

IX. *Die Veränderungen der chemischen Constitution der Pflanzen-Zellmembran;*  
*von H. Karsten in Berlin.*

Das Leben des Organismus, seine specifisch eigenthümliche Erscheinungsweise beruht auf der andauernden Assimilations-thätigkeit seiner Elementarorgane, auf der fortwährenden Veränderung der chemischen Constitution dieser, auf der »Lebensthätigkeit der Organismen« genannten Wechselwirkung derselben mit der unorganischen Natur.

Die von einigen Physiologen noch heute vertretene rohe Anschauungsweise des organischen Wachstums als Resultat der Elasticität der durch Apposition entstandenen und verdickten Zellenwandungen, bei gleichzeitiger Diffusion der in den benachbarten Zellen enthaltenen Flüssigkeiten ist durchaus verwerflich. Diese Idee stammt aus einer Zeit, in der man weniger als jetzt die Entwicklungsgeschichte der Elementarorgane kannte, welche den Organismus zusammensetzen.

Andererseits habe ich gleichfalls in meiner Dissertation: »*de cella vitali*« 1843 das Irrthümliche der Idee der Unveränderlichkeit der die Gewebe des zusammengesetzten Organismus constituirenden oder der die einfachsten pflanzlichen Organismen unmittelbar zusammensetzenden Zellen, erörtert und später häufig Gelegenheit gehabt für die Pflanzenzelle speciell dies nachzuweisen. Die gänzlich verholzte Zelle und Faser ist weder ein todttes Scelett der Pflanze noch hat sie einen Zustand der Stabilität erreicht, in welchem sie dem überwältigenden Einflusse der physikalischen Naturkräfte entgegensieht: widersteht vielmehr denselben während einer fortdauernden, wenn auch unmerklichen Assimilationsthätigkeit.

Die Veränderung der ursprünglich stickstoffhaltigen pflanzlichen Zellmembran in Cellulose und die Umbildung dieser in Schleim, Bassorin <sup>1)</sup> und Zucker hat weniger Befrem-

1) Muhl bot. Zeit. 1857, S. 38. H. Karsten bot. Zeit. 1857, S. 313.

dendes als die von mir seit Jahren beobachtete Umwandlung derselben in Wachs und Harz ').

Ohne Zweifel befolgt die Natur mehrere Wege zur Erzeugung dieser Secretionen im Gewebe der Pflanze. Denn die ätherischen Oele, die Grundlagen vieler Harze, so wie das Wachs der Balanophoren finden sich auch in besonderen Zellen (*„Secretionszellen“ de cella vitali p. 64*), welche in dem flüssigen Inhalte der Gewebezellen entstehen. Die Membranen dieser ölhaltigen Secretionszellen, so wie Häute der Gewebezellen, in denen diese Secretionszellen enthalten sind, werden später verflüssigt und das Verflüssigungsproduct bildet mit den ätherischen Oelen einen Balsam, der entweder in kleinen Höhlen des Zellgewebes enthalten ist, (die Harzbeulen der Abietinen, die Drüsen der Aurantiaceen, Rutaceen, Diosmeen etc.) oder in längeren Kanälen, den Harzgefäßen der Coniferen, Terebinthaceen etc.

Der Chemie ist es bisher nicht gelungen eine wahrscheinliche Entstehungsweise dieser Balsame so wie des Wachses und Harzes aus den Kohlenhydraten anzugeben. Die Kenntniss des formellen Theiles dieses Umbildungsprocesses wird derselben ohne Zweifel ein willkommener Führer seyn.

Die Umwandlung der Zellmembran in wachs- und harzartige Stoffe in dem Pollen der Orchideen und Asclepiadeen ist schwieriger der Beobachtung zugänglich wie die Bildung des Harzes in den krankhaft erweiterten Harzgefäßen und Spalten des Holzes, so wie die Entstehung des Wachses in der äusseren Wandung der Epidermialzellen des Palmestammes (*Klopstockia* etc.).

Im normalen Entwicklungsgange der Pflanze hält die Erzeugung der Absonderungsstoffe dem Verbräuche derselben das Gleichgewicht, so auch in Bezug auf die Erzeugnisse der Harz- und Gummi-Gefäße. Durch abnorme Ernährungsverhältnisse werden jedoch gewisse Absonderungsstoffe quantitativ, wie auch qualitativ vermehrt, oft ohne dadurch den ganzen Organismus in seiner Entwicklung bedeutend zu stören. Die Cultur vermehrt und verändert

1) Vegetationsorgane der Palmen S. 39.

den Gehalt der Gewebe an Amylum, Zucker, Oel, Farbstoffen etc. wie sich krankhafter Weise die Absonderung des Bassorin und Arabin, des Balsames und Harzes etc. vermehrt, welche Veränderung gewöhnlich längere Zeit von dem Organismus ertragen wird und durch Wechsel in der Ernährungsweise des von der Krankheit befallenen Individuum wieder beseitigt werden kann.

Bei der krankhaften, durch abnorme Ernährung hervorgerufenen Vermehrung dieser Secrete erzeugen sich dieselben, falls absondernde Gefäße vorhanden sind, durch Umwandlung der Gewebe, welche diese zunächst umgeben oder, wenn mechanische Reize Ursache waren, in der Wirkungsweite dieser: so wie die normaler Weise entstehende Transformation der Zellenwandungen an gewisse Bildungscentra gebunden ist, sich von hier normal oder abnorm auf das benachbarte Gewebe ausbreitend. Es entstehen dadurch Lücken und Kanäle innerhalb des oft unveränderten Gewebes, angefüllt mit jenen Absonderungsstoffen, wie es im Kleinen die Oeldrüsen des Parenchyms zeigen, Kanäle, die in dem Stamme der Copaifera zuweilen einen Zoll im Durchmesser haben <sup>1)</sup>.

- 1) Die sehr lehrreiche Abhandlung Mohl's über die Gewinnung des venetianischen Terpenthins (bot. Zeit. 1859, S. 329) giebt uns einen vergleichenden Ueberblick über die Natur und Vertheilung der Harzbehälter der Abietinen, bei denen derselbe naturgemäß von den senkrecht verlaufenden Harzkanälen die horizontalen im Centrum der Markstrahlen entstehenden und die im Rindengewebe auftretenden, linsenförmigen Harzlücken sondert. Ueber den histologischen Werth der senkrechten, mit den Holzfaserbündeln zugleich auftretenden oder später gesetzmäßig im Rindenparenchyme vertheilten Harzgefäße habe ich mich schon früher (Vegetationsorgane der Palmen S. 138 u. 160 Taf. VII, 3. 4, 5) ausgesprochen: diese entstehen durch Verflüssigung von Milchsafthaften ähnlichen Elementarorganen, in Folge welcher Resorption die Zellen welche zunächst die bisher vorhandenen Fasern umgeben, zur Bildung des Balsames dienen, dem Zellgewebe der eigentlichen Harzlücken und der horizontalen Harzkanäle dann ähnlich. Auf diese histologische Entwicklung gestützt, gebrauchte ich zur Bezeichnung der verschiedenwerthigen Secretionsbehälter die Bezeichnungen Faser, Gefäß und Kanal. Letztere sind durch Resorption von Zellen, die Gefäße durch Resorption von Fasern entstandene Interzellularräume, die Fasern selbst, zu denen viele

Auf die Fähigkeit der verholzten Pflanzenzellen noch einmal in das Stadium der Function der Parenchymzellen zurückzukehren, habe ich schon 1847 (Palmen S. 140 Taf. VI.9) aufmerksam gemacht; eine Thatsache die durch Möhl später bestätigt und auch für andere Gewebezellen nachgewiesen wurde.

In der beigegeführten Figur 1 und 2 (Taf. IV) sieht man gleichfalls deutlich, daß sowohl in den Holzzellen wie in den Zellen der Markstrahlen des Holzes von *Pinus silvestris* der Resorption dieser Gewebe und der Umwandlung der Membranen in Harz eine Neubildung von Zellen vorhergeht; hie und dort finden sich, wie bei Fig. 1+ Taf. IV, ganz dünnwandige Holzzellen, harzerfüllte Tochterzellen enthaltend.

Die gezeichneten Präparate Fig. 1 u. 2 Taf. IV wurden mit Alkohol digerirt um den trüben, harzigen Saft aufzulösen, der das Gewebe durchtränkt. Von den die Oberfläche des Gewebes bildenden Zellen, welche vor der Berührung mit Alkohol porös verdickte Wandungen zeigten, sind nur sehr zarte, körnige z. Th. corrodirt erscheinende Membranen übrig geblieben. Ihre porösen Verdickungsschichten wurden verflüssigt. Von den dem Holze näher befindlichen Zellen sind die Formen noch vollkommen erhalten, die Masse ihrer Wandungen ist jedoch um den größten Theil verringert. Einige Zellen sind auch überdies mit einem Balsamtropfen angefüllt (man vergl. hierüber meine Abhandlung in der bot. Zeit. 1857, S. 313).

Die Umwandlung der Cuticula und der peripherischen Wandungen der Cuticularschichten der Klopstockia<sup>1)</sup> geben

zur Zeit noch als Zwischenzellräume angeschene Elementarorgane gehören, (z. B. die »Luftkanäle« genannten weiten Höhlungen im Parenchyme der Monocotylen) sind stets Zellen oder aus vereinigten Zellen entstandene, nie Zwischenzellräume.

- 1) H. Karsten *flora Columbiae* T. 1, Taf. I. Meine aus Caracas gesammelten und abgesendeten Stammstücke, die mir nicht wieder zu Händen kamen, wurden mir durch die Güte meines Freundes Professor Schmaroda durch andere ersetzt, die derselbe bei seiner Durchforschung der Wälder des Quindiu-Gebirges sammelte; diese dienten mir zur Anfertigung der Taf. IV gezeichneten Schnitte.

ein Bild der Entstehung des Wachses, welche ich an dieser Palme beobachtete.

Die Cuticula der Gipfelknospe und die Epidermialzellen derselben zeigen an dieser Palme dasselbe physikalische und chemische Verhalten, wie diese Membranen an gleichnamigen Orten anderer Pflanzen.

Nach dem Abfall der Blätter treten an den peripherischen Wandungen der freigelegten Epidermialzellen Cuticularschichten auf, die sich in Aether lösen und an den älteren Stammtheilen abwärts bis 5<sup>mm</sup> an Dicke zunehmen. Die Blattnarben des Stammes bleiben gänzlich frei von dieser Wachsschicht. Die chemische Untersuchung dieses Wachses führte ich 1847 (Vegetationsorgane der Palmen) aus, es besteht aus einem Gemenge von Wachs (C 78,9, H 12,7, O 8,3) und einem krystallisirbaren Harze (C 81, H 11, O 7), wie dieß schon Boussingault für das Wachs des Ceroxylon angegeben hatte.

Die innersten Cuticularschichten der Epidermialzellen (Fig. 6), so wie auch die übrigen Theile dieser Letzteren lösen sich nicht in Aether oder Aetzkali. Die innerste Schicht jeder Zelle zeigt noch eine schwache Cellulosereaction; es ist ersichtlich, daß die Umwandlung der Cellulose in Cuticularsubstanz und in die harzige Wachsschicht von Außen nach Innen an jeder Zelle vor sich geht. Die inneren Schichten des in Aether löslichen Stoffes sind auch in Alkohol etwas löslich, ebenso entzieht der Alkohol den nicht in Aether löslichen Theilen der Epidermialzellen einen Antheil ihrer Substanz, der sich auch nach längerer Maceration mit Glycerin aus derselben aussondert, ebenso wie es an dem oben von Pinus beschriebenen Harz bildenden Zellgewebe stattfindet. Es deutet dieses verschiedene chemische Verhalten der verschiedenen Schichten darauf hin, daß das nächste Umsetzungsproduct der cuticularisirten Epidermialzellwandung der harzartige Antheil des Wachses sey, der erst durch Einwirkung der Atmosphäre in das Wachs verändert werde. Hier ist es stets *dieselbe* Zellwand, die die Nahrungsflüssigkeit assimilirt und in ihren verschiedenen Schich-

ten von Innen nach Aussen in die verschiedenen chemischen Combinationen formt (ein anderweitig hinreichend erkanntes Factum) — *dort*, bei dem Harz der Kiefer, fanden wir die Entstehung desselben von der gleichzeitigen Bildung endogener Zellen begleitet. In meiner Arbeit über die Cuticula (bot. Zeit. 1848 S. 129) habe ich durch die Entwicklungsgeschichte derselben nachgewiesen, dafs sie als Ausschwitzungsproduct der Epidermialzellen nicht betrachtet werden könne.

Auch hier sehen wir die Hüllhaut, als eine in Alkohol und Aether unlösliche Membran das cambiale Gewebe der Gipfelknospe bedecken, welche, wenn auch schwierig, dennoch nach wiederholter Behandlung mit Chlorzinkjodlösung in den jüngsten Theilen Andeutungen der Cellulosereaction zeigt; an etwas älteren Theilen sich wie Cuticularsubstanz verhält und später, mit den äufsersten Schichten der Epidermialzellen verschmolzen, als harzartiges Wachs auftritt.

Taf. IV, Fig. 6 und 7 stellt die äufserste Rindenschicht der Basis eines 60 Fufs hohen Stammes einer Wachspalme dar, der auch hier noch von der ursprünglichen mit Spaltöffnungen versehenen Epidermis bedeckt ist. Die cuticularisirten Schichten der Epidermis Fig. 7 sind von den eigentlichen Epidermialzellen Fig. 6 gesondert. Fig. 3 stellt einen Querschnitt durch die Epidermialzellen dicht oberhalb der etwas eingesenkten Spaltöffnungen (6 a) dar, Fig. 4 einen correspondirenden Schnitt durch die Wachsschicht Fig. 7. In Fig. 5 ist eine Spaltöffnung mit dem angränzenden Gewebe stärker vergrößert; man sieht die centrale luftführende Zelle mit dem oberen und unteren Spalt (*a* und *a*), die ich in jener Arbeit über die Hüllhaut 1848 zuerst nachwies und die von den Pflanzenanatomern bisher als solche noch immer unbeachtet geblieben ist. Unter der Epidermis befindet sich ein Gewebe aus rundlichen, stark verdickten, porösen Zellen, deren äufseren Wandungen aus Lignin, deren innere poröse aus Cellulose bestehen. Eine grofse luftführende Zelle, von zarthäutigen Zellen umgeben, befindet sich unter jeder Spaltöffnung; in sie mündet der untere Spalt derselben. Das Wachs ist nur oberhalb der Epidermialzel-

len, nicht oberhalb der Spaltöffnungszellen, wie man aus Fig. 6 u. 7 Taf. IV sieht; jeder Spaltöffnungszelle entspricht ein cylindrischer Kanal (Fig. 7), den Epidermialzellen dagegen entsprechen genau die nebeneinanderstehenden Cylinder der Wachsschicht<sup>1)</sup>. Diese Cylinder der Wachsschicht sind durch Flächen abgegränzt, die an der peripherischen Seite zuweilen durch dünne Luftschichten von einander getrennt sind (Intercellularräume). Die Epidermialzellen enthalten eine klare Flüssigkeit, selten finden sich in einer oder der anderen derselben körnige Stoffe.

Die Annahme eines bloßen Ausschwitzen des harzartigen Körpers aus den Epidermialzellen wird durch diese Structur der cuticularisirten Schichten nicht gerechtfertigt. Wollte man annehmen, der das Gewebe des Palmenstammes tränkende Saft enthalte den harzigen Stoff aufgelöst, der nun nach und nach an der Oberfläche als Rückstand des aus den Epidermialzellen durchgeschwitzten, verdunsteten Saftes zurückbleibe, wie sonst wohl die Entstehung der Cuticula und der cuticularisirten Epidermialschichten gedacht wurde: so tritt hier durch die Wachsschicht, die die Verdunstung der Flüssigkeit hindern muß, aus welcher sich an der inneren Seite dieser Wachsschicht die jüngste Cuticularschicht absetzen soll, eine unüberwindliche Schwierigkeit für diese Erklärungsweise entgegen, abgesehen davon, daß sowohl die Entwicklungsgeschichte der Cuticula, als auch die oben angeführte Structur der Wachsschicht selbst, einer solchen Annahme widerspricht.

Wäre das Wachs der Rückstand der verdunstenden Nahrungsflüssigkeit, so müßten die Epidermialzellen und noch mehr die Zellen und Lufträume unter den Spaltöffnungen mit dem Wachs gänzlich angefüllt seyn, denn diese Spaltöffnungen sind die einzigen Orte wo, nach der ersten Bildung der wachsartigen Cuticularschichten, eine Verdunstung

1) Da die Wachsschicht sich schwierig schneiden läßt, vielmehr gespalten wird, so ist es schwierig, dieselbe auf längere Strecken mit der Epidermis im Zusammenhange abzuscheiden; so gehört auch der gezeichnete Schnitt nicht zu der nebenliegenden Epidermis.

stattfinden kann, ja man dürfte vermuthen, daß sich das Secret besonders oberhalb der Spaltöffnungen anhäufe. Diese Zellen des Spaltöffnungsapparates enthalten jedoch kein Wachs oder Harz, sie sind völlig leer.

Daß sich auf den Blattnarben des Stammes kein Wachs findet, könnte man durch eine größere Impermeabilität des hier entstandenen korkartigen Gewebes für die Nahrungsflüssigkeit erklären.

So schwierig es auch zur Zeit ist vom chemischen Standpunkte aus, diese von mir vorgeführte Bildungsweise der sauerstoffarmen Kohlenwasserstoffverbindungen aus der Cellulose und den verwandten Kohlenhydraten zu erklären: so lassen doch die dabei obwaltenden formellen Verhältnisse wohl keine andere Erklärungsweise zu, und es ist freilich auch diese Schwierigkeit nicht größer als die Erklärung der Cellulosebildung durch die Vereinigung von unbekannten organischen Verbindungen mit unorganischen Stoffen, der Kohlensäure oder dem Sauerstoffe.

Die Beantwortung dieser Frage ist aber von der größten Wichtigkeit für die richtige Würdigung des Werthes dieser Absonderungsstoffe in Bezug auf den Organismus. Diejenigen, die die Zellenhäute durch Apposition, durch Niederschläge auf dieselbe sich verdicken lassen, erklären sich die Entstehung der Harze etc. als Educte aus dem sich zerlegenden Pflanzensaft: sie verlegen, als Humoralphysiologen die ganze Organisationsthätigkeit in die Säfte des Organismus. Richtiger und weniger einseitig beurtheilen wir die organisirende Thätigkeit, meiner schon in *„de cella vitali 1843“* ausführlich erörterten Meinung nach, wenn wir neben den im Zellsaft (nicht in der allgemeinen Nahrungsflüssigkeit) vor sich gehenden Neubildungen von Secretions- und Vegetations-Zellen (mit ihrem Inhalte) auch der Zellenwandung ihre schwer zu verkennende Assimilationsthätigkeit lassen, d. h. ihre Fähigkeit den durch Imbibition aufgenommenen allgemeinen Pflanzensaft zu zerlegen in einen zu ihrem eigenen Wachstume zu verwendenden Antheil und einen zweiten mit ihrem flüssigen Inhalte sich mengenden.



Die genaueste Kenntnifs der Formveränderungen der Elementarorgane des Organismus mufs jedenfalls der Erklärung der chemischen Veränderungen derselben vorhergehen.

*X. Ueber das Verhalten der zerriebenen Stärkekörner gegen kaltes Wasser;  
von Prof. Delffs in Heidelberg.*

(Mitgetheilt vom Hrn. Verf.)

Die schon vor Jahren erörterte Streitfrage, ob ein Theil der Stärke in kaltem Wasser löslich sey, ist vor Kurzem von Jessen <sup>1)</sup> wieder in Anregung gebracht worden. Derselbe bestätigt neuerdings <sup>2)</sup> die von Guérin-Varry und mir aufgestellte Behauptung, dafs zerriebene Stärke an kaltes Wasser einen Bestandtheil abtritt, welcher in der Lösung, die unter dem Mikroskop keine mechanisch suspendirten Theile wahrnehmen läfst, durch Zusatz von Jod nachgewiesen werden kann. Es entsteht nämlich durch diesen Zusatz eine intensiv blaue Färbung, ohne dafs man auch hier (in der blauen Lösung) weder unmittelbar, noch unter Zuziehung des Mikroskops, die geringste Spur eines Niederschlags entdecken könnte. Ungeachtet mit der Feststellung dieses Factums die endgültige Entscheidung über die im Eingang erwähnte Streitfrage gegeben zu seyn scheint, indem es sich dabei durchaus nicht um das Mehr oder Weniger des aufgelösten Stoffs handeln kann: so ist doch der in Rede stehende Versuch der Art, dafs eine fehlerhafte Wiederholung desselben <sup>3)</sup> zu unrichtigen Schlussfolgerungen führen, und dadurch aufs Neue Zweifel erre-

1) Pogg. Ann. Bd. CVI, S. 497.

2) Eine frühere Bestätigung findet sich auch im Jahrb. d. Pharm. (Erste Reihe, Bd. XXX, S. 65) von Reinsch.

3) Vergl. Wicke, Pogg. Ann. Bd. CVIII, S. 359.

