen Medium, dem Kernsaft, ist ein geformter Bestandtheil in Gestalt mehrfach gewundener Fäden suspendirt; die Umbiegungsstellen dieser Fäden hielt man früher für die Granulation.

Diese Fäden, meist in der Mehrzahl auch im ruhenden, sich nicht theilenden Kern vorhanden, sind es, welche sich neben den Nucleolen mit gewissen Farbstoffen stark und dauernd tingiren, (während der Kernsaft ungefärbt bleibt), und deren Substanz man deshalb mit dem Namen Chromatin bezeichnet hat. Einen wesentlichen Antheil an der Chromatinsubstanz schreibt man einer Verbindung von Eiweiss mit Phosphorsäure, dem Nucleïn, zu. Bei genauerer Untersuchung zeigen sich

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05167-0166-1

diese Chromatinfäden nach Angaben von Pfitzner, Strasburger u. a. aber auch wieder aus zwei Bestandtheilen gebildet, einer sich nicht oder doch nur schwach färbenden Grundsubstanz, dem sog. Linin, und den Chromatinkugeln, die darin bei Beginn der Theilung in einer Reihe mit gleichmässigen Zwischenräumen angeordnet werden und die eigentlich tingirbare Substanz der Kernfäden repräsentiren. Ueber die feinere Struktur der Nucleoli, die in der Ein- oder Mehrzahl innerhalb des Kerns auftreten, ist Näheres noch nicht sichergestellt worden. Von mehr nebensächlichem Interesse sind Proteincrystalloide, die hin und wieder in Kernen beobachtet wurden und als Crystall-Ausscheidung aus dem Kernsaft, der Proteinstoffe in Lösung enthält, angesprochen werden müssen. Sehr merkwürdig ist nun das Verhalten der Zellkerne bei ihrer Fortpflanzung, ihrer Theilung. Wie schon kurz oben erwähnt, kennt man für Zellkerne ebensowenig wie für vollkommene Organismen eine unzweifelhafte generatio aequivoca. Jeder Zellkern stammt durch Theilung von anderen Zellkernen ab. Diese Theilung kann in verschiedener Weise vor sich gehen. In verhältnissmässig seltenen Fällen findet sie mittels einfacher Durchschnürung nach erfolgter mässiger Streckung statt. Alle, durch diese »directe« Kerntheilung entstandenen Kerne stehen, wenigstens bei höheren Pflanzen, nicht mehr auf dem Höhepunkt ihrer Functionsthätigkeit. Dieser Theilungsmodus tritt, soweit die vorliegende Litteratur darüber eine Verallgemeinerung zulässt, ausschliesslich in alten, dem Absterben nahen Zellgeweben auf.

Die bei kräftigen Kernen im jüngern Theilungsgewebe in der Regel auftretende »indirecte« Theilung scheint es vor allem auf eine gleichmässige Vertheilung der Kernfäden in die Tochterkerne abgesehen zu haben. Dabei wird die Theilung nicht etwa der Zahl nach ausgeführt, d. h. wenn der Mutterkern 8 Kernfäden enthält, kommen davon nicht etwa je 4 auf die beiden Tochterkerne, sondern sämmtliche Fäden werden dabei getheilt, so dass jede Tochterzelle 8 halbirte Fäden erhält. Die Erscheinungen beim Theilungsmodus der Kerne zeigen bei verschiedenen Pflanzen im Einzelnen zwar Abweichungen, im Allgemeinen ist der Verlauf derselben aber folgender. Der Kern schwillt zunächst etwas an, die Kernfäden verkürzen sich und verdicken sich entsprechend, wobei sich ihre Schlingen verflachen. Die einzelnen Chromatinkugeln in den Kernfäden theilen sich zunächst in 2 Längsreihen und darauf erfolgt die Theilung der Kernfäden selbst durch Spaltung in der Längsrichtung. Die Kernfadenhälften biegen sich dann zu V-förmigen Gebilden um und wandern nach zwei gegenüber liegenden Punkten, dahin, wo die beiden Tochterkerne entstehen sollen. Sie bewegen sich dorthin an eigenartigen Fäden, die ihrem tonnen- und spindelförmigen Verlauf nach den Namen der »Spindelfasern« erhalten haben. Im Princip ist die Theilung dann vollendet, die also mit pedantischer Genauigkeit erfolgt, soweit es sich

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05167-0167-7

um die Substanz der Kernfäden handelt. Um jeden der beiden Kernfaden-Knäuel sammelt sich dann der »Kernsaft« der neuen Kerne und die bei der Theilung verschwindenden Nucleoli bilden sich darin wieder neu. Auf die einzelnen Details und specielleren Streitfragen, wie z. B. die der Abkunft der Spindelfasern, u. a. einzugehen, verbietet der Raum dieses Referates, übrigens sind diese Fragen auch keine das tiefere Wesen der Sache berührenden. Die Bildung einer neuen Scheidewand, die bei höheren Gewächsen mit der Kerntheilung meist temporär zusammenfällt, soll weiter unten in Verbindung mit anderen Membranbildungsvorgängen ihre Besprechung finden. Dass die Zelltheilung bei höheren Pflanzen von der Kerntheilung begleitet resp. eingeleitet wird, ist schon deshalb nöthig, weil die Kerntheilung längere Zeit in Anspruch nimmt und bei der Bildung der Scheidewand im Wesentlichen vollzogen sein muss, falls jede Theilzelle einen Kern haben soll. Dass man hier aus einem post hoc nicht auf ein propter hoc schliessen darf, beweisen eine Reihe von Beispielen, wo die Kerntheilung und die Scheidewandbildung ganz unabhängig von einander auftreten, wie so häufig bei niederen Pflanzen, worauf Strasburger und Sachs schon überzeugend hingewiesen haben. — Eine ähnliche Selbständigkeit innerhalb des Plasmakörpers, wie die Zellkerne, besitzen auch die Farbstoffkörper, deren verbreitetste, die Chlorophyllkörper man früher allgemein durch Differenzirung aus dem Grundplasma, dem »Cytoplasma« entstehend dachte. Besonders durch die Untersuchungen von Sanio, Schmitz, Schimper und Meyer ist nachgewiesen worden, dass auch sie nur durch Theilung auseinander hervorgehen, niemals, so viel man weiss, sich frei aus dem Plasma bilden können. Die Grundlage der Chromatophoren, die je nach ihrem Farbe-Inhalt als Chloroplasten (grün), Chromoplasten (gelb, roth-orange etc.) oder Leukoplasten (farblos) bezeichnet werden, ist, wie man seit den Sachs'schen Untersuchungen an Chlorophylkörnern weiss, eine plasmatische Substanz, die an Gestalt mannigfach verschieden, oft amöboide Veränderung zeigend, irgend einen Farbstoff enthält.

Eine wenn auch nur den Niederschlagsmembranen zuzurechnende Haut fehlt, wie Mohl schon gegen Nägeli behauptete, den Chromatophoren im Gegensatz zum Kern. In ihrer sonst ziemlich homogenen plasmatischen Substanz sind die jeweiligen Farbstoffe in verschiedener Form enthalten. Entweder ist derselbe in Form von Crystallen darin ausgeschieden, oder in Form kleiner oder grösserer Körnchen oder Tröpfchen, der sogen. »Grana« eingelagert. In den nicht grünen Farbstoffkörpern ist diese Art der Einlagerung oft recht deutlich; bei den Chlorophyllkörnern will man in einzelnen wenigen Fällen den Farbstoff auch in Form von äusserst kleinen Granis gesehen haben. Die betreffenden Angaben sind aber noch nicht hinreichend gestützt und festgestellt.

Leukoplasten können sich in Chloro- oder Chromoplasten verwandeln,

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05167-0168-3

Chromoplasten in Chloroplasten, Chlorophyllkörper in Chromoplasten umwandeln, dadurch, dass der eine Farbstoff verschwindet und ein andrer an seiner Stelle auftritt. Die farblosen Leukoplasten sind entweder die Jugendzustände aller Chromatophoren oder sie bleiben zeitlebens, wie z. B. in unterirdischen Pflanzentheilen, farblos. Wie sie im ersten Falle mit zunehmenden Alter und mit zunehmender Grösse sich färben, so können sie im letzteren Falle auch unter besonderen Umständen, bei Lichtzutritt beispielsweise, den Farbstoff nachträglich ausbilden. Die Chromatophoren vermehren sich ausschliesslich durch Theilung, und da bei ihnen die Masse ziemlich gleichmässig und homogen ist, so ist ein so complicirter Theilungsmodus wie bei der indirecten Kerntheilung nicht nothwendig; es findet eine einfache Theilung nach Streckung und Einschnürung statt. Schon die jugendlichen Leukoplasten theilen sich in den jüngsten Zellen. In dem jüngsten Gewebe der Vegetationspunkte, im Cambium, in den Samenknospen finden sich Leukoplasten. Sie sind im Embryosack anzutreffen und gehen aus diesem in die Eizelle und den Embryo über, so dass dieser die directen Nachkommen der Leukoplasten der Mutterpflanze in sich aufnimmt. In den Epidermiszellen der höheren Pflanzen bleiben die Leukoplasten meist klein und ungefärbt, nur in den aus den Epidermiszellen hervorgehenden Schliesszellen wandeln sie sich zu Chlorophyllkörnern um.

In den verhältnissmässig grossen Chlorophyllkörpern vieler Algen finden sich scharf umgrenzte meist farblose plasmatische Körper, die man als eine Art Kern des Chlorophyllkörpers aufgefasst und deshalb Pyrenoide genannt hat. Da sich um diese Pyrenoide oft die Stärkekörnchen ansammeln, auch in ihrer Umgebung meist entstehen, so hat man auch die Bezeichnung »Amylumkerne« dafür angewandt. Ihre Function ist noch unklar, bemerkenswerth ist es vielleicht, dass bei Spirogyra sich die Aufhängefäden des central suspendirten Kerns sich an Pyrenoide ansetzen, dass andrerseits da, wo sich ein Aufhängefaden an ein Chlorophyllband ansetzt, meist ein Pyrenoid entsteht. Allzu grosse Wichtigkeit bei der Function der Chlorophyllkörner wird man den Pyrenoiden aber nicht zuschreiben dürfen, da sie den höheren Pflanzen ganz fehlen. Die Ansammlung und Entstehung von Stärke in ihrem Umkreis hängt vielleicht mit molekularen Gleichgewichtszuständen zusammen, indem in ihrer Umgebung der Chlorophyllkörper selbst vielleicht eine andre Molekularbeschaffenheit aufweist, die ein leichteres Auftreten und vorzugsweises Ansammeln von Stärkekörner dort bedingt. Was die Function der Chromotaphoren in der Zelle betrifft, so sind die Chromoplasten die Träger gewisser Farben, von denen man bislang nur ihre biologische Bedeutung kennt. Die Chlorophyllkörner sind, wie Sachs gezeigt hat, aber äusserst wichtige Organe der Zellen, indem sie die Assimilation bewirken und in ihrem Innern Stärkekörner ausbilden. Auch in nicht grünen Organen werden, wie man schon lange weiss, Stärkekörner ge-

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05167-0169-1

bildet, dass diese aber dann immer in den Leukoplasten, den farblosen Homologen der Chlorophyllkörner entstehen, hat erst Schimper nachgewiesen. Ob Stärkekörner auch frei im Protoplasma entstehen können, wie anerkannte Beobachter es behaupten, oder ob die Stärkebildner in diesen Fällen nur durch leichten Zerfall oder zu geringe Dimensionen nicht wahrgenommen werden können, das müssen künftige verbesserte Untersuchungsmethoden erst entscheiden.

Durch die Beobachtung der Abhängigkeit der Stärkebildung von plasmatischen Bildnern angeregt, hat man auch für andere nichtplasmatische Inhaltsbestandtheile nach besonderen plasmatischen Bildungskörperchen gesucht und es liegen Untersuchungen vor, die solche für Oeltropfen und selbst für Vacuolen annehmen. Nun ist zwar unzweifelhaft festgestellt, dass um die Vacuolen eine vom übrigen Plasma verschiedene Plasmawand sich vorfindet, die besonders durch grössere Resistenzfähigkeit gegen schädliche Einflüsse sich leicht isoliren lässt. Es ist dies allein aber noch kein Beweis für das Vorhandensein vacuolenbildender »Tonoplasten«, wie auch das Vorkommen kleiner Vacuolen in Vegetationsscheiteln keineswegs als irgendwie beweisend für die Existenz von besonderen Tonoplasten dort angeführt werden kann. Bewiesen wäre deren Existenz erst dann, wenn man sie als differenzirte plasmatische Körper noch ohne Vacuole, und das nachträgliche Auftreten einer Vacuole darin nachweisen könnte. Da nämlich an der Grenze von Plasma und Flüssigkeit das erstere immer eine gewisse Veränderung seiner Dichte und andrer Eigenschaften erfährt, sich mit einer »Grenzmembran« umkleiden kann, so ist die blose Anwesenheit einer anders reagirenden Grenzschicht um einen Flüssigkeitstropfen noch kein Beweis für deren morphologische Selbständigkeit, wie andererseits auch Vacuolen an Orten auftreten, an denen die Anwesenheit von Tonoplasten von vornherein ausgeschlossen erscheint, z. B. in Chlorophyllkörnern. Wenn sie hier aber »pathologisch« nicht im normalen Lebenslauf auftreten, so ist damit doch der Hinweis gegeben, dass ihre Bildung nicht absolut an die Anwesenheit besonderer plasmatischer Bildner geknüpft ist.

Wenden wir uns zur Betrachtung des Protoplasmas selbst, so ist darüber nicht sehr viel Neues zu Tage gefördert worden, weil sich dasselbe schon vor dem hier in Betracht kommenden Zeitraum einer besonderen Aufmerksamkeit der Mikroskopiker und Physiologen erfreute. Das Grundplasma ist im Gegensatz zu dem des Kerns und der Chromatophoren eine ziemlich dünnflüssige Emulsion von alkalischer Reaction. Eine netzartige Struktur, die man gelegentlich an gehärtetem und gefärbtem Untersuchungsmaterial, in manchen Fällen auch an lebenden Zellen wahrgenommen haben wollte, mag unter Umständen einmal im Plasma eintreten, sie ist indessen keine allgemeine Erscheinung und würde sich so wenig mit allem vertragen, was wir über Bewegung, Pseudopodienbildung u. s. w. vom Plasma wissen, dass sich diese Vorstellungen

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05167-0170-2

für den Augenblick wohl kaum vereinigen lassen dürften. — Es sind im Protoplasma jedenfalls, zumal wenn man die Gesammtheit der Organismen zusammennimmt, ausserordentlich viele Stoffe, theils gelöst, theils in Form von Mikrosomen vorhanden, welche die Masse desselben zusammensetzen. Chemische Analysen und Verdauungsanalysen, die man mit Protoplasma vorgenommen hat, lassen naturgemäss nur postmortale Substanzen erkennen, die zum Theil wenigstens, nur als secundäre Producte angesehen werden können und nur einen, dem entsprechenden Werth besitzen. Von vielen der gefundenen Substanzen weiss man übrigens fast nichts als ein paar oberflächliche Reactionen und — einen Namen. Inwieweit die von der physiologischen Chemie an thierischen Geweben gewonnenen neuen Aufschlüsse auch auf die pflanzlichen Zellen übertragbar sind, muss erst noch untersucht werden. Die Silbernitrat-Reduction des Protoplasmas, die einmal soviel von sich reden machte und ihre Entdecker, Löw und Bokorny, zu kühnen Hypothesen verleitete, ist in jüngster Zeit auch von Pfeffer scharf kritisirt worden, als eine schon in der Voraussetzung verfehlte Speculation.

Die schon lange bekannten Bewegungserscheinungen des Protoplasmas haben sich als eine fast ausnahmslose Eigenschaft des lebenden Plasmas erwiesen. Sie sind fast überall, wo man darnach suchte, aufgefunden worden. Sowohl von botanischer als physikalischer Seite ist der Versuch unternommen worden, die Bewegungen physikalisch zu erklären, unter dem Hinweis auf die Bewegungen, welche bei wechselnden Oberflächenspannungen in Flüssigkeiten auftreten. Ob solche auch die Ursache zur Bewegung des Plasmas sind, ist nicht experimentell festgestellt, nur auf die Aehnlichkeit in der äusseren Erscheinung gründet sich diese Annahme, die aber viel Wahrscheinlichkeit besitzt. Der regelmässige spiralige Verlauf der Strömung in älteren Characeen-Zellen deutet allerdings darauf hin, dass man sich die Dinge nicht zu einfach physikalisch vorstellen darf, dass zum mindesten eigenartige physiologische Momente dieselben compliciren. — Eine erhöhte Bedeutung gegen früher gewann die den Plasmaschlauch aussen begrenzende Hautschicht. Nicht nur ist sie für den stofflichen Verkehr mit der Aussenwelt massgebend, sondern man hat auch fast zu gleicher Zeit durch physikalische Ueberlegungen und physiologische Beweisführung ihre Bedeutung für die äussere Gestaltung der einfacheren Organismen und für die Reaction gegen äussere einseitig wirkende Reize erkannt. Die Versuche, diesem wichtigen Theil des Plasmas eine ähnliche Selbständigkeit wie den Chromatophoren zuzuschreiben, müssen aber als gescheitert betrachtet werden. Ausser einer erhöhten Dichtigkeit der hyalinen Beschaffenheit und der relativen Ruhe gegenüber dem strömenden Körnerplasma ist kein morphologischer Unterschied mit dem letzteren festzustellen, und es liegen zahlreiche Beobachtungen vor, dass das äussere Hyaloplasma aus dem Körnerplasma unmittelbar regenerirt werden kann.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05167-0171-8

Eine erst in den letzten Jahren entdeckte wichtige Thatsache ist die grosse Verbreitung, welche äusserst feine plasmatische Verbindungsfäden zwischen einzelnen Zellen ganzer Gewebecomplexe, sowohl höherer wie niederer Pflanzen, (so sind z. B. bei Polysiphonia alle Zellen längs durch einfache Plasma-Fäden verbunden) besitzen. Nachdem Sachs die offene Verbindung der Siebröhrenglieder schon lange vorher nachgewiesen, und dann Tangl zuerst im Samen mit dickwandigem Endosperm äusserst feine Verbindungskanälchen entdeckt hatte, kam nach einiger Zeit neues Leben in ihre Untersuchung durch die im Würzburger Laboratorium angestellte Untersuchung von Gardiner. Eine ganze Reihe von genauen Untersuchungen über Verbreitung und Entwicklungsgeschichte derselben schloss sich dieser Arbeit an, so dass diese Verbindungsfäden in verhältnissmässig kurzer Zeit gut bekannt wurden. Wo sich die Protoplasten benachbarter Zellen in Tüpfelkanälen nähern, da treten dieselben in der dünnen Scheidewand auf. Es muss hervorgehoben werden, dass diese Verbindungsfäden (deren Zusammenhang in vielen Präparaten aber in der Mitte oft durch eine andere Substanz etwas unterbrochen erscheint) so ausserordentlich fein in der Mehrzahl der Fälle sind, dass sie nur mit ganz starken Vergrösserungen und bei Anwendung von Quellungs- und Färbemitteln zu erkennen sind. Diese enorme Kleinheit gibt, nach Ansicht des Ref., zugleich einen Fingerzeig für die Function dieser Kanälchen. Selbst wenn dieselben von in toto fliessendem Plasma passirbar wären, was wegen ihrer enormen Capillarkraft kaum anzunehmen ist, so könnten doch nur sehr langsam und höchst minimale Quantitäten von Substanz durch dieselben befördert werden. (Für Stoffe, die sich in ihrem Plasma molecular osmotisch bewegen, sind sie natürlich so gut passirbar wie andere Körper mit Molecularporen). Ihre eigentliche Bedeutung ist, worauf ihre Anwesenheit in reizbaren Organen schon hinweist, aber wahrscheinlich in der Uebertragung von Reizen zu suchen, die sie von Zelle zu Zelle weiter vermitteln und so die physiologische Continuität des Gesammtplasmakörpers herstellen, ohne damit die relative Selbständigkeit der Einzelzelle durch eine zu offene Verbindung mit den Schwesterzellen zu vernichten, denn diese unleugbar vorhandene Individualität der Einzelzelle, ihre specifische Function ist der Hauptvortheil, den der Gesammtorganismus aus einer Kammerung seines Gesammtplasmakörpers zieht. Aehnliche Perforationen, wie zwischen benachbarten Zellen eines Gewebeverbandes, hat man auch bei einzel lebenden Zellen gefunden, und zwar bei Algen, besonders Desmidiaceen, wo diese Plasmafädchen in Relation mit Gallertmassen zu stehen scheinen, welche bei diesen Zellen nicht als Umwandlung der äusseren Membranschichten, sondern durch Ausscheidung durch diese hindurch entstehen und theils zur Fortbewegung benutzt werden. Dass die verhältnissmässig voluminösen Gallertausscheidungen, die bei der Bewegung rasch producirt werden, durch die Plasmafädchen hindurch vor sich gehen, ist nicht anzunehmen. Dieselben dienen nach

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05167-0172-4

Ansicht des Ref. hier nur als Fühler, als Tastorgane der Protoplasten, welche den bei der Lokomotion nothwendigen Wechsel von Reizempfang und Reizauslösung mit der Aussenwelt direct vermitteln. Diese Fühler ermöglichen z. B. in einfacher Weise eine sehr differenzirte Ausbildung des Berührungsreizes (Tastsinnes) an einer eng umgrenzten Stelle, was durch die derbe, den Druck seitlich fortpflanzende Cellulosemembran nicht denkbar ist. Wenn man die Art der Bewegung, das langsame Ueberschlagen und Balanciren bei diesen Formen betrachtet, so erscheint ein solcher auf kleinem Raum scharf differenzirter Tast- und Drucksinn (ein für jede Gleichgewichtserhaltung bei Lebewesen physiologisch nothwendiges Moment) geradezu unentbehrlich.

Nach vorliegenden entwicklungsgeschichtlichen Untersuchungen sollen die feinen Canälchen schon bei der Entstehung der neuen Zellwand angelegt werden, während die Perforationen der Siebröhren erst nachträglich entstehen.

Ueber eine Auskleidung der Intercellularräume mit extracellulärem Protoplasma, welche bei einzelnen Pflanzen vorkommen soll, sind die Meinungen noch zu getheilt, um jetzt schon ein Urtheil darüber zuzulassen; es ist bei unsrer jetzigen Kenntniss der Dinge wohl wahrscheinlich, dass eine Täuschung zu der Annahme geführt hat.

Unsere Kenntniss der eiweissartigen Inhaltskörper der Pflanzenzelle ist wenig vermehrt worden. Nennenswerth sind nur Untersuchungen an den Protein-Crystalloiden, die wie echte Crystalle aus ihrer Mutterlauge dargestellt wurden und für deren Quellung sich eine bestimmte Gesetzmässigkeit ergeben hat. Eigenartige Proteinkörper in Gestalt irisirender Platten oder Körner sind im Plasma, spindelartige irisirende Proteinkörper im Zellsaft gewisser Meeresalgen aufgefunden worden.

Unsere Kenntniss der nichtplasmatischen Bestandtheile der Pflanzenzelle hat nur, soweit es die Entstehung der Stärkekörner betrifft, eine wesentliche Förderung erfahren. Während Nägeli aus dem Schichtenverlauf und den Dichtigkeitsverhältnissen der Stärkekörner, die er nur in ruhendem Zustande, an gekauftem Stärkemehl oder in ruhenden Reservestoffbehältern studirt hatte, seine Theorie des Intusceptionswachsthums abgeleitet hatte, zeigte es sich bei der Untersuchung der natürlichen Entwickelungsgeschichte, dass ganz andre Wachsthumsvorgänge, als die von Nägeli angenommenen, thätig sind. Das Studium der Entstehung und des Weiterwachsthums der Stärke an Ort und Stelle ihres Auftretens in der Pflanze führte Schimper einerseits zu der interessanten Entdeckung der plasmatischen Stärkebildner und zu ganz anderen Anschauungen über die Entstehung der Schichten, die eine befriedigende Erklärung durch Auflagerung erfuhren, wie andrerseits Erscheinungen im Stärkekorn, die mit der blosen Auflagerung neuer Schichten nicht direct zusammenhängen können, ihre befriedigende Erklärung in nachträglichen Quellungen und theilweiser Auflösung finden können, die bei der leichten Quellbar-

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05167-0173-0

keit der Stärke und der Anwesenheit diastatischer Fermente kaum ausbleiben können. Die mit der Intursusceptionstheorie so gut zusammenpassende vermuthete Zusammensetzung der Stärkekörner aus 2 verschiedenen Substanzen, der Stärkegranulose und der Stärkecellulose ist nach neueren Untersuchungen dahin richtig gestellt worden, dass die vermeintliche Cellulose ein Umwandlungsproduct der Stärke bei ihrer Auflösung darstellt, ein Amylotextrinrest der Kernsubstanz ist.

Mit der Pflanzenzelle steht meist in inniger Beziehung und ist für dieselbe von hervorragender physiologischer Bedeutung die Membran, die in der grossen Mehrzahl der Fälle aus Cellulose besteht, aber auch schon von vornherein andre Beschaffenheit zeigen kann, wie es zumal bei den äusseren Sporen- und Pollenhäuten der Fall ist.

Die Entstehung und das Wachsthum der Pflanzenmembranen ist in der neuesten Zeit wieder in lebhafter Weise aufgenommen worden. Obwohl für einzelne genau studirte Fälle dasselbe durchaus klargestellt erscheint, so gestatten die vorliegenden Einzelforschungen aber noch keineswegs, die Erscheinungen unter einem einheitlichen Gesichtspunkt zusammenzufassen. Soviel steht jedoch fest, dass sowohl die alte Mohl'sche wie die Nägeli'sche Anschauung vom Membranwachsthum vollständig aufzugeben sind, indem es sich neuerdings, übereinstimmend mit älteren Untersuchungsresultaten, gezeigt hat, dass neue Membranschichten dem Augenscheine nach aus plasmatischen Lamellen hervorgehen. Ueber das Wie dieser Verwandlung ist man sich aber noch keineswegs klar, ebensowenig, ob diese in vielen Fällen bestimmt beobachtete Neubildung von Membranschichten hinreicht, um alle beobachteten Wachsthumsvorgänge der Membranen zu erklären. Wir stehen auf diesem Gebiete eben mitten in der empirischen Erforschung und Untersuchung, und von allgemein befriedigenden Resultaten lässt sich daher noch nicht reden. Es wird noch eifriger Studien und der Beleuchtung des Gegenstandes von den verschiedensten Seiten und an der Hand reichhaltigsten Materials bedürfen, bevor die Wissenschaft zu demjenigen Resultate gekommen ist, das weitere, detaillirte Untersuchungen überflüssig erscheinen liesse.

Während auf der einen Seite die jüngsten botanischen Zellenforschungen neue ungeahnte Einblicke in das Wesen und Leben der Zellen gestattet haben, haben sie andrerseits früher errungen Besitz an Kenntnissen, den man ganz sichergestellt glaubte, wieder erschüttert. Nicht aber ist die Forschung bei dieser letzteren negativen Arbeit stehen gebieben und rüstig wird augenblicklich daran gearbeitet, auch an Stelle veralteter Theile des Lehrgebäudes unter Erweiterung der durch die Sachkenntniss gebildeten Fundamente neue besser entsprechende aufzurichten — bis es beim rastlosen Arbeiten und Weiterstreben der Forschung nach Wahrheit kommenden Geschlechtern möglich werden wird, auch sie wieder zu verbessern und zu erweitern.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05167-0174-5

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Flora oder Allgemeine Botanische Zeitung

Jahr/Year: 1889

Band/Volume: 72

Autor(en)/Author(s): Noll F.

Artikel/Article: Die wichtigsten Ergebnisse der botanischen Zellen-Forschung in den letzten 15 Jahren. 155-168