# Ueber die anatomische Bedeutung und die Entstehung der vegetabilischen Schleime.

Von

Dr. A. B. Frank.

(Mit Taf. XV—XVI.)

---

Die Form, in welcher die vegetabilischen Schleime in der Pflanze auftreten, ist nur für einige dieser Körper mit Sicherheit erwiesen; bei vielen anderen sind die vorhandenen Angaben höchst mangelhaft und zum Theil widersprechend; für die wenigsten aber ist eine befriedigende Untersuchung der Entwickelungsgeschichte, welche die unzweifelhafteste Aufklärung über ihre Bedeutung geben könnte, vorhanden. Bei Gelegenheit der chemischen Untersuchung dieser Stoffe [1]) schien mir die Erörterung dieser Fragen von besonderem Interesse zu sein, und ich habe diesen Theil meiner Untersuchungen von dem ersteren getrennt, um ihn an diesem Orte zur Kenntniss zu bringen.

## 1. Schleim der Leinsamen.

Der Schleim der Leinsamen wurde, wie der der übrigen schleimgebenden Samen, von Kützing [2]) für eine Auflagerung der Aussenfläche der Zellhaut gehalten, von welcher er durch Schütteln mechanisch abgerissen werde. Cramer [3]) erkannte seine wahre Bedeutung als secundäre Membran der äusseren Zellschicht; er zeigte, dass in den oberflächlichen, später mit Schleim erfüllten, sowie in den nächstliegenden tieferen Zellen des jungen Samens von Linum, Cydonia

1) Journ. f. prakt. Chemie XCV, p. 479 ff.

2) Grundzüge der philosoph. Bot. I, p. 194.

3) Pflanzenphysiol. Untersuchungen. Zürich 1855, p. 1.

und Plantago ursprünglich zahlreiche Stärkekörner enthalten seien, welche später wieder resorbirt werden, und von denen er glaubt, dass sie sich in Schleim umwandeln. Karsten[1]) betrachtet die aufquellbare Substanz der genannten Samen als die aus concentrischen Wachsthumsschichten zusammengesetzte Membran der Tochterzellen der Oberhautzellen. Nach ihm soll dieselbe nicht als ein Niederschlag aus dem Zellsafte auf die innere Wand der Zelle entstehen, sondern als ein Product „der durch die Assimilationsthätigkeit bewirkten Umwandlung der Zellmembranen" zu betrachten sein. Auch Nägeli[2]) lässt den Schleim die Verdickungsschichten der äusseren Zellschicht bilden. Nach Hofmeister[3]) stellt die aufquellende Substanz bei Linum usitatissimum eine Verdickung der Aussenwand der oberflächlichen Zellen dar, welche so stark ist, dass nur in einzelnen Zellen Reste der Zellhöhlung erkannt zu werden pflegen, und welche homogen, ohne Schichtung erscheinen soll.

Wird ein recht dünner Querschnitt durch die Epidermis des Leinsamens unter Alkohol beobachtet, so zeigt sich, dass der Schleim die oberflächlichen Zellen als eine nur undeutlich geschichtete Masse fast gänzlich ausfüllt; nur in der Mitte liegt ein höchst enger, kappenförmiger, nach innen concaver Hohlraum (Fig. 1, a). Bringt man vorsichtig Wasser hinzu, bis eine Spur von Aufquellung eintritt, und sistirt dann dieselbe sofort durch Alkoholzusatz, so erscheint die Zellhöhlung deutlicher (Fig. 2, a), und der Schleim erweist sich als secundäre Membran von schichtenförmigem Baue, die sowohl der äusseren als der inneren Zellwand angehört. Die Zellhöhle scheint Hofmeister an einer falschen Stelle gesucht zu haben, daher ihm die konische secundäre Membran der Innenwand entgangen ist. Bei Einwirkung von Wasser quellen die secundären Membranen rasch zu einer optisch homogenen Masse auf; nur die dünnen primären Membranen bleiben unverändert, doch lässt sich eine Streckung der Seitenwände nicht verkennen. Mit Jod und Schwefelsäure nehmen die primären Membranen eine blaue Farbe an. Der Schleim wird dadurch nicht gefärbt; mit Salpetersäure liefert er Kleesäure und Schleimsäure; er gehört somit nicht zur Cellulose, sondern zum Pflanzengummi. In Kupferoxydammoniak ist der Schleim unlöslich, so dass nicht nur seine wässrige Lösung durch dieses Reagens in

1) Ueber die Entstehung des Harzes u. s. w. Bot. Zeit. 1857, p. 319.

2) Pflanzenphysiol. Untersuch. 2. Heft. Zürich 1858, p. 211.

3) Berichte der königl. sächs. Gesellsch. d. Wissensch. Mathem.-Physik. Cl. 1858, p. 20.

Flocken gefällt wird, sondern auch eine Aufquellung der Samen in demselben kaum erfolgt, wenngleich die Zellhöhle dabei mit grösserer Deutlichkeit sichtbar wird. Man kann sich daher auch auf diese Weise leicht den Bau dieser Schleimzellen klar machen.

An unreifen Samen, noch ehe die Grünfärbung des Embryo eingetreten ist, findet man die oberflächlichen Zellen wie die übrigen noch dünnwandig, nur die äussere Wand ist durch eine schon gebildete Cuticula stärker als die Seitenwände. Diese Zellen und ebenso die der zunächst angrenzenden Schicht sind reichlich mit einfachen und zusammengesetzten Stärkekörnern und etwas kleinkörniger, durch Jod sich bräunender Substanz erfüllt. Mit dem Eintritt der Grünfärbung des Embryo geht nun die Entstehung der aufquellbaren secundären Membranen der oberflächlichen Zellen ziemlich Hand in Hand, und die Ausbildung derselben ist dann auch in kurzer Zeit beendet. Zuerst erscheint auf der Innenfläche der Aussenwand die secundäre Membran in wenigen Schichten, während die Zellen noch dicht mit Stärkekörnern erfüllt sind (Fig. 3); in kurzer Zeit verdickt sich dieselbe aber durch Ablagerung neuer Schichten, so dass die Zellhöhle von aussen nach innen beträchtlich verkleinert wird (Fig. 4). Auch dann enthalten die oberflächlichen und die zunächst benachbarten Zellen noch zahlreiche Stärkekörner, von denen aber viele an den Rändern corrodirt erscheinen, also im Zustande der allmählichen Auflösung sich befinden. Zuletzt erst werden die Schichten des kegelförmigen, der Innenwand der Zelle angehörigen Theiles der secundären Membran, welche das Lumen der Zelle allmählich ausfüllt, abgelagert, indessen der Stärkegehalt der Zelle fortwährend schwindet. In allen diesen Entwickelungsstadien quellen die Verdickungsschichten beim Betupfen mit Wasser auf, treten aus der Zelle heraus und nehmen dabei die eingeschlossenen Stärkekörner mit sich fort; durch Alkohol werden sie wieder zum Gerinnen gebracht; auch färben sie sich bereits in diesen Stadien mit Jod und Schwefelsäure nicht blau, sondern nur gelb. Sie dürften somit schon vom ersten Erscheinen an aus demselben chemischen Stoffe gebildet sein, wie im ausgebildeten Zustande.

Die Seitenwände aller dieser Schleimzellen werden von den nicht aufquellenden primären Membranen gebildet; es findet also während der Ablagerung der schleimigen Verdickungsschichten keine Zelltheilung statt, und die Schleimzellen sind nicht, etwa nach Analogie der Epidermis des Viscumstammes, die Tochterzellen der Oberhautzellen, für welche sie Karsten ausgiebt. — Die Entstehung

und das Wachsthum der aufquellbaren Zellwände durch Apposition an die primäre Membran und nicht durch Umwandlung und Intussusception der letzteren wird nicht nur dadurch wahrscheinlich, dass am ausgebildeten Samen nach der Behandlung mit Wasser die oberflächlichen Zellen noch immer aus den unveränderten primären Membranen, wie in den jugendlichen Zuständen, wo noch kein Schleim gebildet ist, bestehen, sondern auch dadurch, dass die innersten Schichten der secundären Membran der Aussen- und Seitenwände einen viel geringeren Flächenraum besitzen, als der von ihnen verdeckte Theil der primären Membran. Wenn sich nun auch in diesem Falle kein eigentlicher Beweis für das Wachsthum durch Apposition beibringen lässt, so muss doch der Bestimmtheit, mit welcher Karsten die Entstehung des Schleimes durch Umwandlung und Intussusception der ursprünglichen Membran behauptet, entschieden entgegengetreten werden, denn wenn derselbe dafür als Beweis das Wachsthum der Zelle während der Bildung der Verdickungsschichten anführt, so trifft dieses Argument schon gar nicht zu, weil das Wachsthum dieser Zellen bei Entstehung ihrer Verdickungsschichten schon zu Ende ist; übrigens würde aus einem Wachsthume der Zelle während der Bildung ihrer Verdickungsschichten, unter der Voraussetzung der constant bleibenden Dichtigkeit der Zellhaut, allerdings noch eine Intussusception in allen vor dem Wachsthumsabschlusse gebildeten Schichten, nimmermehr aber eine Differenzirung einer ursprünglich homogenen Membran in verschieden organisirte Lamellen gefolgert werden müssen. Und wenn Karsten gar an einer anderen Stelle (l. c. p. 319) den Mangel der Aufquellungserscheinungen am unreifen Samen als Beweis für die spätere Umwandlung der Zellmembran in die aufquellende Substanz einführen will, so ist das ein Unternehmen, dessen Kritik wohl unterbleiben kann.

Von den zahlreichen übrigen Samenschleimen gehören noch einige in die Gruppe des Leinsamenschleimes; unter ihnen ist der bekannteste der von Plantago Psyllium. Ueber die anatomische Bedeutung und die Entstehung desselben sind von den verschiedenen Forschern die nämlichen Ansichten gehegt worden wie beim Leinsamenschleime.

Der Schleim der Plantago-Arten (Plantago Psyllium, lanceolata) füllt die oberflächlichen Zellen des Samens fast vollständig aus, nur bisweilen ist im Grunde der Zelle noch ein Rest einer seichten Zellhöhle mit etwas körnigem Stoffe vorhanden. Dünne Schnitte zeigen unter Alkohol, am besten wenn ein Minimum von Aufquellung vorhergegangen ist, den Schleim aus zahlreichen, der Aussenwand

der Zelle parallelen Schichten gebildet, wie dies Hofmeister (l. c. Taf. I. Fig. 2 c) bereits dargestellt hat. Dass der Schleim in der That als secundäre Membran der Aussenwand zu betrachten ist, zeigt die Entwickelungsgeschichte unzweideutig. In den reifenden Samen von Plantago lanceolata besteht, wie bei Linum, die oberflächliche Schicht anfänglich aus dünnwandigen Zellen, welche dicht mit einfachen und zusammengesetzten Stärkekörnern erfüllt sind. Es erscheint dann zunächst eine dünne, aufquellbare Verdickungsschicht der Innenseite der Aussenwand aufgelagert, welche mit fortschreitender Entwickelung des Samens an Mächtigkeit gewinnt, wobei die Stärkekörner allmählich resorbirt werden, bis endlich fast das ganze Lumen von den Verdickungsschichten ausgefüllt und der Stärkegehalt gänzlich verschwunden ist. Die Plantagoschleime lösen sich, verschieden vom Leinsamenschleim, mit Leichtigkeit im Schweizer'schen Reagens auf. Durch Jod und Schwefelsäure werden sie gleichfalls nicht gebläut; mit Salpetersäure lieferte mir der Flohsamenschleim Kleesäure und Schleimsäure, er gehört somit, wie der Leinsamenschleim, zum Pflanzengummi.

An diese Gruppe der Samenschleime reiht sich, wenn auch dem inneren Gewebe der vegetativen Organe angehörig, jedoch in chemischer und histologischer Hinsicht hierher gehörig, der Schleim der Althaea officinalis an.

Nach Link[1]) liegt der Eibischschleim in den Zellen der Wurzeln als kleine Körner, wie das Stärkemehl, die aber bei Aufguss von Wasser verschwinden sollen. Schmidt[2]) tritt dieser Angabe entgegen, die dünnwandigen Zellen der Wurzel seien ganz mit Stärkekörnern angefüllt und letztere in dem Schleime eingebettet. Nach Kützing[3]) soll auch dieser Schleim mit Jod und Schwefelsäure sich blau färben und daher Cellulose sein; er scheint auch diesen für Verdickungsschichten der Zellmembran zu halten. Wigand [4]) hält diesen und den Schleim der Cacteen für die mehr oder weniger desorganisirte Verdickungsschicht der Zellwand; er beobachtete in der Mitte dieser Schleimzellen mehr oder weniger deutliche Spuren einer undeutlich begrenzten Höhle.

Der Altheeschleim ist in dem Parenchym aller vegetativen Or-

---

1) Schweigger's Journal Band 13, p. 186 ff.

2) Ueber Pflanzenschleim und Bassorin. Ann. d. Chem. u. Pharm. 1844, p. 53—54

3) l. c. p. 195.

4) Ueber die Deorganisation der Pflanzenzelle, Pringsheim's Jahrb. 3. Band p. 149.

gane, am reichlichsten im Rhizome enthalten. Befeuchtet man einen Querschnitt aus letzterem nur mit so viel Wasser als eben hinreicht, um das Präparat zu erweichen und auszubreiten, so erkennt man unter dem Mikroskope, dass die meisten Zellen des Markes mit Stärkekörnchen reichlich erfüllt sind; unter diesen liegen zerstreut noch andere Zellen, welche sich durch ihren das Licht stärker brechenden, in Folge von Aufquellung halbkugelförmig über das Präparat hervortretenden, keine Formelemente einschliessenden Inhalt als Gummizellen erweisen. Der ganze Gummigehalt des Rhizoms rührt von diesen Zellen her, denn man kann sich durch Betasten mit der Präparirnadel überzeugen, dass die Stärkezellen eine ganz dünnflüssige, die freie Beweglichkeit der Körnchen durchaus nicht hindernde Flüssigkeit enthalten, während nur der Inhalt der Gummizellen an der betupfenden Präparirnadel Faden zieht und auf Zusatz von Alkohol durch Gerinnen undurchsichtig wird. Man bemerkt nun aber auch, dass der Schleim die Zellen meist nicht vollständig ausfüllt, sondern dass in der Mitte eine rundliche oder meist längliche Lücke sichtbar ist (Fig. 5). Setzt man Alkohol hinzu, so tritt sofort ein concentrisch um die centrale Höhle geordneter schichtenförmiger Bau in der vorher scheinbar homogenen Schleimmasse hervor, daher denn die letztere als die secundäre Zellmembran betrachtet werden muss.

Diese Schleimzellen scheinen unter den Malvaceen eine weite Verbreitung zu haben. Nach Schultz[1]) sind es Gummikanäle, welche bei Hibiscus diversifolius von kleinen Zellen umstellt sind, während bei Hibiscus mutabilis nur eine Zelle in einer Zellreihe des gleichmässigen Gewebes fehle. Bei beiden Pflanzen sind es Gummizellen wie bei Althaea mit einer Spur einer centralen Zellhöhle und mit dünnen, nicht aufquellenden, besonders an den bei H. mutabilis häufig paarweise neben einander vorkommenden Schleimzellen deutlichen primären Membranen.

Die Entwickelungsgeschichte erweist unwiderleglich die Bedeutung des Schleimes als secundäre Membran. Sie ist leicht zugänglich an den oberirdischen Stämmen unserer Malven. Bei Malva vulgaris findet sich Gummi ebenfalls als secundäre Membran gewisser Zellen, ausserdem tritt in allen übrigen Zellen des Parenchyms ein gummiartiger Stoff im Zellsafte gelöst auf. Anfänglich sind alle Zellen dünnwandig und mit Protoplasma und mehreren Zellenkernen erfüllt. Später bildet sich dann in den meisten Zellen das Gummi

1) Die Natur der lebendigen Pflanze. Berlin 1823. p. 671.

im Zellsafte, während die Zellenkerne noch in demselben enthalten sind. In einigen wenigen Zellen aber erscheint der primären Membran eine in Wasser aufquellende, durch Alkoholzusatz festwerdende und mehr oder weniger deutlich in concentrische Schichten sich differenzirende Haut aufgelagert, die nicht selten Spuren von Tüpfelbildung zu erkennen giebt (Fig. 6). In den älteren Theilen des Stammes findet man diese Verdickungsschichten von grösserer Mächtigkeit und das Lumen der Zelle entsprechend verengert. Dass auch hier die Schleimschicht nicht auf Kosten der primären Membran entsteht, sondern als eine auf letzterer abgelagerte secundäre Membran aufzufassen ist, lässt sich leicht an den Schleimzellen des Althäarhizomes nachweisen. Wenn diesen Zellen durch Behandlung mit Wasser der Schleim entzogen worden ist, so sind ihre primären Membranen noch unversehrt, wie man deutlich an den Intercellulargängen, welche sie mit den benachbarten Zellen bilden, und am unzweifelhaftesten da erkennt, wo mehrere Schleimzellen unmittelbar einander berühren (Fig. 7).

Der Altheeschleim färbt sich mit Jod und Schwefelsäure nur gelb; mit Salpetersäure behandelt, liefert er Kleesäure und Schleimsäure und gehört daher ebenfalls zum Pflanzengummi.

## 2. Schleim der Quittensamen.

Ueber die Bedeutung dieses Schleimes sind die nämlichen Ansichten gehegt worden wie über die des Leinsamenschleimes. Kützing[1]) stellt den Quittenschleim zur Cellulose, weil derselbe sich durch Jod und Schwefelsäure blau färbe, und da er bisweilen gefunden habe, dass die Schleimzellen ohne Zusatz von Schwefelsäure durch Jodtinctur blassblau werden, so hält er ihn für mit Amylum vermischt. Auch nach Cramer[2]) wird der Schleim durch Jod und Schwefelsäure gebläut und giebt mit Salpetersäure nur Kleesäure. Nach Hofmeister[3]) ist bei den Quittensamen die Sonderung der aufquellenden verdickten Aussenwand in kappenförmige Lamellen ganz besonders deutlich; letztere vereinzeln sich im Wasser, quellen nur sehr langsam auf und behalten im Wasser liegend ihre Form tagelang.

Wird ein dünner Querschnitt durch die Epidermis des Quittensamens mit Wasser betupft, so zeigt sich, dass die die Zelle ganz

1) l. c. p. 195.

2) l. c. p. 6 ff.

3) l. c. p. 22—23.

erfüllende aufquellbare Substanz aus abwechselnden, kappenförmigen, mit der Concavität der Basis zugekehrten Schichten eines in Wasser löslichen und eines unlöslichen Theiles besteht. Der letztere erscheint in kappenförmigen Lamellen, die sich im Wasser ungelöst, nur aufgequollen, in ihrer Form erhalten, wie dies Hofmeister (l. c. Taf. I. Fig. 3) bereits dargestellt hat. Die dünnen primären Membranen quellen in Wasser nicht auf, nicht einmal eine Streckung der Seitenwände erfolgt, wie dies bei Linum der Fall ist. Jod und Schwefelsäure färben die primären Membranen blau. Der lösliche Theil des Schleimes lässt sich durch Filtration von dem unlöslichen trennen; beide Theile zur Trockne gebracht, färben sich durch Jod weinroth, Zusatz von Wasser bringt darauf eine sehr bald wieder verschwindende blaue Färbung hervor; dagegen erzeugt Schwefelsäure eine viel beständigere tiefe Bläuung. Mit Salpetersäure behandelt liefert der Quittenschleim nur Kleesäure und keine Schleimsäure; er ist somit chemisch von der vorigen Gruppe von Schleimen verschieden, er gehört der Cellulose an. In Kupferoxydammoniak quellen die Verdickungsschichten nur wenig auf und treten aus der Zelle heraus; eine Vertheilung in der Flüssigkeit findet aber nicht statt, die kappenförmigen Schichten bleiben mit Deutlichkeit erhalten.

An dem Eichen der Quitte findet man bald nach dem Verblühen, etwa Mitte Juni, die oberflächliche Schicht aus Zellen von fast quadratischem Durchschnitt und von dünnen Membranen bestehen, welche sich durch Jod und Schwefelsäure blau färben, nur die äusseren Zellwände sind aussen bereits mit einer dünnen, durch Jod und Schwefelsäure gelb gefärbten Cuticula überzogen. Der Zellinhalt besteht wie der der tieferliegenden Zellen aus Protoplasma, welches durch Einwirkung der Säure contrahirt wird. Bis Ende Juli erreichen die Zellen ihre normale Grösse und cylindrische Gestalt, indem die Seitenwände sich beträchtlich verlängern. Der trübe, protoplasmareiche Inhalt führt jetzt kleine Stärkekörnchen in nicht bedeutender Menge und schrumpft durch Säuren zusammen, wodurch die Zellwand als ein noch völlig unverdicktes Häutchen entblösst wird (Fig. 8). Anfang August beginnt dann die Ablagerung der kappenförmigen Verdickungsschichten der Aussenwand und schreitet ziemlich rasch bis auf die Basis der Zelle fort (Fig. 9). Der Zellinhalt ist dabei noch von Protoplasma getrübt, Stärkekörnchen konnte ich in ihm nicht mehr wahrnehmen. Der Quittenschleim ist also ebenfalls als die secundäre und zwar lediglich der Aussenwand angehörige Membran der Epidermiszelle zu betrachten, und da auch hier jede dieser Schleim-

zellen von der primären nicht aufquellenden Membran umhüllt ist, so sind dieselben nicht als Tochterzellen, sondern als die ursprünglichen Epidermiszellen selbst anzusehen. Bereits in diesen Bildungsstadien zeigen die Verdickungsschichten die Fähigkeit, auf Zusatz von Wasser stark aufzuquellen und aus der Zelle herauszutreten, auch färben sie sich um diese Zeit schon durch eingetrocknetes Jod weinroth und auf nachherigen Zusatz von Schwefelsäure blau, und dürften somit auch hier als schon von Anfang an aus demselben chemischen Stoffe bestehend betrachtet werden müssen. Wenn die Ansicht von Cramer, dass die Stärkekörner der oberflächlichen und der angrenzenden Zellen der unreifen schleimgebenden Samen das Material für die Bildung des Schleimes liefern, für Linum viel Wahrscheinlichkeit in Anspruch nimmt, so würde doch bei der Quitte der Stärkegehalt jener Zellen nur einen höchst geringen Theil dieses Materials hergeben können.

An den Quittenschleim schliesst sich in chemischer und histologischer Hinsicht eine grosse Reihe von Schleimen an, welche die Verdickungsschichten der Seitenwände der oberflächlichen Zellen von Samen oder Pericarpien darstellen, und als deren Vertreter der Schleim der Salvia-Arten gelten mag. Schleiden[1]) hielt denselben für den Zellinhalt; dagegen zeigte v. Mohl[2]), dass er bei den Ruellien ein aufquellender Theil der Zellwand sei. Nach Hofmeister[3]) besteht die aufquellbare secundäre Membran der Schleimzellen von Salvia Horminum aus einer äusseren und einer inneren stark aufquellbaren Schicht, zwischen welchen beim Quellen eine mittlere stärker lichtbrechende hervortritt und zu einem in der Regel links gewundenen Spiralbande auseinanderweicht. Diese durch Zerreissung entstehende Spiralfaser sei anfangs einfach und spalte sich bei weiterem Aufquellen in vier secundäre dünne Fasern. Neuerdings wies Nägeli[4]) darauf hin, dass der Schleimcylinder dieser Zellen, besonders deutlich der kein Spiralband umschliessende von Ocymum basilicum, concentrisch geschichtet sei, und die einzelnen Schichten auf der Längsansicht spiralig gestreift erscheinen durch abwechselnde stärker und schwächer aufquellende Streifen. Bei Salvia, auch bei S. Horminum, liegt nach Nägeli auf der Innenfläche

1) Beiträge zur Bot. p. 136.

2) Bot. Zeit. 1844, p. 323.

3) l. c. p. 28.

4) Ueber den inneren Bau der vegetabilischen Zellmembran. Sitzungsberichte der königl. bair. Akad. d. W. 9. Juli 1864, p. 48 ff.

des Spiralbandes keine Schleimschicht; das Spiralband bilde im unaufgequollenen Zustande eine ununterbrochene Lamelle, welche mit abwechselnden, sehr niedergedrückten Spiralstreifen von verschiedenem Verhalten zu Wasser versehen sei und beim Aufquellen durch eine Trennung an den weichen Streifen spiralig zerreisse. Bei S. Horminum seien die Spiralbänder sehr dicke, wendeltreppenartige, im Profil der Längenansicht als Stäbchen erscheinende Platten, in welche die Lamelle in ihrer ganzen Dicke zerreisse; überdies sei diese Lamelle concentrisch geschichtet durch abwechselnde Lagen aufquellender und nicht aufquellender Substanz, und auf diese Weise werde die Spiralplatte in drei bis vier secundäre Spiralfasern zerrissen.

Mir kam es zunächst darauf an, ein Urtheil darüber zu erhalten, ob die Spiralfasern, welche sich von wirklichen (als partielle Verdickung auftretenden) Spiralfasern in nichts unterscheiden, in der That durch Zerreissung einer in der nicht aufgequollenen Zelle continuirlichen Membran entstehen, was von Hofmeister und Nägeli zwar behauptet wird, aber nicht mit Sicherheit aus ihren Untersuchungen hervorgeht. Im nicht aufgequollenen Zustande ist nun allerdings über diese Verhältnisse nicht ins Klare zu kommen. Indessen findet man an den aufgequollenen Gallertschläuchen bisweilen Stellen, welche keine oder nur eine unbedeutende Quellung erlitten haben. So stellt Fig. 10 mehrere Fetzen der innersten Schicht der secundären Membran dar, auf welche das Wasser nur unbedeutend eingewirkt hat. Dieselben bilden hier in der That zusammenhängende Lamellen, welche mit einer höchst feinen Querstreifung versehen sind. Die Streifungslinien sind aus schwächer lichtbrechender und röthlich erscheinender, also minder dichter, weicherer Substanz gebildet (wie die Zwischenräume zwischen den Schichtungsschalen des Stärkekornes), und in diesen Richtungen erfolgt auch die Zerreissung der Lamellen in Fasern, wie dies an einigen Stellen der Figur deutlich ist. Das hier Gesagte bezieht sich auf Salvia sylvestris.

Sobald die zur Frucht sich ausbildenden Ovarien von Salvia sylvestris die Grösse des Acheniums erreicht haben, lassen die oberflächlichen Zellen mit Wasser benetzt Schleim austreten. Betrachtet man einen Querschnitt durch diese Zellschicht aus dieser Periode unter Alkohol, so zeigt sich auf der Innenseite der primären Membran bereits eine dünne Verdickungsschicht (Fig. 11 A, s); die Zelle ist mit braungelbem, körnigem Inhalte erfüllt, Stärkekörner nicht zu bemerken. Benetzt man das Präparat mit Wasser, so quillt die secundäre Membran rasch unter beträchtlicher Verengung der Zellhöhle

auf (Fig. 11 B). Die aufquellende Substanz erscheint dabei ganz homogen; auch auf Längsansichten zeigen sich die aus den cylindrischen Zellen hervorgetriebenen Schleimcylinder aus einer gleichartigen Substanz gebildet. Wenn die reifenden Früchtchen sich dunkelbraun zu färben beginnen, so erscheinen die Verdickungsschichten auf unter Alkohol liegenden Querschnitten nur wenig dicker als im ersteren Falle, aber man kann mehr oder weniger deutlich zwei concentrische Schichten an denselben unterscheiden (Fig. 12 A). Setzt man jetzt Wasser zu, so quillt nur die äussere Schicht der secundären Membran in der früheren Weise beträchtlich auf, während die innere nicht an Mächtigkeit zunimmt und nun durch stärkere Lichtbrechung noch deutlicher sich von der äusseren abhebt, indem sie als ein in Folge der Aufquellung der umgebenden Substanz gefaltetes Häutchen das verkleinerte Lumen der Zelle auskleidet (Fig. 12 B). Auf der Längsansicht der aufquellenden Zellen erscheint diese tertiäre Membran als ein meist vierfaches Spiralband. Allein in beiden Fällen wird in diesem Entwickelungsstadium der Zelle die tertiäre Membran mit Wasser in Berührung sehr rasch undeutlich, sie verliert ihre scharfen Contouren und ist bereits wenige Minuten nach der Benetzung des Präparates mit Wasser der Beobachtung entzogen. Bis zur Reife der Frucht tritt nun in diesen Zellen keine Veränderung weiter ein, als die, dass die tertiäre Schicht immer resistenter gegen Wasser wird und endlich in der völlig reifen Frucht als ein gegen tagelange Einwirkung von Wasser gänzlich indifferentes Spiralband erscheint.

Jod allein bringt an dem Salviaschleime keine Färbung hervor, dagegen wird durch Jod und Schwefelsäure nicht nur die Schleimschichte, sondern auch das Spiralband intensiv blau gefärbt; und zwar treten diese Reactionen auch schon in der jugendlichen Zelle an der noch in der Bildung begriffenen secundären Membran ein.

Aus der hier gegebenen Entwickelungsgeschichte geht hervor, dass von den Verdickungsschichten dieser Zellen die aufquellbare secundäre Membran zuerst auftritt und übereinstimmend mit den bisher betrachteten schleimgebenden Zellen schon bei ihrer Entstehung die chemischen und physikalischen Eigenthümlichkeiten ihres ausgebildeten Zustandes besitzt; ferner dass die tertiäre nicht aufquellbare Schicht erst nach der Entstehung der secundären Membran erscheint. Der Umstand, dass die tertiäre Schicht in ihren jüngsten Stadien ebenfalls aufquellbar ist, und nach deren Aufquellung die Verdickungsschichten denselben Anblick bieten wie in dem Stadium, in welchem

jene Schicht noch fehlt, liefert ohnstreitig einen Wahrscheinlichkeitsgrund für diejenige Ansicht, welche die spiralig zerreissende Innenschicht nicht durch Apposition, sondern durch Differenzirung aus der Schleimschicht entstehen lässt; um jedoch ein entscheidendes Urtheil in dieser Richtung zu fällen, genügt er offenbar noch nicht. Wohl aber wird dadurch mit Sicherheit erwiesen, dass bei der Bildung der Zellmembran gewisse Theile derselben ihre physikalischen Eigenschaften wechseln können in Folge einer directen Umwandlung der Cellulose in eine neue Modification.

Von besonderem Interesse sind noch die Samenhaare der Ruellien, indem wir bei ihnen dem seltenen Falle begegnen, dass auf eine partielle secundäre Membran (Ringfasern) eine gleichmässige tertiäre Schicht folgt, ein Verhältniss, für welches ich ein ähnliches Beispiel an den Knötchenzellen des Eibenbastes nachgewiesen habe [1]). Während aber in dem letzteren Falle die Lücken der partiellen secundären Membran bei der Bildung der gleichmässigen tertiären Schicht nicht ausgefüllt werden, sondern als kleine Hohlräume in der Zellwand persistiren, liegt bei den Ruellien die tertiäre Schicht in den Zwischenräumen zwischen den Ringfasern der primären Membran dicht auf und schmiegt sich, ohne Hohlräume übrig zu lassen, über die Ringfasern hinweg. Aus diesem Grunde und wegen der nahen Verwandtschaft dieser Zellen mit den Schleimzellen von Salvia etc. liegt die Vermuthung nahe, ob die Ringfasern nicht etwa aus einer nachträglichen Differenzirung der gleichmässigen, gallertartigen Verdickungsschichten hervorgehen. Indessen findet man an den jungen Samenhaaren die erste zarte Anlage der Ringfasern auf der Zellwand, ohne dass bereits eine Schleimschicht vorhanden ist; ja selbst wenn die Ringfasern vollständig ausgebildet sind, ist noch keine solche nachweisbar; dieselbe tritt erst einige Zeit nach der Vollendung der Ringfasern auf. In diesem Umstande mag auch die Erklärung dafür liegen, dass Hofmeister einigen Ruellien (R. ciliata) die Schleimschicht in den Samenhaaren abspricht [2]), während Nägeli [3]) eine solche fand.

In einer anderen Beziehung interessant sind die ebenfalls hierher gehörigen Schleimzellen des Samens von Teesdalia nudicaulis. Nach Hofmeister [4]) stellt hier der aufquellende Theil der Zellwand einen bandförmigen Membranstreifen dar, welcher mit dem einen

1) Bot. Zeit. 1864, p. 160.

2) l. c. p. 27.

3) l. c. p. 52.

4) l. c. p. 24.

Rande in engsten rechtsumläufigen, dicht auf einander liegenden Schraubengängen um eine Achse gewunden ist, die mit einem im Mittelpunkte der freien Aussenfläche der Zelle errichteten Perpendikel zusammenfällt, wobei die Umgänge an ihren Innenrändern mit einander verwachsen. Der Membranstreifen ist zusammengesetzt aus 4 bis 6 seinen Rändern parallelen durchgehenden Streifen festerer wenig anschwellender, und neben wie zwischen ihnen liegenden Längsstreifen rasch bis zur Verflüssigung aufquellender Substanz. Hofmeister stellt nun, auf Teesdalia sich stützend, der Mohl'schen Lehre von dem Baue der vegetabilischen Zellmembran aus concentrischen Schichten eine neue Auffassung desselben als einer Schichtung, die auf der Involution einer Membran beruht, gegenüber[1]). Es hat nun schon Nägeli[2]) die Vermuthung ausgesprochen, die Verhältnisse bei Teesdalia möchten wohl von Hofmeister falsch gedeutet worden sein, und es unterliegt keinem Zweifel, dass derselbe gerade durch Teesdalia getäuscht worden ist.

Auf einem Durchschnitte durch den Samen unter Alkohol erkennt man in den oberflächlichen Zellen, nachdem durch Zusatz von wenig Wasser eine sehr geringe Aufquellung stattgefunden hat, dass nur ein Minimum einer Zellhöhle (Fig. 13 l) im Grunde der Zelle vorhanden ist. Die Verdickungsschichten sind auf der Aussenwand und den Seitenwänden abgelagert; und zwar sind folgende scharf abgegrenzte Theile derselben zu unterscheiden. Zunächst eine äussere, aufquellende, aber, so viel sich erkennen lässt, völlig structurlose Schicht (a); darauf folgt eine gleichfalls und zwar stark aufquellbare Schicht (b), welche mehr oder weniger deutlich mit einer feinen, dichten Querstreifung versehen ist; endlich eine dritte innerste, wiederum structurlose, aber nicht, selbst nicht in kochendem Wasser, merklich aufquellende, stärker lichtbrechende, bis auf den basalen Rest der Zellhöhle massive, konische Schicht (c). Die nämlichen Theile der secundären Membran lassen sich nun auch auf einem der Oberfläche des Samens parallelen Durchschnitte durch diese Zellen (Fig. 14) unterscheiden, und zwar zeigt sich hierbei, dass eine minimale Aufquellung in der mittleren Schicht b auch eine concentrisch geschichtete mehrfache Streifung hervortreten lässt. Setzt man nun die Zellen einem etwas höheren Grade von Aufquellung aus, so ist die nächste Folge die, dass die Mittelschicht b als ein Hohlcylinder aus der Zelle hervorgetrieben wird, indem sie, an ihren unteren Thei-

1) l. c. p. 30. 2) l. c. p. 54.

len fortwährend in fester Verbindung mit der primären Zellwand bleibend, durch die Wassereinlagerung eine starke Verlängerung in der Richtung der Achse der Zelle erfährt und somit je entfernter vom Grunde der Zelle sich um so weiter von dem gegen Wasser resistenten und daher unverändert in der Zelle zurückbleibenden, konischen Innentheil der secundären Membran abstreifen muss. An Samen, welche ihre Reife noch nicht vollständig erreicht haben, fehlt der innere konische Theil c, die Mittelschicht b umgiebt unmittelbar die noch grosse Zellhöhle, und die letztere ist mit Stärkekörnchen dicht erfüllt. Auf Wasserzusatz zeigt die Mittelschicht hier genau das nämliche Verhalten, wie im ausgebildeten Samen; die Stärkekörnchen sind allenthalben in dem Schleimcylinder eingeklemmt und werden bis auf die im unteren Theile der Zelle liegenden von demselben mit herausgehoben. Ausserdem findet man in den der Reife nahestehenden Samen nicht selten Zellen, deren Entwickelung weiter bis zur Anlage oder bis fast zur Vollendung der Innenschicht fortgeschritten ist, und man sieht dabei, dass die Stärkekörnchen in dem Maasse verschwinden, als die Innenschicht abgelagert wird[1]). Auf der Längsansicht des ausgetretenen Hohlcylinders zeigt sich nun in beiden Entwickelungsstadien die frühere Querstreifung deutlicher in Gestalt eines mehrfachen Systemes in einander steckender Spiralfasern, welche rechtwinklig zur Achse höchst enge Windungen beschreiben (Fig. 15). Stücke des Schleimcylinders, welche unvollständig aufgequollen sind, von oben gesehen, zeigen den Anfang der Sonderung in concentrische Fasern (Fig. 16; vergl. Fig. 14). Lässt man endlich reichlich Wasser auf die Zellen einwirken, so erscheinen deutliche, doppelt contourirte, häufig verzweigte oder netzförmig verbundene Spiralfasern, und zwar bietet sich dabei, da mehrere umeinander liegende Systeme von Spiralfasern vorhanden sind, gewöhnlich ein ziemlich wirres Bild, in welchem nur schwer eine einzelne Faser auf eine längere Strecke verfolgt werden kann. Indessen sind immer die äussersten Spiralfasern die deutlichsten, und diese erscheinen, wenn das Präparat durch Druck etwas auseinandergetrieben wird, continuirlich fortlaufend, den Schleimcylinder umkreisend (Fig. 17). In Anbetracht aller dieser Verhältnisse ist kein Grund vorhanden, dem Schleimcylinder von Teesdalia einen anderen Bau zuzu-

1) In dieser nachweislichen Aufeinanderfolge der Entstehung beider Schichten der secundären Membran liegt der directe Beweis für das Dickewachsthum der Membran dieser Zellen durch Apposition auf der Innenseite und nicht durch Intussusception und Differenzirung einer ursprünglichen, gleichartigen Haut.

schreiben, als einen concentrisch geschichteten, wobei jede Schicht beim Aufquellen eine oder mehrere Spiralfasern hervortreten lässt. Es kommen nun aber Erscheinungen vor, welche geeignet sind, eine Täuschung zu veranlassen. Gewöhnlich wird der Schleimcylinder beim Aufquellen allseitig gleichmässig aus der Zelle hervorgetrieben; dann stehen seine Fasern genau rechtwinklig zu seiner Achse (Fig. 15). Häufig wird aber, sei es in Folge einer einseitig stärkeren Aufquellbarkeit, sei es in Folge eines einseitig wirkenden Hindernisses, eine Seite des Cylinders leichter hervorgetrieben; dann schlüpfen offenbar die Fasern, mehr oder weniger gegen die Achse geneigt, aus der Zelle hervor. Ferner kommt es nun häufig vor, dass die Fasern an manchen Stellen unterbrochen oder wenigstens sehr undeutlich sind (Fig. 17 x), was auf eine Entstehung der Fasern durch Differenzirung der ursprünglich gleichmässig aufquellenden Membran hinzudeuten scheint, und dann seinen Grund darin haben würde, dass die eine stärkere Resistenz gegen Wasser bewirkende moleculare Umsetzung an gewissen Stellen unterbleibt. Bisweilen sind eine Strecke weit die aufeinanderfolgenden Fasern nur zur einen Hälfte ausgebildet, und es erhellt, dass, wenn in diesem Falle die mit den ausgebildeten Faserstücken versehene Seite stärker als die andere aus der Zelle hervorgetrieben wird, im Wesentlichen das von Hofmeister a. a. O. Fig. 6 wiedergegebene Bild entstehen muss. Die daselbst doppelt contourirten Linien sind daher als die oberflächlichen Fasern des Schleimcylinders, und nicht als Grenzlinien in einander steckender Kappen zu betrachten.

An dieser Stelle mag noch eines anderen die secundären Membranen von Pflanzenzellen bildenden und in physikalischer und chemischer Hinsicht sich hier anschliessenden Stoffes Erwähnung geschehen, den schon Schleiden[1]) wegen seiner angeblichen Löslichkeit in kochendem Wasser und seiner Fähigkeit, mit Jod allein sich leicht blau zu färben, von der Cellulose als Amyloid unterschied. Nägeli[2]) lehrte noch weitere Beispiele für solche Zellen kennen; nach ihm ist dieser Stoff als eine Mischung aus Amylum und Cellulose zu betrachten. Derselben Ansicht ist auch Kabsch[3]).

Die Cotyledonzellen von Tropaeolum majus bestehen aus einer dünnen, weder durch blosses Jod, noch durch Jod und Schwefelsäure

1) Beiträge I, p. 168.

2) Pflanzenphysiol. Untersuchungen. 2. Heft. Zürich 1858, p. 210.

3) Untersuchungen über die chemische Beschaffenheit der Pflanzengewebe. Pringsheim's Jahrbücher III, p. 397.

sich blau färbenden primären (Fig. 18 p) und einer dicken, von Tüpfelkanälen unterbrochenen, durch Jod allein sich sofort bläuenden secundären Membran (Fig. 18 s). Letztere erscheint unter Wasser homogen; durch Jod gefärbt zeigt sie aber mehrere Schichten von verschiedenem Verhalten: die innerste ist von hellerer Färbung als die folgende äussere, dunkel gebläute, und zwischen letzterer und der primären Membran erscheint mehr oder weniger deutlich noch eine Schicht von wiederum hellerer Farbe. Durch Jod und Schwefelsäure treten die Farbennüancen dieser drei Schichten mit noch grösserer Deutlichkeit hervor. In Chlorzinkjod-Lösung quellen die secundären Membranen auf und färben sich gleichmässig hellblau. Auch in starker Schwefelsäure schwellen sie gleichmässig zu einer homogenen Masse an, die sich allmählich in der Flüssigkeit vertheilt; die primären Membranen bleiben als höchst feines Netzwerk unverändert. In Kupferoxydammoniak quellen die secundären Membranen von aussen nach innen allmählich auf, ohne sich wirklich im Lösungsmittel zu vertheilen. In kaltem Wasser bleibt das Zellgewebe unverändert; werden dagegen Durchschnitte durch den Samen einige Zeit mit Wasser gekocht, so nimmt das Gewebe das in Fig. 19 dargestellte Aussehen an: die primären Membranen haben keine Veränderung erlitten, aber die Verdickungsschichten sind beträchtlich aufgelockert und haben ihre scharfen Contouren mehr oder minder verloren. Werden die Embryonen von ihren korkigen Hüllen gereinigt, pulverisirt, das Pulver durch Waschen in Leinwand, bis die Waschflüssigkeit nicht mehr getrübt wird, von dem aus körniger stickstoffhaltiger Substanz bestehenden stärkemehllosen Zellinhalte befreit, und das so erhaltene reine Zellgewebe mit Wasser gekocht, so erhält man eine gleichartig gummöse, klare Flüssigkeit, die durch Filtration von dem Zellgewebsrückstande getrennt werden kann. Alkohol schlägt daraus eine durchsichtige, bei fernerem Zusatze in weissen Flocken sich abscheidende Gallerte, den löslichen Theil der Zellwand, nieder. Wird die Lösung zur Trockne gebracht, so erhält man eine farblose, glasartig amorphe Masse, welche sich durch Jod sofort blau färbt; die wässrige Lösung wird nur schwer von Jod gefärbt, nach einigen Tagen nimmt sie damit höchstens eine dunkelgrüne Farbe an. Durch Erwärmen mit verdünnter Schwefelsäure lässt sich der lösliche Theil in Zucker überführen. Eine vollständige Auflösung der secundären Membran in Wasser konnte aber selbst durch tagelanges Kochen nicht erzielt werden; der grösste Theil verharrte in einem weichen, aufgelockerten Zustande. Jod brachte an demselben noch immer ohne

Weiteres intensive Bläuung hervor. Durch Kalilauge erleiden die Zellen, selbst beim Erwärmen, kaum eine merkliche Veränderung. Diese Thatsachen stehen in Widerspruch mit der Ansicht Nägeli's, dass die Blaufärbung dieser Zellen durch blosses Jod ihren Grund in einer Beimengung von Amylum habe, weil dann durch kochendes Wasser und vollends durch Kalilauge der Zellmembran diese Eigenschaft entzogen werden müsste.

Das die Gefässbündel unmittelbar umgebende und daher namentlich das gesammte an der Insertionsstelle derselben liegende Gewebe ist ebenfalls aus getüpfelten Parenchymzellen gebildet, die nur wenig dünnere Wände haben als die übrigen; ihre secundären Membranen färben sich aber durch Jod allein gar nicht, durch Jod und Schwefelsäure hellblau und quellen in kochendem Wasser nicht auf. Beim Uebergange aus dem durch Jod bläubaren Gewebe verschwindet allmählich die mittlere durch Jod tiefgebläute Schicht, und die secundäre Membran der die Gefässbündel umgebenden Zellen ist der äusseren und inneren hellblau gefärbten Schicht der übrigen analog. An der Grenze beider Gewebe findet nun ein ganz allmählicher Uebergang statt, indem der blaue Farbenton von Zelle zu Zelle blasser wird und so bis zur Farblosigkeit abnimmt und in gleichem Maasse die Resistenz gegen kochendes Wasser sich steigert.

Die Entwickelungsgeschichte lehrt, dass zur Zeit, wo der Embryo eben ausgewachsen ist, die Cotyledonenzellen ihre volle Grösse ebenfalls erlangt haben, aber noch lediglich aus den dünnen primären Membranen bestehen, welche durch Jodlösung keine blaue Farbe annehmen. Die Zellen enthalten durch Jod sich gelb färbenden kleinkörnigen Stoff und in reichlicher Menge Stärkemehl. Alsbald erscheint nun auf der Innenseite der primären Zellwand die erste Anlage der secundären Membran als ein sehr dünner, schon in diesem Stadium durch Jodlösung sich bläuender Wandbeleg. Sie nimmt nun allmählich an Mächtigkeit zu, während in gleichem Maasse die Stärkekörner durch Auflösung an ihren Rändern verflüssigt werden, bis mit der Vollendung der Zellmembran der Stärkegehalt der Zelle erschöpft ist. Beim Keimen werden in dem Maasse, als sich das Keimpflänzchen vergrössert, die secundären Membranen der hypogäen Cotyledonen wieder aufgelöst; die Auflösung erfolgt von der Innenseite der Membran aus. Zuerst erscheint dieselbe deutlich corrodirt und die Tüpfel sind weiter geworden; gewöhnlich tritt um diese Zeit im Zelleninhalte eine transitorische Stärkemehlbildung auf: es zeigen sich in vielen Zellen einige kleine Stärkekörnchen, um bald wieder zu ver-

schwinden, indess die Auflösung der secundären Membran rasch weiter geht[1]). Endlich bestehen die Zellen der stark eingeschrumpften Cotyledonen nur noch aus den primären Membranen, denen noch ein undeutlicher, durch Jod sich schmutzigblau färbender Rest der Verdickungsschichten und ein Ueberbleibsel des körnigen Inhaltsstoffes ansitzt. In dieser Form sterben die Cotyledonen ab.

Dasselbe Verhalten zu Jod und zu kochendem Wasser zeigen noch viele andere Zellen. Ausser den von Schleiden angegebenen Papilionaceen-Gattungen gehören hierher die Albumenzellen vielleicht aller Primulaceen. So verhalten sich Primula officinalis, Androsace septentrionalis, Anagallis arvensis, Glaux maritima und Samolus Valerandi in dieser Beziehung einander gleich. Ihr Sameneiweis besteht aus stark verdickten getüpfelten Zellen mit körnigem, stickstoffhaltigem, stärkemehlfreiem Inhalte. Jodlösung färbt die Verdickungsschichten tief blau. Nach längerem Kochen mit Wasser erscheinen dieselben stark aufgequollen und aufgelockert, und färben sich durch Jod nur hellblau. Die Einwirkung des Wassers beim Kochen schreitet langsam von den innersten Theilen der Membranen gegen die Peripherie fort, daher der an die primäre Membran grenzende Theil der Verdickungsschichten in grösserer oder geringerer Mächtigkeit noch die frühere tiefblaue Färbung annimmt; erst nach mehrstündigem Kochen ist jene Umwandlung durch die ganze secundäre Membran fortgeschritten. Um zu entscheiden, ob mit dieser Veränderung des Gewebes ebenfalls eine theilweise Auflösung desselben Hand in Hand geht, wurden Samen von Primula officinalis zerkleinert, mehrere Stunden in destillirtem Wasser gekocht, und darauf die Flüssigkeit abfiltrirt. Letztere hinterliess beim Eindampfen eine ähnliche gummiartige spröde Masse, wie bei Tropaeolum, welche durch Jodlösung sofort tief blau gefärbt wurde.

Dass es also in der That in Wasser zum Theil lösliche Zellmembranen giebt, was v. Mohl[2]) bestreitet, ist hiernach ausser allem Zweifel. Ebensowenig zweifelhaft kann es aber sein, dass der in Rede stehende Stoff nicht als ein besonderer Körper betrachtet werden darf, weil Verschiedenheiten im Verhalten zu Wasser und unwesentliche Abweichungen in der Färbbarkeit durch Jod bei sonst gleichen Eigenschaften keine besonderen chemischen Verbindungen bedingen

1) Die Beziehung dieser transitorischen Stärkebildung zu der Auflösung der Zellwände springt in die Augen. Vergl. Sachs, Handb. der Experimentalphysiologie der Pflanzen, p. 367.

2) Vegetabilische Zelle, p. 35.

können. Wir müssen vielmehr annehmen, dass die Cellulose, ein Stoff, den die Natur in so verschiedenen Verhältnissen und zu so mannichfachen Zwecken verwendet, auch eine entsprechend grosse chemische und physikalische Polymorphie besitzt. Selbst anatomische Gründe, wie die Uebergangszellen zwischen dem durch Jod bläubaren und dem ungefärbt bleibenden Gewebe in den Cotyledonen von Tropaeolum, sprechen für diese Auffassungsweise. v. Mohl schreibt der Schleiden'schen Ansicht über die chemischen Verhältnisse der Zellmembran nur in dem Falle eine Berechtigung zu, wenn erwiesen wäre, dass das abweichende Verhalten des Zellstoffes verschiedener Zellen zu Wasser und zu Jod demselben auch im vollkommen reinen Zustande zukäme[1]). Allein auch dann würde man immer noch nicht berechtigt sein, diese sich verschieden verhaltenden Stoffe für mehr als für blosse Modificationen einer und derselben chemischen Verbindung, der Cellulose, zu betrachten. Auf die Frage nach der Abhängigkeit der Eigenschaften der Zellmembran von ihrem Gehalte an unorganischen Beimengungen werden wir unten zurückkommen.

## 3. Schleim der Orchisknollen.

Bei Gelegenheit seiner chemischen Arbeiten über den Salepschleim hat Schmidt[2]) auch eine mikroskopische Untersuchung der Orchisknollen versucht. Im frühesten Zustande sollen dieselben einen homogenen Schleim enthalten, aus welchem während der Vegetation nach und nach immer mehr feinkörniges Stärkemehl sich bilden soll, welches endlich diese Zellen ganz erfülle und allmählich gegen Ende der Vegetation denselben Process scheinbar rückgängig durchlaufend sich wieder verflüssige, so dass in dem homogenen, gelatinösen Zellinhalte nur noch einzelne Stärkekörnchen deutlich wahrnehmbar bleiben (l. c. p. 30). Nach Kützing[3]) findet sich dagegen der Schleim in den grossen Zellen der Orchisknollen; er soll sich durch Jod und Schwefelsäure blau färben und deshalb aus Cellulose bestehen; auch dieser scheint von ihm als der Zellmembran angehörig betrachtet zu werden. Cramer[4]) hält den Salepschleim, sowie den mancher anderer Wurzeln für Verdickungsschichten der Zellmembran und deshalb nahe verwandt mit der Cellulose, ohne jedoch dafür irgend einen weiteren Versuch anzuführen. Wigand[5]) betrachtet ihn

1) l. c. p. 35.
2) l. c. p. 41—44.
3) l. c. p. 194—195.
4) l. c. p. 8.
5) l. c. p. 149.

als durch Auflösung von aufgequollenen Verdickungsschichten der Zellwand entstanden.

Zur Untersuchung über die Form, in welcher der Schleim im Gewebe der Pflanze auftritt, dienten mir Orchis majalis, Orchis militaris und Gymnadenia conopsea. Bei allen drei Pflanzen zeigte sich Folgendes. Das Parenchym der überwinterten, zur Blüthezeit untersuchten Knolle ist zartwandig und besteht aus zweierlei Zellenarten von verschiedener Grösse. Die kleineren enthalten einen deutlichen Zellenkern, feinkörnige Proteïnsubstanzen und mehr oder weniger spärlich Stärkemehlkörnchen, welche oft zu Klumpen um den Zellenkern zusammenhängen und von denen manche deutlich corrodirte Contouren zeigen, also in allmählicher Auflösung begriffen sind. Der Saft dieser Zellen ist völlig dünnflüssig, wie man sich an der leichten Beweglichkeit der in ihm enthaltenen Formelemente überzeugen kann. Umgeben von diesen Zellen finden sich dann grössere, welche einen stärker lichtbrechenden, dicklichen, aber völlig klaren und farblosen, durch Alkohol sofort undurchsichtig werdenden, aber nicht in concentrische Schichten sich differenzirenden Inhalt führen. Derselbe schliesst durchaus keine Formelemente ein, nur in den gegen die Oberfläche der Knolle zu liegenden Zellen findet man im Inneren des Schleimes ein Bündel nadelförmiger Krystalle von kleesaurem Kalk. In den Wurzeln, dem Stengel, den Blättern und in den Ovarien besteht das Parenchym gleichfalls aus beiden Zellenarten, nur sind in den oberirdischen und in den höchsten Theilen der Pflanze die Schleimzellen seltener. Die letzteren enthalten auch hier in ihrem Schleime eine Druse nadelförmiger Krystalle von kleesaurem Kalk; nur die übrigen Zellen führen neben spärlichem Stärkemehl Chlorophyll.

Die Entstehung des Schleimes verfolgt man am besten in den Spitzen der jungen, im zeitigen Frühjahre sich bildenden Knollen. Ich untersuchte zu dem Ende Orchis majalis. Die jüngsten Zellen der Knollen sind noch von einerlei Grösse und mit trübem Protoplasma und grossem Nucleus erfüllt. Bald sieht man nun in einigen Zellen unmittelbar am Nucleus anliegend eine kleine Druse von nadelförmigen Krystallen anschiessen (Fig. 20), die dann alsbald in einem kleinen, ganz klaren, dem Zellkerne ebenfalls anliegenden Schleimtropfen eingebettet erscheint (Fig. 21). Derselbe ist scharf von dem trüben Protoplasma abgegrenzt, ohne dass sich etwa eine membranartige Umhüllung constatiren liesse; er ist offenbar der Anfang des Zellsaftes in Form einer Vacuolenbildung im Protoplasma. Dieser Tropfen wird nun rasch grösser, ohne sich dabei mit dem

Protoplasma zu vermengen; dieses wird vielmehr, und ebenso der Zellenkern, immer weiter gegen die Zellwand zurückgedrängt, während die Krystalldruse, welche indessen auch an Grösse gewonnen hat, nahebei in der Mitte des kugeligen Schleimtropfens verbleibt. In dem Maasse, als letzterer sich vergrössert, muss natürlich die Menge des Protoplasma schwinden, es ist alsbald auf einen dünnen Wandbeleg der Membran reducirt, und der Zellenkern ist derselben dicht angedrückt (Fig. 22). In der ausgebildeten Knolle ist endlich vom Protoplasma wie vom Zellenkern keine Spur mehr vorhanden, die Zelle enthält lediglich Schleim und in dessen Mitte die Krystalldruse; doch lösen sich, sobald die Zellen ihr Wachsthum abgeschlossen haben, wenigstens im Inneren der Knolle die Krystalle wieder langsam auf (Fig. 23), während in den peripherischen Theilen sich die Krystalldrusen bis zum nächsten Frühjahre erhalten. — In den übrigen Zellen treten in dem trüben Protoplasma sehr kleine Stärkekörner auf, welche an Zahl und Grösse immer mehr zunehmen, während das Protoplasma an Dichte abnimmt, ohne dass jedoch der Zellenkern mit zu Grunde ginge. So erscheinen diese Zellen alsbald reichlich mit Stärkekörnern innerhalb eines wässrigen Zellsaftes erfüllt; erst im nächsten Frühjahre werden während der Entwickelung der oberirdischen Pflanze und der neuen Knolle die Stärkekörner und endlich auch der Schleim allmählich resorbirt. Denselben Entwickelungsgang des Schleimes zeigt auch Orchis militaris.

Der Salepschleim nimmt mit Jod allein nur eine gelbe, auf nachherigen Zusatz von Schwefelsäure aber eine schmutzig violette bis blaue Färbung an. Salpetersäure erzeugt keine Schleimsäure, sondern nur Kleesäure.

Aus Vorstehendem geht denn hervor, dass der Salepschleim, wenngleich er in seinem chemischen Verhalten mit der Cellulose übereinstimmt, dennoch mit der Zellmembran nichts zu thun hat, sondern dem Zelleninhalte angehört.

## 4. Schleim des Symphytum officinale.

Nach Kützing[1]) soll der Schleim des Symphytumrhizomes durch Jod und Schwefelsäure blau gefärbt werden und daher als Cellulose zu betrachten sein. Nach Cramer[2]) treten die Wurzelschleime und somit auch dieser als Verdickungsschichten der Zellmembran auf und sollen aus diesem Grunde in nächster Verwandtschaft mit der Cellu-

1) l. c. p. 194. 2) l. c. p. 8.

lose stehen. Wigand[1]) hält diesen Schleim ebenfalls für einen Bestandtheil der Zellwand.

Der Symphytumschleim ist in den vegetativen Theilen, und in besonderer Menge im Rhizome der Pflanze enthalten. Zur Zeit der Entwickelung der oberirdischen Sprossen ist das Rinde-, Mark- und Markstrahlengewebe des Rhizoms mit einem dickschleimigen Safte erfüllt, welcher nur spärlich kleine Stärkekörnchen, in grösserer Menge kleinkörnige Proteïnsubstanzen einschliesst. Um hier über die Bestandtheile der Zelle ins Klare zu kommen, sind Durchschnitte durch das frische Rhizom nicht geeignet, weil dieselben nicht angestellt werden können, ohne dass der schleimige Inhalt zum Theil aus der Zelle herausgerissen und auf der Schnittfläche umhergeführt wird, also jede Zelle Veränderungen in ihren Bestandtheilen erleidet. Man lässt das Rhizom am vortheilhaftesten vollständig eintrocknen; dann enthält jede Zelle ihren Inhalt in fester Form und lässt sich mit demselben selbst mittelst der dünnsten Schnitte ohne Verlust und ohne Vermengung mit den Bestandtheilen anderer Zellen freilegen. Da der Symphytumschleim in Schwefelsäure unlöslich ist, so lassen sich dergleichen Schnitte aus dem eingetrockneten Rhizome mit Jod imprägnirt unter Schwefelsäure sogleich auf alle fraglichen Verhältnisse untersuchen (Fig. 24). Die Parenchymzellen bestehen aus dünnen, tiefgebläuten Membranen und bilden an ihren Kanten grosse Intercellulargänge, die auch im frischen Rhizome als luftführend sich erweisen. Der zur Trockne gebrachte Schleim füllt natürlich nur einen Theil der Zellhöhle aus; dabei zeigt sich nun, dass er nicht in organischem Zusammenhange mit der Cellulosehaut steht, sondern entweder frei im Innern liegt, oft sogar aus demselben herausgefallen ist, oder nur einseitig der Zellwand anklebt. In ihm liegen die kleinen körnigen Formelemente des Zelleninhaltes eingebettet; er hat durch Jod und Schwefelsäure nur eine gelbe Farbe angenommen. Werden eingetrocknete Schnitte mit Wasser benetzt, so quillt der Schleim wieder auf und füllt alsbald das Lumen der Zelle wie im frischen Zustande aus. Zusatz von Alkohol zu Querschnitten aus dem frischen Rhizome bringt den Schleim immer als homogene, nicht in schichtenförmigen Bau differenzirte Masse zur Gerinnung. In den oberirdischen vegetativen Theilen zeigt der schleimige Inhalt des Parenchyms das nämliche Verhalten.

In den Zellen der jugendlichen Organe bemerkt man alsbald,

1) l. c. p. 148.

während sie an Grösse zunehmen, den Zellsaft allmählich dickflüssig und an der Präparirnadel fadenziehend werden. Er enthält in diesem Stadium ausser anderen körnigen Formelementen ziemlich reichlich Stärkekörnchen, die in der Folge, in dem Maasse als die Zellen und ihr Schleimgehalt grösser werden, sich verlieren. Auch hier färbt sich nur die dünne Zellmembran mit Jod und Schwefelsäure blau; alles Uebrige wird durch Alkohol und dergleichen zur Gerinnung gebracht und zieht sich dabei von der Zellmembran zurück.

Daraus geht denn unzweifelhaft hervor, dass der Schleim des Symphytum officinale dem Zelleninhalte angehört, und zwar dass er nicht besonderen Zellen als ausschliesslicher Inhalt zukommt, sondern im ganzen Parenchym gleichmässig vertheilt und mit den übrigen Bestandtheilen des Pflanzensaftes in jeder Zelle gemengt vorhanden ist.

## 5. Gummi der Cycadeen, Marattiaceen und Linden.

Die Stellung dieser Körper unter den Kohlenhydraten ist zwar analytisch noch nicht erwiesen, allein wegen ihrer Aufquellbarkeit in Wasser, ihrer Unlöslichkeit in Alkohol, sowie hauptsächlich wegen ihrer Ueberführbarkeit in Zucker als sicher zu betrachten. Sie sind in Intercellularkanälen enthalten und nach v. Mohl[1]) und Karsten[2]) als Secretionsproducte der die Kanäle umgebenden Zellen zu betrachten. Dagegen glaubt Wigand[3]) an den Gummigängen der Cycadeen sich überzeugt zu haben, dass dieselben durch Auflösung gewisser Zellenpartien entstehen und dass das Gummi theils schon als Inhalt dieser Zellen vorhanden war, theils aus der Verflüssigung der Zellwände hervorgeht.

Die von mir über diesen Punkt angestellten Untersuchungen werden passender bei einer anderen Gelegenheit sich mittheilen lassen; hier will ich nur erwähnen, dass bei der Linde und in dem peripherischen derbwandigen Gewebe der Wedel von Angiopteris evecta Hoffm. (beides Fälle, wo das die Kanäle umgebende Parenchym nicht von dem übrigen verschieden ist) die Entstehung des Gummi nach der Wigand'schen Vorstellung erfolgt, dagegen im inneren Gewebe der Wedel von Angiopteris evecta, wo die Kanäle von kleinen, mit abgerundeten Wänden an die Höhle grenzenden Zellen umgeben sind, ein Auseinanderweichen und eine lebhafte Theilung der Zellen durch

1) Vegetabilische Zelle, p. 37.

2) l. c. p. 319.

3) l. c. p. 150.

radiale Scheidewände die Entstehung des Kanales bedingt, und somit die ältere Ansicht des secretionellen Ursprunges des Gummi aus den auskleidenden Zellchen des Kanales Geltung behält.

## 6. Kirschgummi.

Die aus den Stämmen von Prunus-, Astragalus- und Acacia-Arten ausschwitzenden Gummata wurden früher für Pflanzensecrete gehalten, ohne dass über ihre Bildung etwas bekannt gewesen wäre. Kützing[1]) erkannte zuerst, dass der Traganth organisirt sei, er hielt ihn aber für einen Pilz, der aus der Pflanze hervorbreche und dessen Zellen 1) aus Bassorin, die äussere, dicke Zellwand in mehreren Schichten bildend, 2) aus Gelin (Cellulose), durch Jod und Schwefelsäure sich blau färbend und die innerste, zarte Zelle darstellend, und 3) aus in der letzteren enthaltenen Amylonkörnchen bestehe. Dagegen hält er das Kirschgummi[2]) für ein Umwandlungsproduct der Cellulose des Pflanzengewebes. v. Mohl[3]) bestätigte im Allgemeinen die von Kützing angegebene Structur des Traganths, wies aber zugleich nach, dass die aufquellende Substanz durch eine Umwandlung der Zellmembranen entsteht, welche die Zellen des Markes und der Markstrahlen von ihrer Peripherie aus nach innen fortschreitend erleiden. Nach Karsten[4]) entsteht das Kirschgummi durch Umwandlung theils der Zellmembranen des Holzes, theils der in den Zellen enthaltenen Stärkekörner. Nach Trécul[5]) ist der Sitz der Gummibildung des Kirschbaumes allein im Holze; es sollen nämlich im Cambium und im Splinte durch Resorption Lücken entstehen und darauf erst in der Umgebung derselben Gummi erscheinen; ebenso soll im älteren Holze in der Umgebung gewisser Holzzellen durch Ausscheidung aus denselben oder durch Umwandlung ihrer Wände und des Inhaltes Gummi erzeugt werden. Eine ausführliche Untersuchung über die Entstehung dieses Gummi hat Wigand[6]) geliefert; er beschreibt eine Reihe von Vorgängen der Gummibildung, die darauf hinauskommen, dass entweder die Gefässwände sich in Gummi verwandeln, oder dass im Holzkörper Holzparenchym in abnormer Weise erzeugt wird und die Zellen dieser

1) l. c. p. 203—204. 2) l. c. p. 204 ff.

3) Untersuchungen über die Entstehungsweise des Traganthgummi. Bot. Zeit. 1857, p. 36 ff.

4) l. c. p. 319.

5) Sur la maladie de la gomme chez le Cerisier etc. Comptes rendus 1860, p. 621.

6) l. c. p. 121 ff.

Gewebsmassen sich ebenfalls in Gummi verwandeln, wobei die primäre Membran zuerst und darauf die Verdickungsschichten aufgelöst werden, oder endlich, dass die Elemente des Bastes eine Umwandlung in Gummi erleiden. Der Pflanze sollen dabei nur feste Membranen, aber keine Säfte entzogen werden.

Bevor wir die Frage nach dem Material, welches zur Bildung des Kirschgummi dient, zu erörtern versuchen, wollen wir die Theile des Pflanzengewebes kennen lernen, an welche die Erzeugung des Gummi geknüpft ist. In dieser Beziehung hat Wigand bereits das Meiste aufgeklärt.

1) Gummibildung unter Desorganisation der secundären Membranen der Elemente des normal gebauten Holzkörpers. Wie Wigand bereits nachgewiesen hat, sind vor allen die Gefässe dieser Erscheinung ausgesetzt. Auf Querschnitten durch das Holz solcher Aeste, an denen Gummifluss zu beobachten ist, findet man gewöhnlich auf eine gewisse Strecke die meisten Gefässe mehr oder weniger mit einer das Licht stärker als die Zellmembran brechenden, meist gelblich oder bräunlich gefärbten Substanz erfüllt, die sich als Gummi erweist. Häufig füllt es das Lumen des Gefässes vollständig aus, oder es bekleidet nur die Wände desselben, und zwar seltener in einer ringsum gleichdicken Schicht (Fig. 25), gewöhnlich einseitig angehäuft (Fig. 26 a), oft fast halbkugelförmig in das Gefäss vorragende Tropfen bildend (Fig. 26 b). Ja selbst wo das Lumen fast ganz von Gummi ausgefüllt ist, zeigt sich häufig, dass das letztere nur auf einer kleinen Stelle der Gefässwand aufsitzt und nur durch allmählichen Zuwachs von dieser Stelle aus zu einem solchen Umfange sich vergrössern konnte. Auch auf Längsschnitten zeigt sich, dass die Gummimasse, so beträchtlich sie auch sein mag, meistens nur einer kleinen Stelle der Gefässwand aufsitzt. Bei genauer Einstellung des Querschnittes sieht man, dass die innere Contour solcher Gummitropfen sich ununterbrochen in die innere Contour der secundären Membran an dem unveränderten Theile des Gefässes fortsetzt, und dass an der gummitragenden Stelle die Gefässwand nur aus der primären Membran besteht, ihre Verdickungsschicht aber von der Gummimasse ersetzt ist (Fig. 26 b). Wo die ganze Innenseite des Gefässes von Gummi ausgekleidet erscheint, ist es oft überaus deutlich, dass die ganze secundäre Membran durch diese Gummischicht vertreten wird, die sich in Folge der Ausdehnung faltenartig von der primären Membran abhebt (Fig. 25). Es kann somit keinem Zweifel unterliegen, dass bei dieser Gummibildung in der That die

secundäre Membran des Gefässes eine Umwandlung in Gummi erleidet, und dass das hier auftretende Gummi wenigstens zum Theil sein Material diesem Vorgange verdankt.

Ferner können aber auch die Holzfasern und die Holzparenchymzellen im normal gebauten Holzkörper diese Erscheinung zeigen. Dieser Fall ist zwar bei weitem nicht so gewöhnlich als die Gummose der Gefässe, indess trifft man da, wo die letzteren fast sämmtlich von dieser Krankheit befallen sind, auch gewöhnlich Zellen des Holzkörpers in demselben Zustande. Vornehmlich aber sind in abgestorbenen Aststumpfen nicht nur die Gefässe, sondern ganz gewöhnlich auch ein grosser Theil der Holzzellen der Gummose ausgesetzt. Bei diesen ist dann ebenfalls die secundäre Membran entweder ringsum zu einer dicken, das Licht stärker brechenden, gelbbraun gefärbten Gummischicht aufgequollen (Fig. 26 c), oder sie hat nur einseitig eine solche Veränderung erfahren, und die Gummimasse sitzt nur einem Theile der Zellwand auf. Wenn bei diesen Organen die Gummibildung halbwegs reichlich ausfällt, so erscheint dann wegen der Enge derselben, und deshalb vor allen an den echten Holzfasern, das Lumen alsbald ganz von dem gelben Gummi ausgefüllt.

In allen diesen Fällen ist das Gummi in kaltem wie kochendem Wasser unlöslich und sogar unaufquellbar. Werden solche Schnitte mit Kali gekocht, so zeigen darauf die secundären Membranen gesunder Zellen die Cellulosereaction mit Jod und Schwefelsäure, während alle in Gummi umgewandelten Theile gelb gefärbt sind.

Eine weitergehende Gummificirung des Zellgewebes oder gar eine Entstehung des Gummiflusses auf diesem Wege habe ich nicht beobachtet, vielmehr finde ich die secundären Membranen von Gefässen und Holzzellen auch in mehrjährigen Jahresringen noch auf dem nämlichen Stadium verharren.

2) Gummibildung unter Resorption eines in abnormer Menge erzeugten Holzparenchyms. Die hierher gehörigen Erscheinungen sind bereits von Wigand eingehend dargestellt worden. Das gummierzeugende Holzparenchym wird abgelagert entweder in Strängen von rundlichem Querschnitt, die beiderseits meist von Markstrahlen, nach vorn und hinten von normal zusammengesetzten Geweben des Holzkörpers begrenzt sind und gewöhnlich in einer Jahresschicht zu mehreren tangential nebeneinander liegen. Häufig sind die centralen Zellen solcher Gruppen beträchtlich grösser als die umgebenden, welche in Folge dessen mehr oder weniger flach ge-

drückt und peripherisch um das Centrum gelagert sind und so der ganzen Gruppe eine oft völlig kreisrunde Gestalt verleihen. In Folge vermehrter Zellenbildung der Cambiumschicht an dieser Stelle und stärkeren Wachsthumes der centralen Zellen ragt eine solche eben entstandene Gruppe mit ihrer Cambiumschicht gewöhnlich bogenförmig in den Bast vor. Unmittelbar nach der Bildung solcher Holzparenchymgruppen pflegt auch die Gummibildung im Centrum derselben unter Desorganisation der dort stehenden Zellen einzutreten und während der Vegetationsperiode mehr oder weniger weit ringsum gegen die Peripherie fortzuschreiten. Die Gummibildung geht hier, wie es Wigand bereits abgebildet hat, von der Intercellularsubstanz und der primären Membran aus, so dass die Zellen zunächst in Gummi eingebettet erscheinen; dann wird die secundäre Membran nach und nach von aussen nach innen aufgelöst, und so bilden sich mit Gummi erfüllte Intercellularcanäle. Zwischen der homogenen Gummimasse und den umgebenden unversehrten Parenchymzellen existirt aber keine scharfe Grenze, sondern es findet ein Uebergang durch theilweise umgewandelte Zellen statt. Während der Bildung dieser Gewebsgruppen wird in den Zellen derselben, wie in den Parenchymzellen des Holzes überhaupt, Stärkemehl abgelagert. Auch dieses wird bei der Gummibildung mit den dasselbe enthaltenden Zellen resorbirt. — Nicht immer stellt das gummierzeugende Holzparenchym solche kreisrunde, zwischen je zwei Markstrahlen eingeschlossene Stränge dar, sondern es ist häufig auch über grössere Strecken einer Jahreslage ausgebreitet. Dabei kann die Gummibildung wieder im Centrum der zwischen den Markstrahlen liegenden Abtheilungen anheben und dann entweder ohne zur Vereinigung zu kommen an diesen Stellen baldigst wieder sistirt werden, oder aber durch weiteres Fortschreiten ein Zusammenfliessen zu Stande kommen. Es kann aber auch die Gummosis auf einer längeren, der Jahresschicht parallelen Strecke zugleich anheben. In allen diesen Fällen werden die parenchymatischen Gewebsmassen von normal gebautem Holzgewebe umschlossen, und das in denselben gebildete Gummi, dessen Erzeugung in den meisten Fällen gar nicht über das gesammte Holzparenchym sich erstreckt, bleibt für immer im Holzkörper eingeschlossen. — In manchen Fällen aber lagert die Cambiumschicht bis zum Schlusse der Vegetationsperiode nur dergleichen Holzparenchym an den Holzkörper ab; in diesem Falle schreitet die Gummibildung bis in die Cambiumschicht fort, und es schliesst sich dann eine Gummificirung des Bastgewebes an, so dass auf diese Weise eine Communication nach Aussen hergestellt

wird, und wenigstens die Möglichkeit gegeben ist, dass auch Gummi, welches im Holzkörper seinen Ursprung hat, aus der Oberfläche des Stammes ausgeschieden werden kann.

3) Gummibildung unter Desorganisation des Bastgewebes. Der allergrösste Theil des aus den Stämmen hervorquellenden Gummi stammt aus dem Baste. Es werden bei dieser Gummibildung sowohl die dünnwandigen als die dickwandigen Zellen dieses Gewebes aufgelöst, indem die Membranen in der allgemeinen Gummimasse verschwimmen, so dass offenbar auch hier das Zellgewebe wenigstens einem grossen Theile des Gummi seinen Ursprung giebt. Die gummibildenden Stellen besitzen gewöhnlich eine bedeutende Ausdehnung innerhalb des Bastes; nur das Korkgewebe bleibt von der Gummosis verschont.

4) Umwandlung der Stärkekörner in Gummi. Die Stärkekörner, welche in den in Gummi sich umwandelnden Holzparenchym- und Bastzellen enthalten sind, werden bei der Desorganisation der Zellen ebenfalls in die allgemeine Gummimasse aufgelöst, also jedenfalls mit in Gummi übergeführt. — Ausserdem kann sich aber auch in unveränderten Zellen Stärkemehl in Gummi umwandeln, und zwar unter Beibehaltung oder nur geringer Veränderung seiner Form. Gewöhnlich findet dies in den die centrale Gummimasse einschliessenden unveränderten Zellen der Holzparenchymstränge und in den angrenzenden Markstrahlzellen statt. Bisweilen ist alles Stärkemehl dieses Gewebes in dieser Weise verändert; meist enthalten nur die innersten in Gummi verwandeltes Stärkemehl, und je weiter nach aussen die Zellen liegen, desto mehr findet man neben Gummi noch unveränderte oder halbveränderte Stärkekörnchen, während in den äussersten Zellen noch das ursprüngliche Stärkemehl enthalten ist. Auch in Gewebstheilen, in deren unmittelbarer Nähe keine Gummificirung des Gewebes stattfindet, kommen Gummikörnchen an der Stelle von Stärkekörnchen vor: so können Markstrahlen streckenweise an sonst ganz gesunden Stellen des Holzgewebes fast lediglich mit Gummi erfüllt sein. In allen diesen Fällen, wo das Stärkemehl allein, ohne eine gleichzeitige Veränderung der Zellwände, eine Gummientartung erleidet, persistiren die Umwandlungsproducte in der Zelle; sie erscheinen entweder als eine gelbe, mehr oder weniger formlose Masse oder als ebenso gefärbte, die Gestalt der ursprünglichen Stärkekörnchen noch unverändert bewahrende Kügelchen, färben sich durch Jod nicht violett und erfahren weder in kaltem noch in kochendem Wasser eine merkliche Veränderung. In Zellen, welche neben den Umwandlungs-

producten noch unverändertes Stärkemehl enthalten, kann man häufig Uebergangsstadien beobachten sowohl zu den unter allmählichem Formverlust des Stärkemehls entstandenen unregelmässigen Klümpchen, als auch zu den unter Beibehaltung der ursprünglichen Form erzeugten Gummikügelchen, indem die Intensität der Violettfärbung durch Jod ab- und die dem Gummi eigenthümliche gelbe Farbe der Masse zunimmt.

Ueber die localen Verhältnisse dieser Erscheinungen gilt Folgendes. Gummibildung tritt in den Aesten an einzelnen Stellen von grösserer oder geringerer Ausdehnung ein, die nicht mit einander zusammenzuhängen brauchen und durch ganz gesunde Strecken von einander getrennt sein können. An den mit Gummibildung behafteten Stellen der Zweige ist dieselbe gewöhnlich nicht gleichmässig über den ganzen Querschnitt verbreitet, sondern sie erscheint in der Regel einseitig, so dass der übrige Theil des Gewebes im normalen Zustande sich befindet, oder hat wenigstens an einem Punkte des Stammumfanges ihre grösste Intensität. Die vier beschriebenen Arten der Gummierzeugung können jede selbstständig für sich auftreten, doch geht der Ablagerung gummierzeugenden Holzparenchyms eine Gummose der Gefässwände innerhalb eines grösseren oder geringeren Umfanges um die Stelle der Ablagerung jenes Gewebes voraus oder tritt wenigstens gleichzeitig ein. Gummibildung im Baste bei gesundem Holzkörper habe ich nur in wenigen Fällen beobachtet, während der umgekehrte Fall nicht selten ist. — Gummosis der Gefässwände kommt nur sehr selten und spärlich schon in der ersten Vegetationsperiode eines Sprosses vor, in der Regel tritt dies erst in mehrjährigen Zweigen ein. Dagegen habe ich eine Entwickelung gummierzeugenden Holzparenchyms nur in mehrjährigen Zweigen beobachtet, ingleichen eine Gummosis des Bast- und Rindegewebes und somit einen wirklichen Gummifluss niemals in den ersten Vegetationsperioden angetroffen.

Die Zeit, in welcher die Gummibildung stattfindet, fällt in die Monate der Vegetationsperiode. Während der Vegetationsruhe ist das Gummi im Innern wie an der Oberfläche der Pflanze eingetrocknet und erfährt keine Veränderungen. Während der Vegetationsperiode quellen theils an neuen Stellen zähflüssige Gummimassen aus der Rinde hervor, theils werden die alten Gummiexkrete von innen her durch den Saftzufluss wieder erweicht und durch fernere Bildung vergrössert.

Selten befinden sich die Theile der Zweige, an denen Gum-

mibildung auftritt, scheinbar in sonst ganz normalen Verhältnissen. In den meisten Fällen geschieht dies unverkennbar unter Umständen, welche alle darin übereinkommen, dass an den betreffenden Stellen ein geringerer Verbrauch und somit ein Disponibelwerden von Nahrungssäften obwaltet. Man trifft zunächst in solchen Aststumpfen, welche durch Abbrechen gesunder Aeste entstanden sind, und in den im Holzkörper des Muttersprosses eingeschlossenen Basaltheilen der Holzkörper abgefallener Blätter und abgestorbener Achselsprossen die Gefässe und Holzzellen in ganz ungewöhnlicher Menge, oft sämmtlich von der Gummosis ergriffen. Ferner pflegt überhaupt in solchen Aesten, deren Verästelungen zum grossen Theile ganz abgestorben sind oder nur ein kümmerliches Dasein fristen, Gummi in besonders reichlicher Menge erzeugt zu werden. Ebenso tritt ganz gewöhnlich in Ueberwallungsrändern an Wundstellen des Holzkörpers reichliche Gummibildung ein. Ferner kommt am Kirschbaume sehr häufig die schon von Wigand angegebene Erscheinung vor, dass die Cambiumschicht streckenweise abstirbt, und in Folge dessen ein Dickewachsthum an diesen Stellen während mehrerer Vegetationsperioden unterbleibt, bis später einmal die kranke Stelle durch von den Grenzen derselben her vordringende Ueberwallungen überwuchert und mit einer neuen Cambiumschicht versehen ist. Und diese des Dickewachsthums unfähigen Stellen sind es denn ganz vorzüglich, welche der Gummikrankheit ausgesetzt sind. Endlich wird gewöhnlich in den an Gummose leidenden Zweigen auffallend wenig Stärkemehl in der Vegetationsruhe vorgefunden. Wenn nun auch ganz dahingestellt bleiben mag, wo wir bei den hier aufgezählten Vorgängen Ursache und Folge zu suchen haben, so bleibt doch die Thatsache ausser allem Zweifel, dass in allen diesen Fällen ein geringerer Theil des zugeführten Nahrungssaftes für Neubildung von Gewebstheilen verbraucht wird, als in normalen Zuständen, und daher der übrige für eine andere Bildung disponibel wird. — Eine andere, auch sehr gewöhnliche Veranlassung des Gummiflusses sind äusserliche Verletzungen. Dass an den Grenzen von Wundstellen an Stämmen eine Aufstauung von Säften und somit gleichfalls eine Bereicherung der Gewebe an Nahrungsmaterial stattfindet, ist eine in der Lehre von der Saftleitung unbestrittene Thatsache.

Diese Betrachtungen führen uns zur Erörterung der Frage nach dem Material, welches zur Gummibildung dient. Dass aus Wigand's und den vorstehenden Untersuchungen hervorgeht, dass die Cellulose und das Stärkemehl der gummierzeugenden Gewebe in allen Fällen einen bestimmten, in manchen Fällen vielleicht auch einen sehr be-

trächtlichen Theil des Kirschgummi liefern müsse, kann keinem Zweifel unterliegen. Wenn aber Wigand behauptet, dass der Pflanze beim Gummiflusse keine Säfte, sondern nur feste Zellenwände entzogen würden (l. c. p. 140), so ist er dafür nicht nur den Beweis schuldig geblieben, sondern er muss sich, um diese Theorie aufrecht zu erhalten, sogar den unverkennbarsten Thatsachen verschliessen. Zunächst ist es, die Zellenwände als einzige Quelle des Gummi zugegeben, undenkbar, wie feste Zellmembranen aus dem Innern des Stammes als ein halbflüssiges Gummi ohne Verbrauch von Säften an der Oberfläche des Stammes hervorquellen können. Dieser Schwierigkeit sucht Wigand nun allerdings dadurch zu entgehen, dass er ein Hervorquellen des Gummi aus der Pflanze überhaupt gar nicht annimmt, vielmehr alles Gummi an dem nämlichen Orte, wo es sich findet, durch Umwandlung von Gewebe entstanden sein lässt, und dabei die oft sehr ansehnlichen, auf der Oberfläche der Stämme angehäuften Gummimassen dadurch erklärt, dass das dieselben umgebende Gewebe bereits abgestorben und abgestossen sei und dadurch das vorher eingeschlossene Gummi frei gemacht habe (l. c. p. 133. 134). Indessen dürften wir wohl hier an dem Punkte angelangt sein, wo dem Publikum dieses Organes gegenüber irgend ein Wort der Entgegnung nicht mehr angebracht erscheint. — Wenn nun auch eine theilweise directe Neubildung des Gummi, also auf dem Wege einer wirklichen Secretion, aus der Nothwendigkeit eines Säfteverbrauches bei der Gummibildung noch nicht gefolgert werden kann, so sprechen doch eine Anzahl anderer Umstände mit grosser Wahrscheinlichkeit für diese Auffassungsweise. Wigand giebt selbst zu (p. 133), dass das Gummi im Allgemeinen denselben Raum einnehme, wie das Gewebe, aus welchem es entstanden sei, da die Intercellularkanäle im Innern der Holzparenchymdrusen gewöhnlich genau von dem durch Umwandlung der ursprünglich daselbst vorhandenen Zellen entstandenen Gummi ausgefüllt würden. Zwar liesse sich schon hier, wenigstens für die zum grössten Theile ganz dünnwandigen Zellen des Bastes, eine Entstehung des Gummi lediglich aus den Zellmembranen und dem hier sehr spärlich vorhandenen Stärkemehl, anzweifeln, zumal das im Innern eingeschlossene Gummi in wenig aufgequollenem, mehr knorpelig festem Zustande sich befindet, also an Dichtigkeit dem Zellstoffe nicht beträchtlich nachstehen kann; aber selbst jene Auffassung zugegeben, würden doch alle die Fälle, wo Gummi aus der Oberfläche der Stämme hervortritt, durchaus nicht dazu angethan sein, für die Wigand'sche Theorie ins Feld geführt werden zu können. Denn wenn auch

die austretenden Gummimassen in einem Zustande der Aufquellung sich befinden, so ist dieselbe doch keineswegs sehr beträchtlich, da das Gummi selbst nach völliger Eintrocknung einen nur unbedeutend geringeren Raum einnimmt, als unmittelbar nach seinem Austreten aus dem Stamme. Man findet nun, selbst bei sehr beträchtlichen Gummiausscheidungen, keinen und am allerwenigsten einen den letzteren an Grösse nur entfernt gleichkommenden Hohlraum im Innern des die Gummimasse tragenden Aststückes, vielmehr sind die Stellen, an denen die Desorganisation der Gewebe eingetreten und von wo alles auf der Oberfläche sitzende Gummi ausgegangen ist, gleichfalls ganz mit Gummi erfüllt; und wenn man dann sogar oft sehr beträchtlichen aussen angehäuften Gummimassen ein gummierzeugendes Gewebe von nur geringer Ausdehnung zu Grunde liegen sieht, so erscheint die Wigand'sche Anschauungsweise im höchsten Grade unwahrscheinlich. Ein wirklicher Beweis, dass die Menge des entstehenden Gummi grösser ist als die Menge der Cellulose und des Stärkemehls des Gewebes, aus dessen Zerstörung dasselbe hervorgeht, würde nun zwar nur geliefert werden können, wenn es möglich wäre, die Mengen beider Stoffe der Messung zugänglich zu machen. Indessen hat man an der Gummibildung in den Gefässen einen Fall, wo zwar keine Messung, aber wenigstens eine schätzungsweise Vergleichung zwischen dem producirten Gummi und dem Theile der Gefässwand, die dabei verloren geht, möglich ist. Hat man sich nun überzeugt, dass das in den Gefässen enthaltene Gummi eine fast knorpelfeste Consistenz besitzt und daher sich nicht sehr von der Dichtigkeit des Membranstoffes entfernen kann, und vergleicht man dabei die ausserordentliche Dünne der secundären Gefässmembran mit den Gummimassen, die gewöhnlich auf einer sehr kleinen Fläche der Wand aufsitzend oft bis zur Ausfüllung des weiten Gefässlumens sich vergrössern, so gehört in der That eine ungewöhnliche Eingenommenheit für vorgefasste Meinungen dazu, um diesen Thatsachen gegenüber seine Theorie mit solcher Bestimmtheit und Zweifellosigkeit aufzustellen, wie es Wigand in diesem Falle gethan. Alle Thatsachen sprechen offenbar mit an Gewissheit grenzender Wahrscheinlichkeit dafür, dass wir mit Karsten nicht nur eine Umwandlung der Zellmembran in Gummi, sondern eine gleichzeitige Assimilation neuen Gummi's aus dem Nahrungssafte anzunehmen haben.

Ebenso ist auch den Schlussfolgerungen, welche v. Mohl aus seiner Untersuchung über die Entstehung des Traganthgummi zieht, dasselbe sei das Umwandlungsproduct von Zellmembranen, einzuhalten, dass bis jetzt noch nicht erwiesen ist, ob die Zellwand in der

That die einzige Quelle dieses Gummi ist. Wenn auch ein entscheidendes Urtheil hierüber nur durch eine Untersuchung der Pflanze an Ort und Stelle gewonnen werden kann, so lässt doch die Nothwendigkeit, dass bei der Auflösung des Zellgewebes in eine aus der Pflanze hervordringende weiche Substanz ein nicht unbeträchtlicher Verbrauch von Säften stattfinden muss, die Möglichkeit nicht verkennen, dass neben der Umwandlung der Zellmembran in Gummi noch eine Assimilation neuen Gummi's stattfindet, dass also nicht jegliche Secretion ausgeschlossen ist.

Sehr gewöhnlich begegnet man auch an Elaeagnus canadensis der Erscheinung, dass Gummi aus den Stämmen, besonders an Wundstellen, ausgeschieden wird. Sie stimmt hier ganz mit der am Kirschbaume überein. Das Gummi quillt hier, wie dort, oft in sehr ansehnlichen Massen, als eine durchsichtige, mehr oder weniger braun gefärbte, zähflüssige Substanz am Stamme hervor. Untersucht man den letzteren an diesen Stellen, so zeigt sich, dass daselbst an den jungen Theilen des Holzkörpers genau wie bei Prunus avium eine Umwandlung von Gefäss- und Holzzellenwänden in ein gelbbraunes Gummi in stärkerem oder geringerem Grade stattgefunden hat, dass ferner ebendaselbst ein in Gummi sich desorganisirendes, in abnormer Menge abgelagertes Holzparenchym aufgetreten ist, welches in Beziehung auf seinen Bau, seine Anordnung, seine Bildung und seine Umwandlung in Gummi mit dem von Prunus übereinstimmt, und dass endlich auch die Elementarorgane des Bastes der Umwandlung in Gummi unterliegen. Namentlich hat man an Aststumpfen Gelegenheit, Gummibildung zu beobachten; hier wird man, gegen die Schnittfläche hin, in den jüngsten Zonen des Holzkörpers die erwähnten Erscheinungen nur selten vergebens suchen, gewiss auch hier ein bedeutsames Moment für die Annahme, dass die Gummibildung eine nicht bloss die Zellenwände umfassende, sondern tiefer in das Leben der Pflanze eingreifende, mit den Vorgängen der Säftebewegung in causalem und wahrscheinlich auch materiellem Zusammenhange stehende Erscheinung ist.

Durch diese Ergebnisse werden wir zu einer Prüfung der in die Theorie der Ernährung tief eingreifenden Lehre Wigand's von der Dextrin- und Arabinmetamorphose veranlasst. Wigand nimmt zwei Reihen von Kohlenhydraten an, welche sowohl in chemischer als physiologischer Hinsicht von einander verschieden sein sollen. Die eine Reihe besteht aus den Gliedern: Dextrin, Bassorin des Dextrins und activer Zellstoff (und Amylum); die andere aus passivem Zell-

stoff, Bassorin des Arabins und Arabin. Dextrin und Arabin seien durch Löslichkeit in Wasser, die beiden Bassorine durch blosse Aufquellbarkeit und endlich die beiden Zellstoffe durch absolute Unlöslichkeit und durch ihr Auftreten als organisirte Membran charakterisirt. Wie nun Dextrin ausser seiner Fähigkeit, nach rechts zu polarisiren, sich durch völlige Neutralität vom Arabin unterscheide, welches als Säure, die an Kalk gebunden das arabische Gummi bilde, zu betrachten sei, so müssten auch das Bassorin des Dextrins sowie der active Zellstoff als neutrale Verbindungen, dagegen das Bassorin des Arabins und der passive Zellstoff als schwache Säuren mit geringerer Sättigungscapacität als das Arabin angesehen werden. Auch in physiologischer Beziehung seien beide Reihen von einander verschieden. In der Dextrinreihe existire eine vorschreitende und eine rückschreitende Metamorphose, es könne nämlich aus Dextrin Bassorin, und aus diesem Cellulose oder Amylum sich bilden und ebenso die umgekehrte Verwandlung stattfinden; die Dextrinmetamorphose sei activ, d. h. sie diene nur direct dem Leben der Pflanze und gehe stets innerhalb der Zelle vor sich. In der Arabinreihe existire dagegen nur eine rückschreitende Metamorphose, eine Umwandlung von Cellulose oder Amylum in Bassorin und endlich in Arabin; die Arabinmetamorphose sei passiv, d. h. sie diene nicht mehr dem Leben der Pflanze, gehe nur in abgestorbenen Zellen und zwar von aussen her vor sich.

Es erhellt, dass die chemischen Grundlagen, auf denen diese Lehre beruht, zum grössten Theile rein hypothetisch sind, denn es ist meines Wissens von den beiden Wigand'schen Bassorinen und Zellstoffen mit neutralem und saurem Charakter der Chemie bis jetzt noch nichts bekannt. Ferner lässt sich, was sowohl früher schon anerkannt war, als auch neuerlich von mir[1]) noch bestimmter nachgewiesen worden ist, die von Wigand angenommene Charakteristik von Gummi, Bassorin und Cellulose nicht beibehalten. Dass zunächst die anatomische Form des Auftretens im Pflanzenkörper, also z. B. als organisirte Membran, nicht zu einer chemischen Diagnose des Stoffes erhoben werden kann, sollte eigentlich selbstverständlich sein. Eben so wenig aber könnte gerade bei diesen Körpern das Verhalten zu Wasser geeignet sein, als chemische Diagnose zu gelten, weil wir hier, wie fast nirgends, bei offenbar chemisch identischen Stoffen nicht nur natürliche Zustände kennen, welche einen ununterbrochenen

1) Journ. f. prakt. Chemie XCV, p. 479 ff.

Uebergang von dem wirklich löslichen Verhalten bis zur unaufquellbaren, in Wasser nur erweichenden Membran darstellen[1]), sondern auch künstlich, durch blosses Erwärmen der Flüssigkeit die Verwandtschaft des Körpers zu Wasser steigern können[2]). Endlich sind die Verbindungen der in Rede stehenden Körper mit unorganischen Basen noch viel zu wenig bekannt, als dass wir einigen derselben einen sauren Charakter, geschweige denn dem einen eine grössere, dem andern eine geringere Sättigungcapacität zuschreiben könnten. Dass, wovon Wigand auszugehen scheint, die unorganischen Bestandtheile, welche in der Pflanze jene Körper begleiten, mit den letzteren chemische Verbindungen bilden, wird dadurch widerlegt, dass, wie ich (l. c.) an einigen sowohl den Zelleninhalt als die Zellenmembran bildenden gezeigt habe, denselben der wesentliche Charakter einer chemischen Verbindung, nämlich die Vereinigung nach festen Verhältnissen abgeht, denn man kann ihre Befreiung von den unorganischen Beimengungen beliebig weit, ja bis zur völligen Reinheit

---

1) Als Repräsentanten der verschiedenen Verwandtschaftsstufen zu Wasser unter chemisch identischen Kohlenhydraten mögen folgende zur Cellulose gehörige Körper angeführt werden. 1) Der Schleim der Orchisknollen, als ein gleich dem arabischen Gummi in Wasser leicht und vollständig sich lösender, in seiner Lösung filtrirbarer Zustand. 2) Der Schleim der Quittensamen, als ein in Wasser zwar auch zu einem Schleime vertheilbarer, aber darin nur in starker Aufquellung enthaltener Körper, welcher aus demselben wieder abgeschieden werden kann durch Filtration oder durch Zusatz von Säuren oder Alkalien, in denen er zu häutigen, gallertartigen Massen zusammenschnurrt. 3) Die Verdickungsschichten der Epidermiszellen der Früchte von Ocymum basilicum, Salvia-Arten etc. als ein in Wasser sich nicht vertheilender, sondern nur gallertartig, ohne Formverlust aufschwellender Zustand. Endlich 4) die grösste Mehrzahl der Cellulosehäute, als eine durch Wassereinlagerung nicht aufquellende, sondern nur in stärkerem oder schwächerem Grade erweichende Form. Unter den zum Gummi gehörigen Körpern kann das arabische Gummi als völlig löslicher, der Leinsamenschleim als dickschleimiger, fadenziehender, schwerfiltrirbarer, der Flohsamenschleim als ein in Wasser nicht vertheilter, nur zäh gallertartig aufgeschwollener Zustand gelten. — Im Quittenschleim haben wir sogar einen Körper, der mehrere dieser Zustände gleichzeitig aufweist. Ein Theil desselben ist immer vollkommen löslich in Wasser und verhält sich ganz wie der Orchisschleim, der grössere Theil dagegen ist von der eben beschriebenen Eigenschaft; und von diesem wiederum ein Theil zeigt stärkere Resistenz gegen Wasser, er behält in letzterem tagelang die kappenförmige Gestalt der Verdickungsschichten. Alle drei Theile gehen ohne Grenze in einander über, alle verhalten sich chemisch einander gleich.

2) So werden der Leinsamenschleim und der gegen Wasser noch viel resistentere Flohsamenschleim nach dem Aufkochen zu einem dünnflüssigen, tropfenbildenden, durch Leinwand leicht filtrirbaren Liquidum, welches nach dem Erkalten nur wieder wenig dicklicher wird.

fortsetzen, ohne dass dabei in dem Verhalten des organischen Körpers auch nur die geringste Veränderung eintritt.

Wir können somit gegenwärtig, wie es scheint, nur die Reaction mit Jod und die Umwandlungsproducte mit verdünnter Salpetersäure zur Unterscheidung von Cellulose und Gummi anwenden, und eben so wenig wie wir unter den zur Cellulose gehörigen Körpern auf ein verschiedenes Verhalten zu Wasser eine weitere chemische Eintheilung gründen, können wir dies consequenter Weise bei den zum Gummi gehörigen Körpern versuchen und müssen also die Annahme zweier besonderer chemischer Körper, Gummi und Bassorin, aufgeben.

Dass nun aber der Wigand'schen Lehre auch von physiologischer Seite Thatsachen, und zwar hier von absoluter Gewissheit, entgegenstehen, leuchtet nach dem Vorhergehenden ein. Ausser der sehr wahrscheinlichen Bildung des Kirschgummi und anderer in ähnlicher Weise entstehender Gummata zum Theil unmittelbar aus den Säften der Pflanze sprechen gegen die Wigand'sche Lehre auch die unumstösslich gewissen Thatsachen, dass die aus Gummi bestehenden Zellmembranen bei Linum, Plantago und den Malvaceen nicht der Desorganisation einer Cellulosemembran, sondern einer unmittelbaren Bildung aus dem Inhalte der lebendigen Zelle ihre Entstehung verdanken, und dass das den Zellinhalt im Parenchym des Symphytumrhizomes darstellende Gummi gleichfalls nicht durch eine Desorganisation einer Zellmembran, sondern im Zellinhalte selbst gebildet worden ist und auch nicht als ein dem Leben der Pflanze nicht mehr dienlicher Stoff betrachtet werden kann, vielmehr im Verlaufe der Vegetation allmählich aus dem Rhizome, in welchem es im Frühjahre in reichlicher Menge angetroffen wird, verschwindet, also offenbar zur Neubildung von Pflanzentheilen verwendet wird.

Hiermit wird sich auch der physiologische Lehrsatz erledigen, zu welchem die Wigand'sche Ansicht über die Bedeutung des Gummi in der Pflanze neuerdings von Sachs[1]) erhoben worden ist.

---

Um nun das, was sich aus Vorstehendem für die Physiologie überhaupt ergiebt, zusammenzufassen, beziehe ich mich zugleich auf das bei Gelegenheit der chemischen Untersuchungen dieses Gegenstandes an dem mehrfach citirten Orte von mir Mitgetheilte.

Die von der organischen Chemie bisher als „Pflanzenschleime“

1) Handbuch der Experimentalphysiologie der Pflanzen. Leipzig 1865, p. 368.

aufgeführten Körper sind nicht als eine besondere chemische Verbindung zu betrachten, sondern zum Theil der Cellulose, zum Theil dem Gummi anzureihen.

Hiernach sind sowohl unter Cellulose wie unter Gummi Reihen von Körpern zusammengefasst, welche zwar in den charakteristischen Eigenschaften beider Gruppen übereinkommen, doch durch verschiedenes Verhalten zu Quellungsmitteln und durch verschiedene Reactionserscheinungen noch unter sich verschieden sind.

Die mehrfach vertretene Ansicht, dass die zu ein und derselben Reihe gehörigen Körper in reinem Zustande nicht von einander verschieden seien und erst durch Einlagerung fremder, unorganischer Stoffe ihre abweichenden Eigenschaften erhalten, steht in Widerspruch mit der Thatsache, dass man die Eigenthümlichkeiten dieser Körper in nichts zu verändern im Stande ist, soweit man ihre Befreiung von unorganischen Beimengungen auch treiben mag.

Jene abweichenden Eigenschaften sind sonach als den organischen Körpern selbst eigenthümlich zu betrachten, und wir müssen daher die Cellulose wie das Gummi als in zahlreichen Modificationen vorhanden betrachten, so dass die Familie der Kohlenhydrate einen ähnlichen Reichthum an Isomerien aufzuweisen scheint wie die gleichfalls vegetabilische Familie der Kohlenwasserstoffe.

Die Cellulosen und Gummata spielen in den Geweben des vegetabilischen Organismus die verschiedensten Rollen. In erster Linie sind dieselben hier zu unterscheiden in solche, welche normale Bestandtheile des Pflanzengewebes darstellen, und in solche, welche als Desorganisationsproducte gewisser Gewebstheile aus dem organischen Zusammenhange der Pflanze ausgeschieden sind. Zu der letztgenannten Reihe dürften wohl vorwiegend Körper aus der Klasse des Gummi gehören. Indessen sind die Gummata keineswegs sämmtlich als Desorganisationsproducte anzusehen, sondern sie können wie die Cellulosen normale Bestandtheile der lebendigen Zelle ausmachen; und zwar kann sowohl Cellulose als Gummi bald als Bestandtheil der Zellwand, bald als Zelleninhalt auftreten. Als Inhalt von Intercellularkanälen treten von den hierhergehörigen Stoffen nur Körper der Gummireihe auf; und zwar sind sie in diesem Falle bald als Secretionsproducte der den Kanal umkleidenden Zellen, bald als Zelleninhalt eines ursprünglich an der Stelle des Intercellularcanales vorhandenen Zellgewebes anzusehen. Es würde sich hiernach folgendes Schema für die Vertheilung dieser Stoffe im Pflanzenkörper aufstellen lassen:

| | Zellhaut. | Zelleninhalt. | Inhalt von Intercellularkanälen. |
|---|---|---|---|
| Cellulosen. | Die grosse Mehrzahl der Pflanzenzellen. | Die Schleimzellen in den Knollen der Orchisarten. | — |
| Gummata. | Die oberflächlichen Samenzellen von Linum und Plantago, die Schleimzellen der vegetativen Organe der Malvaceen. | Die Parenchymzellen des Rhizomes von Symphytum und wohl noch vieler anderer Pflanzen und Pflanzentheile. | Cycadeae, Marattiaceae, Tilia. |

Da die meisten Zellen mit aufquellenden Verdickungsschichten vor Ablagerung derselben dicht mit Stärkekörnern erfüllt sind, und letztere in dem Maasse verschwinden als erstere angelegt werden, so ist dieses Stärkemehl wohl als das Material für den Aufbau jener Zellhauttheile zu betrachten, welches in der Zelle denselben Raum wie letztere, nur in einer anderen Form ausfüllt. In den Schleimzellen des Quittensamens und der Malven, in denen während der Bildung der aufquellenden Verdickungsschichten keine oder nur sehr wenig Stärkekörner vorhanden sind, würde der Verbrauch des Materials zur unmittelbaren Bildung der Verdickungsschichten ebenso oder nahezu ebenso rasch wie die Zufuhr desselben zur Zelle erfolgen.

Die als normale Bestandtheile des vegetabilischen Gewebes auftretenden Cellulose- und Gummistoffe erscheinen schon bei ihrer Entstehung in den chemischen und physikalischen Eigenschaften des fertigen Zustandes. Insbesondere sind also die Zellmembranen, welche aus einer besonderen Cellulosemodification oder aus einem Gummi gebildet sind, in ihren jüngsten Stadien nicht als eine gewöhnliche Cellulosemembran vorhanden, welche etwa erst im Laufe ihrer weiteren Entwickelung die abweichenden chemischen und physikalischen Eigenschaften annähme. Nur die spiralig zerreissende innerste Verdickungsschicht der Schleimzellen von Salvia kann als Beispiel für die Umwandlung einer in Wasser aufquellbaren in eine nicht aufquellbare Cellulosemodification angesehen werden. Ob überhaupt die Zellwand im normalen Entwickelungsverlaufe der Zelle eine chemische Veränderung erfahrt, ist zur Zeit noch in keinem Falle mit Sicherheit erwiesen; denn die Desorganisationserscheinungen der Zellmembran, welche immer mit dem Tode der Zelle endigen, müssen hier ausgeschlossen bleiben, und von den organischen inkrustirenden Substanzen ist es noch ungewiss, ob überhaupt und inwieweit ihre Entstehung auf Umwandlung der Cellulose beruht.

Leipzig, im November 1865.

# Erklärung der Abbildungen.

## Taf. XV.

Fig. 1. Durchschnitt durch die oberflächlichen Zellen des reifen Leinsamens, unter Alkohol. a Zellhöhle. Vergr. 300.

Fig. 2. Derselbe bei eben beginnender Einwirkung von Wasser. Bezeichnung und Vergrösserung ebenso.

Fig. 3. Derselbe aus dem unreifen Samen. s erste Anlage der secundären Membran. Vergr. 300.

Fig. 4. Derselbe aus einem etwas späteren Stadium des unreifen Samens. Vergröss. 300.

Fig. 5. Eine Gummizelle aus dem Rhizome von Althaea officinalis im ersten Stadium der Aufquellung. Vergr. 300.

Fig. 6. Eine jugendliche Gummizelle aus den vegetativen Organen von Malva vulgaris mit noch unvollendeten Verdickungsschichten. Vergr. 200.

Fig. 7. Gruppenweis zusammenliegende, von Stärkezellen umgebene Gummizellen aus dem Rhizome von Althaea officinalis; das Gummi ist durch Behandlung mit Wasser entfernt, die primären Membranen sind allein übrig. Vergr. 300.

Fig. 8. Oberflächliche Zellen des unreifen Quittensamens unter Jodtinctur. Der eingeschrumpfte protoplasmareiche Zelleninhalt enthält dunkel gefärbte kleine Stärkekörnchen. Vergr. 300.

Fig. 9. Dieselben Zellen aus einem späteren Stadium nach Beginn der Ablagerung der Verdickungsschichten, unter Alkohol. Vergr. 300.

Fig. 10. Einige nicht aufgequollene Stücke der innersten in Spiralfasern zerreissenden Schicht der secundären Membran aus den Schleimzellen von Salvia sylvestris. Vergr. 300.

Fig. 11. Querschnitt durch die oberflächlichen Zellen eines unreifen Acheniums von Salvia sylvestris. p primäre, s secundäre Membran, l Zellhöhle. A unter Alkohol, B unter Wasser. Vergr. 300.

## Taf. XVI.

Fig. 12. Dasselbe aus einem etwas späteren Stadium. Bezeichnung und Vergrösserung ebenso.

Fig. 13. Durchschnitt durch eine oberflächliche Zelle des Samens von Teesdalia nudicaulis. l Zellhöhle; a, b, c die drei Schichten der secundären Membran. Vergr. 300.

Fig. 14. Querschnitt durch solche Zellen. Bezeichnung und Vergrösserung ebenso.

Fig. 15. Ein etwas aufgequollener, aus der Zelle ausgetretener Theil der Mittelschicht der Schleimmembran von Teesdalia, ein mehrfaches System von Spiralfasern enthaltend. Vergr. 500.

Fig. 16. Queransicht eines wenig aufgequollenen Stückes eines solchen Schleimcylinders, den Eintritt der Sonderung in concentrische Schichten zeigend. Vergr. 300.

Fig. 17. Stark aufgequollener Theil eines Schleimcylinders, die Spiralfasern treten deutlich hervor, bei x unterbrochen. Vergr. 500.

Fig. 18. Durchschnitt durch eine Cotyledonzelle des Samens von Tropaeolum majus, unter Jodlösung. p primäre, s secundäre Membran. Vergr. 200.

Fig. 19. Eine solche Zelle nach einstündigem Kochen in destillirtem Wasser, unter Jodlösung. Bezeichnung und Vergrösserung ebenso.

Fig. 20. Jugendlicher, noch nicht schleimführender Zustand einer Schleimzelle aus dem jungen Knollen von Orchis majalis; von den übrigen Zellen nur durch eine am Zellenkern erschienene Krystalldruse unterschieden. Vergr. 200.

Fig. 21. Etwas älterer Zustand einer solchen Zelle; die Krystalldruse liegt in einem kleinen Schleimtröpfchen. Vergr. 200.

Fig. 22. Abermals etwas älterer Zustand; der Schleimtropfen ist stark vergrössert und hat das Protoplasma und den Zellenkern bis an die Wand der Zelle verdrängt. Vergr. 200.

Fig. 23. Ausgebildeter Zustand; die von Stärkezellen umgebene Schleimzelle enthält nur Schleim; die Krystalle im Mittelpunkte sind bereits wieder in der Auflösung begriffen. Vergr. 200.

Fig. 24. Querschnitt aus dem eingetrockneten, im Frühjahre gesammelten Rhizome von Symphytum officinale unter Jod und Schwefelsäure. Vergr. 200.

Fig. 25. Querschnitt durch ein Gefäss aus dem Holzkörper eines gummikranken Zweiges von Prunus avium; die secundäre Gefässmembran ist zu Gummi aufgequollen. Vergr. 200.

Fig. 26. Ebendaher; a und b zu Gummi aufgequollene Theile der Gefässwände; c Holzzellen, deren secundäre Membran ebenfalls in Gummi desorganisirt ist. Vergr. 200.

---

Frank ad nat. del. C. Lane lith.

Frank ad nat. del. C. Lane lith.

# ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Jahrbücher für wissenschaftliche Botanik

Jahr/Year: 1866-1867

Band/Volume: 5

Autor(en)/Author(s): Frank A. B.

Artikel/Article: Ueber die anatomische Bedeutung und die Entstehung der vegetabilischen Schleime. 161-200