

45. W. Ruhland: Zur Physiologie der Gummibildung bei den Amygdaleen.

Mit drei Abbildungen im Text.

Eingegangen am 24. Juni 1907.

Im Nachstehenden soll über einen Teil der mehrjährigen, umfassenden Studien berichtet werden, welche der Verfasser in der Kaiserlichen Biologischen Anstalt zu Dahlem zum grossen Teil gemeinsam mit dem inzwischen verstorbenen R. ADERHOLD dem bisher so wenig geklärten Problem der Gummibildung gewidmet hat. Das Gesamtergebnis dieser Studien, welche sich sowohl auf die entwicklungsgeschichtlich - anatomische wie auf die physiologische (Excretionsvorgang, Rolle der Mikroorganismen, Mitwirkung von Enzymen usw.) Seite der Frage erstreckten, soll später in den „Arbeiten aus der Kaiserl. Biolog. Anstalt“ niedergelegt werden; an dieser Stelle möchte ich nur die Vorstellungen über die Entstehung des Gummis auseinandersetzen, zu denen wir gelangt sind, sowie die morphologischen Tatsachen und experimentellen Belege, welche nach unserer Auffassung diese Theorie stützen.

In jüngster Zeit haben BELJERINCK und RANT¹⁾ eine Erklärung der Erscheinung des sog. Gummiflusses zu geben versucht. Nach ihrer Auffassung beruht sie in einer durch Wundreiz verursachten anomalen Entwicklung des embryonalen Holzgewebes, die schliesslich zur „Verflüssigung“ desselben führt. Die Verflüssigung wird herbeigeführt durch einen cytolytischen Körper, wie solche auch im normalen Leben der Pflanze, nämlich bei der Tracheënbildung eine Rolle spielen. Cytolytische Substanzen werden von nekrobiotischen Zellen, wie man sie in der Umgebung der Wunden findet, vielleicht in besonders grosser Menge, abgeschieden. Nekrobiotische Zellen sind gekennzeichnet dadurch, dass ihr Plasma getötet ist, die Enzyme aber noch wirksam sind. Alle Ursachen, welche zur Nekrobiose führen, veranlassen Gummifluss, und zwar um so heftiger, je umfangreicher die nekrobiotischen Prozesse sind. Aus diesem Grunde soll z. B. das heftig wirkende Quecksilberchlorid selbst dort noch Gummaausfluss zu stande bringen, wo er ohne ein so heftig wirkendes Agens ausbleibt. *Coryneum* und andere Para-

1) „Wundreiz, Parasitismus und Gummifluss bei den Amygdaleen“ (Centraltbl. f. Bakteriol., II. Abt. Bd. XV, p. 366 ff.).

siten führen Gummibildung herbei, weil sie ein Gift ausscheiden, das zur Nekrobiose von Zellen führt. Saprophyten, wie *Dematium pullulans* oder *Phyllosticta Persicae* verstärken unter Umständen die Gummibildung, weil sie durch Sauerstoffentziehung den Tod einzelner an die Wundgrenze stossender Zellen und damit nekrobiotische Prozesse herbeiführen; andere sind belanglos.

Das Wesentlichste in dieser Theorie liegt darin, dass die Gummifizierung in Beziehung gebracht wird zu einem Vorgange in der normalen Pflanze: der Lösung gewisser Zellenteile bei der Gefässbildung. In der vorläufigen Mitteilung, welche BEIJERINCK und RANT über den Gegenstand gebracht haben und in der Dissertation RANT's, führen sie zugunsten der Analogie beider Prozesse, soweit ich sehe, nur an: 1. dass das bei der Gefäss- und Tracheidenbildung durch die cytolytischen Substanzen gebildete „physiologische“ Gummi¹⁾ zwar gewöhnlich gänzlich resorbiert wird, dass es aber unter Umständen als solches selbst in der Höhlung der erwachsenen Gefässe nachweisbar ist und 2. dass Gummifluss wirklich bedeutungsvoll nur im sekundären Jungholze auftritt, wo auch normalerweise die Cytolyse am ausgiebigsten ist.

Es muss zugegeben werden, dass dieser Kernpunkt der BEIJERINCK-RANT'schen Theorie viel Bestechendes hat. Er ist indessen doch nur ein Bestandteil einer Theorie. Die Autoren selbst sagen, dass Gummifluss „wirklich bedeutungsvoll“ nur im sekundären Jungholze auftritt; offenbar deshalb, weil ihnen nicht unbekannt ist, dass gelegentlich auch Gummi in Samen, an der Frucht, am Blatt und endlich, worauf ich das Hauptgewicht legen möchte, im Phellogen auftritt. Kann man auch zugeben, dass in den erstgenannten Organen cytolytische Körper bei den Vorgängen im Endosperm, der Gefässbildung in den Leitsträngen (von deren Cambium, nebenbei bemerkt, in diesen Organen der Gummifizierungsprozess stets seinen Ausgang nimmt) eine Rolle spielen, so scheint mir dies doch nicht ohne Zuhilfenahme neuer Theorien hinsichtlich der Gummibildung im Phellogen der Fall zu sein. Diese ist aber unter Umständen bei *Prunus Cerasus* recht bedeutend. Ich habe an drei- bis fünfjährigen Ästen oder auch an Stammstümpfen junger Bäume Gummidrusen im jüngsten Phellogen gefunden, die in anatomischer Hinsicht ganz typisch waren und schätzungsweise bis zu 1 *ccm* Gummi enthielten. Ich kann mit dieser Tatsache die Vor-

1) Die Unterscheidung zwischen „pathologischem“ und „physiologischem“ Gummi rührt nach WILL's Angabe („Beiträge zur Kenntnis von Kern- und Wundholz“, Inaug. Diss. Bern, 1899, p. 52) von TSCHIRSCH („Angewandte Pflanzenanatomie I, 1889, S. 208—212 her. Danach ist das Gummi des Wundholzes physiologisches Gummi, welches ohne regressive Metamorphose oder Desorganisation der Zellmembranen zustande kommt.

stellung, dass Gummifizierungsprozesse sich gerade dort abspielen, wo im normalen Leben cytolytische Vorgänge Platz greifen und dass sie nur eine durch Wundreiz gesteigerte Form eines normalen Vorganges seien, nicht vereinbaren. Vielmehr dürfte es sich, wie sogleich auszuführen sein wird, bei der gummösen Auflösung um eine allgemeine Eigenschaft embryonaler Zellen handeln, die aber im normalen Leben nicht zur Auslösung kommt, sondern erst auf einen äusseren Anstoss hin (vgl. weiter unten).

Den zweiten wesentlichen Bestandteil der BELJERINCK-RANT'schen Theorie erblicke ich in der Rolle, welche den nekrobiotischen Zellen zugeschrieben wird. Die Möglichkeit der Existenz solcher Zellen, welche durch die Verwundung abgestorbenes Plasma, aber noch wirksame Enzyme enthalten, muss unbedingt zugestanden werden. So arbeitete in letzter Zeit z. B. PALLADIN¹⁾ vielfach mit Pflanzen, die er durch Gefrieren zuvor ganz abtötete, um die Tätigkeit ihrer Atmungsenzyme studieren zu können. Schliesslich hat BEULAYGUE²⁾ jüngst in den Chemismus nekrobiotischer Zellen einzudringen versucht.

Es fragt sich nun, ob bei dem Auftreten von Gummi immer von nekrobiotischen Zellen die Rede sein kann? Dies ist aber mit Entschiedenheit zu verneinen, und zwar gerade für einen Fall, der nach der BELJERINCK-RANT'schen Theorie für diese besonders beweiskräftig sein soll. In ihr wird (p. 369), wie bereits erwähnt, ausgeführt, „dass es sich dabei um eine Beeinflussung der lebenden cambialen Gewebe durch die absterbenden nekrobiotischen Zellen handelt. Es konnte deshalb erwartet werden, dass starke Gifte, in das Cambium eingeführt, auf eine ähnliche, vielleicht jedoch kräftigere Weise um sich her greifen würden, wie eine blosser Verwundung, weil das Gift bei der Diffusion mehrere Zellen hinter einander zum Absterben bringen kann, als eine einfachere Verwundung.“ Als Gift verwendeten die Verfasser Sublimat und erreichten hierdurch intensiveren Gummiausfluss als bei einfachen Stichwunden und überdies auch zu einer Jahreszeit, in der dies sonst kaum überhaupt zu erreichen ist. Im Gegensatz zu den Verfassern, die hierin eine der Heftigkeit des Giftes entsprechende, besonders weitgehende nekrobiotische Wirkung erblicken, möchte ich betonen, dass hier von einer Nekrobiose, einem „Aktivbleiben der enzymartigen Körper nach Tötung des Protoplasmas“ (p. 371) keine Rede sein kann, da Sublimat zu jenen Schwermetallsalzen gehört, die schon bei geringster Dosis jede Enzymwirkung zerstören.

1) Vgl. Berichte der Deutschen botan. Gesellschaft, Band XXIV und XXV.

2) „Recherches sur la nécrobiose végétale.“ Thèse présentée à la faculté des sciences de Paris. Corbeil 1905, 8°.

Umgekehrt kann man auch gegen die BEIJERINCK-RANT'sche Theorie geltend machen, dass nicht im Gefolge aller Vorgänge, die aller Wahrscheinlichkeit nach zur Bildung nekrobiotischer Zellen führen, Gummifluss eintritt. Wir haben z. B. oft beobachtet, dass durch künstlich erzeugten Frost erfrorene, sonst aber unverletzte oder seltener mittelst heisser Eisen verbrühte Stammstellen von *Prunus Cerasus* keine Gummilücken ergaben, obschon die Versuche zu günstiger Jahreszeit ausgeführt wurden.

Um nunmehr zugleich zur Darlegung der nach unserer Auffassung zur Gummibildung führenden Momente übergehen zu können, weise ich schliesslich noch auf einen Punkt hin, der mit der BEIJERINCK-RANT'schen Theorie nicht recht verständlich erscheint,

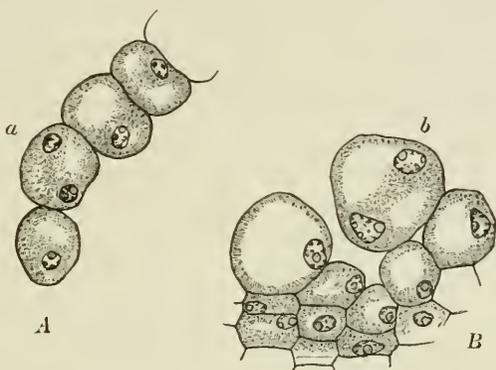


Fig. 1. Schnitte durch das gummibildende Gewebe (fixiert mit Chromessigsäure, gefärbt mit Safranin-Gentianaviolett-Orange G.). A. Ein confervenartiger Zellfaden. B. Eine junge Gummilücke. Bei a und b je eine zweikernige Zelle.

von den Autoren aber nicht berührt wird. Er betrifft die Entwicklung eines Gummihernes oder Gummikanals, wie BEIJERINCK und RANT sagen. Es ist schon von vielen Autoren hervorgehoben und von ADERHOLD und MIKOSCH genau beschrieben worden, dass ein Gummikanal aus dem Verfall eines abnormen Gewebekomplexes hervorgeht. In einem eben entstehenden Gummikanale findet man ein lockeres, gegenüber der Umgebung relativ grosszelliges, inhaltsarmes und daher durchsichtiges, parenchymatisches Gewebe. Dasselbe hat die umgebenden Gewebeschichten keineswegs zusammengedrückt, um für seine grossen Zellen Platz zu schaffen, sondern diese füllen den ihnen von der Umgebung gegönnten Raum nicht einmal aus und haben deshalb interzelluläre Hohlräume bilden müssen. Man kommt daher zu dem Eindruck, dass die krankhaft affizierten Zellen das weitere Teilungsvermögen verloren haben. In der Tat habe ich an entsprechend gefärbten Schnitten durch Material, das mit Chrom-

essigsäure fixiert und in Paraffin eingebettet worden war, in den betreffenden Partien niemals karyokinetische Vorgänge nachweisen können. Noch bezeichnender ist die Tatsache, dass ich hierbei mehrfach blasenartig vergrösserte Zellen auffand, welche zwei völlig ausgebildete Kerne enthielten, ohne dass aber zwischen ihnen eine trennende Zellwand gebildet worden wäre. (Vgl. Fig. 1.) Die so auffälligen konfervenartigen Zellfäden, welche man öfter in den grösseren Gummikanälen findet und die, wie BEIJERINCK und RANT hervorheben, vielfach ihren Ursprung von den dem Gummifizierungsprozess gegenüber widerstandsfähigeren Markstrahlen nehmen, kommen, wie das Studium der Kerne zeigt, dadurch zustande, dass eine nicht kranke, an der Basis des Fadens liegende Zelle sich wiederholt teilt, die entstehenden Tochterzellen aber nur noch sich vergrössern, ohne sich zu teilen. Es ergibt sich somit die wichtige Tatsache, dass eine embryonale Zelle dadurch den in ihr beginnenden Gummifikationsprozess anzeigt, dass die weitere Zellteilung unterbleibt, die Raumvergrösserung der Zellen aber wohl noch mehr oder minder fort-dauert, während die eigentlich zur Querwandbildung bestimmten Kohlenhydrate in Gummisubstanzen übergehen, wie weiter unten näher auszuführen sein wird.

Diese Vorgänge scheinen mir nicht auf Zellstoff lösende Körper, die aus nekrobiotischen Zellen in das embryonale Gewebe hineindiffundieren, zu deuten, sondern vielmehr darauf, dass durch einen von aussen kommenden Einfluss, der natürlich mit der Verwundung im Zusammenhange stehen muss, der normale Wandbildungsvorgang in den embryonalen Zellen gehemmt wird. Das Nächstliegende scheint mir, hierbei an den atmosphärischen Sauerstoff zu denken, welcher durch die Verwundung Zutritt zum embryonalen Gewebe erhält, welches ihm sonst absolut verschlossen ist. Hierauf wird sogleich näher einzugehen sein; vorerst sei der Deutlichkeit halber unsere Theorie nochmals kurz gekennzeichnet:

Werden durch eine Verwundung der Pflanze embryonale Gewebe (gleichgültig, wo diese liegen), dem Einflusse des Sauerstoffs der Luft zugänglich gemacht, so bewirkt derselbe, dass die eigentlich zur Querwandbildung bestimmten Kohlenhydrate in das sauerstoffreichere Gummi übergehen. Die betreffenden Zellen stellen somit ihre weitere Teilung ein. Das Verhältnis von Parasiten und Saprophyten zum Gummi-floss, das BEIJERINCK und RANT klarzustellen versucht haben, erklärt sich so, dass diese Organismen durch Schaffung und Vergrösserung von Rissen, Wund- oder toten Flächen, Verhinderung der Überwallung und Verheilung von Wunden usw. dem Sauerstoff Zutritt ermöglichen.

Sehr nahe liegt nun der Einwand, der einen weiteren wichtigen Punkt berührt, weshalb bei solcher Sachlage nicht auch in den embryonalen Markstrahlzellen und dem embryonalen Gewebe der Vegetationspunkte sich regelmässig Gummi bildet, wie in den interradialen Kambialpartien? Der Grund hierfür liegt offenbar darin, dass sich die ersteren dem Sauerstoffe gegenüber anders verhalten als diese. Überträgt man Schnitte durch solche Gewebe führende Organe in Kaliumbichromat- oder Ferrichloridlösung, so färben sich die Markstrahlen, das sekundäre Rindengewebe und grossenteils auch die äusseren parenchymatischen Rindenpartien tief braunrot bezw. schwarz.

Diese Gewebe führen also, wie die gleichen Elemente sehr vieler Baumarten, Gerbstoffe und verwandte Glukoside,¹⁾ deren aromatischen Komponenten bekanntlich stark reduzierende, Sauerstoff bindende Eigenschaften zukommen; es ist sehr wohl möglich, dass hierdurch für die von derartigen Zellen rings umschlossenen embryonalen Gewebe ein Schutzwall gegen den atmosphärischen Sauerstoff gegeben ist, der nur durch eine Verwundung durchbrochen wird. Dass eine solche Zelle andererseits nicht selbst zur Gummibildung neigt, würde dann eben auf ihrem eigenen Gehalt an reduzierenden Substanzen beruhen. Von den reduzierenden Eigenschaften der letzteren kann man sich an wässrigen oder alkoholischen Auszügen derselben leicht überzeugen; namentlich in der Wärme oder bei nur sehr schwach alkalischer Reaktion schon unter gewöhnlicher Temperatur treten schnell dunkle Verfärbungen auf. Die Möglichkeit einer ausgiebigen Bindung des Sauerstoffs an diese Substanzen ist der Zelle aber durch ihren reichen Gehalt an Oxydasen gegeben, wie die tiefen Färbungen der Rinde mit 1 pCt. Dimethyl-p-phenylen-diaminchlorhydrat und einer mit α -Naphthol gesättigten 1prozentigen Natriumcarbonatlösung, ferner die fast stürmische Zerlegung von Wasserstoffsuperoxyd bei Eintragung von Rindenstücken zeigen.

Werfen wir nun noch einen Blick auf die Beziehungen zwischen Gummi und Zellwandsubstanz. Die erste Lamelle einer entstehenden Zellwand soll bekanntlich nach den heute ziemlich allgemein angenommenen Feststellungen von MANGIN aus Pektin oder Pektinaten bestehen. Wenn das richtig ist, würde man unsere Theorie auch so ausdrücken können, dass in den embryonalen Zellen unter dem Einflusse von Sauerstoff statt Pektin und Pektinaten

1) Eine genauere chemische Untersuchung dieser Glukoside lag nicht im Rahmen der Arbeit. Erwähnt werden mag nur, dass die fraglichen gerbstoffähnlichen Körper sich durch Leim-, Eiweisslösung usw. nicht wie andere Gerbstoffe quantitativ niederschlagen lassen, auch nicht bei oft wiederholter Ausfällung. Die Filtrate ergeben vielmehr jedesmal noch tiefe Schwärzungen mit Ferrichlorid.

Gummi gebildet wird. Dass aber diese Körper ausserordentlich nahe mit einander verwandt sind und von der Arabinsäure abgeleitet werden können, wird heute allgemein angenommen. Wahrscheinlich ist gerade bei den Amygdaleen für die leichte Überführung der Pektine in Gummi die besonders lockere, gelatinöse Beschaffenheit der Primärlamelle der Zellwand, oder, wie sie gewöhnlich genannt wird, der Interzellulärsubstanz gegenüber anderen Baumarten nicht ohne Bedeutung. Infolge dieser Beschaffenheit haften die Zellen der Amygdaleenrinden weniger fest aneinander als die anderer Pflanzen, sodass man zu gewissen Jahreszeiten kaum imstande ist, einen Querschnitt durch die Rinde von *Prunus Cerasus* zu machen, ohne das Markstrahlengewebe von dem angrenzenden Rindengewebe abzuspalten und im Frühjahr ist nichts leichter als beim Ablösen der Rinde vom Holze, die Markstrahlen aus dem Rindengewebe herauszuziehen, wobei sie als kurze, dünne Bänder auf dem Holze sitzen bleiben. Nirgends findet man auch in der Rinde oder im Mesophyll der Blätter so häufig Gewebsspalten und nirgends tritt die durch einen Zerfall der Gewebe in die einzelnen Zellen gekennzeichnete Erscheinung des „Milchglanzes“ so häufig auf, wie bei den Amygdaleen.

Bei der Durchsicht der bisherigen Litteratur findet man, dass der Gedanke, dem Sauerstoff müsse bei der Gummibildung eine besondere Rolle zufallen, bereits mehrfach geäußert wurde. Zunächst schon auf Grund rein chemischer Überlegungen. Es ist bekannt, dass die der Pflanze als Ausgangsmaterial zur Gummibildung zu Gebote stehenden Kohlenhydrate (Zucker, Stärke, Cellulose) Hexosen bezw. Hexosane darstellen, während die Gummistoffe zwar keine reinen Pentosane sind, aber doch der Hauptmasse nach aus ihnen (neben Galactinen) bestehen.¹⁾ TOLLENS spricht in seinem Handbuch der Kohlenhydrate die Vermutung aus, dass die Pentosen, welche durch Kondensation und Polymerisation jene Körper liefern, aus vorhandenen Hexosen durch Oxydation entstehen, wobei er besonders auf veränderte Produkte, wie die Gummiarten, hinweist. MIKOSCH²⁾ macht auf die Ergebnisse RUFF's aufmerksam, dem es gelungen ist, aus Glukose resp. Gluconsäure einen in seinen charakteristischen Eigenschaften mit Arabinose übereinstimmenden Körper

1) Ich möchte bei dieser Gelegenheit darauf hinweisen, dass auch die fertig ausgebildete Rindenwandssubstanz, z. B. der Kirsche, wie mehrere Analysen mir zeigten, obwohl relativ im Vergleich zu anderen Rinden sehr reich an Pentosanen, doch an ihnen um ein Mehrfaches ärmer ist als eine gleiche Trockengewichtsmenge Gummi. Kirschgummi enthält nach meinen Analysen durchschnittlich etwa 40 pCt., Rindenwandssubstanz aber nur 18–20 pCt. Pentosan.

2) „Untersuchungen über die Entstehung des Kirschgummi.“ (Sitzungsber. der K. Akad. der Wiss. Wien, Bd. CXXV, 1906, p. 911–961.)

durch Oxydation zu erhalten und hält für möglich, dass die in den Wundgeweben als Reaktion auf die Verletzung erhöhte Atmungstätigkeit zu einer oxydativen Umwandlung der vorhandenen Hexosen und Pentosen in Gummi Veranlassung geben könnte.

An dieser Stelle müssen wir auch kurz auf die Vorstellungen von J. GRÜSS¹⁾ eingehen. Er behauptet, ausgehend vom Tragantgummi, den bei *Acacia* und *Astragalus* herrschenden Verhältnissen, dass auch bei *Prunus*-Arten sich im ruhenden Holze eine Hemicelluloselamelle als Membranverdickung finde, die bei der Färbung mit Fuchsin ungefärbt bleiben soll. Es soll ein Galaktan, Araban oder ein Gemenge beider sein können und beim Austreiben der Bäume durch diastatische Fermente in Hemicellulose-Gummis (Arabin-Galaktin) umgewandelt werden, „welche entweder als solche auswandern können oder durch weitere fermentative Tätigkeit der Enzyme in Zuckerarten verwandelt werden“ (S. 11) . . . „In dem Holzkörper der kurzen einjährigen Äste von *Prunus avium*, welche nur eine Terminalknospe tragen, fehlen die Hemicelluloseschichten so gut wie ganz. Dafür sind die Zellen der Mark- und Rindenstrahlen meist völlig vollgepfropft mit Gummi“ (d. h. Hemicellulose-Gummi). „Behandelt man das Gewebe mit Alkali-Alizarin, so geben diese Zellen die schöne Violettfärbung . . .“ „Nach dieser Darstellung finden die reinen Hemicellulosegummis im Stoffwechsel Verwendung. Sie können jedoch noch so verändert werden, dass sie dann wahrscheinlich als Excret gelten müssen. Eine wohl häufig eintretende Veränderung besteht in der Oxydation. Die Gruppe COH in dem Zucker- oder Saccharo-Colloïdmolekül nimmt Sauerstoff auf und geht in die Gruppe COOH über, wodurch Arabin- resp. Galaktinsäuren entstehen. Die Oxydation geschieht durch O-Überträger, welche sich beim Austreiben im Gewebe bilden . . . Das Auftreten der Sauerstoffüberträger erfolgt, soviel ich bis jetzt gefunden habe, vor der Diastaseerzeugung; beide Körper stehen vermutlich in genetischem Zusammenhang. Das diastatische Ferment dient dazu, die Hemicellulose oder deren Gummis zu lösen, wie ich dies oben bei der Einwirkung von Diastase auf Tragant gezeigt habe.“

Es kam mir zunächst darauf an, zu zeigen, dass auch GRÜSS sich die Entstehung des Gummisexcretes durch Oxydation einer vorgebildeten Substanz denkt. Es erübrigt sich, näher auf die Art einzugehen, wie er sich diese Umwandlung denkt, da dies (Übergang der COH- in die Carboxylgruppe) ganz hypothetisch ist und in Anbetracht der colloïdalen Beschaffenheit der fraglichen Körper

1) „Über Lösung und Bildung der aus Hemicellulosen bestehenden Zellwände und ihre Beziehung zur Gummosis.“ (Bibl. botan. Heft 39, Stuttgart 1896.)

wohl auch vorläufig bleiben wird. Aber die Annahme, dass hier im Holze gewisse Lamellen rein aus Hemicellulosen bestehen, welche nach Überführung in gummiartige Zwischenprodukte wieder in den Stoffwechsel durch teilweise Aufspaltung einbezogen werden können und so die Muttersubstanz des Excretes darstellen, möchte ich nicht unwidersprochen lassen. Den Beweis für die Existenz der behaupteten Hemicelluloseschicht und der Arabin-Galaktinsubstanz bringt GRÜSS lediglich durch die erwähnten Färbemittel. Es ist mir aber trotz mannigfacher Wiederholungen mit den verschiedensten *Prunus*-Arten und zu verschiedenen Jahreszeiten nie gelungen, mit Fuchsin eine ungefärbte Hemicelluloseschicht zur Darstellung zu bringen. Die Wände waren durchweg gleichartig gefärbt. Auch GRÜSS's Alkali-Alizarinmethode versagte trotz mannigfachster Variation. Man kann vielmehr willkürlich jede beliebige Farbenabstufung hervorbringen. Ich muss also GRÜSS's colloidale Arabin-Galaktinsubstanz für hypothetisch erklären und bezweifle auch entschieden die Existenz einer in den Stoffwechsel wieder einziehbaren Hemicelluloselamelle bei den Amygdaleen. Dieselbe auf dem Wege der Hydrolyse mit verdünnten Säuren nachzuweisen, ist, wie ich mich überzeugte, ganz unmöglich, da hierbei das Gewebe völlig verquillt und zum Teil zerfällt. Dass aber chemisch hierbei Zucker erhalten werden, ist selbstverständlich und beweist nichts im Sinne von GRÜSS. Ich sehe vielmehr nach wie vor die Muttersubstanz des Gummis in den zur Wandbildung bestimmten, im übrigen aber unbekanntem Kohlenhydraten der embryonalen Zellen — und später in den gänzlich der Cytolyse anheimfallenden Geweben, eine Anschauung zu der unabhängig von mir auch MIKOSCH (l. c.) auf Grund seiner anatomischen Studien gelangt ist.

Wenn unsere Annahme von der Rolle des infolge der Verwundung von aussen eindringenden Sauerstoffs richtig ist, so müssen Wunden, welche unter Sauerstoffabschluss gefertigt und gehalten werden, ohne Gummibildung verlaufen.

Wunden, zu welchen der O-Zutritt scheinbar abgeschlossen war, hat WILL¹⁾ gemacht. Er verschloss entweder die Schnittfläche sofort nach ihrer Anbringung mit Teer oder Wachs oder er tauchte die am Baum gebliebenen Stumpfe gestutzter Zweige bald nach der Dekapitierung in Wasser. Bei diesen Versuchen hat jedoch im Moment der Verletzung der Sauerstoff Zutritt gehabt und kann auch durch die Organismen, die meinen Erfahrungen nach in dem Verschlusswasser sich gebildet haben werden, übertragen worden

1) WILL, A., „Beiträge zur Kenntnis von Kern- und Wundholz“. (Inaugural-Dissert., Bern, 1899.)

sein. Dass unter dem Teer- und Wachsverschluss die Gummibildung aber etwas geringer war, gibt WILL zu und PRAËL hat ihm gegenüber angegeben, dass sie in solchen Fällen ausbleibe.

Unsere eigenen Versuche zielten darauf hin, Verwundungen unter möglichst vollständiger Verhinderung von Sauerstoffzutritt zu erzielen. Es braucht wohl kaum besonders erwähnt zu werden, dass eine Versuchsanstellung, wie sie zunächst wohl am einfachsten erscheinen könnte, bei der sich die Zweige in einer O-freien bzw. O-haltigen Atmosphäre oder Flüssigkeit befänden, ausgeschlossen ist, da bei gänzlichem Mangel an Sauerstoff sogleich intramolekulare Atmung unter Alkoholbildung einsetzt und meist schliesslich binnen einiger Tage zum Tode der Pflanzen führt. Es ist klar, dass bei einem so tiefgehenden Eingriff in den normalen Lebensprozess das Ausbleiben von Gummibildung nicht allein auf mangelnden Sauerstoffzutritt zur Wundfläche zurückgeführt werden darf.

Meist wurde ganz einfach (Versuchsanordnung 1) so verfahren, dass die unverletzten Zweige unter verflüssigtem Paraffin oder einem ähnlichen Fettkörper¹⁾ mit einer scharfen Scheere abgeschnitten wurden, sodass die Zweige mit einer sehr kurzen Kappe überzogen waren und die übrige gesamte Zweigoberfläche den normalen Gasaustausch beibehielt. Nur selten wurden statt der Querschnitte auch seitlich Einschnitte gemacht.²⁾ Mit den so behandelten, am unteren Ende unter Wasser abgeschnittenen und in Wasser stehenden Zweigstücken wurde eine entsprechende Anzahl gleichartiger, ebenso behandelter, aber mit dem oberen Ende an der Luft abgeschnittener, nicht mit Paraffin überzogener Zweige verglichen. Einige Male wurden auch die Zweige mit ihrem oberen Ende in die Öffnung eines durchbohrten, tief schalenförmigen Uhrglases eingeführt und dieses mit Quecksilber gefüllt, von welchem

1) Die Temperatur der verwendeten Verschlussmittel ist natürlich, um Verbrühungen zu vermeiden, möglichst niedrig über dem Schmelzpunkt zu halten und beständig zu kontrollieren. Notwendig für das Gelingen des Versuches ist, dass die Wundfläche bei diesem Verfahren wirklich eine dicht schliessende, möglichst dicke Verschlusskappe erhält. Kakaobutter und das Paraffin-Wachsgemisch haben den Nachteil, mitunter infolge der nachträglichen Spannungsänderungen in den umschlossenen Gewebekomplexen feine Risse zu bekommen: das reine Paraffin aber hebt sich, wenn auch seltener, bei längerer Versuchsdauer und hierdurch bedingtem Zusammenschrumpfen des Zweiges von dessen Oberfläche ein wenig ab, so dass dann in beiden Fällen Versuchsfehler entstehen. Es ist aber schwer, für diese Verschlussmedien Ersatz zu schaffen. Entweder liegen deren Schmelztemperaturen so hoch, dass Verbrühungen zu befürchten sind, oder ihre Verwendung ist, wie bei den Cellulosederivaten (Photoxylol, Celloidin usw.), wegen der Giftigkeit des Lösungsmittels ausgeschlossen.

2) Die seitlichen Einschnitte müssen bis ins Cambium reichen. Hierüber später an anderer Stelle Näheres.

also dann das Zweigende überdeckt war. (Versuchsanstellung 2, vgl. Fig. 2.)

Endlich wurde noch mehrfach eine etwas umständlichere Versuchsanordnung (Nr. 3, vgl. Fig. 3) durchgeführt, bei welcher die Pflanzen ohne jeden Überzug verblieben. Die Zweige wurden mit ihrem unteren Ende unter Wasser abgeschnitten und darauf mit ihrem oberen, unverletzten Ende durch eine durchlöchernte Korkplatte geführt, welche nach unten zu ein sehr kurzes, weites Glasrohr wasserdicht verschloss. Die Dichtung um die zu mehreren in der Korkplatte befindlichen, einzeln in je einem Loche steckenden



Fig. 2.

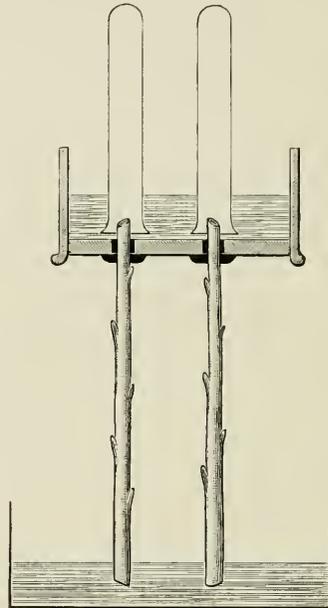


Fig. 3.

Zweige wurde durch Watte und zähflüssig gemachtes Guttapercha erreicht, wobei eine Schädigung der Zweige ausgeschlossen war. Darauf wurde das Glasrohr mit Wasser gefüllt und die Zweige oben unter Wasser abgeschnitten. Da aber einerseits dieser Abschluss wegen des im Wasser mit der gelösten Luft vorhandenen Sauerstoffes als noch nicht genügend betrachtet werden konnte und andererseits in dem unter diesen Umständen, ohne die Zweige der Luft auszusetzen, schwierig zu regenerierenden Wasser sich bald Organismen aller Art ansiedeln, wurde über die Zweigenden je ein umgekehrtes Reagensglas mit Wasser gestülpt und dies durch Zuleitung von Wasserstoff oder durch Stickstoff (resp. beim Kontrollversuch durch Luft) verdrängt. Selbst bei dreiwöchiger Versuchs-

dauer trat keinerlei Schädigung der Versuchspflanzen hervor. Dieselben entwickelten ihre Knospen weiter, blühten vielfach, bildeten reichlich Callus und liessen auch bei der nachfolgenden genauen anatomischen Durchmusterung auf das Vorhandensein von Gummilücken, der jeder Zweig nach Beendigung eines Versuches unterworfen wurde, keine Spuren schädlicher Einwirkung erkennen.

Leider waren häufig die Versuche deshalb nicht zu verwerten, weil die Zweige auch bei Sauerstoffzutritt nicht zur Gummibildung schritten. Es hängt dies zweifellos von der Jahreszeit ab. Im ganzen ist die Zeit der beginnenden Winterruhe und das Frühjahr für Laboratoriumsversuche am günstigsten. Am meisten empfiehlt es sich, Zweige von *Prunus Persica* zu nehmen, wegen der besonderen Leichtigkeit, mit der diese Art zur Gummibildung schreitet.

Es folgt eine kurze Übersicht über die nach Methode 1 angestellten Versuche. Das genauere Protokoll über jeden einzelnen Zweig soll später an anderer Stelle mitgeteilt werden. Die Zweige waren meist 25—40 cm lang, sie standen im Laboratorium am Fenster, bei einer durchschnittlichen Temperatur von 15—17° C.

(Tabelle s. S. 314.)

Als Ergänzung zu diesen Versuchen sei noch erwähnt, dass am 30. Mai 1906 und am 3. Juni 1907 je sechs Zweige eines freistehenden Strauches von *Prunus Persica* unter Paraffin abgeschnitten und mit einer sehr kurzen, dicken Kappe desselben überzogen wurden. Nur an einem Zweige des vorjährigen Versuches ergab sich, vermutlich infolge einer geringen Rissbildung eine schwache Gummiproduktion, die anderen blieben, so lange die Paraffinkappe gut haftete (15 Tage) ohne Gummi, während von den entsprechenden, nicht überzogenen Kontrollzweigen 1906 je 5, 1907 je 4 ziemlich viel Gummi bildeten.

Die Versuche nach der zweiten Methode waren sehr wenig zahlreich (im ganzen nur acht Pfirsichzweige); nirgends konnten an diesem Material Gummilücken aufgefunden werden.

Auch die Versuche nach der Methode 3 konnten, infolge ihrer Umständlichkeit, nicht sehr zahlreich angesetzt werden. Ein am 17. Januar 1907 begonnener Versuch mit Pfirsichzweigen, der am 4. Februar abgebrochen wurde, war wenig beweiskräftig, weil das Material nicht zur Gummibildung neigte. Verwandt: je fünf Zweige: an den Wasserstoffzweigen nirgends und nur an einem der Luftzweige Gummi. — Ganz dasselbe Resultat ergab sich bei einer Wiederholung des Versuches am 29. Januar, wobei nur statt Wasserstoff Stickstoff verwendet wurde. Von den sieben Luftzweigen hatte nur einer Gummi gebildet, während alle Stickstoffzweige ohne

Art der Versuchspflanze	Verwundet am	Untersucht am	Verschlussmittel	Mit dem Verschluss überzogene Zweige		unverschlossene Zweige	
				Gesamtzahl	davon m. Gummi	Gesamtzahl	davon m. Gummi
<i>Prunus Cerasus</i>	3. 2. 06	22. 2. 06	Paraffin	7	0	10	8
<i>Pr. Persica</i> . .	17. 2. 06	1. 3. 06	Kakaobutter	5	0	5	5
do. . .	22. 2. 05	1. 3. 06	do.	2	1	5	3
do. . .	22. 2. 06	6. 3. 06	do.	2	0	3	2 ¹⁾
do. . .	20. 2. 06	6. 3. 06	10prozentige Gelatine	11	4 ²⁾	8	6
do. . .	26. 2. 01	6. 3. 06	Gemisch von $\frac{2}{3}$ Kakaobutter und $\frac{1}{3}$ Wachs	14	1 ³⁾	12	10
do. . .	3. 12. 06	17. 12. 06	do	19	1	17	9
do. . .	8. 1. 07	31. 1. 07	Paraffin	13	0	12	12
do. . .	8. 1. 07	31. 1. 07	Kakaobutter-Wachsgemisch	12	0	12	12
<i>Pr. domestica</i> .	11. 1. 07	21. 1. 07	Kakaobutter	16 ⁴⁾	0	8	3
<i>Pr. Persica</i> . .	10. 1. 07	22. 1. 07	Paraffin	9	0	5	5
do. . .	23. 1. 07	7. 2. 07	Kakaobutter-Paraffinmischung	12	0	12	3
<i>Pr. avium</i> . . .	11. 1. 07	31. 1. 07	teils Paraffin, teils Kakaobutter	14	0	9	3
<i>Pr. Persica</i> . .	17. 1. 07	4. 2. 07	Paraffin	8	1	8	6
do. . .	4. 2. 07	11. 2. 07	Paraffin-Kakaobuttergemisch (3:2)	6	1	5	5
do. . .	15. 2. 07	28. 2. 07	do.	5	2 ⁵⁾	7	4
<i>Pr. avium</i> . . .	15. 2. 07	28. 2. 07	Paraffin	8	3	8	8
<i>Pr. Persica</i> . .	1. 3. 07	9. 3. 07	do.	6	0	5	5
do. . .	4. 3. 07	18. 3. 07	do.	6 ⁶⁾	0	5	2 ⁷⁾
do. . .	4. 3. 07	14. 3. 07	do.	6	0	6	2
do. . .	5. 3. 07	19. 3. 07	do.	5	0	5	3
<i>Pr. avium</i> . . .	5. 3. 07	19. 3. 07	do.	5	0	5	1
<i>Pr. Mahaleb</i> . .	7. 3. 07	21. 3. 07	do.	6	0	6	3
<i>Pr. domestica</i> .	7. 3. 07	21. 3. 07	Paraffin-Kakaobuttergemisch	5	0	5	4
do. . .	7. 3. 07	21. 3. 07	Paraffin	5	0	5	1

1) Der dritte Zweig zu dünn, schnell vertrocknet.

2) Wohl ungeeignetes Verschlussmittel.

3) Verletzung der Verschlusschicht äusserlich nicht erkennbar.

4) Nach Beendigung des Versuches und Abtragen der Kappe entstand nachträglich an drei Zweigen Gummi.

5) An einem Zweige Riss im Periderm, am andern lag die Gummizone um eine tote Knospe herum.

6) Davon drei vertrocknet.

7) Ursprünglich sechs, einer aber schon nach zwei Tagen vertrocknet

Die anatomisch-mikroskopische Durchsuehung der Zweige nach Gummilakunen geschah ausser durch mich ebenso häufig durch die Herren ADERHOLD und

RIEHM. In der Tabelle ist ein Versuch mit Pflirsichzweigen unerwähnt geblieben, bei welchem alle Zweige Gummi gebildet hatten; es stellte sich jedoch heraus, dass hier der Sauerstoff seinen Eintritt in die mit Paraffin verschlossenen Zweige durch unverschlossen gebliebene, gestutzte Seitenzweige gefunden haben konnte. Dasselbe war möglicherweise der Fall bei zwei im Vorjahre mit *Prunus Cerasus* durchgeführten Versuchen, wo auch mehrere verschlossene Zweige Gummi gebildet hatten. Da ich die Zweige nicht gesehen habe, sind sie nicht in der Tabelle aufgeführt worden.

Lücken blieben. Dagegen ergaben bei einem am 6. April eingeleiteten Wasserstoffversuch von sieben Luftzweigen am 20. April vier Gummibildung, während die sieben Wasserstoffzweige keine Lücken bildeten. Am 18. April wurde der letzte Versuch dieser Art mit einer gleichen Anzahl von Zweigen angesetzt; am 2. Mai zeigten sich fünf von den Luftzweigen als gummihaltig, während alle Wasserstoffzweige gummifrei geblieben waren.

Diese Versuche scheinen mir sehr im Sinne der vorgetragenen Theorie zu sprechen und eine andere Deutung nicht zuzulassen, welche mir zuerst am nächsten zu liegen schien, wonach den Anstoß zur Gummibildung lediglich der traumatische Reiz als solcher gäbe und nur rein chemisch zum Zustandekommen der Gummisubstanz aus einem unbekanntem, aber sauerstoffärmeren Grundstoffe der Sauerstoffzutritt durch die normalen Gaswege nötig wäre. Über mannigfache Versuche in dieser Richtung werde ich später berichten.

Es steht dieser Punkt mit einer weiteren, interessanten Seite des Problems in Zusammenhang, nämlich der Ausbreitung des Prozesses in der Longitudinalrichtung der Sprosse, worüber ebenfalls erst die spätere Mitteilung handeln wird. Im Anschluss an das Vorstehende sei hier nur noch der Hinweis darauf verstatet, dass — abgesehen von den sonst bei der weiteren Ausbreitung des Prozesses in Frage kommenden Faktoren — die zur Gummibildung führenden katalytischen Vorgänge hierbei natürlich die jeweilige Sauerstoffzufuhr erfordern. Hierfür spricht u. a. deutlich der Umstand, dass der Gummifizierungsprozess, von der Wundstelle am Zweige abwärts schreitend, wenn nicht, wie meistens schon nach einigen Zentimetern, so doch stets Halt macht, sobald das Niveau des Wassers erreicht ist, in dem die abgeschnittenen Zweige stehen. Die unter Wasser befindliche, vom direkten Sauerstoffzutritt abgeschnittene Partie der Zweige blieb ausnahmslos bei allen von mir angestellten Versuchen gummifrei, obwohl sich hier niemals Anzeichen irgend welcher Schädigungen, selbst nicht nach mehrwöchigem Verweilen daselbst, erkennen liessen.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft](#)

Jahr/Year: 1907

Band/Volume: [25](#)

Autor(en)/Author(s): Ruhland Wilhelm Otto Eugen

Artikel/Article: [Zur Physiologie der Gummibildung bei den Amygdaleen.
302-315](#)