© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at



bedingt wird, dass für die Lage von Griffel und Staubblättern aber der Einfluss der Schwerkraft von maasgebender Bedeutung ist.

Bezüglich aller weiteren Ausführungen und speciellen Angaben sei auf meinen demnächst erscheinenden und von den nöthigen Abbildungen begleiteten Aufsatz verwiesen.

---

## 54. C. A. Weber: Ueber den Einfluss höherer Temperaturen auf die Fähigkeit des Holzes den Transpirationsstrom zu leiten.

Eingegangen am 25. Oktober 1885.[1])

Seit längerer Zeit mit dem Studium der Wasserbewegung in den Pflanzen beschäftigt, hatte ich mir im Verfolg anderer hierher gehöriger Fragen spezieller die Aufgabe gestellt zu untersuchen: in welcher Weise willkürlich hervorgerufene Veränderungen des Holzes seine Fähigkeit, das Wasser zu leiten, beeinflussen. Derartige Veränderungen hatte ich unter Anderem dadurch zu erzeugen gesucht, dass ich das Holz der Einwirkung von höheren, über 100° C. liegenden Temperaturen aussetzte. Bei dem lebhaften Interesse, welches die Fragen der Wasserleitung wieder gewonnen haben, dürfte es vielleicht nicht unwillkommen sein, wenn ich meine bisherigen Erfahrungen einem grösseren Kreise bekannt mache, indem ich mir die Vervollständigung derselben für eine spätere Gelegenheit vorbehalte.

### I. Versuche mit abgeschnittenen Zweigen.

Die ersten Versuche stellte ich mit abgeschnittenen Zweigen an, deren Schnittfläche ich über einer kleinen Gasflamme verkohlen liess, nachdem die untere, 2— 3 *cm* lange, entrindete Partie des Stengels an derselben Flamme unter fortgesetztem Drehen vorsichtig aber scharf gedörrt war. Ich lasse einige dieser Versuche zunächst folgen, indem ich vorausschicke, dass die Präparation in allen Fällen die nämliche war. Die Zweige wurden in der Luft abgeschnitten und in der angegebenen Weise entrindet. Nachdem der entblösste Holzkörper gleichmässig gedörrt war, hielt ich die Schnittfläche einige Augenblicke

1) Vorliegende Abhandlung wurde zuerst ihres Umfanges wegen zurückgewiesen, nachträglich aber doch aufgenommen, da die pro Jahrgang zulässige Bogenzahl voraussichtlich nicht überschritten wird. Schwendener.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at


ruhig in die Flamme, bis sie sich entzündete, that dann dem Weiterglimmen durch Ausdrücken mit dem Finger Einhalt und stellte mit dem Rasirmesser eine neue, glatte Schnittfläche her, deren Färbung mit der Lupe betrachtet an der äusseren Peripherie des Holzkörpers eine schwarze, an der inneren Peripherie eine mehr oder minder intensiv bräunliche war. Die Zweige wurden sodann in Glasgefässen mit reinem Brunnenwasser derart befestigt, dass gewöhnlich nur 5 *mm* des Stengels eingetaucht waren.

Unterliess ich das Wegschneiden des gänzlich verkohlten Stengeltheiles, so gingen die Zweige in der Mehrzahl der Fälle rasch zu Grunde, wahrscheinlich weil winzige Kohlentrümmer oder theerartige Produkte die wasserleitenden Elemente verstopften.

Es kamen nur solche Zweige für die Versuche zur Anwendung, bei denen an dem aufnehmenden Querschnitt die Dicke des Holzmantels (von der Markkrone bis zum Cambium gemessen) 0,5 *mm* nicht überschritt.

### 1. Versuch. **Ribes rubrum.**

9. Mai 1884. Ein 25 *cm* langer Spross mit 18 grösseren Blättern wird Nachmittags 5 Uhr abgeschnitten, nach sofort erfolgter Präparation mit sammt dem Gefässe an ein offenes, von der Sonne getroffenes Westfenster gestellt. Es erfolgt keine Veränderung in der Haltung der Blätter, vielmehr bleibt der Zweig durchaus frisch bis zum 15. Mai, wo der Versuch beendet wird, nachdem die Vorrichtung während der letzten 3 Tage bei warmer, trockener Witterung gänzlich im Freien gestanden hatte[1]). Die jungen diesjährigen Triebe hatten sich kräftig geotropisch gekrümmt. die jüngsten Blätter weiter entfaltet; gegenüber einem ähnlichen, nicht präparirten Vergleichszweig konnte kein wahrnehmbarer Unterschied festgestellt werden. Am Schlusse des Versuchs zeigt sich, dass die Verkohlung bis 7—11 *mm* oberhalb der Schnittfläche im Innern des Stengels stattgefunden hat.

8. Mai 1884. Ein anderer gleich langer Zweig desselben Strauches, mit einer Blattfläche, die mittelst des Schätzquadrates am Schlusse des Versuches auf 140 *qcm* festgestellt wurde, wird am Vormittage dieses Tages wie der vorige Zweig präparirt und aufgestellt. Er zeigt gleichfalls keine Veränderung bis zur Beendigung des Versuches am 15. Mai. Die Verkohlung war nach der Spaltung des Holzes 7—12 *mm* oberhalb der Schnittfläche erkennbar.

### 2. Versuch. **Sambucus nigra.**

13. Mai 1884. Ein Spross, 18 *cm* lang mit 4 diesjährigen grünen

---

1) Nur während der Nächte wurde sie in eine luftige, regensichere Laube gestellt.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at



Trieben, welche 16 ausgewachsene und mehrere jüngere Blätter tragen, deren Gesammtfläche sich am Schlusse des Versuches auf ca. 400 *qcm* belief, wird um $4^h$ Nm. (Lufttemp. 19° R.) abgeschnitten und nach der Präparation mit dem Gefässe in ein Zimmer gestellt. Nach zwei Stunden sind sämmtliche Blätter und grünen Triebe schlaff. Der Zweig wird nunmehr ½ Stunde hindurch in Wasser von 40° C. gestellt. Um $9^h$ Nm. sind die Triebe und die Mehrzahl der Blätter wieder frisch. Nachdem er nochmals auf kurze Zeit in Wasser von 40° C. gehalten war, sind um $10^h$ Nm. sämmtliche Blätter straffer und turgescenter als bei normalen Sprossen geworden. In diesem Zustande bleibt der Zweig bis zum 15. Mai, an welchem der Versuch unterbrochen wird. Auch hier machen die jungen Triebe kräftige geotropische Krümmungen. Die Verkohlung des unteren Zweigendes liess sich von der Schnittfläche 5 *mm* aufwärts verfolgen.

13. Mai Nm. $2^h$. Lufttemp. 23° R. — Ein 30 *cm* langer, reich beblätterter Spross wird nach erfolgter Präparation sofort in eine luftige, gegen Regen schützende Laube gestellt. Um $3^h$ Nm. hängen sämmtliche Blätter schlaff nieder; eine Erneuerung der Schnittfläche durch Wegnahme von 2 *mm* bleibt erfolglos. Am anderen Morgen ist der Zweig dagegen wieder völlig turgescent geworden, ohne dass er wie der oben beschriebene in warmes Wasser gestellt war. Ein nicht präparirter Vergleichszweig zeigte das nämliche Verhalten; nach dem Abschneiden in Wasser gestellt begann er zu welken und war am andern Morgen wieder frisch geworden. Bis zur Beendigung des Versuches am 15. Mai behält der Versuchszweig seinen frischen Zustand bei.

### 3. Versuch. **Corylus Avellana.**

30. Mai 1884. Zwei benachbarte Zweige desselben Strauches, die ich mit A und B bezeichnen will, werden um $11^h$ Vm. (Lufttemp. 14° C.) abgeschnitten und einige Minuten später in Wasser gestellt. A ist 30 *cm* lang und besitzt 14 Blätter, mit einer am Schlusse des Versuches auf 320 *qcm* festgestellten Gesammtfläche. B dagegen ist 29 *cm* lang und hat 10 Blätter mit einer Fläche von 430 *qcm*. Beide werden unten 3 *cm* weit entrindet, aber nur bei A wird der untere Theil durch Erhitzen präparirt, während B als Vergleichszweig dient. Sie werden an ein offenes Ostfenster gestellt, wo sie zunächst noch von der Sonne getroffen und vom Winde lebhaft bewegt werden. Um $2^h$ Nm. beginnen die jungen Triebe von A zu erschlaffen, um $5^h$ Nm. sind alle Blätter deutlich welk, während B unverändert frisch geblieben ist. Der Zweig A wird jetzt 15 Minuten hindurch in Wasser von 40° C. gestellt. Um $9^h$ sind die meisten, und nachdem er jetzt abermals auf 15 Min. in Wasser von 40° C. gestellt war, um $11^h$ Abends sämmtliche Blätter und Triebe wieder vollkommen straff.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at


Am folgenden Morgen werden beide Zweige in kleine Flaschen mit Wasser gestellt und mittelst durchbohrter Korke darin festgehalten. Es ist dafür Sorge getragen, dass die Korke gut schliessen, so dass keine irgend erhebliche Menge Wasserdampf entweichen kann. Beide Vorrichtungen werden um $7^h$ 30′ Vm. gewogen und dann an das geöffnete Ostfenster gestellt, wo die Zweige vom Winde stark geschüttelt und während des Vormittags von der Sonne getroffen werden. Um $2^h$ Nm. werden beide in das Freie, auf einen sonnigen Rasenplatz gestellt (Lufttemp. 20° C.) und verbleiben dort bei warmem und trockenem Wetter bis zur zweiten Wägung am 2. Juni Vormittags $9^h$ 30′. Da das Flüssigkeitsniveau infolge des Wasserverbrauchs sinkt, werden die Zweige von Zeit zu Zeit tiefer geschoben, so dass sie stets etwa 5 *mm* weit eintauchen. Sie bleiben während der ganzen Zeit vollkommen frisch; der präparirte Zweig lässt keinen Unterschied gegenüber dem nicht präparirten erkennen. Bei der zweiten Wägung stellt sich heraus, dass jeder von ihnen in 50 Stunden gerade 20 *g* Wasser verbraucht hat. Bezieht man die transpirirte Flüssigkeitsmenge auf die Einheit der Blattfläche, so ergiebt sich, dass in der nämlichen Zeit ein Quadratmeter Blattfläche bei A 625 *g*, bei B nur 465,1 *g* verdunstete, d. h. bei dem Zweige mit denaturirtem aufnehmenden Querschnitte ging die Transpiration lebhafter vor sich als bei dem unverändert gebliebenen.

### 4. Versuch. **Sambucus nigra.**

30. Mai 1885. Zwei möglichst ähnliche benachbarte Zweige werden um $11^h$ Vorm. abgeschnitten. Beide werden in gewohnter Weise entrindet. Zweig I wird sofort in Wasser gestellt. Die entrindete Strecke von II wird langsam über einer kleinen Spiritusflamme erhitzt, bis Wasserdämpfe aus dem Querschnitt entweichen, worauf sich dieser entzündet. Aus der Spiritusflamme herausgenommen brennt das Holz ruhig weiter. Nachdem es mit dem Finger ausgelöscht ist, wird die verkohlte Stengelstrecke durch allmähliches Abtragen mittelst Rasirmesser so weit entfernt, bis das Holz und das Mark gleichmässig hellbräunlich erscheinen. Der Zweig wird derart befestigt, dass er 1 *cm* in Wasser eintaucht.

Beide Zweige stehen an einem offenen Westfenster. Nach beendeter Operation erscheinen sie etwas schlaff. Temperatur eines zwischen ihnen hängenden Thermometers 18° C.

$11^h$ 31′ Vorm. I ist ganz frisch, II dagegen deutlich welk. Der letztere in Wasser von 40—45° C. getaucht, welches mehrfach erneuert wird.

$1^h$ 30′ Nachm. Beide Zweige gleich frisch. Sie werden nunmehr in Fläschchen mit Wasser befestigt, um den Transpirationsverlust durch Wägung festzustellen.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at



| Datum | Zeit der Wägung | Temperatur in °C. | Transpirationsverluste | |
|---|---|---|---|---|
| | | | I | II |
| | | | g | g |
| 30. Mai . . . . | 2 h 30′ Nachmittags | 20,8 | — | — |
| 30. „ . . . . | 5 h 30′ „ | 18 | 6,92 | 6,30 |
| 31. „ . . . . | 10 h 30′ Vormittags | 18 | 4,88 | 4,58 |

Der Zweig I besass eine Blattfläche von 793,55 *qcm*, II eine solche von 851,30 *qcm*. Die Transpirationsverluste auf 1 *qm* Blattfläche berechnet, gestalten sich daher wie folgt: Bei

| | I | II |
|---|---|---|
| von 2 h 30′ bis 5 h 30′ Nachmittags . . | 88,7 *g* | 63,0 *g* |
| „ 5 h 30′ Nachm. bis 10 h 30′ Vorm. . | 61,4 „ | 53,8 „ |

Hier ist die Transpiration des präparirten Zweiges geringer als die des nicht veränderten.

### 5. Versuch. **Ribes rubrum.**

26. Mai 1885. Drei benachbarte kleine Zweige werden um 10 h 15′ Vorm. abgeschnitten und, nachdem sie in das Laboratorium gebracht sind, alsbald in Wasser gestellt. worin sie bis 10 h 46′ bleiben. Jetzt werden sie alle drei auf den Tisch gelegt und nacheinander unten 2 *cm* weit entrindet. B und C bleiben auf dem Tisch liegen. Die entrindete Stelle von A wird 10 Minuten lang unter raschem Drehen und vorsichtigem aber gleichfalls raschem Hin- und Herführen durch die Flamme einer Spirituslampe gedörrt, bis aus dem Querschnitte kein Wasserdampf mehr entweicht. Nunmehr wird der unterste Theil des Stengels gleichmässig verkohlt, und dann mit dem Rasirmesser soviel abgetragen, bis der innerste Jahrring und das Mark gleichmässig hellbräunlich erscheinen. Um 10 h 58′ werden A und B, nachdem von letzterem unten ein papierdünner Querschnitt abgenommen in Wasser von 32° C. gestellt.

C dagegen wird 5 Minuten hindurch mit dem ganzen entrindeten Theile in heftig siedendes Wasser gehalten. Damit die Blätter nicht durch die heissen Wasserdämpfe beschädigt werden, ist der ganze Zweig mit Ausnahme des unteren 3 *cm* langen Stengeltheiles mit einer weiten Düte aus dickem Papier umgeben. Auch dieser Zweig wird in Wasser von 30--32° C. gestellt.

Bis 2 h Nachmittags befanden sich die Zweige in dem geräumigen Laboratorium, dessen Fenster geschlossen waren (Temperatur 13,7 bis 17,1° C.), ohne dass einer von ihnen Anzeichen des Welkens wahrnehmen liess. Sie werden nun in kleinen Fläschchen befestigt, um

Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

ihren Transpirationsverlust feststellen zu können. Die erhaltenen Wägungsverluste werden denn auf 1 *qm* Blattfläche und pro Stunde berechnet.

| Beobachtungszeit | Es verdunstet 1 *qm* pro Stunde bei | | |
|---|---|---|---|
| | A. gebrannt 339,3 *qcm* Blattfläche *g* | B. unverändert 337,55 *qcm* *g* | C. gesotten 258,25 *qcm* *g* |
| Von 2 h bis 6 h Nachmittags . . . . | 61,01 | 58,32 | 64,20 |
| „ 6 h „ 8 h „ . . . . . | 25,67 | 22,89 | 20,50 |
| „ 8 h „ 10 h „ . . . . . | 11,44 | 11,24 | 9,23 |
| „ 10 h Nachm. bis 8 h Vorm. . . . . | 10,63 | 11,96 | 7,15 |
| Während der ganzen Versuchsdauer: | | | |
| Von 2 h Nachm. bis 8 h Vorm.. . . . | 23,67 | 22,95 | 23,12 |

Von 2 h bis 10 h Nachmittags standen die Zweige an einem offenen Fenster, bis zum Sonnenuntergang gleichmässig von der Sonne getroffen. Von 10 h bis zum folgenden Morgen befanden sie sich in einem geräumigen Zimmer, dessen Fenster geschlossen waren. Die höchste Temperatur welche ein zwischen den Pflanzen hängendes Thermometer zeigte, betrug 16,2° C., die niedrigste während der Nacht 12,1° C.[1])

Nach den Ergebnissen der vorstehenden Tabelle hat der gesottene Zweig zunächst lebhafter transpiriert als die beiden anderen, der durch Brennen präparirte im Allgemeinen aber stärker als der unverändert gebliebene. In den für die ganze Versuchsdauer festgestellten mittleren Transpirationsgrössen verschwindet der Unterschied zwischen den drei Zweigen hingegen so gut wie gänzlich.

---

Werfen wir zunächst auf die Wägungsresultate der letzten Versuche einen Blick, so hat der präparirte *Corylus*zweig in hervorragendem Masse lebhafter transpirirt als der unversehrt gebliebene. Auch bei den *Ribes*zweigen war der gebrannte noch im Vortheil gegenüber dem normalen Zweige, während bei *Sambucus* das Verhältniss sich umkehrte.

Ich bin weit davon entfernt, annehmen zu wollen, dass dies immer der Fall sein werde. Versuche mit möglichst gleichen Zweigen verschiedener Pflanzen lehrten mich, dass man kaum zwei Zweige derselben Pflanze finden dürfte, deren Transpirationsgrösse, bezogen auf die Einheit der Blattfläche und der Zeit unter übrigens gleichen Bedingungen

1) Das Thermometer war selbstredend gegen Besonnung geschützt.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at


sich als einander völlig gleich erwiesen, vielmehr zuweilen noch grössere Abweichungen zeigen als die in obigen Versuchen zwischen präparirten und nicht präparirten Zweigen constatirten. Nur durch Mittelnahmen aus grossen Versuchsreihen, die herzustellen ich nicht in der Lage war, hätten diese individuellen Schwankungen eliminirt werden können.

Ich begnüge mich mit der Feststellung der Thatsache, dass die Zweige mit gebranntem Holzkörper unmittelbar oder wenigstens nach dem Einstellen in erwärmtes Wasser lange Zeit hindurch genau so frisch blieben wie gewöhnliche Zweige und wie diese namhafte Mengen Wasser transpirirten.

Für eine etwaige Wiederholung dieser Versuche, deren ich während der vergangenen Sommer eine grosse Zahl vorgenommen habe, darf ich hier nicht unerwähnt lassen, dass sie nicht allemal gleich gut glückten, auch wenn nach Möglichkeit darauf gesehen wurde, die Präparation in allen Fällen gleich zu gestalten. Nicht einmal glückten sie bei Zweigen derselben Art in gleicher Weise. Am zuverlässigsten erwies sich *Ribes rubrum*; besonders waren es einige Exemplare einer grossblättrigen Varietät, die mir ein sehr geeignetes Versuchsmaterial boten, welches zu dem ersten der geschilderten Versuche diente. Derselbe glückte mit diesem Materiale regelmässig, mehrfach selbst, wenn der aufnehmende Querschnitt bis zur gänzlichen Schwärzung verkohlt war.

Halten wir uns an die gelungenen Versuche, so lassen sich deren Ergebnisse nach dem vorher Gesagten sicher in folgender Weise zusammenfassen:

1. Eine totale chemische (und physikalische) Veränderung des aufnehmenden Querschnittes ist ohne wesentlichen Einfluss geblieben auf das Aufsteigen des Transpirationswassers in den *Ribes*-Zweigen.
2. Bei den Zweigen der Haselnuss und des Hollunders trat eine sich durch Welken der Blätter kundgebende Störung ein, welche durch Einstellung in Wasser von 40—45° C. aufgehoben werden konnte.

Aus der letzterwähnten Thatsache wird man den Schluss zu ziehen berechtigt sein, dass durch das warme Wasser in den Stengeln die Ursache der verminderten Leitungsfähigkeit aufgehoben wurde. Da aber die Veränderung des verkohlten Holzes dadurch unzweifelhaft nicht aufgehoben worden ist, so kann man auch die Ursache der Störung der Wasserleitung in eben dieser Veränderung nicht suchen.

Wollte man nunmehr den weiteren Schluss ziehen, dass die Zellwände das Wasser überhaupt nicht leiten, so würde man indessen fehl gehen. Es ist nämlich sehr wohl möglich, dass das Wasser in Folge von Kapillarität in den Gefässen der denaturirten Stengelstrecke emporstieg oder auch, unter Berücksichtigung der in den Gefässen herrschenden Luftverdünnung, durch den Luftdruck, bis es zu den unverändert

Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

gebliebenen Zellwänden des Holzes gelangte, von denen es aufgenommen und weiter geleitet wurde.

Aus dem nämlichen Grunde können diese Versuche aber auch nicht entscheidend sein für meine Frage, wie sich die Leitungsfähigkeit des Holzes gestaltet, wenn dasselbe der Einwirkung höherer Temperaturen ausgesetzt gewesen ist.

Weil ich nun kein Mittel sah, die Wirkung der Kapillarkraft, sowie die des Luftdruckes bei abgeschnittenen Zweigen mit absoluter Sicherheit auszuschliessen, so entschied ich mich, den nämlichen Versuch an unverletzten, an der Mutterpflanze befindlichen Zweigen in geeigneter Weise zu wiederholen.

## II. Versuche mit nicht abgeschnittenen Zweigen.

Als Objecte für die nachfolgenden Versuche wurden normale und reich beblätterte Zweige an im Freien stehenden Bäumen und Sträuchern, womöglich auf der Sonnenseite dieser ausgewählt. Es wurde besonders darauf geachtet, dass ihr Holzkörper nicht zu dick war und der Holzmantel eine Breite von 0,5—1 *mm* nicht wesentlich überschritt. Diese Breite liess sich leicht durch Abschneiden einiger gleich alter und gleichen Gesammtdurchmesser zeigender Zweige ermitteln.

An dem basalen Theile der zum Versuch bestimmten Zweige oder an einer andern geeigneten Stelle derselben wurde eine Strecke von ca. 3—4 *cm* entrindet und erhitzt.

Das Erhitzen bewirkte ich anfangs mit einer Kerzenflamme, welche ich rings um die entrindete Stelle wiederholentlich herumführte, indem ich sie erforderlichen Falls mit Hilfe eines weitmündigen Löthrohres unter schwachem Blasen vorsichtig umlegte. Dadurch erreichte ich, dass der Holzkörper von allen Seiten gleichmässig mit der Flamme in Berührung kam. Ich brauche kaum zu erwähnen, dass ich mir in dieser Manipulation zunächst an anderen Zweigen eine hinreichende Fertigkeit aneignete. Die Erhitzung einer 2,5—3 *cm* langen Stengelstrecke nach dieser Methode nahm 15—30 Minuten in Anspruch.

Später benutzte ich meist einen einfachen Apparat, der es erlaubte, die entrindete Stelle mit heisser Luft zu umgeben, deren Temperatur gemessen werden konnte. Derselbe besteht im wesentlichen aus einem länglich-viereckigen, 4 *cm* breiten, 8 *cm* langen und 6 *cm* hohen Kasten aus starkem Eisenblech, der sich in fester Verbindung mit dem darunter angebrachten Feuerraume und dem dazu gehörigen Abzugsrohre befindet. An den Längsseiten des Kastens sind zwei gegenüberstehende Ausschnitte angebracht, deren untere, halbkreisförmige Enden nach aussen gehende, mit Kork ausgefütterte Dillen tragen. Durch diese Ausschnitte wird der Zweig so gelegt, dass sein entrindeter Theil sich innerhalb des Kastens befindet. Nun wird der Kasten durch einen entsprechend gestalteten Deckel von oben her geschlossen. Auch die

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at



Längswände des Deckels tragen mit Dillen versehene Ausschnitte, die gleichfalls mit Kork ausgefüttert und so angebracht sind, dass sie mit den Dillen des Kastens ein im Querschnitt kreisförmiges Rohr bilden, welches den Zweig dort dicht umschliesst und gleichzeitig festhält, wo er mit den Kastenwänden in Berührung geräth. Oben trägt der Deckel einen Tubus, durch welchen ein Thermometer so eingeführt werden kann, dass seine Kugel sich dicht neben der eingeschlossenen Zweigstrecke befindet. Das Erhitzen erfolgt mit Hilfe einer Spirituslampe, welche in den Feuerraum unter den Kasten geschoben wird. Bevor sie angezündet wird, umhüllt man den Apparat mit passend geformten Platten aus porösem Thon, wodurch die Ausstrahlung der Wärme, sowie eine dadurch etwa bewirkte Beschädigung des Laubes des Versuchszweiges verhütet wird. Zu den Hilfsvorrichtungen gehört noch ein dreifüssiger Tisch von ca. 1,3 *m* Höhe, mit vertical verschiebbarer runder Platte, auf welcher der Apparat befestigt werden und nach beliebigen Richtungen gedreht werden kann. Man ist dadurch im Stande, selbst an Zweigen, welche sich 2—3 *m* über dem Erdboden befinden mit Bequemlichkeit zu operiren.

Die Dauer der Erhitzung nach dieser Methode nahm gewöhnlich 10—20 Minuten, gelegentlich auch längere Zeit, in Anspruch. Sobald die Temperatur 100—150° C. überschritten hatte, wurde ihr Gang von Minute zu Minute notirt, um erforderlichen Falles die mittlere Temperatur feststellen zu können, die während eines bestimmten Zeitraumes in dem Kasten herrschte.

Es bedarf kaum der Erwähnung, dass die hohe Temperatur sich nicht allein auf den Theil des Holzes beschränkte, der in den Kasten eingeschlossen war, sondern durch Leitung sich eine Strecke oberhalb und unterhalb desselben fortsetzte. Die ganze, durch Hitze getödtete Stengelstrecke besass eine Länge von 7—11 *cm*, obwohl nur 4 *cm* unmittelbar erhitzt waren. Aehnliches gilt auch von den Zweigen, welche ich mittels Kerze präparirt hatte.

Die ganze Zeit, welche ich zu der Präparation nach der einen oder der anderen Methode einschliesslich einiger gleich noch zu erwähnenden Nebenarbeiten brauchte, belief sich je nach den Umständen auf $\frac{3}{4}$ bis $1\frac{1}{2}$ Stunden.

Wie erwähnt, sorgte ich dafür, dass der Holzkörper der Versuchszweige nur dünn war, und entfernte von der zu erhitzenden Stelle die Rinde. Beides war nöthig, damit sich der Wärme möglichst wenig Leitungswiderstände entgegenstellten, damit die hohe Temperatur den Holzkörper, der bekanntlich in der Querrichtung ein sehr geringes Leitungsvermögen besitzt, rasch durchdränge. Um letzteres noch vollkommener zu ermöglichen, spaltete ich häufig den an sich schon dünnen Stengel an der Ringelstelle in 2—4 Theile und hielt die Spalte durch

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at


eingeklemmte Glas- oder Schiefer-Splitter während der Operation weit offen.

Nach dem Erhitzen wurde die Ringelstelle mit einem luft- und wasserdichten Verbande versehen, bestehend aus Stanniol, Baumwachs oder geschmolzenem Siegellack.

Da die präparirten Zweige an der Operationsstelle leicht abbrachen, zumal da sie im Freien dem Winde ausgesetzt waren, so musste dem durch geeignete Mittel vorgebeugt werden, die sich nach den Umständen verschieden gestalteten: entweder legte ich unter den Zweig eine dünne hölzerne Schiene, oder ich befestigte ihn an daneben gestellten Stützen, oder endlich erhielt ich ihn durch Drähte in seiner ursprünglichen Lage zu benachbarten Zweigen, beziehentlich zum Hauptstamme. War der Holzkörper des Zweiges so schwach, dass die Gefahr eines Abbrechens durch das eigene Gewicht nahe lag, so wurde er noch vor Beginn der Operation festgelegt.

Jeden präparirten Zweig versah ich zur Vermeidung von Verwechselungen mit einem Täfelchen, auf welchem die Versuchsnummer nebst dem Tage der Präparation bezeichnet stand. Sämmtliche Zweige wurden täglich in regelmässigen, 2 — 4 stündigen, wo es erwünscht schien, auch kürzeren Intervallen von mir selbst beobachtet und alle wahrgenommenen Veränderungen sorgfältig notirt. Gleichzeitig stellte ich regelmässige Witterungsbeobachtungen an. Zur Bestimmung der Lufttemperatur diente mir ein auf der Nordseite eines Baumes, 1,5 *m* hoch über dem Erdboden befestigtes Thermometer.

Die Mehrzahl der mitgetheilten Versuche wurde in einem mir zur Verfügung gestellten Privatgarten im Sommer 1884 angestellt.

Als ich mittels der ersten der angegebenen Methoden das Holz lebhaft transpirirender Zweige auf 1—2 *cm* so weit erhitzte, dass es selbst in den an das Mark grenzenden Theilen gebräunt erschien, gingen die Zweige regelmässig zu Grunde und zwar ebenso rasch, wie daneben aufgehängte abgeschnittene Zweige. Es folgt daraus ohne Weiteres, dass ein derartiges Holz nicht im Stande ist, der Wasserleitung zu dienen. Weiterhin sehe ich aber darin eine Bestätigung der Vermuthung, dass bei abgeschnittenen Zweigen, deren aufnehmender Querschnitt verkohlt ist, das Wasser durch Kapillarität oder durch den Luftdruck über die verkohlte Strecke hinweg transportirt wird bis zu dem oberhalb befindlichen, normal gebliebenen Holze hin. Die hier gemachte Erfahrung spricht indessen keineswegs gegen die Ansicht, nach welcher die Bewegung des Transpirationswassers in den Hohlräumen des Holzes vor sich geht. Man erwäge nur, dass durch die Verkohlung wesentliche Störungen in dem Zusammenhang dieser Hohlräume selbst hervorgerufen werden müssen, insofern, als in erster Linie dadurch die zarten Schliesshäute der Tüpfel werden vernichtet werden. Ferner aber müssen die durch die Verkohlung mehr oder minder porös

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at



gewordenen Membranen das Verhalten der Hohlräume zu der Umgebung beeinflussen, und endlich flüssige und gasförmige Schwelproducte sich im Innern ansammeln, wodurch die regelmässige Functionirung der Hohlräume sistirt werden muss.

Anders gestalten sich aber die Erscheinungen, sobald man das Holz lebhaft transpirirender Zweige nicht bis zu Temperaturen erhitzt, welche eine mehr oder minder vollständige Desorganisation der Membranen wie der Hohlräume zur Folge haben. In den weiter unten geschilderten Versuchen trieb ich die Hitze bis zu dem Momente, in welchem eine leichte Verkohlung der äussersten Schichten des Holzes eintrat.

Was die Veränderungen anlangt, welche durch die hierbei angewandten Temperaturen in den von der Hitze betroffenen Zweigstrecken unmittelbar hervorgerufen wurden, so stellte ich Folgendes fest.

Untersucht man einen in der angegebenen Weise und unter Innehaltung der angedeuteten Grenzen soeben erhitzten Zweig, so zeigt sich, dass, so weit die Hitze reichte, das Plasma der lebenden Inhalt führenden Zellen des Holzes wie der Markstrahlen getödtet, die Stärke in Kleister verwandelt ist. Selbst in den innersten Markzellen wiederholen sich diese Erscheinungen. Das Plasma bildet in diesen gewöhnlich mitsammt der Stärke einen Ballen, welcher den Zellraum nicht mehr ausfüllt, sondern in der Regel in einer Ecke der Zellwand anliegt. In Uebereinstimmung damit fand ich das Verhalten des Plasmas und der Stärke in jedem einzelnen der nachfolgend mitgetheilten Versuche, wenn ich am Schluss derselben das Holz näher untersuchte. Als eine Folge davon ist es zu betrachten, dass ich am Ende des Versuches das Mark auf der ganzen erhitzten Strecke meist verschrumpft und vertrocknet fand, wogegen es in den Stengeltheilen oberhalb und unterhalb dieser Strecke noch lebend und frisch erschien. Von einigen weiteren Erscheinungen, die man unmittelbar nach dem Erhitzen gelegentlich beobachtet, werde ich weiter unten berichten.

Wie weit die angewandte Temperatur in das Innere des Holzes eindrang, vermag ich nicht mit Sicherheit anzugeben, da mir directe Messungen nicht möglich waren. Berücksichtigt man indessen den geringen Durchmesser der Zweige, sowie die geringe Dicke ihres Holzmantels, so ist die Vermuthung nicht ungerechtfertigt, dass die Temperatur im Innern des Zweiges nicht wesentlich hinter derjenigen zurückblieb, welche das daneben befindliche Thermometer angab. Offenbar wurde das in den Hohlräumen enthaltene Wasser in Dampf von mehr als 100° C verwandelt. Diese Dämpfe, welche nirgends in das Freie zu entweichen vermochten, haben allem Anscheine nach auch verhindert, dass das Holz bei den zur Anwendung gelangenden Temperaturen, welche stets über 160° C betrugen bei einer Wirkungsdauer von 10 bis 20 Minuten, verkohlte. Erhitzt man frisch abgeschnittene Zweige einige

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at


Centimeter oberhalb des Schnittes etwa an der Flamme einer Spirituslampe, so bemerkt man nach einiger Zeit, dass aus dem Querschnitt Wasserdämpfe, zuweilen mit zischendem Geräusch entweichen, indem sie nicht selten kleine Mengen Flüssigkeit vor sich her und aus dem Querschnitt heraustreiben. Erst nachdem das Entweichen der Dämpfe aufgehört hat, tritt die Verkohlung ein. Die Temperatur, bei welcher diese beginnt, habe ich beim Hollunderholz als zwischen 154° und 159° C liegend ermittelt.[1]) Kerbt man einen lebenden, an der Mutterpflanze befindlichen Zweig vor dem Erhitzen ein, so tritt bei dieser Temperatur, wie ich mehrfach erfahren habe, sicher eine Verkohlung ein, die sich so weit über den Holzcylinder erstreckt, als die Gefässe und Zellen durch den Kerb geöffnet sind und der Wasserdampf entweichen kann.

Ob und wie weit durch die erhitzten Wasserdämpfe eine chemische oder physikalische Veränderung der Zellmembranen hervorgerufen wird, vermag ich nicht anzugeben. Doch scheinen manche gelegentliche Wahrnehmungen, die ich bei den einzelnen Versuchen machte, darauf hinzudeuten, dass auch die Membranen verändert waren.

Endlich darf ich nicht unerwähnt lassen, dass es unmöglich ist, aus den Veränderungen der Stärke einen Schluss zu machen auf die Temperatur, welche im Inneren des Zweiges geherrscht hat. Trockene Stärke verwandelt sich bekanntlich bei 160° C in Dextrin und verliert damit die Eigenschaft, sich mit Jod zu bläuen. Bei nasser Stärke tritt die Umwandlung noch früher ein. In allen meinen Versuchszweigen färbte sich nun die Stärke mit Jod blau. Als ich aber Hollunderholz untersuchte, welches auf die in der Note angegebene Weise durch Erhitzen auf 200° C so weit verkohlt war, dass es im Inneren gleichmässig dunkel-sepiabraun gefärbt erschien, fand ich, dass dennoch die Stärke sich mit Jod bläute, wiewohl das Protoplasma der Zellen in eine braune Substanz verwandelt war. Ich vermuthe, dass für die in den engen Hohlräumen der Zellen mit wenig Wasser und eiweisshaltigen Stoffen umgebene Stärke andere Gesetze der Zersetzung gelten als für reine Stärke.

Ich lasse nunmehr eine Reihe von einigen der in Rede stehenden Versuche hier folgen.

---

1) Die Bestimmung fand in der Weise statt, dass ich aus fingerdicken 5 *cm* langen, frischen Zweigstücken von *Sambucus nigra* das Mark 2 *cm* weit ausbohrte, ebenso weit die Rinde entfernte, in die Höhlung die gut passende Kugel eines Thermometers schob und das so vorbereitete Holz in einem Wärmkasten erhitzte. Das Thermometer stieg langsam bis auf 100° C., blieb hier einige Zeit stehen, um dann rasch höher zu steigen. Die Versuche wurden im Januar angestellt, das angewandte Holz war sehr wasserreich. Bei der im Text angegebenen Temperatur zeigte das Holz selbst in den innersten Lagen eine hellbraune Farbe und verbreitete den Geruch des frischen Brotes. Es war vollkommen trocken und leicht zerbrechlich geworden.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at


### 6. Versuch. **Prunus domestica.**

Am 8. Mai, etwa 3—5 Wochen nach dem Austreiben der Knospen, wird ein 65 *cm* langer Spross in der Nähe seiner Basis auf 2 *cm* entrindet. Der Spross befindet sich 1,4 *m* oberhalb des Erdbodens. Er besitzt 12 diesjährige Triebe mit mehr als 80 Blättern, deren Fläche auf ca 7 □*dm* festgestellt wird. In der geringelten Stelle beträgt der Durchmesser des Holzcylinders 3,5 *mm*. Nachdem letzterer einmal gespalten und durch ein eingeklemmtes Schieferstück auseinander gesperrt ist, wird er mittels Kerze über eine viertel Stunde in der angegebenen Weise erhitzt, bis er an der Oberfläche eine hellbraune Farbe angenommen hat. Er scheint nunmehr sehr trocken zu sein: das eingeklemmte Schieferstück lässt sich leicht herausnehmen, die vorher nur gewaltsam zu trennenden Ränder des Spaltes klaffen weit auseinander. Die Rinde 0,5 *cm* oberhalb und 0,5 *cm* unterhalb der Ringelstelle ist verschrumpft und getödtet. Ein kleiner, oberhalb stehender Spross ist durch die Hitze gänzlich vertrocknet und zum Theil verbrannt; er wird entfernt. Die operirte Stelle wird durch Abwischen mit einem Tuche und Abspülen mit kaltem Wasser von Russ befreit[1]), darauf fest mit Stanniol und Bindfaden umwickelt, so dass die ganze umhüllte Strecke 8—9 *cm* lang war.

Der operirte Spross bleibt bis zum 14. Mai, also 6 Tage hindurch vollkommen frisch und unterscheidet sich von unverletzten Zweigen in keiner Weise. Während der ganzen Zeit herrschte eine für die Jahreszeit ungewöhnliche Hitze — Lufttemp. um $2^h$ Nm. 19°—23° R —. Abgeschnittene *Prunus*-Zweige vertrocknen in kurzer Frist. Am 14. war das Wetter nach einem voraufgegangenen Gewitter veränderlich, regnerisch, bei sinkender Temperatur. Am 15. kaltes, regnerisches Wetter ($2^h$ Nm. 9° R). Trotz des Regens beginnt der Spross zu welken. Am 16. fortgesetzt kühle und regnerische Witterung: alle Blätter und grünen Stengeltheile sind des Morgens um $8^h$ wieder nahezu turgescent und bleiben in diesem Zustande über Tag. Am 17. steigt unter wiederholten Regenschauern die Temperatur wieder bis auf 23½° R, und nun nimmt das Welken rapide zu, so dass in zwei Tagen nicht nur die Blätter, sondern auch die Rinde des Zweiges gänzlich verdorren.

### 7. Versuch. **Prunus insititia.**

23. Mai 1884. Vm. $9^h$. — Der 32 *cm* lange Versuchszweig besitzt 40 Blätter, deren Fläche am Schlusse des Versuches ca 340 □*cm* beträgt. An seiner Basis eine Strecke von 3 *cm* entrindet, gespalten und mit einer dicken Lage von Stanniol umhüllt. Es wird bis zum Schmelzen des Stanniols (230° C) erhitzt. Die Spalthälften klaffen jetzt weit aus einander und erleiden infolge der Austrocknung eine beträchtliche Torsion. Sie werden durch Zusammenbinden wieder genähert, die

1) Bei den folgenden Versuchen unterblieb dies.

Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

operirte Stelle wird mit Stanniol fest umwickelt. Nichtsdestoweniger lässt sich die Torsion dadurch nicht redressiren, der Zweig nimmt infolge dessen eine derartige Stellung an, dass sämmtliche Blattunterseiten nach oben gekehrt sind; in derselben wird er befestigt.

Am 24. haben fast sämmtliche Blätter ihre normale Lage wieder angenommen. In den Nachmittagsstunden des 25. zeigt sich in den Blattstielen eine kaum wahrnehmbare Erschlaffung, die gegen Abend wieder verschwindet. Das Wetter war warm, fortgesetzt sehr windig, am 26. Vormittags ein kurzer Platzregen. Erst in den Nachmittagsstunden des 28. werden die Blattstiele deutlich schlaff. Das Wetter ist kühl und regnerisch. Im Laufe des Nachmittags werden in drei Intervallen zusammen 205 □*cm* Blattfläche abgeschnitten. Früh am andern Morgen (29.) sind die zurückgebliebenen 11 Blätter wieder nahezu turgescent geworden. Im Laufe des Tages werden sie langsam wieder schlaffer.

Am 30. Mai $7^h$ Vm. werden abermals 78 *qcm* Blattfläche entfernt. Es sind nur noch 6 mittelgrosse Blätter mit einer Fläche von 60 *qcm* vorhanden, die stärker als früher welken. Sogar die grüne Rinde des Zweiges beginnt jetzt zn verschrumpfen und am folgenden Tage ist der ganze Zweig oberhalb der Operationsstelle verdorrt.

### 8. Versuch. **Prunus insititia.**

23. Mai 1884. Vm. $10^h$. — Ein vorjähriger Spross mit 27 Blättern, deren Fläche ca. 3 *qdm* beträgt wird auf 28 *mm* oberhalb seiner Basis geringelt, der Holzkörper gespalten und erhitzt. Infolge einer Unachtsamkeit brennen beide Spalthälften auf der Unterseite etwas durch. Die präparirte Stelle wird mit Stanniol fest umwickelt.

Bis zum Vormittage des 25. bleibt der Zweig vollkommen frisch. Das Wetter warm und trocken. Gegen $2^h$ Nm. an diesem Tage beginnen die Blattstiele ein wenig zu erschlaffen und bleiben so während dieses und des folgenden Tages. In der Nacht zum 27. findet ein lebhafteres Welken statt. Der Versuchszweig wird am Morgen dieses Tages um $7^h$ einige *cm* unterhalb der verbundenen Strecke abgeschnitten und in Wasser gestellt, in welchem er sich indessen nicht wieder erholt.

Der ganze Zweig wird der Länge nach in der Weise gespalten, dass die in der entrindeten Stelle befindlichen, früher erzeugten Spalthälften nochmals halbirt werden. Das erhitzte Holz macht sich sofort auf einer Strecke von 3,6 *cm* durch seine Färbung bemerkbar. Während nämlich das gesunde Holz weiss mit grünlichem Tone erscheint, ist jenes weissgelb mit bräunlichem Tone. Macht man mit dem Rasirmesser Schnitte durch gesundes und erhitztes Holz, so merkt man an dem verschiedenen Widerstande, den das Messer in ihnen erfährt, dass sie ihrer Natur nach verschieden sind.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at


An den Stellen, wo beide Holzarten an einander grenzen, befindet sich eine schmale gelbbraune Zone, welche vom Mark bis zum Cambium reicht. Von der oberen der beiden gefärbten Grenzregionen ziehen in acropetaler Richtung schmale bräunliche Streifen durch das gesunde Holz, während das erhitzte Holz, sowie der basipetale Theil des gesunden frei von diesen Streifen erscheinen. Durch die mikroskopische Untersuchung wird festgestellt, dass diese Bräunung von gummiartigen Substanzen herrührt, die in den Gefässen und Tracheiden in Form von Kugeln, Tropfen oder unregelmässigen Wandüberzügen enthalten sind und stellenweise die Gefässe gänzlich verstopfen.

Durchschneidet man die Stengelhälften in der Mitte der erhitzten Region, so erscheinen die Querschnitte elliptisch, umgeben von einer peripherischen Schicht hellbraunen, harten, spröden, an den Kanten nicht durchscheinenden Holzes. In den Scheitelregionen der Ellipse sind die Zellen alle schwarzbraun, gänzlich verkohlt. Das Centralfeld des Querschnittes ist gelb gefärbt, mit der Lupe betrachtet erscheint es glasig, bei 10maliger Vergrösserung sind die Gefässe auffallend deutlich zu erkennen. Ganz frisches, gesundes Holz in Zweigen von gleicher Dicke wie der Versuchszweig ist an der äusseren Peripherie gelblich, nach innen hin grünlich gefärbt, im Ganzen an den Kanten etwas durchscheinend, nicht glasig, sondern matt, die grossen Gefässe sind mit derselben Lupe nur schwer zu erkennen. — Die erwähnten Gefässausfüllungen sind nirgends in dem erhitzten Holze anzutreffen.

Der Gesammtdurchmesser des Holzkörpers beträgt in der erhitzten Strecke 2,5 *mm*, dir Dicke des Holzmantels 0,4–0,6 *mm*.

### 9. Versuch. **Ribes rubrum.**

24. Mai 1884. Vm. $8^h$. — Ein vorjähriger Spross mit 20 Blättern (ca. 2 *qdm*) wird auf 21 *mm* geringelt. Die entrindete Stelle wird in 4 Theile gespalten, die Spalten durch Schieferstückchen offen gehalten, die Ringelstelle mit einer Hülse von dünnem Platinblech umgeben und dann andauernd erhitzt. Als Rauch und Brandgeruch auftraten, hörte ich mit dem Erhitzen auf und umwickelte das sehr trocken erscheinende oberflächlich stellenweise bis zur Schwärzung verkohlte Holz fest mit Stanniol.

Bis zum 12. Juni lässt der Zweig nicht den leisesten Unterschied gegenüber unversehrten Zweigen wahrnehmen. Die diesjährigen Triebe verlängern sich und krümmen sich geotropisch, da der Zweig beim Festlegen eine von seiner früheren Stellung abweichende Lage erhalten hatte. Erst an diesem Tage tritt eine leichte Verfärbung der Blätter ein, ohne dass sich ihr Tugorzustand merkbar ändert.

Am 13. Juni hat die Verfärbung, welche Aehnlichkeit mit dem Uebergang normaler Blätter in die Herbstfärbung besitzt, zugenommen. Gleichzeitig ist die Rinde der grünen, diesjährigen Triebe auffallend

Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

blass geworden; schwache Längsrunzeln erscheinen auf ihr. Dieser Zustand wird in den folgenden Tagen langsam deutlicher. Die Blattstiele bleiben dabei unverändert in ihrer Lage, sind aber anscheinend dünner geworden. Erst am 18. Juni werden die Blattspreiten welk.

Auch hier zeigt sich, dass das erhitzte Holz in Färbung und Härte von dem nicht erhitzten desselben Zweiges auffallend abweicht. Ebenso finden sich hier wie bei dem vorigen Versuche die bräunlichen Regionen an den Grenzen zwischen dem gesunden und dem abgetöteten Holze. In gleicher Weise ziehen sich von der acropetalen Grenze aus schmale braune Streifen durch das unveränderte Holz. Wie bei *Prunus insititia* wird die Bräunung hervorgerufen durch reichliche Mengen einer im durchfallenden Lichte tief gelben, gummösen Substanz in den trachealen Elementen des Holzes, zu der sich noch überaus zahlreiche kleine, kuglige oder traubenförmige Thyllen gesellen. Die gummöse Substanz ist vorwiegend in dem diesjährigen Holze enthalten, während Thyllen sich in beiden Jahresringen vorfinden. Dieselben Verhältnisse wiederholen sich an der basipetalen Grenzregion mit dem Unterschiede, dass die Gefässausfüllungen hier minder massenhaft auftreten wie an der andern Grenze und in den Längsstreifen. Das erhitzte Holz ist frei von allen Gefässausfüllungen.

Gesammtdurchmesser des Holzkörpers in der Ringelzone 3,5 *mm*. Dicke des Holzmantels 0,6 *mm*.

### 10. Versuch. **Ribes rubrum.**

23. Mai 2$^{h}$ Nm. — Ein vorjähriger mit 30 grossen Blättern besetzter Zweig wird auf 26 *mm* entrindet, der Holzkörper in 4 Theile gespalten, mit einer dicken Schicht Stanniol umwickelt und bis zum Abschmelzen desselben erhitzt. Nachdem diese Prozedur wiederholt ist, wird der Holzkörper noch direkt mit der Flamme erhitzt, wobei er an der einen Seite durchbrennt. Nunmehr wird die Operationsstelle mit Stanniol fest umwickelt.

Bis zum 3. Juni zeigt der Zweig keinerlei Veränderungen, die auf eine Erkrankung deuten. Nachdem an diesem Tage ausserordentliche Hitze geherrscht hatte, wurde der Zweig am darauffolgenden, minder heissen Tage sehr rasch welk. Es werden daher 26 Blätter mit einer Fläche von ca. 5 *qcm* abgeschnitten. Die zurückgebliebenen 4 Blätter und die Endknospe welken ununterbrochen weiter.

Die abgeschnittenen, sehr welken Blätter werden auf der Oberfläche von Wasser zum Schwimmen gebracht, so dass ihre Stiele in die Flüssigkeit eintauchen. Nach kaum 30 Minuten sind sie alle wieder turgescent geworden.

### 11. Versuch. **Corylus Avellana.**

11. August 1884. Vm. 8$^{h}$. — Ein vorjähriger Spross mit 10 grossen Blättern wird auf 3,5 *cm* geringelt, der entblösste Holzkörper

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at


mittelst des Apparates 22 Minuten hindurch über 200° C. erhitzt bis zum Maximum von 277° C. Er erscheint darnach an der Oberfläche schwach weissbraun. Die Wunde wird mit Stanniol fest umwickelt.

Am 15. August 9$^h$ 30′ Vm. beginnt das Welken und nimmt im Laufe des Tages beträchtlich zu. Das Wetter war während der ganzen Zeit anhaltend trocken, sonnig und warm (18°—20° R. um 2$^h$ Nm.)

16. August 9$^h$ Vm. Das Welken ist stärker geworden. Der Wipfel des Versuchszweiges, mit 6 Blättern versehen; wird unter Wasser abgeschnitten und darin stehen gelassen. Nach wenigen (noch nicht 5) Minuten haben seine Blätter ihre volle Turgescenz wieder erlangt. Der Wipfel bleibt über 8 Tage in öfters erneuertem Wasser stehen und unterscheidet sich in seinem Verhalten von gewöhnlichen abgeschnittenen *Corylus*zweigen in keiner Weise.

Die Schnittfläche des an der Mutterpflanze verbliebenen Restes des Versuchszweiges ist sofort fest verbunden worden. Der Zweig hatte Gelegenheit beim Abschneiden seines Wipfels unter Wasser letzteres reichlich aufzusaugen. Dementsprechend erholen sich die ihm verbliebenen 4 Blätter gleichfalls, aber nur vorübergehend. Sie sind am folgenden Tage (17. August) welker als vorher und vertrocknen bald darauf gänzlich.

### 12. Versuch. **Sambucus nigra.**

14. Juli 1884. Mittags 12$^h$ (Temp. 23° R.). — Ein Spross mit zahlreichen Blättern, deren Gesammtfläche etwas über 8 *qdm* beträgt, wird in bekannter Weise geringelt, der entblösste Holzkörper mit Hilfe des Apparates 12 Minuten hindurch über 150° C. erhitzt bis zum Maximum von 232° C. und die Wundstelle mit Stanniol umwickelt.

Am 16. Juli Nachmittags kündigt sich der Beginn des Welkens mit einer geringen Erschlaffung der Blattstiele an. Während dieses und der vorhergehenden Tage herrschte eine drückende Hitze, in den Nächten fanden heftige Gewitterregen statt, wogegen über Tag der Himmel vorwiegend heiter war. Gegen 8$^h$ Abends sind alle Blätter deutlich welk.

Am 17. Vm. 8$^h$ werden sämmtliche Blätter bis auf 6, welche eine Fläche von 250 *qcm* besitzen, entfernt, ohne damit irgend einen hemmenden Einfluss auf das Welken auszuüben.

Am 18. um 8$^h$ Vm. wird der Spross unterhalb der Operationsstelle durchschnitten und auf ein hinreichend grosses Manometer gepflanzt. Der Wasserdruck auf den aufnehmenden Querschnitt beträgt 50 *cm*. Die ganze Vorrichtung wird in einen kühlen, dunklen Raum gestellt, der mit Wasserdampf nahezu gesättigt ist. In 24 Stunden dringen kaum 1,5 *qcm* Wasser in den Zweig ein. Er ist nicht wieder frisch geworden. Als er nun 3 *cm* oberhalb der Ringelstelle durch-

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at


schnitten wird, dringt sehr wenig Wasser durch den Querschnitt hindurch. Nach 4 Stunden ist das Niveau des langen Schenkels nur um wenige Millimeter gesunken. Bei der mikroskopischen Untersuchung finden sich Ausfüllungen der Gefässe in der Nähe der Grenzen des getödteten Holzes in Form gummöser Massen. Daneben sind, zumal in der basipetalen Region, noch Thyllen bemerkbar.

Die Länge der abgetödteten Stengelstrecke betrug 7,6 *cm*, der Gesammtdurchmesser des Holzcylinders 3,5 *mm*, die Dicke des Holzmantels in der erhitzten Region 0,7—0,8 *mm*.

### 13. Versuch. **Ribes rubrum.**

14. August 1884, Vm. $2^h$ (Temp. 10° R.). — Ein Zweig mit 14 grossen Blättern wird an seinem untern, zweijährigen Theile entrindet, und mittelst des Apparates 5 Mal hintereinander erhitzt. Nach jeder Erhitzung wird dieser geöffnet, um die Beschaffenheit des Holzkörpers mustern zu können.

| | Minuten | über ° C. | im Mittel ° C. | Maximum ° C. |
|---|---|---|---|---|
| Erste Erhitzung . . . . . | 22 | 200 | 248,5 | 310 |
| Zweite „ . . . . . | 10 | 200 | 244 | 304 |
| Dritte „ . . . . . | 19 | 190 | 269 | 310 |
| Vierte „ . . . . . | 22 | 190 | 268,5 | 307 |

Nach der letzten Erhitzung erscheint die Oberfläche des Holzkörpers leicht gebräunt. Er wird mit geschmolzenem Siegellack umhüllt.

Bis zum 19. August sind keinerlei wesentliche Veränderungen an dem Zweige wahrnehmbar. Erst am 20. erscheinen die grossen unteren Blätter etwas blass. In den folgenden Tagen wird die Verfärbung deutlicher und dem Beginn der Herbstfärbung ähnlicher[1]). Am 28. macht sie sich auch bei den oberen Blättern bemerkbar. Am Nachmittag des 30. August tritt das Welken ein, das sich zunächst in einer Erschlaffung der sämmtlichen Blattstiele, am folgenden Morgen auch in den Spreiten kund giebt. Am 1. September wird der Zweig einige Centimeter unterhalb der Wundstelle unter Wasser abgeschnitten und auf ein Manometer gesetzt.

Selbst nach mehrstündlicher Einwirkung eines Druckes von 47,2 *cm* Quecksilber gelingt es nicht in den Zweig Wasser zu pressen. Die

1) Zur Zeit des Versuches war noch nirgends an den Johannisbeersträuchern in Prenzlau die Herbstfärbung eingetreten. Dies erfolgte erst nach dem 10. Oktober des Jahres (1884).

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at



Blätter welken in Folge dessen stärker. Nunmehr wird der 16,5 *cm* lange Wipfel des Versuchszweiges, welcher allein die sehr welken Blätter trägt, unter Wasser abgeschnitten und auf eine zweite Druckvorrichtung gebracht, wo die Blätter bei einem Wasserdruck von 59 *cm* in einigen Stunden, so weit sie nicht ganz verdorben sind, wieder turgescent werden.

Das untere an dem Manometer verbliebene, 11,8 *cm* lange Stengelstück lässt bei einem Quecksilberdruck von 62 *cm* erst nach längerer Zeit so viel Wasser durch sich durchtreten, dass der freie Querschnitt eben dadurch benetzt wird.

Indem ich nun das 11,8 *cm* lange Stengelstück in mehrere Theile zerlegte, deren jeder auf einem Manometer befestigt wurde, suchte ich den Ort näher zu ermitteln, in welchem der Hauptwiderstand gegen die Durchlassung des Wassers seinen Sitz hat.

Auf diese Weise lässt sich an der oberen Grenze des abgetödteten Holzes, welche durch einen während des Versuches entstandenen ringförmigen Kalluswulst gekennzeichnet ist, eine besonders die Permeabilität hindernde Stelle nachweisen. Das betreffende, 4,9 *cm* lange Stengelstück hält dem Druck einer 40,7 *cm* hohen Quecksilbersäule Widerstand, ohne Wasser durch zu lassen.

Bei der mikroskopischen Untersuchung dieses Stengelstückes erklärt sich dieser Widerstand aus dem Vorhandensein überaus zahlreicher Thyllen in den trachealen Elementen des Holzes dicht oberhalb des Kallusringes, also an der Grenze des durch die Hitze getödteten Holzes. Ebenso finden sich auch Thyllen an der unteren Grenze, doch minder zahlreich, so dass hier relativ geringe Druckkräfte Wasser hindurch zu pressen vermögen. Gummisecretionen sind in beiden Grenzregionen nur auf einige Gefässe beschränkt. In der erhitzten Strecke finde ich die trachealen Elemente leer.

Die ganze abgestorbene Stengelstrecke besass eine Länge von 9,2 *cm*, die Dicke des Holzmantels in der Mitte der Ringelzone betrug 0,5—0,7 *mm*.

### 14. Versuch. **Populus alba.**

15. September 1884. Nm. 6 $^{h}$. — Ein 41 *cm* langer vorjähriger Zweig mit 15 Blättern, deren Gesammtfläche sich am Ende des Versuchs auf rund 400 *qcm* herausstellt, wird auf 2,5 *cm* entrindet und hier mittelst Kerze erhitzt. Die Operationsstelle wird mit Stanniol fest umwickelt und neben den Versuchszweig ein ihm ähnlicher abgeschnittener Zweig gehängt.

Am 21. September stellt sich das Welken ein, gegen Abend sind einige untere Blätter vertrocknet. Am Nachmittag des 22. ist der ganze Zweig bis auf einige Blätter an der Spitze vertrocknet. Er wird unter Wasser abgeschnitten und auf einem Manometer befestigt. Es

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at


gelingt nicht, selbst bei Anwendung hoher Quecksilberdrucke, Wasser in den Zweig zu pressen. Zur Ermittelung des Ortes, in welchem der Hauptwiderstand seinen Sitz hat, verfahre ich in der nämlichen Weise, wie bei dem vorigen Versuche, indem ich nach einander 5 *cm* lange Strecken abtrage und sie einzeln auf ihre Permeabilität untersuche. Es zeigt sich, dass der Widerstand nur an den Grenzen des abgetödteten Holzes stattfindet, derart, dass durch das 8,9 *cm* lange Stengelstück, welches diese beiden Grenzen umschliesst, selbst bei einem Druck von 80 *cm* Quecksilber noch kein Wasser durchtritt.

Als Ursache des Widerstandes zeigt sich das Vorhandensein zahlreicher und sehr grosser Thyllen in allen trachealen Elementen der oberen wie der unteren Grenze. Nur relativ wenige Gefässe der unteren Grenzregion enthalten gummöse Substanz, wogegen diese an der oberen Grenze vollständig fehlt.

Das Wetter war während dieses Versuches ungemein warm, die mittlere Tagestemperatur 12—15° R., die niedrigste beobachtete Lufttemperatur 8° R., die höchste 20° R. Nur am 18. September Regen, im übrigen das Wetter trocken, die Thaubildung während der Nächte mässig. Der abgeschnittene Vergleichszweig war 36 Stunden nach dem Beginn des Versuchs schon gänzlich verdorrt.

### 15. Versuch. **Picea excelsa.**

5. August 1885. Nm. 2$^{h}$ (Temp. 23,5° C.). — Eine 25 *cm* lange Endspitze eines Hauptzweiges, die 3 lange, selbst wieder reichlich verzweigte Seitenprosse trägt, wird auf 3 *cm* entrindet und mittelst Kerze erhitzt, nachdem der entblösste Holzkörper in 4 Theile gespalten ist. Die ganze durch die Hitze abgestorbene Region wird mit Stanniol fest umhüllt. Ein dem Versuchszweige ähnlicher Zweig wird abgeschnitten und zum Zwecke des Vergleiches neben jenem befestigt.

Bei dem Versuchszweige machen sich erst am 21., deutlicher am 22. August, also nach 16 Tagen, die Anzeichen einer krankhaften Veränderung bemerkbar, insofern als die noch ziemlich zarten Nadeln, welche die Endknospen umgeben, verschrumpft erscheinen und bei der Berührung abfallen. Der Vergleichszweig war am zehnten Tage nach Beginn des Versuches verdorrt. Das Wetter, in den ersten Tagen sehr warm, war während der letzten 11 Tage sehr kühl und regnerisch.

Mikroskopische Querschnitte, welche aus den Theilen des Stengels entnommen wurden, die dem abgestorbenen Holze angrenzen, zeigen in zahlreichen Tracheiden aller Jahresringe, namentlich an der basipetalen Grenze, eine farblose Masse, welche in Wasser und in Alkohol sich nicht löst und durch Alkanna nicht gefärbt wird. Durch längeres Liegen in concentrirter Kalilauge verändert sie sich nicht, beim Erwärmen des Präparates schmilzt sie. Chloroform oder Aether lösen sie rasch auf. Nach diesen Reactionen zu urtheilen, scheint die Sub-

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at



stanz dem Wachs ähnlich zu sein. — Innerhalb der erhitzten Region sowie in weiteren Entfernungen von den Grenzen des getödteten Holzes ist nichts von ihr wahrzunehmen.

Der Gesammtdurchmesser des Holzcylinders in der erhitzten Zweigstrecke betrug 3,5 *cm*, die Dicke des Holzmantels 1,1 *mm*. Derselbe besteht aus 5 Jahrringen, von denen der äusserste 0,25 *mm* Breite durch die Einwirkung der angewandten Temperatur bis über die Hälfte verkohlt ist.

### 16. Versuch. **Thuja orientatis.**

Am 4. September 1884. Nm. 2 $^{h}$ wird ein kräftiger 30 *cm* langer Zweig einer Topfpflanze in der Nähe seiner Basis 3 *cm* weit entrindet, mit der Kerzenflamme präparirt und die abgetödtete Stelle mit Stanniol umhüllt.

Am 12. macht sich bei genauer Vergleichung des Versuchszweiges mit normalen Zweigen eine Veränderung insofern bemerkbar, als das Grün seines Laubes einen sehr schwachen bräunlichen Ton angenommen hat. Die Wahrnehmung bestätigt sich am folgenden Tage durch ein deutliches Hervortreten der Bäumung des Laubes, welches gleichzeitig etwas schlaff wird. Am 17. ist der grössere Theil des Zweiges vertrocknet. Am 20. wird er unter Wasser abgeschnitten und auf ein Manometer gesetzt. Es zeigt sich, dass alle Theile seines Holzkörpers für Wasser schwer permeabel sind, besonders aber eine 2,2 *cm* lange Strecke, welche die acropetale Grenze des abgestorbenen Holzes umschliesst. Durch dieses kurze Stengelstück vermag ein Druck von 60,5 *cm* Quecksilber erst nach mehreren Stunden ein wenig Wasser zu pressen. Das Gleiche gilt für diejenige kurze Stengelstrecke, welche die basipetale Grenze enthält. Durch frische, gleich dicke Zweigstücke presst ein geringer Ueberdruck das Wasser fast momentan in ununterbrochenem Strome.

Ueber die Ursache der verminderten Permeabilität vermochte ich nicht ins Reine zu kommen. Ich vermuthe, dass hier die nämlichen wachsartigen Massen auftraten, welche ich später bei *Picea excelsa* (vergl. den vorigen Versuch) als Verstopfungsmittel der Tracheiden konstatirte, die mir hier aber entgangen sein mögen.

Ich habe ausser den vorstehenden Versuchen, abgesehen von den beiden letzten, noch eine grosse Zahl anderer an denselben Pflanzen ferner an *Populus nigra*, *Alnus glutinosa*, *Pirus communis*, *Cytisus Laburnum*, *Ribes aureum* in derselben Weise mit analogem Erfolge vorgenommen. Für Versuche an Coniferen gebrach es mir an Material; doch zeigen die beiden mitgetheilten, dass die Erscheinungen hier sich ähnlich gestalten wie bei den Dikotylen. Die wichtigsten Ergebnisse aller dieser Versuche fasse ich in folgenden Sätzen zusammen:

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at


1. Durch starkes Erhitzen wird die Leitungsfähigkeit des Holzes lebhaft transpirirender Sprosse, welche im Zusammenhang mit der Mutterpflanze geblieben sind, zunächst nicht verändert, wofern die Erhitzung nicht bis zur Verkohlung des grösseren Theiles des Querschnittes getrieben wird, sondern höchstens bis zur oberflächlichen Bräunung des Holzkörpers.
2. Nach längerer oder kürzerer Zeit tritt ein Welken des über der Operationsstelle befindlichen Zweiges ein, welches mit einem gänzlichen Zugrundegehen desselben endet.
3. Durch eine Reduction der Blattfläche des welkenden Sprosses kann weder dem Welken noch dem Zugrundegehen desselben Einhalt gethan werden (Vergl. Versuch 7, 10, 11, 12). Höchstens können die an dem Zweig verbliebenen Blätter dadurch vorübergehend wieder einigermassen frisch werden (Vergl. Vers. 7).
4. Zweige, welche unterhalb der Operationsstelle abgeschnitten und in Wasser gestellt sind, werden nicht wieder frisch, selbst wenn man versucht, das Wasser unter Druck einzupressen und die Transpiration durch entsprechende Aenderung des umgebenden Mediums herabzusetzen (Vergl. Versuch 9 und 12).
5. Blätter, welche zu welken beginnen, ebenso oberhalb der Operationsstelle abgeschnittene Sprosse können (wenn rechtzeitig abgeschnitten) wieder turgescent werden und zeigen dann alle Eigenschaften normaler Blätter oder Zweige. (Vergl. Versuch 10, 11, 14.)
6. In den zu Grunde gegangenen Zweigen hat das nicht durch Hitze getödtete Holz dort, wo es an das getödtete grenzt, eine Veränderung erlitten, welche darin besteht, dass sich in den Hohlräumen der Gefässen und Tracheiden mehr oder minder reichliche Mengen gummöser Substanz gebildet haben, zu denen sich oft noch Thyllen, zuweilen in überwiegender Menge gesellen.
7. Die Verstopfungen sind häufig so beträchtlich, dass sich Wasser selbst unter Anwendung bedeutender Druckkräfte nicht mehr durch den Stengel pressen lässt.

   Auch in solchen Fällen, wo minder hohe Druckkräfte hinreichten, liess sich doch stets ein weitaus grösserer Widerstand konstatiren, als in frischen Zweigstücken von gleichen Dimensionen, bei welchen ein minimaler Ueberdruck hinreichte, um reichlich Wasser hindurchtreten zu lassen.

Von den beobachteten Erscheinungen fiel mir am meisten die auf, dass die präparirten Zweige erst nach einiger Zeit zu Grunde gingen. Die unter Punkt 5 zusammengefassten Erfahrungen lassen keinen Zweifel darüber obwalten, dass das Vertrocknen nur einem Mangel an Wasser-

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at



zufuhr zugeschrieben werden konnte. Dass die Zweige längere Zeit hindurch frisch blieben, konnte nicht erklärt werden durch etwa in ihnen vorhandene Wasservorräthe, da abgeschnittene Vergleichszweige stets längst verdorrt waren, wenn an jenen noch keinerlei Veränderungen wahrzunehmen waren. Das Zugrundegehen liess sich auch nicht durch eine unmittelbare Wirkung der hohen Temperaturen erklären, weil es andernfalls hätte sofort nach der Präparation eintreten müssen. Unzweifelhaft war seine Ursache in sekundären Veränderungen zu suchen, welche sich, eingeleitet durch die Erhitzung, in den Zweigen abspielten und derart waren, dass sie den Wasserzutritt zu den Zweigen verhinderten.

Sekundäre Veränderungen wurden nun in der That konstatirt. Sie fanden statt in sehr kurzen Stengelstrecken an den Grenzen der durch die Hitze abgetödteten Zweigstrecke, aber ausserhalb derselben. Als ihre Folge stellte sich am Schlusse des Versuches eine starke Ausfülfung der trachealen Elemente des Holzes mit Gummi oder mit Thyllen heraus, die in den meisten Fällen sogar eine vollkommene Verstopfung dieser Organe bewirkten.

Es lag nahe, in dem Auftreten dieser Substanzen die Ursache des Welkens der Versuchszweige zu suchen, und zum Zwecke einer vollständigen Erklärung studirte ich den Fortgang der Veränderungen vom Beginn des Versuches an Schritt für Schritt.

Zu dem Behufe präparirte ich eine grössere Zahl von Zweigen derselben Art, schnitt sie in bestimmten Zeitintervallen ab und untersuchte sie mit Bezug auf die in ihnen stattgefundenen Veränderungen. Ich kam auf diese Weise zu folgendem Ergebniss.

Erhitzt man einen Zweig von *Prunus domestica* oder *Prunus insititia* nach einer der angegebenen Methoden, so bemerkt man nach der Entfernung der Rinde von der ganzen getödteten Stengelstrecke an den Grenzen dieser eine schmale, bräunliche Ringzone. Fertigt man nicht zu dünne Querschnitte aus dieser Region, so zeigt sich, dass in ihr sowohl die Inhalte der Markstrahlzellen, wie die Membranen des Holzes selbst mehr oder minder intensiv gelb gefärbt sind. Gewöhnlich beschränkt sich diese Färbung bei *Prunus* nur auf die äussersten Lagen des Holzes, bei *Pirus communis* erstreckt sie sich dagegen über den ganzen Querschnitt und bewirkt hier makroskopisch eine mehr graubraune Färbung. Man erkennt ferner, dass der protoplastische Inhalt der Zellen getödtet, die Stärke verquollen oder verkleistert ist. Durch Alkohol und durch Aether lässt sich der Farbstoff nicht entfernen. Weitere Veränderungen treten, soweit ich festzustellen vermochte, zu diesen gleich nach der Präparation wahrgenommenen später hier nicht ein, wie überhaupt in der ganzen getödteten Stengelstrecke keinerlei secundäre Veränderungen wahrzunehmen sind. Dagegen machen solche sich nach mehreren (10—24) Stunden in der nächsten Nachbarschaft geltend, nämlich dort, wo die Zellinhalte noch lebendig sind. Bei

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at


*Prunus*, minder auffallend bei *Pirus*, treten dort zunächst in den Strahl- wie in den Parenchymzellen gelbe gummiartige Massen auf. Bald darauf machen diese sich in den sämmtlichen Membranen bemerkbar, so dass diese auf etwas dicken Schnitten gelb gefärbt erscheinen. Makroskopisch findet man das Holz durch und durch bräunlich tingirt, Fertigt man sehr zarte Schnitte, so ist die Färbung vielfach nicht mehr deutlich wahrzunehmen. Dagegen bemerkt man, dass die Membranen ganzer Zellgruppen intensiv gelb bis gelb-braun gefärbt sind. Diese intensive Färbung ist nicht immer gleichmässig über den Querschnitt der Membran eines Holzelementes ausgebreitet, sondern wiegt bald auf einer Seite derselben vor, bald in der Mittellamelle, bald in der das Lumen unmittelbar auskleidenden Schicht. Besonders sind die Umgebungen der Tüpfel von der intensiven Färbung bevorzugt. Seltener findet man sämmtliche Zellwände in dieser Weise intensiv gefärbt. Dabei bemerkt man noch nirgends in den plasmafreien Hohlräumen das Auftreten von Ausfüllungen. Erst kurz vor dem Eintritt des Welkens findet man eine grössere Zahl von Tracheiden und Gefässen mit gelbbrauner bis dunkelbrauner gummiartiger Substanz ausgefüllt. Schneidet man den Zweig in diesem Stadium ab, so ist er für Wasser noch permeabel. Selbst dann ist dies noch der Fall, wenn sich das Welken bereits eingestellt hat, wofern man hinreichend grosse Druckkräfte verwendet. Sobald aber der Zweig vertrocknet ist, ist auch der Verschluss der Gefässe ein mehr oder minder vollkommener geworden; man findet auf demselben Querschnitt jetzt auch eine grössere Zahl derselben ausgefüllt.

Bis dahin ist die Färbung der Membranen auf demselben Stadium geblieben, welches sie bald nach der Präparation erreichte. Erst jetzt sieht man hier und da, wo die in den Hohlräumen enthaltenen Gummitropfen ihr anlagen, eine stärkere Bräunung, aber keineswegs überall, wo eine solche Berührung stattfindet. Vielmehr tritt diese dunklere Färbung nur ganz vereinzelt auf; die überwiegende Mehrzahl der Membranen bleibt in dem anfänglichen Zustande.

*Ribes* unterscheidet sich von *Prunus* und *Pirus* in soweit, als sich gleich nach dem Erhitzen keine Farbenringe bemerken lassen. Die Membranbräunung und das Auftreten der Gummisecretion in den Hohlräumen des Holzes verhalten sich hingegen wie bei den genannten Pflanzen. Thyllen treten in den von mir beobachteten Fällen erst dann auf, wenn sich die Gummiausfüllung zu zeigen begann. Mit *Ribes* stimmen *Corylus* und *Sambucus* überein.

Wir haben es hier offenbar mit den nämlichen Vorgängen zu thun, wie sie nach der Darstellung von Frank [1]) allgemein im Wundholz

---

1) B. Frank: „Ueber die Gummibildung im Holz und deren physiologische Bedeutung."

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at



der Laubbäume sich abspielen. Die Unterschiede, welche sich im einzelnen ergeben, namentlich die kürzere Zeit, in welcher der Vorgang sich hier vollendet, dürfte sich durch die besondere Art der Verletzung, sowie dadurch erklären, dass hier nicht, wie bei den von Frank hervorgerufenen Verletzungen die atmosphärische Luft auf die Wunde einwirkte. Aber während Frank es als wahrscheinlich hinstellt, dass in den von ihm beobachteten Fällen das Gummi als Schutzmittel und namentlich zum Fernhalten der atmosphärischen Luft von den Hohlräumen des Holzes dient, liegt die Aufgabe des Gummi wie der Thyllen bei meinen Versuchen offenbar darin, den Zutritt des Transpirationsstromes zu dem verletzten Zweige zu verhindern. — Uebrigens unterliegt es für mich keinem Zweifel, dass der Stoff, welcher die Membranen tingirt, durchaus identisch ist mit dem später in den Hohlräumen auftretenden, also in der That Gummi ist, wovon ich mich durch die Uebereinstimmung der Reactionen überzeugt habe.

Ich mache nun vor allen Dingen aufmerksam auf die Thatsache, dass die Gummisubstanz innerhalb der Zellwände auftritt lange bevor an ein Welken der Versuchszweige zu denken ist. Diese Thatsache ist im Stande, ein eigenthümliches Licht auf die Richtigkeit der Imbibitionstheorie zu werfen, nach welcher bekanntlich die rasche Fortleitung des Wassers in den Zellwänden des Holzes auf einer besonderen molekularen Struktur derselben beruht. Es liegt auf der Hand, dass jede Störung dieser Structur sich auf das empfindlichste geltend machen muss auf den Transpirationsstrom: soll doch schon durch längeres Austrocknen des Holzes diesem für immer die Fähigkeit verloren gehen, das Wasser hinreichend rasch zu leiten.[1]) Wieviel mehr müsste dies nun eintreten, wenn die Holzmembran sich in Gummi verwandelt, wie Wigand[2]) den oben geschilderten Färbungsprozess deutet! Aber auch dann müsste der Transpirationsstrom ganz entschieden gehemmt werden, wenn die Membranen wie Frank mit Prillieux[3]) für den in Rede stehenden Fall annimmt, sich mit Gummi imbibirten[4]). Die dunklere Färbung des Kernholzes beruht

1) Sachs, Lehrb. d. Bot. III. Aufl. p. 654. — Vorlesungen über Pflanzenphysiologie. p. 289.

2) Wigand: „Ueber die Desorganisation d. Pflanzenzellen etc.“ Pringsheim's Jahrb. f. w. Bot. III. p. 115.

3) Prillieux: „La formation de la gomme etc.“ Ann. des sc. nat. 6. sér. Bot. t. I. p. 176.

4) Vergl. Frank l. c. p. 326 u. 327. — Auf p. 323 schildert Frank das Auftreten der Membranbräunung vor dem Erscheinen des Gummi in den trachealen Elementen in einer mit meinen Beobachtungen übereinstimmenden Weise, ohne an der eben citirten Stelle, wo er die Frage nach der Herkunft des Gummi erörtert, dieser Thatsache speziell Erwähnung zu thun. Ich glaube nicht fehl zu gehen in der Annahme, dass Frank die vorhergehende Bräunung der Membranen als eine Imbibition derselben mit dem in den lebenden Holzzellen gebildeten Gummi aufgefasst sehen will.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at


auf analogen Vorgängen, wie sie sich im Wundholze darbieten, und es ist bekannt, dass das Kernholz den Transpirationsstrom nicht zu leiten vermag. Unfehlbar müsste mit dem ersten Auftreten des Gummi in den leitenden Zellwänden ein Welken der Blätter sich wahrnehmen lassen. Allein nichts von dem erfolgt. Die operirten Zweige lassen oft viele Tage hindurch nicht den leisesten Unterschied gegenüber unversehrten erkennen, trotz jener Veränderung der Membranen an den Grenzen der abgestorbenen Stengelstrecke. Der Transpirationsstrom findet unbehindert statt, und da er durch die veränderten Membranen meines Erachtens nicht gehen kann, so bleibt keine andere Annahme übrig als die, dass er sich in den Hohlräumen des Holzes bewegt. Man halte mir nicht die Möglichkeit entgegen, dass das Wasser, welches sich sonst und der Regel nach in den Membranen bewege, nur eben an den Orten der veränderten Membranen diese verliess, um sich auf einer kurzen Strecke in den Hohlräumen zu bewegen, man müsste denn nachweisen können, dass in dem Holze so enorme Kräfte vorhanden sind, wie sie für die Ausscheidung des molekular festgehaltenen Wassers aus den Membranen in tropfbarer Form unbedingt vorausgesetzt werden müssen.

Wollte man nun gar trotz aller entgegenstehenden Bedenken annehmen, dass die mit Gummi getränkten Membranen wohl im Stande sein möchten, den Transpirationsstrom zu leiten, so würde man in die grösseste Verlegenheit gerathen, für die plötzliche Sistirung desselben einen Grund zu finden, nachdem er längere Zeit hindurch ungehemmt vor sich ging. Das Zugrundegehen der Zweige würde durchaus räthselhaft bleiben.

Mit Leichtigkeit hingegen erklären sich alle Erscheinungen, welche das Erhitzen des Holzes stark transpirirender Zweige zur Folge hat aus der Annahme, dass die Hohlräume des Holzes, vor allem die Gefässe und Tracheiden, die Bahn des aufsteigenden Wassers bilden.

Zunächst — so deuten wir auf Grund dieser Annahme die Erscheinungen — bleibt der Transspirationsstrom ungehemmt, weil durch die angewandten Temperaturen die Hohlräume nicht, oder wenigstens nicht wesentlich, alterirt sind und würde es immer bleiben, wenn nicht secundäre Prozesse, analog denen, die sich im Wundholze abspielen, einträten, welche zur Folge haben, dass die wasserleitenden Organe verstopft werden. Dadurch wird die Wasserzufuhr von dem operirten Zweige als einem für die Pflanze nutzlos gewordenen Gliede abgeschnitten; er welkt in demselben Masse stärker als die Verstopfung der Hohlräume zunimmt. Befindet sich der Zweig im ersten Stadium des Welkens, wo die Wasserabsperrung noch nicht vollkommen geworden ist, aber das eintretende Waser nicht hinreicht, um den Transpirationsverlust der ganzen Blattfläche zu decken, so kann durch starke Reduktion der letzteren wie bei den *Prunus*-Arten der Zweig wieder

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at



einigermassen frisch werden. Da aber die den Wasserabschluss bezweckenden Veränderungen im Holze ununterbrochen weitergehen, so kann dieses Frischwerden nur vorübergehend sein. In anderen Eällen (z. B. bei *Sambucus nigra*, *Ribes rubrum)* scheint die Gefässausfüllung so rapide vor sich zu gehen, dass selbst ein vorübergehendes Frischwerden der Blätter sich in dieser Weise nicht erzielen lässt. Auch starke Benetzung durch Regen, die bei *Prunus* dem Welken in diesem Stadium zeitweise Einhalt thut, wirkt in den meisten Fällen eher beschleunigend auf dasselbe, wie ich mehrfach wahrgenommen habe, vielleicht weil die Thyllenbildung und Gummisekretion durch feuchte Witterung begünstigt werden. —

Ich sehe in den schwerwiegenden Bedenken, welche sich aus den angeführten Versuchen gegen die Richtigkeit der Inbibitionstheorie ergeben, eines der wichtigsten Resultate derselben und unterlasse es hier, weitere Schlüsse aus ihnen zu ziehen.

Nicht unterlassen aber will ich, darauf hinzuweisen, dass, sobald der Nachweis einer chemischen Veränderung des Holzzellenmembranen durch die in meinen Versuchen angewandten Temperaturen sicher erbracht werden kann, sich ähnliche Bedenken wie die obigen gegen die Imbibitionstheorie erheben würden. Man müsste nämlich, von dem Grundsatze ausgehend: die Zellwände leiten den Transspirationsstrom infolge ihrer eigenthümlichen Structur, auf Grund meiner Beobachtungen den Schluss ziehen: auch chemisch veränderte Holzmembranen leiten den Transspirationsstrom, woraus sich die Unwahrscheinlichkeit der Prämisse ohne weiteres ergeben würde.

---

# ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft

Jahr/Year: 1885

Band/Volume: 3

Autor(en)/Author(s): Weber Carl Albert

Artikel/Article: Ueber den Einfluss höherer Temperaturen auf die Fähigkeit des Holzes den Transpirationsstrom zu leiten 345-371