

Arbeiten aus dem pharmazeutischen Institut der
Universität Bern.

Untersuchungen über die Sekrete.

66. Ueber den Harzfluß¹⁾.

Von A. Tschirch.

(Eingegangen den 14. II. 1905.)

Ueber den sog. „Harzfluß“ der Pflanzen war bis vor kurzem²⁾ nur soviel bekannt, daß derselbe zu Verwundungen in Beziehung steht, jedenfalls nach Verwundungen, seien dieselben künstlich hervorgebracht, oder spontan durch Astbruch, Blitzschlag etc. entstanden, stärker hervortritt. Welche physiologischen, physiologisch-chemischen und anatomischen Veränderungen den Harzfluß einleiten und begleiten war unbekannt. Die großen Massen Sekret, welche nach Verwundungen verschiedenster Art an Stämmen und Zweigen vieler Pflanzen nach einiger Zeit austreten, lassen sich nicht auf Austritt normal gebildeter Sekrete zurückführen. Selbst wenn die Verwundungen alle Sekretbehälter des Stammes oder Zweiges geöffnet und diese Behälter ihren gesamten Inhalt entleert hätten, würde das Sekret doch nur einen verhältnismäßig geringen Betrag erreichen und niemals viele Kilo betragen. Nun erhält man aber z. B. von einer Seestrandkiefer bis 10 kg Harzbalsam und bis 1,5 kg festes Barras im Jahr. Andererseits gibt es auch Pflanzen, welche entweder gar keine (*Styrax Benzoin*) oder nur im Jugendzustand (*Toluiifera*) Harzbehälter führen, bei denen es also zu einem normalen Harzaustritte überhaupt nicht kommen

¹⁾ Vergl. Flora 1904, 3. Heft.

²⁾ In der Literatur findet sich über den Gegenstand wenig, doch seien einige Arbeiten, die hier in Betracht fallen, genannt: Dippel, Histologie der Koniferen, Bot. Zeit 1863. Ratzeburg, Waldverderbnis, Berlin 1868. Mayr, Harz der Nadelhölzer, 1894. Frank, Krankheiten der Pflanzen, 1896. Hartig, Baumkrankheiten, 1889. Conwentz, Monographie der baltischen Bernsteinbäume, Danzig 1890. Tschirch, Angewandte Pflanzenanatomie. Moeller, Ztschr. d. allgem. österr. Apotheker-Vereins, 1896. Hartig, Wichtige Krankheiten der Nadelbäume. E. Mer, recherches sur la maladie des branches du Sapin, Journ. de botan, 1893. A. P. Anderson, Ueber abnorme Bildung von Harzbehältern, Dissertation, München 1896. Tschirch, Harze und Harzbehälter, Leipzig 1900.

kann. Aber auch diese zeigen nach Verwundungen Harzfluß. Derselbe trägt also hier von vornherein einen rein pathologischen Charakter.

Welche Verhältnisse den pathologischen Harzfluß bedingen, einleiten und begleiten, kann nur auf experimentellem Wege festgestellt werden. Ich habe diesen Weg betreten und zunächst (1896—1902) in Gemeinschaft mit den Herren Nottberg und Faber, die die Versuche nach meinem Plane durchführten, den Harzfluß der Koniferen und die Bildung der sog. Harzgallen näher studiert.

Die Resultate, welche wir bei über 400 Versuchen an *Abies pectinata* DC., *Picea vulgaris* Link, *Pinus silvestris* L. und *Larix europaea* DC. — also sämtlich Pflanzen, die zur Harzung herangezogen werden — erhielten, und die durch zahlreiche Beobachtungen an natürlich entstandenen Wunden im Walde kontrolliert wurden, lassen sich in folgende Sätze zusammenfassen¹⁾:

Durch jede Verwundung, welche das Kambium verletzt, wird bei den vier Abietineen Harzfluß erzeugt.

Dieser Harzfluß setzt sich zusammen aus einem primären, unmittelbar nach der Verwundung eintretenden und nur kurze Zeit anhaltenden Harzflusse geringer Ergiebigkeit, bei dem das Sekret aus den normalen Sekretbehältern des Holzes und der Rinde (bei der Tanne nur aus letzteren, da ihr Kanäle im Holz fehlen) stammt — also physiologischer Natur ist — sowie aus einem sekundären, ergiebigen, erst nach einiger Zeit einsetzenden Harzflusse, dessen Sekret nur aus den Kanälen des nach der Verwundung gebildeten Neuholzes stammt, die infolge des Wundreizes dort in großer Zahl entstehen. Dies Sekret ist also pathologischer Natur.

Diese pathologischen Kanäle sind schizogen und erweitern sich lysigen. Sie bilden ein reichverzweigtes anastomosierendes Netz und ragen mit ihren offenen Enden bis an die Wundfläche heran. Sie liegen in einer Zone von Tracheidparenchym, in welchem sich alle Uebergänge von der typischen Parenchymzelle bis zur typischen Tracheide finden.

In der Rinde werden keine pathologischen Harzbehälter gebildet, daher kann sich dieselbe auch nicht am sekundären Harzfluß beteiligen.

Das Sekret ist schon in den jüngsten Kanälen vorhanden.

Der sekundäre Harzfluß beginnt im Hochsommer etwa 3—4 Wochen nach der Verwundung und hält während der Vegetationsperiode so lange an, bis die Wunde durch Ueberwallung geschlossen ist. Es

¹⁾ Vergl. auch Tschirch und Faber, Experimentaluntersuchungen über die Entstehung des Harzflusses bei einigen Abietineen, Arch. d. Pharm. 1901, S. 249, und Faber, Dissertation, Bern 1901, mit 2 Tafeln.

werden alljährlich in den neu gebildeten Holzteilen neue pathologische Kanäle angelegt.

Die Intensität des sekundären Harzflusses und die Menge des austretenden Sekretes ist abhängig von der Größe der Wunde und von der Dauer der Einwirkung des Wundreizes.

Ist die Wunde geschlossen (z. B. durch Ueberwallung), so hört auch der Reiz auf, und die aus dem nunmehr wieder geschlossenen Kambiumringe gebildeten Gewebelemente sind wieder völlig normal.

Der Wundreiz äußert sich kräftiger in dem oberhalb der Wunde befindlichen Zweigteil als in demjenigen unterhalb derselben. Infolgedessen werden oberhalb der Wunde zahlreiche und lange Kanäle, unterhalb weniger zahlreiche und kurze Kanäle gebildet. In vielen Fällen waren Kanäle oben bis 6, unten bis 2,5 cm von der Wunde entfernt, zu konstatieren.

Wo man bei anatomischer Untersuchung eines Koniferenholzes auf vom Normalen abweichendes, reichlicheres Auftreten von Harzgängen stößt, kann man mit Sicherheit auf die Nähe einer Wunde schließen, die zur Zeit, als diese Kanäle gebildet wurden, noch nicht geschlossen war. Denn immer ist die Bildung zahlreicher pathologischer Kanäle und damit zusammenhängend das Auftreten von sekundärem Harzfluß als Reaktion auf Wundreiz zu betrachten. Der Harzfluß trägt also den Charakter eines Wundbalsams.

Die Verwundungen, welche wir anbrachten, waren folgende:

Flachwunden. Abschälen der Außenrinde, durch Schnitte in tangentialer Richtung geführt, ohne das Kambium zu verletzen.

Brand- und Schwelwunden. Abtöten der Kambiumzone durch Erhitzen mit einer Flamme, ohne die Rinde von außen zu verletzen.

Ringelwunden. Herauslösen eines ca. 1 cm breiten Ringes.

Bohr- und Nagelwunden. Durchbohren eines Zweiges mittelst eines Bohrers oder Nagels.

Fensterwunden. Herauslösen eines rechteckigen Stückes Rinde.

Kerbwunden. Herauslösen eines keilförmigen Stückes Rinde und des darunter liegenden Splintes.

Klopfwunden. Klopfen eines Zweiges mit einem hölzernen Hammer bis zur Zerfetzung der Rinde.

Schabwunden. Abschaben der Rinde mit einer groben Feile.

Bruchwunden. Knicken von Zweigen und Abreißen von Nebenzweigen an der Insertionsstelle.

Schnittwunden. Glatte Einschnitte in radialer Richtung.

Die Folgen der Verwundung sind zwar in allen Fällen im wesentlichen stets dieselben, immerhin verhielten sich die verschiedenen Baum-

arten gegen einzelne Wunden ein wenig verschieden. Am empfindlichsten gegen Verwundungen ist die Lärche.

Die sog. „Harzgallen“, die ich anfangs glaubte für den Harzfluß mit verantwortlich machen zu können, haben damit nichts zu tun, da sie allseitig geschlossen sind. Nur insofern haben sie Beziehungen dazu, als sie ebenfalls nur infolge von Verwundungen entstehen. Speziell auf diese Gebilde gerichtete Untersuchungen¹⁾ haben nämlich folgendes ergeben:

Harzgallen bilden sich nur infolge von Verwundungen und zwar nur, wenn das Kambium verletzt wurde.

Als erste Folge der Verwundung bildet sich ein eigentümliches Wundparenchym, welches entweder aus typischen Parenchymzellen oder aus „Tracheidalparenchym“ besteht, und welches entweder ziemlich unvermittelt oder durch zahlreiche Uebergänge in typisches Tracheidengewebe übergeht. In diesem pathologischen Holzgewebe, vornehmlich in dem typischen Tracheidalparenchym bilden sich die Harzgallen und zwar, wie es scheint, rein lysigen. Einige Zellen dieses Gewebes entwickeln nämlich eine resinogene Schicht. In dieser entsteht das Sekret in ähnlicher Weise, wie ich dies für die Sekretzellen überhaupt beschrieben habe²⁾. Dann beginnt die primäre und sekundäre Membran dieser Harzzellen zu verschleimen — die tertiäre Membran bleibt lange intakt — und schließlich gehen die Zellen zugrunde, und die Mitte der Harzgalle führt einen großen Harzklumpen. Die Randzellen der Harzgallen werden in diese Resinosis nicht einbezogen. Sie bilden überhaupt kein Sekret.

Weit über 400 Versuche an fünf verschiedenen Abietineen — *Pinus silvestris*, *Picea vulgaris*, *Abies pectinata*, *Pinus Strobus* und *Larix europaea* — mit denselben Verwundungsarten, die oben erwähnt wurden, und zahlreiche Beobachtungen an natürlich entstandenen Wunden im Walde, haben ergeben, daß Harzgallen nicht bei jeder Verwundung entstehen müssen, sondern nur unter besonderen, allerdings ziemlich häufig eintretenden Bedingungen sich bilden. Eine der häufigsten dieser Bedingungen ist die, daß eine im Umfang beträchtliche Schicht von Tracheidalparenchym durch die Ueberwallung gewissermaßen „eingefangen“ wird oder größere Partien Tracheidalparenchym sich zwischen normalem Holz an der Wundstelle bilden. Jedenfalls

¹⁾ Vergl. Tschirch und Nottberg, Experimental-Untersuchungen über die Bildung der Harzgallen und verwandter Gebilde bei unseren Abietineen, Arch. d. Pharm. 1897, S. 256, und Nottberg's Dissertation 1897 (Abdr. aus der Ztschr. f. Pflanzenkrankheiten VII) mit 1 Taf. und 10 Textfiguren.

²⁾ Harze und Harzbehälter S. 389.

ist ihre Bildung an das Vorhandensein von Tracheidalparenchyminseln oder -Streifen relativ größeren Umfanges geknüpft. Gelangen aber solche durch Ueberwallung oder Bildung normalen Holzes in den nach außen folgenden Schichten in den normalen Holzkörper hinein, dann verharzen sie auch in der Regel, und es entsteht eine Harzgalle. Die Harzgallenmutterzellen werden also stets bereits im Kambium als Parenchymzellen angelegt und zwar nur nach einer Verwundung.

Man kann also aus dem Vorhandensein einer Harzgalle stets auf eine Verwundung schließen. Oft, wenn die Harzgalle tief im Holze liegt, ist die Verwundung, welche zur Bildung der Harzgalle den Anstoß gab, längst vernarbt. Aber noch in vielen Fällen ließ sich die Verwundung, auch nach Jahren noch nachweisen, wenn wir sorgfältig darnach suchten.

Mit den pathologischen Kanälen des eigentlichen Harzflusses haben die Harzgallen nichts zu tun. Sie bilden sich bald innerhalb, bald außerhalb der Zone, wo diese Kanäle liegen. Nun kann aber bei schweren Wunden und starkem Harzfluß auch wohl einmal der Fall eintreten, daß die ganze Schicht in der die pathologischen Kanäle des Harzflusses liegen, verharzt, d. h. auch die trennenden Markstrahlen des anastomosierenden Netzes mit verharzen. Dann entstehen sog. Harzfließen oder -Platten im Gewebe, die durch ihre flache Form sich von den im allgemeinen rundlich-ovalen eigentlichen Harzgallen unterscheiden. Der Fall scheint aber relativ selten zu sein.

Vergleicht man die an rezenten Koniferen erzielten Resultate mit den Befunden, die Conwentz¹⁾ beim Bernstein beschreibt, so findet sich fast überall Uebereinstimmung, und ich stimme vollständig Conwentz bei, daß wir berechtigt sind anzunehmen, daß kein Baum des Bernsteinwaldes gesund war, sondern alle mehr oder weniger tiefgreifende Wunden gezeigt haben müssen.

Als „falsche Harzgallen“ möchte ich eine Bildung bezeichnen, die mir einige Male, allerdings sehr selten, begegnet ist, und deren Entstehung in allen Punkten von den echten Harzgallen abweicht. Bei nicht sehr großen Wunden an Pflanzen, die die Neigung besitzen, starke Ueberwallungswülste zu bilden, kann es vorkommen, daß der Harzbalsam über der Wunde eintrocknet und dann von dem Ueberwallungswulst eingeschlossen, gewissermaßen eingefangen wird. Das Harz liegt in diesem Falle der Wunde so fest auf, daß weder der Ueberwallungswulst noch die Neuholzschichten es beiseite schieben können. Die Pflanze läßt es alsdann liegen und so gelangt die Harzinsel schließlich im Laufe der Jahre tief ins Holz hinein, eine echte

¹⁾ Monographie der baltischen Bernsteinbäume, Danzig 1890, S. 145.

Harzgalle vortäuschend. Derartige Bildungen sind aber von den echten Harzgallen leicht zu unterscheiden, denn sie zeigen an ihrem Rande niemals den für die typische Harzgalle charakteristischen dreifachen Saum: zu innerst in Auflösung begriffene Zellen, dann harzführendes Tracheidalparenchym und endlich Tracheidalparenchym, dessen Zellen leer sind.

Damit war die Frage, soweit sie die Gymnospermen, speziell die Koniferen betraf, beantwortet und ich konnte mich zu den Angiospermen wenden.

Mittlerweile hatte jedoch Jos. Moeller eine inhaltreiche und wichtige Arbeit über die Entstehung des Harzflusses bei *Liquidambar* veröffentlicht¹⁾, welche, ebenfalls auf Grund von Experimenten, die Frage des Harzflusses zu lösen sucht. Die Versuche wurden von L. Planchon in Montpellier, von Mohr in Mobile (Alabama) und schließlich auch von Moeller selbst ausgeführt. Jos. Moeller kommt bei *Liquidambar* zu folgendem Resultate:

„Weder in der Borke noch in der Rinde bildet sich Balsam, sondern einzig und allein im jungen Holze. Hier entstehen infolge von Verletzungen zunächst interzellulare, später lysigene Balsamgänge, die quer angeschnitten werden müssen, wenn sie ihren Inhalt entleeren sollen. In den Markstrahlen entsteht primär kein Balsam, doch können die Markstrahlen sekundär in die Balsambildung einbezogen werden.“

Moeller hat für *Liquidambar* die Frage gelöst. Er war der erste, der erkannte, daß nicht die Rinde, sondern das Neuholz der Ort ist, von dem der Harzfluß ausgeht. Da sich nun herausgestellt hatte, daß die Koniferen sich ganz wie *Liquidambar* verhielten, lag die Vermutung nahe, daß die Bildung des Harzflusses bei den Pflanzen überhaupt nach einem einheitlichen Gesetze erfolgt, welches sowohl für die Gymnospermen wie für die Angiospermen gilt. Es blieb nunmehr zu untersuchen, ob sich die übrigen Angiospermen, bei denen wir Harzfluß beobachten, ebenso verhalten wie *Liquidambar* und die Koniferen.

Ich hatte bereits während meines Aufenthaltes in Indien (1888/89) eine Anzahl von Verwundungen an Harz liefernden Bäumen unternommen, die mich über eine Reihe von Fragen, den Harzfluß bei den Angiospermen betreffend, vorläufig orientierten. Doch blieb noch vieles unklar. Ich habe daher vor einigen Jahren Herrn Prof. Treub gebeten, einige Versuche in Buitenzorg anzustellen und mir das Material

¹⁾ Jos. Moeller, Ueber *Liquidambar* und *Storax*, Ztschr. d. allgem. österr. Apoth.-Ver. 34 (1896).

zu senden. Mit gewohnter Liebenswürdigkeit und Bereitwilligkeit ist derselbe auf meine Wünsche eingegangen, hat die Versuche genau nach dem Programm durchgeführt und mir die verwundeten Zweige alsdann gesandt.

Das Programm enthielt folgende Punkte:

1. Als zu verwundende Pflanzen wurden bezeichnet: *Styrax Benzoin* Dryand. (liefert die Benzoe), *Canarium commune* L. (liefert das Manila-Elemi), *Shorrea stenoptera* Burck (liefert ein Copal-Dammar), *Toluifera Balsamum* L. (liefert den Tolubalsam) und *T. Pereirae* Baillon (liefert den Perubalsam).
2. Die Wunden wurden in folgender Art angebracht:
 - a) Fensterwunden. Entfernen größerer rechteckiger Rindenstücke bis an das Kambium.
 - b) Ringelungswunden. Entfernen eines ringförmigen Rindenstückes.
 - c) Schwelwunden. Anbrennen einer zirkumskripten Partie mittelst einer Flamme.
 - d) Kleinere Schnitt- und Kerbwunden, teils nur bis zum Holz, teils in dieses hinein.

Die verwundeten Zweige wurden etwa nach drei Monaten abgesägt und mir übersandt.

Von den für die Versuche ausgewählten Pflanzen enthält *Styrax Benzoin* Dryand., wie ich bereits früher festgestellt hatte¹⁾, in keinem seiner Organe Sekretbehälter. Die *Toluifera*-Arten enthalten zwar in der primären Rinde der Zweige schizogene Gänge, dieselben werden jedoch später mit der primären Rinde abgeworfen. *Canarium commune* L. enthält in der Rinde und in den Siebteilen der markständigen Gefäßbündel Harzkanäle, *Shorrea stenoptera* Burck führt dergleichen im Mark.

Außer diesen Pflanzen wurde alsdann noch *Liquidambar orientalis* und *styraciflua* zum Vergleich herangezogen, von denen ich Material verwundeter Zweige Herrn Prof. Jos. Moeller verdanke, der ja die Verhältnisse bei dieser Gattung studiert und beschrieben hat.

Die Untersuchungen wurden von mir in Gemeinschaft mit Herrn Svendsen durchgeführt²⁾.

¹⁾ Ber. d. d. bot. Ges. 1890, S. 48.

²⁾ Betreffs der Einzelheiten sei auf die Dissertation von Svendsen verwiesen (Bern 1904).

Styrax Benzoin. Der unverwundete Zweig enthält weder in der Rinde noch im Holzkörper Sekretbehälter.

An einem Zweige von 2,7 cm Durchmesser war durch eine Ringelungswunde ein 2,5 cm breiter Rindenstreifen abgelöst worden, sodaß der Holzkörper in der ganzen Ausdehnung der Wunde freigelegt war. An der Oberseite der Wunde hatte sich ein kräftiger Ueberwallungswulst gebildet, an der Unterseite derselben ein kleinerer. Dort, wo der Rindenwulst dick war, war auch viel Neuholz gebildet, an den anderen Stellen weniger. Das Neuholz war scharf gegen das Altholz abgegrenzt und führte reichlich Harzkanäle, die sich an einzelnen Stellen bis 5 cm von der Wunde entfernt verfolgen ließen. Im Neuholz war „Tracheidalparenchym“ gebildet, die Zellen waren wenig verdickt, die Markstrahlen undeutlich. Das Tracheidalparenchym zeigte alle Uebergänge zwischen Parenchym mit wenig deutlichen Hoftüpfeln und sehr kurzen Tracheiden mit kaum schräg gestellten Querwänden, bisweilen traten auch Sklereiden auf. Stärke war reichlich vorhanden. Das Neuholz trug also den Charakter von „pathologischem Holz“. In diesem Gewebe hatten sich nun die Harzkanäle gebildet und zwar in der dem Altholz benachbarten Partie. Die Harzkanäle waren in ihrer Anlage schizogen und zeigten im jüngsten Stadium eine deutliche resinogene Schicht. Der fertige Kanal ist von ca. 5—8 sezernierenden Zellen umgeben. Verhältnismäßig frühzeitig beginnt die lysigene Erweiterung der Kanäle, sodaß die Kanäle nun schizolysigen werden. Die Auflösung der Zellen erfolgt in der gleichen Weise wie ich dies für die Rutaceen beschrieben habe¹⁾. Bemerkenswert erscheint, daß aus der Membran, bevor sie sich löst, zunächst das sog. „Lignin“ verschwindet. Die Membranen der die Harzlücken umgebenden Zellen reagieren daher nicht auf Phloroglucin-Salzsäure. Die Kanäle erweitern sich schließlich so stark, daß sie von Markstrahl zu Markstrahl reichen, ja häufig werden sogar die Markstrahlen ergriffen, die Auflösung beginnt bei diesen an den keilförmigen Enden. Oft ragen, wenn der Kanal über mehrere Markstrahlen hin sich erstreckt, die Reste der Markstrahlzellen von den entgegengesetzten Seiten des Kanals in diesen hinein. In der Nähe der Wunde sind die Kanäle am größten. An den Stellen, wo der Ueberwallungswulst am dicksten ist, sind zwei Reihen von Kanälen gebildet, die aber nicht untereinander kommunizieren. Der Ueberwallungswulst liegt dem Altholz nicht fest auf, sondern es befindet sich zwischen beiden eine Spalte. In diese münden die Harzkanäle des Neuholzes und ergießen von hier aus ihren Inhalt über die Wund-

¹⁾ Harze und Harzbehälter S. 371.

fläche. Der der Rinde benachbarte Teil des Neuholzes pflegt keine Kanäle zu enthalten, zeigt aber oft Maserbildung.

Die Kanäle, welche über der Wunde liegen, stehen mit der Wundfläche durch den Spalt zwischen Ueberwallungswulst und Altholz in offener Kommunikation. Sie stehen aber auch untereinander in Verbindung. Denn, wie ein Tangentialschnitt lehrt, bilden alle Kanäle schließlich ein reich verzweigtes anastomosierendes Netz, in dem die Markstrahlen oder Markstrahlreste wie Inseln liegen. Auch die Kanäle unterhalb der Wunde münden auf die Wundfläche, aber begreiflicherweise ist hier der Balsamaustritt ein geringerer, erstlich, da unterhalb der Wunde weniger Harzbehälter liegen und ferner der Balsam hier nur dann austritt, wenn er herausgepreßt wird, während er aus dem Kanalnetz oberhalb der Wunde einfach ausfließt, der eigenen Schwere folgend. Aber auch an den Seitenrändern der Wunden kann wegen der reichen Anastomosen Balsam austreten. Er wird aber hier nur an einzelnen Stellen in Form von Tröpfchen austreten, während er von oben her als breiter Strom die Wunde überflutet und von unten her als schmaler Streifen hervorquillt. Die Beobachtung lehrt, daß dies in der Tat sich so verhält.

Auch in der Rinde, besonders im äußeren Teile derselben, finden sich Harzlücken. Dieselben stehen nicht selten durch in den Markstrahlen verlaufende Radialspalten mit den Kanälen des Neuholzes in Verbindung, und zwar mit den größten und in der Erweiterung am meisten vorgeschrittenen. Die radialen Verbindungskanäle entstehen ebenfalls zunächst durch Auseinanderweichen benachbarter Zellen, also schizogen, erweitern sich aber ebenfalls lysigen. Sie setzen sich über das Kambium hin, wo sie ziemlich schmal sind, in die Rinde fort und erreichen die sekundäre Rinde durchsetzend, die äußere Grenze derselben. Besonders hier entstehen die Rindenlücken. Diese sind meist keilförmig, mehr hoch als breit. Ihre Bildung beginnt in den Markstrahlen. Allmählich wird aber das ganze umgebende Gewebe ergriffen, sogar die mechanischen Elemente, wie ich dies schon früher beschrieben habe¹⁾. Die Bildung der Rindenlücken wird also gewissermaßen vom Holz her angeregt, wenn in diesem die Resinose weit vorgeschritten ist.

Je weiter man sich von der Wundstelle entfernt, um so seltener werden die Kanäle, und auch das Tracheidalparenchym geht allmählich durch zahlreiche Zwischenformen in normales Holz über. Diese

¹⁾ Ueber die Entwicklungsgeschichte einiger Sekretbehälter und die Genesis ihrer Sekrete. Ber. d. d. bot. Ges. 1888, S. 2; vergl. auch Wiesner, Mikroskopische Untersuchungen S. 89 und Rohstoffe 2. Aufl., S. 331.

Rückkehr zur Normale erfolgt unterhalb der Wunde rascher als oberhalb derselben.

Der Zweig, an dem sich eine „Fensterwunde“ befand, verhielt sich im großen und ganzen gleich, ebenso ein solcher, aus dem ein keilförmiges Stück herausgeschnitten worden war.

Die vorstehenden Untersuchungen wurden dann noch an Harzstücken der Droge kontrolliert, denen Gewebsreste anhängen. Man findet nämlich in der Siambenzoe des Handels, selten bei der in Tränen, fast regelmäßig bei der in Platten, anhängende, fest mit dem Harz verklebte und von Harz durchtränkte Gewebsreste. Die Tränen werden nämlich von der Wundfläche abgelöst, während die Platten offenbar aus der Rinde, und zwischen Rinde und Altholz herausgelöst werden.

Von 12 beiderseits mit Gewebsresten bedeckten Harzstücken waren 7 beiderseits mit Rinde, 2 beiderseits mit Holz und 3 einerseits mit Rinde, andererseits mit Holz bedeckt. Von 27 einseitig mit Gewebsresten bedeckten Harzstücken waren 19 mit Rinde, 8 mit Holz bedeckt. Ähnliche von mir schon früher gemachte Beobachtungen hatten mich damals zu dem Schlusse geführt¹⁾, daß die Benzoe vornehmlich in der Rinde entstehen müsse.

In allen Fällen ließ sich feststellen, daß das Harz in den Geweben gebildet war, zwischen deren Resten es lag, denn die das Harz unmittelbar umgebenden Zellen zeigten die Auflösungserscheinungen und die Reaktionen ihrer Wände, von denen oben die Rede war. Anatomisch stimmten die Gewebe ganz mit denen von *Styrax Benzoin* Dr. aus Buitenzorg überein. Um das sehr brüchige Gewebe schneidbar zu machen, wurden die mit Aether-Alkohol entharzten Stücke an der Wasserstrahlpumpe mit verdünntem Glycerin imbibiert.

Die Untersuchung des Drogenmaterials ergab vollständige Uebereinstimmung mit den oben beschriebenen Untersuchungen in Buitenzorg verwundeter Zweige, sodaß, da die Droge aus Siam, das Buitenzorger Material aber von aus Sumatra stammenden Pflanzen herrührte, nunmehr erwiesen ist, daß die Bildung der Siam- und der Sumatrabenzoe in gleicher Weise vor sich geht.

Canarium commune L. In der primären Rinde der Zweige liegen in Ausbuchtungen von Bastzellgruppen große schizogene Sekretbehälter, kleinere in der sekundären Rinde. Gleichgebaute Harzgänge finden sich auch im Siebteil der markständigen Bündel. Die Kanäle sind hier und da lysigen erweitert. Das Holz enthält keine Sekretbehälter.

¹⁾ Ber. d. d. bot. Ges. 1888, S. 10.

Von einem ca. 6 cm dicken Zweige war ein ca. 5 cm breiter Rindenstreifen entfernt worden. Das Zweigstück wurde 112 Tage nach der Verwundung abgeschnitten. Oberhalb der Wunde hatte sich ein fast zentimeterdicker sehr regelmäßiger Ueberwallungswulst gebildet. Unter dem Ueberwallungswulst war Harzfluß zu bemerken. Unterhalb der Wunde war der Ueberwallungswulst kleiner, der Harzfluß geringer.

Im inneren Teile des nach der Verwundung gebildeten Neuholzes lag ein einfacher Kreis von Sekretbehältern, eingebettet in eine breite Parenchymzone, deren Zellen fast reinen Parenchymcharakter besaßen und kaum zum Tracheidalparenchym gerechnet werden können. Die Zone war etwa 12 Zellen breit. Nach außen ging sie in fast normales Holz über, doch waren die Elemente dieses Neuholzes durchweg kürzer.

Die Sekretbehälter werden schizogen angelegt und erweitern sich lysischen zu oft beträchtlichen Lücken. Sie bilden auch hier ein anastomosierendes Netz und münden in den Spalt zwischen Ueberwallungswulst und Altholz.

Die Rinde zeigte keine Veränderungen, selbst die Sekretbehälter waren unverändert geblieben, neue nicht angelegt.

Im Ueberwallungswulst des Holzes war Maserbildung zu bemerken.

Auch hier bei *Canarium* zeigte es sich, daß der Wundreiz sich viel stärker in der oberhalb der Wunde liegenden Partie bemerkbar macht, als in der unterhalb derselben liegenden. Die Kanäle verschwinden früher, bleiben kleiner und ihre Zahl ist geringer, das Neuholz weicht in seinem Bau weniger vom Altholz ab, der Ueberwallungswulst zeigt schwächere Maserbildung.

Ein Zweigstück war durch „Anschwellen“ verwundet. Die Rinde war außen rissig und verkohlt, aber an keiner Stelle vom Aste abgelöst. Harzfluß war nicht eingetreten. Unter der geschwellten Rindenstelle war das Holz dunkel gefärbt, das Kambium war abgestorben. Das Neuholz zeigte wenig Abnormes, Kanäle waren nicht gebildet. Doch zeigten die Gefäße des Neuholzes sowie auch des benachbarten Altholzes Thyllenverschluß, der bei *Canarium* überhaupt den sonst so verbreiteten Gummiverschluß ersetzt. Nur in der unmittelbaren Nähe der Wunde fand sich Tracheidalparenchym.

Auch bei einer Kerbschnittwunde wurden keine Harzkanäle im Neuholz gefunden, obwohl auch hier Tracheidalparenchym auftrat. Doch waren „Harzgallen“ in verschiedenen Entwicklungsstadien zu bemerken. Dieselben zeigten ganz die gleiche Entwicklungsgeschichte und das gleiche Verhalten wie die Harzgallen von *Pinus*¹⁾.

Aus vorstehend skizzierten Verhalten ergibt sich, daß bei *Canarium commune* nur bei großen Wunden Harzfluß eintritt.

¹⁾ Harze und Harzbehälter S. 393.

Shorrea stenoptera Burck. Schizogene Sekretbehälter finden sich im Mark und im Zentrum der Blattspurstränge, sowie bei älteren Zweigen auch im Holzkörper und zwar in den Holzparenchymbändern.

Die verwundeten Stücke zeigten „Fensterwunden“, Kerb- und Schwelwunden. Die Zweige waren 110 Tage nach der Verwundung geschnitten worden.

Die Fensterwunde war ca. 20 qcm groß. Rings um dieselbe hatten sich Ueberwallungswülste gebildet. Am stärksten war der obere Wulst, geringer die Seitenwülste, am geringsten der Basalwulst. Harzfluß war reichlich, besonders oben eingetreten.

In der Nähe der Wunde war im Neuholz Tracheidalparenchym und in demselben eine Reihe Harzbehälter gebildet, die um so kleiner waren, je weiter sie von der Wunde entfernt lagen. In der Wundnähe waren sie groß und lysigen erweitert. Auch das Tracheidalparenchym wird allmählich schmaler, wenn man sich von der Wunde entfernt. Oberhalb der Wunde sind noch 4 cm von der Wundstelle entfernt Harzkanäle um $\frac{3}{4}$ des Zweigumfanges nachzuweisen, im letzten, der Wunde abgekehrten Viertel fehlen sie. Unterhalb der Wunde findet man sie fast nur noch an der der Wundstelle entsprechenden Partie des Zweigquerschnittes.

Auch die Wundfläche zeigte einige Harztröpfchen. Dieselben entstammten horizontalstreichenden, zu den Blattspuren führenden Radialkanälen, waren also primärer Harzfluß. Die Kanäle, welche diese Tröpfchen geliefert hatten, waren durch Thyllen verschlossen, die durch Auswachsen von Sezernierungszellen zu stande kommen, wie ich dies schon früher bei *Balsamea Myrrha* beschrieben habe¹⁾.

Im Altholz tritt reichlich Thyllenbildung in den Gefäßen ein. Die Rinde zeigt keine Veränderung.

Bei kleineren Wunden wurden im Wundholze keine Sekretbehälter gebildet. Auch bei einer Schwelung, bei der die Rinde erhalten blieb, waren solche nicht zu bemerken, wohl aber Tracheidalparenchym und kurze, abnorme Holzelemente.

Toluifera Pereirae Baillon und *T. Balsamum* L. Der anatomische Bau der Achsenorgane dieser beiden Pflanzen stimmt vollständig überein. Bei jungen Zweigen finden sich kleine schizogene Sekretbehälter in der primären Rinde. Aber schon bei einem 6 mm dicken Zweige sind dieselben gewöhnlich samt der primären Rinde durch Borkebildung abgestoßen²⁾. Doch kommt es auch vor, daß sie

¹⁾ Angewandte Pflanzenanatomie S. 481, Fig. 565.

²⁾ Harze und Harzbehälter S. 396.

noch bei 4 cm dicken Aesten erhalten sind. In der sekundären Rinde, im Holz und Mark fehlen die Sekretbehälter ganz. Daß der Balsam ein rein pathologisches Produkt sein muß, habe ich schon früher auf Grund chemischer und mikroskopischer Untersuchungen hervorgehoben¹⁾.

Leider lagen von diesem Material nur Stücke vor, die verhältnismäßig kleine Wunden (Ringelung, Kerbschnitt, Kreuzschnitt) erhalten hatten. Bei keinem derselben war Bildung von Kanälen im Wundholz und dementsprechend Harzfluß zu beobachten. Keines der Stücke war geschwellt worden. Und so läßt sich leider nicht sagen, ob Toluifera dem Gesetze folgt. Ich zweifle übrigens nicht daran, daß auch hier die Verhältnisse ähnlich liegen werden, wenn große Wunden (ähnlich wie bei der Tolubalsamgewinnung) hergestellt, oder gar kräftiges Schwelen angewandt und tiefgreifende Verletzungen (wie bei der Perubalsamgewinnung) angebracht werden. Denn bei kleinen Wunden sehen wir ja auch bei Canarium und Shorrea die Kanalbildung unterbleiben.

Liquidambar orientalis und *styraciflua*. Beide Pflanzen zeigen im Bau des Stammes keine Unterschiede. Sie führen nur im Mark schizogene Harzkanäle²⁾.

Das untersuchte Material verdanken wir Herrn Prof. Moeller. Wir suchten namentlich noch einige ergänzende Fragen zu lösen, da bereits von Moeller die Grundfrage dahin beantwortet worden war, daß bei Verletzungen pathologische Harzkanäle im Neuholz entstehen. Wir haben besonders den von Moeller unbeantwortet gelassenen Fragen: Wie entstehen und erweitern sich die Kanäle? — wie ergießt sich der Balsam über die Wundfläche? — und stehen die Kanäle in Kommunikation unter einander? — unsere Aufmerksamkeit geschenkt.

Von *Liquidambar styraciflua* lagen Stücke vor, die von dem verwundeten Stamme in der nächsten Nähe der „Gürtelung“ losgelöst waren und deutlichen Harzfluß zeigten.

Von *Liquidambar orientalis* lag ein Zweigstück von 4 cm Durchmesser vor mit einer 4:3 cm messenden Fensterwunde. Am oberen Teile der Wunde war ein Ueberwallungswulst gebildet. Unterhalb desselben war Harzfluß zu bemerken.

Liquidambar styraciflua. Hier führt der Wundreiz zu sehr ausgiebiger Harzkanalbildung. In der Nähe der Wunde lagen im Neuholz drei konzentrische Reihen von Harzkanälen. Am entgegengesetzten Ende war aber nur eine zu sehen. Die Kanäle entstehen

¹⁾ Tschirch und Trog, Studien über den Perubalsam und seine Entstehung. Arch. d. Pharm. 1894, S. 93.

²⁾ Vergl. auch Moeller a. a. O.

auch hier in einer schmalen Zone von Tracheidalparenchym, wie dies bereits Moeller beschreibt. Die Kanäle zeigten sehr schön die „resinogene Schicht“¹⁾, die leicht identifiziert werden konnte, auch noch schön zum Quellen und Kontrahieren gebracht werden konnte. Auch die lysigene Erweiterung ist hier sehr gut zu verfolgen. Sie erfolgt etwa in der Weise wie bei den Anacardiaceen²⁾ und beginnt mit einem Vakuoligwerden des Zellinhaltes und einer Verschleimung der Zwischenwand, die zur Herauslösung der Zellen führt. Uebrigens werden bei der lysigenen Erweiterung schließlich auch die Markstrahlen ergriffen und zwar zunächst meist an ihren Enden, bisweilen aber auch an den Seiten. Auch hier wird der Zellinhalt zunächst vakuolig. Schließlich ragen die Reste der Markstrahlen in die Harzlücke zapfenartig hinein. An guten Tangentialschnitten durch die kanalführende Zone läßt sich auch leicht die von Moeller als fraglich hingestellte Kommunikation der Harzkanäle feststellen. Sie bilden ein reichanastomosierendes Netz, wie dies von uns auch für die übrigen Pflanzen mit Harzfluß nachgewiesen war.

Ob die Rinde sich, etwa in der Weise wie bei *Styrax Benzoin*, in späteren Stadien der Entwicklung an der Harzproduktion beteiligt, ließ sich an dem Materiale, das zu früh vom Stamme gelöst war, nicht entscheiden. Durch mechanisches Zerreißen des Rindengewebes gelangt bisweilen etwas Balsam aus der Harzkanalschicht an die Oberfläche der Rinde, Kanäle waren aber nicht zu beobachten. Doch deuten Moellers Beobachtungen an Drogenmaterial darauf, daß auch hier radial verlaufende Verbindungen der Harzkanalschicht mit der Rinde und in dieser Harzlücken vorkommen können. Dieselben treten aber offenbar erst in späteren Stadien auf.

Der Erguß des Balsams über die Wundfläche erfolgt ganz wie bei *Styrax Benzoin*. Das Kanalsystem steht mit der Spalte zwischen Ueberwallungswulst und Altholz in offener Kommunikation.

Liquidambar orientalis. Von dieser Pflanze lag nur Material in jüngeren Entwicklungsstadien vor. Die Verhältnisse lagen genau so wie bei *L. styraciflua*, nur waren die Zellen des Neuholzes kleiner und auch die Harzkanäle zeigten einen geringeren Durchmesser.

Somit ist nunmehr erwiesen, daß es ein einheitliches Gesetz für den Harzfluß gibt, welches sowohl für die Gymnospermen wie die Angiospermen gilt. Der primäre Harzfluß ist scharf von dem sekundären, dem eigentlichen Harzfluß, zu

¹⁾ Harze und Harzbehälter, S. 359.

²⁾ Harze und Harzbehälter, S. 372.

trennen. Er ist nie ergiebig, und erfolgt stets unmittelbar nach der Verletzung. Er stellt den Harzaustritt aus den normalen Kanälen dar, die bei jeder Verletzung, die ihre Wand trifft, ihren Inhalt ausfließen lassen. Nur verhältnismäßig wenige Harzsekrete sind Produkte des primären Harzflusses, z. B. Mastix, Sandarac, Straßburger Terpentin. Er wird stets ganz unterbleiben bei Pflanzen, die keine Sekretbehälter enthalten, z. B. *Styrax Benzoin*, und bei den anderen abhängig sein von der Zahl der vorhandenen und der durch den Schnitt getroffenen Kanäle, sowie auch von ihrem Durchmesser und ihrer Länge. Viel ergiebiger ist der sekundäre Harzfluß. Für diesen allein muß das Wort Harzfluß reserviert werden, denn nur hier handelt es sich um einen „Fluß“, um ein andauerndes Fließen. Er setzt erst einige Zeit nach der Verletzung ein und ist in seiner Ergiebigkeit im allgemeinen abhängig von der Größe der Wunde. Infolge des Wundreizes entsteht ein pathologisches Neuholz und in diesem bilden sich schizolysigene Harzkanäle, oft in sehr großer Zahl in einer oder mehreren konzentrischen Reihen. Diese meist in einer Zone von pathologischem Tracheidparenchym gebildeten Kanäle entstehen auch bei den Pflanzen, die sonst im Holze keine Harzkanäle (*Abies Liquidambar*), ja sogar bei denen die überhaupt keine Sekretbehälter enthalten (*Styrax Benzoin*). Wo Harzkanäle vorhanden sind, beteiligen sich dieselben nicht am Harzfluß. Die pathologischen Kanäle bilden ein meist reich verzweigtes anastomosierendes Netz, das in offener Kommunikation steht mit dem Spalte zwischen Ueberwallungswulst und Altholz.

Der Wundreiz äußert seine Wirkung nur ein Stück weit, welches Stück wohl bei den einzelnen Pflanzen verschieden ist. Jedenfalls reicht die Wirkung des Wundreizes einige Zentimeter. Außerhalb der Zone des Wundreizes werden keine pathologischen Kanäle und schließlich auch kein Tracheidparenchym gebildet. Das Neuholz zeigt normale Beschaffenheit. Der Wundreiz äußert seine Wirkung stärker oberhalb der Wunde wie unterhalb und an den Seiten. Oberhalb der Wunde ist die Bildung von pathologischem, Harzkanäle führendem Neuholz viel weiter hinauf zu verfolgen, wie z. B. nach unten. Oft zeigt die der Wunde abgekehrte Seite des Stammquerschnittes gar keine Kanäle mehr. Die Rinde beteiligt sich nur selten, und nur bei einigen Pflanzen in vorgerückteren Stadien des Harzflusses, an der pathologischen Harzproduktion. Für gewöhnlich deckt das pathologische Neuholz den ganzen Bedarf.

Da der Harzfluß Folge eines Wundreizes ist, so wird er vermehrt werden können, wenn die Verwundungen wiederholt werden, also ein neuer Reiz geschaffen wird. Eine solche Wiederholung an der gleichen

Stelle wird zudem die etwa verstopften Kanalmündungen von neuem öffnen. Deshalb darf das in dem Departement des Landes geübte Harzungsverfahren der Seestrandskiefer und das in Amerika übliche an *Pinus palustris*, bei denen die Wunde nach oben hin vergrößert, also über Jahre hinaus offen gehalten wird, als besonders rationell bezeichnet werden. Trifft man irgendwo an normalem Holz Reihen von Harzkanälen, an Stellen wo sonst normalerweise keine Kanäle liegen, so kann man mit Sicherheit darauf schließen, daß in der Nähe dieser Stelle eine Wunde liegt oder lag.

Daß der ausfließende Harzbalsam physiologisch betrachtet als „Wundbalsam“ bezeichnet werden muß, unterliegt keinem Zweifel. Er stellt eine Form des Wundverschlusses dar. Ebenso ist der Vergleich des Wundbalsams mit dem Eiter zutreffend, wie denn überhaupt auch die Art der Wundheilung bei Tieren und Pflanzen manches Uebereinstimmende zeigt.

Zum Schlusse noch einige Worte über die Stammpflanzen einiger der behandelten Harzprodukte. Wir begegnen hier drei Paaren.

1. Die Stammpflanze der Siambenzoe, angeblich *Styrax Benzoin* Dr. oder eine verwandte Art;
die Stammpflanze der Sumatrabenzoe, sicher *St. Benzoin* Dr.
2. Die Stammpflanze des Perubalsams, *Toluifera Pereirae* (Klotzsch) Baillon;
die Stammpflanze des Tolubalsams, *T. Balsamum* L.
3. Die Stammpflanze des orientalischen *Styrax*, *Liquidambar orientalis* Miller;
die Stammpflanze des amerikanischen Sweet gum., *L. styraciflua* L.

Durchmustert man die Literatur, so findet man, daß die Unterscheidung der beiden zu einem Paare gehörigen Pflanzen auf ziemlich schwachen Füßen steht¹⁾, und daß einige Autoren sie zusammenziehen.

¹⁾ So bemerkt Schumann in Berg-Schmidt's Atlas der offizinellen Pflanzen: „Nach einem äußeren Merkmale ist der orientalische Storaxbaum von dem amerikanischen (*Liquidambar styraciflua*) zuweilen nur sehr schwer zu unterscheiden“, und über den Peru- und Tolubalsambaum: „Wenn es auch keine Schwierigkeiten macht, den Peru- und Tolubalsambaum zu unterscheiden nach den typischen Exemplaren . . . so wird es in gewissen Fällen keineswegs leicht sein ein Urteil über getrocknete Exemplare abzugeben. Baillon hat deswegen auch beide Arten vereinigt, indem er *Toluifera Pereirae* als Varietät des Tolubalsambaumes betrachtet“. „Die Verschiedenheit der Balsame spricht doch auch sehr stark für die Wahrung der spezifischen

Als Hauptgrund für die Trennung der Arten wird stets die Verschiedenheit der Harzprodukte angegeben. Ich habe bekanntlich in letzter Zeit Untersuchungen über diese Harzprodukte angestellt und gefunden, daß diese Verschiedenheit eine geringe ist. Am größten ist sie bei der Siam- und Sumatra-Benzoe¹⁾, von denen die erstere nur Benzoessäure, die zweite neben Benzoessäure auch Zimmtsäure produziert, auch die Tannole weichen von einander ab, und einige der aromatischen Ester der Sumatrabenzoe fehlen der Siambenzoe oder sind in geringerer Menge darin enthalten. Viel größer ist schon die Uebereinstimmung zwischen dem orientalischen *Styrax* und dem Sweet gum.²⁾, die nur im Resinol etwas differieren, und zwischen Tolu- und Perubalsam³⁾ besteht überhaupt, was die Bestandteile betrifft mit einziger Ausnahme des Tannols, gar kein Unterschied, nur die relativen Mengenverhältnisse differieren. Aber selbst wenn die Harzprodukte viel stärker differierten, scheint mir darin noch kein Grund zu liegen die Pflanzen deshalb botanisch zu trennen.

Ich glaube man hat einer im Pflanzenreiche vielleicht weit verbreiteten Erscheinung bisher nicht die genügende Aufmerksamkeit gewidmet; ich meine den Begriff der physiologischen Varietät. Daß *Cannabis indica* im botanischen Sinne nicht spezifisch verschieden ist von *Cannabis sativa* ist eine ausgemachte Sache, und doch liefern sie beide chemisch verschiedene Produkte. Sollte nun nicht das Gleiche auch bei den oben erwähnten Pflanzen der Fall sein?

Ich stelle die Frage zur Diskussion ob nicht der Baum der Siambenzoe nur eine physiologische Varietät des Baumes ist, der die Sumatrabenzoe liefert, der Perubalsambaum nur eine physiologische

Differenz. Sollte sich indes herausstellen, daß das Produkt seine andere Natur nur der Verschiedenheit in der Gewinnung verdankt, so würde der Gedanke an eine Verbindung beider Arten mehr Gewicht erhalten.“ Die Stammpflanze der Siambenzoe ist nach Erkundigungen, die ich in Siam einzog (bei dem Direktor des siamesischen Museums in Bangkok, Dr. Haase), *Styrax Benzoin Dryander*. Die Sumatrabenzoe wird, wie ich in Indien feststellte, sicher von *Styrax Benzoin* gesammelt. Die aus der Siambenzoe ausgelesenen Pflanzenreste stimmten mit den korrespondierenden von *Styrax Benzoin* überein.

¹⁾ Tschirch und Lüdy, Studien über die Sumatrabenzoe, Arch. d. Pharm. 1893, S. 43, und Studien über die Siambenzoe, ebenda S. 461.

²⁾ Tschirch und van Itallie, Ueber den orientalischen *Styrax*, Arch. d. Pharm. 1901, S. 506 und über den amerikanischen *Styrax*, ebenda S. 532.

³⁾ Tschirch und Trog, Studien über den Perubalsam und seine Entstehung, Arch. d. Pharm. 1894, S. 70. Tschirch und Oberländer, Ueber den Tolubalsam, Arch. d. Pharm. 1894, S. 559.

Varietät des Tolubalsambaumes, und Liquidambar styraciflua nur eine solche von *L. orientalis*.

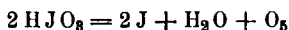
Gewisse Differenzen in den Harzprodukten mögen übrigens auch auf die verschiedene Art der Gewinnung zurückzuführen sein, denn es ist natürlich nicht gleichgültig ob ein Baum stark oder schwach verwundet, ob er nur durch Einschnitte verletzt (Tolubalsambaum), oder geklopft und geschwelt wird (Perubalsambaum). Ob chemische Unterschiede zwischen den nach verschiedener Methode von der gleichen Art gewonnenen Harzprodukten wirklich bestehen, werde ich durch Versuche zu ermitteln suchen.

Ueber die Jodsäure als jodoxydimetrisches Reagens.

Von E. Rupp.

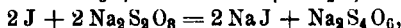
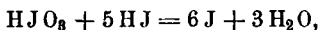
(Eingegangen den 22. II. 1905.)

Die Jodsäure ist nach den Untersuchungen von Ditte¹⁾ ein energisches Oxydationsmittel, welches im Sinne der Gleichung



unter Abspaltung von freiem Jod fast seinen gesamten Sauerstoffinhalt zu verausgaben vermag.

Es sollte darum dieses Präparat, welches titrimetrisch außerordentlich scharf bestimmbar ist,



als jodoxydimetrisches Agens höchst brauchbar erscheinen, umso mehr als die oxydative Wirkung durch die Anwendbarkeit erhöhter Temperaturen einer erheblichen Steigerung fähig sein mußte, während die indirekte Oxydimetrie mit Jod nur äußerst eng begrenzte Temperatursteigerungen zuläßt.

Die Jodsäure wurde in diesem Sinne erstmals von Schwicker²⁾ verwendet, der die Erfahrung machte, daß selbige „fast nur zur Bestimmung der schwefligen Säure zu gebrauchen ist“.

Dieses Resultat ist ein sehr überraschendes. Ich versuchte daher in Gemeinschaft mit Herrn Hartmann die Gründe zu ermitteln, welche die Verwertbarkeit dieses Oxydationsmittels für die Titrimetrie so außerordentlich beschränken. Da die oxydimetrischen Bestimmungen

¹⁾ Liebig's Ann. 156, 336.

²⁾ Chem.-Ztg. 15, 845.