

Über die Ableitung der Assimilate durch die intakten, die chloroformierten und die plasmolysierten Blattstiele der Laubblätter.

Arbeit aus dem botanischen Institut der Universität Marburg.

Von

Nicolas T. Deleano.

Mit 7 Textfiguren.

Einleitung.

Die Frage nach der Leistung der Siebröhren und die allgemeinere nach den Wegen für die schnelle Wanderung der Kohlehydrate und Eiweißstoffe beschäftigt Herrn Professor Arthur Meyer schon längere Zeit.

Geklärt sind diese Fragen ja keineswegs, auch ist ihre Lösung bisher noch nicht ernstlich versucht worden. Schon Mohl sprach 1855 (S. 897) aus, daß der „Nahrungssaft“ aus den Blättern abwärts fließe in den dünnwandigen Zellen der Baste — namentlich in den Siebröhren.

Durch Hansteins und seiner Vorgänger Versuche war bewiesen, daß sich in der sekundär verdickten Achse der Dikotyledonen die plastischen Stoffe vorzüglich in der sekundären Rinde bewegen, und Hanstein (1860, S. 445) ist auch der Meinung, daß die Siebteile oder Siebstränge, wie er sagt: „die Bündel unverdickter Baströhren“ für die Leitung der plastischen Stoffe wichtig seien; er schließt das vorzüglich aus seinen Ringelungsversuchen an *Nerium Oleander* und *Solanum Dulcamare*, Pflanzen, welche Siebröhren in der Markscheide führen.

1863 (A) sprach Sachs, veranlaßt durch den Gehalt der Siebteile an Eiweißstoffen, die Meinung aus, daß die Siebteile der Leitbündel es seien, welche die Eiweißstoffe leiteten, allerdings dienten sie seiner Meinung nach nebenbei (S. 50) auch zur Stärkeleitung,

da sie ja auch Stärke enthalten könnten. Die eigentlichen Leitungsbahnen für Kohlehydrate sind ihm jedoch die Parenchymschichten der Blattstiele und der Rinde.

Im gleichen Jahre (1863 B) spricht Sachs weiter die Ansicht aus, daß es vorzüglich die Stärkeschicht (Stärkescheide) sei, in welcher die Stärke (die Kohlehydrate) wandere.

Demgegenüber hat Herr Professor Meyer 1883, S. 27 und 28 folgendes gesagt: „Trotzdem aber die Stärke weder in den assimilierenden grünen Zellen noch in den farblosen der Reservestoffbehälter zu finden ist, geht den Zellen der Pflanze die Fähigkeit, Stärke zu bilden, durchaus nicht völlig ab. In der Umgebung der Gefäßbündel der Blattnerven findet man nämlich fast immer als Einschlüsse der hellgrünen Chlorophyllkörner der Parenchymzellen farblose, kugelige Massen, die sich mit Jodwasser rot und violett färben und schon durch sehr dünne Jodkaliumlösung sofort unter Rotfärbung quellen. Es sind dies durch die Fermente der Zellen stark veränderte Stärkekörner, die sich bei *Gentiana lutea* nur noch in der Gefäßbündelscheide der Blattstiele ausbilden können, einer Gewebeschicht, welcher diese Eigenschaft auch bei stärke-reichen Pflanzen besonders zukommt, was veranlaßt hat, sie als den hauptsächlichsten Transportweg für die Stärke zu betrachten. Diese Auffassung scheint, wie ich an anderer Stelle noch näher auseinandersetzen werde, unrichtig zu sein. Das Vorkommen der Stärkekörner an der besprochenen Stelle bei *Gentiana lutea* scheint, wie in allen anderen ähnlichen Fällen, seinen Grund vielmehr darin zu haben, daß die große Menge von Kohlehydraten, die von den Blättern erzeugt werden, hauptsächlich ihren Weg durch die wenigen Elemente des Blattspurbündels nehmen müssen, so daß die denselben direkt angrenzenden Zellen durch Diffusion einen so großen Überschuß von diesen Substanzen erhalten, daß sie gezwungen sind, denselben in Form des kondensierten Reservematerials, der Stärke, niederzulegen. Die Gefäßbündelscheide würde auch nur einen sehr kurzen Leitungsweg für die Kohlehydrate bilden, da sie ja nur einige Zentimeter lang ist und in den hier und da meterlangen unterirdischen Teilen der Pflanze durchaus fehlt. Mir scheint daher die Theorie viel mehr Wahrscheinlichkeit zu besitzen, daß die Siebröhren die vorzüglichsten Diffusionswege der gelösten stickstofffreien und stickstoffhaltigen Assimilationsprodukte der Blätter sind, wozu sie durch den direkten Zusammenhang der Protoplasmakörper ihrer Glieder sehr geeignet erscheinen.“

Schimper (1885) meinte dagegen, daß die Leitung der Kohlehydrate in dem Parenchym der Blattnerven und Blattstiele, mit Ausschluß der Stärkeschicht, erfolge, nicht in den Leitbündeln. Seine Beweise für diese Ansicht erscheinen jedoch, wie Herr Prof. Meyer an anderer Stelle zeigen wird, völlig ungenügend.

Heine (1885) machte Versuche, vorzüglich Ringelungsversuche, an Keimpflanzen, durch welche er zeigte, daß die „Stärkescheide“ nicht das hauptsächliche Leitungsorgan für die Kohlehydrate ist. Er sagt:

„Die in den Stärkezellen vorkommende Stärke ist nicht auf Wanderung begriffen, ein Stoffaustausch findet in ihnen nicht von Zelle zu Zelle statt, sondern die Stärke befindet sich in ihnen in einer Art von Ruhezustand, und das zu ihrer Bildung notwendige Material wird ihr aus der in allen Parenchymzellen nachweisbaren und hier offenbar auf Wanderung begriffenen Glykose geliefert.“

Zuletzt hat sich Friedrich Czapek (1897) eingehender mit der Frage nach der Leitung der plastischen Stoffe beschäftigt, in einer Arbeit, welche betitelt ist: „Über die Leitungswege der organischen Baustoffe im Pflanzenkörper“.

Diese Arbeit soll hauptsächlich zeigen, daß alle Assimilate in den Siebteilen der Leitbündel wandern. Er faßt unter: „Assimilaten entgegen dem herkömmlichen botanischen Gebrauche, welcher nur die Kohlehydrate als direkte Assimilationsprodukte bezeichnet, alle im Pflanzenkörper synthetisch gebildeten organischen Stoffe zusammen“ (S. 2), sowohl die stickstofffreien als stickstoffhaltigen, also mindestens die plastischen Stoffe; vielleicht meint er sogar noch andere. Die Siebteile der Leitbündel sind also nach ihm die einzigen Transportwege auf lange Strecken für sämtliche Assimilate (S. 24).

Er teilt also die Ansicht Mohls und wesentlich auch die von Herrn Prof. A. Meyer. Er widerspricht der Ansicht Sachs' von der Bedeutung der „Stärkescheide“ für die Leitung der Kohlehydrate wie Heine und wie Herr Prof. A. Meyer und der Meinung Schimpers, daß die Kohlehydrate in der „Leitscheide“¹⁾ wandern (S. 23). Freilich spricht Czapek der Leitscheide nicht alle Bedeutung als Leitungsweg ab, denn er sagt S. 23:

1) Wie Herr Prof. A. Meyer an anderem Orte zeigen wird, versteht Schimper eigentlich, nach seinen Beispielen, unter Leitscheide teilweise das Parenchym der Blattstiele, teilweise die Endodermis.

„Anderseits muß aber zugegeben werden, daß den Leitscheiden gewiß eine Funktion bezüglich der Ableitung der Assimilate zuzusprechen ist und daß sie entschieden als Leitparenchym zu betrachten sind, welches bis zu einem gewissen Grade die Siebteile der Nerven, die ja doch relativ schwach entwickelt sind, in ihrer Leistung unterstützen. Ebenso gewiß ist aber nach dem Ergebnis unserer Resektionsversuche an Blattstielen, daß vom Grunde der Lamina an der Transport der Assimilate völlig durch die Leistung der Leptomteile der Leitbündel im Blattstiel besorgt wird.“

Da Herr Prof. Meyer schon 1883 ausgesprochen hatte, daß die Siebröhren auch die Kohlehydrate zu leiten schienen, und nach Beweisen für diese Meinung suchte, interessierten ihn die Versuche, welche Czapek zum Beweise seiner Anschauung angestellt hatte. Es schien ihm, als seien die meisten der Versuche durchaus nicht einwandfrei, vorzüglich die nicht, welche mit Laubblättern angestellt waren, weil 1. bei diesen teilweise die vergleichenden Versuche nicht mit einem Blatte, sondern mit einzelnen verschiedenen, niemals sicher gleichen Blättern angestellt wurden, teilweise die Einzelheiten vorher nicht genügend kontrolliert wurden (Versuch 1, Czapek), und weil 2. Czapek die Tatsache nicht genügend berücksichtigt hatte, daß der Stärkeverlust des Blattes nicht allein nur durch Auswanderung hervorgerufen wird, wie das auch wieder durch die Resultate von Bäseckes Beobachtungen (1908) in den Vordergrund gestellt worden ist.

Wenn in einem an der Pflanze sitzenden Blatte die Stärke verschwindet, so kann das ja verschiedene Gründe haben. Die verschwindende Stärke wird immer „transformiert“, zuerst in Zuckerarten, diese werden dann 1. veratmet, 2. vielleicht in Eiweißkörper oder andere Körper umgewandelt, 3. in die Pflanze gesandt. Also nur ein Teil der verschwindenden Stärke wandert aus. In abgeschnittenen Blättern verschwindet die Stärke infolge von Transformation in Zucker, Kohlensäure + Wasser, eventuell auch Eiweißkörper ebenfalls nach und nach, nur die Auswanderung ist unmöglich.

Herr Professor Meyer veranlaßte mich nun, unter seiner Leitung eine genaue Nachuntersuchung der Czapekschen Versuche unter Berücksichtigung der eben angedeuteten Einwände zu machen, vorzüglich auch deshalb, weil ihm die interessante Fragestellung Czapeks über den Einfluß der Plasmolyse und der Narkose auf die Auswanderung der Kohlehydrate einer weiteren Verfolgung würdig erschien.

Es wird die Darstellung vereinfachen, wenn wir zuerst über die Versuche Czapeks, welche uns hier interessieren, kurz referieren und sie gleich mit Nummern versehen, auf welche wir uns später beziehen können.

Czapek stellte zuerst eine Reihe von Versuchen mit Laubblättern, vorzüglich mit Weinblättern, an, die ich der Reihe nach aufführe und nummeriere.

Versuche mit Blättern von *Vitis vinifera*.

Versuch 1 (1897, S. 4).

Czapek schnitt am 8. Juli 6³⁰ Uhr nachm. an der oberen Hälfte des Blattstiemes „dreier kräftiger Blätter eines Weinstockes“ ein 1—2 mm langes Stück so heraus, daß nur gerade die eine Blattstiellängshälfte bis zur Mediane des Blattstiemes intakt blieb. Von einer Untersuchung des anfänglichen Stärkegehaltes der operierten Blätter sagt Czapek nichts. „Nach einer windstillen und warmen Nacht“ untersuchte er mittels der Sachs'schen Jodprobe die Blätter wieder und fand folgendes: „An Blatt 1 war an der operierten Seite in der Lamina ein schwarzblaues Netz längs der feinsten Nerven sichtbar; die andere Spreitenhälfte war vollkommen farblos. Blatt 2 war auf der operierten Seite schwärzlich, die Laminarappen der anderen Seite viel blasser. An Blatt 3 war mehr als die Hälfte des Blattstiemes durch einen nicht medianen, doch vertikalen Einstich reseziert worden. Die operierte Laminaseite war deutlich dunkler als die ebenfalls schwärzliche andere Hälfte“.

Er sagt dann S. 7, er habe solcher Versuche eine große Anzahl im Sommer und Herbst ausgeführt, beschreibt dieselben jedoch nicht.

Czapek schließt aus diesen Versuchen folgendes (S. 7): Die Kohlehydrate bewegen sich nicht im parenchymatischen Grundgewebe (im Gegensatz zu Schimpers Anschauung), sondern im Leptom. Denn (S. 3) im Parenchym könnte ebensogut Längs- wie Querleitung erfolgen, während die Leptombahnen gerade verlaufen und deshalb der gemachte Einschnitt eine Unterbrechung der Leitung zur Folge haben müsse.

Versuch 2 (S. 26).

Czapek brühte (10¹⁵ Uhr vorm.) eine 2,5 cm lange Strecke des Stieles eines Blattes einer Topfpflanze von *Cucurbita* 10 Minuten durch strömenden Wasserdampf ab und sagt weiter darüber: „sie war sofort schlaff und tot. Sodann wurde das operierte Stück in nasse Watte gewickelt. Am folgenden Tage 5 Uhr nachm., also nach ungefähr 18-stündiger Belichtung des gebrühten Blattes, wurde die Pflanze mittels Pappezyinders verdunkelt, nachdem ich mich überzeugt hatte, daß die sämtlichen Blätter der Pflanze reichlich Stärke gebildet hatten. Die Witterung in der folgenden Nacht war warm und günstig. Am anderen Morgen 9 Uhr (also nach 16 Stunden) ergab die Jodprobe, daß die nicht operierten Blätter vollkommen stärkeleer waren. Das operierte Blatt war von normalem Turgor und frisch. Alle, auch die feinsten Nerven wurden bei der Jodprobe tiefschwarz, ebenso das Parenchym dunkelschwärzlich; lichtere Zonen nur hier und da zwischen schwarzen Parenchyminseln und Nerven“.

Versuch 3 (S. 27).

Czapek gibt an, daß er ähnliche Versuche, die er nicht beschreibt, mit den Blättern von *Phaseolus* und *Cucurbita Pepo* gemacht habe, in denen er die Tötung durch Chloroformdampf bewirkte.

Czapek schließt aus Versuch 2 u. 3 folgendes: Die getöteten Blattstielpartien verhindern die Ableitung der Assimilate aus der Blattspreite. S. 27 sagt er: „Wenn wir in dieser Weise feststellen können, daß abgebrühte Blattstiele nicht mehr die Ableitung der Assimilate gestatten . . .“

Versuch 4 (S. 28).

Czapek umgab die teilweise mit leichten, längs verlaufenden Einschnitten versehenen Stiele von Blättern von *Cucurbita Pepo*, *Phaseolus multiflorus* oder *Vitis vinifera* mit Chloroformwasser (1 Teil konzentriertes Chloroformwasser mit 10 Teilen, höchstens 5 Teilen Wasser) am Morgen und beleuchtete sie so bis zum Abend; zugleich wurden gleichalterige Kontrollblätter ohne Chloroformwasser, sonst unter gleiche Verhältnisse gebracht.

Am Abend erwiesen sich Stücke aller Blätter bei der Jodprobe als stärkereich. Nun wurde die ganze Pflanze verdunkelt und dann wurden die betreffenden Blätter um 7—8 Uhr des anderen Morgens der Jodprobe unterworfen (sie waren also ungefähr wohl 12 Stunden verdunkelt). Das Resultat war: „völlige Abwesenheit von Stärke in den Kontrollblättern und sehr unvollkommene Entleerung der Lamina“ der Blätter mit den narkotisierten Stielen. Die narkotisierte Blattstielstrecke erschien mikroskopisch und makroskopisch normal.

Es wurde nun das Chloroform von den Stielen einiger der Blätter, deren Stiel mit Chloroform umgeben war, entfernt und die Spreiten nach 2 und 3 Tagen der Jodprobe unterworfen. Czapek sagt (S. 29): „Die Jodprobe am zweitnächsten Morgen ergab ebenfalls noch keine normale Entleerung der Lamina. Erst nach 3 Tagen hatte sich der normale Zustand wie vor der Narkose wiederhergestellt“.

Das heißt wohl, erst am dritten Tage hatten die Blätter die Stärke völlig verloren.

Czapek schließt aus diesem Versuche folgendes: „Es ist dadurch nachgewiesen, daß bei der Fortleitung der Assimilate, wie sie aus den Blättern in den Stamm stattfindet, Vorgänge in Betracht kommen, welche durch Chloroformwirkung aufgehoben werden. Wenn die Elemente der transportierenden Gewebestränge narkotisiert sind, so sind sie nicht imstande, ihre Funktion auszuführen“.

Versuch 5 (S. 30).

Czapek umgab am Morgen eine Strecke des Blattstieles der Blätter von *Phaseolus*, *Cucurbita* oder *Vitis* mit 5-proz. Kalisalpetrlösung, beleuchtete die Blätter bis zum Abend, wo sie mit Stärke gefüllt erschienen und untersuchte die nun verdunkelten Blätter am anderen Morgen. Sie erwiesen sich stärkerleer.

Bezüglich der Wirkung der Kalisalpetrlösung sagt Czapek: „Die Untersuchung von Querschnitten und Längsschnitten aus Blattstielen der untersuchten Pflanzen zeigte mir, daß in allen Elementen nach Einlegen der Schnitte in 5-proz. Kalisalpetel binnen $\frac{1}{2}$ Stunde Plasmolyse eintrat. Wurde die Salpetelösung durch Wasser ersetzt, so stellte sich binnen 1 Stunde allenthalben der normale Turgor wieder her. Auch Blattstielstücke der erwähnten Versuchspflanzen, in 5-proz. Salpetel eingelegt, zeigten in 1 Stunde ein

schlaffes welkes Aussehen, und alle Zellen erwiesen sich bei der mikroskopischen Untersuchung als plasmolysiert. In Wasser gewannen die Blattstiele rasch ihren früheren Turgor wieder.

Wichtig ist, daß auch 24-stündiges Liegen der Blattstiele in der Salpeterlösung es nicht verhinderte, daß dieselben durch 12-stündiges Einlegen in Wasser wieder ganz straff und prall wurden und alle Zellen vollkommen gesundes Aussehen hatten. — Wendet man 10-proz., statt 5-proz. Salpeterlösung an, so ist der Erfolg nicht derselbe. Die operierten Blätter entleeren sich nicht mehr. Die Untersuchung der eingeschlossenen plasmolysierten Blattstielstrecke zeigt ohne weiteres, daß die Zellen daselbst abgetötet sind, zum größten Teile, und infolgedessen ist diese Stielstrecke leistungsunfähig geworden“.

Czapek schließt aus diesen Versuchen folgendes (S. 31): „Die Plasmolyse der leitenden Gewebe stört demnach nicht im mindesten die Erfüllung ihrer Funktion; sie sind tätig wie sonst“.

Czapek stellte ferner eine Reihe von Ringelungsversuchen, vorzüglich mit *Salix fragilis* und *Populus canadensis* an.

Versuch 6 (S. 10).

Es wurden 1 bis 1,5 cm dicke, ungefähr 30 cm lange Achsenstücke der Pflanzen unter Zurücklassung einer -förmigen, 5 mm breiten Brücke, deren oberer und unterer Schenkel 1 cm, deren Querbinde 20 mm lang waren, geringelt und in einem dampfgesättigten Raume, im März ungefähr 25 Tage, bei schwach diffusum Lichte aufgehängt gelassen. Es bildete sich unten am horizontalen Streifen der Brücke unter der zuführenden oberen Brücke einmal ein üppiger Kallus mit Wurzeln, das andere Mal ein schwacher Kallus, der in einer Entfernung von 7—8 mm aufhörte.

Czapek schließt aus diesen Versuchen: „In der Tat haben unsere Versuche gezeigt, daß der letztere Fall (daß „die Querleitung nur in sehr beschränktem Maße möglich ist“) der in Wirklichkeit vorhandene ist. Kallus bildete sich seitlich von der zuführenden Brücke nur schwach und hörte in einer Entfernung von wenigen Millimetern ganz auf“.

Er meint: „Man muß dann unbedingt den gestreckten, der Stammachse parallel laufenden Elementen die Hauptrolle zuweisen“. Also er meint, es sei damit ein Beweis dafür erbracht, daß die Siebstränge die Leitung der plastischen Stoffe der Hauptsache nach besorgen.

Versuche mit Blättern.

Die Versuche 1 bis 5 von Czapek sind von uns an Weinblättern nachgeprüft worden. Es standen uns einige große, reich blühende und fruchtende Weinstöcke, die an einer Südmauer im Botanischen Garten stehen, zur Verfügung. Da aus unausgewachsenen Blättern die Stärke infolge des Verbrauches der Kohlehydrate zum Wachstum relativ schnell und unregelmäßig verschwindet, so wurden nur ganz gesunde, junge, aber völlig ausgewachsene Blätter zu den Versuchen benutzt.

Zur Nachweisung der Stärke in den Weinblättern bedienten wir uns der Jodprobe in der Art, wie sie schon von Bäsecke (1908 S. 46) angewandt wurde. Die Weinblätter wurden in siedendem Alkohol von 96 % unter Benutzung eines weithalsigen Kolbens und eines Rückflußkühlers ausgekocht, bis sie völlig farblos waren. Hierauf wurden sie in Wasser ausgewaschen und dann in verdünnte Jodjodkaliumlösung gelegt (ein Vol. einer Lösung von: 2 g Jod + 4 g Jodkalium + 500 ccm Wasser auf 5 Vol. Wasser). Alle Blattstücke eines Versuches wurden zugleich in die Lösung gebracht und darin gelassen, bis die Blaufärbung ihr Maximum erreicht hatte ($\frac{1}{2}$ —1 Stunde); dann wurden sie meist in Wasser zurückgebracht, um die Färbung langsam abblässen zu lassen und weiter zu vergleichen.

Andere Blätter, welche durch die Jodlösung zu braun gefärbt wurden, wurden nachträglich in Chloraljodlösung (Arthur Meyer, 1907, S. 206) gelegt, in welcher die reine Stärkefärbung hervortritt.

Außer der Jodprobe wurde von uns die quantitative Bestimmung der Kohlehydrate und die Bestimmung der Trockensubstanz bei der Untersuchung der durch Czapek angeregten Fragen benutzt; beide Methoden sind an den betreffenden Stellen genauer beschrieben.

Vorversuche.

Vorversuche mit der Jodprobe. Wir begannen damit, eine Reihe von Versuchen zu machen, welche uns über die Größe der Transformation und Auswanderung, welche unsere Blätter unter verschiedenen Umständen ausführen, aufklären sollten.

Versuch A. An der Pflanze befindliche Blätter. Der Versuch wurde am 14. Juni 1910, abends 5 h begonnen. Das Blatt zeigte sich bei Untersuchung eines Stückes desselben mittels der Jodprobe starkereich. Es wurde an der Pflanze belassen und seine eine Hälfte wurde bis zum Mittelnerven mit Stanniol umhüllt, während die andere Hälfte frei blieb und am Tage assimilieren konnte. Von Zeit zu Zeit wurde ein Stück des Blattes abgeschnitten und untersucht. Die Tabelle A enthält die Resultate.

Aus diesen Resultaten geht hervor, daß die Stärke zwischen 27 und 30 Stunden, ungefähr nach 28 Stunden aus der mit der belichteten Hälfte in Verbindung stehenden Hälfte verschwunden war.

Tabelle A. Temp. 14°.

| 14. Juni 1910 5 Uhr nachm. | Die assimilierende Hälfte | Die mit Stanniol umhüllte Hälfte |
|-------------------------------|---------------------------------------|---|
| Sofort | Intensiv blaue Färbung wie 1 (Fig. 1) | |
| Nach 17 Std. | Weniger intensive Reaktion wie 2 | Weniger intensive Reaktion wie 2 ₁ |
| „ 22 „ | Intensive blaue Färbung | Schwache Reaktion wie 2 ₂ |
| „ 27 „ | | Spuren |
| „ 30 „ | | Keine Reaktion |
| „ 44 „ | Weniger intensive Reaktion | |
| „ 50 „ | Intensive blaue Färbung | |

Versuch B. Eine Blatthälfte an der Pflanze, die abgeschnittene teils mit Oberseite, teils mit Unterseite auf Wasser. Die Versuche wurden im Juni, am späten Vormittage begonnen. Die Temperatur betrug ungefähr 19°.

Die Untersuchung der Blattspitzen (Fig. 1, 1) zeigte, daß die beiden Hälften des Blattes (rechts und links vom Mittelnerven) gleich stärke-reich waren. Von den an der Pflanze sitzenden Blättern wurde die eine Hälfte dicht neben dem Mediannerven weggeschnitten. Die am Baume verbliebene Blatthälfte wurde verdunkelt durch Stanniol, die abgeschnittenen Teile geteilt, von denen der eine mit der oberen, spaltöffnungs-freien Seite, der andere mit der unteren, spaltöffnungs-führenden Seite auf Wasser aufgelegt wurde; beide Proben wurden im Dunkeln gehalten. Die Resultate der Untersuchung sind in den Tabellen B α und β zusammengestellt, zu welchen Fig. 1 gehört. In dieser Figur sind die Jodfärbungen möglichst genau in ihrer Intensität wiedergegeben durch die hellere oder dunklere Schattierung.

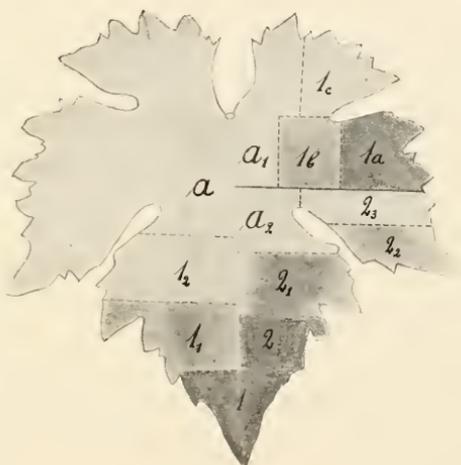


Fig. 1.

Im Jahre 1909 wurden zuerst 5 Versuche gemacht, bei denen jedoch nur in Intervallen von ungefähr 10 Stunden die Untersuchung vorgenommen wurde. Nur der Versuch, zu welchem die Figur 1 gehört, mag hier Platz finden.

Tabelle B α .

Versuch 1909.

| 21. Juni 10 ³⁰ Uhr vorm. | An der Pflanze Bei 18° | An abgeschnittenen Blättern | |
|--|---|--|---|
| | | M. d. Oberseite auf Wasser a ₂ bei 19° | M. d. Unterseite auf Wass. a ₁ bei 19° |
| Sofort | | Intensiv blaue Färbung (Fig. 1) 1 | |
| Nach 23 Std. | Weniger intensive Reaktion (1 ₁) | Stärkere Reaktion als 1 ₁ (1 a) | Stärkere Reaktion als 1 a (2) |
| " 46 " | Keine Reaktion (1 ₂) | Schwache Reaktion (1 b) | Die Reaktion ist noch sehr stark (2 ₁) |
| " 70 " | | Keine Reaktion (1 c) | Schwache Reaktion (2 ₂) |
| " 93 " | | | Keine Reaktion (2 ₃) |

Bei diesen 5 Versuchen stellte es sich heraus, daß die Blattspreite an der Pflanze am schnellsten stärkefrei wird, und zwar war die Stärkelösung in der Zeit zwischen 33 und 46 Stunden eingetreten; über den genauen Zeitpunkt, an dem die vollständige Transformation eben eingetreten ist, läßt sich nach den Resultaten der Versuche nichts sagen, doch läßt sich bei Berücksichtigung der Stärkefärbungen annehmen, daß die Transformation ungefähr nach 40 Stunden gerade vollendet gewesen sei. Die mit der Oberseite auf dem Wasser liegenden Blattstücke transformierten ihre Stärke völlig zwischen 48 und 72 Stunden, die Transformation scheint ungefähr bei 68 Stunden vollendet gewesen zu sein. Die mit der Unterseite auf dem Wasser liegenden Blattstücke hatten die Stärke noch langsamer und zwar in der Zeit zwischen 72 und 94 Stunden, ungefähr nach 90 Stunden völlig transformiert.

Aus der großen Differenz der Zeit für die Stärkelösung, welche sich für mit der Oberseite oder der Unterseite auf Wasser liegende Blattstücke ergibt, dürfen wir vielleicht schließen, daß die Stärkelösung durch die bessere Sauerstoffzufuhr beschleunigt wird, so daß wahrscheinlich die Lösung der Stärke an der Pflanze noch schneller als nach 68 Stunden erfolgen wird. Wenn wir danach die Blätter durchschnittlich ungefähr 12 Stunden länger bei völlig verbotener Ableitung hätten am Baume sitzen lassen, so würde die Stärke auch aus ihnen verschwunden sein. Im Jahre 1910 wurden dann noch die in der Tabelle B β mitgeteilten genaueren Versuche angestellt.

Tabelle B β .

Versuche 1910.

| Ver- such | Nach | An der Pflanze Bei 19—24 ° | Mit der Oberseite auf Wasser Bei 20—24 ° |
|--------------|--------------|--|---|
| I | Sofort | Intensiv blaue Färbung (Fig. 1) 1 | |
| | 7. Juni 5 h | | |
| | Nach 24 Std. | Schwache Reaktion wie 2 ₁ | |
| | " 38 " | Spuren | Schwache Reaktion 2 ₁ |
| | " 40 " | Keine Reaktion | |
| | " 45 " | | Spuren |
| " 48 " | | Keine Reaktion | |
| II | 7. Juni 5 h | | |
| | Sofort | Intensiv blaue Färbung (Fig. 1) 1 | |
| | Nach 24 Std. | Spuren | |
| | " 26 " | Keine Reaktion | |
| | " 38 " | | Spuren |
| " 40 " | | Keine Reaktion | |
| III | 7. Juni 5 h | | |
| | Sofort | Intensiv blaue Färbung (Fig. 1) 1 | |
| | Nach 24 Std. | Spuren | |
| | " 26 " | Keine Reaktion | |
| | " 36 " | | Schwache Reaktion |
| | " 38 " | | Spuren |
| " 40 " | | Keine Reaktion | |
| IV | 7. Juni 5 h | | |
| | Sofort | Intensiv blaue Färbung (Fig. 1) 1 | |
| | Nach 24 Std. | Spuren | |
| | " 26 " | Keine Reaktion | |
| | " 36 " | | Spuren |
| " 40 " | | Keine Reaktion | |
| V | 15. Juni 6 h | Temp. 13—16 ° | Temp. 16—21 ° |
| | Sofort | Intensiv blaue Färbung (zwischen 1 u. 2 (Fig. 1) | |
| | Nach 16 Std. | Weniger intens. Reakt. wie 2 ₁ | Weniger intens. Reakt. wie 2 |
| | " 22 " | Spuren | Weniger intens. Reakt. wie 2 ₁ |
| | " 25 " | Keine Reaktion | Weniger intens. Reakt. wie 2 ₁ |
| | " 34 " | | Spuren |
| | " 37 " | | Keine Reaktion |
| VI | 15. Juni 6 h | | |
| | Sofort | Intensiv blaue Färbung (Fig. 1) 1 | |
| | Nach 16 Std. | Weniger intensive Reaktion | |
| " 17 " | | Weniger intensive Reaktion zwischen 1 u. 2 | |

| Ver- such | Nach | An der Pflanze Bei 13—16 ° | Mit der Oberseite auf Wasser Bei 16—21 ° |
|--------------|------------------|---|---|
| VI | Nach 22 Std. | Weniger intens. Reakt. wie 2 | Weniger intensive Reaktion |
| | " 36 " | Weniger intens. Reakt. wie 2 ₂ | |
| | " 37 " | | Weniger intens. Reakt. wie 2 |
| | " 38 " | Spuren | |
| | " 40 " | Keine Reaktion | Weniger intens. Reakt. wie 2 ₁ |
| | " 55 " | | Weniger intens. Reakt. wie 2 ₂ |
| | " 58 " | | Keine Reaktion |
| VII | 15. Juni 1/2 7 h | | |
| | Sofort | Intensiv blaue Färbung (Fig. 1) 1 | |
| | Nach 15 Std. | Weniger intensive Reaktion | |
| | " 22 " | Weniger intens. Reakt. wie 2 ₁ | |
| | " 38 " | Spuren | |
| | " 40 " | Keine Reaktion | Weniger intens. Reakt. wie 2 ₁ |
| | " 50 " | | Spuren |
| " 53 " | | Keine Reaktion | |

Aus Tabelle B β geht hervor, daß die Stärke in den Blättern, welche sich an der Pflanze befanden, verschwand zwischen:

| | |
|---------------------|---------------------|
| I 38 und 40 Stunden | V 38 und 40 Stunden |
| II 24 " 26 " | VI 38 " 40 " |
| III 24 " 26 " | VII 38 " 40 " |
| IV 22 " 25 " | |

Mit der Oberseite auf Wasser gelegte Blattstücke der mit gleichen Nummern bezeichneten Blätter lösten die Stärke in folgenden Zeiten, zwischen:

| | |
|---------------------|---------------------|
| I 45 und 48 Stunden | V 34 und 37 Stunden |
| II 38 " 40 " | VI 55 " 58 " |
| III 38 " 40 " | VII 50 " 53 " |
| IV 36 " 40 " | |

Im allgemeinen sind also die Zahlen ähnlich denen, die wir 1909 gefunden haben, doch ist die Stärkelösung entsprechend der hohen Temperatur, bei der die Versuche 1910 ausgeführt wurden, beschleunigt. Durchschnittlich wurde die Stärke am Baum in 32,7, in den auf Wasser liegenden Blattstücken, bei denen vielleicht die Stärke nur infolge der Veratmung eines Teils der Gesamtkohlehydrate zur Lösung kam, in 40,4 Stunden gelöst.

Auf die Differenzen der Schnelligkeit der Lösung der Stärke in den verschiedenen, anfangs gleich blau durch Jod werdenden

Blättern, unter gleichen Verhältnissen, muß besonders aufmerksam gemacht werden. Wir finden Blätter, welche nach 23 Stunden, und solche, welche erst nach 39 Stunden die Stärke am Baume lösen; gleichzeitig aber sehen wir, daß manche Blätter schon nach 35 Stunden im abgeschnittenen Zustande, also wahrscheinlich hauptsächlich infolge der Veratmung der Assimilate ihre Stärke völlig auflösen.

Daraus geht hervor, daß von den Versuchen Czapeks die Nr. 4 nicht zuverlässig sein können.

Versuch C. Abgeschnittene Blätter, längs halbiert; Hälfte mit Stiel im Wasser; ein Viertel mit Oberseite, ein Viertel mit Unterseite auf Wasser.

Am 21. Juni 1909 wurden stärkereiche Blätter abgeschnitten und von ihnen die eine Spreitenhälfte dicht am Mittelnerven weggetrennt. Die mit Stiel versehene Blatthälfte wurde mit dem Stiele in Wasser gestellt, die andere Hälfte wurde in zwei Teile zerschnitten, von denen einer mit der Oberseite, einer mit der Unterseite auf Wasser gelegt wurde. Alles wurde verdunkelt und bei ungefähr 19° stehen gelassen. Es wurden zwei Versuche durchgeführt.

Es zeigte sich, daß hier vollständige Transformation bei der Hälfte, die mit dem Blattstiel im Wasser stand, ungefähr zwischen 54 und 72 Stunden, bei dem mit der Oberseite auf Wasser liegenden Viertel ein wenig später, bei dem mit der Unterseite auf Wasser liegenden Viertel zwischen 74 und 94 Stunden eingetreten war.

Ogleich die Versuche wegen der zu großen Intervalle nicht genügend genau waren, zeigten sie doch, daß die mit der Oberseite auf Wasser liegenden Blattstücke nahezu so schnell die Stärke lösen wie die, deren beide Seiten mit der Luft in Berührung standen.

Folgender 1910 gemachter Versuch ist in kürzeren Intervallen durchgeführt.

Tabelle C.

Der Versuch wurde am 21. Juli 1910 10 Uhr vorm. begonnen. Temp. 19—20°.

| Ver- such | Nach | Blattstiele in Wasser | Oberseite auf dem Wasser | Unterseite auf dem Wasser |
|--------------|---------|---------------------------------------|-----------------------------|------------------------------|
| I | Sofort | Intensiv blaue Färbung wie 1 (Fig. 1) | | |
| | 24 Std. | Weniger intens. Reaktion | Intensive Reaktion | Intensive Reaktion |
| | 48 " | Spuren | Weniger intens. Reaktion | Intensive Reaktion |
| | 51 " | Keine Reaktion | — | — |

| Ver- such | Nach | Blattstiele in Wasser | Oberseite auf dem Wasser | Unterseite auf dem Wasser |
|--------------|---------|---------------------------------------|-----------------------------|------------------------------|
| I | 54 Std. | — | Weniger intens. Reaktion | Weniger intens. Reaktion |
| | 57 " | — | Spuren | Weniger intens. Reaktion |
| | 58 " | — | Keine Reaktion | Weniger intens. Reaktion |
| | 69 " | — | — | Spuren |
| | 71 " | — | — | Keine Reaktion |
| II | Sofort | Intensiv blaue Färbung wie 1 (Fig. 1) | | |
| | 24 Std. | Weniger intens. Reaktion | Intensive Reaktion | Intensive Reaktion |
| | 46 " | Schwache Reaktion | Weniger intens. Reaktion | Weniger intens. Reaktion |
| | 50 " | Spuren | Schwache Reaktion | Weniger intens. Reaktion |
| | 51 " | Keine Reaktion | — | — |
| | 57 " | — | Spuren | Weniger intens. Reaktion |
| | 58 " | — | Keine Reaktion | — |
| | 69 " | — | — | Spuren |
| | 71 " | — | — | Keine Reaktion |

Aus Tabelle C geht hervor, daß die Blätter, die mit den Blattstielen in Wasser standen, die Stärke zwischen 48 und 51 Stunden, resp. 50 und 51 Stunden, die Stücke, die mit der Oberseite auf Wasser lagen, zwischen 57 und 58 Stunden, resp. 57 und 58 Stunden, die Stücke, die mit der Unterseite auf Wasser lagen, zwischen 69 und 71 Stunden, resp. 69 und 71 Stunden, gelöst hatten. Die Zeiten verhalten sich ungefähr wie 100 : 114 : 138.

Versuch D. Versuche ähnlich den vorigen, aber gleichzeitig bei verschiedenen Temperaturen.

Stärkereiche Blätter wurden in 6 Teile geteilt, von denen eins den Blattstiel und die Basis des Mittelnerven behielt. Letzteres Stück eines Blattes wurde mit dem Stiele ins Wasser gestellt, ein Stück mit der Oberseite, ein Stück mit der Unterseite auf Wasser gelegt und alle drei Partien bei 28° im Dunkeln stehen gelassen. Von dem gleichen Blatte wurde jedesmal ein Stück mit der Oberseite und ein Stück mit der Unterseite bei 19° auf Wasser gelegt und schließlich auch ein Stück mit der Unterseite auf Wasser gelegt und bei 8° stehen gelassen. Auch diese Stücke wurden verdunkelt.

Es zeigte sich, daß bei 28° sowohl in den Stücken, welche mit dem Blattstiel in Wasser steckten, als bei denen, die mit der Oberseite auf Wasser lagen, die Transformation nach annähernd 50 Stunden beendet war. Bei 19° trat an letzteren Stücken zwischen 58 und 72 Stunden der Zeitpunkt der vollständigen Transformation ein, also wesentlich später als bei 28°. Die Stücke,

welche mit der Unterseite auf Wasser lagen, zeigten völlige Transformation

| | | | | | |
|----------|----------|------|-----|----|---------|
| bei 28 ° | zwischen | 72 | und | 80 | Stunden |
| „ 19 ° | „ | 81 | „ | 90 | „ |
| „ 8 ° | nach | über | 216 | „ | „ |

Aus diesen Versuchen geht hervor, daß in abgeschnittenen Blättern die Geschwindigkeit der Lösung der Stärke in den Weinblättern mit abnehmender Temperatur verlangsamt wird, was vermutlich mit der Herabsetzung der Atmung durch die Erniedrigung der Temperatur nur zum Teil zusammenhängt.

Vorversuche für die Trockengewichtmethode.

Versuch U.

Versuch, welcher zeigt, daß bei Benutzung von 12 Blättern das durchschnittliche Trockengewicht beider Blatthälften nahezu gleich ist.

Von 12 gleichartigen, gesunden Blättern wurden 2 Portionen in der Weise hergestellt, daß wir die beiden Laminahälften von jedem Blatte dicht am Mittelnerven abtrennten, dann je 6 rechte und je 6 linke Hälften miteinander mischten. Die beiden Teile wurden sofort frisch gewogen; dann wurde das Trockengewicht davon festgestellt.

| | | | |
|---------|--------------------|---------|---------|
| Teil a. | Frischgewicht . . | 13,62 g | 100 g |
| | Trockengewicht . . | 3,549 g | 26,1 g |
| Teil b. | Frischgewicht . . | 13,72 g | 100 g |
| | Trockengewicht . . | 3,559 g | 25,94 g |

Die Differenz der Trockengewichtszahlen für 13,62 g Frischgewicht betrug also 0,01 g, für 100 g Frischgewicht 0,16 g.

Innerhalb dieser Grenzen könnte das gleiche Frischgewicht der 12 Blatthälften als gleiches Trockengewicht liefernd angesehen werden.

Versuch V.

Versuch, welcher zeigt, daß Laminastücke von gleicher Fläche gleiches Gewicht vor und nach dem 45stündigen Atmen besitzen, wenn sie mit Wasser gesättigt werden.

Am 9. Juli wurden 12 gleichartige Blätter ausgesucht und mit einem Korkbohrer von 23 mm Durchmesser aus den rechten und den linken Laminahälften je 66 Stücke ausgeschnitten. Je 33 Stück von der rechten und 33 Stück von der linken Blatthälfte

wurden gemischt und die so erhaltenen 2 Portionen von je 66 Stück (a und b) gesondert behandelt. Die Portion a wurde zuerst auf feuchtes Fließpapier gelegt, damit sie sich mit Feuchtigkeit sättigen konnte, dann gewogen. Von Portion a wurde das Trockengewicht sofort festgestellt. Die Portion b wurde auf Fließpapier gelegt unter eine lose aufgelegte große Glocke, und das Frischgewicht und Trockengewicht bestimmt, nachdem die Stücke 45 Stunden lang bei 18—19° geatmet hatten.

| | | |
|------------|--------------------|----------|
| Portion a. | Frischgewicht . . | 3,82 g |
| | Trockengewicht . . | 1,0025 g |
| Portion b. | Frischgewicht . . | 3,82 g |
| | Trockengewicht . . | 0,9014 g |

Daraus geht hervor, daß das Frischgewicht trotz des Verlustes der Blattstücke an 0,1 g Trockengewicht oder 10% vom ursprünglichen Trockengewicht doch gleich geblieben war.

Man darf also bei Versuchen, in denen die Blattstücke Einbuße an Trockengewicht durch Veratmung oder Auswanderung von Assimilaten erleiden, aus dem zuletzt resultierenden Frischgewicht auf ein gleiches Anfangsfrischgewicht schließen.

Versuch B_A.

Quantitative Bestimmung der Kohlehydrate in einem Versuche, der sonst dem Versuche B gleich war.

Am 7. Juni 5 Uhr nachm. haben wir auf dem Baum 10 gesunde, gleichmäßig entwickelte, möglichst gleichgroße Blätter ausgesucht. Wir lösten von jedem Blatte die eine Hälfte neben dem Blattnerve ab, während die andere Hälfte mit dem Mediannerven 26 Stunden auf dem Baume verblieb und mit Stanniol verdunkelt wurde (Nr. III). Die abgeschnittenen Hälften wurden sofort gewogen = 17 g, dann in zwei gleiche Teile von je 8,5 g Gewicht geteilt, so daß auf jeden Teil 5 Spitzen und 5 Basen von den 10 Blatthälften kamen. Von jedem Viertel wurde dabei je eine Kleinigkeit entfernt, bis das Gewicht bei beiden Parteien gleich war. Die eine Partie der 10 Blattviertel wurde direkt untersucht (Nr. I), die anderen 10 Blattviertel wurden mit der Oberseite auf Wasser gelegt und 26 Stunden liegen gelassen, dann untersucht (Nr. II). Zu gleicher Zeit wurden 4 andere Blätter auf das Verschwinden der Stärke wie in Versuch B_{A4} geprüft.

Versuch BA₁.

Nr. I, die direkt untersuchten Blattviertel (8,5 g Frischgewicht) wurden in einem Wasserschrank bei 100° erhitzt und bis zu konstantem Gewicht getrocknet = 1,9654 Trockensubstanz, oder 23,12 % des Frischgewichts. Dann wurden sie fein pulverisiert und in einen Meßkolben von 200 ccm getan, 0,1 g Calciumkarbonat und 100 bis 120 ccm Wasser hinzugefügt; das Ganze wurde 1 Stunde lang auf dem Wasserbad erhitzt, dann auf 200 ccm mit Wasser ergänzt und durch Asbest filtriert.

- a) In 50 ccm der Flüssigkeit wurde nach Rupp und Lehmanns Methode (1908 und 1909) der Zucker bestimmt.

Monosaccharid: 58,9 mg Cu = 30,2 mg Dextrose oder 0,1196 g auf 1,9654 g Substanz oder 6,01 % der Trockensubstanz.

- b) 50 ccm von dem Extrakt wurden 30 Minuten mit 2 ccm Salzsäure vom spez. Gew. 1,125 = 25 % auf 70° erhitzt. Dann wurde mit Sodalösung neutralisiert und wie oben der Zucker bestimmt.

Disaccharid: 64,5 mg Cu = 33 mg Dextrose, 33—30,2 (von a) = 2,8 mg oder 0,0112 g Rohrzucker auf 1,9654 g Substanz oder 0,57 % der Trockensubstanz.

- c) Der Rückstand von a wurde mit lauwarmem Wasser gewaschen, bis das Filtrat keine Zuckerreaktion mehr zeigte. Der Asbestfilter (0,7 g) mit dem Rückstand wurde sorgfältig in eine Flasche gebracht, mit 50 ccm Wasser übergossen, ein Körnchen Weinsäure von 0,2 g Gewicht hineingetan und 1 Stunde im Autoklaven bei 143° (= 3 Atmosphären) erhitzt. Darauf wurde abgekühlt und mit Wasser auf 200 ccm ergänzt und filtriert; 100 ccm des Filtrats wurden mit 10 ccm Salzsäure (spez. Gew. 1,125 = 25 %) 3 Std. lang auf dem Wasserbade gekocht. Darauf wurde mit Sodalösung neutralisiert, wiederum mit Wasser auf 200 ccm ergänzt; und in 50 ccm dieser letzten Lösung wurde der Zucker bestimmt = 41,7 mg Cu = 19,5 mg Stärke = 0,1544 g auf 1,9654 g Substanz oder 7,86 % der Trockensubstanz.

Versuch BA₂.

Temperatur 20°—24°.

Nr. II, die Blattviertel von 8.5 g Frischgewicht, die im Dunkeln mit der Oberseite 26 Std. auf Wasser gelegen hatten, wurden wie

oben analysiert = 1,9205 Trockensubstanz, oder 22,59 % des Frischgewichts.

Monosaccharid = 192,4 mg Cu = 0,0986 g Dextrose oder 5,13 % der Trockensubstanz.

Disaccharid: 13,8 mg Cu = 7,6 mg Rohrzucker = 0,39 % der Trockensubstanz.

Stärke: 207 mg Cu = 95 mg Stärke oder 4,96 % der Trockensubstanz.

Versuch BA₃.

Temperatur 19°—24°.

Von den 10 Blatthälften von 16,5 g Frischgewicht (Nr. III), die 26 Std. verdunkelt auf dem Baum saßen, wurden die Medianerven mit dem Blattstiele entfernt, und die Spreite wurde wie oben analysiert = 3,2445 Trockensubstanz, oder 19,66 % des Frischgewichts.

Monosaccharid: 189,2 mg Cu = 96,9 mg Dextrose oder 2,98 % der Trockensubstanz.

Disaccharid: 41 mg Cu = 20,4 mg Rohrzucker oder 0,62 % der Trockensubstanz.

Stärke: 282,8 mg Cu = 132,4 mg Stärke oder 4,08 % der Trockensubstanz.

Die Resultate sind in den folgenden 3 Tabellen (BA₁ bis 3) zusammengestellt. Dazu kommt noch die Tabelle BA₄, welche das Verhalten von 4 Blättern bei der Jodprobe angibt, die gleichzeitig mit den den Resultaten der Tabellen BA₁ bis 3 zugrunde liegenden Blättern untersucht wurden.

Tabelle BA₁.

Blätterviertel, direkt untersucht.

| | Berechnet als | Für die 10 Stck. Blätter- viertel | Pro 100 g Frisch- gewicht | Pro 100 g Trocken- gewicht |
|-----------------------------------|---|--|---------------------------------|----------------------------------|
| Frishgewicht | | 8,5 g | | |
| Trockengewicht | | 1,97 g | 23,12 | |
| Wasser | | 6,53 g | 76,88 | |
| Monosaccharid | C ₆ H ₁₂ O ₆ | 0,12 g | 1,41 | 6,01 |
| Disaccharid | C ₁₂ H ₂₂ O ₁₁ | 0,01 g | 0,13 | 0,57 |
| Im Autoklaven invertierter Zucker | C ₆ H ₁₀ O ₅ | 0,15 g | 1,82 | 7,86 |
| Gesamtkohlehydrate | | 0,28 | 3,36 | 14,44 |

Tabelle BA 2.

Blätter, welche mit der Oberseite auf Wasser 26 Std. geatmet haben.

| | Berechnet als | Für die 10 Stck. untersucht. Blätter- viertel | Pro 100 g Frisch- gewicht | Pro 100 g Trocken- gewicht |
|-----------------------------------|----------------------|---|---------------------------------|----------------------------------|
| Frischgewicht | | 8,5 g | | |
| Trockengewicht | | 1,92 g | 22,59 | |
| Wasser | | 6,58 g | 77,41 | |
| Monosaccharid | $C_6H_{12}O_6$ | 0,10 g | 1,16 | 5,13 |
| Disaccharid | $C_{12}H_{22}O_{11}$ | 0,02 g | 0,21 | 0,91 |
| Im Autoklaven invertierter Zucker | $C_6H_{10}O_6$ | 0,13 g | 1,47 | 6,50 |
| Gesamtkohlehydrate | | 0,25 | 2,84 | 12,54 |

Tabelle BA 3.

Die Blatthälften, welche auf dem Baum 26 Std. verdunkelt gegessen haben.

| | Berechnet als | Für die 10 Stck. untersucht. Blätter- hälften | Pro 100 g Frisch- gewicht | Pro 100 g Trocken- gewicht |
|-----------------------------------|----------------------|---|---------------------------------|----------------------------------|
| Frischgewicht | | 16,5 g | | |
| Trockengewicht | | 3,24 g | 19,66 | |
| Wasser | | 13,26 g | 80,37 | |
| Monosaccharid | $C_6H_{12}O_6$ | 0,10 g | 0,58 | 2,98 |
| Disaccharid | $C_{12}H_{22}O_{11}$ | 0,02 g | 0,12 | 0,62 |
| Im Autoklaven invertierter Zucker | $C_6H_{10}O_6$ | 0,13 g | 0,80 | 4,08 |
| Gesamtkohlehydrate | | 0,25 | 1,50 | 7,68 |

Tabelle BA 4.

Verschwinden der Stärke.

| | Auf dem Baum | Oberseite auf Wasser |
|-----------|-------------------------|-------------------------|
| Blatt I | zwischen 38 u. 40 Stdn. | zwischen 45 u. 48 Stdn. |
| Blatt II | " 24 u. 26 " | " 38 u. 40 " |
| Blatt III | " 24 u. 26 " | " 38 u. 40 " |
| Blatt IV | " 24 u. 26 " | " 38 u. 40 " |

Aus den in den Tabellen verzeichneten Resultaten der Untersuchung können wir die folgenden Schlüsse ziehen.

Vergleichen wir zuerst das Verhalten der Blattstücke, welche mit der Oberseite auf Wasser lagen (I), und der Blatthälften, welche am Weinstock verdunkelt wurden.

I. Atmung, Oberseite auf Wasser, 26 Stunden.

Verlust an Kohlehydraten $3,36 - 2,84 = 0,52\%$ der Frischsubstanz.

Verlust an Trockensubst. $23,12 - 22,59 = 0,53\%$ der Frischsubst.

Die Zahlen zeigen, daß bei der Atmung nur Kohlehydrate verschwunden sind.

II. Blätter auf dem Weinstock,
26 Stunden verdunkelt.

Verlust an Kohlehydraten $3,36 - 1,5 = 1,86\%$ der Frischsubstanz.

Verlust an Trockensubst. $23,12 - 19,63 = 3,49\%$ der Frischsubst.

Diese Zahlen beweisen, daß nicht nur Kohlehydrate, sondern auch andere Stoffe verschwanden, und zwar $1,63\%$ der Frischsubstanz Nichtkohlehydrate.

Aus den Versuchen können wir weiter zuerst vielleicht schließen, daß unter Berücksichtigung von I mindestens, wenn wir die veratmeten Stoffe auf $0,8\%$ schätzen, weil hier von den mit der Blattoberseite auf Wasser liegenden Blättern $0,53\%$ Kohlehydrate veratmet wurde, die Trockengewichtsverluste von mit der Oberseite auf Wasser liegenden und von mit den Stielen im Wasser stehenden Blättern bei gleich langer Atmung sich aber verhalten wie $100 : 139$, $2,69\%$ Substanz ausgewandert sein müssen.

Wenn wir dann annehmen, daß die veratmeten Stoffe hier auch wie in I nur Kohlehydrate seien, so würden von den verschwundenen Stoffen $1,63\%$ der Frischsubstanz Nichtkohlehydrate und $1,06\%$ Kohlehydrate zur Auswanderung gekommen sein.

In welcher Form diese Stoffe zur Auswanderung kommen, also in den Leitungsbahnen gewandert sind, wissen wir daraus nicht. Wir wissen also auch nicht, ob Kohlehydrate in den Leitungsbahnen auswandern. Aber, da wir bei den späteren Versuchen mit den getöteten Blattstielen sehen, daß auch in den toten Leitungsbahnen Stoffe wandern, und wissen, daß in den Tracheen in manchen Fällen auch Kohlehydrate und Spuren von Eiweißstoffen vorkommen, so könnte ein Teil der Assimilate als Kohlehydrate oder Eiweißstoffe auswandern, wenn die Tracheen in allen Fällen als Leitungsbahnen funktionieren. Davon, was in den Siebröhren fließt, wissen wir nichts.

Es folgt auch aus unseren Resultaten, daß die quantitative Bestimmung der Kohlehydrate uns niemals Aufschluß über die Größe der Auswanderung an Assimilaten geben kann.

Versuch C_A.

Quantitative Bestimmung der Abnahme des Trockengewichtes durch Atmung von Blättern, die mit den Blattstielen in Wasser standen.

Temperatur 20—21 °.

Am 20. Juli, 3 Uhr nachm. wurden 12 gleichmäßig entwickelte Blätter ausgesucht und abgeschnitten. Jedes Blatt wurde so in zwei Teile geschnitten, daß der Mittelnerv und der Blattstiel an der einen Hälfte blieb. Bei 6 Blättern wurde die rechte, bei den 6 andern die linke Hälfte längs des Mittelnerven abgeschnitten.

Die 12 Blatthälften ohne Mittelnerv wurden 1 Stunde lang zwischen feuchtes Fließpapier gelegt, damit sie sich mit Wasser sättigen konnten, dann sofort genau gewogen und bei 100 ° bis zu konstantem Gewicht getrocknet.

| | | |
|----------------|------------|----------|
| Frischgewicht | = 16,42 g | 100 g |
| Trockengewicht | = 4,1155 g | 25,06 %. |

Die andern, gestielten Blatthälften wurden mit den Stielen in Wasser gestellt, 40 Stunden atmen gelassen, von Zeit zu Zeit mit Wasser bespritzt und immer im Dunkeln gehalten. Dann wurden Frisch- und Trockengewicht bestimmt:

| | | |
|----------------|------------|---------|
| Frischgewicht | = 16,7 g | 100 g |
| Trockengewicht | = 3,9874 g | 23,87 % |

Also in 40 Stunden veratmete Menge = 1,19 % des Frischgewichts an Trockensubstanz, die in 10 Stunden veratmete Menge ungefähr 0,298 %.

Versuch C_B.

Quantitative Bestimmung der Abnahme des Trockengewichtes durch Atmung für mit der Oberseite auf Wasser liegende Blätter und für mit den Stielen in Wasser stehende Blätter.

Am 22. Juli, 4 Uhr nachm. wurden 24 gleichmäßig entwickelte Blätter abgeschnitten, die eine Hälfte dicht am Mediannerven abgetrennt und zwischen feuchtem Fließpapier unter einer Glocke (wie in Versuch V) 1 Stunde stehen gelassen. Es wurde hierauf das Frischgewicht der genannten Blatthälften bestimmt.

Frischgewicht = 31,6 g

Diese Menge wurde in zwei gleiche Teile geteilt, so daß jeder Teil 24 Basen und 24 Spitzen von Blatthälften enthielt. Jeder Teil betrug 15,8 g.

A) Der erste Teil wurde sofort bei 100° getrocknet und gewogen.

| | | |
|----------------|------------|---------|
| Frischgewicht | = 15,8 g | 100 g |
| Trockengewicht | = 3,7450 g | 23,70 % |

Der zweite Teil wurde im Dunkeln mit der Oberseite auf Wasser gelegt und 68 Stunden atmen gelassen (die Temperatur betrug 18—21°), dann mit Fließpapier abgetrocknet, gewogen, bei 100° getrocknet und wiederum gewogen.

| | | |
|----------------|------------|---------|
| Frischgewicht | = 15,8 g | 100 |
| Trockengewicht | = 3,4944 g | 22,11 % |

B) Zur selben Zeit wie A wurden die anderen 24 Blatthälften mit dem Blattstiel in Wasser gestellt, im Dunkeln gehalten und von Zeit zu Zeit mit Wasser bespritzt¹⁾. Nach 68stündigem Atmen im Dunkeln wurde der Versuch beendet, und Frisch- und Trockengewicht bestimmt.

| | | |
|----------------|------------|---------|
| Frischgewicht | = 31,6 g | 100 g |
| Trockengewicht | = 6,7974 g | 21,51 % |

Also die veratmete Menge betrug bei den Blättern, welche mit der Oberseite auf Wasser lagen,

1,59 % des Frischgewichts an Trockensubstanz;

bei den Blättern, welche mit dem Stiele in Wasser standen,

2,19 % des Frischgewichts an Trockensubstanz.

Die kleinere Zahl verhält sich zur größeren wie 100 : 138.

Versuche mit operierten Blättern.

Versuch E (1909). Ein Blatt wurde in der in Figur 2 dargestellten Weise operiert, während es an der Pflanze sitzen blieb. Der Endlappen a des Blattes wurde abgeschnitten und in zwei Teile, a₁ und a₂, geteilt. Der Blattstiel und Mittelnerv des an der Pflanze verbliebenen Blatteiles wurde durch einen genau median geführten Längsschnitt auf eine Länge von 2½ cm gespalten. Die beiden am Baume befindlichen Teile, b und b₁, wurden durch Stanniol verdunkelt. Die beiden Hälften a₁ und a₂ wurden mit der Oberseite und Unterseite auf Wasser gelegt und dunkel gestellt. Die Temperatur schwankte während des Versuches im Garten zwischen 9 und 13°, im Zimmer zwischen 19 und 20°. Nach der

1) Wie aus Versuch P hervorgeht, waren diese bespritzten Blätter mit Wasser gesättigt.

Beendigung des Versuches wurden einige Querschnitte durch den Blattstiel und Blattnerven hergestellt, welche zeigten, daß der Schnitt in der Tat den Stiel genau median gespalten hatte.

Tabelle E und Fig. 2 geben die Resultate des Versuches.

Tabelle E.

Temperatur bei b 9—13°, bei a 19—20°.

| Nach | b b ₁ auf dem Baum | a | |
|---------|-------------------------------------|---|--|
| | | a ₁ Unterseite auf d. Wasser | a ₂ Oberseite auf dem Wasser |
| Sofort | | Intensive blaue Färbung (1) | |
| 18 Std. | Wenig. int. Reakt. (2) | Intensive Reaktion (1 a) | |
| 30 „ | Wenig. int. Reakt. (3) | | |
| 40 „ | Keine Reaktion (4) | Weniger intensive Reaktion (1 b) | |
| 67 „ | — | Schwache Reaktion (1 c) | |
| 76 „ | — | noch nicht ganz frei (1 d) Keine Reaktion (1 e) | |
| 91 „ | — | | |

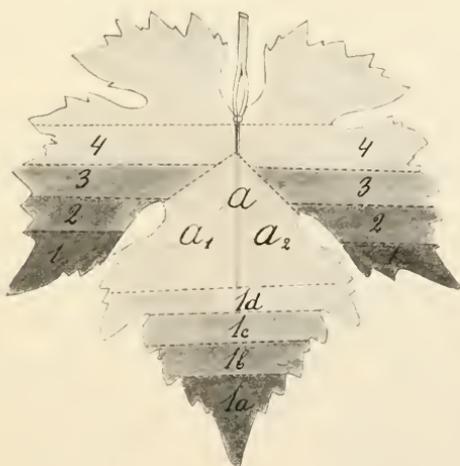


Fig. 2.

Aus der Tabelle und der Zeichnung ersieht man, daß aus beiden Hälften des an der Pflanze sitzenden Blatteiles die Stärke in gleicher Weise verschwindet und zwar in annähernd derselben Zeit wie aus dem intakten Blatte zwischen 30 und 40 Stunden, ungefähr nach 40 Stunden, obgleich die Temperatur relativ niedrig war.

Versuch F. Bei diesem Versuche wurde die Operation zuerst wie im Versuche E ausgeführt, dann wurde an der einen Blattstielhälfte ein kleiner querer, halbseitiger Schnitt angebracht, welcher gerade das eine große Leitbündel durchschneidet. Fig. 3 zeigt die Operationsstelle am Stiel. Im übrigen wurde verfahren wie bei Versuch E. Die Resultate sind in Fig. 3 und Tabelle F niedergelegt.

Tabelle F.

Temperatur bei b u. c 9—16°, bei a 19—20°.

| Nach | b | c | a | |
|---------|------------------------------------|------------------------------------|---|--|
| | | | a ₁ Oberseite auf dem Wasser | a ₂ Unterseite auf dem Wasser |
| Sofort | Intensive blaue Färbung (1) | | | |
| 19 Std. | Wen. int. Reakt. (b ₁) | Intens. Reakt. (c ₁) | | |
| 24 „ | Wen. int. Reakt. (b ₂) | Intens. Reakt. (c ₂) | | |
| 40 „ | Schw. Reakt. (b ₃) | Wen. int. Reakt. (c ₃) | | |
| 48 „ | Keine Reakt. (b ₄) | Schw. Reakt. (c ₄) | | |
| 58 „ | — | Keine Reakt. (c ₅) | Intensive Reaktion | |
| 64 „ | — | — | Wen. int. Reakt. (2) | Wen. int. Reakt. (1b) |
| 78 „ | — | — | Schw. Reakt. (3) | Wen. int. Reakt. (1c) |
| 78 „ | — | — | Keine Reakt. (4) | Schw. Reakt. (1d) |
| 92 „ | — | — | — | Keine Reakt. (1e) |

Die Tabelle zeigt uns, daß das angewandte Blatt normal reagierte; denn auf Wasser mit der Oberseite trat die völlige Transformation zwischen 64 und 78 Stunden, anscheinend etwa nach 70 Stunden ein, mit der Unterseite auf Wasser aber zwischen 78 und 92, vielleicht ungefähr bei 90 Stunden.

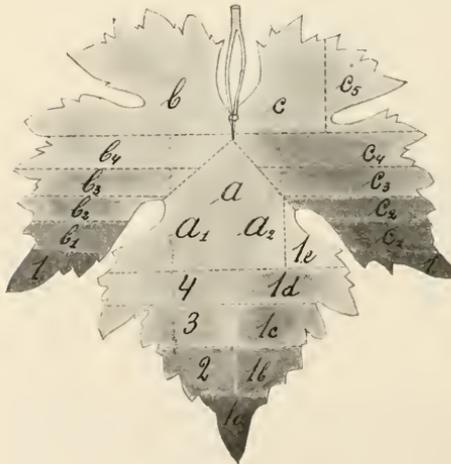


Fig. 3.

An der Pflanze verschwand die Stärke in der Blatthälfte, deren halber Stiel ein verletztes großes Leitbündel besaß, langsamer als in der Hälfte, deren Stielhälfte alle Leitbündel unverletzt ent-

hielt. Die Hälfte mit unverletzter Stielhälfte war stärkefrei zwischen 40 und 48 Stunden, vielleicht ungefähr bei 47 Stunden, die mit der

Stielhälfte ohne das große Leitbündel zwischen 48 und 58 Stunden, vielleicht bei 57 Stunden.

Dieser Versuch wurde am 12. Juli 1909 vorgenommen. Ein Versuch, welchen wir am 19. Juli, und einer, den wir am 22. Juli vornahmen, ergab ganz die gleichen Resultate.

Versuch G. Der Blattstiel von an der Pflanze sitzenden Blättern wurde in derselben Weise operiert wie es in Czapeks Versuch 1 (siehe S. 4) geschah, d. h. es wurde an der oberen Hälfte des Blattstieles ein 2 bis 3 mm langes Stück so herausgeschnitten, daß nur gerade die eine Blattstielhälfte bis zur Mediane des Blattstieles intakt blieb. Die Wunde wurde mit feuchter Watte verbunden und dann mit Stanniol umwickelt. Der Stiel bleibt übrigens auch gesund, wenn man die feuchte Watte wegläßt. Die Spreite des Blattes wurde völlig durch Stanniol verdunkelt. Zu verschiedenen Zeiten wurden, wie stets, Stücke weggenommen und der Jodprobe unterworfen, so daß der Verlauf der Entstärkung genau verfolgt werden konnte. Die Resultate der Versuche sind in Tabelle G und Fig. 4 mitgeteilt.

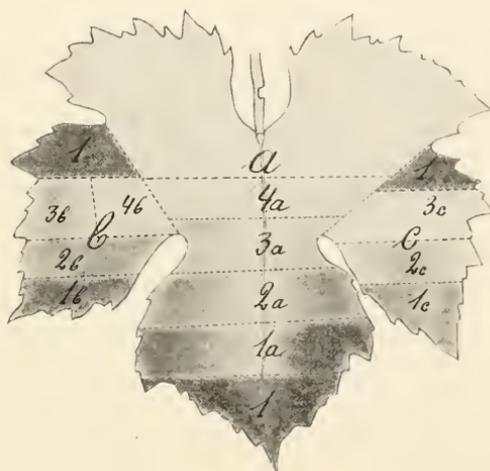


Fig. 4.

Die Tabelle, noch mehr die Fig. 4 zeigt, daß die Stärke in beiden Blatthälften, trotz der Operation in gleicher Weise schwindet. Der Zeitpunkt der vollständigen Entleerung liegt zwischen 37 und 43 Stunden, wohl ungefähr bei 40—42 Stunden. Daß die Blätter sich im allgemeinen ähnlich verhielten wie die früher benutzten, geht daraus hervor, daß im Versuch 3 das Blattstück, welches mit der Oberseite auf Wasser lag, nach wohl fast genau 67 Stunden stärkefrei war.

Tabelle G.

(Die Figur 4 illustriert direkt den Verlauf des Versuches 1.)

Temperatur bei a 14—16°, bei b u. c 15—17°.

| Ver- such | Nach | a | | b | c |
|--------------|---------|-----------------------------|----------------------------|------------------------------|-----------------------------|
| | | Operierter Teil | nicht ope- rierter Teil | Unterseite auf dem Wasser | Oberseite auf dem Wasser |
| 1 | Sofort | Intensive blaue Färbung (1) | | | |
| | 7 Std. | Wen. intens. Reakt. (1 a) | | | |
| | 22 „ | Wen. intens. Reakt. (2 a) | | | |
| | 32 „ | Schwache Reaktion (3 a) | | Intensive Reaktion (1 b) | Wen. intens. Reakt. (1 c) |
| | 45 „ | Keine Reaktion (4 a) | | Wen. intens. Reakt. (2 b) | Schwache Reaktion (2 c) |
| | 67 „ | — | | Schwache Reaktion (3 b) | Keine Reaktion (3 c) |
| 93 „ | — | | Keine Reaktion (4 b) | — | |
| 2 | Sofort | Intensive blaue Färbung (1) | | | |
| | 20 Std. | Wen. intens. Reakt. (1 a) | | | |
| | 33 „ | Schwache Reaktion (3 a) | | Intensive Reaktion (1 b) | Wen. intens. Reakt. (1 c) |
| | 43 „ | Keine Reaktion (4 a) | | Wen. intens. Reakt. (2 b) | Schwache Reaktion (2 c) |
| | 69 „ | — | | Schwache Reaktion (3 b) | Keine Reaktion (3 c) |
| | 90 „ | — | | Keine Reaktion (4 b) | — |
| 3 | | Temp. 10—12° | | Temp. 17—20° | |
| | Sofort | Intensive blaue Färbung (1) | | | |
| | 17 Std. | Wen. intens. Reakt. (1 a) | | | |
| | 37 „ | Schwache Reaktion (3 a) | | Intensive Reaktion (1 b) | Wen. intens. Reakt. (1 c) |
| | 43 „ | Keine Reaktion (4 a) | | Wen. intens. Reakt. (2 b) | Schwache Reaktion (2 c) |
| | 65 „ | — | | Schwache Reakt. (3 b) | noch nicht ganz frei |
| | 70 „ | — | | Schwache Reaktion | Keine Reaktion (3 c) |
| | 90 „ | — | | Keine Reaktion (4 b) | — |

Diese Erscheinungen werden jedoch verständlich, wenn man den anatomischen Bau des Blattes genau ins Auge faßt und annimmt, daß die Assimilate in den Leitbündeln geleitet werden. Wir haben den Leitbündelverlauf des Blattes etwas genauer untersucht.

Zuerst ist danach im Auge zu behalten, daß die 5 Hauptnerven in der Spreite alle durch sehr zahlreiche Queranastomosen miteinander in Verbindung stehen; dann ist die Anatomie des Blattstieles und der Ansatzstelle der 5 Hauptnerven zu beachten.

Die Anatomie des Blattstieles von *Vitis vinifera* zeigt, daß die Leitbündel gerade im Blattstiele abwärts laufen, ohne daß zwischen ihnen Anastomosen vorkommen. Man kann die Anordnung der Leitbündel sehr gut sehen, wenn man den Blattstiel longitudinal

durchschneidet und darauf die Teile in einer Chloralhydratlösung (5 g Chloralhydrat + 2 g Wasser) kocht. Die Leitbündel erscheinen unter dem Mikroskop völlig parallel.

Wir haben mit einem Mikrotom durch einen Knotenpunkt Querschnitte gemacht, um den Ausgangspunkt jedes Leitbündels aus der Blattspreite in dem Blattstiele zu sehen.

Das beifolgende Schema (Fig. 5) erläutert den Befund sicher in der Hauptsache richtig. Das Leitbündel a des Stieles kam direkt aus dem Mediannerven der Spreite; es setzte sich aus zwei

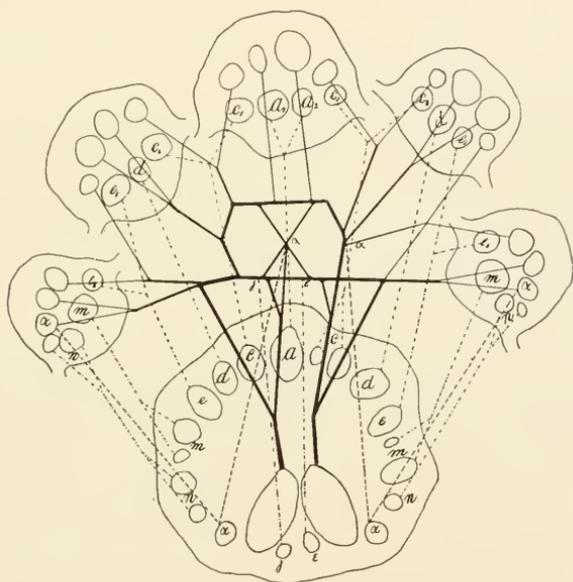


Fig. 5.

Leitbündeln des Mediannerven a_1 und a_2 zusammen. Leitbündel c des Blattstieles entstand durch Verschmelzung eines Leitbündels des Mediannerven und eines Leitbündels des daneben stehenden Lateralnerven, ebenso verhalten sich d , e , m und n . Die Figur zeigt uns weiter, daß beim Eintritt der fünf Hauptnerven in den Blattstiel die 1 bis 2 Leitbündel jedes Nerven, welche sich in der Unterseite des Nerven befinden, a_1 , a_2 , d , m und n direkt in den Blattstiel gehen, die seitlich liegenden Leitbündel jedes Nerven (c_1 , c_2 , e_1 , e_2) ebenfalls, indem sich jedoch je zwei benachbarte von ihnen vereinigen. Sie bilden dann im Blattstiel die Leitbündel c und e .

Die Leitbündel, welche sich in der oberen Seite jedes Nerven befinden, bilden dieselben Kombinationen wie die Leitbündel der unteren Seite, aber sie führen nicht direkt in den Blattstiel, sondern sie treten erst an ein Netz von Anastomosen heran, an welches sich dickere Leitbündel unten ansetzen, die dann die beiden großen Leitbündel des Blattstieles liefern. Auch die beiden kleinen Leitbündel γ und ε haben ihren Ausgangspunkt in den zentralen Anastomosen.

Das Leitbündel α ist zusammengesetzt aus einem Leitbündelchen, welches vom Anastomosennetz kommt, und einem, welches von einem der äußersten Hauptnerven kommt. Dies Anastomosennetz fand sich nur in 90 Querschnitten (von je 8μ Dicke), also auf einer Strecke von 0,72 mm Länge.

Wenn man nun die Operation so durchführt, wie es in dem Versuche G geschehen ist, so könnten aus der über der Operationsstelle liegenden Blatthälfte die Assimilate durch die zahlreichen Anastomosen eben so schnell nach den erhaltenen Leitbündeln des Blattstieles fließen wie die Assimilate der an der intakten Stielhälfte sitzenden Spreitenhälfte.

Wenn man aber die Operation so ausführt, wie es in Versuch F geschehen ist, so ist jede Blatthälfte von der anderen getrennt, und eine Wegnahme des größten Leitungsweges, des großen Leitbündels, verlangsamt die Auswanderung gegenüber der normalen Blatthälfte. Was also Czapek mit Versuch G zu beweisen versuchte, konnte damit gar nicht bewiesen werden. Nur das Resultat unseres Versuches F deutet vielleicht darauf hin, daß die Leitbündel Wanderwege für die schnelle Ableitung der Assimilate sind. Ob diese Assimilate in den Leitungsbahnen als Kohlehydrate oder als andere Stoffe wandern, ist — wie wir wissen — nicht zu sagen.

Versuche mit Blättern, deren Blattstiel gebrüht worden war.

Es wurden einige Versuche ausgeführt, welche sich an Czapeks Versuch 2 anschlossen. Es ist ja von vornherein selbstverständlich, daß die Resultate Czapeks nicht beweisen können, daß der gekochte Blattstiel „nicht mehr die Ableitung der Assimilate gestattet“, denn es läßt sich mit der Stärkemethode, selbst dann, wenn man annimmt, daß die schnellere Stärkelösung stets durch

die Ableitung der Assimilate hervorgerufen wird, nicht feststellen, ob nicht doch ein Teil der Kohlehydrate oder Eiweißstoffe auswandert.

Versuch H. Es wurden 4 Blätter gleichzeitig miteinander verglichen. Von zweien dieser Blätter wurde je eine Hälfte abgeschnitten und sofort mit der Oberseite auf Wasser gelegt, während die anderen beiden Hälften am Weinstocke sitzen blieben. Zwei Blätter wurden gleich behandelt, nur wurden die Blattstiele gebrüht. Das Brühen wurde wie in Versuch J ausgeführt:

Tabelle H α .

Von 2 Stück der am Baume sitzenden Blatthälften wurden die Stiele gebrüht (der Stiel der einen dann mit feuchter Watte umgeben, der der anderen nackt gelassen). Es wurde dann das Verschwinden der Stärke beobachtet.

| Ver- such | Nach | Die Blatthälfte mit gebrühtem Blattstiel Temp. 19—20° | Die Blatthälfte mit der Oberseite auf Wasser Temp. 20—20° |
|--------------|--------------|---|---|
| I | 13. Juni 6 h | Intensiv blaue Färbung wie 1 (Fig. 1) | |
| | Nach 15 Std. | Weniger intensive Reaktion (2) | Intensive Reaktion |
| | „ 22 „ | Weniger intensive Reaktion (2 ₁) | Intensive Reaktion |
| | „ 39 „ | Weniger intensive Reaktion | Weniger intensive Reaktion |
| | „ 46 „ | Spuren | Weniger intensive Reaktion |
| | „ 48 „ | Keine Reaktion | Weniger intensive Reaktion |
| | „ 60 „ | | Spuren |
| | „ 62 „ | | Keine Reaktion |
| II | Sofort | Intensiv blaue Färbung wie 1 (Fig. 1) | |
| | Nach 15 Std. | Weniger intensive Reaktion (2) | Intensive Reaktion |
| | „ 22 „ | Weniger intensive Reaktion (2 ₁) | Intensive Reaktion |
| | „ 39 „ | Weniger intensive Reaktion (2 ₂) | Intensive Reaktion |
| | „ 46 „ | Spuren | Weniger intensive Reaktion |
| | „ 48 „ | Keine Reaktion | Weniger intensive Reaktion |
| | „ 58 „ | | Schwache Reaktion |
| | „ 64 „ | | Keine Reaktion |

Tabelle H β .

Von 2 Stück der am Baume sitzenden Blatthälften wurden die Stiele nicht gebrüht und die Blatthälften untersucht, in gleicher Weise wie in Versuch H α .

| Ver-such | Nach | Normale Blatthälfte Temp. 19—20° | Die Blatthälfte mit der Oberseite auf Wasser Temp. 20—20° |
|----------|--------------|--|--|
| I | Sofort | Intensiv blaue Färbung wie 1 (Fig. 1) | |
| | Nach 15 Std. | Weniger intensive Reaktion (2 ₁) | Weniger intensive Reaktion Weniger intensive Reaktion Keine Reaktion |
| | „ 22 „ | Weniger intensive Reaktion | |
| | „ 38 „ | Sehr schwache Reaktion | |
| | „ 40 „ | Keine Reaktion | |
| | „ 50 „ | | |
| „ 64 „ | | | |
| II | Sofort | Intensiv blaue Färbung wie 1 (Fig. 1) | |
| | Nach 14 Std. | Weniger intensive Reaktion (2 ₁) | Weniger intensive Reaktion Schwache Reaktion Keine Reaktion |
| | „ 22 „ | Weniger intensive Reaktion (2 ₂) | |
| | „ 36 „ | Sehr schwache Reaktion | |
| | „ 38 „ | Keine Reaktion | |
| | „ 58 „ | | |
| „ 64 „ | | | |

H α. Die Stärke verschwindet zwischen 46 und 48 Stunden.

H β. „ „ „ „ 37 „ 39 „

Versuch H γ.

Es wurde ein weiterer Versuch mit zwei Blättern gemacht, deren Blattstiel und Mittelnerv halbiert wurden, so daß Blattspreitensstücke des gleichen Blattes verglichen werden konnten. Die Tabelle H γ enthält die Resultate.

Tabelle H γ.

Blätter, deren Blattstiel und Mittelnerv halbiert wurden. (Siehe Fig. 2.)

| Ver-such | Nach | Die Blatthälfte mit gebrühter Blattstielhälfte. Temperatur 12—19°. | Die Blatthälfte mit nicht gebrühter Blattstielhälfte. Temperatur 12—19°. |
|----------|---------------------|--|--|
| I | 10. Juni 10 h a. m. | Schwache Reaktion wie 2 ₂ (Fig. 1) | |
| | 13. Juni 6 h | Beide werden verdunkelt. | |
| | Sofort | Intensiv blaue Färbung 1 (Fig. 1) | |
| | Nach 15 Std. | Intensive Reaktion | Intensive Reaktion |
| | „ 22 „ | Weniger intensive Reaktion | Weniger intensive Reaktion (2 ₁) |
| | „ 38 „ | | Spuren |
| | „ 39 „ | Weniger intensive Reaktion (2 ₁) | Weniger Spuren |
| | „ 40 „ | | Keine Reaktion |
| | „ 43 „ | Weniger intensive Reaktion | |
| | „ 57 „ | Schwache Reaktion | |
| | „ 60 „ | Keine Reaktion | |

Fortsetzung der Tabelle H 7.

| Ver- such | Nach | Die Blatthälfte mit gebrühter Blattstielhälfte Temp. 12—19 ° | Die Blatthälfte mit nicht gebrühter Blattstielhälfte Temp. 12—19 ° |
|--------------|-------------------|--|--|
| II | 10. Juni 10 h vm. | Schwache Reaktion wie 2 ₂ (Fig. 1) | |
| | 13. Juni 6 h vm. | Beide werden verdunkelt | |
| | Sofort | Intensive blaue Färbung wie 1 (Fig. 1) | |
| | Nach 15 Std. | Weniger intensive Reaktion | Weniger intensive Reaktion |
| | „ 22 „ | Weniger intensive Reaktion | Weniger intensive Reaktion (2 ₁) |
| | „ 38 „ | | Spuren |
| | „ 40 „ | | Keine Reaktion |
| | „ 43 „ | Weniger intensive Reaktion | |
| | „ 57 „ | Schwache Reaktion | |
| | „ 60 „ | Spuren | |
| | „ 63 „ | Keine Reaktion | |

Die in den Tabellen H α und H β verzeichneten Resultate ergaben zuerst, daß die mit der Oberseite auf Wasser liegenden Blatthälften ihre Stärke gelöst hatten:

I α zwischen 60 und 62, II α zwischen 58 und 64 Stunden

I β „ 50 „ 64, II β „ 58 „ 64 „

Die normalen Hälften am Baum:

I β zwischen 38 und 40, II β zwischen 36 und 38 Stunden.

Die Hälften mit gebrühten Stielen:

I α zwischen 46 und 48, II α zwischen 46 und 48 Stunden.

Vergleicht man die Zahlen unter I α (60 und 62; 46 und 48), so sieht man, daß die Hälfte des Blattes, die am gebrühten Blattstiele saß, doch erheblich schneller die Stärke gelöst hatte, als die Hälfte, welche auf dem Wasser lag. Danach könnte man vermuten, daß doch neben der Atmung noch etwas anderes, vielleicht die Auswanderung der Assimilate, die Stärke zur Lösung veranlaßte. Das Gleiche lehrt II α . Man darf vielleicht auch sagen, daß im allgemeinen die Hälften mit ungebrühtem Blattstiele ihre Stärke schneller lösten als die mit gebrühtem. Denn wenn die Blätter auch so verschieden waren, daß das eine in ungefähr 39, das andere in ungefähr 37 Stunden stärkefrei wurde, so stehen diesen Zahlen doch die Zahlen 47 Stunden für die Hälften mit gebrühtem Stiele gegenüber. Beim Weinblatt deutet das wohl darauf hin, daß die Auswanderung der Assimilate durch den normalen Blattstiel schneller erfolgt als durch den gebrühten.

Die Tabelle Hy zeigt uns nur, daß die Hälfte des Blattes I, welche an der intakten Blattstielhälfte saß, zwischen 39 und 40 Std., die, welche am gebrühten Blattstiele saß, zwischen 57 und 60 Stunden die Stärke gelöst hatte. Das zweite Blatt ergab die Zahlen 38 bis 40 und 60 bis 63 Stunden.

Versuch J.

Quantitative Bestimmung des Trockengewichtsverlustes.

Der Versuch wurde gleichzeitig mit den Versuchen H begonnen, so daß beide miteinander verglichen werden können.

Versuch J α .

Mit gebrühten Stielen. Temperatur 19—20 °.

Am 13. Juni, 6 Uhr nachm. haben wir auf dem Baum 13 gesunde gleichmäßig entwickelte Blätter ausgesucht. Die eine Blatthälfte wurde abgetrennt, die andere mit dem Mediannerven auf dem Baume gelassen. Die abgeschnittenen 13 Hälften wurden gewogen = 18 g Frischgewicht, dann bei 100 ° bis zu konstantem Gewicht getrocknet = 4,4025 g Trockensubstanz, oder 24,45 g Trockensubstanz pro 100 g Frischsubstanz. Der Stiel der auf dem Baume sitzenden Blatthälften wurde folgendermaßen gebrüht:

Ein kleines Wasser enthaltendes Kölbchen wurde mit einem Stöpsel versehen, durch dessen Durchbohrung ein Glasröhrchen gesteckt wurde. Am Ende des Röhrchens saß ein Kautschukschlauch, welcher ein Stückchen Glasrohr trug. Der Schlauch wurde in der Mitte mit einer kräftigen Nadel durchbohrt und dann bis zu dem Loch quer eingeschnitten. Beim Abbrühen eines Stieles wurde der horizontal liegende Stiel in den Schnitt bis zum Loche eingeführt, dann das Rohr so gehalten, daß der Schnitt sich durch das Gewicht des am Schlauch hängenden Glasröhrchens selbst schloß. Dann wurde das Wasser zum Sieden gebracht.

Der Blattstiel wurde so auf eine Strecke von 5—6 mm 1 bis 1½ Minute lang durch den Wasserdampf auf 100 ° gebracht. Wir haben uns überzeugt, daß sogar schon nach einer Kochdauer von 15 Sekunden der Blattstiel völlig abgestorben war. Die Wunde wurde mit feuchter Watte und Stanniol umwickelt. Wir banden das Blatt mit einem Bast auf einen Zweig, so daß es in fester Lage verblieb. Die Lamina wurde durch Stanniol verdunkelt. Nach 48 Stunden (also als die Kontrollblätter stärkeleer waren),

haben wir den Versuch beendigt. Die Blatthälften auf dem Baum wurden abgeschnitten, die Mediannerven entfernt, dann die Spreitenhälften gewogen = 19 g Frischgewicht und bei 100 ° getrocknet = 3,9921 g Trockensubstanz, oder 22,16 g Trockensubstanz pro 100 g Frischsubstanz.

Die Gewichts-differenz bezeichnet uns ungefähr die veratmete und eventuell ausgewanderte Menge = 0,4104 = 9,3 % des Trockengewichts oder 2,29 % des Frischgewichts.

Versuch I β .

Mit nicht gebrühten Stielen. Temperatur 19—20 °.

Gleichzeitig mit dem Beginn des Versuches I α haben wir 13 andere Blätter genommen, die wir in der gleichen Weise behandelten wie es bei Versuch I α geschah. Die abgeschnittenen Hälften wurden in frischem Zustande gewogen = 17,6 g Frischgewicht und sofort bei 100 ° getrocknet = 4,3992 g Trockensubstanz, oder 25,00 g Trockensubstanz pro 100 g Frischsubstanz. Die Blatthälften auf dem Baum, deren Stiele also intakt blieben, wurden mit Stanniol verdunkelt. Nach 48 Stunden wurde auch dieser Versuch beendigt. Die 13 Blatthälften, welche 48 Stunden auf dem Baum geblieben waren, wurden behandelt wie oben = 17,6 Frischgewicht und 3,5555 g Trockengewicht, oder 20,20 g Trockensubstanz pro 100 g Frischgewicht.

Die Gewichts-differenz ergab die veratmete + ausgewanderte Substanzmenge = 0,8437 g = 19,17 % Trockensubstanz, oder 4,80 % Trockensubstanz pro 100 g Frischgewicht.

Versuch I γ .

Temperatur 20—20 °.

Gleichzeitig mit Beginn des Versuches I α und I β haben wir ferner 13 andere Blatthälften genommen, welche dasselbe Frischgewicht hatten wie die in Versuch I α (18 g). Wir haben sie im Dunkeln mit der Oberseite auf Wasser gelegt. Nach 48 Stunden haben wir den Versuch beendigt.

Frishgewicht = 18 g

Trockengewicht = 4,2410 g, also 23,6 % vom Frishgewicht.

Aus diesen Versuchen ergibt sich folgendes:

a) Die Blatthälften enthielten bei Beginn des Versuches I α 24,45 % des Frishgewichtes Trockensubstanz, als die Blatthälften mit gebrühtem Stiele 48 Stunden verdunkelt an der Pflanze gesessen

hatten, 22,16 %₀. Sie verloren also innerhalb 48 Stunden 2,29 %₀ Trockensubstanz.

b) Die Blatthälften, die auf Wasser lagen, veratmeten in 48 Stunden 0,85 %₀ des Frischgewichtes an Trockensubstanz. Da die freie Blatthälfte mehr als die auf Wasser liegende veratmet und zwar statt 100 %₀ 139 %₀, so haben die Blatthälften mit gebrühtem Stiele ungefähr 1,2 %₀ veratmet.

c) Die Blatthälften, welche mit normalem Stiele am Stocke 48 Stunden verdunkelt saßen, hatten 4,8 %₀ des Frischgewichtes an Trockensubstanz verloren.

Wenn wir von den 2,29 %₀ (a) die veratmete Menge 1,2 %₀ (b) abziehen, so finden wir, daß in 48 Stunden 1,09 %₀ des Frischgewichtes an Trockensubstanz durch den gebrühten Blattstiel ausgewandert ist.

Wenn wir von den 4,8 %₀ (c) 1,2 %₀ für die veratmete Substanzmenge abrechnen, so finden wir, daß durch den normalen Stiel mindestens 3,6 %₀ des Frischgewichtes an Trockensubstanz auswanderten.

Die Genauigkeit der Zahlen wird etwas beeinträchtigt sein dadurch, daß wir je 13 verschiedene Blatthälften miteinander verglichen, aber dem Sinne nach ist das Resultat sicher richtig. Es können also danach Assimilate durch den gebrühten Blattstiel auswandern, und es ist wahrscheinlich, daß die Beförderung der Assimilate durch die Tracheen hindurch stattfindet. Ob diese auch im normalen Blattstiel die Beförderung von Assimilaten übernehmen und ob sie im gebrühten Stiele die Assimilate weit weg leiten oder nur die Beförderung der Assimilate von den oberen gesunden Siebteilen zu den unteren gesunden Siebteilen übernehmen, weiß man nicht. Die Menge der durch den normalen Blattstiel abgeleiteten Assimilate ist bedeutend größer als die, welche in der gleichen Zeit durch den gebrühten Blattstiel fließt.

Die Versuche mit Blättern, deren Blattstiele plasmolysiert waren.

Czapek will bei seinem Versuch 5 gefunden haben, daß von 5 %₀ iger Salpeterlösung umgebene Blattstiele die Assimilate ableiten, daß die Plasmolyse also die Ableitung nicht störe.

Hier war zuerst die Frage genauer zu untersuchen, ob Blattstiele, die von 5 %₀ iger Salpeterlösung umgeben sind, wirklich plasmolysiert sind.

1. Zuerst wurden Längsschnitte der Blattstiele der Weinblätter mit 5%iger Salpeterlösung behandelt. Es zeigte sich, daß nach 3—4 Minuten Plasmolyse eintrat, die nach Einlegen der Schnitte in Wasser ungefähr nach 1 Stunde bei den meisten Zellen zurückgegangen war. Mit 10%iger Salpeterlösung trat die Plasmolyse nach 2—3 Minuten ein, und es erfolgte sofort Absterben der Protoplasten.

2. Ferner wurden eine Reihe von Blättern mit den Stielen abgeschnitten, die Stiele mit je einem unten mit Kork verschlossenen Glasrohr montiert, wie wir es bei den Chloroformierungsversuchen benutzten, und mit der Schnittfläche in Wasser gesteckt. In das Glasrohr wurde dann Salpeterlösung verschiedener Konzentration gegossen. An einer Reihe von Blättern wurde die Epidermis der Blattstiele sorgfältig intakt gelassen, bei einer andern Reihe wurde die Epidermis mit einem Wattebausch abgerieben.

a) An Blättern mit nicht abgeriebenem Stiele blieb die von Salpeterlösung umgebene Stielstelle in 5%iger und 10%iger Salpeterlösung völlig intakt, Plasmolyse trat nicht ein, und es konnte in der Blattspreite keine Salpetersäure nachgewiesen werden. 20%ige Salpeterlösung plasmolysierte erst nach 44 Stunden, 30%ige erst nach 40 Stunden, dann konnte aber auch der Tod der Zellen konstatiert und Salpetersäure in der Blattspreite nachgewiesen werden.

b) Die Blattstiele der Blätter mit abgeriebenem Stiele verhielten sich anders als die mit intakter Epidermis. Die in Salpeterlösung befindlichen Stücke des Stieles wurden bei 5%iger Salpeterlösung nicht vor 12, bei 10%iger nicht vor 8, bei 15%iger nicht vor 8, bei 20%iger nicht vor 8, bei 25%iger nicht vor 3, bei 30%iger nicht vor 2½ Stunden plasmolysiert, erwiesen sich aber dann stets als abgestorben, und die Spreiten der Blätter enthielten stets Salpetersäure, ein Zeichen, daß das Nitrat eingedrungen war.

Der Tod wurde dadurch konstatiert, daß die Blattstiele schon in der Salpeterlösung braun erschienen, weich waren und beim Einlegen in Wasser nicht mehr turgeszent wurden.

Die Salpetersäure wurde in den wässerigen Auszügen der zerriebenen Spreite durch Diphenylamin und konzentrierte Schwefelsäure nachgewiesen. Die normalen Blattspreiten gaben mit diesem Reagens keine Reaktion.

3. Eine Reihe von Versuchen mit an dem Weinstock sitzenden Blättern ergaben, daß 10%ige Salpeterlösung nach 44 Stunden

noch keine Plasmolyse hervorrief, und daß sich selbst nach dieser Zeit kein Salpeter in der Spreite nachweisen ließ. Erst nach 52 Stunden trat Plasmolyse, zugleich der Tod der Stielzellen ein, und die Salpeterreaktion konnte in der Spreite erhalten werden.

5 %ige Salpeterlösung hatte selbstverständlich nach 48 Stunden auch keine Plasmolyse hervorgerufen.

Heben wir nochmals das für uns Wichtigste hervor, so ist es das, daß am Weinstock mit der Plasmolyse auch Tötung der Gewebe des Stieles eintritt, und daß die Plasmolyse der Stiele der am Weinstock sitzenden Blätter in 5 %iger Salpeterlösung selbst nach 48 Stunden noch nicht eintritt.

Danach ist Czapeks Resultat (Versuch 5) erklärlich. Er hat die Blattstiele seiner Blätter nur 12 Stunden mit 5 %iger Salpeterlösung umgeben und während dieser Zeit die Auswanderung untersucht. Die Blattstiele mußten dabei völlig normal bleiben und sich wie normale Stiele bezüglich der Ableitung der Assimilate verhalten. Es hatte nach diesen Erfahrungen auch keinen Zweck, die Frage weiter zu verfolgen. Entweder würden ja die Blattstiele, wenn wir sie mit 10 %iger Salpeterlösung umgeben hätten, nicht plasmolysiert werden oder sie würden plasmolysiert werden, dann aber sofort absterben und sich dann so verhalten müssen wie gebrühte Blattstiele.

Versuche mit chloroformierten Blättern.

Versuch K.

Blattstücke auf Chloroformwasser verschiedener Konzentration.

Vitis vinifera.

Dieser Versuch sowie die zwei nächsten Versuche sollte uns über das Verhalten der Stärke transformierenden Blätter und Blattstücke gegen Chloroform im allgemeinen orientieren.

Frisch von der Pflanze genommene stärkereiche Blätter wurden in 3 Teile zerschnitten, und von diesen wurde einer mit der Oberseite und einer mit der Unterseite auf Chloroformwasser bestimmter Konzentration, der dritte mit der Oberseite auf Wasser gelegt. Alle Blattteile wurden ins Dunkle gestellt. Die Temperatur betrug 19—20°. Als Chloroformwasser diente zuerst mit Chloroform gesättigtes Brunnenwasser, welches 0,6 % Chloroform enthielt (bezeichnet mit Chloroformwasser 1:1). Als Chloroformwasser 1:10

ist ein Gemisch von 1 Teil Chloroformwasser 1:1 mit 9 Teilen Wasser benutzt worden. In gleichem Sinne sind die Bezeichnungen 1:2 und 1:5 zu verstehen.

Tabelle K.

Stärketransformation auf Wasser und Chloroformwasser.

| | Blatt I | Blatt II | Blatt III | Blatt IV |
|-------------------------------------|------------------------|---------------|---------------|---------------|
| Oberseite auf Wasser | zwischen 70 u. 72 Std. | 70 u. 72 Std. | 68 u. 70 Std. | 70 u. 72 Std. |
| Oberseite auf Chloroformwasser 1:8 | zwischen 70 u. 72 Std. | 68 u. 70 Std. | 67 u. 69 Std. | 70 u. 72 Std. |
| Unterseite auf Chloroformwasser 1:8 | zwischen 88 u. 90 Std. | 95 u. 97 Std. | 95 u. 97 Std. | 96 u. 98 Std. |

Als Resultat von den 4 Versuchen K ergab sich das Folgende: Es zeigte sich, daß der Zeitpunkt der vollständigen Entstärkung bei Blattstücken mit der Oberseite auf Chloroformwasser 1:8 zwischen 70 und 72 Stunden lag, und daß die Lösung der Stärke im Blatt mit der Oberseite auf dem Chloroformwasser 1:8 so verlief wie auf Wasser. Lag das Blattstück mit der Unterseite auf Chloroformwasser 1:8, so fand die Stärkelösung etwas langsamer statt als dann, wenn die Blattstücke mit der Oberseite auf Chloroformwasser lagen.

Auf Chloroformwasser 1:5, 1:2 und 1:1 verhalten sich die mit der Oberseite aufliegenden Stücke ebenso, während die mit der Unterseite auf diesen Flüssigkeiten liegenden Stücke bald absterben.

Versuch L. Versuch zu Czapeks Versuch 4 mit *Vitis vinifera*.

Der Stiel der zum Versuch benutzten, an der Pflanze befindlichen Blätter wurde auf 3 cm Länge genau oben in seiner Mediane längs durchschnitten, und der Schnitt wurde im Mittelnerven so weit nach oben durchgeführt wie eine gleichmäßige Längsteilung möglich war. Der Rest der Blattspitze wurde entfernt. Bei Beginn des Versuches morgens 10 Uhr hatte man also zwei ganz gleiche Blatthälften, welche unten durch den intakten Teil des Blattstieles zusammengehalten wurden. Die Blatthälften waren um 10 Uhr stärkearm, wie die Prüfung der Blattspitze zeigte. Jede der beiden Blattstielhälften wurde nun mit dem kleinen Apparate umgeben, welchen Czapek auf S. 28 (144) seiner Arbeit beschreibt. In den einen Apparat wurde Chloroformwasser (1:10) gegossen, in den anderen Wasser. Das den Stiel auf eine Strecke von ungefähr 10 mm umgebende Chloroformwasser wurde alle drei Stunden erneuert. Die Blätter wurden nun von morgens 10 Uhr bis abends

6 Uhr der Sonne ausgesetzt und dann ein Stück der Spreitenhälften auf Stärke untersucht. Beide Teile erwiesen sich, soweit es mit der Jodprobe erkannt werden kann, gleichmäßig stärkereich. Sie wurden nun in Stanniol eingehüllt und nach den in der Tabelle L angegebenen Zeiten untersucht mit den dort verzeichneten Resultaten. Der erste der beiden in der Tabelle verzeichneten Versuche wurde am 22. Juli, der zweite am 20. August begonnen.

Tabelle L.

Blatt mit gespaltenem Blattstiel und Mittelnerven.

| Ver- such | Nach | a | | b | |
|--------------|--------|-------------------------------|--|------------|----------------------|
| | | Mit Chloroformwasser 1 : 10 | | Mit Wasser | |
| 1 | Sofort | Wenig intensive blaue Färbung | | | |
| | 8 Std. | Intensive blaue Färbung | | | |
| | 24 " | Weniger intensive Reaktion | | | |
| | 34 " | Schwache Reaktion | | | Schwache Reaktion |
| | 38 " | Keine Reaktion | | | Schwache Reaktion |
| | 44 " | — | | | Keine Reaktion |
| 2 | Sofort | Wenig intensive blaue Färbung | | | |
| | 9 Std. | Intensive blaue Färbung | | | |
| | 25 " | Weniger intensive Reaktion | | | |
| | 36 " | Schwache Reaktion | | | Schwache Reaktion |
| | 40 " | Keine Reaktion | | | Noch nicht ganz frei |
| | 47 " | — | | | Keine Reaktion |

Die Tabelle zeigt, daß die Blatthälfte, deren Stiel chloroformiert worden war, an einem Zeitpunkte stärkefrei geworden war, der zwischen 34 und 38, resp. zwischen 36 und 40 Stunden lag, während die Blatthälfte, deren Blattstielhälfte von Wasser umgeben war, nach 38, resp. nach 40 Stunden noch nicht völlig frei von Stärke war. Es verschwand also aus der Hälfte mit chloroformiertem Stiele die Stärke schneller als aus der mit nichtchloroformiertem Stiele.

Versuch M. Versuch über Lösung der Stärke bei Chloroformierung der Blattnerven.

Am 23. August 1909 wurden zwei gleichwertige Versuche in folgender Weise angestellt.

Ein kräftiges, stärkereiches Blatt wurde durch Umdrehung und Festlegung des Zweiges so gelagert, daß seine Unterseite nach oben sah. Von zwei kleinen Schalen, die dicht nebeneinander gerückt wurden, füllten wir die eine mit Chloroformwasser 1 : 10, die andere

mit Wasser, legten dann das Blatt mit dem Mittelnerven auf die Berührungsstelle der Schalen, so daß der Mittelnerv mit den Tangenten der Berührungsstelle zusammenfiel und der eine der größeren seitlichen Lappen auf das Wasser, der andere auf das Chloroformwasser zu liegen kam, während der Endlappen in die Luft hineinragte. Die Lappen wurden mittels langer Nadeln und Korkstücken fixiert. Wir verdunkelten den ganzen Apparat und erneuerten das Chloroformwasser alle 3 Stunden.

Der zweite Versuch wurde in ganz gleicher Weise angestellt, nur wurde Chloroformwasser 1 : 5 angewandt. Die Tabelle M gibt die Resultate der Versuche.

Tabelle M.

Blattlappen auf Chloroformwasser, auf Wasser und in der Luft.

| Ver- such | Nach | a | b | c |
|--------------|---------|--------------------------------------|-------------------------|------------------------|
| | | auf dem Chloroform- wasser 1 : 10 | auf dem Wasser | in der Luft |
| 1 | Sofort | | Intensive blaue Färbung | |
| | 24 Std. | Weniger intens. Reakt. | Weniger intens. Reakt. | Weniger intens. Reakt. |
| | 36 " | Schwache Reaktion | Schwache Reaktion | Schwache Reaktion |
| | 42 " | Keine Reaktion | Keine Reaktion | Keine Reaktion |
| | | a ₁ | b ₁ | c ₁ |
| | | auf dem Chloroform- wasser 1 : 5 | auf dem Wasser | in der Luft |
| 2 | Sofort | | Intensive blaue Färbung | |
| | 24 Std. | Weniger intens. Reakt. | Weniger intens. Reakt. | Weniger intens. Reakt. |
| | 30 " | Weniger intens. Reakt. | Weniger intens. Reakt. | Weniger intens. Reakt. |
| | 37 " | Schwache Reaktion | Weniger intens. Reakt. | Weniger intens. Reakt. |
| | 45 " | Keine Reaktion | Noch nicht ganz frei | Schwache Reaktion |
| | 48 " | — | Keine Reaktion | Keine Reaktion |

Die Tabelle zeigt, daß bei Anwendung von Chloroformwasser 1 : 5 die Entstärkung zwischen 37 und 45 Stunden eingetreten war, während die auf dem Wasser und in Luft liegenden Teile erst zwischen 45 und 48 Stunden stärkefrei wurden. Auch hier war also die Blattpartie, die chloroformiert worden war, etwas schneller stärkefrei als die Partie, die bis auf die Zufuhr des Chloroforms ganz gleich behandelt worden war.

Die Resultate der Versuche L und M waren durchaus eigenartig und stimmten nicht mit den Resultaten von Czapek. Denn

Czapek hatte gefunden, daß Blätter mit durch Chloroformwasser $\frac{1}{10}$ (höchstens $\frac{1}{5}$) chloroformierten Blattstielen die Stärke weniger schnell lösen als die mit normalen Blattstielen. Daß die Blätter nach der Chloroformierung nach 3 Tagen normal wurden, wenn das Chloroformwasser entfernt worden war, spricht Czapek auch aus, doch kann wohl nach 3 Tagen alle Stärke auch schon durch Atmung verschwunden sein, so daß diese Angabe wohl wertlos ist.

Der Versuch L ist zuverlässiger als die von Czapek, denn Czapek arbeitete mit verschiedenen Blättern, während hier Hälften eines Blattes verglichen wurden.

Nach unserem Versuch M beschleunigt das Chloroform, wenn es die Zellen nicht tötet, die Geschwindigkeit der Stärkelösung. Es scheint das Chloroform hier also ähnlich wie bei der Atmung und Gärung als Reizmittel wirken zu können. Auch das Resultat des Versuches L ist vielleicht auf eine Reizwirkung des Chloroforms zurückzuführen.

Der Versuch K stimmt anscheinend nicht ganz mit den Versuchen L und M überein, doch ist es sehr wohl möglich, daß sich abgeschnittene Blattspreiten, ähnlich wie abgeschnittene Stiele, etwas anders verhalten als die am Stocke sitzenden.

Keinesfalls kann man ohne weiteres aus dem Verschwinden der Stärke auf eine Auswanderung der Assimilate schließen. Deshalb kann man auch den Versuchen Czapeks keine Beweiskraft zusprechen.

Da durch die Stärkeversuche die Frage nicht zu entscheiden ist, ob die Narkose des Blattstieles die Auswanderung der Assimilate hindert, mußten quantitative Versuche vorgenommen werden.

Zuerst wurde dazu genauer untersucht, wie sich die Blattstiele gegen Chloroformwasser verschiedener Konzentration verhalten.

Die Chloroformierung der Blattstiele wurde bei diesen wie bei den quantitativen Versuchen in folgender Weise ausgeführt. Ein Glasrohr (von 5 cm Länge und 1,8 cm Weite oder 6,5 cm Länge und 3 cm Weite) konnte unten mit einem Kork verschlossen werden, der zuerst mit einer Längsbohrung von der Weite der Stieldicke versehen und dann der Länge nach genau mitten durchgeschnitten worden war. Bei der Anbringung des Apparates am Blattstiele wurden die Korkhälften auf der Schnittfläche mit etwas Wollfett bestrichen und so um den Stiel gelegt, daß dieser in der Bohrung lag; dann wurde das Glasrohr übergeschoben, so daß die freie Öffnung nach der Blattspreite zu gerichtet war. In dieses

Gefäßchen wurde nun Chloroformwasser eingegossen und die Öffnung des Glasrohrs mit einem in Stanniol gehüllten Wappropfen gut verschlossen.

Es wurden nun zuerst Versuche mit abgeschnittenen Blättern ausgeführt, die mit den Stielen in Wasser eintauchten.

Wurden die Stiele intakt oder mit Watte abgerieben mit dem Apparat mit Chloroformwasser 1:10 umgeben, so blieben sie bis 32 Stunden (länger wurde der Versuch nicht fortgesetzt) anscheinend frisch und normal; ihr Parenchym ließ sich auch noch mit 5 %iger Salpeterlösung nach 3 Minuten plasmolysieren, wie es bei einem normalen Blattstiel der Fall war. Wenn man jedoch die Blätter dann, nachdem man das Chloroformwasser entfernt hatte, stehen ließ, so trat — bei genügend langer Einwirkung des Chloroformwassers — nach einiger Zeit Braunwerden und Wasseraustritt, d. h. schwere Erkrankung ein, die nach einiger Zeit zum Austrocknen des Stieles führte. Die Zeit des Absterbens war umso kürzer, je länger das Chloroformwasser eingewirkt hatte. Die folgenden Zahlen zeigen dieses Verhältnis genauer.

| | | | | | |
|--|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| Einwirkung des Chloroformwassers 1:10 | 3½ Std. | 5½ Std. | 8½ Std. | 24 Std. | 32 Std. |
| Stiel, mit der Basis in Wasser, mit der chloroformierten Stelle in Luft: | nach 5 Tagen nicht erkrankt | nach 5 Tagen nicht erkrankt | nach 24 Std. braun u. krank | nach 18 Std. braun u. krank | nach 12 Std. braun u. krank |

Wenn man die Stiele sonst gleich behandelter Blätter vor dem Versuch an der zu chloroformierenden Stelle mit feinen Längseinschnitten versah, so gestalteten sich die Resultate folgendermaßen:

| | | | |
|---|---------|---------|---------|
| Einwirkungsdauer des Chloroformwassers 1:10 | 12 Std. | 24 Std. | 30 Std. |
| Stirbt ab in Luft, Stiel in Wasser nach | 30 „ | 20 „ | 14 „ |

Ganz anders verhielten sich die Blattstiele, wenn die Blätter an dem Weinstocke chloroformiert wurden. Chloroformwasser 1:10 ließ die Blattstiele, mochten sie eingeschnitten sein oder nicht, nach 24 stündiger Chloroformierung völlig gesund, denn die Blattstiele blieben auch nach Entfernung des Chloroforms dann fortgesetzt gesund. Wurde Chloroform 1/5 benutzt, so war das Resultat wechselnd; ein Teil der Blattstiele erkrankte, ein anderer Teil blieb gesund.

Versuch N.

Quantitative Bestimmung mit Blättern, deren Blattstiele
in Chloroformwasser 1:5 standen.

I. Temp. 8—10°.

Am 20. Juni, 6 Uhr nachm. haben wir am Stocke 12 gesunde gleichmäßig entwickelte Blätter ausgesucht. Sie wurden in der Mitte durchschnitten, so daß die eine Hälfte mit dem Mediannerven auf dem Baume verblieb. Die abgeschnittene Hälfte wurde gewogen = 18 g und sofort bis zu konstantem Gewicht bei 100° getrocknet und gewogen = 4,2666 g Trockensubstanz, oder 23,70% des Frischgewichts.

Die Stiele der 12 Blatthälften, welche am Stocke saßen, wurden mit längs verlaufenden Einschnitten versehen; und es wurde der Stiel nach Anbringung der Glasröhre (Länge = 5 cm, Breite = 1,8 cm) mit Chloroformwasser 1:5 umgeben. Die Lamina wurde mit Stanniol umhüllt.

Nach 13 Stunden wurde das Chloroformwasser zum ersten Mal erneuert. Das alte Chloroformwasser wurde in einer Flasche gesammelt. Dieses Chloroformwasser wurde analysiert, um den Grad der Chloroformverdampfung während der Nacht festzustellen. Der Chloroformgehalt war um die Hälfte gesunken. Wir haben das Chloroformwasser dann noch zweimal erneuert ($\frac{1}{2}$ 8 und $\frac{1}{2}$ 12 Uhr am 21. Juni).

Nach 22 Stunden haben wir den Versuch beendet. Die 12 Blatthälften auf dem Stocke wurden abgeschnitten und die Mediannerven mit den Blattstielen entfernt. Dann wurden die halben Spreiten sofort gewogen = 18 g Frischgewicht, und dann bei 100° bis zu konstantem Gewicht getrocknet = 4,1115 g Trockensubstanz, oder 22,84% des Frischgewichts.

II. Temp. 8—10°.

Gleichzeitig mit Versuch I haben wir einen gleichen Versuch mit 12 anderen Blättern gemacht, deren Stiel nicht chloroformiert wurde. Die abgeschnittenen Hälften wurden in frischem Zustande gewogen = 15 g und sofort bei 100° getrocknet = 3,7875 g Trockensubstanz, oder 25,25% des Frischgewichts. Nach 22 Stunden wurde der Versuch beendet. Die Blatthälften auf dem Stocke wurden abgeschnitten und die Mediannerven mit den Blattstielen

entfernt, dann gewogen = 15 g Frischgewicht und sofort bei 100 ° getrocknet = 3,5304 g Trockensubstanz, oder 23,53 % des Frischgewichts.

III. Temp. 13—14 °.

Gleichzeitig mit Versuch I und II haben wir ferner 12 Blatthälften von 12 anderen Blättern genommen, welche dasselbe Frischgewicht besaßen wie die in Versuch II (15 g). Wir haben sie mit der Oberseite auf Wasser gelegt und verdunkelt. Nach 22 Stunden haben wir auch diesen Versuch beendet. Das Frischgewicht betrug 15 g, das Trockengewicht 3,6975 g oder 24,65 % des Frischgewichts.

Aus den Versuchen N (I bis III) ist folgendes für die Versuche mit dem Chloroformwasser 1:5, durch welches alle Blattstiele schwer erkrankten, abzuleiten:

Versuch II: Aus dem normalen Blatte verschwanden 1,73 % des Frischgewichts.

Versuch I: Aus dem Blatte mit chloroformiertem Stiele verschwanden 0,86 % des Frischgewichts.

Versuch III: Aus den auf Wasser liegenden Blattstücken verschwanden 0,6 % des Frischgewichts.

Danach könnte man schließen, daß durch den chloroformierten Blattstiel etwas Assimilate auswanderten, da anscheinend nur 0,6 % veratmet sind, während 0,86 % verschwanden. Freilich ist dieses Resultat nicht sehr sicher, da 1. der Versuch, welcher die veratmete Menge bestimmen sollte (Versuch III) nicht mit Blatthälften desselben Blattes unternommen und weil 2. das Frischgewicht nicht unter ganz gleichen Bedingungen eruiert wurde. Wenn auch die Differenz von 0,26 % noch einigermaßen erheblich ist, möchten wir doch noch nicht mit Bestimmtheit sagen, daß nach dem Resultat die Auswanderung nicht ganz unterdrückt sein könnte. Freilich würde nach unseren früheren Resultaten mit gebrühten Blattstielen es von vornherein wahrscheinlich sein, daß auch hier eine beschränkte Auswanderung stattfände. Ferner würde aus den Versuchen I und II zu schließen sein, daß in jedem dieser Fälle die aus den Blättern mit chloroformiertem (event. getötetem!) Blattstiel ausgewanderte Menge der Assimilate mindestens viel kleiner ist als die aus den normalen Blättern.

Versuch O.

Quantitative Versuche mit Blättern, deren Blattstiele narkotisiert worden waren.

A, Am 6. Juli 1910 haben wir 36 gleichmäßig entwickelte und gleichmäßig beleuchtete Blätter an der Pflanze ausgesucht. 24 davon wurden wie im vorigen Versuche mit einem Apparat montiert. Das Glasrohr war hier $6\frac{1}{2}$ cm lang und 3 cm dick. Am 7. Juli 6 Uhr nachm. haben wir mit 12 Blättern einen Versuch begonnen. In das Glasrohr wurde Chloroformwasser 1 : 8 gegossen; die Einschnitte in die Blattstiele wurden mit einer Nadel gemacht. Das obere Ende des Glasrohres wurde mit einem Wattepfropfen und mit Stanniol verschlossen. Das Chloroformwasser wurde um 10 Uhr nachm. erneuert, sodann um 7 Uhr vorm. am 8. Juli. Das Chloroformwasser, welches in dem Glasrohr von 10 Uhr abends bis 7 Uhr morgens geblieben war und welches bei der Analyse zu Anfang 0,0499 % Cl oder 0,0559 HCCl_3 enthalten hatte, hat an Chloroform durch Verdampfen ungefähr die Hälfte verloren; es enthält nur 0,0252 % Cl oder 0,0282 % HCCl_3 .

Wir konnten den Versuch nicht fortsetzen, weil es am 8. Juli den ganzen Tag regnete. Um 6 Uhr abends haben wir deshalb das Chloroform weggegossen und den Versuch unterbrochen. Am 13. Juli trat wieder schönes Wetter ein, und wir begannen von neuem denselben Versuch mit denselben Blättern.

Am 13. Juli, 6 Uhr abends haben wir wieder Chloroformwasser 1 : 8 in die Glasröhren gegossen (25 ccm in jedes Rohr). Die Glasröhren wurden mit einem von Stanniol umhüllten Wattepfropfen verschlossen. Das Chloroformwasser wurde um 8 Uhr nachm., um 11 Uhr nachm. am 13. Juli und um $5\frac{1}{2}$ Uhr vorm., $8\frac{1}{2}$ Uhr vorm., 11 Uhr vorm. und $2\frac{1}{2}$ Uhr nachm. am 14. Juli erneuert. Am 13. Juli, 11 Uhr enthielt das Chloroformwasser 0,0426 % Cl oder 0,0516 HCCl_3 . Also es ist nur 0,0023 % Chloroform verdampft. Am 14. Juli, $5\frac{1}{2}$ Uhr vorm. enthielt das Chloroformwasser 0,0341 % Cl oder 0,0382 % HCCl_3 ; also es war in der Nacht 0,0177 % Chloroform verdampft. Es war also niemals wesentlich unter die Konzentration 1 : 10 gesunken. Das Temperaturmaximum am 14. Juli war 24° .

Am 14. Juli um 6 Uhr nachm., also nach 24 Stunden, haben wir das Chloroformwasser weggegossen und die Hälfte von jedem Blatte (6 rechte und 6 linke Hälften) abgeschnitten, so daß 6 rechte

und 6 linke Blatthälften mit dem Mediannerven auf dem Stocke blieben. Die abgeschnittenen Hälften wurden sofort gewogen und bei 100° bis zu konstantem Gewicht getrocknet.

| | | | | |
|--------|---|----------------|----------|---------|
| Zeit a | { | Frischgewicht | 17,8 g | 100 g |
| | | Trockengewicht | 4,5751 g | 25,70 % |

Die anderen Hälften auf dem Baume wurden mit Stanniol verdunkelt.

B. Zur selben Zeit (a) haben wir von anderen 12 Blättern in derselben Weise die Hälften abgeschnitten, frisch gewogen und getrocknet.

| | | |
|----------------|----------|---------|
| Frischgewicht | 19,1 g | 100 g |
| Trockengewicht | 4,9620 g | 25,97 % |

Die am Baume gebliebenen und mit Glasröhren montierten Hälften wurden mit Stanniol verdunkelt, und in die Glasröhren wurde Chloroformwasser 1:8 gegossen, das um 11 Uhr nachm. am 13. Juli, um 6, 9, 11 Uhr vorm. und 2¹/₂ Uhr nachm. am 14. Juli erneuert wurde.

C. Zur selben Zeit (a) haben wir ferner noch eine andere Portion von 12 gleichmäßig entwickelten Blättern genommen. Von jedem Blatt wurden in gleicher Weise wie oben die Hälften abgeschnitten, gewogen und getrocknet.

| | | |
|----------------|----------|---------|
| Frischgewicht | 17,2 g | 100 g |
| Trockengewicht | 4,5115 g | 26,22 % |

Die am Stocke gebliebenen Hälften wurden mit Stanniol verdunkelt.

Das Wetter in der Nacht vom 13. zum 14. Juli war regnerisch, die Temperatur betrug 17—18°. Am 14. Juli, 6 Uhr nachm. haben wir die 3 Versuche beendet, die Blätter alle geerntet, die Blattstiele und Mediannerven entfernt und das Frischgewicht und das Trockengewicht bei 100° bestimmt.

| | | | | |
|-----------|---|----------------|----------|---------|
| Versuch A | { | Frischgewicht | 18 g | 100 g |
| | | Trockengewicht | 4,1958 g | 23,31 % |
| Versuch B | { | Frischgewicht | 19 g | 100 g |
| | | Trockengewicht | 4,5519 g | 23,95 % |
| Versuch C | { | Frischgewicht | 18 g | 100 g |
| | | Trockengewicht | 4,2166 g | 23,42 % |

Folgende Tabelle gibt uns die durch die Versuche gefundenen Zahlen an.

| | I | II | III | IV | V | |
|------|----------------|----------|------------------|----------|-------------------------------------|--------------------|
| | Sofort | Prozent | Nach dem Versuch | Prozent | Differenz der Prozentzahlen | |
| A. { | Frischgewicht | 17,8 g | | 18 g | Pro 100 g Frischgewicht verschwand. | |
| | Trockengewicht | 4,5751 g | 25,70 | 4,1958 g | 23,31 | 2,39 g Trock.-Gew. |
| B. { | Frischgewicht | 19,1 g | | 19 g | | |
| | Trockengewicht | 4,9620 g | 25,97 | 4,5519 g | 23,96 | 2,01 g „ |
| C. { | Frischgewicht | 17,2 g | | 18 g | | |
| | Trockengewicht | 4,5115 g | 26,23 | 4,2166 g | 23,42 | 2,81 g „ |

Es wären also danach aus den normalen Blättern in 24 Stunden 2,81 % des Frischgewichts an Trockensubstanz verschwunden; weniger (2,39 %) aus den Blättern, deren Blattstiele zwei mal 24 Stunden (mit Zwischenraum von 4 Tagen) chloroformiert worden waren, dann aber ohne Chloroform 24 Stunden die Auswanderung durchführen konnten; am wenigsten aus den Blättern, deren Stiele von Chloroformwasser (ungefähr 1:10) umgeben waren, nämlich 2,01 % des Frischgewichts an Trockensubstanz.

Danach hemmt die Chloroformierung die Geschwindigkeit des Trockengewichtsverlustes. Denn es ist 0,8 % in C mehr vorhanden als in B. Dies muß auf das Konto der Auswanderung gesetzt werden.

Ob die Auswanderung der Assimilate durch die Chloroformierung gänzlich verhindert wird, kann man daraus nicht ohne weiteres schließen. Es sieht sogar aus, als ob noch geringe Auswanderung stattfände, da der durch die Atmung hervorgerufene Verlust wohl nicht über 1 % betragen haben wird. Dann würde das Blatt mit chloroformiertem Stiele sich ähnlich verhalten wie das mit gebrühtem Stiele.

Versuch P.

Quantitative Bestimmung der veratmeten Menge an Trockensubstanz in abgeschnittenen Blättern, deren Stiele chloroformiert waren.

Am 27. Juli 9 Uhr vorm. haben wir 17 gleichmäßig entwickelte Blätter abgeschnitten. Sie wurden längs des Mediannerven in zwei Teile geteilt. Die Blatthälften ohne Mediannerven wurden zwischen feuchtes Filtrierpapier unter eine Glocke gelegt und (im Dunkeln) 1 Stunde stehen gelassen, dann gewogen und bei 100° getrocknet.

| | | |
|----------------|----------|---------|
| Frischgewicht | 28 g | 100 g |
| Trockengewicht | 6,4430 g | 23,00 g |

Die andern Blatthälften mit den Stielen wurden je mit einem Apparat, wie er in den vorhergehenden Versuchen gebraucht wurde, montiert. In den Blattstiel wurden Längseinschnitte mit einer Nadel gemacht; in die Glasröhren wurde Chloroformwasser 1 : 8 gegossen. Die Blatthälften wurden im Dunkeln mit dem Stiele in Wasser gestellt. Das Chloroformwasser wurde pro Tag 3 mal erneuert, und die Blätter wurden mit Wasser bespritzt. Nach 48-stündigem Atmen haben wir den Versuch beendigt, die Mediannerven mit den Blattstielen entfernt und dann die Blatthälften gewogen = 28,2 g Frischgewicht.

Sie wurden dann zwischen feuchtem Fließpapier unter einer Glocke 1 Stunde lang stehen gelassen, und dann wurden Frisch- und Trockengewicht bestimmt.

| | | |
|----------------|----------|---------|
| Frischgewicht | 28,2 g | 100 g |
| Trockengewicht | 6,2334 g | 22,10 g |

Die Differenz betrug also ungefähr 0,9 % des Frischgewichts; also für 10 Stunden ungefähr 0,19 % des Frischgewichts. Danach scheint die Atmungsintensität in den abgeschnittenen Blättern mit chloroformierten Blattstielen geringer zu sein als in Blättern, die mit ihren normalen Stielen in Wasser stehen, keinesfalls ist sie stärker.

Ringelungsversuche.

Czapek sucht durch diese Versuche, wie auf S. 11 gesagt, zu entscheiden, ob das Parenchym der Rinde oder ob die Siebteile die Leitung der plastischen Stoffe wesentlich besorgen. Es ist ihm (1897, S. 11) bekannt, daß die Versuche von Ray, Hales, du Hamel, Cotta, Hartig übereinstimmend ergaben, daß eine Querleitung der Assimilate in der sekundären Rinde stattfinden kann. Er meint aber, sie hätten nicht festgestellt, bis zu welchem Grade. Seine Versuche sollen nun ergeben haben, daß Querleitung nur in sehr beschränktem Grade möglich sei.

Das ist aber aus dem Resultate seiner Versuche wohl nicht zu erschließen, das sicher keine quantitative Schätzung des Betrags der Längs- und Querleitung zuläßt.

Czapek hat einige Punkte ganz außer acht gelassen. Zuerst muß man ja beachten, daß die linke Ecke des -förmigen Streifens die Nährstoffe eher erhält als jede Stelle der horizontalen Brücke. Ferner muß man beachten, daß hier doch mit großer Wahrscheinlich-

keit die Polarität der Achse eine große Rolle spielt. An der Ecke liegt ein relativ wirksamer, mit der Hauptmasse der Rinde in Verbindung stehender oberer Pol der Rinde, der deshalb auch zur Wurzelbildung besonders neigt. Ferner ist zu beachten, daß da, wo Wurzeln gebildet werden, ein die Nährstoffe absorbierender Punkt entsteht. So würden auch dann, wenn die Querleitung und Längsleitung ganz gleich erfolgten, die Resultate des Versuches verständlich werden. Zuletzt ist es von vornherein wahrscheinlich, daß in einem 5 mm breiten Rindenstreifen die plastischen Stoffe fast eben so leicht quer wie längs geleitet werden können, wenn sie in den Siebsträngen wandern. Die Siebstränge bilden ja im Tangentialschnitt der Rinde ein Anastomosennetz, in dem die Markstrahlen liegen. Die Markstrahlen sind ungefähr 0,25 mm hoch und 0,04 mm breit, die Siebstränge wahrscheinlich überall durch Siebplatten in Verbindung. Das Netz der Siebstränge wird also wahrscheinlich die plastischen Stoffe fast so gut längs wie quer leiten, und es werden besondere Ursachen sein, die den Anschein erwecken, als sei das nicht so. Trotz dieser Einwände, welche Herr Prof. Meyer von vornherein formuliert hatte, haben wir doch eine Reihe von Ringelungsversuchen angestellt, um die hierhergehörigen Erscheinungen besser zu charakterisieren.

Zuerst wurden einige Versuche mit abgeschnittenen Zweigen, die bei 18 bis 20° in dampfgesättigte Luft gehängt wurden, ausgeführt, von denen ich zwei beschreiben will.

1. Versuch. Am 9. Juli wurde ein 50 cm langes und 11 mm dickes Zweigstück an der Basis mit der in Fig. 6 dargestellten Ringelung versehen. Das untere Ende des senkrecht aufgehängten Zweigstückes war, wie die Figur zeigt, ganz von Rinde befreit. Nach 18 Tagen lagen die in Fig. 6 dargestellten Verhältnisse vor. Man sieht bei a einen Kallus, der nicht viel größer ist als der bei c, an der Basis. Der letztere ist direkt unter der Vertikalbrücke gar nicht entwickelt, relativ stark unter den Wurzeln. Die Wurzeln d sind recht weit hinten an der unteren Horizontalbrücke entstanden und ebenso gut ernährt wie die Wurzel e, die dicht an der Vertikalbrücke stand. Die Wurzeln d erhielten ihre Nahrung durch Querleitung; die Querleitung erscheint hiernach relativ ausgiebig. Auch der Kallus bei c spricht nicht gegen eine ausgiebige Querleitung.

2. Versuch. Der in Fig. 7 dargestellte Zweig von 17 mm Dicke hatte oben eine 7 mm breite Vertikalbrücke, dann eine Ringbrücke, von der zwei Vertikalbrücken von 6,5 mm Breite nach

dem unteren Ringe liefern. Der Zweig hing 25 Tage im dampfgesättigten Raume. Jetzt war an dem unteren Ringe unter der einen Vertikalbrücke ein Büschel Wurzeln entstanden, von denen die längste 15 cm lang war. Kallus war kaum entstanden. Das Wurzelbündel mußte seine Nährstoffe durch die Querleitung von

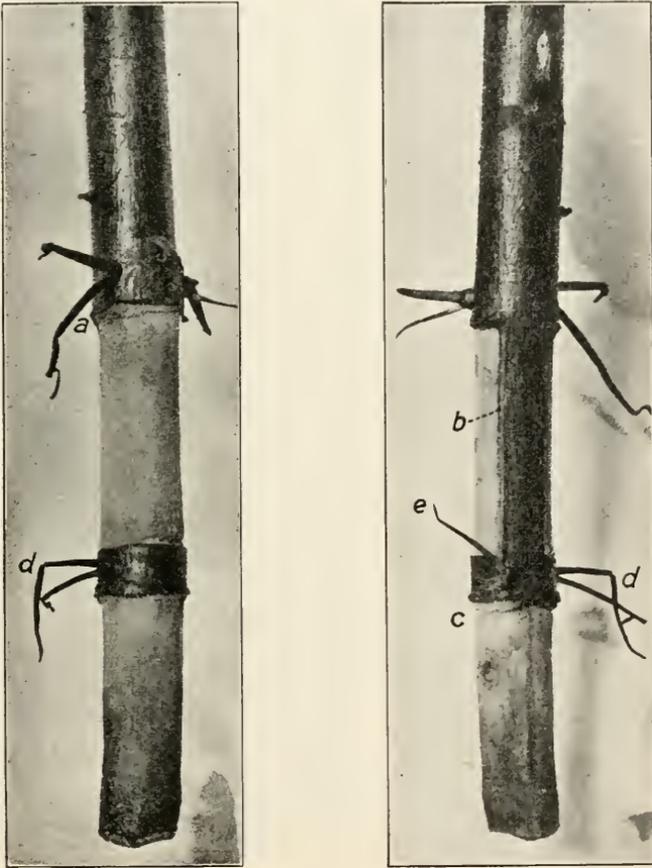


Fig. 6.

zwei je 5 mm langen Stücken des oberen Horizontalringes zugeleitet erhalten haben. Danach erscheint die Querleitung schon recht gut; in welchem Verhältnis ihre Größe zur Größe der Längsleitung steht, läßt sich aber selbstverständlich auch aus diesem Versuche nicht ersehen.

Eine zweite Serie von Ringelungen wurde an Zweigen vorgenommen, welche mit der im Boden wurzelnden Pflanze in Verbindung blieben. Die Ringelung wurde an beblätterten Zweigen, unterhalb der beblätterten Region vorgenommen. Die von Rinde befreiten Stellen wurden sorgfältig durch Schaben von den letzten Resten des Kambiums befreit und dann frei gehalten. Die geringelte Partie wurde mit feuchtem Fließpapier umwickelt und mit einem oben und unten mittels eines Korkes verschlossenen Lampenzylinder umgeben, welcher mit Stanniol umhüllt wurde. Alle 2 - 3 Tage wurde das Fließpapier neu befeuchtet.

3. Versuch. Am 31. Juli wurde ein Zweig in der in Fig. 6 a und b dargestellten Weise geringelt. Oben wurde eine 2 cm lange, 5 mm breite Vertikalbrücke (A) belassen, welche in einen 7 mm breiten Horizontalring (H) mündete. Von der Vertikalbrücke A um 180° entfernt läuft eine gleiche Vertikalbrücke B in den Ring R, unter welchem bei Z die Rinde ganz entfernt ist. Am 24. August wurde der Zweig geerntet. Er zeigte das Folgende:

Ganz oben fand sich, wie zu erwarten, ein starker Kallus (K), an ihm kräftige, hier durch den Glaszylinder aufwärtsgebogene Wurzeln. Einen fast ebenso starken Kallus finden wir unter dem oberen vertikalen Schenkel an der Unterseite des Ringes (bei k_1): dieser Kallus läuft nach hinten kaum weiter herum, aber es steht 90° von der Vertikalbrücke entfernt ein Büschel Wurzeln auf dem Ring (w). Ein immer noch kräftiger Kallus (k_2) ist am Grunde



Fig. 7.

des unteren Ringes ringsum entstanden. Die Nährstoffe, die zum Aufbau des Kallus k_2 nötig waren, mußten den halben oberen Rindenring quer durchlaufen, ebenso den unteren. Die Hauptmasse der Nährstoffe haben Kallus k_1 und die Wurzeln w an sich gerissen. Die Wurzeln w zeigen uns, daß durch Querleitung große



Fig. 6 a.

Mengen von Nährstoffen so schnell transportiert werden können, daß wir annehmen müssen, der schwächere Kallus k_2 hätte, wenn er stärker gesaugt hätte, ebenso groß werden können wie k_1 . Es liegen eben hier andere Ursachen als die erschwerte Leitung vor, welche die quantitative Differenz zwischen Kallus k_1 und Kallus k_2 bedingen.

Auch die Versuche zeigen uns also, daß man aus den Resultaten der Ringelungsversuche auf keine besondere Beschränkung der Querleitung schließen darf.

Ahnlich verhielten sich die 5 anderen Ringelungen, welche noch hergestellt worden waren. Aus der Vergleichung der Objekte



Fig. 6 b.

ergab sich ganz allgemein, daß gewöhnlich die Stellen unter den Vertikalschenkeln bevorzugt waren in der Anlage des Kallus, daß aber da, wo dort kein Kallus aus unbekanntem Gründen entstand, der Kallus sich über die unteren eventuell auch oberen Ränder der Rindenringe verbreitete. Wenn Wurzeln auf dem Ringe entstanden, so wuchsen sie an allen Stellen desselben kräftig, und

unter ihnen wurde manchmal der Kallus am Ringe etwas stärker.

Aus allen Versuchsergebnissen und Überlegungen geht danach wohl unzweifelhaft hervor, daß die Stärke der Anlage des Kallus kein einfacher Maßstab für die Leitungsgeschwindigkeit in den Bahnen für die plastischen Stoffe ist. Es läßt sich also aus den von Czapek und von uns gemachten Ringelungsversuchen kein Urteil über das Verhältnis der Schnelligkeit, mit der der Transport der plastischen Stoffe in der Längsrichtung und Querrichtung der Rinde erfolgt, gewinnen.

Zusammenfassung einiger Resultate.

Die Vorversuche, welche wir zur Kritik der mit der Jodprobe anzustellenden Auswanderungsversuche usw. mit Weinblättern machten, ergaben folgende Resultate. Sorgfältig ausgesuchte möglichst gleichmäßige Blätter eines Weinstockes zeigten mit der Jodprobe schon oft von vornherein eine verschieden intensive Blaufärbung. Auch wenn man gleich geblühte aussuchen würde, würde wahrscheinlich die Stärkemenge in den Blättern nicht gleich sein. Abends geerntete, mit Jod vorher auf Stärkereichtum geprüfte Blattstücke, welche mit der Oberseite auf Wasser gelegt und verdunkelt worden waren, lösten die Stärke innerhalb 56,5, 51,5, 46,5, 35,5 Stunden (Versuch B β). Die verdunkelte Hälfte eines am Stocke sitzenden Blattes, dessen andere Hälfte beleuchtet blieb, löste die Stärke nach 28 Std. Blattstücke gleicher Blätter lösten die in ihnen enthaltene Stärke am schnellsten am Stocke, langsamer, wenn sie mit der Oberseite auf Wasser lagen, am langsamsten, wenn sie mit der Unterseite auf Wasser lagen. Die Blattstücke, die mit dem Stiele in Wasser standen, lösten die Stärke schneller als die, welche mit der Oberseite auf Wasser lagen. Die Zeiten verhalten sich nach unsern Versuchen mit nach der Jodprobe annähernd gleich stärkehaltigen Blättern ungefähr wie 100 : 109 : 124 : 145 (Versuche B und C). Bei 8° findet die Stärkelösung erheblich langsamer statt als bei 19°.

Bei vergleichenden Versuchen über die Geschwindigkeit der Stärkelösung unter verschiedenen Umständen mittels der Jodprobe darf man danach niemals zwei verschiedene Blätter zum Vergleich heranziehen. Die Blatthälften des gleichen Blattes erscheinen bei der Jodprobe, soweit diese ein Urteil zuläßt, stets annähernd gleich mit Stärke beladen, so daß man die beiden Hälften eines Blattes zum Vergleich benutzen kann.

Da die bis zum Abend beleuchteten Weinblätter, wenn sie verdunkelt wurden, meist schon nach 30 Stunden die Stärke gelöst haben, so dürfen vergleichende Versuche in der Regel nicht über diese Zeit ausgedehnt werden. Auch ist bei den Versuchen zu beachten, daß die Blätter schon oft nach 35 Stunden die Stärke verlieren, wenn sie die Assimilate wesentlich nur zur Atmung verbrauchen können.

Ob die Geschwindigkeit der Stärkelösung in allen Fällen oder überhaupt einen Maßstab für die Intensität der Atmung oder Auswanderung abgeben kann, ist noch nicht untersucht.

Die Vorversuche, welche wir für die Methode der Trockengewichtsbestimmung anstellten, lehrten folgendes: Jede der beiden Blatthälftenportionen von 12 Blättern liefert für das gleiche Frischgewicht, welches ungefähr 14 g beträgt, das gleiche Trockengewicht. Die Trockengewichtsdifferenz betrug für 13,62 g 0,01 g, also 0,16 % des Frischgewichts (Versuch U). Gleich große Flächenstücke von je 12 Hälften von 12 Blättern, von denen die eine Portion direkt, die andere nach 45-stündigem Atmen, nachdem 0,1 g Trockengewichtsverlust eingetreten war, gewogen wurde, ergaben nach Sättigung der Zellen mit Wasser auf feuchtem Fließpapier das gleiche Frischgewicht (Versuch V). Man darf also wohl innerhalb gewisser Grenzen bei Versuchen, in denen die Blattstücke Einbuße an Trockengewicht durch Atmung oder Auswanderung erleiden, aus dem zuletzt resultierenden Frischgewichte auf ein gleiches Anfangsfrischgewicht schließen.

Das Gleiche zeigt Versuch C_B, wo das Trockengewicht für 15,8 g Frischgewicht um 0,25 g abnahm, während das Frischgewicht gleich blieb.

Blatthälften, die mit den Stielen in Wasser standen, veratmeten in 40 Stunden 1,19 g des Frischgewichtes an Trockensubstanz, für 10 Stunden also 0,29 % (Versuch C_A). Blatthälften der gleichen Blätter veratmeten einmal, mit der Oberseite auf Wasser liegend, in 68 Stunden 1,59 %, für 10 Stunden also 0,23 % des Frischgewichts an Trockensubstanz, das andere Mal, mit dem Blattstiel in Wasser, 2,19 % des Frischgewichts an Trockensubstanz, in 10 Std. also 0,32 %. Letztere Zahlen verhalten sich wie 100 : 139.

Der Versuch B_A zeigte uns,

1. daß bei der Atmung der mit der Oberseite auf Wasser liegenden Weinblätter nur Kohlehydrate aufgebraucht werden, ferner

2. daß aus Blättern, die am Weinstocke sitzen, nicht nur Kohlehydrate, sondern auch andere Stoffe auswandern, und zwar in dem vorliegenden Versuche auf 1,06 % Kohlehydrate (der Frischsubstanz) 1,63 % Nichtkohlehydrate, und

3. daß die Bestimmung der Kohlehydrate in den mit Assimilaten gefüllten und den durch Auswanderung von Assimilaten entleerten Blättern keinen Aufschluß über die Größe der Auswanderung geben kann.

Als Blätter aus dem Freien genommen und gewogen wurden und dann in feuchtem Fließpapier mit Wasser gesättigt und gewogen wurden, nahmen 16,2 g um 0,2 g zu; für 31 g Frischsubstanz betrug in einem analogen Falle die Zunahme 0,4 g. Also betrug die Zunahme 1,23 und 1,29 %.

Für alle mit der Trockengewichtsmethode gemachten Versuche gilt, daß bei ihnen stets für eine gleichmäßige Sättigung der zu vergleichenden Blattstücke, von denen man ausgeht, mit Wasser gesorgt werden muß. Die Resultate unserer Versuche sind infolge der bestehenden Fehlerquellen nicht absolut genau zahlenmäßig richtig, aber die Resultate sind, da die in Rechnung gesetzten Ausschläge relativ groß sind, wohl alle sinngemäß richtig. Würde eine große Reihe von Versuchen gemacht werden, so daß Durchschnittszahlen gewonnen würden, so könnten die Resultate auch zahlengemäß völlig richtig gestellt werden.

Versuche mit operierten Blättern und mit der Jodmethode.

Wurde der Blattstiel eines Blattes auf einer Seite mit einem den Stiel halb durchteilenden Einschnitte versehen, so wurde die Stärke in beiden Laminahälften gleich schnell gelöst (Versuch G). Es erklärte sich dieses Resultat aus dem Vorhandensein von Anastomosen.

Ein Blatt, dessen Mittelnerv und oberer Teil des Blattstieles gespalten war, löste in beiden Hälften der Spreite die Stärke gleich schnell (Versuch E). Wurde dagegen bei einem sonst gleichen Versuche ein quer verlaufender Einschnitt in die eine der Blattstielhälften gemacht, welcher das eine große Leitbündel durchschnitt, so verschwand die Stärke in der Blatthälfte mit quer eingeschnittener Stielhälfte langsamer als in der anderen (Versuch F).

Würden wir die Annahme machen, daß die Beschleunigung der Stärkelösung in diesen Versuchen auf einer relativ starken

Auswanderung von Assimilaten beruhe, so könnten wir aus den Versuchen schließen, daß die Assimilate hauptsächlich durch die Leitbündel wandern, da die Querleitung in den Parenchymzellen bei den Operationen möglich blieb.

Darüber, ob die Assimilate im Siebteil oder im Tracheenteil geleitet werden, und in welcher Form das geschieht, sagen die Versuche nichts aus.

Versuche mit Blättern,
deren Stiel gebrüht wurde, mit der Jodmethode und
der Trockensubstanzmethode.

Aus den Versuchen H ging mit einiger Sicherheit hervor, daß an der Pflanze sitzende Blätter, deren Stiel gebrüht ist, die Stärke langsamer lösen als gleiche mit ungebrühtem Stiele, aber etwas schneller als mit der Oberseite auf Wasser liegende Blätter. Letzteres kann verschiedene Ursachen haben. Es könnte von ausgiebigerer Atmung, von der Umwandlung von Stärke in Eiweißkörper usw. oder von erhöhter Auswanderung der Assimilate herrühren.

Die quantitative Bestimmung des Verlustes an Trockensubstanz (Versuch J) sprach dafür, daß durch den gebrühten Stiel Auswanderung von Assimilaten stattfindet, daß aber die Auswanderung geringer ist als die, welche durch den intakten Blattstiel erfolgt. Im ersten Falle wandern in 48 Stunden ungefähr 3,6 %, im zweiten Falle ungefähr 1,1 % des Frischgewichts an Trockensubstanz aus.

Versuche mit plasmolysierten Blattstielen.

Die Plasmolyseversuche mit den Stielen der Weinblätter ergaben, daß die Stiele der am Stamme sitzenden Blätter sich in 5 %-iger und 10 %-iger Salpeterlösung in 44 Stunden nicht plasmolysieren ließen. In 10 %-iger Salpeterlösung trat nach 52 Std. Plasmolyse ein, dann aber waren auch die Stiele abgestorben.

Versuche mit Chloroform.

Versuche mit der Jodmethode: Nach Versuch K verschwindet die Stärke aus Blattstücken, die mit der Oberseite auf Wasser, und aus solchen, die mit der Oberseite auf Chloroformwasser 1 : 8 liegen, manchmal gleich schnell, manchmal in letzterem Falle etwas schneller. Mit der Unterseite auf Chloroformwasser 1 : 8 liegende Blätter lösen ihre Stärke langsamer als die mit der Oberseite auf Wasser liegenden. Bei Blättern mit halbiertem Stiele

und halbiertes Spreite, deren eine Stielhälfte mit Chloroformwasser 1 : 10 umgeben war, deren andere Stielhälfte von Wasser umgeben war, wurde die Stärke in der ersteren Spreitenhälfte ein wenig schneller gelöst als in der zweiten (Versuch L). Wurde ein Blattlappen eines am Stock befindlichen Blattes auf Chloroformwasser gelegt, ein anderer auf Wasser, so löste ersterer die Stärke ebenfalls etwas schneller als der zweite (Versuch M).

Versuche mit der Trockengewichtsmethode: Versuch P zeigt, daß die abgeschnittenen Blätter, deren in Wasser stehender Blattstiel mit Chloroformwasser umgeben ist, anscheinend weniger Trockensubstanz in der Zeiteinheit veratmen als abgeschnittene Blätter, die mit normalem Blattstiele in Wasser stehen.

Aus den quantitativen Versuchen N und O geht hervor, daß die Chloroformierung des Blattstiels der am Stocke sitzenden Laubblätter mit Chloroformwasser (ungefähr 1 : 10) die Geschwindigkeit der Auswanderung der Assimilate vermindert. Dabei scheint noch eine geringe Auswanderung von Assimilaten durch den chloroformierten Blattstiel stattzufinden. Aus dem Blatt mit normalem Blattstiel wanderten anscheinend pro 24 Stunden ungefähr 2 % des Frischgewichtes, aus dem mit chloroformiertem Blattstiele anscheinend ungefähr 1 % des Frischgewichtes aus.

Ringelungsversuche: Unsere Ringelungsversuche haben ergeben, daß sich aus den Versuchen Czapeks kein Schluß über den Betrag der Längs- oder Querleitung in der Rinde ziehen läßt. Die Resultate unserer Ringelungsversuche schienen dafür zu sprechen, daß die Querleitung unter Umständen erheblich sein kann, doch konnte man auch nach ihnen kein Urteil über das Verhältnis der Ausgiebigkeit der Längs- und Querleitung fällen.

Literatur-Verzeichnis.

- Bäsecke, Paul, Beiträge zur Kenntnis der physiologischen Scheiden der Achsen und Wedel der Filicinae, sowie über den Ersatz des Korkes bei dieser Pflanzengruppe. Botan. Zeitung, 1908, Heft II—IV.
- Czapek, Friedrich, Über die Leitungswege der organischen Baustoffe im Pflanzenkörper. Separatauszug aus den Sitzungsber. d. kais. Akad. d. Wissenschaften in Wien, Mathem.-naturwiss. Kl., Bd. 106, Abt. I, März 1897.
- Hanstein, Über die Leitung des Saftes durch die Rinde. Jahrb. f. wiss. Bot., Bd. II, 1860, S. 392.

- Heine, Über die physiologische Funktion der Stärkescheide. Ber. d. Deutsch. Bot. Ges., Bd. III, S. 189, 1885.
- Lehmann, F., Über eine maßanalytische Methode zur Bestimmung von Zuckerarten. Diss. Marburg 1908.
- Meyer, Arthur, Erstes mikroskopisches Praktikum. Jena 1907.
— Über *Gentiana lutea* und ihre nächsten Verwandten. Arch. d. Pharm., Bd. 21, 7. u. 8. Heft, 1883.
- Mohl, Einige Andeutungen über den Bau des Bastes. Botan. Zeitung, 1855, S. 873.
- Rupp, E. und Lehmann, F., Titration von Zuckerarten. Arch. d. Pharm., Bd. 247, Heft 7, 1909.
- Sachs, Über die Stoffe, welche das Material zum Wachstum der Zellhäute liefern. Pringsheims Jahrb., 1863 (A.), S. 183.
— Über die Leitung plastischer Stoffe durch verschiedene Gewebsformen. Flora, 1863 (B.), S. 33.
- Schimper, Über Bildung und Wanderung der Kohlehydrate in den Laubblättern. Botan. Zeitung, 1885, S. 737.