

Ueber einige Nebenprodukte des pflanzlichen Stoffwechsels.

Von

Dr. Hugo de Vries.

Es ist im Pflanzenreich eine äusserst verbreitete Erscheinung, dass beim Stoffwechsel, ausser den für den Aufbau und das Wachstum neuer Zellen und Organe bestimmten Stoffen, noch andere erzeugt werden, welche bei anderen Lebensvorgängen eine mehr oder weniger wichtige Rolle zu spielen haben. Solche Stoffe hat man als Nebenprodukte des Stoffwechsels bezeichnet¹⁾. In den weniger ausgebildeten Fällen liegen sie in denselben Zellen, welche auch sonst dem gewöhnlichen Ernährungsprozesse dienen, in zahlreichen Fällen werden sie aber von besonderen Zellen oder Zellenkomplexen produziert.

Dass diese Produkte dem aufbauenden Stoffwechsel entzogen sind, geht in vielen Fällen mit Bestimmtheit daraus hervor, dass sie an den Orten ihrer Entstehung oder Ausscheidung, bis zum Tode der Organe, unthätig liegen bleiben, während die Nährstoffe entweder periodisch, oder doch kurze Zeit vor dem Absterben, völlig aufgelöst und in die übrigen Theile der Pflanze zurückgeführt werden. Betrachten wir auf der anderen Seite das ganz allgemeine Vorkommen solcher Körper, die häufig merkwürdige chemische Differenzirung ihrer Bestandtheile, den oft sehr komplizirten Bau der produzierenden Organe, und vor Allem den Umstand, dass offenbar sehr bedeutende Mengen assimilirter Nährstoffe behufs ihrer Bereitung geopfert werden müssen, so ist es völlig einleuchtend, dass sie, wenigstens in zahlreichen Fällen, zu wichtigen Funktionen in der Oekonomie der Pflanze bestimmt sind.

Welche diese Funktionen sind, ist bei Weitem nicht für alle diese Nebenprodukte bekannt. Einige unter ihnen dienen offenbar für die wechselseitigen Beziehungen zwischen den Pflanzen und ihrer Umgebung. Am deutlichsten und am ausführlichsten studirt ist dieses wohl bei den Nektarien der Blüten, deren Honig zur Anlockung von Insekten dient, welche bei ihren Blumenbesuchen den Blütenstaub aus den Antheren auf die Narben anderer Blüten derselben Art übertragen. Zu ähnlichen Zwecken werden auch die Farbstoffe der Blumen ausgebildet, sowie die klebrigen Stoffe, welche die einzelnen Pollenkörner in eine leicht am Insektenkörper haftende Masse umgestalten. Umgekehrt dienen wieder andere Nebenprodukte des Stoffwechsels als Schutzmittel gegen Beschädigungen durch pflanzenfressende Thiere, und wohl vorwiegend gegen die zahlreichen Feinde aus den verschiedensten Ordnungen der Insekten. Hierin pflegt man wenigstens die Bedeutung der so häufigen giftigen Stoffe zu suchen, und die stark riechenden, in besonderen Zellen enthaltenen oder von

1) Sachs, Lehrbuch der Botanik, 4. Aufl., S. 676.

inneren oder äusseren Drüsen abgeschiedenen Körper, welche in den verschiedensten Pflanzenabtheilungen in den Blättern und jungen Trieben beobachtet werden, haben wohl auch denselben Zweck¹⁾. Auch auf die Bedeutung des Fruchtfleisches saftiger Früchte für die Verbreitung der Samen durch Vögel, darf hier wohl noch hingewiesen werden.

In meinen „Beiträgen zur speziellen Physiologie landwirthschaftlicher Kulturpflanzen“ habe ich aus leicht ersichtlichen Gründen die ernährungsphysiologischen Prozesse in den Vordergrund meiner Behandlung gestellt, und die Nebenprodukte des Stoffwechsels meist nur sehr kurz erwähnt. Um auch diesem Theile meiner Aufgabe gerecht zu werden, beabsichtige ich im vorliegenden Aufsätze einige der wichtigsten und häufigsten Nebenprodukte einer besonderen Behandlung zu unterziehen. Ich wähle dazu eine Gruppe von Körpern, welche, obgleich sie gewöhnlich, und vom anatomischen Standpunkte mit vollem Recht, als durchaus verschieden behandelt werden, nach meiner, unten näher zu begründenden Ueberzeugung, doch vom physiologischen Standpunkte als zusammengehörig betrachtet werden müssen. Ihre gemeinschaftlichen Eigenschaften bestehen darin, dass sie aus frischen Wunden in flüssiger oder halbflüssiger Form hervortreten und sich auf der Oberfläche des verwundeten Theiles allmählich in festere, meist sehr zähe Massen verwandeln. Es gehören dazu das Gummi und die übrigen Pflanzenschleime, der Milchsaft, das Harz und die zahlreichen zwischen diesen Haupttypen vorkommenden Uebergänge. Eine ausführliche Beschreibung dieser Körper, sowie ihrer Behälter findet man in de Bary's vortrefflichem Handbuche: „Vergleichende Anatomie der Vegetationsorgane der Phanerogamen und Farne“, ein Werk, welches, wie man sehen wird, mir bei der Bearbeitung dieses Aufsatzes von ganz besonderem Nutzen gewesen ist.

Einige der namhaft gemachten Produkte zeigen eine eigenthümliche Beziehung zum oxalsauren Kalk, insofern sie häufig in denselben Zellen abgelagert sind als dieser. So findet man die Krystallnadeln der Raphidenzellen gewöhnlich in einem dichten Schleime eingebettet²⁾, und sind die grossen Schleimgänge der Opuntien durch den Gehalt zahlreicher und grosser Drusen von Kalkoxalat ausgezeichnet³⁾. In den grossen Schleimhäuten der Orchisknollen liegt je ein kleines Bündelchen von Krystallnadeln⁴⁾; diese Zellen bilden also eine Art Uebergang von den vorwiegend krystallführenden Schleimzellen zu den krystallfreien⁵⁾. Die Schleimzellenreihen der Allium-Arten stimmen mit den Raphidenzellenreihen der verwandten Gattungen derart in Gestalt und Anordnung überein, dass beide Formen von Hanstein unter dem gemeinschaftlichen Namen der Schlauchgefässe zusammengefasst wurden⁶⁾. In all' diesen Beispielen ist der Schleim, ebenso wie der oxalsaure Kalk, völlig aus dem aufbauenden Stoffwechsel ausgeschieden, und bleibt er ohne jede weitere Verwendung liegen⁷⁾. Diese Fälle drängten mir, bei meinen Studien über die Rolle des oxalsauren Kalkes⁸⁾, die Frage nach

1) Als besonders einleuchtendes Beispiel sei hier an die grossen mit Kampher gefüllten Zellen in den Blättern des Kampherbaumes erinnert.

2) de Bary, vergl. Anatomie S. 142.

3) de Bary, l. c. S. 214.

4) Frank in Pringsheim's Jahrbüchern V. S. 181.

5) de Bary, l. c. S. 154.

6) Hanstein, Die Milchsaftgefässe.

7) de Bary, l. c. S. 142.

8) Diese Jahrbücher (1881), S. 53.

der Bedeutung dieses Schleimes auf, und es zeigte sich bald, dass eine befriedigende Antwort nur von einer umfassenden Berücksichtigung aller, physiologisch mit ihm verwandten Bildungen erwartet werden konnte.

I. Historisches.

Bereits die ältesten Pflanzenphysiologen kannten in den Pflanzen eigenthümliche, abgeschiedene Säfte, und nannten sie, nach dem Vorgange Malpighi's, *succi proprii*, Eigensäfte, und ihre Behälter *vasa propria*¹⁾. Grew unterschied unter diesen Behältern verschiedene Gruppen, welche er mit den Namen der *vasa lactifera*, *gummifera*, *resinifera* und *mucilagifera* belegte²⁾. Wir erkennen darin, so genau wie es der Unterschied zwischen den damaligen und den heutigen Kenntnissen erlaubt, dieselbe Reihe von Absonderungsprodukten, welche wir auch in diesem Aufsätze als eine physiologisch zusammengehörige Gruppe zu behandeln haben werden.

Ueber die Bedeutung dieser Produkte sind nun im Laufe der Zeit eine Reihe von Meinungen geäußert worden, bei denen sie theils als zusammengehörig, theils aber als mit sehr verschiedener Bedeutung belegt, behandelt wurden. Um eine klare Einsicht in den Ursprung dieser verschiedenartigen Ansichten zu bekommen, ist es aber durchaus nothwendig, vorher einen Blick auf die Entwicklung einiger der wichtigsten einschlägigen allgemeinen Prinzipien zu werfen.

Am Ende des vorigen und im Anfange dieses Jahrhunderts herrschte ganz allgemein, und wie es scheint fast unbestritten, die Ansicht, dass der ganze Stoffwechsel im pflanzlichen Organismus nur der Ernährung diene. Alle Stoffe, welche von der Pflanze von aussen aufgenommen, oder in ihr neugebildet wurden, wurden demgemäss überall, wo solches nur irgendwie möglich war, als Nährstoffe betrachtet. Doch waren schon damals eine Reihe von Produkten des Stoffwechsels bekannt, welche entweder wegen ihrer chemischen Natur, oder wegen des Ortes ihrer Ablagerung, unmöglich zu den Nährstoffen gerechnet werden konnten. Diese waren also, nach der damaligen Ansicht, völlig nutzlos für die Pflanze, und ihre Entstehung konnte also nur als eine nothwendige Folge anderweitiger nützlicher Umsetzungen behandelt werden. Für solche Stoffe nahm man an, dass sie nothwendigerweise entweder ganz aus der Pflanze herausgeschafft, oder doch in bestimmten Organen und Zellen abgelagert und dadurch unschädlich gemacht werden müssten. Die *vasa propria* waren, dieser Auffassung entsprechend, die Organe für die Absonderung und erste Aufnahme solcher *secernirter Säfte*³⁾.

Dass die Pflanzen zu besonderen Lebenszwecken besondere Säfte abscheiden konnten, war damals auch hervorragenden Botanikern unbekannt. Uns erscheint dieses kaum glaublich, nachdem in den letzten Jahrzehnten durch Darwin's grosse Leistungen die Aufmerksamkeit auf so manche dieser besonderen Säfte und auf ihre wichtige Rolle im Pflanzenleben gelenkt worden ist. Damals aber lag dieses ganze Gebiet noch tief im Dunklen. Ein paar Beispiele mögen

1) Mit Unrecht hat später Moldenhauer auch Siebröhren als *vasa propria* bezeichnet, und wurde darin von Anderen gefolgt. Vergl. de Candolle, Physiologie I, S. 256 und de Bary, vergl. Anat. S. 179.

2) Vergl. Meyen, Physiologie II, S. 371.

3) Meyen, Physiologie II, S. 375.

dieses beleuchten. So sagt Meyen in seiner Pflanzenphysiologie (Bd. II S. 369): „Bei den Pflanzen kommt es häufig vor, dass Stoffe, welche ganz entschieden zu den vorzüglichsten assimilirten Nährstoffen gehören, dass diese von den Pflanzen nach Aussen hin abgesondert werden, wo sie für das Leben derselben sicherlich zwecklos dastehen; so verhält es sich z. B. mit der Zucker-Absonderung im Nektar.“ Und S. 400 sagt derselbe Schriftsteller, „dass die Milchsäfte als die ausgearbeiteten Sekrete der Pflanzen auftreten, und somit zur Ernährung und Bildung derselben verbraucht werden.“

Die im Pflanzenkörper vorkommenden Stoffe betrachtete man also entweder als Nährstoffe, oder als nutzlose und aus dem Stoffwechsel ausgeschiedene Nebenprodukte der normalen Lebensvorgänge. Von dieser Betrachtungsweise rührt auch der noch jetzt für solche Stoffe gebräuchliche Name „Nebenprodukte des Stoffwechsels“ her, obgleich man damit jetzt nur aussagen will, dass sie dem aufbauenden Stoffwechsel entzogen sind¹⁾, ohne dadurch aber eine anderweite nützliche Verwendung auszuschliessen²⁾.

Die ganze Geschichte der *succi proprii* dreht sich nun dementsprechend um die Frage, in wie fern sie als weiter verwendbare Nährstoffe oder als nutzlose Auswurfstoffe zu betrachten sind, und im ersteren Falle, welcher Art ihre Beziehung zum sonstigen Ernährungsprozesse ist.

Erinnert man sich dabei an das damals weit verbreitete Streben, eine Uebereinstimmung in der Bewegung und Circulation der pflanzlichen Ernährungsäfte mit dem thierischen Blute nachzuweisen, ein Streben, welches zu den sonderbarsten Theorien, zumal über die Bedeutung des Milchsaftes, Veranlassung gegeben hat, so wird man es um so erklärlicher finden, dass sämtliche Ansichten über diese Säfte sich ausschliesslich um die oben gestellte Alternative drehten. An eine sonstige Bedeutung für das Leben dachten nur Wenige, ohne aber näher darauf einzugehen³⁾.

Der definitiven Entscheidung der gestellten Frage hat immer der Milchsaft am meisten Schwierigkeit gemacht, und zwar aus dem Grunde, dass er sowohl an bildungsfähigen Stoffen als auch an für die Ernährung nicht weiter verwendbaren Auswurfstoffen sehr reich ist. Grade diese Schwierigkeiten, aber auch die auffallenden und so zu sagen zu Untersuchungen auffordernden Eigenschaften der Milchsäfte waren Ursache, dass die Aufmerksamkeit der Forscher ihnen stets in erster Linie zugewandt war. Je nachdem man nun dabei die eine, oder die andere Gruppe der Bestandtheile der Milchsäfte in den Vordergrund seiner Betrachtung stellte, rechnete man die Milchsaftbehälter entweder zum ernährungsphysiologischen System in der Pflanze, und trennte sie also völlig von den übrigen *vasis propriis*, oder man folgte der Meinung Malpighi's und Grew's und fasste sämtliche *succi proprii* als aus dem normalen Stoffwechsel secernirte Bestandtheile auf.

Die Ansicht, dass der Milchsaft als assimilirter Saft der Ernährung diene, hat hauptsächlich durch die Bestrebungen von Schultz⁴⁾ Eingang in die Wissenschaft gefunden, obgleich die von diesem Schriftsteller aufgestellte Theorie der Circulation des Milchsaftes längst vollständig widerlegt worden ist. Durch eine lange Reihe von Untersuchungen suchte Schultz darzuthun, dass der Milch-

1) Sachs, Handbuch S. 676.

2) de Bary, vergl. Anatomie S. 143.

3) de Candolle, Physiologie I, S. 57.

4) Vergl. Mohl's Kritik in der Bot. Ztg. 1843, S. 553.

saft dem Blute der Thiere analog sei, und eine ähnliche Cirkulation wie dieses besitze, und er gab diesem Saft dementsprechend den Namen Lebenssaft (*Latex*). Seine Theorie fand durch eine längere Zeit zahlreiche Anhänger, aber auch kräftige Gegner; unter den ersteren nenne ich Meyen¹⁾, unter den letzteren Treviranus²⁾ und de Candolle³⁾, welche beide die ganze Gruppe der *succi proprii* als von physiologisch gleicher Bedeutung betrachteten. Erst den gründlichen Untersuchungen Mohl's gelang es, den endgültigen Nachweis zu liefern, dass eine Cirkulation, wie Schultz sie beobachtet zu haben glaubte, gar nicht besteht, und die Ursachen der fehlerhaften Beobachtungen dieses Forschers aufzudecken. Damit fiel diese ganze Theorie, über welche nicht nur von ihrem Urheber, sondern auch von zahlreichen anderen Beobachtern eine ganze Reihe von Schriften publicirt worden war, in sich zusammen.

Seitdem wurde aber zu wiederholten Malen der Versuch gemacht, dennoch eine Bewegung des Milchsafte in seinen Bahnen, sei es auch eine Bewegung ganz anderer Art als Schultz sie vermuthete, nachzuweisen. So z. B. von Hartig⁴⁾. Dass eine solche Bewegung möglich ist, und unter verschiedenen Umständen auch wirklich vorkommt, lässt sich, zumal nach Sachs's kritischer Darlegung⁵⁾ nicht befehlen; ihre Bedeutung ist aber bis jetzt noch nicht mit Sicherheit erkannt worden. Wir kommen hierauf sogleich zurück.

Auch die Rolle des Milchsafte als Nährstoff fand fortwährend zahlreiche Vertheidiger. Bereits Meyen⁶⁾ hatte darauf hingewiesen, dass der Milchsaft vieler Pflanzen für Menschen und Thiere ein sehr ausgebildeter Nahrungsstoff sei, und dass demnach der Annahme, dass dieselbe auch in den Pflanzen die Rolle eines ernährenden Saftes versehe, gewiss nichts im Wege stehe.

Die Vertheidiger dieser Meinung waren aber unter sich wieder getrennt in Hinsicht auf die Rolle dieses nährenden Saftes. Während die Einen ihn nun als Reservestoff betrachteten, hielten die Andern ihn für einen Transportstoff und nahmen an, dass die assimilirten Bildungsstoffe in den Milchsaftrohren den wachsenden Theilen zugeleitet wurden. Letztere Meinung stützte sich, ausser auf die Eigenschaften des Saftes und die Röhrenform seiner Behälter, besonders auf die vielfach von anatomischer Seite hervorgehobenen Beziehungen der Milchrohren zu den Siebröhren. Dippel spricht sich darüber folgendermassen aus: „Die Milchsaftgefässe bilden Bastgefässe der milchenden Gewächse, welche in der Jugend zum mindesten die Funktionen der Siebröhren erfüllen, die ich ebenfalls als Bastgefässe bezeichne, im Alter vielleicht nur Reservestoffe führen⁷⁾.“ Auch Hanstein nimmt an, dass die Milchsaftgefässe in jugendlichen Organen dieselbe Rolle haben wie die Siebröhren⁸⁾, und schliesst sich in Bezug auf ihre Bedeutung in erwachsenen Organen der Ansicht an, dass hier der Milchsaft nur eine Art Reservestoff sei. Auch für seine Schlauchgefässe (schleimerfüllte in Reihen übereinander stehende Raphidenzellen) vermuthet Hanstein dieselbe Funktion wie die der Siebröhren⁹⁾.

1) Meyen, Physiologie II, S. 410.

2) Treviranus, Physiologie I, S. 351.

3) de Candolle, Physiologie végétale I. S. 272.

4) Hartig, Bot. Ztg. 1862, S. 97.

5) Sachs, Handbuch S. 392.

6) Meyer, Physiologie II, S. 410.

7) Dippel, Verhandl. van het Botanisch Genotschap te Rotterdam T. XII, 3 (1865), S. 105.

8) Hanstein, Die Milchsaftgefässe (1864), S. 59.

9) Hanstein, *ibid.* S. 59.

Hanstein hat sich dabei aber nicht nur auf anatomische Betrachtungen beschränkt, sondern auch direkte Versuche über die Bedeutung der Milchröhren angestellt. Und zwar eigneten sich dazu die ganz jungen Pflanzentheile nicht, sondern nur die erwachsenen. Die betreffenden Versuche¹⁾ wurden mit Zweigen von Ficus-Arten gemacht, da diese im Mark zerstreute Milchröhren besitzen, ohne jedoch im Innern des Stengels Siebröhrenbündel zu führen. An Stecklingen von Ficus Carica wurde ein Ringelschnitt über der Basis gemacht, und es erschienen am unteren Ende nur so schwache Wurzelanfänge, dass sie keine Nahrungszufuhr aus dem übrigen Theil des Stecklinges anzunehmen gestatteten. Bringt man nach ihm einen Ringelschnitt unter der Spitze eines wachsenden Zweiges von Ficus australis an, den man entlaubt, so hält sich diese Spitze zwar ziemlich lange frisch, wächst aber nicht weiter und stirbt endlich ab. „Auch die Milchsaftgefäße,“ schliesst Hanstein, „enthalten also keinen unmittelbar anwendbaren plastischen Saft, und können denselben nicht herleiten.“

Das Resultat dieser Versuche ist in Verbindung mit den zahlreichen von Hanstein nach derselben Methode mit nicht milchenden Pflanzen angestellten Experimenten so schlagend, dass man sich wundert, dass nicht sogleich der Gedanke entstanden ist, die Bedeutung des Milchsaftes in einer ganz anderen Richtung als die bisher befolgte zu suchen, und dass Hanstein selbst, auf der nächsten Seite seines Werkes dennoch auf die alte Meinung, sei es auch unter gewissen Beschränkungen, zurückkommt.

Die späteren anatomischen Untersuchungen haben mehr und mehr zu der Ueberzeugung des ganz allgemeinen Vorkommens der Siebröhren bei allen Gefüsspflanzen geleitet, und damit hat die Ansicht von der Vertretung dieser Siebröhren bei milchenden Pflanzen durch die Milchröhren allmählich ihre Anhänger verloren.

Faivre²⁾ vertheidigt in einer Reihe von Arbeiten die Meinung, dass der Milchsaft als eine Art Reservestoff zu betrachten sei, der eine ähnliche Rolle spiele, wie die sonstigen, im Parenchym und den Siebröhrenbündeln abgelagerten Reservestoffe. Durch ausführliche Versuche, hauptsächlich mit Morus alba angestellt, zeigte er, dass der Milchsaft stets abnimmt, wenn bei rascher Entfaltung der Knospen im Frühjahr, oder beim Wachsthum von Trieben und Blättern unter ungünstigen Umständen, auch die Reservestoffe verbraucht werden. Sobald dagegen die Blätter ausgewachsen sind, und am Lichte neue Vorräthe organischer Nährstoffe bilden, und dementsprechend die Ablagerung von Stärke im Rindenparenchym wieder anfängt, dann erlangt auch der Milchsaft seine weisse Farbe und seinen Gehalt an Nährstoffen wieder³⁾. Diese Versuche lehren uns mit voller Evidenz, dass die Bildungsstoffe des Milchsaftes unter bestimmten Umständen wieder verbraucht werden, und also mit vollem Recht als Nährstoffe betrachtet werden. Ob sie aber aus den Milchröhren wieder in das übrige Gewebe zurückkehren, oder einfach innerhalb dieser für die daselbst stattfindenden Prozesse verwendet werden, das wird durch Faivre's Versuche nicht entschieden⁴⁾.

Eine eigenthümliche Ansicht über die Bedeutung des Milchsaftes ist von Trécul aufgestellt und in einer langen Reihe von Untersuchungen vertheidigt

1) Hanstein, l. c. S. 58.

2) Faivre, Ann. Sc. nat. 5. Ser. IX. 1869, S. 99.

3) Näheres hierüber werde ich noch im vorletzten Abschnitt zu erwähnen haben.

4) Vergl. hierüber den III. Abschnitt.

worden¹⁾. Er fand bei zahlreichen Pflanzen, dass die Verzweigungen der Milchröhren nicht selten bis an das Holz der Gefässbündel oder sogar in diese hinein vordringen, und sich hier eng an die luftführenden Gefässe anschliessen. Ferner beobachtete er, dass in diesen Holzgefässen häufig eingetrocknete oder sonst unter der Einwirkung der Luft veränderte Tropfen von Milchsaft gefunden werden, welche z. B. bei Arten mit gefärbtem Milchsaft (*Chelidonium*, *Sanguinaria*) schon an ihrer Farbe als solche erkannt werden können²⁾. Trécul betrachtete nun die Milchröhren als Behälter secernirter, für den Stoffwechsel untauglich gewordener Säfte und meinte, dass sie die Aufgabe haben, diese Säfte dem Holze zuzuführen und sie also mit dem aufsteigenden Strom der rohen Nährstoffe zu vermischen, damit sie weiter bearbeitet und wieder für die Ernährungszwecke brauchbar gemacht würden. Diese Vorstellung setzt aber einen aufsteigenden rohen Saft voraus, eine Annahme, welche nach Sachs' vorzüglichen Arbeiten auf diesem Gebiete wohl von Niemandem mehr zugegeben werden wird.

Fragen wir nun, was wir nach der Vergleichung dieser verschiedenen Meinungen als feststehend betrachten dürfen, so dürfte davon Folgendes das Wichtigste sein. Der Milchsaft enthält sowohl Auswurfstoffe als Nährstoffe; letztere bildeten den Hauptgegenstand der Kontroversen. Dass diese Nährstoffe sich in den Milchröhren bewegen können, und sich dorthin bewegen werden, wo sie verbraucht werden, unterliegt keinem Zweifel³⁾, obgleich die Milchröhren keineswegs als Vertreter der Siebröhren und noch weniger als Organe für die Leitung eines „plastischen Saftes“ angesehen werden dürfen. Unter Umständen werden ihre Bildungsstoffe verbraucht, unter anderen Umständen werden solche in ihnen von Neuem angehäuft. Ob der Verbrauch dabei nur der inneren Oekonomie des Milchröhrensystems oder auch den ausserhalb dieses gelegenen Zellen und Gewebekomplexen zu Gute kommt, ist noch unbekannt. Und so lange diese Alternative nicht experimentell entschieden ist, lässt sich über die Verwendung der Nährstoffe des Milchsaftes mit Sicherheit nichts aussagen.

Durch seine Auswurfstoffe stimmt der Milchsaft mit den übrigen *succis propriis* der ältesten Pflanzenphysiologen überein, also mit Gummi, Schleim, Harz, Gummiharz u. s. w. Diese Stoffe wurden früher als für den Ernährungsprozess untaugliche und deshalb secernirte Nebenprodukte des Stoffwechsels betrachtet, als Stoffe, welche aus den lebendigen Zellen entfernt und an gewissen Orten angehäuft und unschädlich gemacht werden mussten. Spätere Forscher erkannten, dass ihnen wahrscheinlich irgend eine Bedeutung im Haushalte der Pflanze zukommen müsse, aber über die Natur dieser Bedeutung ist, so viel mir bekannt, bis jetzt noch keine Ansicht aufgestellt worden.

Noch in der letzten Ausgabe des Lehrbuchs der Botanik rechnet Sachs⁴⁾ den „Kautschuk in den Milchröhren, die Harze und Harzbildenden Stoffe in den Harzgängen, wohl auch die gummiähnlichen Verbindungen in den Gummigängen so vieler Pflanzen“ zu den Stoffen, von denen „irgend eine Bedeutung für die innere Oekonomie der Pflanze bis jetzt nicht bekannt ist.“

1) Z. B. *Comptes rendus* I, 45. (1857), S. 402; I, 51. (1860), S. 871; I, 60. (1865), S. 78; 522; 825; 1349.

2) Eine gewisse Analogie zwischen dieser Erscheinung, und der Infiltration des Koniferenholzes mit Harz aus den Harzkanälen (vergl. den folgenden Abschnitt) ist wohl nicht zu verkennen; vielleicht kann diese später einiges Licht auf die von Trécul entdeckten Verhältnisse werfen.

3) Sachs, Handbuch S. 386.

4) Sachs, Lehrbuch, 4. Aufl., S. 676.

Die Frage nach der Bedeutung dieser Auswurfstoffe bildet die Aufgabe des vorliegenden Aufsatzes; die Nährstoffe des Milchsaftes werden wir, aus dem soeben angeführten Grunde, nur ganz beiläufig zu erwähnen haben.

II. Die Bedeutung des Harzes bei den Nadelhölzern.

Unter den „succis propriis“ sind die Harze diejenigen, welche mit dem Gummi und dem Schleime am wenigsten verwandt sind. Dennoch wollen wir unsere Untersuchung mit ihnen anfangen, da sie uns die besten Anhaltspunkte für eine vergleichende Betrachtung der übrigen verwandten Nebenprodukte bieten, und zwar aus dem wichtigen Grunde, dass über ihre physiologische Rolle wohl am wenigsten Zweifel bestehen kann.

Zunächst müssen wir hervorheben, dass das Harz der Nadelhölzer nicht eben als ein nutzloses Produkt zu betrachten ist, welches beim gewöhnlichen Stoffwechsel entstehend, aus den lebendigen Zellen möglichst vollständig entfernt und an solchen Orten angehäuft werden muss, wo es für die Lebensprozesse unschädlich ist. Gerade im Gegentheil werden auf die Bildung des Harzes¹⁾ von den Nadelhölzern jährlich ganz erhebliche Mengen von Nährstoffen verwendet. Es geht dieses bereits aus einer genauen Betrachtung ihrer chemischen Zusammensetzung hervor. Denn das Terpentinöl, welches der wichtigste Bestandtheil des Harzes bildet, wenigstens so lange dies noch in den ungeöffneten Harzkanälen der Bäume liegt, ist die kohlenstoffreichste Substanz des Baumes, und bedarf also, wie Frank in seinem vorzüglichen Handbuche der Pflanzenkrankheiten hervorhebt²⁾, zu seiner Bildung relativ viel grösserer Mengen der gewöhnlichen assimilirten Bildungstoffe, (vorwiegend des Zuckers), aus denen es durch eine vielleicht lange Reihe chemischer Umsetzungen entsteht. Oder mit anderen Worten, es werden für einen bestimmten Gewichtstheil Harz, viele mal grössere Gewichttheile zugeführter organischer Nährstoffe verwendet.

Genau dasselbe lehren uns die Erfahrungen der Praxis. Denn wenn das Harz als ein nutzloser Auswurfstoff in den Harzbehältern abgelagert würde, so würde es für die Pflanze offenbar gleichgültig, wenn nicht vortheilhaft sein, wenn die Sekrete durch Verwundungen aus den Behältern entleert würden, sie würden darunter aber keineswegs leiden können. Eine auch nur oberflächliche Betrachtung der bei der Harzgewinnung im Grossen gewonnenen Erfahrungen zeigt uns aber sogleich, dass dem nicht so ist. Denn die Vegetation der Bäume wird durch diesen Prozess in hohem Grade geschwächt; der Holzzuwachs soll sich in manchen Fällen sogar um etwa ein Drittel vermindern. Auch darf man mit dem Harzen erst im 20.—25. Lebensjahre des Baumes anfangen, weil jüngere Bäume den Verlust noch nicht zu ertragen im Stande sind. Wird die Harzgewinnung ohne Schonung des Baumes vorgenommen, so geht dieser darunter meist in 4—5 Jahren ganz zu Grunde, während bei einer vorsichtigen Behandlung während sechzig bis achtzig Jahren aus demselben Baume mit Vortheil Harz gezapft werden kann. Diese und zahlreiche ähnliche Erfahrungen weisen mit Bestimmtheit darauf hin, dass ein bedeutender Harzverlust dem

1) Ueber die Berechtigung der Bezeichnung „Harz“, sowie über die chemischen Verbindungen, welche die mit diesem Namen belegten, oft sehr komplizirten Stoffgemenge zusammensetzen, vergl. Wiesner, die technisch verwendeten Gummiarten, Harze und Balsame, und Wiesner, die Rohstoffe des Pflanzenreichs.

2) Frank, Die Krankheiten der Pflanzen I, 1881, S. 82.

Baume nachtheilig ist, während ein mässiger Verlust allmählig ersetzt wird¹⁾. Es ist also klar, dass den Bäumen bei dieser Operation keine nutzlosen oder schädlichen Bestandtheile, sondern wichtige Substanzen, auf deren Herstellung ein bedeutender Theil der assimilirten Nährstoffe verwendet wird, entzogen werden.

Die Erfahrungen der Praxis lehren uns auch, dass der Harzfluss der Nadelbäume nicht etwa als eine Krankheit zu betrachten ist, wie z. B. die Gummikrankheit der Kirschen und einiger anderer Laubhölzer. Denn in diesen Fällen greift die Gummibildung nach eingetretener Verwundung immer weiter um sich herum, wodurch sie häufig dem Leben gefährlich wird. Bei den Nadelhölzern muss man aber, grade umgekehrt, um den Harzfluss im Gange zu erhalten, die Wundflächen während der Zeit der Harzgewinnung alle zwei bis drei Tage erneuern, da sie sich sonst schliessen. Uebrigens ist es allgemein bekannt, dass die Gummikrankheit auf einen Desorganisationsprozess der verschiedensten Gewebe beruht, während die Harzbildung bei den Coniferen in besonders dazu ausgebildeten Organen stattzufinden pflegt.

Die Bildung des Harzes ist somit ein normaler und im Leben der Pflanze sehr wichtiger Prozess; die Bäume müssen offenbar von dem Besitze dieses Harzes wichtige Vortheile haben. Es fragt sich also, welcher Natur diese Vortheile sind? In dieser Richtung bieten uns nun die Befunde der anatomischen Untersuchungen eine wichtige Belehrung. Denn sie zeigen uns, dass das Harz, wo es in allseitig geschlossenen Behältern liegt, keine weitere Verwendung findet²⁾, dass es bis zum Tode der Organe unverändert liegen bleibt. An dem aufbauenden Stoffwechsel, ja im Allgemeinen, an den normalen Vorgängen des Lebens, betheilt es sich also nicht.

Dagegen ist es allgemein bekannt, dass das Harz der Nadelhölzer aus Wunden als eine zähe, dickflüssige Masse hervorquillt, welche an der Luft allmählig erhärtet. In jedem Tannenwalde kann man diese Erscheinung beobachten, und häufig sehr bedeutende Harzmengen an den Wunden angehäuft sehen. Oft sind grosse Schälwunden ganz mit einem dünnen, aber meist stellenweise stark verdickten Harzüberzuge bedeckt. Das Harz überzieht aber nicht nur die Oberfläche, sondern dringt auch in das Innere des entblössten Holzes vor, wo es die Höhlungen der Zellen ausfüllt, und ihre Wandungen durchdringt. Und diese Tränkung der Zellhäute mit Harz ist eine so vollständige, dass letztere dadurch in sehr vollkommener Weise gegen die schädlichen Einwirkungen der Atmosphäre und zumal gegen Fäulniss geschützt werden. In dieser Weise bildet die natürliche Bedeckung der Wunden mit Harz bei den Coniferen eines der vorzüglichsten Mittel zur Konservirung des entblössten Gewebes³⁾. Frank, der in seinen bereits oben erwähnten Handbuche die Harzabsonderung sehr ausführlich schildert, betont an mehreren Stellen die Vortheile, welche diesen Bäumen aus der Harzsecretion an den Wunden erwachsen, und vergleicht diese Bedeckung mit der künstlichen Theerung, welche bei Laubhölzern zur Konservirung des Holzes nach dem Abhauen dickerer Aeste allgemein angewandt wird, — welche

1) Aus der umfangreichen Literatur über diesen Gegenstand citire ich: Schacht, der Baum, S. 334; Mohl, Bot. Ztg. (1859), S. 341; Oser in der Allg. Forst- und Jagdzeitung (1874), referirt im Bot. Jahresbericht II, S. 976; Würtz, Dict. de Chemie II, S. 318 und Frank, die Krankheiten der Pflanzen I, S. 76 ff.

2) de Bary, vergl. Anatomie S. 142.

3) Frank, Die Krankheiten der Pflanzen I, S. 83.

aber, wie die Erfahrung der Praxis gelehrt hat, bei Nadelhölzern völlig überflüssig ist; bei dieser Gelegenheit nennt er das Harz „eine natürliche Wundsalbe von vorzüglicher Wirkung“¹⁾.

Es entsteht also die Frage, ob die Bedeutung des Harzes in seiner Beteiligung an der Heilung von Wunden zu suchen sei. Um auf diese Frage eine Antwort zu erhalten wollen wir einerseits die Kanäle untersuchen, welche das Harz enthalten, andererseits aber die besonderen Eigenschaften dieses Produktes selbst in Betracht ziehen.

Wir fangen mit einer Betrachtung des Vorkommens und der Verbreitung der Harzbehälter an.

Die Harzgänge im Holz und in der Rinde der Coniferen, können, je nach ihrer Richtung, in horizontale und vertikale unterschieden werden. Die Lage und Verbreitung der ersteren²⁾ spricht sehr deutlich zu Gunsten der soeben ausgesprochenen Vermuthung. Sie verlaufen in den Markstrahlen, z. B. bei der Fichte, der Lärche und der Kiefer, und zwar gewöhnlich nicht in allen, sondern nur in besonderen Strahlen, welche sich von den übrigen schon durch bedeutendere Dicke unterscheiden. Im Holze sind diese Gänge meist sehr eng, ihre Fortsetzungen in der Rinde sind aber gewöhnlich stark erweitert, und somit viel reicher an Harz. Sie stehen weder untereinander, noch auch mit den vertikalen Kanälen in Verbindung. Durch Schälwunden werden sie selbstverständlich stets in grosser Zahl geöffnet, und tragen deshalb in ganz vorzüglicher Weise zur Bedeckung solcher Wunden bei.

Die vertikalen Harzgänge des Holzes und der Rinde verlaufen stets auf weite Erstreckungen, stehen unter sich mehrfach in Verbindung und liefern dadurch bedeutende Harzmengen, welche die Ränder von Schälwunden, und alle in die Rinde und das Holz quer eindringenden Wunden zu bedecken pflegen. Sie entstehen bei *Pinus sylvestris*³⁾ in dem Kambium aus je einer einfachen Zellenreihe. Im Querschnitt wachsen diese Mutterzellen rasch zu erheblicher Grösse heran, füllen sich dabei reichlich mit Protoplasma, und drücken das umliegende Gewebe zusammen. Aus der Theilung dieser Mutterzellen entstehen die späteren Wandzellen des Harzganges, das sogenannte Epithelium, und zwar finden diese Theilungen in der Rinde viel häufiger statt als im Holze, wodurch die Wand der Gänge in ersterer aus zahlreicheren Zellen besteht als in letzterem. Die Wandzellen behalten auch noch in späteren Zeiten ein lebenskräftiges Protoplasma. Das Epithelium der Harzkanäle des Holzes ist ferner von einer Schicht zwar gesteckter aber dünnwandiger und nicht oder nur unvollständig verholzter Zellen umgeben, welche nach Frank den Druck entwickeln, unter dem das Harz auch hier steht, und dem zu Folge es aus frischen Wunden ausfliesst.

Die zentrale Höhlung im Harzkanal, welche das Produkt der secernirenden Zellen enthält, entsteht in den erwähnten Fällen einfach durch Auseinanderweichen dieser Zellen. Doch kommt es im älteren Holze der Kiefer häufig vor, dass das Epithelium sammt der umgebenden dünnwandigen Schicht zerstört wird, wodurch der mit Harz erfüllte Raum bedeutend an Grösse zunimmt.

1) l. c. S. 159.

2) Mohl, Bot. Ztg. (1859), S. 359; Frank, Die Krankheiten der Pflanzen S. 77; de Bary, vergl. Anatomie S. 505.

3) Frank, Die Intercellularräume S. 118ff.

Bei anderen Coniferen (*Thaja occidentalis*) entstehen die Harzgänge im Holze ganz oder doch grösstentheils durch Zerstörung und Auflösung von Zellen.

In der Rinde mancher Nadelhölzer entstehen später, nach Mohl's ausführlicher Beschreibung¹⁾, noch eigenthümliche harzführende Höhlungen, so z. B. die grossen linsenförmigen Harzbeulen, welche sich an mittelwüchsigen Stämmen der Weisstanne bilden, und sich als Erweiterungen der vertikalen Harzgänge darstellen; sie liefern einen bedeutenden Theil des von diesen Bäumen gewonnenen Terpenthins, werden aber nachträglich durch die Peridermbildung abgestossen, und nicht erneut. In mehrjährigen Trieben entstehen häufig kleine, kugel- oder linsenförmige, sogenannte Harzlücken, welche aber zu klein sind, um Harzfluss entstehen zu lassen.

Auch im Holze beobachtet man nicht selten ähnliche, meist ziemlich grosse, harzerfüllte Lücken, welche den Namen Harzdrüsen oder Harzgallen führen²⁾. Sie liegen zumal im Fichtenholz innerhalb eines einzigen Holzringes, im Frühjahrsholze, während das Herbstholz des betreffenden und des vorhergehenden Jahresringes völlig normal ist. Sie bestehen aus einem eigenthümlichen Holzparenchym, welches ein oder mehrere grosse, ganz mit Harz erfüllte Lücken umgiebt, und deren Zellen isodiametrisch, also sehr unregelmässig gestaltet sind. Die dem Harze am nächsten liegenden Zellen zeigen alle Uebergänge in dieses, d. h. sie sind mit solchem erfüllt, und ihre Membrane mehr oder weniger in Auflösung begriffen. Ob dieses Holzparenchym als solches vom Kambium aus gebildet ist oder erst nachträglich entstanden, ist noch unbekannt. Bisweilen erreichen diese Bildungen einen solchen Umfang, dass sie sich durch das ganze Frühlingsholz eines Jahresringes erstrecken, wodurch dann die inneren Holztheile sich aus abgeschnittenen Aststücken als runde, glatte, mit Harz überzogene Cylinder herauslösen.

In wie weit die zuletzt beschriebenen, nachträglichen oder abnormalen Harzbildungen vielleicht mit Verletzungen im ursächlichen Zusammenhang stehen, ist noch unbekannt. Dagegen steht es fest, dass Verwundungen nicht nur ein Ausfliessen von Harz aus den bereits vorhandenen Harzbehältern zur Folge haben, sondern auch zur Bildung zahlreicher neuer Harzgänge in dem sich um die Wunde neu bildenden Holz- und Rindengewebe Veranlassung geben. Ratzeburg („Die Waldverderbniss“) fand, dass die nach einer Verwundung sich bildenden Holzschichten mehr Harzkanäle enthalten als das normale Holz desselben Baumes; sehr schön zeigt sich dieses in den Ueberwallungsschichten, welche zumal bei der Lärche, oft äusserst reich an Harzgängen sind, während sich in der Rinde dieser Ueberwallungen häufig grössere, mit Harz erfüllte Räume, die sogenannten Harzbeulen fanden. Auch Entästungen haben ähnliche Folgen, und auch die abnormen Holzbildungen, welche sich in Folge der Einwirkungen verschiedenartiger Insekten bilden, zeigen dieselbe Erscheinung; in letzterem Falle soll sogar auch in älterem Holz die Zahl der Harzgänge sich vermehren³⁾.

Auch künstlich kann man die Entstehung neuer Harzkanäle veranlassen, wenn man wachsende Stämme und Aeste in geeigneter Weise verwundet. Es ist dabei weder nothwendig dem Baum tiefe, noch auch grosse Wunden beizu-

1) Mohl, Bot. Ztg. (1859), Nr. 39 und 40.

2) Vergl. Frank, Die Krankheiten S. 83.

3) Eine gedrängte Uebersicht dieser Erscheinungen giebt Frank, Die Krankheiten der Pflanzen S. 79—80.

bringen; eine einfache, durch die Rinde und das Kambium bis in die äussere Holschichte dringende Einschneldung reicht in manchen Fällen hin, um in dem Holze, welches sich nach der Operation seitlich von der Wunde bildet, zahlreiche meist regelmässig gebildete Harzgänge entstehen zu lassen. Ich beobachtete dieses z. B. in dem Wundholze, welches zwischen radialen Einschnitten, die ich im Jahre 1872 in einem starken Aste von *Abies nigra* gemacht hatte, entstanden war; die neuen Harzgänge lagen hier in einer, mit den Jahresringen konzentrischen Schichte, und zwar sehr zahlreich und in kurzen Entfernungen von einander¹⁾.

Diese letzteren Beobachtungen weisen mit solcher Bestimmtheit auf eine Beziehung zwischen dem Harze und den Verwundungen hin, dass sie schon an sich auf die Vermuthung führen könnten, die Rolle des Harzes sei in seiner konservirenden Wirkung auf entblösste Gewebe zu suchen. In Verbindung mit den übrigen angeführten Verhältnissen zeigen sie, dass die ganze, so äusserst komplizierte Bildung von Harzgängen und sonstigen Harzbehältern diesem Zwecke in vorzüglichster Weise angepasst ist.

Dasselbe lehrt uns eine detaillirte Betrachtung der Eigenschaften der in diesen Behältern abgeschiedenen Sekrete. Diese enthalten nicht sowohl selbst Harz, als vielmehr gewisse Verbindungen, welche weiterhin, durch den oxydirenden Einfluss der Luft, verharzen²⁾. Nach der herrschenden Auffassung³⁾ entsteht das Sekret in den Pflanzen in der Form von Terpentinöl, deren Hauptbestandtheil aus Kohlenwasserstoffen von der Zusammensetzung der Terpene ($C^{10}H^{16}$) besteht. Durch Einwirkung des Sauerstoffes der Luft oxydiren sich diese allmählig zu Harz, und dem zu Folge bilden die aus den Wunden fliessenden Sekrete meist sehr wechselnde Gemenge von Terpentinöl und Harz. Wenn solche Gemenge ziemlich dünnflüssig sind, führen sie den Namen Terpentin, sind sie dickflüssiger, und also harzreicher, so pflegt man sie Balsame zu nennen, während sie erst als Harz zu bezeichnen sind, wenn sie schon völlig in den festen Zustand übergegangen sind⁴⁾. Aus frischen Wunden fliesst reines Terpentinöl oder ein hauptsächlich aus solchem bestehendes Terpentin; der Ueberzug, den es auf der Wunde bildet, erhärtet mit der Zeit immer mehr zu Harz⁵⁾. Eine zweckmässigere Anpassung an die Erfordernisse der Wundenheilung lässt sich kaum denken.

Eine weitere Adaptation an denselben Zweck bietet uns die Tränkung absterbender oder abgestorbener Holzpartien mittelst Harz. Dieser Gegenstand wurde bereits 1859 ausführlich von Mohl⁶⁾ studirt. Er fand zwar in den belebten Theilen des Holzkörpers unserer Nadelhölzer das Harz auf die Harzkanäle beschränkt, erwähnt aber zugleich, dass dieses in den älteren Jahresringen keineswegs mehr der Fall sei. In diesen kommt es auch als infiltrirte Substanz vor, welche die Zellmembranen durchdringt, stellenweise die Höhlungen der Zellen vollständig ausfüllt und sich in den Spalten des Holzes ansammelt. Es kommt dieses sowohl bei denjenigen Arten vor, welche im Holze reichlich

1) Vergl. auch Flora (1876), S. 121.

2) Hlasiwetz in Wiesner's: Die technisch verwendeten Gummiarten, Harze und Balsame (1869), S. 72.

3) Frank. Die Krankheiten S. 75.

4) Franchimont. De terpeenarsen, Leiden 1871. Vergl. auch Wiesner. Die Rohstoffe (1873), S. 64.

5) Frank, l. c. S. 76.

6) Mohl. Ueber die Gewinnung des venetianischen Terpentins. Bot. Ztg. (1859), S. 340.

Harzkanäle besitzen, als auch bei solchen, deren Harzgänge nur in der Rinde verlaufen, wie solches die Weisstanne (*Abies pectinata*) lehrt. Bei ersteren Arten pflegt die Tränkung aber eine allgemeine, bei letzteren dagegen eine lokal-beschränkte zu sein.

In weit höherem Grade findet diese Infiltration in den abgehauenen Stöcken (z. B. bei der Föhre) und in den abgestorbenen im Stammholz steckenden Ueberresten von abgestorbenen Aesten, ja sogar in dem unteren Ende der noch lebenden älteren Aeste statt. Dasselbe ist überall da der Fall, wo die Lebensthätigkeit durch innere oder äussere Verletzungen herabgesetzt wurde. So ist es eine allgemeine Erfahrung, dass das Holz der für die Harzgewinnung verwendeten Bäume in der Nähe der gemachten Wunden einen Theil des aus den Harzkanälen hervorgepressten Sekrets in sich aufnimmt und dadurch verharzt. Man nennt diese mit Harz getränkte Partie des Holzes, sowohl im normalen Kernholze, als die in Folge von Verwundungen infiltrirten Gewebmassen, Kienholz.

Nach Mohl's Angaben wird die Tränkung des Holzes mit Harz in erheblicher Weise durch Wasserverlust gefördert, ja die Infiltration soll im Allgemeinen um so rascher stattfinden, je ärmer das Holz an Feuchtigkeit ist¹). Ein vollständiges Austrocknen ist dagegen keineswegs erforderlich, wie dieses aus einigen Versuchen Hofmeister's hervorgeht, welche zeigen dass verschiedenartige Zellhäute (z. B. die Zellen des Fichtenholzes, die Exinen der Pollenkörner), wenn sie mit Wasser durchtränkt, aber nicht gesättigt, in ätherische Oel gebracht werden, diese begierig aufnehmen und dabei einen Theil ihres Inbibitionswassers in Tropfenform austreten lassen²). Da nun das Sekret der sogenannten Harzkanäle anfangs ebenfalls ein ätherisches Oel ist, so lassen sich die Ergebnisse dieser Versuche ohne Zwang zur Erklärung des in dem Holze der Coniferen stattfindenden Vorganges anwenden.

Es ist wohl ohne nähere Begründung einleuchtend, dass die Tränkung der älteren, oder in Folge von Verwundungen absterbenden Holzparthien mit Harz, zumal bei tieferen Wunden, den Holzkörper in vorzüglichster Weise gegen Fäulniss und sonstige schädliche Einwirkungen der Atmosphäre schützen wird.

Fassen wir die Ergebnisse der obigen Ausführung kurz zusammen, so dürfen wir sagen, dass durch die weite Verbreitung der Harzkanäle im Baumkörper, durch das allmähliche Hervorpressen ihres Inhaltes aus frischen Wunden, sowie durch die merkwürdigen chemischen Eigenschaften dieses Sekretes und eine Reihe weiterer Anpassungen, die Bedeckung zufälliger Wunden, und deren Schutz gegen Fäulniss und sonstige Schäden in so vollkommener Weise als nur irgend möglich gesichert ist. Die vorsichtigste künstliche Behandlung von Wunden bei Laubhölzern kann diesen natürlichen Prozess der Wundheilung kaum übertreffen. Und wie wichtig die Heilung von Wunden für das Pflanzenleben ist, lehren uns die grossen Schäden, welche so manchen Laubhölzern, denen das Vermögen der Heilung fehlt, aus ihnen erwachsen. Bedenken wir dabei, dass die Nadelhölzer auf die Herstellung des Harzes ganz erhebliche Mengen assimilirter Nährstoffe verwenden, und dass dieses Sekret beim Ausbleiben von Verwundungen, ohne jede weitere Verwendung in den Kanälen unthätig liegen bleibt, so scheint der Schluss wohl erlaubt, dass die Funktion

1) Mohl, l. c. S. 340, 341.

2) Hofmeister. Die Pflanzenzelle S. 226.

dieser Kanäle und ihres Produktes in der Bethheiligung an der Heilung von Wunden zu suchen sei.

III. Die Bedeutung der mit dem Koniferenharze verwandten Säfte anderer Pflanzen.

Nachdem wir nun im Vorhergehenden die Bedeutung des Harzes bei den Koniferen für das Bedecken der Wunden, sowie für das Abschliessen der entblössten Theile von der Aussenwelt kennen gelernt haben, wollen wir uns die Frage vorlegen, ob eine ähnliche Bedeutung auch den physiologisch mit diesem Harze verwandten Sekreten den übrigen Pflanzen zukommt. Die Säfte, welche hierbei in Betracht kommen, sind also die bereits oben genannten: Harze, Gummiharze, Balsame, Schleim, Gummi und Milchsaft. Dagegen sind die ätherischen Oele, welche sich nicht durch die Einwirkung der Luft in Harze verwandeln, und vorwiegend diejenigen, denen so viele Blätter und Früchte ihren Wohlgeruch verdanken, von unserer Betrachtung ausgeschlossen.

Unter den namhaft gemachten Sekreten verdient der Milchsaft insofern noch besonders erwähnt zu werden, als er nur zum Theil hierher gehört. Sachs¹⁾ hat die wichtigsten Bestandtheile des Milchsaftes in zwei Gruppen getrennt, deren Eine die Nährstoffe, die Andere aber die Auswurfstoffe, also den Kautschuk, das Harz und das Wachs umfasst. In diesen letzteren Stoffen liegt die physiologische Verwandtschaft des Milchsaftes mit den übrigen, uns hier beschäftigenden Sekreten, sie bilden also, neben einigen anderen, im nächsten Abschnitt zu erwähnenden Bestandtheilen, denjenigen Theil des Milchsaftes, der hier allein in Betracht kommt. Was die Nährstoffe anlangt, diese sind von unserer Betrachtung zunächst ausgeschlossen; was über sie für unseren Gegenstand wichtig ist, soll im nächsten Abschnitte noch kurz zusammengestellt werden. Auch die zahlreichen anderen Körper, welche häufig in den Milchsaften vorkommen, wie z. B. die Alkaloide und andere giftige Verbindungen, stehen zu unserer Frage offenbar in keiner Beziehung. Ich möchte aber hervorheben, dass alle diese Stoffe darauf hinweisen, dass diesem Saft nicht nur eine einzige, sondern vielleicht sehr verschiedenartige Funktionen zukommen. Unter diesen soll aber nur jene, welche sie kraft ihrer Verwandtschaft mit den übrigen namhaft gemachten Sekreten besitzt, hier näher untersucht werden. Die übrigen schliessen wir von unseren Betrachtungen völlig aus.

Nachdem wir die zu behandelnde Gruppe von Nebenprodukten des pflanzlichen Stoffwechsels nun genau umschrieben haben, wollen wir uns für sie zunächst dieselben Vorfragen stellen, welche wir bei der Behandlung des Koniferenharzes beantwortet haben, und also zunächst erwägen, ob diese Stoffe als Auswurfstoffe oder als solche Produkte zu betrachten sind, welche eine wichtige Rolle zu erfüllen haben.

Betrachtet man die weite Verbreitung dieser Sekrete, ihre oft sehr complicirte chemische Zusammensetzung, die hohe anatomische Ausbildung, welche ihre Behälter in so vielen Fällen erlangt haben, und endlich die erheblichen Mengen von Nährstoffen, welche zu ihrer Herstellung erforderlich sind, so ist es unmöglich zu zweifeln, dass die Pflanzen von ihrem Besitze irgend welche wichtige Vortheile haben müssen. Denn nach den jetzt allgemein herrschenden Anschauungen findet die Ausbildung von bestimmten Eigenschaften und Organen in der Reihe der Generationen nur unter dem Einflusse der natürlichen Zucht-

1) Sachs, Handbuch der Experimentalphysiologie S. 380.

wahl im Kampfe um's Dasein statt; nur solche Eigenschaften, welche ihren Besitzern in diesem Kampfe einen merklichen Vortheil sichern, können zur weiteren Entwicklung gelangen. Umgekehrt darf man also aus einem so hohen Grade der Differenzirung, wie er uns hier in vielen Fällen entgegentritt, mit Sicherheit auf wichtige Vorzüge im Kampfe um's Dasein, und also auf einen bedeutenden Nutzen für die betreffenden Arten schliessen.

Dieser Nutzen muss aber offenbar ganz eigener Art sein, wie daraus hervorgeht, dass die betreffenden Sekrete, wenngleich im Pflanzenreich sehr weit verbreitet, doch keineswegs allen Pflanzen ohne Ausnahme zukommen. Denn bei den Thallophyten werden sie nur selten beobachtet (so z. B. bei *Lactarius* unter den Hutpilzen), und auch unter den höheren Pflanzen fehlen sie manchen Arten, ja sogar manchen Familien. So z. B. den Palmen, Cyperaceen und Gramineen, manchen Cruciferen und Ranunculaceen u. s. w.¹⁾. Man darf demnach vermuthen, dass sie ihre Rolle unter solchen Umständen spielen, welche bei einigen Pflanzen häufiger und regelmässiger eintreten als bei anderen.

Ist nun aber diese Rolle bei allen Mitgliedern unserer Gruppe dieselbe, und haben wir also wirklich Recht sie als physiologisch verwandte Gebilde zu betrachten? Eine definitive Antwort auf diese Frage wird uns die im nächsten Abschnitt vorzunehmende Prüfung der Eigenschaften dieser Sekrete geben; jetzt wollen wir aber auf einem anderen Wege eine Antwort zu gewinnen suchen. Wir wenden uns dazu an die Ergebnisse der vergleichend-anatomischen Untersuchungen über diesen Gegenstand. Diese lehren uns, dass die erwähnten Sekrete keineswegs scharf von einander getrennte Produkte darstellen, sondern im Gegentheil durch so zahlreiche Zwischenstufen und Uebergangsformen verbunden sind²⁾, dass es in vielen Fällen sehr schwierig hält, bestimmte Grenzen zwischen den wichtigsten Mitgliedern der Reihe anzugeben. Die sogenannten Gummiharze umfassen eine ganze Reihe solcher Zwischenglieder, welche ganz allmählig von dem ächten Gummi zu dem eigentlichen Harze überführen, und also die beiden am weitesten verschiedenen Produkte unserer Gruppe direkt vereinigen. Noch weit mannichfaltiger sind die zahlreichen Uebergänge zwischen den klaren Gummilösungen und dem von zahlreichen kleinen Körnchen milchigweiss getrübbten Milchsaft. Es würde uns zu weit führen, alle diese Zwischenstufen hier namhaft zu machen, und es darf dies auch als völlig überflüssig betrachtet werden, da man ja in den betreffenden Abschnitten von de Bary's Vergleichender Anatomie vollständige Belehrung über diesen Gegenstand findet.

Ein zweites Ergebniss der anatomischen Forschungen, welches sehr deutlich für die Auffassung unserer Gruppe als eines zusammengehörigen Ganzen spricht, bildet der Satz von der wechselseitigen Vertretung der einzelnen Glieder der Gruppe. Nur in seltenen Fällen kommen zwei von diesen Sekreten in derselben Pflanze vor, und häufig geht diese gegenseitige Ausschliessung soweit, dass ganze Familien nur eins dieser Nebenprodukte erzeugen. Häufig findet man bei verwandten Arten oder Familien in dem einen Falle dieses, in dem anderen Falle jenes Glied unserer Gruppe ausgebildet, und es weist dann die ganze Art des Vorkommens auf eine gleiche physiologische Bedeutung, auf eine Wechselvertretung hin. Einzelne Beispiele mögen dieses näher erläutern. Unter allen Compositen sind die Cichoraceen von den übrigen ausgezeichnet durch den Besitz

1) de Bary, l. c. S. 144.

2) Vergl. z. B. Meyen, Physiologie II, S. 388 und 492; und de Bary, Vergl. Anatomie S. 154.

der Milchsaftröhren und den Mangel der den übrigen Compositen zukommenden Oelgänge; nur bei *Scolymus* kommen beide Organe zur Ausbildung¹⁾. Bei bestimmten Aroideen und Musaceen stehen, genau an der Stelle, wo bei den übrigen Gattungen dieser Familien Milchröhren gefunden werden, statt dieser Reihen von geschlossenen Zellen mit milchig trübem Inhalt, welche de Bary als Gummiharzschläuche bezeichnet²⁾. Auch wenn man von diesen beiden Familien absieht, steht die Thatsache fest, dass alle mit Milchsaftröhren versehenen Pflanzen keine anderen inneren Sekretbehälter besitzen³⁾. In der, der Mehrzahl ihrer Angehörigen nach mit Milchröhren versehenen Artocarpeen-Gruppe fehlen diese bei *Conocephalus naucleiflorus* und kommen dafür diesen Pflanzen schleimführende Schläuche und Lücken zu⁴⁾. Schliesslich sei noch an die Gummigänge der Cycadeen erinnert, welche wohl allgemein als den Harzgängen der Coniferen homologe Gebilde betrachtet werden, und dadurch die Zusammengehörigkeit der beiden entferntesten Glieder unserer Reihe, wenigstens für einen bestimmten Fall, darthun. Alle diese Thatsachen weisen mit Bestimmtheit auf eine gleiche oder wenigstens nahe verwandte physiologische Bedeutung hin.

Aber die erwähnten Sekrete stimmen unter einander noch in einem anderen, sehr auffallenden Punkte überein, der uns gleichzeitig über die Rolle, welche sie in der Oekonomie des Pflanzenlebens spielen können, wichtige Belehrung bietet. Denn im normalen Lebensprozesse werden sie aus ihren Behältern nie wieder in den Kreis des Stoffwechsels zurückgeführt, sind also aus diesem Stoffwechsel vollständig ausgeschlossen⁵⁾. Dazu kommt, dass sie, so lange sie in den Behältern liegen, völlig unthätig sind, und keine irgendwie für das Pflanzenleben wichtige Aenderungen erleiden. So lange die Behälter geschlossen sind, sind ihre Produkte also einfach als völlig nutzlos zu betrachten. Es erübrigt also nichts Anderes, als zu vermuthen, dass sie, genau so wie das Harz der Coniferen, für die Pflanze gerade in dem Augenblicke nützlich werden, als ihre Behälter durch zufällige Umstände, also durch Verwundungen geöffnet werden.

Hier trifft uns nun aber eine andere Eigenschaft dieser Säfte, welche sich gerade unter den erwähnten Umständen geltend macht. Ich meine die Thatsache, dass alle diese Säfte unter einem gewissen Druck stehen, der es verursacht, dass sie, wenn ihre Behälter durch irgend eine Wunde geöffnet werden, ausnahmslos aus diesen hervortreten und sich auf die Wundfläche ergiessen. Wir sehen hierin nicht nur eine weitere Uebereinstimmung zwischen den einzelnen fraglichen Säften, sondern zugleich eine, wenigstens vorläufige Bestätigung der soeben aufgestellten Vermuthung, dass sie bei Verwundungen eine Rolle zu spielen haben.

Aus den mitgetheilten Betrachtungen glaube ich also schliessen zu dürfen, dass die fraglichen Sekrete eine Gruppe von Nebenprodukten von physiologisch gleicher oder doch nahe verwandter Bedeutung bilden, und dass sie erst dann, wenn sie sich aus Wunden ergiessen, den Pflanzen nützlich werden. Wir wollen

1) de Bary, Vergl. Anat. S. 143.

2) de Bary, l. c. S. 153.

3) de Bary, l. c. S. 143.

4) de Bary, l. c. S. 143.

5) Es braucht hier wohl nicht nochmals daran erinnert zu werden, dass wir vom Milchsaft hier nur jenen Theil betrachten, der die sogenannten Auswurfstoffe umfasst, die Nährstoffe aber ausser Acht lassen.

also jetzt untersuchen, durch welche Eigenschaften und in welcher Weise sie bei solchen Gelegenheiten Nutzen gewähren können.

IV. Die Eigenschaften der bei Verwundungen ausfliessenden Säfte.

Es ist selbstverständlich, dass ich hier keine eingehende Behandlung dieses so reichhaltigen Gegenstandes geben kann, ich werde mich vielmehr auf eine gedrängte Uebersicht der wichtigsten derjenigen Thatsachen beschränken müssen, welche zu der oben behandelten Frage über die Rolle dieser Säfte in naher Beziehung stehen.

Schon mehrfach wurde erwähnt, dass ich zu den hier behandelten Absonderungsprodukten folgende rechne: Schleim und Gummi; Harze, Balsame und Gummiharze, und schliesslich den Milchsaft. Schleim und Gummi sind sowohl physiologisch, als auch chemisch nahe verwandt, obgleich sie in anatomischer Beziehung, namentlich in Hinsicht auf ihre Entstehungsweise, bedeutende Verschiedenheiten zeigen können. In derselben Weise bilden die Harze, Balsame und Gummiharze eine Gruppe verwandter Bildungen, welche aber, in den Gummiharzen, zahlreiche Uebergänge zu der ersterwähnten Gruppe einerseits, und andererseits zum Milchsaft enthält. Diese Uebergänge, deren ausführliche Beschreibung uns hier zu weit führen würde, und welche auch noch vielfach einer genaueren Untersuchung bedürfen, bestehen in mehr oder weniger milchigen Emulsionen von fein zertheiltem Harz, oder kleinsten Körnchen harzbildender Stoffe in einer meist dünnen, wässrigen Lösung von Gummi, daher der Name „Gummiharze“. Die Harze selbst entstehen häufig nicht direkt als solche in den Pflanzen, sondern bilden sich erst unter dem Einflusse der Luft aus anderen Verbindungen, meist wohl aus ätherischen Oelen; wie wir solches für die Coniferen im ersten Abschnitt beschrieben haben. Die Balsame sind flüssige Gemenge von ätherischen Oelen und Harzen, mit letzteren also äusserst nahe verwandt.

Schleim und Gummi quellen aus frischen Wunden als eine zähe, meist wasserhelle Gallerte hervor, welche in Wasser, wie wir unten sehen werden, einen fast undurchdringlichen Ueberzug bilden kann, an der Luft aber mehr oder weniger erhärtet. Harze (Terpentin) und Balsame fliessen als zähe Flüssigkeiten aus den verletzten Theilen, und verwandeln sich an der Luft, unter Aufnahme von Sauerstoff, in feste, anfangs sehr zähe, später häufig spröde Massen. Gummiharze verhalten sich selbstverständlich wie Gemenge von Gummi und harzbildenden Stoffen. Der Milchsaft, endlich, erstarrt an der Luft, wie wir bald ausführlich beschreiben werden, in höchst eigenthümlicher Weise. Alle die oben genannten Säfte bilden also auf Wunden zähe, an der Luft mehr oder weniger erhärtende Ueberzüge, aber je nach ihren chemischen Eigenschaften findet dieser Uebergang in den festen Zustand durch sehr verschiedene Mittel statt.

Es ist vom physiologischen Standpunkte wichtig, dass, gleichwie die chemische Zusammensetzung, so auch die morphologische Entstehungsweise eine sehr verschiedene sein kann. Am auffallendsten ist dieses wohl für das Gummi und den Schleim. Ich erinnere nur an die Thatsache, dass der Schleim der Malvaceen, Laurineen und Cactaceen ein Umwandlungsprodukt der inneren Schichten der Membran der betreffenden Zellen ist, während der Schleim der Orchisknollen, und wohl auch der die Raphiden so häufig einhüllende Schleim, im Innern des

Protoplasma gebildet wird¹⁾. Auch darf hier auf die Auflösung der Zellhäute bei der Bildung mancher (der von de Bary sogenannten lysigenen) Gänge und Kanäle verwiesen werden, von welchen Zellhäuten wenigstens für viele Fälle angenommen wird, dass sie einen Theil des Sekretes liefern, während der grösste Theil auf anderer Weise entstanden ist.

Während die physiologische Bedeutung des Harzes, des Gummi und der mit diesen beiden am nächsten verwandten Sekrete in der Literatur unserer Wissenschaft stets in sehr untergeordneter Weise behandelt wurde, hat man dem Milchsafte von den frühesten Zeiten an eine grosse Aufmerksamkeit gewidmet, ja es ist diesem Saft im Anfange dieses Jahrhunderts eine so wichtige Bedeutung zugeschrieben worden, dass man ihn lange mit dem Namen „Lebenssaft“ bezeichnet hat²⁾. Seit langer Zeit sind diese Ansichten widerlegt, und heut zu Tage haben sie nur noch ein geschichtliches Interesse. Aber sie haben dazu beigetragen, dass zahlreiche Untersuchungen dem Milchsafte gewidmet wurden, und dass wir jetzt eine, obgleich noch keineswegs vollständige, doch in vielen Punkten brauchbare Kenntniss ihrer Zusammensetzung und ihrer Eigenschaften besitzen. Sehen wir zu, was diese Erfahrungen uns speziell über unseren Gegenstand, die Veränderungen des Milchsaftes beim Austreten aus Wunden, lehren.

Zunächst einiges über die Zusammensetzung im Allgemeinen.

Weiss und Wiesner untersuchten den Milchsaft einiger in Deutschland einheimischer Euphorbia-Arten, und fanden folgende quantitative Zusammensetzung³⁾:

	Euphorbia platyphylla B. stricta.	Euphorbia Cyparissias.
	pCt.	pCt.
Wasser	77,22	72,13
Harz	8,12	15,72
Gummi	2,15	3,64
Kautschuk	0,73	2,73
Zucker- und Extraktivstoffe . . .	6,41	4,13
Eiweiss	2,53	0,14
Fett	1,33	—
Asche	1,51	0,98

Ausser den genannten Bestandtheilen fanden sie bei beiden Arten (in der Tabelle als Extraktivstoffe aufgeführt) noch ätherisches Oel, Stärkemehl, Weinsäure und einen Farbstoff, und bei Euphorbia Cyparissias ausserdem noch fettes Oel und Aepfelsäure. Beide Flüssigkeiten reagirten sehr schwach sauer.

Die genannten Bestandtheile sind theils in dem Saft gelöst, theils kommen sie darin als äusserst kleine Körnchen vor, wie das Harz, der Kautschuk und das Fett, theils in Form von Stäbchen (Stärke). Diese festen Bestandtheile sind bekanntlich die Ursache der weissen Farbe, die Flüssigkeit selbst ist wasserhell.

Vergleicht man aber mit diesen beiden Analysen andere, welche den Milchsaft anderer Pflanzen, oder auch die im Handel unter verschiedenen Namen vor-

1) Frank, in Pringsheim's Jahrbüchern. Bd. V.

2) Vergl. den ersten Abschnitt.

3) Weiss und Wiesner, in Bot. Ztg. 1861, S. 41, und 1862, S. 125.

kommenden eingetrockneten Milchsäfte betreffen, so überzeugt man sich bald, dass die Zusammensetzung dieser Säfte grossen Schwankungen unterliegt¹⁾.

Ohne ausführlich auf diesen Gegenstand einzugehen, wollen wir nur folgendes hervorheben. Zunächst ist das Verhältniss der namhaft gemachten Bestandtheile je nach den Arten ein sehr verschiedenes. Dann aber kommen noch eine Reihe weiterer Stoffe in Milchsäften vor. So z. B. wachsartige Körper, welche wohl nur bei *Galactodendron utile* einen Hauptbestandtheil der festen Theilchen ausmachen²⁾. Gerbstoff findet man im Milchsaft vieler Aroideen, von *Musa*, *Cichoraceen*, *Euphorbia Lathyris*³⁾; Kalkmalat im Saft mehrerer Euphorbien. Alkaloide und sonstige giftige Stoffe sind bei den *Papaveraceen* und manchen anderen milchenden Pflanzen allgemein bekannt. Auch Fermente kommen im Milchsaft vor, als Beispiele führe ich das *Papain* im Saft von *Carica Papaya*⁴⁾, und das Ferment des Feigenbaumes an⁵⁾. Schliesslich ist auch an die Farbstoffe mancher Milchsäfte zu erinnern⁶⁾.

Diese Aufzählung giebt uns eine Einsicht in die äusserst komplizirte chemische Zusammensetzung dieser Säfte, und weist uns mit Bestimmtheit darauf hin, dass auch ihre physiologische Bedeutung wohl keine einfache, oder in allen Fällen völlig gleiche sein wird. Doch haben wir hier nur eine ihrer Funktionen näher in's Auge zu fassen.

Sachs hat zuerst die wichtigsten Bestandtheile des Milchsaftes in zwei Gruppen geordnet, deren physiologische Bedeutung, wie ihre chemischen Eigenschaften uns lehren, eine durchaus verschiedene ist. Er betonte, dass die Milchsäfte stets sowohl assimilirte Bildungsstoffe, als auch Auswurfstoffe, d. h. Verbindungen, welche für den Aufbau des Pflanzenkörpers keine weitere Verwendung finden, enthalten. Die wichtigsten Glieder der ersteren Gruppe sind das Eiweiss, die Stärke, der Zucker und das fette Oel, zur letzteren Abtheilung gehören dagegen vorzüglich Kautschuk, Harz und Wachs. Nach diesem Forscher kann es keinem Zweifel unterliegen, dass diesen beiden Gruppen eine ganz verschiedene Bedeutung beizumessen sei.

Betrachten wir nun die Auswurfstoffe des Milchsaftes, so fällt es auf, dass sowohl Harz, als auch Kautschuk und Wachs, weiche, klebrige Körper sind, deren Theilchen leicht aneinander haften und sich zu grösseren Klümpchen oder zu Häuten zusammenballen können. Solches findet denn auch wirklich statt, sobald der Milchsaft aus Wunden hervortritt, wie wir sogleich näher beschreiben werden. Von den genannten Eigenschaften dieser Körperchen kann man sich nach Mohl leicht überzeugen, wenn man grosskörnige Milchsäfte (*Sambucus Ebulus*, *Musa*) zwischen Glasplättchen unter dem Mikroskop betrachtet; durch leises Verschieben der Glasplättchen sieht man, dass die Kügelchen halbweich und klebrig sind, aus einer fadenziehenden Substanz bestehen, und sich leicht durch Druck vereinigen lassen⁷⁾. Kautschuk, Harz und Wachs zeigen, wenn

1) Vergl. Wiesner. Die Rohstoffe des Pflanzenreichs. Einige Analysen findet man auch in de Bary's vergl. Anat. S. 194 zusammengestellt.

2) Meyen, Physiologie I, l. c.; de Bary, Vergl. Anat. S. 193.

3) de Bary, l. c. S. 192.

4) Würtz, Comptes rendus T. 90, S. 1379; ref. in Berl. Chem. Ber. 1880, Nr. 16, S. 2003.

5) Bouchut, Comptes rendus T. 91, S. 67; ref. in Berl. Chem. Ber. 1880, Nr. 15, S. 1880.

6) Weitere Einzelheiten findet man u. A. bei Faivre, Sur le latex du Murier blanc, Ann. Sc. nat. 5. Ser. X, p. 114—118.

7) Mohl, Bot. Ztg. 1843, S. 555.

man verschiedene Milchsäfte mit einander vergleicht, eine deutliche wechselseitige Vertretung, welche aber wohl nur in seltenen Fällen bis zum vollständigen Ausschluss eines oder zweier dieser Körper geht. Gewöhnlich pflegt aber eins von ihnen bedeutend im Uebergewicht zu sein, während die anderen mehr zurücktreten, obgleich Uebergänge keineswegs fehlen. Das Wachs, welches gewöhnlich nur einen sehr geringen Bestandtheil des Milchsaftes ausmacht, bildet beim Kuhbaume (*Galactodendron utile*) nach Boussingault und Rivero beinahe die Hälfte des ganzen Gewichtes¹⁾, während kaum Spuren von Kautschuk entdeckt wurden. Bei den das Kautschuk des Handels liefernden Pflanzen²⁾, bildet dieser Bestandtheil die Hauptmasse des in Wasser unlöslichen Theiles (*Hevea*, *Ficus* u. s. w.), während es nur in kleinen Quantitäten bei *Lactuca* und *Papaver* gefunden wurde³⁾. In den Milchsäften der verschiedensten Dicotyledonenfamilien herrscht der Kautschuk vor, während die Harze bei den Euphorbien, aber auch im Opium vorherrschen. Beim Ausfliessen des Saftes aus Wunden verhalten diese einander vertretenden Körper sich aber im Wesentlichen in derselben Weise.

Beim Ausfliessen aus den Wunden erleidet der Milchsaft aber noch weitere, für unseren Gegenstand sehr wichtige Veränderungen. Und zwar sind diese Erscheinungen so auffallend, dass sie bereits den älteren Pflanzenphysiologen bekannt waren. Meyen giebt davon folgende Beschreibung⁴⁾: „Wenn man grössere Mengen von Milchsaft der Euphorbien und anderer Pflanzen sammelt, so scheidet sich dieser sehr bald in zwei verschiedene Substanzen, deren eine eine wasserhelle Flüssigkeit darstellt, während die andere eine consistenterc Masse zeigt, und sämmtliche im Milchsaft schwebende Theilchen in sich aufgenommen hat.“ Meyen vergleicht diese Trennung mit der Scheidung des Blutes in den Blutkuchen und die Lymphe. Die Lymphe des Milchsaftes ist, wie zumal bei vielen opaken oder mattweissen, also an festen Körnchen ärmeren Milchsäften leicht beobachtet werden kann, etwas schleimig und mischt sich mit Wasser nur allmählig. Den Vorgang dieser Trennung beschreibt de Bary folgendermassen⁵⁾: „Sobald ein Milchsaft mit der Luft in Berührung kommt, noch rascher aber bei Einwirkung von Wasser, treten in der bisher anscheinend homogenen klaren Flüssigkeit selbst, abgesehen von dem Zusammenfliessen der ungelösten Körperchen, Gerinnsel auf, welche letztere zusammenballen und sich mit ihnen von der klaren Flüssigkeit absondern.“

In einigen Fällen harzführender Milchsäfte sind diese an der Luft eintretenden Veränderungen von einer bedeutenden Sauerstoffaufnahme und Oxydation begleitet, welche anscheinend von einer ähnlichen Umsetzung ätherischer Oele in Harz herrührt als dieses im ersten Abschnitt für die Coniferen beschrieben wurde. Weiss und Wiesner beschreiben dieses für den Milchsaft von *Euphorbia Cyparissias*⁶⁾, Trécul für das Sekret der Aloëarten⁷⁾.

Fassen wir das Mitgetheilte kurz zusammen, so sehen wir, dass die Milchsäfte durch eine Reihe der merkwürdigsten chemischen Eigenschaften in den

1) Meyen, Physiologie II, S. 406.

2) de Bary, Vergl. Anat. S. 193.

3) Meyen, l. c. S. 403.

4) Meyen, l. c. II, S. 390.

5) de Bary, Vergl. Anat. S. 192.

6) Weiss und Wiesner, Bot. Ztg. (1861), S. 42.

7) Trécul, Ann. Sc. nat. 5 Ser. T. XIV, p. 80.

Stand gesetzt werden, um in dem Augenblicke, in welchem sie ihre Behälter verlassen, zähe und dichte Häute zu bilden, welche gar bald zu einem völligen Verschluss der Wunde führen können. Und da ein solcher Verschluss für die Pflanzen offenbar vortheilhaft sein muss, und eine sonstige Bedeutung dieser, bisher einfach als Auswurfstoffe betrachteten, Bestandtheile nicht bekannt ist, so dürfen wir ohne Zweifel ihre physiologische Rolle in dieser ihrer Betheiligung an der Heilung von Wunden suchen.

In zweiter Linie haben wir die assimilirten Bildungsstoffe des Milchsafte zu betrachten. Sie sind theils stickstoffhaltige (Eiweiss), theils stickstofffreie (Stärke, Zucker, fettes Oel). Das Eiweiss und der Zucker kommen in gelöster Form, die Stärke und das Oel als gewöhnlich sehr kleine im Saft schwimmende Körperchen vor. In den meisten Fällen sind die Milchsäfte reich an diesem Bildungsmaterial, bei einigen Arten aus dem wärmeren Klima sind sie daran so reich, und fliessen sie in so grosser Menge aus Wunden, dass sie vom Menschen als Nährstoffe benutzt werden. Allbekannt sind in dieser Hinsicht der Kuhbaum (*Galactodendron utile*) und der Melonenbaum (*Carica Papaya*), welche beide bereits von Alexander v. Humboldt in seinem Reiseberichte (Buch V, Kap. XVI) ausführlich beschrieben wurden¹⁾. Auch andere Pflanzen, wie z. B. *Euphorbia balsamifera*²⁾ liefern eine wohlschmeckende und nahrhafte Milch, und ohne Zweifel würden die Milchsäfte von noch zahlreichen weiteren Arten als Nahrungsmittel Verwendung finden, wenn sie nicht ätzende, scharfe, und nicht selten sogar giftige Bestandtheile enthielten.

Der Gehalt des Milchsafte an Bildungsstoffen scheint bei derselben Pflanze je nach Umständen ein sehr verschiedener zu sein. Wenigstens gilt dieses von den in Körnerform suspendirten Theilchen. Zahlreiche Angaben liegen über die Intensität der Trübung des Milchsafte vor, d. h. also über den Gehalt an festen Bestandtheilen. Und da nun, wie allgemein angenommen wird, die Auswurfstoffe im Milchsafte nicht wieder gelöst werden, so beruhen die Schwankungen in der Intensität der weissen Farbe vorwiegend auf Aenderungen im Gehalte an festen Bildungsstoffen. Eine intensiv weisse Farbe wird allgemein für ein Zeichen von Reichthum an assimilirten Nährstoffen, ein mattweisses oder opakes Aussehen für einen Beweis von Armuth an diesen Bestandtheilen gehalten.

Es schwankt nun die Intensität der Farbe, sowie die Reichlichkeit des ausfliessenden Saftes in erster Linie mit der Jahreszeit und mit dem Alter des betreffenden Theiles. Trécul beobachtete bei mehreren *Papaveraceen*, dass beim Reifen der Frucht der Milchsaft allmählig in den unteren Theilen des Stengels verschwindet, und sich immer mehr auf die Frucht beschränkt³⁾. Nach de Bary scheinen die Sekrethläuche der *Acer*-Arten vorwiegend in den Jugendstadien der Internodien Bedeutung zu haben, in den Aesten von *Acer platanoides* bleiben sie nach Hartig ungefähr 10 Jahre lang safterfüllt⁴⁾. Nach Bernhardi verschwindet der Milchsaft aus den alten Stammtheilen von *Asclepias*, wenn er in den jungen noch zu finden ist⁵⁾. Göppert giebt an, dass die meisten einjährigen und manche mehrjährige *Euphorbien* im Spätherbst nur in der Inflorescenz,

1) Einen Auszug dieser Beschreibungen findet man in Meyen's Physiologie II, S. 405—409.

2) Meyen, l. c. S. 409.

3) Trécul, Comptes rendus, Mrz. 1865, citirt Bot. Ztg. 1866, S. 195.

4) de Bary, Vergl. Anat. S. 158.

5) Sachs, Handbuch der Experimental-Physiologie S. 387.

und in den jüngsten Blättern noch Milchsaft enthalten¹⁾. Aehnliche Angaben liessen sich leicht noch mehrere aus der Literatur zusammenstellen.

Viel wichtiger scheint mir aber die Thatsache, dass der Gehalt des Milchsaftes an suspendirten Körperchen, sowie der Gehalt der ganzen Organe an Milchsaft überhaupt, im innigsten Zusammenhange mit dem allgemeinen Ernährungszustande der betreffenden Pflanze, oder des betreffenden Organes stehen. Die Richtigkeit dieses Satzes geht aus zahlreichen Angaben hervor: Schon De Candolle theilt mit, dass von milchenden Pflanzen, welche als Gemüse benutzt werden, entweder nur ganz junge Triebe und Blätter, oder aber étiolirte und halbétiolirte Theile genossen werden. In beiden Fällen ist der Milchsaft dünner und sind seine scharfen Eigenschaften also weniger schädlich. So werden vom Salat und von der Endivie vorwiegend die jungen étiolirten Blätter genossen; so können selbst die jungen Sprosse von *Papaver Rhoeas* als Salat verwendet werden²⁾. Bei *Ipomaea purpurea* fand Sachs den Milchsaft der am Licht erwachsenen Theile weiss und milchig, den der étiolirten Organe wässerig³⁾. Ebenso nimmt nach Faivre der Milchsaft von *Tragopogon porrifolius* beim Wachsthum im Dunklen ab, und verschwindet er in étiolirten Keimpflanzen nahezu gänzlich, um sich wieder neu zu bilden, wenn die Keimpflanzen an's Licht gebracht werden, und zwar entsteht er in um so reichlicheren Mengen, je günstiger die Bedingungen für die Aufnahme und Zerlegung von Kohlensäure sind⁴⁾. Im Allgemeinen ist nach Meyen die milchweisse Farbe des Saftes um so intensiver, je kräftiger die Pflanze ist, worin derselbe vorkommt, ja selbst das Klima scheint hierauf grossen Einfluss zu haben, denn der genannte Forscher fand bei den Feigen, dem Mohn und einigen Cucurbitaceen in wärmeren Gegenden verhältnissmässig viel mehr und einen viel intensiver gefärbten Milchsaft als bei denselben Arten in der gemässigten Zone. Auch sah er *Caladium esculentum* in den Tropen reich mit Milchsaft versehen, während dieselbe Pflanze in den Gewächshäusern nur wenigen opaken Milchsaft führt⁵⁾.

Zu derselben Folgerung leitet eine ausführliche Untersuchung, welche Faivre über den Milchsaft von *Morus alba* angestellt hat⁶⁾. Er studirte die Reichlichkeit des ausfliessenden Milchsaftes und dessen Farbe in einer Reihe von Versuchen, in denen den betreffenden Theilen für ihre Ausbildung sehr verschiedene Mengen organischer Nährstoffe zur Verfügung standen. So fand er z. B., dass, wenn Stecklinge im Februar im Warmhause auslaufen, der Saft wässriger und spärlicher wird. Schneidet man dazu von Zeit zu Zeit die eben entwickelten Triebe ab, so nimmt der Gehalt an Milchsaft in den neu entstehenden Theilen immer mehr ab. Auch bei der normalen Entwicklung der Zweige und Blätter im Frühling vermindert sich die Milch, doch nicht so stark wie bei jenen Stecklingen; sobald die Blätter aber ausgewachsen sind und kräftig assimiliren, nimmt er wieder zu. Beschränkt man die für eine treibende Knospe disponiblen Reservestoffe durch geeignete Ringelungen, so verschwinden bei deren Wachsthum die Farbe des Milchsaftes und die Reservestoffe der Rinde in

1) Sachs, Handbuch der Experimental-Physiologie S. 387.

2) De Candolle, Physiologie I, S. 264.

3) Sachs, Handbuch S. 387.

4) Comptes rendus T. 88 (1879 I.), p. 269 et 369; nach Jahresbericht für Agricultur-Chemie II. Ser. II. (1879), S. 197.

5) Meyen, Physiologie II, S. 387.

6) Ann. Sc. nat. 5. Ser. X, p. 97.

gleichem Masse u. s. w. Es ist aus allen diesen Versuchen klar, dass die Milch beim Wachsthum stets in demselben Masse verschwindet als die Reservestoffe, und in Folge der Kohlensäurezerlegung wieder ebenso wie diese in reichlicher Menge neu gebildet wird. Kein Zweifel, dass die Nährstoffe des Milchsafte während des Wachsthums verbraucht werden.

In seinen Folgerungen ist Faivre aber noch einen Schritt weitergegangen. Er nimmt an, dass die Reservestoffe des Milchsafte aus ihren Behältern in die übrigen Zellen der wachsenden Theile geleitet, und dort in derselben Weise wie die sonstigen Reservestoffe als Wachsthumsmaterial für die Zellhäute und das Protoplasma verwendet werden. Aber mit Nothwendigkeit geht dieser Schluss aus seinen Versuchen nicht hervor. Denn erstens ist zu berücksichtigen, dass die Ausdehnung des Milchröhrensystems, bei der Entwicklung neuer Blätter und Zweige schon von selbst zu einer Verdünnung dieses Saftes Veranlassung geben wird, wenn nur, wie das bei der in seinen Versuchen obwaltenden Armut an Reservestoffen zu erwarten war, die Neubildung fester Bestandtheile im Milchsaft nicht gleichen Schritt hält mit der Vergrößerung des Röhrensystems. Die Abnahme der weissen Farbe beruht also nur zum Theil auf einem wirklichen Verschwinden schon vorhandener Nährstoffe. Zweitens ist zu bedenken, dass auch bei der inneren Oekonomie der Milchröhren Nährstoffe verbraucht werden müssen, und zwar in erster Linie für die Ausbildung der diesem Saft eigenthümlichen Bestandtheile. Diese sind nun, wie uns die chemische Zusammensetzung des Kautschuks, des Harzes und des Wachses lehrt, grade sehr kohlenstoffreiche und sauerstoffarme Verbindungen, welche also zu ihrer Herstellung bedeutend grössere Mengen der gewöhnlichen assimilirten Bildungstoffe (Stärke und Zucker) erfordern. Es darf daher als ganz gewiss betrachtet werden, dass wenigstens ein bedeutender Theil der im Milchsaft angehäuften Bildungstoffe als Ausgangspunkt für die in diesen Röhren vorsichgehenden chemischen Prozesse dienen wird. Dem gegenüber erscheint es aber als eine blosser Vermuthung, welche wenigstens durch die bis jetzt bekannt gemachten Versuche nicht bewiesen wird, dass die betreffenden Reservestoffe auch noch zu anderen Zwecken, ausserhalb der Milchröhren, dienen sollten.

Es könnte allerdings auf den ersten Blick als sehr unwahrscheinlich erscheinen, dass die ganz bedeutenden Mengen von Bildungstoffen, welche der Milchsaft so vieler Pflanzen enthält, in diesem Saft selbst verwendet werden sollten. Bedenkt man aber, wie grosse Mengen assimilirter Stoffe die Coniferen auf die Herstellung ihres Harzes verwenden, so verliert diese Vorstellung das Auffallende. Jedenfalls darf man aber, so lange noch keine weitere, entscheidende Thatsachen hierüber vorliegen, die von Faivre gewählte Ansicht nicht als endgültig bewiesen betrachten.

V. Das Schliessen der Wunden durch die ausfliessenden Säfte.

Nachdem wir nun im vorigen Abschnitte gesehen haben, durch welche chemischen Eigenschaften die mit dem Harze physiologisch verwandten Sekrete in den Stand gesetzt werden, bei ihrem Austritte aus frischen Wunden, zähe, häufig an der Luft erhärtende Ueberzüge auf der Wundfläche zu bilden, wollen wir jetzt untersuchen, wie gross die Leistungsfähigkeit solcher Verschlüsse ist, und in welcher Weise sie den verletzten Organen Schutz gewähren können.

In Bezug auf den Milchsaft liegen in dieser Richtung allgemein bekannte

Erfahrungen vor. Jeder, der öfters Versuche mit abgeschnittenen, in Wasser gestellten oder in feuchten Sand gesteckten Pflanzentheilen gemacht hat, um deren Wachstum oder die geotropischen, heliotropischen und anderen Bewegungen zu studiren, weiss, dass milchende Pflanzen zu solchen Versuchen nur wenig geeignet sind, da die Wasseraufnahme durch die Wundfläche bei ihnen sehr erschwert ist. Der auf der Wundfläche gerinnende Saft bedeckt diese derart und schliesst sie so völlig von der Umgebung ab, dass das entblösste Holz nicht mit dem umgebenden Wasser in direkte Berührung kommt, und ohne Wasseraufnahme können weder das Wachstum noch die erwähnten Bewegungen in ausgiebiger Weise stattfinden.

Dass auch das Gummi an abgeschnittenen Zweigen einen so vollständigen Verschluss bilden kann, dass die Wasseraufnahme dadurch, selbst unter sonst sehr günstigen Umständen, völlig verhindert werden kann, geht aus einigen, im vorigen Jahre von Moll veröffentlichten Versuchen hervor¹⁾. Und da diese Versuche für die Beantwortung unserer Frage gerade bei Gummi-bildenden Pflanzen, von denen man dieses noch am wenigsten erwarten würde, eine Reihe wohl konstatirter und entscheidender Thatsachen bringen, so möge hier eine kurze Beschreibung der erhaltenen Resultate eingeschaltet werden²⁾.

Kräftige, beblätterte Zweige wurden auf den kurzen Schenkel eines U-förmig gebogenen Rohres gebunden, welches mit Wasser gefüllt war. Darauf wurde in den längeren Schenkel Quecksilber gegossen, und während 1—2 Tage der Stand des Quecksilbers, sowie die etwaigen an den Blättern sichtbaren Veränderungen notirt. Bei weitaus den meisten Pflanzen sank das Quecksilberniveau in dieser Zeit erheblich, und es wurden somit in die Zweige nicht unbedeutende Quantitäten von Wasser hineingepresst, welches letzteres, je nach den Arten und dem Alter der Blätter, an deren Rand in Tropfenform austrat, oder aber aus den Gefässbündeln in die intercellularen Räume des Blattparenchyms eindrang, und hier die Erscheinung der „Injektion“ hervorrief.

Bei einigen Pflanzen bedeckte sich aber die Wundfläche entweder mit einem augenscheinlich sogleich erhärtenden Milchsaft (*Ficus aspera*), oder aber mit einer meist dicken Schleimschicht (*Urera*, *Sparmannia*, *Tradescantia*, *Abutilon*). Unter diesen Umständen wurde nun, unter dem immerhin erheblichen Quecksilberdruck, kein oder nahezu kein Wasser in den Zweig eingepresst, die Bedeckung bildete also einen sehr vollkommenen Verschluss, wie aus der folgenden tabellarischen Uebersicht der erhaltenen Resultate hervorgeht.

(Siehe Tabelle Seite 711.)

Die Blätter zeigten in diesen Versuchen selbstverständlich weder Injektion noch Tropfenausscheidung, obgleich die der erwähnten *Tradescantia* an bewurzelten Pflanzen unter Glasglocken reichlich Tropfen auszuschneiden pflegen.

Ein so vollständiger Verschluss der Wunden gehört allerdings zu den Ausnahmen, in der übergrossen Mehrzahl der untersuchten Pflanzen gelang es Moll, in der oben beschriebenen Weise, Wasser in die Zweige hinein zu pressen.

Verbindet man diese Resultate mit den im vorigen Abschnitt behandelten Erscheinungen, welche die fraglichen Säfte beim Ausfliessen aus frischen Wunden zeigen, mit den Ergebnissen unserer Auseinandersetzung über die Leistungs-

1) Dr. J. W. Moll, Untersuchungen über Tropfenausscheidung und Injektion bei Blättern; Verslagen en Mededeelingen der k. Akad. v. Wetensch. Amsterdam. II. Reihe, Bd. XV (1880), S. 237. Eine vorläufige Mittheilung erschien in der Bot. Ztg. 1880, Nr. 4.

2) l. c. S. 250 ff.

Arten:	Quecksilberdruck in Centimetern		Eingepresstes Wasser in Cubikcentimetern	Dauer des Versuchs
	Am Anfang	Am Ende		
<i>Ficus aspera</i>	19	19	—	2 Tage
<i>Urera platyphylla</i>	23,5	22,5	0,4	2 „
<i>Sparmannia tuberosa</i>	22	22	—	2 „
<i>Tradescantia Warscewiczii</i>	21	21	—	2 „
<i>Abutilon malvaeflorum</i>	21	20	0,5	28 Stunden

fähigkeit des Coniferenharzes für den Schutz entblösster Theile, und endlich mit den zahlreichen zerstreuten Erfahrungen, welche wohl Jeder gelegentlich über das Bedecken von Wunden durch die betreffenden Säfte gemacht hat, so kann es kaum einem Zweifel unterliegen, dass sie alle wirklich bei Verwundungen den blossgelegten Gewebeparthien einen Schutz gegen die schädlichen Einwirkungen der Aussenwelt gewähren.

Bevor wir aber weitere Argumente zur Beantwortung der gestellten Frage anführen, wollen wir zunächst uns eine Vorstellung darüber zu gewinnen suchen, von welcher Art diese Beschützung der Wundflächen gegen äussere Schädlichkeiten sein kann, und dazu einige der wichtigsten Erfahrungen über die Heilung von Wunden bei anderen Pflanzen als den bereits oben besprochenen Coniferen zusammenstellen. Ich entnehme diese, wie im zweiten Abschnitt, auch hier wieder vorwiegend aus Frank's neuem Handbuche: „Die Krankheiten der Pflanzen“ (1880, Bd. I, S. 96, 158 u. s. w.).

Bei der Heilung von Wunden kommen im Allgemeinen zwei, von einander durchaus verschiedene Prozesse in Betracht. Die eigentliche Heilung besteht immer in Neubildungen, welche in den Pflanzen selbst in den entblössten Gewebeparthien stattfinden. Dagegen versteht man in der Praxis unter Heilung gewöhnlich die künstlichen Massregeln und Operationen, welche das Vernarben von Wunden herbeiführen oder wenigstens fördern sollen. Denn sehr oft wirken äussere Umstände, vorwiegend wenn sie Zersetzungserscheinungen an der Wundfläche veranlassen, der natürlichen Heilung entgegen, und es kann in solchen Fällen angezeigt sein, die verwundeten Theile durch künstliche Hülfe gegen diese störenden Einflüsse zu schützen. In der Praxis beschränkt sich nun die Behandlung von Wunden auf die Holzpflanzen, da sich künstliche Eingriffe dieser Art bei krautigen Pflanzen von selbst verbieten. Bei letzteren kann man nur dafür sorgen, dass die äusseren Umstände der Wundfäule möglichst ungünstig sind, und hat also vorwiegend nur auf möglichste Vermeidung übermässiger Feuchtigkeit zu achten. Die Wundflächen des Holzes können dagegen, wie allgemein bekannt, durch konservirende Mittel vor Wundfäule geschützt werden. Es geschieht dieses entweder durch Theerung, oder mittelst Baumkitt oder Baumwachs. Die erstere Operation tödtet zwar die unmittelbar vom Theer berührten und die am nächsten liegenden Zellen, schützt sie aber vor Fäulniss, und in sehr geringer Tiefe unter dem künstlichen Ueberzuge erhält sich das Gewebe im lebendigen Zustande. Sowohl die Theerung als die Behandlung mit Baumwachs befördert die Ausbildung von Ueberwallungswülsten, welche allmählig den künstlichen Verschluss durch einen natürlichen ersetzen. Bei den

Nadelhölzern ist, wie bereits erwähnt, eine solche künstliche Behandlung von Wunden überflüssig.

Wenn nun bei Holzigen Gewächsen ein künstlicher Schutz der Wunden gegen Fäulniss von so entschiedenem Vortheil für die natürliche Vernarbung ist, so darf man wohl annehmen, dass auch bei krautigen Pflanzen ein ähnlicher Schutz in ähnlicher Weise Vortheil bringen würde. Dass die Praxis in diesen Fällen keine Operationen anwendet, sondern die ganze Heilung dem natürlichen Prozesse überlässt, kann wohl nicht als Einwand gegen diese Folgerung angeführt werden. Im Gegentheil, es würde uns eher dazu führen, zu vermuthen, dass dergleichen Schutzmittel bei diesen Pflanzen schon von der Natur selbst vielfach angebracht worden seien. Und da wir nun finden, dass bei vielen Arten aus den Wunden Säfte ausfliessen, welche an der Luft sich in zähe Häute verwandeln, so können wir nicht umhin, gerade in diesen Säften die fraglichen Schutzmittel zu erblicken. Auch diese Betrachtungen leiten uns also zu derselben Folgerung.

Kehren wir noch einen Augenblick zu dem natürlichen Heilungsprozesse zurück. Bei Organismen mit einfacherem Bau, wie den Thallophyten, Farnprothallien und Moosblättern, bleiben einfach die unverletzten Zellen am Leben, während die verletzten absterben, und nur in seltenen Fällen tritt von den lebendigen Zellen aus ein Wiederersatz des Verlustes ein. Bei allen komplizirter gebauten Pflanzen besteht die Heilung aber darin, dass an der Wundstelle ein eigenthümliches, vom ursprünglichen abweichendes Zellgewebe gebildet wird; es sind gewöhnlich die der Wundstelle zunächst liegenden, lebendig gebliebenen Zellen, von denen diese Neubildung ausgeht. Letztere besteht entweder in der Bildung einer Korksicht, oder in der Bildung von Callus. Die erstere entsteht durch Theilungen in den betreffenden Zellen, welche zumeist in einer der Wundoberfläche parallelen Richtung stattfinden, und zur Entstehung einer, wenige oder mehrere Zellen dicken Schicht eines später verkorkenden Gewebes Veranlassung geben. Diese Schicht pflegt allseitig an die normale Haut des Organes anzuschliessen, und so einen völligen Abschluss der lebendigen Parthien zu bilden. Als Callus bezeichnet man dagegen ein dünnwandiges, meist grosszelliges Gewebe, welches sich durch ein wirkliches Hervorwachsen aus der Wundfläche unterscheidet, und in dem sich nachträglich verschiedene Gewebe zu differenziren pflegen. In beiden Fällen tritt also in Zellen, die schon in Dauergewebe übergegangen waren, von neuem Zelltheilung ein, und nur die Produkte dieser Theilungen sind verschieden. Welche von beiden Bildungen stattfindet, hängt hauptsächlich von der Natur des betreffenden Pflanzentheiles ab.

Aeussere Umstände können nun auf den Gang dieser, durch die Verwundung selbst hervorgerufenen Prozesse einen störenden, oder aber einen fördernden Einfluss haben. Die künstliche Behandlung der Wunden an Laubhölzern hat, wie wir oben sahen, hauptsächlich zum Zweck, die störenden Einflüsse zu eliminiren, und dasselbe wird bei den Nadelhölzern von der Natur selbst durch die Ausscheidung des Harzes erreicht. Wenn wir also den, mit letzterem physiologisch verwandten Sekreten eine übereinstimmende Rolle nach Obigem zuschreiben müssen, so wird sich auch bei ihnen diese Rolle selbstverständlich auf den Verschluss der Wundfläche gegen äussere schädliche Einflüsse, und wohl vorwiegend gegen die Fäulnisskeime der Luft, und die daraus folgende Förderung des eigentlichen Heilungsprozesses beschränken. An die Stelle der Bildung von Callus oder Wundkork kann die Bedeckung mit jenen Sekreten wohl nie treten.

Durch diese Betrachtungen hat unsere Antwort auf die gestellte Frage

folgende Form erlangt: Die Bedeutung der mit dem Harze physiologisch verwandten Sekrete (Gummiharz, Gummi, Milchsafft u. s. w.), sei in dem Schutze zu suchen, welchen sie den durch Wunden blossgelegten Theilen gegen äussere, den natürlichen Heilungsprozess störende Einflüsse verleihen, und in der dadurch herbeigeführten Förderung dieses Prozesses.

VI. Die Eigenschaften der Saftbehälter.

Durch die im Obigen mitgetheilten Betrachtungen sind wir zu einer bestimmten Ansicht über die physiologische Bedeutung des Harzes, und der mit ihm verwandten Nebenprodukte des pflanzlichen Stoffwechsels gelangt. Wir haben gesehen, dass diese Sekrete eine wichtige Rolle im Pflanzenleben haben müssen, dass sie aber ohne jegliche Bedeutung sind, so lange ihre Behälter allseitig geschlossen bleiben. Dagegen treten sie, sobald diese durch irgend einen Eingriff geöffnet werden, aus ihnen hervor und bedecken die Wunde mit einem zähen, gut zusammenhängenden und allseitig anschliessenden Ueberzuge, welcher die entblössten Gewebe gegen Fäulniss und sonstige Schäden beschützt, und dadurch den eigentlichen Heilungsprozess fördert. Es erübrigt uns nun noch, zu zeigen, dass auch die Lage, der Bau und die sonstigen Eigenschaften der Saftbehälter in einer unleugharen Beziehung zu diesen Funktionen stehen, und dass man also auch ihre häufig so bedeutende Differenzirung den Vorzügen zuschreiben darf, welche sie durch die Förderung der Wundenheilung den Pflanzen im Kampfe um's Dasein gewährten.

Fassen wir zunächst die Verbreitung der Saftbehälter durch die Gewebe in's Auge. Es ist eine allgemeine Erscheinung, dass diese Organe vorzugsweise im turgescen ten Parenchym verlaufen, und also gerade dort, wo die umgebenden Zellen auf sie den Druck ausüben, der für das Hervortreten ihres Inhaltes aus Wunden erforderlich ist¹⁾. Dieses gilt sowohl von den röhrenförmigen Behältern (z. B. den Milchröhren) als von den in Längsreihen gestellten geschlossenen Schläuchen und den zerstreuten Schleimzellen (z. B. Orchis). Dabei pflegen die Wände dieser Saftbehälter, mit einigen unten noch zu erwähnenden Ausnahmen, sehr dünn, und ohne jede Wandverdickung, oder nur mit flachen Tüpfeln gezeichnet zu sein²⁾, wodurch sie dem Drucke des umliegenden Gewebes keinen irgendwie nennenswerthen Widerstand zu leisten im Stande sind. Sehr bemerkenswerth ist in dieser Beziehung die bereits im zweiten Abschnitt erwähnte Thatsache, dass die Harzgänge im Holze der Kiefer von einer besonderen Schicht gestreckter dünnwandiger Elemente umgeben sind, welche als das den Druck ausübende Gewebe betrachtet werden. Hier, wo das umliegende Gewebe vorwiegend aus todt en Zellen besteht, ist also eine eigene Schicht turgescirender Zellen um die Wandzellen des Kanales herum vorhanden, und es bietet also gerade dieser Fall einen schönen Beweis für die physiologische Wichtigkeit dieses Druckes.

Das Gewebe der Gefässbündel pflegt, wenigstens so lange sie noch nicht durch die Thätigkeit des Kambiums verändert worden sind, der Hauptsache nach aus solchen Elementen zu bestehen, welche keinen Turgor zu entwickeln im Stande sind. Es herrscht im Gegentheile zur Zeit der kräftigen Vegetation, in

1) de Bary, l. c. S. 155 und 191.

2) de Bary, l. c. S. 157 (Allium, Acer, Cynareen), S. 195 (Milchröhren).

Folge der Wassersaugung durch die verdunstenden Blätter, im Holze gewöhnlich ein negativer Druck, und dementsprechend fehlt diesen Organen in der erwähnten Zeit das Vermögen, bei Verwundungen Saft aus sich hervorzupressen. Die anatomische Untersuchung hat nun, in Uebereinstimmung damit, gelehrt, dass in den meisten Fällen den Gefässbündeln die Saftbehälter fehlen, oder doch wenigstens deren Stämme; kleine Zweige dringen nicht selten aus dem umliegenden Parenchym in sie ein¹⁾.

Auf der anderen Seite ist es klar, dass gerade das Gewebe der Gefässbündel reich ist an solchen Elementen, welche sich nicht durch Theilung vermehren, und also zur Bildung von Callus oder Wundkork nicht beitragen können. Bei diesem Heilungsprozesse werden die Gefässbündel also offenbar dem Parenchym nachstehen, und somit eines grösseren Schutzes bedürfen als dieses. Dementsprechend ist es nun eine ganz gewöhnliche Erscheinung, dass die Sekretbehälter vorzugsweise in der unmittelbaren Umgebung der Gefässbündel entwickelt sind, und diese in ihrem Verlaufe überall folgen. Einzelne Beispiele dieses bekannten Satzes mögen hier angeführt werden. Für die Milchsaftgefässe und Milchzellen gilt es allgemein, dass ihre Hauptstämme als Begleiter der Gefässbündel verlaufen²⁾. In den primären Gewebekomplexen verlaufen sie in den Wurzeln innerhalb der Siebtheile des Gefässbündels, in Stengeln, Blattstielen und Blattrippen dagegen vorwiegend in der Umgebung dieser Siebtheile, oder falls diese von einem Sclerenchymstrang begleitet sind, ausserhalb dieses. Bisweilen dringen ihre Verzweigungen in die Siebtheile der Gefässbündel hinein³⁾. Dasselbe gilt in vielen Fällen auch von den Behältern des Gummi und der übrigen verwandten Sekrete. So z. B. von den Saftbehältern der Aloë-Arten⁴⁾, von den mit milchiger Flüssigkeit gefüllten Schlauchreihen der Cynareen⁵⁾, und den häufig als Milchsaftgefässe bezeichneten Sekretzellenreihen der Acer-Arten⁶⁾.

Es würde uns zu weit führen, wollten wir hier die Beziehung der Lage der Sekretbehälter zu der Bedeckung frischer Wundflächen noch mehr in Einzelheiten erörtern; dieses scheint mir auch für den hier verfolgten Zweck keineswegs erforderlich.

Wir haben oben erwähnt, dass die Wand der meisten Sekretbehälter sehr dünn ist. Eine auffallende Ausnahme von dieser Regel bieten die bekannten Milchzellen der Euphorbien und einiger anderer Pflanzengruppen. Hier wird die Wand, nach Beobachtungen an Spirituspräparaten oder an aus den lebenden Organen herausgeschnittenen Objekten, als dick beschrieben. In beiden Fällen ist aber der Turgor der bekanntlich an ihren Enden stets fortwachsenden Zellen aufgehoben, und also ein Schluss auf die Eigenschaften der Wand im lebenden Zustand nicht ohne Weiteres erlaubt. Beachtet man nun, dass diese Pflanzen aus ihren äusserst dünnen Milchröhren die Milch bei der Präparation in grossen Tropfen ausfliessen lassen, und dass die Röhren dennoch unter dem Mikroskop stets völlig mit dem trüben Inhalte erfüllt sind, so darf man wohl schliessen, dass ihr Volumen sich bei der Verletzung bedeutend verringert, und ihre Wand sich also stark zusammengezogen hat; und es ist demnach wahrscheinlich, dass

1) Vergl. hierüber die im ersten Abschnitte erwähnten Beobachtungen Trécul's.

2) de Bary, Vergl. Anat. S 196

3) de Bary, l. c. S. 447.

4) de Bary, l. c. S. 155.

5) de Bary, l. c. S. 157.

6) de Bary, l. c. S. 157.

die Wand im unverletzten Zustande viel dünner, und stark elastisch gespannt ist, und dadurch selbst, unabhängig von dem umgebenden Parenchym, einen bedeutenden Druck auf seinen Inhalt ausübt. Die bekannte Weichheit¹⁾ dieser Wände spricht ebenfalls sehr für die Möglichkeit einer solchen elastischen Spannung. Sollte es gelingen, durch mikroskopische Beobachtung der Milchröhren, in unverletzten Pflanzen die Richtigkeit dieser Vermuthung nachzuweisen, so würde sich diese Elastizität der Wände wiederum als eine merkwürdige Anpassung an die Aufgabe des Herauspressens des Inhaltes bei Verletzungen ergeben.

Wie bei den Sekreten, so findet auch bei ihren Behältern eine wechselseitige Vertretung statt. In einigen Fällen beobachtet man diese zwischen den verschiedenen Organen derselben Pflanze. So liegen z. B. in dem primären Parenchym der Wurzeln mancher Lysimachien und Myrsineen, Zellen mit rothem Harz, während dasselbe Sekret in anderen Theilen derselben Pflanzen in runden interzellularen Behältern abgelagert ist²⁾. Oder es führen von nahe verwandten Pflanzen die einen Schläuche, die anderen Gänge oder Kanäle³⁾ mit demselben Produkte. Gewöhnlich kommen Kanäle und Gänge nur bestimmten Klassen, Familien und Genera zu, und zwar vorwiegend solchen, denen anderweitige Produktions- und Ablagerungsorte der betreffenden Sekrete fehlen⁴⁾.

Es erübrigt uns nun noch, einen kurzen Ueberblick über die bekanntesten und wichtigsten Formen der Behälter unserer Säfte zu geben, und nachzuweisen, dass auch diese in völliger Uebereinstimmung mit der oben entwickelten Ansicht über die Bedeutung dieser Säfte sind. Eingehende anatomische Beschreibungen, wie sie für zahlreiche, hierhergehörige Organe von verschiedenen hervorragenden Forschern gegeben worden sind⁵⁾, werden dazu nicht nothwendig sein, ein Blick auf die bekanntesten Thatsachen wird, wie ich glaube, vollständig genügen.

In den typischen Fällen sind die Behälter unserer Säfte lange Röhren, und deshalb wollen wir mit diesen anfangen.

Die echten Milchröhren, sowie die Harz- und Gummi-Gänge bilden ein zusammenhängendes System unter sich kommunizirender Kanäle in der ganzen Pflanze. Bisweilen sind sie nur wenig oder auch gar nicht verzweigt, in anderen Fällen dagegen sehr reichlich verästelt, und zwar entweder mit freien, im übrigen Gewebe blind endigenden Zweigen, wie bei den ungegliederten Milchröhren (Euphorbia), oder ihre Aeste sind zu einem überall anastomosirenden Netzwerke verbunden, wie bei den meisten echten Milchsaftgefässen. Nur selten liegen sie innerhalb der Gefässbündel, gewöhnlich aber in deren Nähe im Parenchym; sie begleiten diese Bündel aber gewöhnlich durch die ganze Pflanze, und dringen, wenn sie verzweigt sind, mit ihren Aesten theils in diese hinein, theils aber nach aussen, bis dicht unter die Epidermis vor. Aber wie dem auch sei, stets sind sie in allen Organen der Pflanze so verbreitet, dass jede nicht gar zu oberflächliche Wunde sie erreichen wird.

Der Umstand, dass die Röhren in allen Theilen der Pflanze mit einander in Verbindung stehen, bedingt es, dass aus Wunden eine viel grössere Menge

1) de Bary, l. c. S. 191.

2) de Bary, Vergl. Anatomie S. 142, 153; 211.

3) Ueber die Bezeichnungen Gänge und Kanäle, vergl. Meyen, Physiologie II, S. 486.

4) de Bary, l. c. S. 211.

5) Vergleiche die im Obigen mehrfach citirte Literatur über diesen Gegenstand.

von Flüssigkeit hervorquellen kann als in deren unmittelbaren Nähe befindlich war, und trägt also wesentlich zu einer reichlichen Bedeckung der Wundfläche bei.

Dieser grossen Uebereinstimmung in den physiologischen Eigenschaften stehen nun ganz merkwürdige Differenzen im anatomischen Bau gegenüber. Denn einige dieser Röhren sind, morphologisch betrachtet, Zellen, andere Gefässe und noch andere Kanäle mit einer aus Zellen gebildeten Wand¹⁾. Die ungegliederten Milchröhren der Euphorbiaceen und einiger anderer Familien sind je durch Vergrösserung und reichliche Verzweigung einer einzelnen, an ihren jungen Spitzen stets fortwachsenden Zelle entstanden, und somit als Zellen zu betrachten. Die gegliederten Milchröhren sind dagegen aus der Verschmelzung zahlloser Zellen hervorgegangen, und deshalb den Gefässen zuzuzählen, während die Gummigänge der Cycadeen, die Harzgänge der Koniferen und auch die Milchsaftgänge vom *Alisma* eine eigene aus Zellen gebildete Wand besitzen. In den letzteren Fällen zeigt die Wand wieder sehr bedeutende Verschiedenheiten in ihrer Dicke, in der Zahl der im Querschnitt zusammenliegenden Zellen, in dem Unterschiede dieser Zellen vom umgebenden Gewebe u. s. w. Aber bei allen diesen anatomischen Differenzen tritt uns wieder eine gemeinschaftliche physiologische Eigenschaft entgegen: das vollständige seitliche Zusammenschliessen der Wandzellen. Auf diesem lückenlosen Schlusse beruht offenbar die Möglichkeit eines höheren Druckes im Innern des Kanales, in Vergleichung mit der Spannung der Luft in den benachbarten interzellularen Lufträumen des umliegenden Gewebes.

Auch in Bezug auf die Art und Weise wie die Höhlung in den Kanälen entsteht, und wie das Sekret in diese hinein gelangt, bestehen wichtige Differenzen. Bei den Marattiaceen werden die inneren Zellen aufgelöst, nachdem ihr Inhalt zum grossen Theile in eine schleimige Masse umgewandelt worden ist, in den meisten Fällen entsteht dagegen die Höhlung durch Auseinanderweichen der Wandzellen, und wird das Sekret durch diese in die Höhlung abgeschieden.

Neben diesen hoch differenzirten Organen, und als deren Stellvertreter, kommen nun bei anderen Pflanzen zahlreiche, weniger vollkommene Formen vor. Von den einfachsten Fällen ausgehend, wo Schleim oder Gummi in sonst gewöhnlichen parenchymatischen Zellen vorkommt, würde man leicht eine ganze Reihe von Uebergängen zu den oben beschriebenen Typen aufstellen können. Es wird hinreichen, nur einige dieser Fälle hervorzuheben. Im Rhizom von *Symphytum officinale* enthalten alle Zellen des Parenchyms, ausser ihren gewöhnlichen Bestandtheilen, noch eine reichliche Menge Gummi, welches in Vacuolen des Protoplasma entsteht und im Frühjahr, wenn die Pflanze ihre Stengel treibt, verbraucht wird²⁾. Hier dient das Gummi also offenbar als eine Art Reservestoff, und es stellt dieser Fall vielleicht einen der einfachsten des Vorkommens dieses Körpers dar. Aehnliches findet man bei einigen verwandten Arten (z. B. *Cynoglossum*³⁾.

1) Für die physiologische Behandlung ist es durchaus nothwendig, die die mit Sekreten gefüllten interzellularen Räume umgebende Zellschicht, mit der Höhlung zusammen als ein in sich abgeschlossenes Organ der Pflanze zu betrachten. Die Wandzellen solcher „Kanäle“ oder „Gänge“, unterscheiden sich häufig in Bau und Grösse vom umliegenden Gewebe, bisweilen aber auch nicht. Stets schliessen sie aber seitlich derart zusammen, dass die Wand des Kanales überall vollständig geschlossen ist. Vom anatomischen Standpunkte aus werden sie bekanntlich als „interzellulare Sekretbehälter“ betrachtet. Vergl. de Bary, Vergl. Anatomie S. 210.

2) Frank, in Pringsheim's Jahrbüchern V, S. 181—183; 196.

3) de Bary, Vergl. Anatomie S. 150.

Eine weitere Entwicklungsstufe bilden diejenigen Pflanzen, in denen die betreffenden Säfte in besonderen, im Parenchym zerstreuten Zellen abgeschieden und angehäuft werden. Solche Zellen werden von Sachs zu den Idioblasten gerechnet, sie zeichnen sich, ausser durch ihren Inhalt, gewöhnlich auch durch bedeutendere Grösse vor den umgebenden Zellen aus. Sie liegen meist einzeln oder gruppenweise. Beispiele liefern die Gummizellen der Malvaceen¹⁾, die zerstreuten Harzzellen in der Rinde mancher Koniferen, und die bekannten Schleimzellen der Orchisknollen.

Von dieser Stufe führt eine andere ganz direkt zu den einfachsten Milchsaftgefässen über. Ich meine die Fälle, in denen die erwähnten Idioblasten in Längsreihen geordnet sind. Eine solche Anordnung kommt sehr allgemein vor, und es scheint, dass auch hier noch mehrere besondere Stufen unterschieden werden könnten, je nachdem die Vereinigung der Zellen zu Reihen mehr oder weniger ausgebildet, und je nachdem die Querwände mehr oder weniger geeignet sind, die Inhaltsstoffe bei Verwundungen durch sich hindurch pressen zu lassen²⁾. Wichtigere, und besser studirte Uebergänge bieten diese Zellenreihen in ihrem Inhalte, welcher zwischen einem klaren Schleime (z. B. Cactaceen) und einem anscheinend völlig ausgebildeten Milchsaft schwanken kann (Acer). Sehr interessant in Bezug auf diese verschiedenartigen Uebergangsformen ist u. A. die Familie der Convolvulaceen. Ferner gehören hierher z. B. die Raphidenzellenreihen so vieler Monocotylen und die eigenthümlichen Schleimzellen der Allium-Arten.

Uebergänge zu den Harzkanälen der Coniferen bilden die in dieser Pflanzengruppe häufig vorkommenden kurzen, und an beiden Enden geschlossenen Harzbehälter.

Aus dieser gedrängten Uebersicht sehen wir, dass die Saftbehälter, je nach den Arten, sehr verschiedene Entwicklungsstufen aufzuweisen haben, dass sie aber um so besser im Stande sind, ihren Inhalt aus Wunden hervorzupressen und diese damit zu bedecken, je höher ihre anatomische Differenzirung vorgeschritten ist. Bedenken wir dabei, dass auch die höher ausgebildeten Behälter in der Regel Sekrete enthalten, welche durch ihre chemischen Eigenschaften für die Bedeckung der Wunden, und den Abschluss der Luft vom blossgelegten lebendigen Gewebe am meisten geeignet sind, so dürfen wir das Ergebniss dieser Betrachtungen als in Uebereinstimmung mit der in den vorigen Abschnitten entwickelten Ansicht über die Bedeutung dieser Produkte ansehen.

1) Frank, Pringsheim's Jahrbücher V. S. 165.

2) Z. B. Convolvulaceen, de Bary, l. c. S. 158.