Biologisches Centralblatt

unter Mitwirkung von

Dr. M. Reess und **Dr. E. Selenka**

Prof. der Botanik Prof. der Zoologie

herausgegeben von

Dr. J. Rosenthal

Prof. der Physiologie in Erlangen.

24 Nummern von je 2 Bogen bilden einen Band. Preis des Bandes 16 Mark.
Zu beziehen durch alle Buchhandlungen und Postanstalten.

XI. Band. **1. Juni 1891.** **Nr. 9 u. 10.**

Inhalt: **Keller**, Fortschritte auf dem Gebiete der Pflanzenphysiologie. — **Loew**, Ueber die physiologischen Funktionen der Phosphorsäure. — **Kraus**, Ueber das Kalkoxalat der Baumrinden. — **Kionka**, Die Wurzelknöllchen der Leguminosen. — **Schimkewitsch**, Versuch einer Klassifikation des Tierreichs. — **Birula**, Einiges über den Mitteldarm der Galeodiden. — **Knipowitsch**, Zur Entwicklungsgeschichte von *Clione limacina*. — **Giltschenko**, Materialien zur Anthropologie des Kaukasus. — **Günther**, Einführung in das Studium der Bakteriologie mit besonderer Berücksichtigung der mikroskopischen Technik.

Fortschritte auf dem Gebiete der Pflanzenphysiologie.

Von Dr. **Robert Keller** in Winterthur.

Das nachfolgende Referat bezweckt die Leser mit den Ergebnissen einer Reihe pflanzenphysiologischer Untersuchungen des verflossenen Jahres bekannt zu machen. Dasselbe will natürlich nicht an Stelle der Originalien treten, die dem Fachmann auch die besten Referate nicht ersetzen können. Es ist vielmehr an die Adresse des Nichtfachmanns gerichtet, der sich gerne über die wichtigsten Erscheinungen auf dem Gebiete der Pflanzenphysiologie orientieren möchte. Deshalb sehe ich auch von einlässlichen Erörterungen, welche die Untersuchungsmethode betreffen, im allgemeinen ab; ich suche, statt dem krummen Pfade zu folgen, auf welchem der Forscher oft mühevoll ein erstrebtes Ziel erreicht, die gerade Straße auf. Ich will mich auch nicht anheischig machen alle wichtigsten Arbeiten berührt zu haben. Eine gewisse Subjektivität ist eben bei der Wertschätzung einer Arbeit nie zu vermeiden. Dazu kommt, dass es oftmals nicht möglich ist, die in zahlreichen Zeitschriften zerstreuten Abhandlungen rechtzeitig zur Hand zu haben. —

Studien, die unsere Kenntnisse über den Protoplasten nicht unwesentlich förderten, hat Pfeffer unter dem Titel „Zur Kenntnis der Plasmahaut und der Vakuolen nebst Bemerkungen über den Aggregatzustand des Protoplasmas und über osmotische Vorgänge“ im XVI. Bande der Abhandlungen der

mathematisch-physischen Klasse der k. Sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften S. 185—344 veröffentlicht.

Der Ursprung der Plasmahaut, die als Hautschicht und Vakuolenhaut auftreten kann, wird in doppelter Weise erklärt. de Vries tritt für ihre Autonomie, ihren homogenen Ursprung ein, d. h. analog wie Zellkern und Chromatophoren immer aus ihresgleichen entstehen, also nur durch Descendenz erhalten und überliefert werden, durch Neubildung aber aus dem Cytoplasma nicht hervorgebracht werden können, soll sich auch die Haut als selbständiges Organ bilden.

Dem gegenüber hält Pfeffer „die Plasmahaut für ein Differenzierungsprodukt aus der Leibessubstanz des Cytoplasma". Für diese Ansicht führt er in der oben erwähnten einlässlichen Untersuchung folgende wichtigste Beobachtungen an.

Werden Plasmodienstränge von Myxomyceten durchschnitten, dann beobachten wir, wie an der Schnittfläche die sich bildende Hautschichte aus dem Körnerplasma entsteht. Schnell grenzt es sich scharf ab und nach wenigen Minuten ist ein Hyaloplasmasaum vorhanden. Dabei spielen sich im alten Hyaloplasma keine Vorgänge ab, „die etwa unabhängig von dem Zusammenneigen der Schnittränder zu einem Ueberziehen der Schnittfläche mit Hautschicht führen könnten". Die Umwandlung von Körnerplasma in Hyaloplasma vollzieht sich durch das Zurücktreten der Körnchen von der Peripherie. Die Plasmahaut ist also ein Organ des Plasmakörpers, welches aus dem Cytoplasma unter den an der Grenzfläche desselben bestehenden Bedingungen wenigstens im Wasser gebildet wird. Mit der Rückführung ins Innere des Plasmakörpers hört die Existenz dieses Organes auf. Seine Baumaterialien verteilen sich im Cytoplasma. Sobald sie aber wieder an die Oberfläche gelangen, dann formen sie sich wieder zur Plasmahaut.

Doch nicht jedem Teile des Cytoplasmas kommt die Eigenschaft zu zum Aufbau des Grenzwalls zu dienen. Die verschiedenartigen Körnchen, welche ihm eingelagert sind, die Mikrosomen, scheinen nicht in die Plasmahaut einzutreten, ebenso auch nicht die Zellkerne und die Chlorophyllkörper.

Dass nur ein Teil des Plasma, das Hyaloplasma, das Baumaterial der Plasmahaut ist, hindert nicht in ihr eine Neubildung zu sehen. Ein Zusammentreten differenzierter Teilchen zu ihrer Bildung ist nicht zu beobachten.

Nicht nur für die Hautschichte, auch für die Vakuolenhaut gilt dies. Die direkte Beobachtung an künstlichen Vakuolenbildungen lehrt, dass die Vakuolenhaut plötzlich und als eine Folge der eingeleiteten Lösung des die Vakuolenbildung verursachenden Fremdkörpers an jeder Stelle im Cytoplasma entstehen kann und durchaus nicht an das Dasein vorgebildeter kleiner Vakuolen gebunden ist.

Diese Erkenntnis fußt auf folgenden wichtigen Versuchen. Plasmodien nehmen aus gesättigten Lösungen lösliche Stoffe in fester

Form auf. Sofern die betreffenden Körper nicht giftig und nicht zu löslich sind, wird alsdann folgendes zu beobachten sein. Aus gesättigten Lösungen wurden z. B. Asparaginkrystalle aufgenommen, die nach Verlauf einiger Stunden in großer Zahl im Plasmodium verteilt waren. Durch Auswaschen kann deren plötzliche Lösung erzielt werden. Man sieht eine Vakuole sich bilden, welche durch die osmotische Wirkung des sich lösenden Asparagins vergrößert wird. Dass die Vakuolenbildung durch die Lösung bedingt wird, ist daraus zu entnehmen, dass nur um die Asparaginkrystalle und nur wenn die Lösung wirklich eintrat Vakuolen entstehen, nicht aber allgemein im Protoplasma, „wie es der Fall sein müsste, wenn indirekt durch die vom Asparagin ausgehende Wirkung eine Vakuolenbildung eingeleitet würde". Die unmittelbare Beobachtung lehrt ferner, dass diese Neubildung, von benachbarten kleinsten oder größern Vakuolen durchaus unabhängig ist. Dies spricht gegen die Lehre von de Vries, dass kleine Vakuolenbildner, die Tonoplasten, zur Bildung der Vakuolenhaut und der Vakuolen nötig sind. Bei kleinen Protoplasmaklümpchen, die zu reicher Vakuolenbildung veranlasst werden, kann der größte Teil des Cytoplasma sich in die die entstehenden Vakuolen umgrenzende Haut umwandeln. Vom Standpunkte der Tonoplastentheorie käme man also in solchen Fällen zum Schlusse, dass das Cytoplasma wesentlich aus Tonoplasten aufgebaut sei. Dies führte aber zur Uebereinstimmung von Hyaloplasmen und Tonoplasten, d. h. also zur Preisgabe der Autonomie der Plasmahaut.

Schlussfolgerungen aus Beobachtungen an den künstlichen Vakuolen dürfen aber auf die natürlichen übertragen werden, da zwischen beiden vollständige Uebereinstimmung besteht. Wie diese so können z. B. künstliche Vakuolen zu einer Vakuole verschmelzen, ein Vorgang, der allerdings nicht gerade häufig beobachtet wird. Sie vermögen auch Fremdkörper aufzunehmen, so dass auch dem Inhalte nach beiderlei Vakuolen nicht von einander unterschieden werden können. Die Identität wird durch das Vorhandensein kontraktiler Vakuolen im Plasmodium nicht aufgehoben. Denn man beobachtet, dass neben den bei der Zusammenziehung der Wahrnehmung sich entziehenden Vakuolen auch solche vorhanden sind, deren Durchmesser in unregelmäßigen oft längern Zwischenräumen bald nur wenig, bald bis unter die Hälfte sich verkleinert. Ferner beobachtet man, dass in einer pulsierenden Vakuole die totale oder partielle Zusammenziehung ganz eingestellt werden kann. So bestehen also zwischen den pulsierenden und den unveränderlichen Vakuolen alle möglichen Uebergänge, so dass sie beide dem Wesen nach als die gleichen Formen zu erklären sind. Zudem sind auch künstliche Vakuolen mit mäßigen Volumenschwankungen beobachtet worden.

Aus diesen Darlegungen geht hervor, dass die Hautschicht und die Vakuolenhaut in ganz analoger Weise entstehen. Sie beide sind

Produkte des Cytoplasma und nicht ihrem Wesen nach, sondern nur räumlich verschieden. Die direkte Beobachtung lehrt denn auch, dass die Hautschicht unmittelbar zur Vakuolenschicht werden kann, indem sie durch Umwallung einen Raum umschloss.

Der Plasmahaut wohnt die Fähigkeit inne allen Formveränderungen, die z. B. der freibewegliche Protoplast einer Myxomycete durchmacht, zu folgen gleich wie eine zäheflüssige Masse. Es steht dies im Zusammenhang „mit der leichten gegenseitigen Verschiebbarkeit der jeweils aufbauenden Teile und der Fähigkeit des Cytoplasma da, wo es Flächenvergrößerungen erfordert, neues Baumaterial einzuschieben, aber auch solches beim Abnehmen der Oberfläche wieder in sich aufzunehmen"; denn wie auch die Oberfläche sich vergrößert oder verkleinert, die Plasmahaut behält anscheinend die gleiche Dicke bei.

Im Wesen einer solchen Wechselbeziehung, welche in besonders scharfer Weise die Entstehung der Plasmahaut aus dem Cytoplasma darthut, liegt es, dass die Abgrenzung zwischen beiden keine ganz scharfe sein kann. Die beiden Plasmaformen, das an der Grenzfläche liegende Hyaloplasma und das Körnerplasma können denn auch thatsächlich unter den Augen des Beobachters sich in einander verwandeln.

Die genauere Ursache der Entstehung der Vakuolenhaut, also allgemeiner der Umwandlung von Cytoplasma in Plasmahaut zu ermitteln, führt großenteils auf das Gebiet bloßer Vermutung, da eben die Natur des Protoplasmas in chemischer und physikalischer Beziehung noch zu wenig aufgehellt ist. Die Beobachtung lehrt, wie schon früher bemerkt wurde, dass die Mikrosomen an ihrer Bildung keinen Anteil nehmen; ob mit Ausschluss dieses das ganze Hyaloplasma oder nur ein Teil desselben zur Bildung der Plasmahaut befähigt ist, wissen wir noch nicht. Ebenso kann nicht entschieden werden, ob die Plasmahaut nur durch Zusammenschließen ungelöster Teile oder unter gleichzeitiger Entstehung solcher aus löslichen Substanzen gebildet werde. Die äußerste Micellenschichte der Plasmahaut kann allerdings Gelöstes nicht enthalten. Es müsste ja vom anstoßenden Wasser unvermeidlich aufgenommen werden. Die leichte Verschiebbarkeit der Micellen der Plasmahaut in Verbindung mit der noch zu erwähnenden erheblichen Veränderlichkeit des Kohäsionszustandes des Cytoplasmas spricht eher für einen wechselseitigen Uebergang zwischen flüssigem und festen. Die Plasmahaut erscheint demnach als ein verdichtetes Cytoplasma. Die dichtere Lagerung der Micellen ergibt sich teils aus diosmotischen Verhältnissen, teils aus der Möglichkeit der Isolation der Plasmahaut, wie sie durch sehr verdünnte Säuren erreicht wird. Während unter der Einwirkung dieser das Innenplasma zu einer porösen Masse erstarrt, bleibt die Plasmahaut als dichtere, zusammenhängende Haut zurück.

Bezeichnen wir, wie es oben geschehen ist, die Bildung der Plasmahaut „als eine Funktion der Grenzfläche wenigstens in Berührung mit Wasser“, so bleibt immer noch der nähere Modus nicht aufgehellt. Ist sie als das Resultat mechanischer Wirkungen, die sich an der Oberfläche geltend machen, zu erklären oder ist eine vitale Funktion mit im Spiele? Letzteres ist kaum wahrscheinlich. Denn zur Bildung der Plasmahaut ist die volle Thätigkeit des Cytoplasmas nicht unbedingt nötig. Sie geht auch in kernlosen Plasmastücken vor sich, auch bei mangelndem Sauerstoff und selbst bei Gegenwart von Chloroform bleibt sie nicht aus.

Sind vitale Funktionen sonach auszuschließen, dann können wir fragen, „ob schon in der freien Oberfläche resp. in den mit dieser zusammenhängenden Molekularwirkungen direkt oder indirekt die Bedingungen für Entstehung der Plasmahaut gegeben sind, oder ob es dazu noch besonderer Mitwirkung des Außenmediums bedarf“.

Als Spannhäutchen darf die Plasmahaut nicht aufgefasst werden, wie ja schon der früher erwähnte Isolierungsversuch beweist, der die Plasmahaut als eine Membran von messbarerer Dicke liefert. Dagegen ist es wohl denkbar, dass eine Ausscheidung der Proteinstoffe an der Grenzfläche durch Entziehung des Lösungskörpers erreicht wird und damit oder unter Mitwirkung dieses Vorgangs die Kontinuität der Plasmahaut erzielt, zugleich aber auch die Entfernung des Lösungsmediums aus dem Cytoplasma vermieden wird.

Dem Protoplasma wohnt keine große Festigkeit inne, namentlich beim Vorhandensein einer Zellhaut. Es ist zähflüssig oder gallertig. Die Bewegungsvorgänge im Plasma deuten 2 Konsistenzen an, zähflüssig strömendes und festeres ruhendes Plasma, Formen die sich leicht in einander verwandeln können. Die ruhenden Plasmaschichten sind allen durch die Stromkraft entwickelten Druck- und Stoßwirkungen vollständig gewachsen. Nirgends beobachtet man ein Mitreißen der ruhenden Ufer oder ein Vorwölben der umhüllenden Schicht. Oeltropfen und Vakuolen von Kegelform werden in engen Strömungskanälen gleich einem elastischen Ball deformiert. Durch Belastung freier Plasmodienstränge (Chondrioderma) wurde folgende Festigkeit bestimmt. „Ein Zug von 30—60 mg pro 1 mm^2 wird ohne merkliche Ueberschreitung der Elastizitätsgrenze ausgehalten, wenn die Spannung nur 1—4 Minuten anhält“. Dabei wird allerdings das strömende Plasma wenig zur Tragfähigkeit beitragen. Das Tragvermögen des ruhenden festern Plasma muss also erheblich größer sein. Wenn der Querschnitt dieses letztern $^1/_4$—$^1/_5$ des ganzen Querschnittes beträgt, dann kann die Belastung bis auf 300 mg gehen, im Maximum selbst auf 1000 mg. Die Festigkeit eines Bleidrahtes vom gleichen Querschnitte ist 1,9—2,3 kg.

Die Ausgestaltung des Protoplasten wird vielfach der Aenderung der physikalischen Spannung an der Grenze zwischen dem Plasma

und dem anstoßenden Medium zugeschrieben. Die Kohäsion lässt aber diese Erklärung kaum zu; denn sie ist immerhin groß genug um zu verhindern, dass durch Oberflächenspannung z. B. kleine Pseudopodien selbst aus ruhendem Plasma heraus entstehen können. Die Umwandlungen, welche sich zwischen dem zähflüssigen und festern Aggregatzustande zeigen, gehen auch im Innern also unabhängig von einer Oberflächenspannung vor sich. Die Umwandlung zähflüssigen Plasmas in den noch festern Zustand der Plasmahaut oder des ruhenden Plasmas vollzieht sich auch im Innern der Zelle, also unabhängig von einer Oberflächenspannung. „Sind aber solche Wechselzustände in der nicht strömenden Plasmaschicht Thatsache, so mögen wohl auch Imbibition oder andere Vorgänge in freilich noch nicht ermittelter Weise zu lokaler Hervortreibung der Pseudopodien führen können".

Die Regelung des Stoffaustausches ist eine wesentliche Leistung der Plasmahaut. Der zwischen den Micellen befindliche Raum ist in den wasserdurchtränkten Plasmahäuten ein geringer, denn die Beobachtung lehrt, dass vielfach Moleküle von verhältnismäßig unbedeutender Größe nicht durchtreten können. Diese allein bestimmt freilich die Möglichkeit des Durchtrittes nicht. Das Eindringen hängt eben auch von der gegenseitigen Anziehung zwischen den Stoffteilen der Haut und den Teilchen des gelösten Körpers ab. „Immer aber hängen Eindringen in die Haut und ebenso osmotische Leistungen von Molekularkräften ab, deren Bereich sich nur auf minimale Entfernung erstreckt und direkte Fernwirkungen des innern Plasmas können also z. B. für diosmotische Aufnahme von außen nicht entscheidend sein". Eine axakte Erklärung für diese wird schon deshalb unmöglich, weil die Plasmahaut je nach der Beschaffenheit der wässerigen Lösung ihre Eigenschaften selbst wechseln dürfte, weil ferner Zersetzungen der gelösten Stoffe denkbar sind; „die sich möglicherweise als Folge von Wechselwirkungen an und in der Plasmahaut abspielen könnten". Dazu kommt, dass innerhalb des Protoplasmas ein Körper besondern Einflüssen ausgesetzt sein kann, die auf die Diosmose einen bestimmenden Einfluss ausüben. „Dann ist weiter in dem Bewegungszustande und in der Energie des lebendigen Protoplasten überhaupt eine Arbeitskraft geboten, die in verschiedener Weise in den Stoffaustausch eingreifen kann".

Aufnehmende oder ausgebende Thätigkeiten können durch die Bewegungen im lebenden Protoplasten entwickelt werden. Ungelöste feste oder flüssige Teilchen können durch die Bewegungstätigkeit des Plasma direkt aufgenommen oder abgegeben werden. Ausstoßung des Vakuoleninhaltes ist an Plasmodien schon beobachtet worden, wobei die gelösten Stoffe des Vakuoleninhaltes in den Zellsaft oder auch in die Außenflüssigkeit gelangen. Die Neubildung von Vakuolen kann leicht den Einschluss von Stoffen nach sich ziehen, die durch die Plasmahaut nicht durchtreten würden. Außenflüssigkeit, also auch

Stoffe, welche sich in ihr befinden, können, wie schon früher angegeben wurde, durch Umwallung in den Protoplasten gelangen. „Vermöge des Austausches der den Protoplasten aufbauenden Micellen zwischen Plasmahaut und umschlossenem Plasma könnte auch ein Transport gelöster, nicht diosmierender Stoffe erreicht werden, z. B. indem ein solcher Körper durch physikalische oder chemische Bindung an die Micellen gekettet und mit diesen von der Peripherie in das Innere oder umgekehrt gefördert wird".

Sind die Bedingungen für die Aufnahme eines Körpers vorhanden, dann tritt er so lange ein, als die bedingenden Ursachen es gestatten. Ein rein diosmotischer Vorgang erreicht also mit dem Gleichgewichtszustande sein Ende. Der Gleichgewichtszustand aber ist vorhanden, wenn eine gleiche Konzentration vor und hinter der zu durchdringenden Haut besteht. Wird dieser gestört, dann geht die Stoffaufnahme immer wieder vor sich und sie kann so zu einer Anhäufung des diosmierenden Körpers in der Zelle führen. Die Aenderung des Gleichgewichtszustandes kann z. B. in einer Umwandlung des aufgenommenen Körpers beruhen, die eine so leichte Umlagerung sein kann, dass sie durch die üblichen Reaktionen nicht nachweisbar ist. Ohne chemische Umwandlung gehen dann die Stoffanhäufungen durch Diosmose vor sich, wenn eine einseitige Beförderung eines Stoffes möglich ist. —

Durch die Trennung gelöster Stoffe, welche die verschiedenen in einander geschachtelten Plasmahäute, wie Hautschicht und Vakuolenhaut, bewirken, entsteht in der Zelle ein osmotisches System. Die osmotischen Wirkungen im Zellsaft gelöster Stoffe machen sich an der Vakuolenhaut geltend, die einer von außen zutretenden Lösung an der Außenfläche der Hautschicht entsprechen. Sind endlich im Cytoplasma gelöste Stoffe vorhanden, dann werden diese an beiderlei Plasmahäuten diosmotisch wirksam sein. Der von dem Protoplasten gegen die Zellwand ausgeübte Druck übertrifft die osmotische Leistung des Zellsaftes nicht, so lange wenigstens der Protoplasmakörper keine Spannungen entwickeln kann. Für den Gleichgewichtszustand in diesem osmotischen System hat das seine Giltigkeit, sowohl wenn die nötige Gegenleistung im Protoplasma durch die Gegenwart gelöster Stoffe als auch durch Quellungskraft erreicht wird. Vollständig kann sich allerdings der osmotische Druck nicht gegen die Zellhaut geltend machen; „denn der Protoplasmakörper setzt der osmotischen Spannung einen gewissen Zentraldruck entgegen, welcher indess bei der geringen Kohäsion im Protoplasma, mitsamt der Oberflächenspannung, nur einen geringen Bruchteil des meist auf einige Atmosphären steigenden osmotischen Druckes ausmacht".

Der osmotische Druck hängt nur von der Natur und der Menge des gelösten Stoffes ab, nicht aber von der Qualität und Dicke der abschließenden Haut. Seine Größe ist folgende: Einer 1prozentigen

Salpeterlösung entspricht ein Druck von 3,4 Atmosphären, einer 1 proz. Rohrzuckerlösung von 0,67 Atmosphären. Der Druck steigt, sofern die Lösungen verdünnte sind, proportional der Konzentration, in konzentrierten dagegen wächst der osmotische Druck schneller als die Konzentration. Uebt die Qualität der Haut keinen Einfluss auf die Höhe des osmotischen Druckes aus, dann ist es natürlich zulässig, die Druckhöhe in lebenden Zellen genau nach den physikalischen Resultaten zu bemessen. „Abweichungen von den physikalisch zu fordernden osmotischen Leistungen würden anzeigen, dass durch anderweitige besonders aktive Leistungen der lebenstätigen Zelle eine Steigerung oder Verminderung der Turgorkraft herbeigeführt werde". Aenderungen der osmotischen Leistungen vollziehen sich mit dem Eintritt oder mit der Entfernung eines Körpers. Jener ruft einer Erhöhung dieser einer Senkung des Turgordruckes. Stoffumwandlung, durch welche weniger wirkende Körper entstehen, bewirken ebenfalls seine Verminderung.

Empirisch ist festgestellt, dass gewisse Reizbewegungen auf diese Druckwirkungen zurückzuführen sind. An den Staubfäden der Cynareen beobachten wir, dass ein Reiz den Druck des Zellinhaltes gegen die Zellwand, also die Turgorkraft plötzlich herabsetzt; „und unter dem Druck der gespannten Zellhaut, welche ihre elastischen Eigenschaften unverändert bewahrt, filtriert so lange Wasser aus der Zelle bis wiederum Gleichgewicht zwischen Turgorkraft und Zellhautspannung hergestellt ist". Wohl ist die direkte Ursache der Reizkontraktion noch nicht bekannt. Aber so viel lässt sich doch sagen, „dass die nötige ansehnliche mechanische Leistung nicht durch aktive Kontraktion des Protoplasmas zu stande kommen kann. Dagegen spricht der Kohäsionszustand des Plasmas, das z. B. während und unmittelbar nach der Reizbewegung in den aktiven Zellen der Staubfäden von *Centaurea* ungeschwächt fortströmt, also auch nicht vorübergehend eine festere Beschaffenheit annahm. Die nächste Ursache der Reizbewegung muss also die Schwankung osmotischen Druckes sein, wennschon die Ursache, welche diese Veränderung herbeiführt, noch nicht klar liegt. Ein Austritt gelöster Stoffe aus der Zelle scheint nicht im Spiele zu sein. Die Bildung oder Zuleitung genügend wirksamer Stoffe ist ebenfalls nicht wahrscheinlich. „Ebenso ist es kaum denkbar, dass durch eine aktive, etwa wie eine Pumpe wirkende Thätigkeit Wasser unabhängig von osmotischen Leistungen nach einer Seite getrieben und so der hydrostatische Druck in der Zelle vermindert oder vermehrt wird". Kommt all das nicht in betracht, „so muss in der Erzielung der zur Reizbewegung nötigen Turgorsenkung eine Verminderung der osmotischen Leistung des Zellsaftes allein maßgebend oder doch wesentlich mitbeteiligt sein", z. B. durch Umwandlung eines Stoffes in einen andern bewirkt werden können. Die Bildung von Rohrzucker aus Traubenzucker genügt erfahrungsgemäß um die osmotische Leistung auf die Hälfte herabzudrücken.

Ed. Palla's Abhandlung Beobachtungen über Zellhautbildung an des Zellkernes beraubten Protoplasten (Flora, 73. Jahrgang, 1890, IV. Heft, S. 314—331) ist ein Glied jener in den letzten Jahren in rascher Folge entstandenen Untersuchungsreihe über die Beziehungen des Zellkernes zu den Funktionen anderer Teile des Protoplasten.

Aus den Untersuchungen von Schmitz, von Klebs und Haberlandt ergab sich, dass ihres Kernes beraubte Protoplasten nicht die Fähigkeit besitzen eine Zellhaut zu bilden.

Schmitz beobachtete an den vielkernigen Zellen der Siphonocladiaceae, dass bei einer Verletzung der Zelle das Plasma gewöhnlich mehrere kleinere und größere Kugeln bildete. Rasch entstand an ihnen eine Haut, sofern das Plasma wenigstens einen Kern enthielt. Kernfreie Plasmateile gehen immer ohne Bildung einer Haut zu Grunde. Klebs bewirkte durch Plasmolyse den Zerfall der Protoplasten von *Zygnema*, *Spirogyra*, *Oedogonium* und *Funaria hygrometrica*. Konstatierte er einerseits, dass sich auch die kernlosen Teile während langer Zeit am Leben halten, so wies er anderseits darauf hin, dass nie an kernlosen Protoplasten eine Zellhautbildung beobachtet wurde. Haberlandt glaubt auf Grund von Versuchen an *Vaucheria*-Fäden, „dass die Lebensfähigkeit der ausgeworfenen Protoplasmateile an das Vorhandensein mindestens eines Zellkernes gebunden ist". An Protoplasten einer Reihe von Haaren sah er die Einkapselung von Teilstücken, also die Zellhautbildung, nur an solchen Plasmakörpern, welche einen Kern besaßen.

Palla weist im Gegensatze zu den kurz erwähnten Beobachtungen an Hand einer Reihe von Fällen nach, dass unter Umständen auch kernlose Protoplasten eine Zellhaut zu bilden vermögen. Einer ersten Versuchsreihe liegen die Pollenschläuche von *Leucojum vernum*, *Galanthus nivalis*, *Scilla bifolia*, *Hyacinthus orientalis*, *Hemerocallis fulva*, *Gentiana excisa*, *Cytisus Weldeni* und *Dictamnus albus* zu Grunde.

Die Pollenkörner, welche in einer Rohrzuckergelatinelösung kultiviert wurden, bilden Schläuche, die oft schon bei geringen Erschütterungen wohl zumeist an ihrer Spitze platzen. Traten dabei der vegetative und der generative Kern aus dem Schlauche aus, so ging der in demselben verbleibende Teil des Plasmas gewöhnlich zu Grunde (*Leucojum*), ohne eine Zellhaut zu bilden. In einzelnen Fällen jedoch schloss sich das kernlos gewordene Schlauchplasma mit einer Cellulosekappe gegen den verletzten Scheitel ab, ein Vorgang, der häufig beobachtet wurde, wenn nur der generative Kern ausgestoßen wurde. Bei *Galanthus* bildete der kernlose Teil des Schlauchplasmas in den meisten Fällen die Cellolosekappe. Bei *Scilla* zog das Platzen des Pollenschlauches den Zerfall des zurückgebliebenen Plasmarestes nach sich. Die einzelnen Teile kapselten sich ein, so dass 20 und mehr Plasmakapseln in einem Schlauche nicht selten sind. Aehnlich ver-

hält sich *Hyacinthus*. Bei *Hemerocallis* trat durch das Platzen stets ein größerer Teil des Plasmas aus dem Schlauche aus. Derselbe bildete eine Haut, trotzdem er zumeist kernlos war. Die Beobachtungen an den Pollenschläuchen ergeben also, „dass einerseits in den Pollenschläuchen befindliche losgetrennte, anderseits infolge des Platzens der Schläuche ausgestoßene Protoplastenteile sich lebend erhalten und mit einer Cellulosehülle umkleiden, auch wenn sie kernlos waren".

Zu den plasmolytischen Versuchen verwendet Palla Blätter von *Elodea canadensis*, „deren Wachstumsfähigkeit aber allem Anschein nach noch nicht gänzlich erloschen war", ferner Wurzelhaare der Keimlinge von *Sinapis alba*, Rhizoide von *Marchantia polymorpha* und Fäden von *Oedogonium*.

Die Protoplasten vieler langgestreckter Zellen von *Elodea* zerfielen bei der Plasmolyse in 2 oder mehrere Teile. Da in der Regel die Zelle nur einen Kern enthält, konnte also auch nur ein Teilprotoplast kernhaltig sein. Sehr häufig umgaben sich auch die kernlosen Plasmastücke mit Häuten. An den Protoplasten der Keimlingswurzelhaare von *Sinapis* bewirkt die Zuckerlösung sehr verschiedene Erscheinungen. Einzelne Haare sterben sofort ab, andere wachsen weiter, wieder andere platzen am Scheitel, und nicht selten zerfiel der Protoplast in zahlreiche Teile, von denen nur einer einen Zellkern enthalten konnte. Beim Platzen zeigten sich ähnliche Erscheinungen, wie sie oben für die Pollenschläuche beschrieben wurden. Auch wenn der Kern austrat, also das Haar einen kernlosen Protoplasten enthielt, bildete sich unterhalb der Wundstelle eine oft dicke Haut, welche deutlich die Cellulosereaktion — Violettfärbung durch Chlorzinkjodlösung — zeigte. Zerfiel der Protoplast in mehrere Teile, dann konnten Teilstücke nach einigen Tagen ohne Zellhautbildung zu Grunde gehn oder die Membran entstand und zwar auffälligerweise am häufigsten an dem „am Grunde der Zelle befindlichen und bei hinreichender Länge des Wurzelhaares stets kernlosen Teilprotoplasten". Bei Oedogonien fällt zunächst in den Versuchen von Palla die lange Lebensfähigkeit auch der kernlosen Protoplasten auf. Dabei konnte an einer ziemlichen Anzahl derselben nach 3—4 Tagen, auch erst nach einer Woche die Umkleidung mit einer Haut beobachtet werden.

Auch diese zweite Beobachtungsreihe lehrt also, „dass es nicht notwendig ist, dass der Protoplast, wenn er eine Zellhaut ausbildet, sich während dieses Prozesses noch im Besitze eines Zellkernes befindet".

Palla glaubt, dass seine mit den Angaben anderer Autoren nicht im Einklang stehenden Beobachtungen darauf zurückzuführen seien, dass in diesen Fällen der Zellhautbildung im kernlosen Protoplasten eine Nachwirkungserscheinung der Thätigkeit

des früher vorhandenen Kernes vorliege. Die Versuchsobjekte waren derartige, dass die kernlosen Protoplasten, welche die Neubildung der Membran zeigten, „solchen kernhaltigen Zellen entstammten, welche meist im Wachstum begriffen waren, jedenfalls aber noch ihre Zellhaut verdickten". Wenn Klebs zum Teil an den gleichen Versuchsobjekten andere Resultate erzielte als Palla, so dürfte das dem Umstande zugeschrieben sein, dass Klebs im Herbste und im Winter experimentierte, „also zu einer Zeit, wo sich zweifelsohne die zu Experimenten verwendeten Pflanzen in einem Ruhezustand befanden". Gerade die Verschiedenheit der Resultate, die auf verschiedenen Versuchsbedingungen beruhen kann, spricht nach Palla dafür, „dass die Zellhautbildung zu irgend einer Art der Zellkernthätigkeit in einer Beziehung steht und demnach die Einkapselung kernlos gewordener Protoplasten oder Protoplastenteile Nachwirkungserscheinungen dieser Zellkernthätigkeit sind".

Von Wiesner liegen uns zwei Abhandlungen vor, welche die Elementargebilde der Zellen betreffen. Tragen sie beide auch den Charakter vorläufiger Mitteilungen, so scheinen sie uns doch bedeutungsvoll genug um schon in dem diesjährigen Referate erwähnt zu werden. Sie heißen:

Vorläufige Mitteilung über die Elementargebilde der Pflanzenzelle (Sitzungsberichte der kais. Akademie der Wissenschaften in Wien. Math.-naturw. Klasse, Bd. XCIX, Abt. I, 1890, S. 1—7.

Versuch einer Erklärung des Wachstums der Pflanzenzelle (Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft, Bd. VIII, Heft 7, S. 196—201).

Das Wachstum der Zelle und ihrer Teile erfolgt, wie die einen Botaniker annehmen, durch Zwischenlagerung kleinster Stoffteilchen, durch Intussuszeption, nach der Meinung anderer durch Anlagerung, durch Apposition. Nach dieser letztern Vorstellung soll das Flächenwachstum in der starken nachträglichen Dehnung der durch Apposition entstandenen Teile beruhen.

Wiesner sieht im Zellenwachstum eine dem Wachstum eines vielzelligen Organismus durchaus entsprechende Erscheinung. Sein Wachstum wird eingeleitet durch die Teilung der Zellen. „Die neu entstandenen Zellen dehnen sich aus und durch das Zusammenwirken der ihr Volumen vergrößernden Zellen gewinnt das Organ seine Gestalt, vergrößert seine Oberfläche, wächst in die Dicke, Länge und Breite..." Analog vollzieht sich das Wachstum der Zelle ohne sichtbare Einschiebungen von außen.

Wiesner stellt seinem Erklärungsversuche zwei Voraussetzungen voran: Ein lebender, der Zelle zugehöriger Körper kann nicht aus toter Materie entstehen, z. B. also ein Zellkern aus Eiweiß. Innerhalb des Organismus geht Lebendes nur aus Lebendem,

Organisiertes nur aus Organisiertem hervor. Die zweite Voraussetzung ist die, „dass kein anderer Modus der Neubildung im Organismus stattfindet als der der Teilung. . . Die Teilung ist mit dem Werden aller Lebewesen so verknüpft, dass die Annahme, sie spiele vielfach auch dort eine Rolle, wo wir mit unsern beschränkten Mitteln ihre Wirksamkeit noch nicht nachweisen können, wohl berechtigt sein dürfte".

Aus diesen beiden Voraussetzungen folgt, dass die Neubildung durch innere Teilung erfolgt. Denn das Plasma ist kein chemisches Individuum, charakterisiert durch eine bestimmte Molekularstruktur, sondern ein organisiertes Gebilde. „Die Organisation aber repräsentiert, wie schon Brücke in seiner bedeutungsvollen Schrift „Die Elementarorganismen" betonte, einen für die lebenden Teile des Organismus spezifischen Bau, welcher mit dem innern Gefüge eines chemischen Individuums ebensowenig verglichen werden kann, als sich ein aus Zellen zusammengesetztes Organ mit dem innern Bau irgend eines unbelebten Körpers vergleichen lässt". Demnach haben wir uns die lebende Substanz der Pflanze als eine Zusammensetzung kleinster organisierter Individualitäten zu denken, die teilungsfähig sind. Es muss ihnen aber auch die Fähigkeit zu wachsen inne wohnen. Sie müssten ohne dieses infolge der Teilung schließlich so weit zerfallen, dass sie nicht mehr als organisierte Individuen betrachtet werden könnten. Wachstum aber setzt die Fähigkeit der Assimilation voraus. Wiesner nennt diese einfachsten Elementarorgane der Zelle Plasomen. Die Möglichkeit des Vorkommens einfachster organisierter Elementargebilde hatte schon Brücke eingeräumt. Für das Vorhandensein derselben als der der Zelle untergeordneten Formelemente im pflanzlichen Organismus nimmt Wiesner folgende Thatsachen in Anspruch.

Die Inhaltskörper der Pflanzenzelle z. B. die Chlorophyllkörner, „welche gleich den Zellen assimilieren, wachsen und sich durch Teilung vermehren", lassen uns erkennen, dass die Zellen nicht die letzten Formelemente der Pflanzen bilden können. Die kleinen protoplasmatischen „Anlagen", aus denen die Chlorophyllkörner entstehen, aus denen die Stärkekörner werden etc., all diese Anlagen, deren gemeinsamer Charakter der ist, dass sie teilungsfähige Protoplasmagebilde sind, fasst Wiesner als Plasomen oder Gruppen solcher auf. Wohl sind sie sehr verschiedenartig. Aber diese Mannigfaltigkeit kommt ja auch dem „Elementarorganismus" nach bisher gebräuchlicher Auffassung, der Zelle, zu. Das Plasom verhält sich zur Zelle analog wie die Zelle zum Gewebe. Auf unterster Stufe, bei den einfachsten Schizophyten, gleicht ein Plasom dem andern; auf einer höhern Stufe kennzeichnet sie eine Arbeitsteilung, sie lassen verschiedenartige Produkte entstehen. „Wenn aber die Zelle und ihre lebenden Teile aus Plasomen zusammengefügt sind, wie etwa ein

Blatt aus Zellen sich zusammensetzt, so muss das Wachstum der Zelle ebenso durch das Wachstum ihrer Plasomen erfolgen, wie ein vielzelliges Organ infolge der organischen Volumsvergrößerung seiner Zellen wächst". Wie aber vollzieht sich das Wachstum der Plasomen? Als Teile des Plasmas kommt ihnen auch die Kohäsion desselben zu. Sie sind also durch leichte Verschiebbarkeit der Teilchen ausgezeichnet. „Auf dem Wege der Diffusion und Absorption treten Wasser und gelöste feste Körper, bezw. Gase in diese Körperchen (die eben geteilten Plasomen) ein und werden daselbst assimiliert, wobei die festen Assimilationsprodukte das Volumen des Plasoms fixieren". Unbeantwortet bleibt hierbei die Frage, wie im Plasom die eintretenden oder gebildeten chemischen Individuen organisiert werden, wie also „die toten Bausteine in die schon bestehende lebende Einheit sich so einfügen, dass dieselben unter den Bedingungen ihrer Existenz in einem bestimmten Zeitpunkte aufgehoben wird und Teilung eintritt".

Die in oder an der Zelle sich abspielenden Teilungsvorgänge beruhen nach Wiesner auf der Teilungsfähigkeit der Plasomen. Teilt sich z. B. das Plasma als Ganzes, dann ist es eine Schichte von Plasomen, in welchen sich die Teilung vollzieht. Wachstum des Plasmas und der Plasomen sind dem Wesen nach verschieden. Ergänzt das Plasom durch Wachstum seine Masse, so ist das Wachstum des Plasmas durch die Neubildung wachsender Plasomen bedingt.

Eine Mitbeteiligung der Volumenvergrößerung der Zelle durch Dehnung ist nicht ganz ausgeschlossen. Sie kann im gleichen Sinne beteiligt sein, „wie beim Wachstum eines aus Zellen bestehenden Organes", hervorgerufen durch den Gesamtdruck des Cytoplasmas.

Ueber die physiologischen Funktionen der Phosphorsäure.

Von **O. Loew**,
Privatdozent an der Universität in München.

Die Frage, warum die Phosphorsäure für pflanzliches wie tierisches Leben so überaus wichtig ist, hat die Physiologen vielfach beschäftigt. Als man fand, dass der für Zellteilung und Fortpflanzung so wichtige Zellkern aus einer Verbindung von einem Eiweißstoff mit Phosphorsäure, dem Nuklein[1]) besteht, war man einen erheblichen Schritt

1) Vergl. A. Kossel, Die Nukleine und ihre Spaltungsprodukte. Straßburg 1881; Leo Liebermann, Ber. d. deutsch. chem. Gesellsch., 21, 589; E. Zacharias, Botan. Ztg., 1887, S. 282 und 1888 Nr. 28 u. 29. Merkwürdig ist ein Gehalt der Nukleine an Basen der Xanthingruppe. Den Nukleinen ähnlich, vielleicht nur ein polymeres Nuklein, ist das chemisch noch wenig studierte Plastin, welcher in den Zellen nach Behandlung mit Pepsin-Salzsäure und darauf folgender Extraktion des Nukleins mit Soda zurückbleibt; es ist gegen Alkalien und Säuren resistenter als Nuklein und enthält nach Reinke Phosphorsäure. Vergl. hierüber E. Zacharias, Botan. Zeitg., 1887, Nr. 18—24.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Biologisches Zentralblatt

Jahr/Year: 1891

Band/Volume: 11

Autor(en)/Author(s): Keller Robert

Artikel/Article: Fortschritte auf dem Gebiete der Pflanzenphysiologie. 257-269