

Die periodischen Tag- und Nachtschwankungen der Atmungsgröße im Dunkeln befindlicher Laubblätter und deren vermutliche Beziehung zur Kohlensäureassimilation.

LIBRARY  
NEW YORK  
BOTANICAL  
GARDEN.

II. Teil.

Von

Arthur Meyer und Nikolas T. Deleano.

Mit 35 Textfiguren.

I. Abschnitt.

Darstellung der Resultate.

Im ersten Teile dieser Abhandlung haben wir über Versuche berichtet, die wir mit abgeschnittenen, ausgewachsenen Laubblättern, welche unter günstigen Assimilationsbedingungen stärke-reich geworden waren, angestellt hatten. Diese Blätter atmeten meist bei einer konstanten Temperatur von ungefähr  $27^{\circ}$  C eine Reihe von Tagen im Dunkeln, und die Kurven, welche den Verlauf der Kohlensäureproduktion während dieser Zeit darstellen, erscheinen alle untereinander relativ ähnlich und dabei verhältnismäßig einfach. Wir können an diesen Kurven zwei Abschnitte unterscheiden, von denen der erste als der von der traumatischen Reizung beeinflusste betrachtet, der andere als der Abschnitt der Terminalproduktion bezeichnet wurde. In dem durch letzteren repräsentierten Zeitabschnitt blieben die Tagesproduktionen an Kohlensäure der aufeinanderfolgenden Volltage untereinander gleich, ebenso die Nachtproduktionen untereinander. Wir können die so beschaffenen Schwankungen der Kohlensäureproduktion an aufeinanderfolgenden Volltagen als Normalschwankungen der Kohlensäureproduktion bezeichnen. Es war also charakteristisch für die im ersten Teile

dieser Arbeit mitgeteilten Kurven, daß sie alle mit Normal-schwankungen endigten.

Wir haben nun weiter eine größere Reihe von sonst mit den bisher beschriebenen gleichwertigen Versuchen mit abgeschnittenen und mit an der Pflanze sitzenden Blättern gemacht und nun manche von den bisher beobachteten Resultaten abweichende erhalten, wie man bei Durchsicht der dieser Arbeit beigegebenen Kurven erkennen wird.

Was bei Betrachtung der Kurven aber hervortritt, wo es hervortreten kann, und was sowohl für die Kurven der abgeschnittenen als auch für die Kurven der an den Pflanzen sitzenden Blätter gilt, ist das Auftreten von Tag- und Nachtschwankungen des aus der ersten Arbeit bekannten Charakters mindestens im Anfang einer jeden Kurve.

Es ist also ein wichtiges Resultat unserer neuen Untersuchungen die Erkenntnis, daß das Auftreten der Tag- und Nachtschwankungen der Kohlensäureproduktion eine den intakten, an der Pflanze sitzenden Laubblättern zukommende, vielleicht bei unter normalen Verhältnissen erwachsenen Pflanzen nie fehlende Eigenschaft ist.

Wir sehen diese Erscheinung deutlich hervortreten bei den Kurven Fig. 9, 10, 21a, 28, 30, 34a, die sich auf Blätter beziehen, welche an der Pflanze saßen, und bei den Kurven Fig. 11, 14, 16, 18, 21, 24, 25, 27, 32, 33, 34γ, die sich auf abgeschnittene Blätter beziehen.

Auch erkennen wir bei den Kurven für abgeschnittene Laubblätter, genau wie bei den im ersten Teile dieser Arbeit mitgeteilten Kurven, am Anfang der Kurven Verhältnisse, welche durch die traumatische Reizung verursacht sein können.

So finden wir in den Figuren 11, 14, 16, 18a, 18β, 18γ, 18δ, 19, 21, 24, 32, 33 ein ungefähr  $\frac{1}{2}$  bis 1 Volhtag andauerndes Abfallen der Kohlensäureproduktion.

Aber bei den Versuchen, die mit an der Pflanze sitzenden Blättern unternommen wurden, beobachteten wir auch Resultate, welche sich nicht allein durch die Annahme eines Einflusses der traumatischen Reizung erklären lassen.

So zeigen uns z. B. die Figuren 9, 10, 21, 33, 34a Kurven,

bei denen in  $\frac{1}{2}$  Volttage ein Ansteigen der Kohlensäureproduktion, während dessen die Maximalproduktion pro Stunde in der Reizperiode sicher mehr als das Doppelte der höchsten Stundenproduktion zur Zeit der Normalschwankungen beträgt. Wie, gesagt, ist dieses Ansteigen der Kohlensäureproduktion kaum auf traumatische Reizung zurückzuführen. Denn sichtbare Verletzungen sind nicht an den Blättern vorhanden gewesen, und in einigen Fällen ist auch jede mechanische Reizung der Blätter ausgeschlossen gewesen. Welche Reizursache hier mitgewirkt haben kann, werden wir später sehen.

Die für uns interessantesten Unterschiede zwischen den früheren und den jetzt mitgeteilten Kurven finden wir jedoch bei Betrachtung der Enden der Kurven. Während die im ersten Teile unserer Arbeit mitgeteilten Kurven stets mit Normalschwankungen endigen, finden wir diesen Fall jetzt nur rein und deutlich in den Figuren 11, 16, 18 $\delta$ , 33. In den Figuren 21, 21a, 28, 18A sind die Normalschwankungen nur 1,5 Volttage beobachtet, und in den Figuren 19 und 30 ist am Ende schon eine kleine Steigerung der Volltagsproduktion zu erkennen.

Bei einer Reihe von Kurven sehen wir jedoch ein deutliches Schwächerwerden der Kohlensäureproduktion am Ende der Kurven eintreten, so bei Fig. 22, 34a, oder ein Schwächerwerden, nachdem ein Ansteigen eintritt, so bei Fig. 32 und 9.

Und bei einer noch größeren Reihe von Kurven fällt uns ein Größerwerden der Volltagsproduktion am Ende der Kurven auf. Nach einem Abfall finden wir das Ansteigen in den Figuren 9 und 32; alleiniges Ansteigen sehen wir in den Figuren 10, 19, 24, 25, 27 und in der Tabelle 22.

Wir wollen, ehe wir zur Erklärung der erwähnten Eigenschaften der Kurven übergehen, die Faktoren besprechen, welche für das Zustandekommen dieser Eigenschaften von Bedeutung sind.

## 1. Die Einwirkung des Lichtes auf die Kohlensäureproduktion der Laubblätter.

### A. Die direkte Wirkung des Lichtes.

In diesem Kapitel wollen wir die Frage behandeln, ob das Licht auf die Kohlensäureproduktion der Laubblätter beschleunigend wirke.

Wir werden später sehen, daß bei Laubblättern sicher Nachwirkungen des Lichtes bestehen, welche sich in einer Erhöhung der Kohlensäureproduktion nach der Beleuchtung äußern, aber es ist nicht gesagt, daß deshalb auch eine direkte Wirkung des Lichtes auf die Kohlensäureproduktion bemerkbar werden müsse; denn es wäre z. B. möglich, daß diese Wirkung mit der Assimilation so verkoppelt wäre, daß sie nur bei wirklich eintretender Assimilation und gleichzeitig mit dieser einträte, uns also nicht bemerkbar werden könnte, wenn wir in irgendeiner Weise die Assimilation im Lichte unterdrückten und die Atmung im Lichte allein zu beobachten suchten. Es wäre auch möglich, daß das Licht irgendeine Veränderung im Protoplasten hervorriefe, welche erst nach Aufhören der Beleuchtung sich äußerte.

Wir werden sehen, daß das Licht in der Tat eine solche, unter Umständen die Kohlensäureproduktion nach Erlöschen des Lichtes erhöhende direkte Wirkung hervorbringen kann, wenn es Assimilationsarbeit leistet, indem es nämlich den Reservestoffvorrat der Protoplasten erhöht. Wir können es bisher nicht nachweisen, aber es ist sehr wahrscheinlich, daß diese Wirkung auch schon während der Assimilation auftreten kann. Derartige Wirkungen, die durch Veränderung des Bestandes an ergastischen Gebilden eines Protoplasten hervorgerufen werden, wollen wir als ergastogene bezeichnen und wollen diesen die plasmogenen gegenüberstellen, als solche, bei denen wir einen derartigen Zusammenhang nicht nachweisen können, also annehmen müssen, daß sie von den protoplasmatischen Organen oder alloplasmatischen Gebilden direkt hervorgerufen werden.

Die Frage ist also, ob eine plasmogene direkte, die Kohlensäureproduktion beschleunigende Wirkung des Lichtes an den Autoplasten führenden Blättern neben der, wie gesagt, wahrscheinlich bestehenden ergastogenen, zu konstatieren sei.

Im allgemeinen wissen wir über den direkten Einfluß des Lichtes auf die Atmung der Pflanzen wenig Sicheres. Die meisten Versuche zur Feststellung dieses Einflusses sind mit Pilzen vorgenommen worden. Bonnier und Mangin (1884)

fanden für die Fruchtkörper höherer Pilze, daß ihre Kohlensäureproduktion durch das Licht herabgesetzt wird. Dieses Resultat der Versuche wurde von Purjewitsch und Shorawsky bestätigt. Mit Konidien und Sporangien bildenden Myzelien arbeitete Elfving (1890). Er fand, daß das Licht die Kohlensäureproduktion alter, ausgewachsener Myzelien nicht beeinflußt. Sehr sorgfältige Versuche mit Myzelien machte Kolkwitz (1899); er fand, daß die Kohlensäureproduktion der Myzelien (*Aspergillus*, *Penicillium*, *Bacterium* usw.) durch Licht um 10 bis 20% gesteigert wurde. Zuletzt hat Maximow (1902) nochmals die Frage für Myzelien bearbeitet und hat folgendes gefunden: »Auf die Atmung junger Pilzkulturen, welche sich in günstigen Nährverhältnissen befinden, übt das Licht (wenigstens das elektrische) keinen Einfluß aus. Auf die Atmung alter Kulturen wirkt das Licht fördernd ein, und tritt der Effekt in den Fällen greller zutage, wo diese Kulturen des Nährsubstrates beraubt sind, und schwächer, falls Nahrung in genügender Menge vorhanden ist. Auf die Atmung von *Mucor stolonifer* übt das Licht, wenigstens in der ersten halben Stunde, einen positiv erhöhenden Einfluß aus, obgleich es auf die spätere Entwicklung des Pilzes äußerst schädlich wirkt«.

Wir dürfen aus diesen Erfahrungen wohl schließen, daß das Licht auf die Kohlensäureproduktion der chromatophorenfreien Protoplasten unter Umständen einen schwächenden, unter anderen Umständen einen fördernden oder auch keinen Einfluß hat, so daß von keiner gleichartigen Reaktion farbloser Zellen gegen Licht die Rede sein kann, und die Änderung der Kohlensäureproduktion von Nebenumständen abhängig zu sein scheint. Wahrscheinlich handelt es sich hier um ergastogene Einflüsse.

Noch weniger als über die Wirkung des Lichtes auf chlorophyllfreie Zellen sind wir über die direkte Wirkung des Lichtes auf die Kohlensäureproduktion chlorophyllhaltiger Pflanzenteile unterrichtet, weil die Untersuchungen infolge des unter normalen Verhältnissen stets gleichzeitig mit der Atmung stattfindenden Assimilationsprozesses erschwert sind. Man ist allerdings imstande die Assimilation durch Inaktivierung der Chloroplasten auszuschalten, und man könnte meinen, daß dann eindeutige Resultate zu erhalten seien. Dem ist aber nicht so, denn die

bis jetzt bekannten inaktivierenden Mittel schädigen alle zugleich den Protoplasten, und wir wissen nicht, ob das Licht auf die durch die inaktivierenden Mittel veränderten Protoplasten in gleicher Weise einwirkt wie auf die im normalen Zustande befindlichen. Die inaktivierenden Mittel steigern oft die Atmung selbst so energisch (z. B. Jakobi, 1899, S. 327), daß das Licht vielleicht nicht mehr zur Wirkung kommt.

Immerhin ist es für uns wichtig, daß Versuche in dieser Richtung unternommen werden, und es fragt sich nur, welches der inaktivierenden Mittel man am vorteilhaftesten anwenden kann.

Nach Angaben von Boussingault (1868), Bonnier et Mangin (1886), Jumelle (1888; Pfeffer 1897, S. 320), Frank Schwarz, Detmer, Ewart (1895—1897), Jakobi (1899), Treboux (1903) vermögen eine ganze Reihe die Chloroplasten enthaltenden Zellen langsamer oder schneller schädigende, zuletzt auch tötende Mittel die Assimilation zu schwächen oder ganz aufzuheben, ehe die Pflanze so geschädigt wird, daß die Chloroplasten nach Entfernung der inaktivierenden Mittel nicht wieder aktiv werden können. Während der Inaktivierung atmen dabei die Zellen weiter. Als inaktivierende Mittel sind genannt Kohlensäure, Äther, Chloroform, Alkaloide, Salze, höhere Temperatur, intensive Beleuchtung. Außer diesen die Protoplasten schädigenden Mitteln soll auch die Anhäufung von Assimilaten in den grünen Zellen die Chloroplasten inaktivieren können.

Es wäre danach wohl zuerst zu erwägen, ob in der Tat durch Anhäufung von Assimilaten die Assimilation der Laubblätter so geschwächt werden könnte, daß mit den inaktivierten Blättern sich wenigstens die Frage entscheiden ließe, ob eine Erhöhung der Atmung durch das Licht statthat. Sehen wir uns zuerst die vorliegende Literatur etwas genauer an.

Im voraus wollen wir betonen, daß vom biologischen Standpunkte die Vermutung sehr nahe liegt, daß die Assimilations-tätigkeit durch sehr starke Anhäufung von Assimilationsprodukten geschwächt oder aufgehoben werden wird; wir wollen aber auch schon darauf hinweisen, daß ein exakter Beweis für die Richtigkeit der Vermutung in der Literatur nicht vorliegt.

Wenn Boussingault sah, daß abgeschnittene Oleander-

blätter nach drei Tagen zu assimilieren aufhörten, so sagt das gar nichts darüber aus, daß dieses Aufhören die Folge der Anhäufung von Reservestoffen war.

Ein Versuch von Saposchnikoff, welcher beweisen soll, daß die Reservestoffe die Assimilation der Laubblätter schwächen, ist durchaus ungenügend. Saposchnikoff benutzte zwei verschiedene Laubblätter derselben Pflanze; das eine blieb an der Pflanze und wurde mit Staniol umwickelt, das andere wurde abends abgeschnitten und mit dem Stiele in Wasser stehend im diffusen Lichte gelassen. Beide wurden nach 2—3 Tagen auf Kohlensäurezersetzung im Lichte geprüft.

Die Blätter zersetzten pro 1 qm u. 1 Stunde ccm Kohlensäure

Rubus caesius im Durchschnitte	Blatt aus dem Lichte	3,32
	Blatt aus dem Dunkeln	3,78
Pirus malus	Blatt aus dem Lichte	2,2
	Blatt aus dem Dunkeln	2,4

Diese Zahlen haben aus verschiedenen Gründen keine Bedeutung. Einmal sind verschiedene Blätter miteinander verglichen, von denen man nicht weiß, ob ihr spezifisches Assimilationsvermögen von vorneherein gleich war; zweitens sind Blätter, welche zwei Tage im abgeschnittenen Zustande im Wasser standen, sicher nicht in der gleichen Verfassung zur Assimilation, wie solche, die direkt vom Stamme genommen sind, und schon Offensein oder Geschlossensein der Spaltöffnungen kann die unsicheren Differenzen bedingen, welche der Versuch aufweist.

Es beweist also der Versuch nicht, daß die in dem Blatt vorhandenen Reservestoffe die Ursache für die beobachtete geringere Kohlensäurezersetzung waren.

Auch die Angaben von Ewart (1895—1897) sind wenig vertrauenerweckend. Er benutzte zum Nachweis der Assimilation die Bakterienmethode, welche zwar sehr empfindlich ist, aber Quellen mancher Unsicherheiten birgt.

Er experimentierte (S. 429) mit abgeschnittenen Blättern, welche er mit den Stielen ins Wasser stellte und beleuchtete, in der Meinung, daß sich in diesen immer mehr Assimilate anhäufen müßten. Daß das durchaus nicht immer so ist, werden

wir sehen. Als er Blätter von *Rubus caesius* prüfte, nachdem sie so 10 Tage lang beleuchtet worden waren, fand er mäßige Sauerstoffentwicklung, also immer noch Assimilation. Auch bei *Aesculus* fand er nach 7 Tagen schwache Sauerstoffentwicklung. *Vitis vinifera* lieferte nach 10 Tagen schwache Sauerstoffentwicklung, nach 12 Tagen keine Sauerstoffentwicklung. Ob hier nun wirklich in den letzten 2 Tagen die endgültige Sättigung des Blattes mit Kohlehydraten stattgefunden hat, weiß man nicht; wahrscheinlich ist es nicht. Vielmehr ist es wahrscheinlich, daß hier aus irgendeinem anderen Grunde die Bewegung der Bakterien nicht beobachtet wurde.

Ewart hat übrigens auch an stärkereichen Chloroplasten aus dem Achseninnern von *Pellionia* keine Sauerstoffausscheidung nachweisen können. Auch Senn (1908, S. 202) konnte bei Zellen der Stärkescheide von *Impatiens Sultani* keine Sauerstoffbildung beobachten. Wohl aber beobachtete Senn bei stärkehaltigen Chromatophoren von *Orobanche* und *Neottia* Sauerstoffausscheidung mittels der Bakterienmethode und sagt dazu weiter: »Bei *Tradescantia* und *Callitriche* war mir dies mangels gut reagierender Bakterien nicht möglich. Es ist jedoch nicht daran zu zweifeln, daß auch die stärkereichen Chloroplasten der Stengelrinde dieser beiden Pflanzen die Kohlensäure zu assimilieren vermögen, da sie ein viel dichteres und intensiver gefärbtes Stroma besitzen, als diejenigen von *Orobanche* und *Neottia*.« Die erwähnten negativen Erfolge sind nicht schwer verständlich, denn die Chloroplasten der Stärkescheiden und die des Inneren von Achsen sind häufig wenig ergrünt und deshalb schwach assimilatorisch tätig, so daß ihre Sauerstoffausscheidung durch mäßig empfindliche Bakterien nicht genügend angezeigt wird. Keinesfalls können diese Angaben als sicherer Beweis dafür angesehen werden, daß die Stärkeanhäufung in den Chloroplasten der Laubblätter die Assimilation sistieren kann.

Aber es mag noch hervorgehoben werden, daß Ewart bei einer Blütenstandachse von *Allium*, welche 14 Tage im abgeschnittenen Zustande beleuchtet worden war, Sauerstoffausscheidung nicht nachweisen konnte, und es wäre vielleicht aussichtsreich, diese oder die Blätter von *Allium*arten makrophysiologisch auf die Inaktivierung der Chloroplasten zu untersuchen. Vielleicht



fänden wir in ihnen ein für unsere Zwecke brauchbares Material.

Da wir trotz der geschilderten Sachlage gern einen Versuch mit überfütterten stärkehaltigen Blättern ausgeführt hätten, haben wir einige Versuche über die Gewinnung solcher Blätter gemacht.

Versuche über die Anhäufung größerer Mengen von Assimilaten in Weinblättern. In einer Reihe von Arbeiten, welche er 1895 in einer russisch geschriebenen Abhandlung zusammenfaßte, hatte Saposchnikoff (1890, 1891, 1893) versucht, die maximale Menge der Kohlehydrate zu bestimmen, welche Laubblätter, vorzüglich Blätter von *Vitis vinifera*, durch den Assimilationsprozeß aufzuspeichern vermögen. Er bildete sich nach den Resultaten seiner Untersuchung die Meinung, die Grenze der möglichen Speicherung läge für verschiedene Individuen der Blätter verschieden und ungefähr zwischen 23 und 29% der Trockensubstanz der Blätter. Seine Versuche beweisen jedoch nicht, daß diese Zahlen wirklich das Maximum vorstellen, denn er schließt auf die Sättigung der von ihm zu den Versuchen benutzten abgeschnittenen Blätter nur aus der Tatsache, daß Blätter, deren Kohlehydratgehalt er durch Untersuchung einer Blatthälfte bestimmt hatte, nach weiterer Beleuchtung der anderen Blatthälfte keine Zunahme an Kohlehydraten mehr erkennen ließen. Es scheint fast so, als habe Saposchnikoff nur die Mengen von Kohlehydraten gefunden, welche sich bei guten Assimilationsverhältnissen in den an der Pflanze sitzenden Weinblättern stets am Abend finden. Wenigstens fand Deleano (1912) in seinen Weinblättern, die er abends vom Weinstocke pflückte, 22,3—27,8% der Trockensubstanz Kohlehydrate.

Wir haben nun einmal zuerst die Frage zu lösen versucht, ob abgeschnittene Weinblätter, die im Wasser stehen und gut beleuchtet und feucht gehalten sind, überhaupt ihren Kohlehydratgehalt vermehren. Saposchnikoff hatte ja teilweise Zunahme, teilweise Abnahme der Kohlehydrate bei solchen Versuchen gefunden, was allerdings auch auf Ungenauigkeit der Versuche zurückgeführt werden könnte, da die zur Kohlehydratbestimmung benutzte Blattmenge sehr klein und die Methode nicht ganz einwandfrei war. Unser Versuch 9B hat

uns gezeigt, daß abgeschnittene Weinblätter ihre Spaltöffnungen bald schließen und im Lichte ärmer an Kohlehydraten werden, auch wenn Temperatur und Lichtverhältnisse günstiger sind als in unserem Hauptversuche. Wir haben dann ferner versucht, Blätter am Weinstocke zur stärkeren Anhäufung von Kohlehydraten zu zwingen (Versuch 19 [1912]). Wie Cuboni (1885, S. 50) haben wir oberhalb und unterhalb von an dem Stocke sitzenden, ausgewachsenen Laubblättern von *Vitis* einen Ringelschnitt angebracht und diesen mit Staniol bedeckt. Wir untersuchten die Blätter täglich auf ihren Gehalt an Kohlehydraten, indem wir zuerst ein kleines Stück eines jeden Blattes der Jodprobe unterwarfen und täglich entnommene Stücke auf Trockengewicht und Kohlehydrate genau untersuchten. Obgleich Temperatur- und Beleuchtungsverhältnisse günstig waren, stieg die Größe des Kohlehydratgehaltes nicht über diejenige, welche normale Blätter am Abend eines günstigen Assimilationstages zeigen. Am 26. Juni enthielten die Blätter 17,29%, am 31. Juli 20,28% Kohlehydrate. Dabei fand an den verschiedenen Tagen abwechselnd Zu- und Abnahme des Kohlehydratgehaltes statt. Dieses Resultat, daß geringelte Blätter sich trotz gleichbleibender Assimilationsmöglichkeit, auch bei geöffneten Spaltöffnungen, nicht weiter füllen, wird wohl teilweise auf einer Schwächung des Assimilationsvermögens der Blätter beruhen, wird aber auch mindestens teilweise darauf zurückzuführen sein, daß bei Vorhandensein von viel Kohlehydraten die Atmung verstärkt und auch die Ableitung, die auch bei Ringelung nicht ganz aufgehoben ist, eine relativ große ist. Man kann jedenfalls nicht wissen, ob diese Blätter mit 20% Kohlehydraten für den von uns geplanten Versuch genügend mit Kohlehydraten gesättigt sind, so daß bei Ausbleiben einer energischen Kohlensäureproduktion im Lichte nicht ohne weiteres auf das Fehlen einer Steigerung der Atmung durch das Licht geschlossen werden könnte.

Zur Ausführung der geplanten vergleichenden Versuche über das Verhalten der Kohlensäureproduktion von mit Kohlehydraten gesättigten und kohlehydratarmen Laubblättern im Dunkeln und im Lichte konnten wir bisher wegen Mangel an Zeit noch nicht kommen.

Es läßt sich ferner der Versuch machen, mit Hilfe der durch höhere Temperatur inaktivierten Laubblätter die direkte plasmogene Wirkung des Lichtes auf die Kohlensäureproduktion nachzuweisen. Die Möglichkeit der Inaktivierung der Autoplasten durch höhere Temperatur ist durch gute Arbeiten bewiesen. So zeigte Kreuzler (1890, S. 663), daß ein völliger Stillstand der Assimilation bei den Blättern von *Rubus*, *Ricinus*, *Prunus laurocerasus* bei 50° eintrat; die letzte Grenze der Wirkung müßte nach seinen Erfahrungen innerhalb des Intervalls 45 bis 50 aufgesucht werden. Die Atmung blieb bei 50° stundenlang normal. So lieferte eine bestimmte Portion der *Rizinus*blätter am 25. August von 9 bis 12 Uhr bei 40°, 37 mg, am 26. August von 9 bis 12 Uhr bei 45° 44,5 mg, am 27. August von 9 bis 12 Uhr bei 50° 49,3 mg Kohlensäure im Dunkeln. Vor jedem dieser Versuche waren übrigens die Blätter 2 Stunden mit elektrischem Lichte beleuchtet worden. Matthaei (1904, S. 98) fand die Assimilationstätigkeit der Kirschlorbeerblätter bei 42,9° sehr stark herabgesetzt, aber noch nicht völlig erloschen. Bei 25,3° assimilierten 50 qcm Blattfläche 0,0125 g, bei 42,9° 0,0040 g Kohlensäure im gleichen Lichte.

In der Literatur findet sich auch schon eine Angabe, welche zu einem Versuche über die Wirkung des Lichtes bei höherer Temperatur ermutigt.

Aus den Resultaten der Versuche von Kreuzler (1890) nämlich scheint hervorzugehen, daß ein Laubblatt, welches belichtet ist und dann verdunkelt wird, während der Dauer der Beleuchtung mehr Kohlensäure produziert, als während der gleichen Dauer der Verdunkelung, obgleich es ja dann noch durch die Nachwirkung der Beleuchtung beeinflusst ist.

Kreuzler hatte bewiesen, das bei 50° die Assimilation der von ihm benutzten Blätter sistiert war. Er hatte diese Blätter (z. B. *Prunus laurocerasus* 17 Blätter von zusammen 585 qcm Fläche, *Ricinus*-blatt von 537 qcm Blattfläche) in einen Behälter eingeschlossen und darin im Dunkeln oder im Lichte einer vom Objekt 45 cm entfernten Bogenlampe von 1000 Normalkerzen atmen lassen und festgestellt, wieviel Sauerstoff oder Kohlensäure entstanden war.

Nach der Tabelle auf S. 668 seiner Arbeit (1890) lieferten die Blätter von *Prunus laurocerasus* II bei 50° C. das folgende:

- I. 4. Sept., 7—9 Uhr Vormittags, 1 Stunde verdunkelt +  
1 Stunde beleuchtet 65 mg Kohlensäure.
- II. 4. Sept., 9—12 Uhr, 3 Stunden verdunkelt  
63,8 mg Kohlensäure.

Stündlich hätten die Blätter demnach produziert 21,6 mg.

Danach hätten die Blätter in 1 Stunde Licht + 1 Stunde Dunkelheit  $65 - 2 (21,6) = 21,8$  mg Kohlensäure mehr gebildet als im Dunkeln, also hätte die Beleuchtung eine Erhöhung von 21,8 mg Kohlensäure veranlaßt.

Zu beachten ist dabei, daß die Blätter auch am 3. Sept. von 9—12 Uhr bei  $45^{\circ}$  bei Verdunkelung in 3 Stunden 65 mg Kohlensäure geliefert hatten, so daß also die Kohlensäureproduktion bei  $50^{\circ}$  gegenüber der bei  $45^{\circ}$  nicht geschwächt erscheint, wenn sie auch nicht mehr gesteigert wurde.

Ähnlich verhält es sich bei dem Rizinusblatte (III, S. 667). Dieses produzierte:

- I. 27. Aug., vormittags 7—9 Uhr, 1 Stunde verdunkelt +  
1 Stunde beleuchtet, bei  $50^{\circ}$  46,3 mg Kohlensäure.
- II. 27. Aug., vormittags 9—12 Uhr, 3 Stunden verdunkelt,  
bei  $50^{\circ}$  49,3 mg Kohlensäure.

Danach produzierte das Blatt in 1 Stunde im Lichte 13,5 mg Kohlensäure mehr als im Dunkeln.

Es geht also daraus anscheinend hervor, daß die untersuchten Laubblätter bei  $50^{\circ}$  im Lichte ungefähr doppelt soviel Kohlensäure erzeugen als im Dunkeln.

Kreusler hat diese Schlüsse aus seinen Beobachtungsergebnissen nicht gezogen. Er meint S. 659, daß die Steigerung auf 46,3 mg Kohlensäure in seinem Versuche Ricinus III vom 27. Aug. 7—9 Uhr auf die Temperaturerhöhung zurückzuführen sei, die Zahl 16,4 mg in dem darauffolgenden Versuche vom 27. Aug. 9—12 Uhr auf ein starkes Nachlassen der Kohlensäureproduktion infolge der Erwärmung beruhe. Wie wir sehen werden, ist es wahrscheinlich, daß Kreusler mit dieser Deutung recht hatte.

Denn unser Versuch 9E (1912), dessen Resultate in der Tabelle 13 und der Figur 20 niedergelegt sind, spricht nicht dafür, daß die Beleuchtung die plasmogene Kohlensäurebildung der Laubblätter direkt erhöht. Weinblätter, deren Reizperiode

vorüber war, wurden am Tage auf  $47^{\circ}$  erwärmt und abwechselnd verdunkelt und beleuchtet. Wir sehen hier in der Zeit der Verdunkelung von 1—3 Uhr die Kohlensäureproduktion abfallen:

Von 1—2 Uhr nachmittags beträgt die Produktion 0,32, von 2—3 Uhr 0,27, steigt aber bei der Beleuchtung von 3— $3\frac{1}{2}$  Uhr wieder auf 0,30 und fällt im Dunkeln zwischen  $3\frac{1}{2}$  und 4 Uhr auf 0,13. Die sehr kleine Steigung während der Beleuchtung könnte sehr wohl durch die Stundenperiodizität hervorgerufen sein, das starke Abfallen durch die zu weitgehende Erkrankung. Es müssen weiter ähnliche Versuche mit widerstandsfähigeren Blättern und gleichzeitiger Untersuchung zweier möglichst gleicher Blattportionen, von denen die eine verdunkelt bleibt, während die andere zeitweilig beleuchtet wird, angestellt werden.

Vorläufig müssen wir also sagen, daß eine direkte Wirkung des Lichtes auf die Kohlensäureproduktion der Laubblätter nicht sicher konstatiert werden konnte.

### B. Die direkte plasmogene Nachwirkung des Lichtes auf die Kohlensäureproduktion.

Die Frage, ob die nach der Beleuchtung eines Laubblattes bei dessen Verdunkelung zu beobachtende relativ hohe Kohlensäureproduktion eine plasmogene sei oder nur eine ergastogene, ist nicht leicht zu entscheiden.

Daß eine solche Erhöhung der Atmungsenergie nach der Einwirkung von Licht unter Umständen eintreten kann, ist sicher erwiesen. Wir haben schon im ersten Teil unserer Arbeit (S. 668) die Versuche von Borodin und Areboe angeführt. Auch Matthaei (1904, S. 72) fand bei ihren unter der Leitung von F. F. Blackmann ausgeführten Versuchen mit Blättern von *Prunus laurocerasus*, daß die Atmung im Dunkeln nach vorhergegangener Beleuchtung eine Steigerung erfährt.

Einige Zahlen seien mitgeteilt.

S. 97, Versuch 38, Jan. 29—30., 1903,  $25,4^{\circ}$  C.

Atmung im Dunkeln. 1,7 g Blattfrischgewicht.

11,30—1,30 Uhr nachmittags, 0,0008 g für 2 Stunden

1,30—3,30 „ „ 0,0006 „ „ 2 „

Atmung im Dunkeln nach 17 Stunden währender  
Beleuchtung (L. J. 8).

11—1	Uhr nachmittags,	0,0042	g	für	2	Stunden
1—3	„	„	0,0042	„	„	2
3—5	„	„	0,0036	„	„	2

Alle diese Autoren nehmen ohne weiteres an, daß es sich bei dieser Beschleunigung der Atmung durch das Licht nur um eine ergastogene Erscheinung handele. Wir werden in der Tat sehen, daß sie es sicher teilweise ist. Wir würden behaupten können, daß sie eine teilweise plasmogene sei, wenn wir nachweisen könnten, daß eine Erhöhung der Kohlensäureproduktion auch eintritt, wenn man das Licht auf Blätter einwirken läßt, welche in kohlen-saurefreier Atmosphäre beleuchtet worden sind.

Schon Borodin hat, wie wir sahen (1. Teil dieser Arbeit, S. 669) gefunden, daß derartige Versuche negativ ausfallen.

Bei oberflächlicher Betrachtung unseres Versuches 18 A (1912) mit Tabelle 30 könnte man meinen, er sage das Gegenteil aus. Auch hier wurden die Blätter in kohlen-saurefreier Luft beleuchtet. Zwischen 3,5 und 5,5 Uhr nachmittags war die Kohlensäureproduktion, nach der Beleuchtung von 6 Uhr vormittags bis 3,5 Uhr nachmittags = 0,017 und sank dann in der Zeit von 5,5 bis 7,5 Uhr nachmittags im Dunkeln auf 0,0124. Wie gesagt, könnte das zugunsten einer plasmogenen Wirkung des Lichtes gedeutet werden, denn Kohlehydrate konnten ja beim Beleuchten der Blätter in der kohlen-säurefreien Atmosphäre nicht gebildet worden sein. Dieser Abfall kann jedoch durch den Wechsel der Stundenproduktion bedingt sein. Der Abfall beträgt 29% und wir finden z. B. in der Tabelle 3 (Versuch 4) für Rubus, wenn wir die Produktion zwischen 4 und 5 Uhr (0,046) und 6 und 7 Uhr (0,032) vergleichen in den ähnlichen Tagesstunden einen Abfall der Kohlensäureproduktion von 33%. So deutet also dieser Versuch darauf hin, daß das Resultat von Borodin richtig ist.

Wenn dieses auch der Fall wäre, so würde doch immer noch die Möglichkeit vorliegen, daß die Steigerung der Kohlensäureproduktion nach der wirklich eingetretenen Assimilation nicht allein eine ergastogene Erscheinung sei, denn es wäre möglich, daß auch ein mit der Assimilation verkoppelter, ge-

steigerter, für uns nicht nachweisbarer Atmungsprozeß, der vielleicht nur in den Chloroplasten ablaufen könnte, die plasmogene Ursache eines Teiles der beobachteten Steigerung der Kohlensäureproduktion wäre.

Ich muß übrigens betonen, daß in dem Versuche 13A (1912) in der Tabelle 18 keine ergastogene Nachwirkung nach der Beleuchtung der Rübe im Freien hervortritt. Eine Erklärung für diese Tatsache möchte ich nicht versuchen.

### C. Die intermittierende plasmogene Nachwirkung des Lichtes auf die Kohlensäureproduktion der Laubblätter.

Während es so scheint, als ob weder eine direkte plasmogene Wirkung noch eine direkte plasmogene Nachwirkung des Lichtes auf Laubblätter nachweisbar sei, ist eine intermittierende plasmogene Nachwirkung des Lichtes sicher nachweisbar.

Die Versuche, welche dieses beweisen, wurden mit etiolierten Pflanzen von *Beta vulgaris* ausgeführt. Zuerst bewies uns der Versuch 1 — Tabelle 15, Fig. 23, daß etiolierte abgeschnittene Laubblätter keine Tages- und Nachtschwankungen zeigen. Wir sehen die Kurve der Kohlensäureproduktion anfangs, wohl wesentlich infolge der traumatischen Reizung, etwas ansteigen, dann konstant bleiben. Ebenso ersehen wir aus Versuch 13A (1912) — Tabelle 18a, Fig. 27a, daß sich an der Pflanze befindliche etiolierte Blätter bis zu ihrer Erkrankung gleich entwickelten. Dann beweist uns zuerst der mit einer solchen etiolierten Pflanze angestellte Versuch 13C (1912) Tabelle 20 das Eintreten einer intermittierenden plasmogenen Nachwirkung des Lichtes. Eine dauernd dunkel gehaltene etiolierte Pflanze wurde in drei aufeinander folgenden Nächten, frei in der Atmosphäre stehend, mittelst intensiven elektrischen Lichtes beleuchtet. Dann wurde die Pflanze zur Ermittlung ihrer Kohlensäureproduktion in den Apparat gebracht. Es ergab sich, daß in den ersten zwei Volltagen die Nachtproduktion größer war als die Tagesproduktion, daß also die Kohlensäureproduktion in den zwölf Volltagsstunden, in welche die Beleuchtungszeit der Blätter fiel, größer war als in den zwölf Voll-

tagsstunden, in welchen die Pflanze dunkel gehalten wurde. Der Quotient  $\frac{H}{D}$  betrug dabei am ersten Volltage 1,2, am zweiten 1,08. Als am dritten Volltage die an den fünf Tagesstunden, in denen die Beleuchtung der Blätter stattgefunden hatte, entwickelte Kohlensäure allein gemessen wurde, betrug die Stundenproduktion in dieser Zeit 0,0177 g, während sie in den zwei vor der Beleuchtungszeit und in den acht nach der Beleuchtungszeit liegenden Stunden pro Stunde nur 0,0148 betrug. Was nach der Gewinnung der letzten Zahl untersucht wurde, ist wohl schon zu sehr durch das etwas kräftiger einsetzende Wachstum der Blätter unregelmäßig geworden.

Weitere Versuche bewiesen, daß man den etiolierten, keine Tag- und Nachtschwankungen zeigenden Laubblättern solche aufprägen kann, wenn man die Blätter im Freien dem normalen Volltagswechsel von Licht und Dunkelheit aussetzt. Als in dem Versuch 13A (Tabelle 18a, Fig. 27β) an der Pflanze sitzende etiolierte Laubblätter der Runkelrübe vom 14. Mai 8 Uhr morgens bis zum 20. Mai 5 Uhr nachmittags in das Freie gestellt worden waren, zeigte es sich, daß danach Tag- und Nachtschwankungen auftraten, für deren schwächere  $\frac{T}{N}$  1,09 war. Daß in diesem Versuche die zweite Volltagsproduktion etwas kleiner war als die erste, beruht vielleicht auf der relativ geringen Menge der Reservestoffe der benutzten Blätter. Als die Pflanze weiter vom 23. Mai 6 Uhr morgens bis zum 3. Juni im Freien gestanden hatte, und als nur die älteren der Blätter auf ihre Kohlensäureproduktion geprüft wurden, fanden wir vier Tage lang annähernde Normalschwankungen (Tabelle 18γ, Fig. 27δ) und  $\frac{T}{N}$  1,08.

#### D. Transitorische Reizwirkung durch Temperaturerhöhung.

Transitorische Reizwirkungen der Übergangsreizursache der Temperaturerhöhung sind für Blüten und Blätter usw. beobachtet, bei denen sofort eine vorübergehende Wachstumsbeschleunigung als Reizwirkung auftritt. Daß auch eine solche



transitorische Einwirkung der Temperatur auf die Atmung der Laubblätter besteht, konnte man schon aus der Form der in Fig. 9, 10, 21, 22, 33, 34 dargestellten Kurven vermuten. Wir haben deshalb den Versuch 9A (1912) angestellt, welcher als ein guter Vorversuch gelten soll. Weinblätter, welche vom 9. bis zum 14. Juli bei einer Temperatur von 10 bis 15° im Dunkeln gestanden hatten, wurden in den Apparat gebracht und bei 25° auf ihre Kohlensäureproduktion untersucht. Wir dürfen annehmen, daß die traumatische Reizung der abgeschnittenen Blätter während der Dauer ihres Aufenthaltes bei 10 bis 15° erloschen ist und ferner, daß die Kohlensäureproduktion der Blätter bei 15° kleiner gewesen ist, als nach Eintritt der Normalschwankungen bei 25°, also kleiner als 0,04. Dann beweist das Auftreten einer Kohlensäureproduktion von 0,08618 im Anfang der Kohlensäurebestimmung bei 25° das Vorhandensein einer traumatischen Reizwirkung der Temperaturerhöhung mit ziemlicher Sicherheit. Völlig beweisend würde ein sonst gleicher Versuch werden, wenn man die Kohlensäureproduktion auch der ersten Periode des Versuches (bei 10 bis 15°) untersuchen werden würde.

## II. Beziehungen zwischen der Größe des Gehaltes der Laubblätter an Reservestoffen und der Größe der Kohlensäureproduktion der Laubbätter.

Über den Einfluß des Gehaltes der Laubblätter an Reservestoffen auf die Größe der Kohlensäureproduktion waren wir bisher nicht unterrichtet.

Kosinski (1901) hat Versuche mit Kulturen von *Aspergillus niger* angestellt, welche er in Wehmerscher Nährflüssigkeit erzog. Als er diese Kulturen mit isotonischer Kochsalzlösung ausgewaschen hatte, beobachtete er ein Abfallen der Atmungsenergie (bis 50%), welche nicht eintrat, wenn er statt der Kochsalzlösung eine mit dieser isotonische Zuckerlösung zum Auswaschen benutzt hatte. Über den Einfluß, welchen Nährstofflösungen verschiedener Konzentration auf die Größe der Atmungsenergie ausüben, hat Kosinski keine Versuche angestellt. Er sah nur, daß bei einer plötzlichen Änderung der Konzentration der Nährflüssigkeit eine Änderung der Atmungsenergie eintrat. Beim plötzlichen Über-

gang von der schwächeren zur stärkeren (5- bis 9 mal osmotisch stärker) Konzentration fand er eine Schwächung, umgekehrt eine Verstärkung der Atmungsenergie.

Selbstverständlich können die für *Aspergillus* erhaltenen Resultate nicht direkt auf die Laubblätter übertragen werden; immerhin wird man nach ihnen vermuten dürfen, daß ein an Reservestoffen sehr armes Laubblatt eine kleinere Atmungsenergie besitzen wird, als ein an Reservestoffen sehr reiches. Es wäre dabei sehr wohl möglich, daß innerhalb einer gewissen Latitüde höherer Kohlehydratmengen (z. B. zwischen 5 % und 7,5 % Gehalt an Kohlehydraten) Schwankungen des Kohlehydratgehaltes der Laubblätter keine Schwankungen der Atmungsenergie bedingen, daß diese erst auftreten, wenn der Kohlehydratgehalt unter eine bestimmte Größe hinabsinkt. Es wäre auch möglich, daß nur eine bestimmte Reservestoffgruppe, z. B. die Monosaccharide, für die Änderung der Atmungsenergie entscheidend wäre, oder daß jede Stoffgruppe einen quantitativ verschiedenen Einfluß ausübte.

Die von uns ausgeführten Versuche geben zwar auf die Frage des quantitativen Einflusses der Reservestoffe auf die Atmungsenergie der Laubblätter keine genügende Antwort, doch zeigen sie sehr deutlich, daß ein solcher Einfluß vorhanden ist.

Ganz zweifellos geht das zuerst aus dem Versuche 9 C  $\alpha$ — $\gamma$  hervor. In diesem Versuche sind die Kohlensäureproduktionen verschieden behandelter und vor dem Beginn der Atmung mittelst der Jodprobe auf den Stärkegehalt untersuchter Blätter von *Vitis vinifera* bestimmt. Dabei zeigte es sich, daß Blätter, welche 48 Stunden an der Pflanze verdunkelt worden waren (9 C  $\alpha$ ), in der Zeit der hier sehr schwachen Terminalschwankungen (3. Volltag) pro 1g Frischgewicht und 1 Stunde 0,00020 g Kohlensäure erzeugten. Blätter, die fast keine Stärke enthielten (9 C  $\beta$ ), ergaben die Zahl 0,00025 (berechnet nach der Produktion am 5. und 6. Volltage); viele Stärke enthaltende Blätter ( $\delta$ ) aber ergaben die Zahl 0,00042 (5. und 6. Volltag).

Die nicht ganz mit Stärke gefüllten etwas jüngeren Blätter, die zu Versuch 9 D benutzt wurden, ergaben die Zahl 0,00031 (6. und 7. Volltag).

Blätter, welche 103 Stunden an der Pflanze verdunkelt worden waren, schienen sich bezüglich der Atmungsenergie während der Periode der traumatischen Reizung ähnlich zu verhalten wie die 48 Stunden verdunkelten Blätter, zeigten aber dann sofort eine Erhöhung der Atmung, welche durch Erkrankung der Blätter, die schon am 3. Volltage sichtbar wurde, hervorgerufen war.

Die Blätter  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\delta$  waren sicher recht verschieden reich an Kohlehydraten und anderen Reservestoffen. Da der Versuch 19 zeigte, daß der durch die Jodprobe ermittelte Stärkegehalt ein ungefährer Indikator für den Gehalt der Blätter an Gesamtkohlehydraten ist, so kann man aus obigen Angaben über den Stärkegehalt der 4 Blattsorten auch auf deren relativen Gesamtkohlehydratgehalt schließen. Aber wir wissen nichts über den absoluten Gehalt dieser Blätter an den verschiedenen Arten von Kohlehydraten.

Nur ganz oberflächlich können wir uns aus an anderen Blättern gemachten Untersuchungen ein Bild über die in den Blättern vorkommenden Mengen von Kohlehydraten machen. So können wir aus den Resultaten einer Untersuchung von Deleano (1912) ersehen, daß abends gesammelte, normal mit Stärke gefüllte Laubblätter von *Vitis* zwischen 5 und 7,5 % des Frischgewichtes Gesamtkohlehydrate enthalten. Innerhalb dieser Grenzen könnte möglicherweise ein Mehr oder Weniger der Gesamtkohlehydrate keine große Rolle spielen, denn wir fanden die spezifische Fähigkeit zur Kohlensäureproduktion für alle Blätter von *Vitis* annähernd gleich, welche wir an normalen Tagen abends geerntet hatten. So fanden wir z. B. bei den Versuchen 9II (1911), V (1911), 9A (1912) die Zahlen 0,000429, 0,000415, 0,000431, 0,000386.

Wie es sich mit dem Gesamtkohlehydratgehalte von an der Pflanze verdunkelten Blättern verhält, aus welchen die Reservestoffe mehr oder weniger weitgehend auswanderten, kann man einigermaßen nach den in dem Folgenden zusammengestellten Resultaten der chemischen Untersuchung solcher Blätter beurteilen.

Nr. 1 (20. Juni 1911). Dauer der Verdunkelung der am Weinstock sitzenden Blätter: 22 Stunden. Temperatur: 8—10° C. a = Resultate der Untersuchung der Blätter vor der Verdunkelung, b = nach der Verdunkelung.

	Berechnet als	Pro 100 g Frischsubst.		Pro 100 g Trocken- substanz	
		in Gramm		in Gramm	
		a)	b)	a)	b)
Trockengewicht . . . . .		25,25	23,53		
Monosaccharid . . . . .	$C_6H_{12}O_6$	1,58	1,27	6,28	5,42
Disaccharid . . . . .	$C_{12}H_{22}O_{11}$	0,40	0,32	1,61	1,38
Polysaccharid . . . . .	$C_6H_{10}O_5$	2,68	1,93	10,63	8,21
Gesamtkohlehydrate . . . . .		4,66	3,52	18,52	14,91
Gesamtstickstoff . . . . .		0,75	0,85	3,11	3,60
Extraktstickstoff . . . . .		0,10	0,10	0,36	0,40
Eiweißstickstoff (in koagulierbarer Form) . . . . .		0,68	0,75	2,75	3,20

Also hier sind in 22 Stunden 1,14% Kohlehydrate (in 1 Stunde 0,05%) und 0,58% Nichtkohlehydrate (pro 100 g Frischgewicht) veratmet und ausgewandert, also 24,4% der vorhandenen Gesamtkohlehydrate.

Nr. 2 (14. Juli 1911). Dauer der Verdunkelung der am Weinstock sitzenden Blätter: 24 Stunden. Nacht regnerisch. Temperatur: 17—18° C; am Tage war das Temperaturmaximum 24°. a = Resultate der Untersuchung der Blätter vor der Verdunkelung, b = nach der Verdunkelung.

	Berechnet als	Pro 100 g Frisch- substanz		Pro 100 g Trocken- substanz	
		in Gramm		in Gramm	
		a)	b)	a)	b)
Trockengewicht . . . . .		26,23	23,42		
Monosaccharid . . . . .	$C_6H_{12}O_6$	2,08	1,40	7,94	5,99
Disaccharid . . . . .	$C_{12}H_{22}O_{11}$	0,21	0,26	0,82	1,13
Polysaccharid . . . . .	$C_6H_{10}O_5$	2,95	2,08	11,24	8,87
Gesamtkohlehydrate . . . . .		5,24	3,74	20,00	15,99
Gesamtstickstoff . . . . .		0,63	0,68	2,42	2,95
Extraktstickstoff . . . . .		0,10	0,08	0,40	0,36
Eiweißstickstoff (in koagulierbarer Form) . . . . .		0,53	0,60	2,02	2,59

Also hier sind in 24 Stunden 1,50% Kohlehydrate (in 1 Stunde 0,06) und 1,31% Nichtkohlehydrate (pro 100 g Frischgewicht) veratmet und ausgewandert, also 28% der vorhandenen Gesamtkohlehydrate.

Nr. 3 (s. Deleano 1911, S. 146). Dauer der Verdunkelung der am Weinstock sitzenden Blätter: 26 Stunden. Temperatur: 19—24° C. a = Resultate der Untersuchung der Blätter vor der Verdunkelung, b = nach der Verdunkelung.

	Berechnet als	Pro 100 g Frisch- substanz		Pro 100 g Trocken- substanz	
		in Gramm		in Gramm	
		a)	b)	a)	b)
Trockengewicht . . . . .		23,12	19,66		
Monosaccharid . . . . .	$C_6H_{12}O_6$	1,41	0,58	6,01	2,98
Disaccharid . . . . .	$C_{12}H_{22}O_{11}$	0,13	0,12	0,57	0,62
Polysaccharid <sup>1)</sup> . . . . .	$C_6H_{10}O_5$	1,82	0,80	7,86	4,08
Gesamtkohlehydrate . . . . .		3,36	1,50	14,44	7,68

<sup>1)</sup> Im Wasser unlösliche, im Autoklaven invertierbare Kohlehydrate.

Danach sind hier in 26 Stunden 1,86% Kohlehydrate (in 1 Stunde 0,07%) und 1,63% Nichtkohlehydrate (pro 100 g Frischgewicht) veratmet und ausgewandert, also 55,3% der vorhanden gewesenen Gesamtkohlehydrate.

Nr. 4 (13. Juni 1911). Dauer der Verdunkelung der am Weinstock sitzenden Blätter: 48 Stunden. Temperatur: 19—20° C. a = Resultate der Untersuchung der Blätter vor der Verdunkelung, b = nach der Verdunkelung.

	Berechnet als	Pro 100 g Frischsubstanz in Gramm		Pro 100 g Trocken-substanz in Gramm	
		a)	b)	a)	b)
Trockengewicht . . . . .		25,00	20,20		
Monosaccharid . . . . .	$C_6H_{12}O_6$	1,86	1,06	7,46	5,23
Disaccharid . . . . .	$C_{12}H_{22}O_{11}$	0,23	0,30	0,93	1,51
Polysaccharid . . . . .	$C_6H_{10}O_5$	3,06	1,22	12,25	6,03
Gesamtkohlehydrate . . . . .		5,15	2,58	20,64	12,77
Gesamtstickstoff . . . . .		0,88	0,78	3,51	3,88
Extraktstickstoff . . . . .		0,12	0,10	0,47	0,46
Eiweißstickstoff (in koagulierbarer Form) . . . . .		0,78	0,68	3,04	3,42

Also hier sind in 48 Stunden 2,57% Kohlehydrate (in 1 Stunde 0,046%) und 2,23% Nichtkohlehydrate (pro 100 g Frischgewicht) veratmet und ausgewandert, also 50% der Gesamtkohlehydrate.

Nr. 5 (12—17. August 1912). Dauer der Verdunkelung der am Weinstock sitzenden Blätter: 120 Stunden. Temperatur: In der Nacht 12—14°, am Tage 14—18°.

	Berechnet als	Für die untersuchte Portion in Gramm	Pro 100 g Frischgewicht in Gramm	Pro 100 g Trocken-gewicht in Gramm
Frischsubstanz . . . . .		17,64		
Trockensubstanz . . . . .		4,2095	23,80	
Wasser . . . . .		13,43	76,20	
Monosaccharid . . . . .	$C_6H_{12}O_6$	0,2344	1,32	5,57
Disaccharid . . . . .	$C_{12}H_{22}O_{11}$	0,0259	0,15	0,61
Polysaccharid . . . . .	$C_6H_{10}O_5$	0,2336	1,32	5,55
Gesamtkohlehydrate . . . . .		0,4939	2,79	11,73

Nr. 6 (12.—19. August 1912). Dauer der Verdunkelung der am Weinstock sitzenden Blätter: 168 Stunden. Temperatur: vom 12.—17. August: Nachts 12—14°, am Tage 14—18°. 17.—18. August sonnig. Temperatur: Nachts 15—20°, am Tage 20—25°.

	Berechnet als	Für die untersuchte Portion in Gramm	Pro 100 g Frischgewicht in Gramm	Pro 100 g Trocken-gewicht in Gramm
Frischsubstanz . . . . .		15,10	—	—
Trockensubstanz . . . . .		3,7696	24,96	—
Wasser . . . . .		11,33	75,04	—
Monosaccharid . . . . .	$C_6H_{12}O_6$	0,1937	1,27	5,11
Disaccharid . . . . .	$C_{12}H_{22}O_{11}$	0,0266	0,18	0,71
Polysaccharid . . . . .	$C_6H_{10}O_5$	0,2070	1,37	5,50
Gesamtkohlehydrate . . . . .		0,4273	2,82	11,32

Diese Resultate zeigen uns zuerst, daß die Abnahme der Gesamtkohlehydrate, welche während einer 24 stündigen Verdunkelung eintritt, je nach den Umständen, vorzüglich je nach der herrschenden Temperatur, recht verschieden sein kann und meist weniger als 50% der anfangs vorhandenen Gesamtkohlehydrate beträgt. Die restierende Menge ist jetzt noch wesentlich von der anfänglichen abhängig. Der Gehalt an Gesamtkohlehydraten war bei den untersuchten Blattsorten der folgende:

8—10° C.	22 Stunden	verdunkelt 24%	des Frischgewichtes
17—18° C.	24 „	„ 28%	des „ <sup>1)</sup>
19—24° C.	26 „	„ 55,3%	des „

Für noch längere Zeit verdunkelte Blätter liegen die Verhältnisse folgendermaßen.

Nach 48 Stunden dauernder Verdunkelung (Nr. 4) bei 19—20° normal mit Gesamtkohlehydraten (5,15% des Frischgewichtes) gefüllter Blätter waren 50% der Gesamtkohlehydrate verschwunden. Die in den Blättern noch enthaltene Menge von Gesamtkohlehydraten betrug dabei 2,58%. Ähnliche Mengen fanden sich auch nach 120 Stunden und selbst nach 168 Stunden langer Verdunkelung in 2 Blattportionen, die unter fast gleichartigen Verhältnissen an demselben Weinstocke verdunkelt wuchsen. Daraus geht wohl hervor, daß wahrscheinlich im allgemeinen in normalen, ausgewachsenen Blättern der Kohlehydratgehalt stets nur bis ungefähr 2,5% sinkt, wenn man länger als 24 Stunden und nicht bis zur Erkrankung der Blätter verdunkelt.

Danach kann man nun vermuten, daß die Blätter, welche zu dem Versuche 9C $\alpha$  benutzt werden, ungefähr 2,5% Kohlehydrate, die zu Versuch 9C $\delta$  benutzten ungefähr 6% Kohlehydrate enthalten haben. Erstere lieferten uns für die Kohlensäureproduktion die Zahl 0,0002, letztere die Zahl 0,00042. Die Zahl 0,0002 ist vielleicht die Minimalzahl, die Zahl 0,00042 die annähernde Maximalzahl für die Kohlensäureproduktion gesunder Laubblätter von *Vitis vinifera*.

Bezüglich der Eiweißkörper sieht man, daß die Menge derselben anscheinend bei kürzerer Verdunkelung zunehmen kann,

<sup>1)</sup> Den Versuch Nr. 3 haben wir absichtlich hierher gesetzt, weil er ganz abweichend von den anderen erscheint. Vermutlich sind die Blätter, die zu diesen Versuchen benutzt wurden, noch nicht ganz ausgewachsen gewesen, so daß hier außer Auswanderung und Atmung noch das Wachstum vermindern auf die Kohlenhydrate einwirkte.

was vielleicht auf Kosten der Kohlehydrate geschieht. Bei längerer Verdunkelung nehmen die Eiweißkörper anscheinend ab.

Welchen Einfluß die im Blatte vorhandenen Mengen der Eiweißkörper auf die Intensität der Atmung ausüben, wissen wir nicht, doch scheint es fast, als sänke die Intensität, wenn die Eiweißkörper zur Atmung herbeigezogen werden müssen. Daß Eiweißkörper bei eintretendem Mangel an Kohlehydraten veratmet werden, wissen wir ja aus früheren Untersuchungen, welche im hiesigen botanischen Institute vorgenommen wurden (Deleano, 1912). Auch haben wir im Versuche 17 B gesehen, daß die bei der Atmung verschwundenen Gesamtkohlehydrate nicht zur Deckung der im Versuche gemessenen Kohlensäuremenge ausreichten, so daß auch dort vermutlich Eiweißkörper zur Veratmung kamen.

Es ist also sicher, daß die Größe der Kohlensäureproduktion der Laubblätter von *Vitis* bei sonst gleichen Verhältnissen bis zu einem gewissen Grade abhängig ist von der Menge der in den Blättern enthaltenen Kohlehydrate.

Diese Abhängigkeit zeigen uns auch die Versuche mit *Dioscorea*-Blättern. Die am Abend eines heißen Tages, an welchem die Assimilationsbedingungen sehr ungünstig, die Bedingungen für die Atmung und Auswanderung relativ günstig gewesen waren, gesammelten Laubblätter von *Dioscorea* lieferten uns die Zahl 0,000103 für die Kohlensäureproduktion (Versuch 16). Diese Blätter enthielten aber (Tabelle zu Versuch 16 A $\alpha$ ) 1,37 % des Frischgewichtes Gesamtkohlehydrate, eine Menge, welche anscheinend dem Minimum nahestand, welches ein an der Pflanze sitzendes Blatt enthalten kann, da ein 3 Tage lang verdunkeltes Blatt 1,01 % Gesamtkohlehydrate enthielt. Demgegenüber lieferte ein Sproß von *Dioscorea* (Versuch 17) die Zahl 0,00014 für die Kohlensäureproduktion, welche vermuten läßt, daß die Laubblätter allein ungefähr die Zahl 0,00018 geliefert haben würden, jedenfalls eine erheblich größere als 0,000103. Die zum Versuche 17 benutzten Blätter enthielten aber 2,69 % Gesamtkohlehydrate, also erheblich mehr als die zu Versuch 16 benutzten.

Danach versteht man nun auch die Resultate der Versuche mit *Beta vulgaris*. Es ist wohl kaum daran zu zweifeln, daß ihre Blätter im ersten Lebensjahre der Pflanze, in welchem die Wurzelknolle die Assimilate der Blätter energisch ansaugt, weniger Kohlehydrate in den Blättern enthalten als die Blätter

im Anfange des zweiten Entwicklungsjahres. Demnach finden wir für die Blätter des ersten Lebensjahres die Zahl 0,00022, für die des zweiten Jahres die Zahl 0,000365.

Selbstverständlich haben die neuen Erfahrungen auch einen Einfluß auf unsere Definition der spezifischen Fähigkeit der Laubblätter zur Kohlensäureproduktion. Die früher gemachten Erfahrungen ließen es uns 1911 praktisch erscheinen, bei Bestimmung der spezifischen Fähigkeit zur Kohlensäureproduktion als eine Einheit 1 g des Frischgewichtes der mit Wasser gesättigten Blätter (bei sorgfältigen Untersuchungen der stiellosen) zu benutzen. Wir wollen dieses beibehalten und wollen ferner jetzt noch die folgenden Einheiten und konstanten Bedingungen bei der Bestimmung dieser Fähigkeit anwenden. Wir wollen zuerst die Temperatur 26° bei den Versuchen innehalten. Ferner wollen wir nur Blätter zu den Versuchen benutzen, welche die Menge von Kohlehydraten gespeichert haben, welche zu ihrer maximalen Kohlensäureproduktion führt. Als Maß für die spezifische Fähigkeit wollen wir dann die in  $\frac{1}{24}$  Volltag während des Eintretens der Normalschwankungen (d. h. solchen Schwankungen, die mindestens zweimal in ganz gleicher Größe auftreten) erzeugte Kohlensäuremenge benutzen.

Wenn die Menge der Kohlehydrate, die ein Blatt zu speichern fähig ist, nicht zu klein ist, so daß nicht die Reizperiode eine relativ zu kleine Menge Kohlehydrate zurückläßt, so werden wir nach diesem Verfahren auch mit abgeschnittenen Blättern eine relativ konstante Zahl erhalten. Diese kann uns das Maß abgeben für die Fähigkeit des Protoplasten des Blattes Kohlensäure zu bilden, wenn die Zelle mit einer bestimmten, nicht unter einem gewissen Minimum liegenden Menge von Kohlehydraten versehen ist. Freilich müßte die zulässige minimale Menge der Kohlehydrate für jedes Blatt bekannt sein, diejenige, bei welcher das Blatt noch die maximale Menge von Kohlensäure zu liefern imstande ist.

Durch die Wahl der Normalproduktion haben wir zuerst die Wirkung der die Atmung im Anfange unserer Versuche und am Ende der Versuche anormal verändernden Faktoren ausgeschaltet. Ferner haben wir durch Beachtung des Kohlehydratgehaltes auch vermieden, daß die Atmung infolge Mangels an Kohlehydraten anormal sinkt. Wir wollen die über die spezifische Kohlensäureproduktion gemachten Erfahrungen in dem folgenden zusammenstellen.



Die Atmungsgröße verschiedener Laubblätter während der Normalschwankungen.					
Nr. des Versuches	Material	CO <sub>2</sub> in Gramm für 1 g Frischgewicht pro Stunde der Terminalproduktion	CO <sub>2</sub> in Gramm für 1 g Frischgewicht pro Stunde der Normalproduktion	Volltage des Versuches, welche der Berechnung zugrunde liegen	Temperatur Bemerkungen
2.	Rubus. Blätter an der Pflanze	—	0,000319	Tag des 2. + Nacht des 3. Volltages	27,1 <sup>0</sup>
3.	Rubus. Blätter an der Pflanze	—	0,000285	3. + 4. Volltag	26,7—26,8 <sup>0</sup>
4.	Rubus. Abgeschnittene Blätter	0,000292	—	Tag d. 3. + Nacht u. Tag d. 4. + Nacht d. 5. Volltags	25,5—25,8 <sup>0</sup>
VII. (1911)	Rubus. Abgeschnittene Blätter	0,000277	—	4. + 5. Volltag	27—28 <sup>0</sup>
VI. (1911)	Acer. Abgeschnittene Blätter	0,00033	—	4. + 5. Volltag	27—28 <sup>0</sup>
7.	Syringa. Abgeschnittene Blätter	0,000214	—	2. Volltag	26,5 <sup>0</sup>
9.	Vitis. Abgeschnittene Blätter	0,000429	—	4. + 5. Volltag	25,8—26,0 <sup>0</sup>
11. (1911)	Vitis. Abgeschnittene Blätter	0,000415	—	5. + 6. Volltag	27—28 <sup>0</sup>
V. (1911)	Vitis. Abgeschnittene Blätter	0,000431	—	2. + 3. Volltag	26—27 <sup>0</sup>
9 A (1912)	Vitis. Abgeschnittene Blätter	0,000386	—	4. + 5. Volltag	24,8—25,2 <sup>0</sup>

Es ist die Normalschwankung nicht sicher bestimmt

Die abgeschnittenen Blätter hatten schon 4 1/2 Volltage bei 10—15<sup>0</sup> C geatmet

Die Atmungsgröße verschiedener Laubblätter während der Normalschwankungen. (Fortsetzung von der Tabelle S. 233.)

Nr. des Versuches	Material	CO <sub>2</sub> in Gramm für 1 g Frischgewicht pro Stunde der Terminalproduktion	CO <sub>2</sub> in Gramm für 1 g Frischgewicht pro Stunde der Normalproduktion	Volltage des Versuches, welche der Berechnung zugrunde liegen	Temperatur	Bemerkungen
9C δ (1912)	Vitis. Abgeschnittene Blätter	0,00042	—	5. + 6. Volltag	25,2—25,3°	Keine Normalschwankungen, nur Gleichleiben der Produktion nach der Reizung
11.	Beta. Etiolierte abgeschnittene Blätter; Pflanze im 2. Jahre	0,000115	—	3. + 4. Volltag	26,4°	
12.	Beta. Abgeschnittene Blätter; Pflanze im 1. Jahre	0,00029	—	2. Volltag	27,0—27,2°	
13.	Beta. Abgeschnittene Blätter; Pflanze im 2. Jahre; Blätter erst etioliert, dann 1 Monat am Licht gewachsen	0,000365	—	2. + 3. Volltag	26,0—26,1°	
13 A γ.	Beta. Blätter an der Pflanze; Blätter erst etioliert, dann in 19 Tagen im Freien ergrünt	—	0,000286	3. + 4. Volltag	25°	
16.	Dioscorea. Abgeschnittene Blätter	0,000103	—	2. Volltag	26,6—26,7°	
18 a.	Helianthus. Blätter an der Pflanze	—	0,000266	2. Volltag	25°	
18 γ.	Helianthus. Abgeschnittene Blätter	0,000322	—	2. Volltag	25°	Blätter sicher nicht mehr ganz normal

Die Tabelle zeigt uns, daß bei annähernd mit Reservestoffen gefüllten Blättern einer Spezies, welche man an guten Assimilationstagen sammelt, die Zahl für die spezifische Fähigkeit zur Kohlensäureproduktion relativ gleichartig ausfällt. So z. B. sind zuerst die Zahlen für *Rubus*: 0,000285, 0,000292, 0,000296, 0,000319, 0,000330, im Mittel also 0,00030 und nicht über 0,00033.

Für *Vitis* sind die Zahlen für mit Kohlehydraten genügend versehene Blätter: 0,00042, 0,000442, 0,000433, im Mittel also 0,00043 und nicht über 0,000433.

Danach scheinen die in unserer Weise definierten spezifischen Fähigkeiten verschiedener Blätter doch als verschieden angenommen werden zu müssen. Für *Syringa*, *Dioscorea* und *Helianthus* können die Zahlen noch nicht für genügend sicher gelten, da wir über die Sättigung der Blätter mit Kohlehydraten keine genügende Kenntnis haben.

Wir haben also in diesem Kapitel eine interessante ergastische Wirkung kennen gelernt, die sich wohl stets zeigen wird, wenn wir die Reservestoffe eines Laubblattes in irgendeiner Weise vermehren oder vermindern. So wird es für die Steigerung der Atmung wohl gleich sein, ob wir die ergastischen Reservestoffe durch den Assimilationsprozeß oder z. B. durch Füttern der Blätter mit Zucker im Dunkeln vermehrt haben.

Interessant ist es aber, daß der Assimilationsprozeß wohl momentan eine ergastogene Steigerung der Atmung hervorrufen muß, indem er eine rapide Steigerung des Gehaltes des Protoplasten, vorzüglich der Autoplasten, an Kohlehydraten hervorruft, die doch wohl nicht ohne eine entsprechende Erhöhung des Atmungsprozesses verlaufen wird. Damit ist nicht gesagt, daß sich nicht auch noch ein plasmogener Vorgang infolge der durch den Assimilationsprozeß veranlaßten Strukturbewegung abspielt, der zur Erhöhung der Kohlensäureproduktion führt. Ja, es ist vom biologischen Standpunkte aus, wie im ersten Teile dieser Arbeit (S. 673) schon auseinandergesetzt worden ist, dies Auftreten der Tag- und Nachtperioden der Kohlensäureproduktion am besten vom Standpunkte der Hypothese der Verkoppelung der Kohlensäureproduktion mit der Assimilation zu verstehen, so daß von diesem Standpunkte die Existenz

einer plasmogenen Beschleunigung des Atmungsprozesses gefordert wird.

Außer der direkten ergastogenen Wirkung des Assimilationsprozesses wird aber stets eine ergastogene Nachwirkung infolge der Anhäufung der Kohlehydrate zu beobachten sein.

### III. Die Kurven der Tag- und Nachtproduktion.

Wir wollen nun dazu übergehen, die Verhältnisse des Verlaufes der Kurven für die Tag- und Nachtproduktion genauer zu erläutern. a) Die Reizperiode. Fassen wir zuerst die Reizperiode der Kurven, welche für Blätter mitgeteilt sind, die an der Pflanze sitzen, in das Auge (Fig. 9, 10, 33, 34, 35), so finden wir folgendes: Kurve Fig. 9 bezieht sich auf eine Pflanze, welche von unter  $20^{\circ}$  auf  $27,5^{\circ}$  gebracht worden war; wir sehen am ersten Tag ein Ansteigen auf mehr als 85 eintreten, dem ein Abfallen in 2 Volltagen bis zur Tages-Normalproduktion von 30 folgt. In Kurve Fig. 10 ist die Temperatursteigerung unbekannt: der Abfall in  $1\frac{1}{2}$  Volltagen beträgt 70:30. In Kurve Fig. 33 findet Abfall in  $1\frac{1}{2}$  Volltagen von 12,5:8 statt. In Kurve Fig. 34 in  $1\frac{1}{2}$  Volltagen von 36:21, in Kurve Fig. 35 ist die Stundenproduktion 0,02 g in  $1\frac{1}{2}$  Stunden erreicht und übertrifft die entsprechende Normalproduktion beinahe um das Doppelte. Wie schon angedeutet, ist dieses Emporschnellen der Kohlensäureproduktion am ersten halben Volltage, dem dann das energische Abfallen folgt, nicht allein auf Kosten der traumatischen Reizung zu setzen, sondern wohl hauptsächlich als transitorische Reizwirkung der Temperaturerhöhung zu betrachten.

Diese Reizwirkung spielt anscheinend auch eine wichtige Rolle in den Versuchen mit abgeschnittenen Blättern, wo sie in der ersten Periode der traumatischen Reizung die Größe der Kohlensäureproduktion bedeutend verstärken wird; bei einigen Kurven, wie bei Fig. 11, 16,32, ist ihr Einfluß dann ein relativ großer gewesen.

b) Der Einfluß des Kohlehydratgehaltes und der Erkrankung der Laubblätter auf den Verlauf der Volltagsproduktion an Kohlensäure. Für die in der Überschrift charakterisierten Fragen sind zuerst die Versuche 9 C (1912) lehrreich. Die Blätter 9 C  $\delta$  sind stärkereich (ungefähr 5% des

Trockengewichtes Kohlehydrate enthaltend), die Blätter 90 C  $\beta$  enthalten weniger als sie, die Blätter 9 C  $\alpha$  sind sehr arm an Kohlehydraten (ungefähr 2,5 % enthaltend). Vergleichen wir mit Rücksicht auf den Kohlehydratgehalt der Blätter ihre Kohlensäureproduktion an den aufeinanderfolgenden Volltagen, so treten uns folgende Beziehungen entgegen:

1. Wie es nach früher Gesagtem selbstverständlich erscheint, ist die Kohlensäureproduktion bei den kohlehydratreichen Blättern größer als bei den kohlehydratarmen Blättern; die 3 Blattsorten produzierten in den ersten 5 Tagen Kohlensäure im Verhältnis 24:15:11.

2. Das Ansteigen der Kohlensäureproduktion ist um so stärker in der Reizperiode, je kohlenhydratreicher ein Blatt ist. Hier sind die Zahlen am ersten Volltage 634:417:246.

3. Die Reizperiode ist um so kürzer, je kohlehydratärmer ein Blatt ist. Das Verhältnis stellt sich hier in Volltagen 4:2:1.

4. Die auf die Reizperiode folgende Periode der gleichmäßigen Kohlensäureproduktion währt bei den stärkereichen Blättern am längsten.

5. Mit der Erkrankung der Blätter, die bei den kohlehydratarmen, abgeschnittenen Blättern meist schneller eintritt als bei kohlehydratreichen, wächst anfangs die Kohlensäureproduktion. Für den Satz 5 finden wir in unseren übrigen Versuchen noch einige Belege, so in den Versuchen 9 D (Fig. 19); 12 (Fig. 24); 13 A (1912) Tab. 18  $\gamma$ ; 15 (Tab. 22); 18  $\gamma$  (Tab. 29  $\gamma$ ), und zwar sehen wir das Ansteigen sowohl bei erkrankenden abgeschnittenen Blättern als bei erkrankten an der Pflanze sitzenden Blättern eintreten. Aus dem Versuch 7 (Tab. 6) können wir noch den folgenden Satz ableiten, der sich übrigens schon aus früherem ergibt.

6. Nimmt die Kohlehydratmenge in der Zeit zwischen dem Verlauf der Reizperiode und der Erkrankung prozentualisch genügend kräftig ab, so tritt Fallen der Kohlensäureproduktion an den aufeinanderfolgenden Volltagen ein.

Im Versuche 7 sehen wir nämlich bei relativ jungen, in den 6 Volltagen des Versuches nicht erkrankenden Blättern von *Syringa* am Ende ein langsames Fallen der Volltagsproduktion eintreten: 272—217—220—242—220—201.

Nach den aufgestellten Sätzen läßt sich der Verlauf der Kohlensäureproduktion für alle im Dunkeln atmenden, an der

Pflanze sitzenden oder abgeschnittenen Laubblätter wohl verstehen, wenn man die Reihenfolge: Reizperiode, Gleichheitsperiode oder Abfallsperiode, Erkrankungsperiode beachtet und weiß, daß jede dieser Perioden ausfallen kann. In Versuch 16, mit abgeschnittenen, kohlehydratarmen Blättern von *Dioscorea* haben wir z. B. Reizperiode, Abfallperiode, Erkrankungsperiode anzunehmen.

c) Das Verhalten der Tag- und Nachtproduktionen. Wir haben gesehen, daß an gesunden und nicht zu kohlehydratarmen Blättern, die im Freien gewachsen sind, stets Tag- und Nachtschwankungen der Kohlensäureproduktion zu beobachten sind. Sie erscheinen überall als Normalschwankungen, wo an aufeinanderfolgenden Volltagen die Volltagsproduktionen einander gleich sind. Findet aus irgendeinem Grunde ein gleichmäßiges Ansteigen oder Abfallen der Volltagsproduktion statt, so werden sie in leicht verständlichem Sinne verändert.

Die Tag- und Nachtschwankungen können aber auch unter Umständen durch entgegengesetzte unregelmäßige Kohlensäureproduktionen, wie sie z. B. bei erkrankenden Blättern leicht auftreten, verdeckt werden. Beispiele dafür finden sich wohl in den Figuren 10 und 11 und 28 $\gamma$ .

Ob ein Erlöschen der Schwankungen eingetreten ist, kann man nicht immer sicher entscheiden, denn es kann ja durch ein Verdecken vorgetäuscht werden. So ist ein solches Erlöschen nicht mit Sicherheit für die Figuren 18a (letzte zwei Volltage) und 24 anzunehmen. Sicher ist ein Erlöschen für die kohlehydratarmen abgeschnittenen Blätter von *Dioscorea* in Fig. 32 zu erkennen. Hier sehen wir an 4 Volltagen bei gesunden Blättern fast keine Schwankungen erfolgen und keine auftreten, bei welcher die Mehrproduktion auf die Nacht oder umgekehrt fällt; selbst am letzten Volltage sind Tag- und Nachtproduktion gleich.

Es bleibt in einem solchen Falle noch die Frage offen, ob dabei ein völliges Erlöschen der Fähigkeit, die Schwankungen bei Zufuhr größerer Mengen von Kohlehydraten durchzuführen, eingetreten ist, ein absolutes Erlöschen der Schwankungsfähigkeit. Vielleicht ließe sich dieses entscheiden, wenn man Blätter, bei denen die Schwankungen erloschen sind, auf Zuckerlösungen, im Dunkeln, wieder kohlehydratreich werden läßt und dann auf die Schwankungen prüft.

Der Quotient  $\frac{T}{N}$  ist ein Maß für das Ansteigen der Tagesproduktion über die jeweilige Volltagsproduktion während einer Normalschwankung; der Quotient wächst mit dem Größerwerden des Anstieges. In unseren Versuchen schwankte der Betrag der Erhebung der Tagesproduktion über die Volltagsproduktion

(berechnet nach der Formel  $\frac{T-V}{V}$  (Volltagsproduktion))

zwischen 0,04 und 0,38 des Betrages der Volltagsproduktion ( $\frac{T}{N} = 1,08$  bis  $2,17$ ). Die Schwankung erreichte also im höchsten Falle 38% der möglichen Höhe.

Das absolute Maximum der Tagesproduktion einer Normalschwankung kann selbstverständlich nicht mehr betragen, als das Doppelte der Volltagsproduktion.

Der Quotient  $\frac{T}{N}$  bleibt, wie wir aus der beistehenden Zusammenstellung ersehen können, bei verschiedenen Volltagsproduktionen einer Blattspezies nicht gleich, wie es sein müßte, wenn er in gleichem Verhältnisse wie die Volltagsproduktion wüchse; er wächst auch nicht mit dem Anwachsen der Volltagsproduktion, erscheint überhaupt ganz unabhängig von der Volltagsproduktion.

Vergleichung des Quotienten  $\frac{T}{N}$  mit der Volltagsproduktion.

Versuch	Pflanze	$\frac{T}{N}$ für abgeschnittene Blätter	$\frac{T}{N}$ für Blätter an der Pflanze	Volltagsproduktion bei Normalschwankung	Temperatur
2	Rubus idaeus	—	1,21	0,0330	27,2 <sup>0</sup>
3	„ „	—	1,09	0,0281	26,7 <sup>0</sup>
4	„ „	1,46	—	0,0283	25,9 <sup>0</sup>
VII (1911)	„ „	2,17	—	0,0297	27—28 <sup>0</sup>
8	Syringa vulgaris	1,13	—	0,0313	26 <sup>0</sup>
9	Vitis vinifera	1,08	—	0,0230	25,9 <sup>0</sup>
II (1911)	„ „	1,14	—	0,0418	27—28 <sup>0</sup>
V (1911)	„ „	1,23	—	0,0214	26—27 <sup>0</sup>
9 C δ (1912)	„ „	1,26	—	0,0417	25,3 <sup>0</sup>
9 D	„ „	1,40	—	0,0313	24,8 — 25,2 <sup>0</sup>
VI (1911)	Acer pseudoplatanus	1,60	—	0,0336	27—28 <sup>0</sup>
13	Beta vulgaris	1,10	—	0,0366	26,1 <sup>0</sup>
13 A β	„ „	—	1,30	0,0246	25 <sup>0</sup>
13 A γ	„ „	—	1,20	0,0282	24,5 — 25,2 <sup>0</sup>
16	Dioscorea divaricata	1,40	—	0,0206	26,7 <sup>0</sup>
18 α	Helianthus tuberosus	—	1,30	0,0245	25 <sup>0</sup>
18 γ	„ „	1,08	—	0,0320	25 <sup>0</sup>
18 A	„ „	—	1,27	0,0138	24,8 — 25,5 <sup>0</sup>

Aus der beistehenden Zusammenstellung der Quotienten  $\frac{T}{N}$  und der dazugehörenden Volltagsproduktionen für abgeschnittene und an der Pflanze sitzende Blätter können wir zuletzt erkennen, daß die Normalschwankungen für an der Pflanze sitzende und abgeschnittene Blätter wesentlich gleich sind. Wir sehen, daß die Beträge für  $\frac{T}{N}$  bei beiden Blattsorten in gleicher Weise schwanken und in ihrer Größe einander ähnlich sind.

d) Die Stundenproduktion an einem Volltage. In unserem ersten Versuche (V, 1911) über die Stundenproduktion während der Normalproduktion hatten wir schon gefunden, daß die Kohlensäureproduktion während des Volltages Schwankungen zeigte, deren Maxima am Tage ungefähr auf 9 Uhr und auf 12 Uhr fielen. Die neuen Versuche sind leider alle mit Blättern angestellt worden, welche relativ lange geatmet hatten, so daß einzelne der Blätter eines Versuches meist schon zu kränkeln begannen. Ferner ist zu beachten, daß die Versuchsergebnisse nicht ganz genau die Kohlensäureproduktion der Blätter wiedergeben. Der relativ große, schädliche Raum der Behälter, in welchem sich die Blätter befanden, bedingt es, daß die für eine bestimmte Stunde beobachtete Kohlensäuremenge nicht ganz mit derjenigen stimmt, welche von den Blättern in derselben Stunde produziert wurde. Bei genauer Überlegung der Verhältnisse findet man, daß die nach den Versuchszahlen gezeichneten Kurven im wesentlichen den Charakter der Kurve beibehalten, welche bei genauer direkter Messung der von den Blättern erzeugten Kohlensäure entstehen würde. Die Maxima und Minima sind nur wenig verändert, erscheinen nur zeitlich ein wenig (höchstens eine halbe Stunde) verschoben und zwar bleiben sie gegenüber der richtigen Kurve zurück. Wir müßten uns also die Maxima und Minima unserer Kurven etwas nach rechts verlegt denken, wenn wir sie verbessern wollten. Übrigens sind unsere Versuche, da die Behälter ungefähr gleichen schädlichen Raum besaßen, miteinander direkt vergleichbar.

Wenn neue Versuche ausgeführt werden sollen, so ist folgendes zu beachten: Der schädliche Raum der Behälter ist möglichst zu verkleinern; es sind möglichst reservestoffreiche



und widerstandsfähige Blätter zu benutzen; die Temperatur soll ungefähr 22° betragen; die Stundenproduktion muß sofort nach dem Eintreten der Normalproduktion gemessen werden.

Zur schnelleren Orientierung über die Resultate der vorliegenden neuen Versuche geben wir die folgende Zusammenstellung der wichtigsten Tatsachen:

Die Stundenproduktion an einem Volltage.

Versuch 4, Fig. 12. *Rubus idaeus*, abgeschnittenes Blatt. Tag des 5. Volltages und Nacht des 6. Volltages; Blätter größtenteils gesund, doch schon geringe Erhöhung der Kohlensäureproduktion.

Versuch 8  $\beta$ , Fig. 15. *Syringa vulgaris*, abgeschnittene Blätter. 5. Volltag.

Versuch 9  $\beta$ , Fig. 17. *Vitis vinifera*, abgeschnittene Blätter. Tag des 6. und Nacht des 7. Volltages. In der Nacht des 7. Volltages anscheinend schon etwas Steigerung der Kohlensäureproduktion durch Beginn der Erkrankung.

Versuch 13, Fig. 26. *Beta vulgaris*, abgeschnittene Blätter. 5. Volltag. Blätter schon nicht mehr alle ganz normal.

Versuch 14  $\beta$ , Fig. 31. *Humulus japonicus*, Blätter an der Pflanze, mit der Achse zugleich atmend. Blätter schon etwas erkrankend.

Ver- such	Voll- tagspro- duktion	Tages- pro- duktion	Nacht- pro- duktion	$\frac{T-V}{V}$	Tagesmaxima			Nacht- maxi- mum	Schädl. Raum	Liter
4	0,0327	0,0364	0,0291	0,11	9—10	12—1	4—5	2—3	4973 ccm	6
					385	407	462	341		
8 $\beta$	0,0218	0,0273	0,0153	0,25	9—11	2—3			4953 ccm	6
					303	277				
9 $\beta$	0,0435	0,0451	0,0427	0,039	10—11	12—1	3—4	3—4	4983 ccm	6
					502	502	475	502		
13	0,0402	0,0436	—	—	6—9	10—11	3—4	—	4973 ccm	6
					454	587	478			
14 $\beta$	0,0140	0,0150	—	—	9—10	12—1	3—4	—	—	6
					172	158	158			

Vergleichen wir zuerst die Tagesstundenproduktion der Versuche 4, 9  $\beta$ , 14  $\beta$ , so finden wir, trotzdem die Versuche mit verschiedenen Blattspezies, die teilweise abgeschnitten, teilweise an der Pflanze belassen waren, angestellt worden sind, einen wesentlich gleichartigen Verlauf der Stundenproduktion. Wir finden bei allen 3 Versuchen 3 Tagesmaxima in folgender Lage:

Versuch 4 : 9—12 12—1 4—5  
 „ 9  $\beta$ : 10—11 12—1 3—4  
 „ 14  $\beta$ : 9—10 12—1 3—4

Auch das Resultat des Versuches 13 ist den angeführten Resultaten noch ähnlich, wie auch der Versuch V (1911) noch

ein Maximum um 9 und 12 Uhr erkennen ließ. Nur bei Versuch 8 $\beta$  liegen die Verhältnisse wesentlich anders, denn dort findet sich statt der beiden Maxima 12—1 und 3—4 ein Maximum von 2—3. Beachtenswert ist es, daß dieser Versuch mit Blättern angestellt wurde, die vielleicht wegen Mangels an Reservestoffen, eine relativ geringe Volltagsproduktion (0,0218) aufweisen.

Die Nachtproduktion wurde nur in den Versuchen 4 und 9 $\beta$  untersucht. Sie zeichnet sich in beiden Fällen durch ein einziges Maximum gleichartiger Lage aus, welches in dem einen Falle auf 2—3, in dem anderen auf 3—4 Uhr morgens fällt. Wir schlossen schon aus unserem Versuch V (1911), daß das Minimum der Nachtkurve zwischen 11 und 2 Uhr zu liegen scheine. Bei unseren Versuchen 4 und 9 $\beta$  finden wir es in der Tat zwischen 1 und 2 Uhr morgens.

#### IV. Einige aus den gefundenen Tatsachen gezogene Schlüsse.

Etiolierte Laubblätter der Runkelrübe, welche schon teilweise zu ansehnlicher Größe herangewachsen waren, ließen keine Tag- und Nachtschwankungen der Kohlensäureproduktion im Dunkeln erkennen. Deshalb dürfen wir sagen, daß die Laubblätter keinen mit unserer Methode nachweisbaren intermittierenden chronometrischen Verlauf der Kohlensäureproduktion ererbt haben.

Stoppel hat (1912, S. 31) eine tagesrhythmische Periodizität für die Primärblätter von *Phaseolus* nachgewiesen. Stoppel meint, sie habe einwandfrei bewiesen, daß diese Periodizität »autonom« sei. Uns interessiert diese Arbeit von Stoppel selbstverständlich wegen der Ähnlichkeit der dort in Betracht kommenden intermittierenden chronometrischen Erscheinung mit der hier zu betrachtenden. »Autonom« ist für uns ein zu weiter Begriff; nach Pfeffer erkennt man ja alle autonomen Periodizitäten an ihrer Fortdauer bei Konstanz der Außenbedingungen. Die Versuchsergebnisse von Stoppel beweisen, daß die Aufprägung der Periodizität spätestens in dem Zustande des Primordialblattes stattgefunden haben kann, welches in dem fertigen Bohnensamen vorliegt. Es liegt dort schon

gut ausgebildet, gelblichgrün gefärbt, so daß diesem jugendlichen »etiolierten« Blättchen immerhin die Periodizität aufgeprägt worden sein könnte, ähnlich wie unsere Periodizität den Runkelblättern. Es würde dann die Vererbung der aufgeprägten Schwankungen noch eine monarchie genannt werden müssen, wie der eine von uns (A. M.) denjenigen Vererbungsvorgang bezeichnen möchte, der während der Teilung und über die Teilung der Zellen hinweg erfolgt. Hier würden also die embryonalen Zellen des jungen Blättchens die Periode aufgeprägt erhalten und durch alle Teilungen hindurch bis zum Aufhören des Wachstums des etiolierten Primärblattes beibehalten haben<sup>1)</sup>. Es wäre jedoch auch möglich, daß die Vererbung in dem Versuche von Stoppel eine »synarchie« gewesen sei, d. h., daß die Periode schon von den Eltern des Samens her durch den Befruchtungsprozess hindurch vererbt worden wäre. Es würde die Entscheidung der in Rede stehenden Frage vielleicht dadurch möglich sein, daß man Samen sich in Dunkelheit entwickeln ließe und die weiter im Dunkeln erzeugten Keimpflanzen auf die Periodizität der Primärblätter prüfte.

Die Versuche 13 A (Tabelle 18 $\beta$  und  $\gamma$ ) sowie Versuch II (Tabelle 15) zeigten uns weiter, daß wir durch abwechselnde Beleuchtung und Verdunkelung der im Dunkeln Tag und Nacht gleich viel Kohlensäure erzeugenden etiolierten Blätter der Runkelrübe einen intermittierenden chronometrischen Verlauf der im Dunkeln stattfindenden Kohlensäureproduktion hervorrufen können.

Da es anscheinend keine direkte Wirkung der Beleuchtung, die sich in Form einer Steigerung der Kohlensäureproduktion

<sup>1)</sup> Im allgemeinen wäre bei dem Vorhandensein einer monarchen Vererbung aber zu beachten, daß auch die Frage besteht, durch welche Organe hindurch die Vererbung stattfinden kann, ob z. B. eine Einprägung in die Zellen der Achse sich auf die Blattanlagen überträgt. Bei der synarchen Vererbung würde die Frage bestehen, welche Zahl von Generationen zwischen der Einprägung und der Beobachtung des Erfolges der Einprägung läge.

Es wäre natürlich auch die Frage, ob diese Periodizität nicht durch Mutation entstanden und festgehalten worden sei, weil sie unschädlich ist. Wahrscheinlich ist es nicht, daß es sich so verhält. Vielleicht hat diese Periodizität aber einen Selektionswert. Wer weiß das? Sie könnte ja auch zum Anschluß anderer intermittierender chronometrischer Vorgänge in der Zelle dienen usw.

äußert, bei den Laubblättern gibt, auch keine direkte Nachwirkung des Lichts bei nicht assimilierenden Blättern zu konstatieren ist, so ist wohl diese intermittierende chronometrische Nachwirkung als eine Wirkung eines durch die Assimilation hervorgerufenen Vorganges zu betrachten. Die Assimilation bewirkt eine plötzliche Erhöhung des Kohlehydratgehaltes der Autoplasten und des Zytoplasmas, und dieser Vorgang muß eine Erhöhung der Atmungstätigkeit dieser Organe hervorbringen. Wir werden wohl nicht fehl gehen, wenn wir diese erhöhte Atmungstätigkeit wenigstens teilweise als die Ursache ansprechen, deren Nachwirkung in der intermittierenden chronometrischen Kohlensäureproduktion zutage tritt.

Die eigenartige Tatsache, daß die Laubblätter die Zeit innezuhalten vermögen, läßt sich wohl nur vom Standpunkte der Tatsache, daß die Zelle ein Maschine ist, verstehen.

Wir müssen diesem maschinellen Systeme außer der mikroskopischen auch noch eine sehr komplizierte amikroskopische Struktur zusprechen, die fortgesetzt in Bewegung ist, eine »Bewegungsstruktur«, die, was uns hier besonders interessiert, an manchen Stellen des maschinellen Systems unter normalen Verhältnissen stets in chronometrischem Rhythmus abläuft. Tatsachen, welche uns zu letzterer Annahme zwingen, sind unter anderem die periodischen Bewegungen, welche Stoppel für die Blüten von *Calendula*, Pfeffer (1907 u. 1911) und Stoppel (1912) für die Blätter von *Phaseolus* beobachteten. Irgendein derartiger fixierter intermittierend chronometrischer Ablauf der Bewegungsstruktur wird es wohl sein, mit welcher sich die Änderung der Bewegungsstruktur in Beziehung setzt, die wir durch die intermittierende Erhöhung der Atmung hervorrufen<sup>1</sup>.

Nachdem wir wissen, daß die Aufprägung einer intermittierenden chronometrischen Bewegungsstruktur, welche zur periodischen Erhöhung der Kohlensäureproduktion führt, möglich ist, dürfen wir wohl die Hypothese aufstellen, daß die regelmäßigen Schwankungen der Kohlensäureproduktion an den Stunden des Volltages bei normalen Laubblättern nur durch den während des Volltages stattfindenden Wechsel der Assi-

<sup>1</sup>) Eingehenderes über diese Frage wird einer von uns (A. M.) an anderer Stelle mitteilen.

milationsintensität und wahrscheinlich erst während ihres individuellen Lebens des Laubblattes hervorgerufen worden ist.

Bei welchem Entwicklungsstadium des Laubblattes die Einprägung der entsprechenden Bewegungsstruktur schon möglich ist und in welchem jüngsten Entwicklungsstadium sie schon dauerhaft wird, wie wir sie in den fertigen Laubblättern finden, wissen wir nicht. Es ist möglich, daß erfolgte Einprägungen der Periodizität der Kohlensäureproduktion durch energisches Wachstum schließlich zum Erlöschen gebracht werden können; es ist aber auch möglich, daß eine vollkommene monarche Vererbung der betreffenden Bewegungsstruktur von der ersten Anlage des Blattes bis zur vollkommenen Fertigstellung derselben, durch alle Zellteilungen hindurch stattfindet.

Wir wissen, daß die Schwankungen durch sehr großen Mangel an Nährstoffen in den Laubblättern zum Verschwinden gebracht werden können; ob sie dabei nur sehr stark vermindert oder ganz aufgehoben werden, wissen wir noch nicht.

Im normalen Verlauf des Lebens der Laubblätter werden aber die Tag- und Nachtschwankungen, welche durch die eingeprägte Bewegungsstruktur veranlaßt werden, immer in Wirkung bleiben, da bei normaler Auswanderung und Assimilation eine für die Erzeugung der Schwankungen genügende Menge von Reservestoffen im Blatte bleibt. Da es nach meiner früher ausgesprochenen Hypothese nicht unmöglich wäre, daß eine autonome Erhöhung der Atmung für die Intensität der Assimilation von Bedeutung wäre, so könnte dieser Vorgang auch Selektionswert besitzen und vorzüglich bei der Konkurrenz der Sprosse untereinander von Bedeutung sein.

Dieser zweite Teil unserer Arbeit hat die Frage der periodischen Schwankungen der Kohlensäureproduktion der Laubblätter zwar weiter geklärt, hat aber doch einige Fragen, welche für die Auffassung des Prozesses von Wichtigkeit sind, noch im Unklaren lassen müssen. Der eine von uns (A. M.) hat zwar die Absicht, im botanischen Institute zu Marburg über die Frage weiter arbeiten zu lassen, würde sich jedoch über jede Mitarbeiterschaft von anderer Seite nur freuen.

Botanisches Institut der Universität Marburg, den 28. Oktober 1912.

## II. Abschnitt. Die Versuche.

### 1 Das für die Versuche benutzte Pflanzenmaterial.

Die von uns in diesem Teile unserer Arbeit beschriebenen Versuche sind mit sehr verschiedenem Materiale ausgeführt worden. Wir benutzten abgeschnittene grüne Laubblätter von *Rubus idaeus*, *Syringa vulgaris*, *Vitis vinifera*, *Phaseolus multiflorus*, *Beta vulgaris*, *Dioscorea divaricata*, *Helianthus tuberosus*; ferner an der Pflanze sitzende grüne Laubblätter von *Rubus*, *Phaseolus*, *Humulus japonicus*, *Dioscorea*, *Abutilon venosum*, *Beta*, *Helianthus*, zuletzt an abgeschnittenen Sprossen sitzende grüne Blätter von *Phaseolus* und *Rubus*. Versuche über das Verhalten etiolierter Blätter wurden mit *Beta vulgaris* ausgeführt.

Zur Untersuchung der periodischen Tag- und Nachtschwankungen der Kohlensäureproduktion der Laubblätter haben sich am besten die abgeschnittenen Blätter bewährt. Sie bleiben im allgemeinen länger gesund als an der Pflanze sitzende Blätter und zeigen die größte Zahl von Volltagen Normalschwankungen. Versuche von Deleano (1912) zeigen, daß Weinblätter selbst bis 11 Tage gesund bleiben können, wenn die Temperatur etwas niedriger gehalten wird als in unseren Versuchen. Störend wirkt bei Benutzung der abgeschnittenen Laubblätter nur die relativ lange andauernde traumatische Reizung.

Ich will besonders bemerken, daß man beim Einsammeln der zu den Versuchen bestimmten Laubblätter darauf zu achten hat, daß sie mit Reservestoffen möglichst angefüllt sind, daß sie völlig ausgewachsen, aber nicht altersschwach sind.

An der Pflanze sitzende grüne Laubblätter verhielten sich wesentlich anders als die abgeschnittenen und konnten nur unter bestimmten Bedingungen mit Vorteil zu den Versuchen benutzt werden. Vergleichen wir die beiden Versuche 4 und 3 mit *Rubus*, so sehen wir, daß die Blätter an der Pflanze eher die Normalschwankungen aufgaben und anormales Ansteigen der Kohlensäureproduktion zeigten als die abgeschnittenen. In Versuch 3 fielen die Blätter teilweise schon nach  $4\frac{1}{2}$  Volltagen ab; 2 Volltage beobachtet man Reizung, 2 Volltage Normalschwankungen, dann anormales Ansteigen der Kohlensäureproduktion. Versuch 2 zeigt ähnliches. Nur dann, wenn die Blätter mit Reservestoffbehältern in Verbindung standen, welche auf Abgabe von Reservestoffen gestimmt waren, blieben die Blätter an der Pflanze im Dunkeln länger normal. Diese Tatsache tritt zuerst bei den im zweiten Jahre ihrer Entwicklung befindlichen Pflanzen von *Beta*, sodann auch bei den *Helianthus*pflanzen hervor.

Wenn an der Pflanze sitzende Blätter untersucht werden sollen, muß man möglichst dafür sorgen, daß keine wachsenden Organe mit in den Behälter eingeschlossen werden, da diese selbstverständlich durch die von ihnen erzeugte Kohlensäure die Resultate in unkontrollierbarer Weise beeinflussen.

## 2. Die Apparate.

Einige Versuche wurden noch mit dem im ersten Teile dieser Arbeit (Meyer und Deleano 1911, S. 683, Fig. 2) beschriebenen Apparate vorgenommen, den wir als Apparat I bezeichnen wollen, dessen Glocke als Behälter A aufgeführt werden soll. Bei den meisten der neuen Versuche wurden anders gestaltete Gefäße für die Aufnahme der atmenden Blätter verwendet. Auch die zur Absorption der Kohlensäure bestimmten Vorlagen sind verändert, und der Aspirator sowie die Zehnkugelhöhren sind verbessert worden. Diese Dinge sollen hier kurz beschrieben werden.

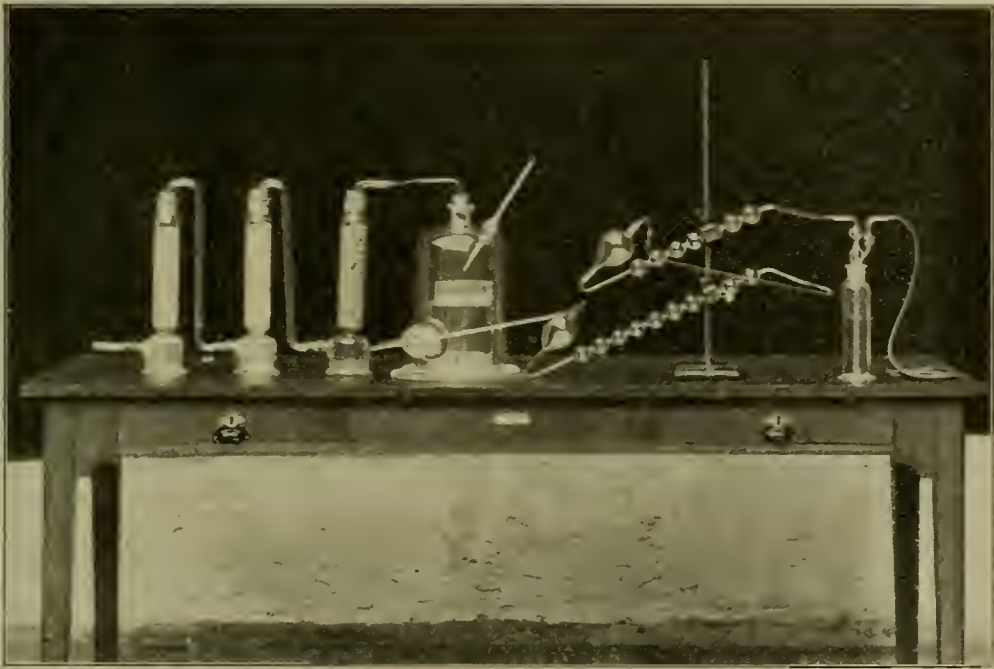


Fig. 1 Apparat II mit Behälter B, 2 Natrontürmen und einem Wasserturm.

### Die Behälter für die atmenden Pflanzen.

Statt des Behälters A des Apparates I wurden bei den meisten der neuen Versuche die folgenden Behälter angewandt.

Der Behälter B. Die im Zusammenhang mit dem ganzen Apparate II in Fig. 1 abgebildete Glocke, welche einen seitlichen unteren Tubus mit eingeschliffenem hohlen, in eine Röhre endigenden Glasstopfen und einen oberen Tubus besitzt, in welchen mittelst eines Kautschukstöpsels ein Thermometer eingesetzt werden kann. Die Glocke ist 28 cm hoch und 18 cm breit und faßt 6 Liter.

Der Behälter C. Er besteht aus einer Flasche, welche ganz ähnlich wie der Behälter B gebaut ist. Sie trägt nur seitlich noch einen 6,4 cm weiten Tubus, welcher dazu dient, Ranken usw einzuführen, welche atmen sollen. Soll eine Ranke eingefügt werden, so bohrt man in einen in den Tubus passenden Korkstöpsel ein Loch, welches durch dessen Längsachse führt, schneidet den Stöpsel

längs durch, bestreicht die Schnittflächen mit Wollfett, bringt die Ranke in den Apparat, legt die Korkhälften um die Achse des Sprosses, so daß letztere in die Durchbohrung zu liegen kommt, und drückt dann den Stöpsel in den Tubus ein. Die Flasche ist 25 cm hoch und 15 cm breit und faßt 5600 ccm.

Behälter D. Er besteht aus einem Zylinder (Fig. 2), welcher 65 cm lang und 8 cm breit ist und 2760 ccm faßt. Er besitzt einen oberen Tubus von 1,5 cm Weite für das Thermometer und zwei seitliche Tuben von 0,5 cm Weite zum



Fig. 2. Der Behälter C.

Durchleiten der Luft. Ferner ist ein unterer 4,5 cm weiter Tubus vorhanden, welcher zum Einführen der Pflanzenteile dient. Werden Ranken in diesen Zylinder eingeführt, so wird der Zylinder in ähnlicher Weise mit einem halbierten Stöpsel verschlossen wie der große Tubus des Behälters C.

Behälter E. Er besteht aus einem 40 cm hohen, 13 cm weiten Rohre, welches 3925 ccm faßt. Seine Einrichtung war die des Behälters D, nur war der untere Tubus 8 cm weit. Das Rohr war in erster Linie für die Pflanzen von Beta bestimmt. Das Rohr wurde über die Blätter gezogen und mit dem Tubusrande auf die Rübe fest aufgekittet. Als Kitt diente eine Mischung von 10 g Wollfett, 3 g Wachs und 8 g Koloophonium, welches bei 35 Grad schmilzt.

Behälter F. Der Behälter F bestand aus einem viereckigen Glas-Präparatenkasten mit Fuß und plangeschliffenem Rande, mit aufgeschliffener Spiegelscheibe, dessen Inhalt 4500 ccm, dessen Höhe 34, dessen Breite 20, dessen Tiefe 7,8 cm betrug. In den Deckel waren zwei Löcher gebohrt, durch welche mittelst Kautschukstöpseln ein langes und ein kurzes Rohr eingefügt waren. In das Gefäß wurde als Träger für die Blätter eine aus 6 unten zugeschmolzenen und einem Fuße angeschmolzenen Glasröhren, die mit Wasser gefüllt wurden und gleichsam als Vasen zur Aufnahme der Blattstiele der Blätter dienten, zusammengesetzte Einrichtung gestellt. Zugleich war an den Fuß dieses Ge-



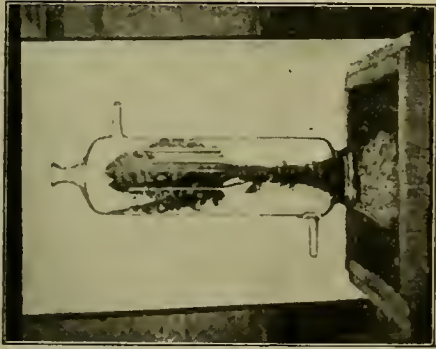


Fig. 4. Der Behälter E.

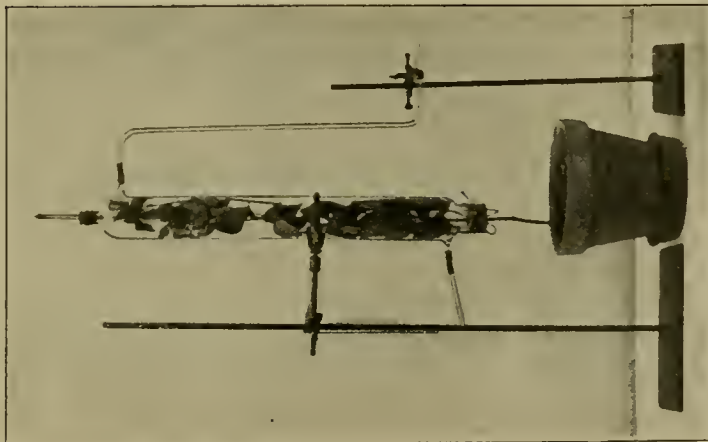


Fig. 3. Der Behälter D.

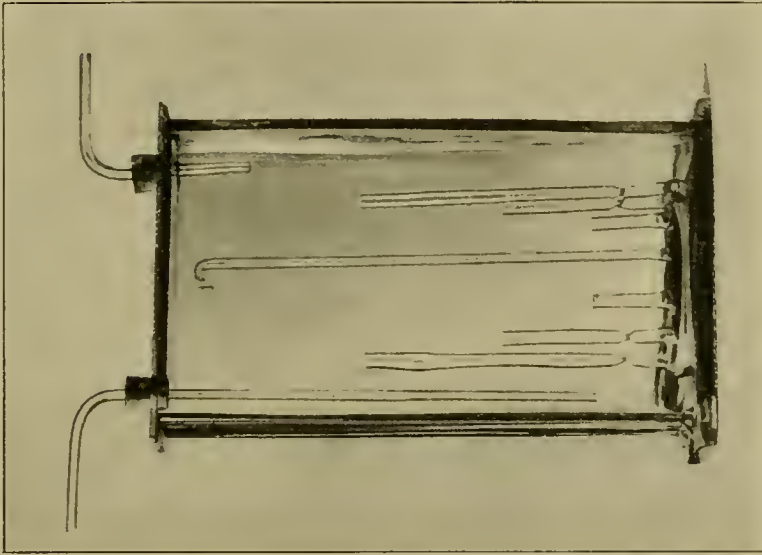


Fig. 5. Der Behälter F mit der Einrichtung.

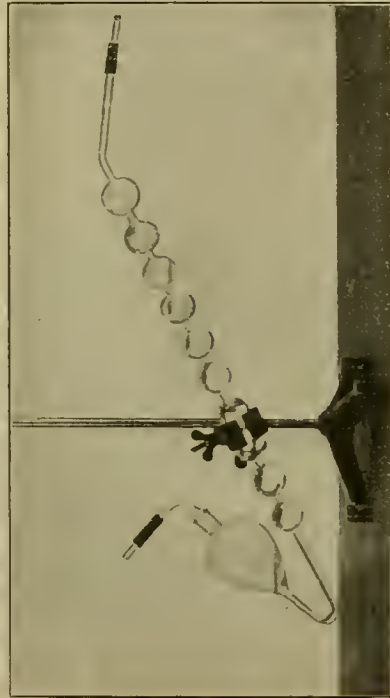


Fig. 6. Zehnkugelhöhre, welche mit der Barytlösung gefüllt und mit Kautschukröhren und Glasstäben verschlossen ist.

stelles ein Glasrohr angeschmolzen, welches zum Aufhängen des Thermometers diente. Beim Gebrauche wurde der Deckel des Gefäßes mit einer Mischung von 20 g Bienenwachs und 10 g Wollfett aufgekittet.

#### Die Natronkalktürme und der Wasserturm.

Der alte Apparat I besaß zwei zur Absorption der in der Luft vorhandenen Kohlensäure bestimmte Waschflaschen, von denen die eine Natronlauge, die andere Barytwasser enthielt. Diese Einrichtung veranlaßte beim Durchleiten der Luft durch den Apparat eine negative Spannung der Luft in dem Behälter A, welche eine sehr sorgfältige Dichtung des Apparates nötig machte und Unregelmäßigkeiten des Luftstromes veranlaßte. Auch befanden sich bei dieser Einrichtung die atmenden Pflanzenteile stets in einer mit Wasserdampf gesättigten Atmosphäre, was nicht immer erwünscht war. Deshalb wurden jetzt zum Befreien der Luft von Kohlensäure zwei Natronkalktürme von 34 cm Höhe und 5 cm Weite benutzt, welche durch ein 1 cm weites Rohr miteinander, mit der Luft und dem Apparate in Verbindung standen. Wenn die Luft angefeuchtet werden sollte, wurde hinter die Natrontürme ein mit feuchten Bimsteinstückchen gefüllter Turm eingefügt (siehe Figur 1). Das geschah in den meisten Fällen. Wo es nicht statthatte, ist es in der Beschreibung der Versuche besonders betont worden.

Die Zehnkugelhöhren. Die Zehnkugelhöhren, welche zur Absorption der Kohlensäure benutzt wurden, sind so umgestaltet worden, daß man das Baryumkarbonat in den Röhren selbst absetzen lassen kann. Ihre Form ist in der Fig. 6 dargestellt; sie sind 57 cm lang und fassen 400 ccm. In den Tubus des weiten Gefäßes ist ein hohler, in ein gebogenes Röhrchen übergehender Glasstöpsel eingeschliffen. Der Rohransatz, sowie das andere Ende des Rohres wird mit einem Kautschukröhrchen und einem Glasstäbchen verschlossen, wenn die Kugelhöhre nicht in den Apparat eingeschaltet ist. In der Figur ist die Zehnkugelhöhre in der Stellung abgebildet, welche sie beim Durchleiten der Luft einnehmen muß. Soll sich das Baryumkarbonat absetzen, so stellt man die Kugelhöhre so, daß das weite Gefäß senkrecht steht. Bei Versuchen, in denen die Kohlensäurebestimmung stündlich vorgenommen wurde, wurden 10 reine und trockene Zehnkugelhöhren mit je 75 ccm der titrierten schwächeren Barytlösung gefüllt und auf beiden Seiten geschlossen. Stunde um Stunde wurde dann eine neue Röhre in den Apparat eingefügt, dann abgenommen, wieder geschlossen und aufrecht gestellt, damit sich das Baryumkarbonat absetzen konnte. Nach Erledigung von allen 10 Röhren wurde aus jeder Röhre eine Portion von 25 ccm der klaren Flüssigkeit entnommen und mit Zehntelnormalsalzsäure titriert unter Anwendung von Rosolsäure als Indikator.

Nach Beendigung des Versuches wurden die Röhren ausgegossen, mit verdünnter Salzsäure und darauf mit Wasser sorgfältig gereinigt, mit Alkohol nachgespült und auf einem erwärmten Sandbade getrocknet.

#### Die Titriervorrichtung.

Zur Absorption der Kohlensäure wurden eine stärkere (ungefähr 30 g Baryumhydroxyd auf 1000 ccm Wasser) und eine schwächere (ungefähr 10 g Ba-

ryumhydroxyd auf 1000 ccm Wasser) Barytlösung benutzt. Letztere fand in den Versuchen Anwendung, in denen Stundenproduktionen von Kohlensäure gemessen werden sollten, überhaupt, wenn es galt, kleinere Mengen von Kohlensäure quantitativ zu bestimmen. Zur Abmessung der Lösungen diente der in Fig 7 dargestellte Apparat, welcher die Entnahme und Abmessung von Barytlösung bei vollkommenem Ausschlusse der kohlenensäurehaltigen Luft gestattete. Die 12 Liter fassende Flasche des Apparates steht oben durch ein Natronkalk enthaltendes U-Rohr mit der Atmosphäre und zugleich unter Vermittlung eines T-Rohres mit dem oberen Ende der Meßbürette in Verbindung. In letztere ist

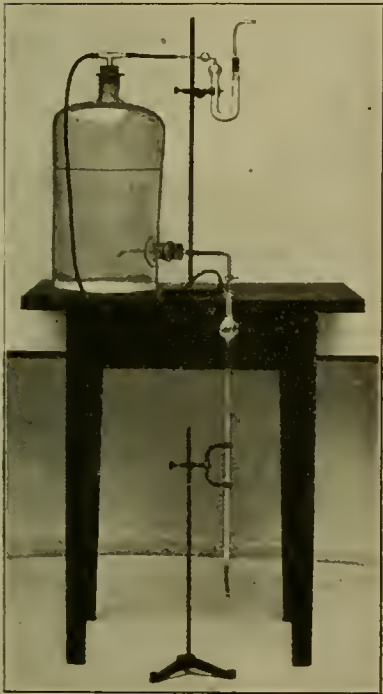


Fig. 7. Titriervorrichtung.

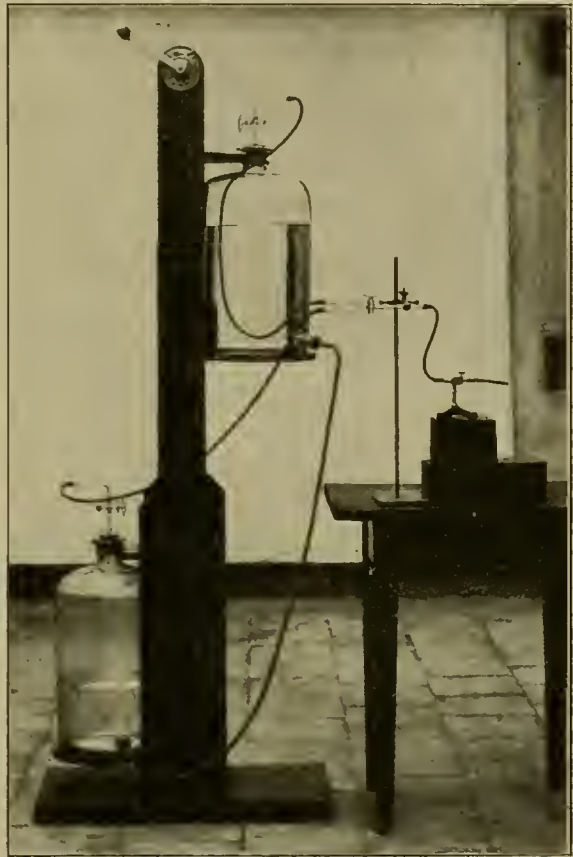


Fig. 8. Der Aspirator.

am oberen Ende das gekrümmte, mit Hahn versehene, enge, etwas nach der Wand der Bürette zu gekrümmte Zulaufrohr eingeschmolzen. Die Bürette besitzt oben eine kugelförmige Erweiterung, welche 50 ccm abzumessen gestattet; an sie schließt sich der zylindrische Teil der Bürette an, welcher 1,5 cm weit ist und auf einer 40 cm langen Strecke in  $50 \cdot 0,1$  ccm geteilt ist.

#### Der Aspirator

Der Aspirator besitzt zwei je 28 Liter Wasser fassende, von Liter zu Liter graduierte Flaschen. Diese stehen auf zwei Brettern, welche an einer Kette befestigt sind, mittelst deren sie durch Drehen einer Kurbel zu heben und zu

senken sind. Wie aus der Figur 8 zu ersehen ist, trägt jede Flasche oben einen Dreiweghahn, welcher gestattet, den Luftraum der Flasche entweder mit der Atmosphäre oder mit dem Saugrohre in Verbindung zu bringen. Letzteres würde bei der oberen Flasche der Fig. 8 geschehen sein, ersteres bei der unteren. Zwischen dem U-förmigen, mit Glashahn zu verschließenden Saugrohre und dem Atmungsapparate ist ein Regulierhahn eingeschaltet, welcher aus Metall hergestellt ist. Der Vorteil, welcher durch die von uns angebrachten Hähne und Schlauchverbindungen erreicht wird, besteht darin, daß man fortgesetzt mit dem Aspirator arbeiten kann, ohne eine Schlauchverbindung lösen zu müssen.

#### Die elektrischen Lampen.

Für die Beleuchtungsversuche wurden zwei Gleichstromlampen mit offenem Lichtbogen und parabolischen Innenreflektor, die mit 26 Amp. brannten (bezogen von Körting & Mathiesen in Leutzsch bei Leipzig) benutzt.

Zur Feststellung ihrer Lichtstärke wurde ihre Flächenhelligkeit mit der des Sonnenlichts verglichen. Am 15. Juli 12 Uhr mittags wurde ein weißer Karton bei leicht verschleiertem Himmel mit direktem Sonnenlichte beleuchtet und die Flächenhelligkeit mit einem Weberschen Photometer gemessen. Danach wurden beide Lampen in der Dunkelkammer 1 m 45 cm von dem Karton aufgestellt und die Flächenhelligkeit wieder mit dem Photometer bestimmt.

Bei beiden Versuchen waren die vorzuschaltenden Milchglasplatten die gleichen, so daß eine direkte Vergleichung der gewonnenen Zahlen gestattet war. Es wurde beobachtet:

- Sonnenbeleuchtung Skalenteil 80,
- Elektrische Lampen in 1 m Entfernung 180,
- Elektrische Lampen in 45 cm Entfernung 86.

Berechnen wir danach das Verhältnis der Flächenhelligkeiten nach der Formel  $E_1 : S = 80^2 : 180^2$ , wo  $E_1$  die durch die Lampen in 1 m Entfernung erzeugte Flächenhelligkeit, S die durch die Sonne erzeugte Flächenhelligkeit bedeutet, so erhalten wir das Verhältnis 1 : 5,07.

Die durch die Sonne erzeugte Flächenhelligkeit ist also unter diesen Verhältnissen 5,07 mal größer.

Wenn wir nach der Formel  $E_1 : E_2 = r_2^2 : r_1^2$   $5,07 : 1 = (100 \text{ cm})^2 : x^2$  berechnen, in welcher Entfernung wir die elektrische Lampe aufstellen müssen, um die Flächenhelligkeit zu erhalten, welche die Sonne erzeugte, so finden wir 44,5 cm.

Als wir zur Kontrolle die Lampe in 45 cm Entfernung von der weißen Fläche aufstellten und die Flächenhelligkeit wie vorher bestimmten, so lasen wir 86 Skalenteile statt 80 direkt ab.

Wir können also sagen: Bei einer Entfernung der Lampen von ungefähr 44 cm wird die Flächenhelligkeit derselben ungefähr gleich der Sonne sein.

#### Versuch 1.

Chemische Untersuchung über die durch die Blattspreiten von *Rubus idaeus* an einem Tage assimilierte Kohlehydratmenge.

Am 17. August 7 Uhr vormittags wurde eine Anzahl Blattspreiten gesammelt in einem Gefäß zwischen nassem Filterpapier eine Stunde lang stehen gelassen

und dann frisch gewogen. (Portion A.) Ferner wurde um 5 Uhr nachmittags (nach der Assimilation) eine andere Portion von Blattspreiten gesammelt und gleich behandelt (Portion B). Der Himmel war am Tage des Versuches bedeckt; die Temperatur schwankte zwischen 15 und 22 ° C.

Portion A (7 Uhr vorm.): Frischgewicht = 25 g, Trockengewicht = 9,8615 g, = 39,44% des Frischgewichts.

Portion B (5 Uhr nachm.): Frischgewicht = 26 g, Trockengewicht = 10,4466 g = 40,17% des Frischgewichts.

In den beiden Portionen wurden nun ferner die Kohlehydrate nach der in der Arbeit von Deleano (1912) beschriebenen Weise bestimmt. In dem folgenden sind die Resultate zusammengestellt.

	Berechnet als	Pro 100 g Trockengewicht		Pro 100 g Frischgewicht		Assimiliert von 7 <sup>h</sup> vorm. bis 5 <sup>h</sup> nachm. pro 100 g Frischgewicht
		A	B	A	B	
		in g	in g	in g	in g	in g
Trockengewicht. . . . .	—	—	—	39,44	40,17	0,73
Wasser . . . . .	—	—	—	60,56	59,83	—
Direkt reduz. Kohlehydrate . . . . . C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>6</sub>	5,07	5,57	2,00	2,23	0,23	
Lösliche invertierb. Kohlehydrate . . . . . C <sub>12</sub> H <sub>22</sub> O <sub>11</sub>	4,91	4,80	1,94	1,93		
Unlösliche Kohlehydrate . . . . . C <sub>5</sub> H <sub>10</sub> O <sub>5</sub>	8,58	9,00	3,38	3,61	0,23	
Gesamte Kohlehydrate . . . . .	18,56	19,37	7,32	7,77	0,46	

Es sind also an einem Tage ungefähr 0,46 g Kohlehydrate von 100 g Frischgewicht der Rubusblätter gebildet worden, und die Blätter enthielten abends beinahe 8 g Kohlehydrate für 100 g Frischgewicht.

### Versuch 2.

Versuch mit an der Pflanze befindlichen Blättern von *Rubus idaeus*.

Die Pflanze war im Freien in der Sonne in einem Topf kultiviert. Sie war die letzten 2—3 Wochen den ganzen Tag über besonnt. Die Temperatur in der Sonne schwankte zwischen 25 und 46° C. Die Pflanze wurde morgens und abends begossen. Fünf Tage vor Beginn des Versuchs haben wir alle Zweige, die nicht benutzt wurden, und von einem großen Zweig, welcher stehen blieb, die jungen Blätter, die Sprosse und die Lateralzweige abgeschnitten. Die Pflanze wurde bis zu Beginn des Versuchs im Versuchshof im Schatten stehen gelassen und dabei morgens und abends begossen. Am Tage vor dem Versuche war das Wetter windig, der Himmel bedeckt; die Temperatur betrug 20°.

Am 15. August gegen 6 Uhr nachmittags haben wir die Pflanze in den Behälter D eingeführt, wobei ein Blatt beschädigt und deshalb abgeschnitten wurde. Das freie Volumen des Behälters D betrug 2760 ccm.

Der Versuch begann am 15. August 6 Uhr nachmittags. Bis zum 19. August 6 Uhr vormittags wurde die von Stamm und Blättern zusammen erzeugte Kohlen-

säure bestimmt. Am 19. August wurden die Blätter abgeschnitten und gewogen = 17 g Frischgewicht; der Stamm wurde allein weiter 2 Volltage atmen gelassen. Der Betrag der von ihm gebildeten Kohlensäure pro 12 Stunden war = 0,007 g, also = 0,58 mg pro Stunde. Der Betrag der Kohlensäureproduktion des Stammes wurde bei der Berechnung der Kohlensäureproduktion abgezogen. Der Luftstrom betrug konstant 6 Liter pro Stunde.

Tabelle 1. (Zu Versuch 2.)

*Rubus idaeus*. An der Pflanze sitzende Blätter. Blattspreiten von 17 g Frischgewicht. Begonnen am 15. August 6 Uhr nachmittags. Temperatur im Behälter 27, 1—27,5<sup>0</sup> C.

	Luft- strom pro Stunde Liter	Gesamte entw. CO <sub>2</sub> in g	Entw. CO <sub>2</sub> pro Stde. in g	CO <sub>2</sub> pro Stde. für 100 g Frischgew. in g	Temperatur im Behälter	Temperatur im Brutraum
Nacht	6	0,1734	0,0145	0,0850	27,5 <sup>0</sup>	27,5 <sup>0</sup>
Tag	6	0,1109	0,0092	0,0544	27,4 <sup>0</sup>	27,4 <sup>0</sup>
Nacht	6	0,0607	0,0051	0,0298	27,2 <sup>0</sup>	27,2 <sup>0</sup>
Tag	6	0,0739	0,0062	0,0362	27,1 <sup>0</sup>	27,1 <sup>0</sup>
Nacht	6	0,0563	0,0047	0,0276	27,1 <sup>0</sup>	27,1 <sup>0</sup>
Tag	6	0,0563	0,0047	0,0276	27,1 <sup>0</sup>	27,1 <sup>0</sup>
Nacht	6	0,0607	0,0051	0,0298	27,2 <sup>0</sup>	27,2 <sup>0</sup>

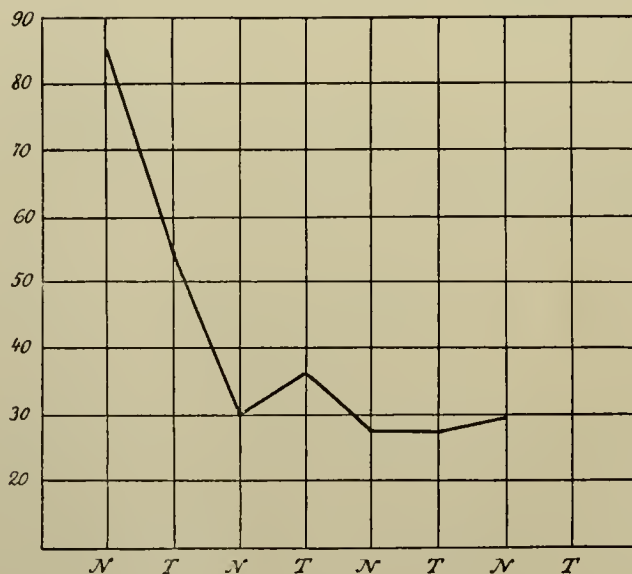


Fig. 9.

Graphische Darstellung der in Tabelle 1 (zu Versuch 2) verzeichneten Resultate. *Rubus idaeus*, an der Pflanze sitzende Blätter. Auf der Ordinate sind die Milligramme Kohlensäure verzeichnet, die während des Tages oder der Nacht im Durchschnitt pro Stunde von 100 g Frischgewicht erzeugt wurden. N und T bezeichnen die Lage der eingetragenen Nacht- und Tagesmittel. Die Nacht wurde hierbei, wie in allen folgenden Versuchen, in denen nichts anderes angegeben ist, von 6 Uhr abends bis 6 Uhr morgens, der Tag von 6 Uhr morgens bis 6 Uhr abends gerechnet.

Es zeigt sich, daß eine  $1\frac{1}{2}$  Volltage andauernde Reizung eingetreten war. In der zweiten Nacht war anscheinend die normale Kohlensäureproduktion mit ungefähr 30 mg pro 100 g Frischgewicht erreicht, am Tage fand eine normale Steigung der Produktion statt, die in der Nacht herabsank, um nicht wieder zu steigen.

### Versuch 3.

Versuch mit an der Pflanze sitzenden Blättern von  
R u b u s i d a e u s.

Die Pflanze war im Freien in einem Topf kultiviert worden; die letzten 2—3 Wochen war sie den ganzen Tag über besonnt. Die Temperatur schwankte in der Sonne zwischen 25 und 46° C. Die Pflanze war morgens und abends begossen worden. Elf Tage vor Beginn des Versuches haben wir von einem großen Zweige die jungen Blätter und die Zweige abgeschnitten, ebenso haben wir alle Zweige, die nicht zum Versuch benutzt wurden, von der Pflanze entfernt. Die so präparierte Pflanze wurde im Versuchshof im Schatten bis zu Beginn des Versuches stehen gelassen. Ihre Blätter wurden mehrmals am Tage mit Wasser bespritzt, und die Pflanze wurde morgens und abends begossen. Am Tage vor dem Versuch war das Wetter beständig, der Himmel klar, die Temperatur betrug 25°. Am 21. August gegen 6 Uhr nachmittags haben wir die Pflanze in den Behälter D sorgfältig eingeführt. Das freie Volumen des Behälters betrug 2760 ccm.

Der Versuch, bei welchem der Luftstrom dauernd 6 Liter pro Stunde betrug, wurde am 21. August 6 Uhr nachmittags begonnen und zuerst bis zum 26. August 6 Uhr vormittags fortgesetzt. Als dann zwei Blätter von der Pflanze abgefallen waren, wurde der Apparat auseinandergenommen, der Sproß, soweit er im Apparat befindlich war, abgeschnitten und seine Achse und Blätter gesondert gewogen. Die Blätter besaßen ein Frischgewicht von 22 g, die Achse ein solches von 7,1 g.

Die in der Tabelle 2 mitgeteilten Zahlen beziehen sich nur auf die Kohlensäureproduktion der Blätter. Die Zahlen wurden in folgender Weise gewonnen.

Aus dem Versuch 2 wissen wir, daß 7 g der Achse des Versuches 2 pro Stunde ungefähr 0,58 mg Kohlensäure produzierten. 7,1 g Frischgewicht, wie sie im Versuch 3 vorlagen, müssen danach ungefähr 0,59 mg Kohlensäure pro Stunde gebildet haben. Diesen Betrag haben wir von dem Betrage der pro Stunde von der Pflanze entwickelten Kohlensäure abgezogen. Das Resultat des Versuches ist ein ähnliches wie das von Versuch 2. Wir haben erst einen  $1\frac{1}{2}$  Volltage andauernden starken Abfall der Produktion der Kohlensäure, nach vorher erfolgtem starkem Ansteigen der Kohlensäureproduktion, dann 2 Volltage lang normale Schwankungen und darauf ein Ansteigen der Produktion.

Tabelle 2. (Zu Versuch 3.)

Rubus idaeus. An der Pflanze sitzende Blätter. Frischgewicht der Blätter = 22 g. Die Tabelle bezieht sich nur auf den Betrag der von den Blättern

allein produzierten Kohlensäure. Begonnen am 21. August 6 Uhr nachmittags. Temperatur im Behälter 26,3—26,8° C.

	Luft- strom pro Stunde Liter	Gesamte entw. CO <sub>2</sub> in g	Entw. CO <sub>2</sub> pro Stde. in g	CO <sub>2</sub> pro Stde. für 100 g Frischgew. in g	Temperatur im Behälter	Temperatur im Brutraum
Nacht	6	0,1830	0,0153	0,0693	26,3 <sup>0</sup>	26,3 <sup>0</sup>
Tag	6	0,1531	0,0128	0,0580	26,5 <sup>0</sup>	26,5 <sup>0</sup>
Nacht	6	0,1002	0,0084	0,0380	26,6 <sup>0</sup>	26,6 <sup>0</sup>
Tag	6	0,0844	0,0070	0,0320	26,7 <sup>0</sup>	26,7 <sup>0</sup>
Nacht	6	0,0712	0,0059	0,0270	26,7 <sup>0</sup>	26,7 <sup>0</sup>
Tag	6	0,0774	0,0065	0,0293	26,8 <sup>0</sup>	26,8 <sup>0</sup>
Nacht	6	0,0712	0,0059	0,0270	26,7 <sup>0</sup>	26,7 <sup>0</sup>
Tag	6	0,0809	0,0067	0,0306	26,8 <sup>0</sup>	26,8 <sup>0</sup>
Nacht	6	0,0906	0,0076	0,0343	26,7 <sup>0</sup>	26,7 <sup>0</sup>

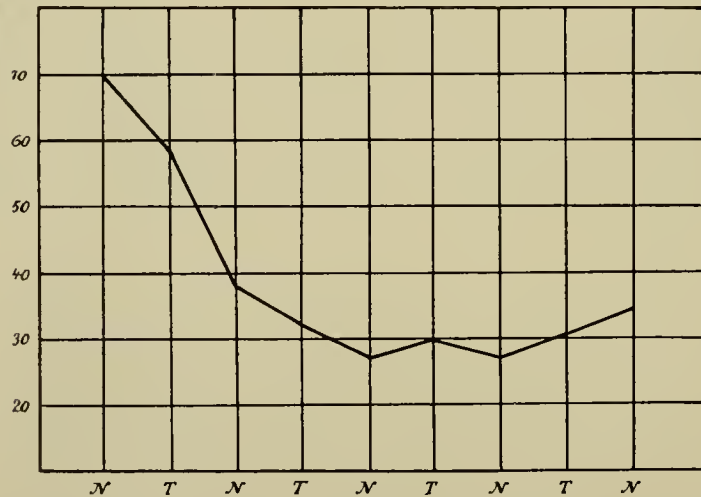


Fig. 10. Graphische Darstellung der in Tabelle 2 (zu Versuch 3) verzeichneten Resultate. *Rubus idaeus*. Blätter an der Pflanze.

#### Versuch 4.

Versuch mit Blättern von *Rubus idaeus* zur Zeit des Fruchtansatzes.

Am 8. Juni 1911 haben wir um 5 Uhr nachmittag den ganzen Tag besonnte Blätter von der Pflanze geerntet. Nachdem sie sich zwischen nassem Filterpapier mit Wasser gesättigt hatten, wurden 60 g Frischgewicht davon abgewogen und zum Versuch benutzt. Sie wurden mit den Stielen in die Löcher zweier Glasklötze der Einrichtung C gestellt. In jede der 2 Schalen wurden 60 ccm Wasser gegossen, das vorher gekocht war und 2 Tage lang in freier Luft gestanden hatte. Der Versuch wurde mit dem Behälter B und mit dem Apparat II gemacht. Das freie Volumen des Behälters betrug 4973 ccm.

Der Apparat wurde in den Brutraum transportiert, wo die Temperatur 26° betrug.



Der Versuch wurde am 8. Juni 6 Uhr nachmittags begonnen. Der Luftstrom betrug anfangs 5 Liter, am 5. Volltage und die letzte Nacht 6 Liter pro Stunde. Die Resultate für die Tages- und Nachtproduktion sind in Tabelle 3 niedergelegt.

Vom 13. Juni 6 Uhr vormittags an bis zum 14. Juni 6 Uhr vormittags, also am Tage des 5. Volltages und in der Nacht des 6. Volltages, wurden die Kohlensäurebestimmungen stündlich ausgeführt. Die Resultate für die Stundenproduktion sind in der Tabelle 3a mitgeteilt.

Tabelle 3. (Zu Versuch 4.)

Rubus idaeus. 60 g. Frischgewicht jüngerer Blätter. Begonnen am 8. Juni 6 Uhr nachmittags. Temperatur 25,5—27,1° C.

	Luftstrom pro Stunde Liter	Gesamte entw. CO <sub>2</sub> in g	Entw. CO <sub>2</sub> pro Stde. in g	CO <sub>2</sub> pro Stde. für 100 g Frischgew. in g	Temperatur im Behälter
Nacht	5	0,7799	0,0650	0,1083	27,1 <sup>0</sup>
Tag	5	0,7385	0,0615	0,1026	26,9 <sup>0</sup>
Nacht	5	0,5012	0,0418	0,0696	26,4 <sup>0</sup>
Tag	5	0,3434	0,0286	0,0477	26,3 <sup>0</sup>
Nacht	5	0,2270	0,0189	0,0315	25,8 <sup>0</sup>
Tag	5	0,2515	0,0210	0,0349	25,5 <sup>0</sup>
Nacht	5	0,1654	0,0138	0,0230	25,7 <sup>0</sup>
Tag	5	0,2418	0,0202	0,0336	25,7 <sup>0</sup>
Nacht	6	0,1839	0,0153	0,0255	25,8 <sup>0</sup>
Tag	6	0,2620	0,0218	0,0364	26,0 <sup>0</sup>
Nacht	6	0,2092	0,0174	0,0291	26,0 <sup>0</sup>

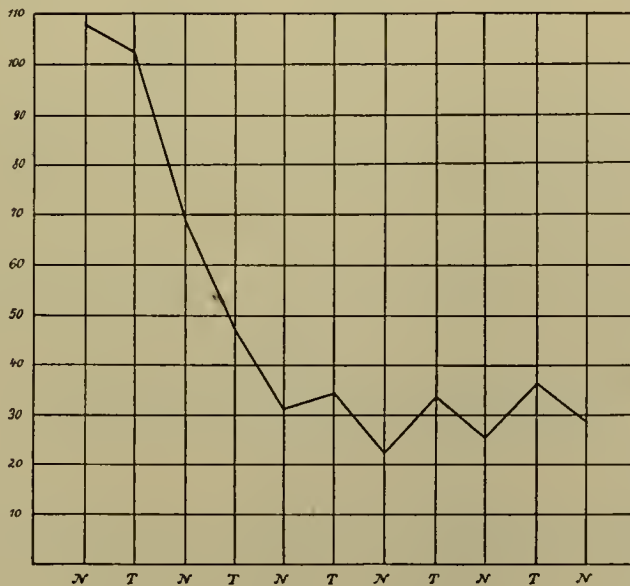


Fig. 11. Graphische Darstellung der in der Tabelle 3 mitgeteilten Resultate des Versuches 4. Abgeschnittene Blätter von Rubus idaeus.

Tabelle 3a. (Zu Versuch 4.)

Rubus idaeus. 60 g Frischgewicht. Der letzte Tag und die letzte Nacht des Versuches 4. Die stündliche Bestimmung der Kohlensäure begonnen am 13. Juni 6 Uhr vormittags, beendet am 14. Juni 6 Uhr vormittags. Temperatur im Behälter 25,8—26,1° C.

		Luft- strom pro Liter	Entw. CO <sub>2</sub> in g	CO <sub>2</sub> pro Stde. für 100 g Frischgew. in g	Temperatur im Behälter	im Brutraum	
Tag	6—7h	6	0,0172	0,0286	25,8 <sup>0</sup>	25,7 <sup>0</sup>	
	7—8h	6	0,0205	0,0341	25,9 <sup>0</sup>	25,5 <sup>0</sup>	
	8—9h	6	0,0218	0,0363	25,9 <sup>0</sup>	25,5 <sup>0</sup>	
	9—10h	6	0,0231	0,0385	25,9 <sup>0</sup>	25,6 <sup>0</sup>	
	10—11h	6	0,0218	0,0363	25,9 <sup>0</sup>	25,6 <sup>0</sup>	
	11—12h	6	0,0191	0,0319	26,0 <sup>0</sup>	25,7 <sup>0</sup>	
	12—1h	6	0,0244	0,0407	26,0 <sup>0</sup>	25,7 <sup>0</sup>	
	1—2h	6	0,0205	0,0341	26,0 <sup>0</sup>	25,7 <sup>0</sup>	
	2—3h	6	0,0205	0,0341	26,0 <sup>0</sup>	25,7 <sup>0</sup>	
	3—4h	6	0,244	0,0407	26,1 <sup>0</sup>	25,7 <sup>0</sup>	
	4—5h	6	0,0277	0,0462	26,1 <sup>0</sup>	25,7 <sup>0</sup>	
	5—6h	6	0,0211	0,0352	26,1 <sup>0</sup>	25,7 <sup>0</sup>	
	Nacht	6—7h	6	0,0191	0,0319	26,1 <sup>0</sup>	25,7 <sup>0</sup>
		7—8h	6	0,0185	0,0308	26,0 <sup>0</sup>	25,8 <sup>0</sup>
8—9h		6	0,0172	0,0286	26,0 <sup>0</sup>	25,8 <sup>0</sup>	
9—10h		6	0,0158	0,0264	26,0 <sup>0</sup>	25,8 <sup>0</sup>	
10—11h		6	0,0158	0,0264	26,0 <sup>0</sup>	25,9 <sup>0</sup>	
11—12h		6	0,0165	0,0275	26,0 <sup>0</sup>	26,0 <sup>0</sup>	
12—1h		6	0,0119	0,0198	26,0 <sup>0</sup>	26,0 <sup>0</sup>	
1—2h		6	0,0112	0,0187	26,0 <sup>0</sup>	26,0 <sup>0</sup>	
2—3h		6	0,0205	0,0341	26,0 <sup>0</sup>	26,0 <sup>0</sup>	
3—4h		6	0,0198	0,0330	26,0 <sup>0</sup>	26,0 <sup>0</sup>	
4—5h		6	0,0211	0,0352	26,1 <sup>0</sup>	25,9 <sup>0</sup>	
5—6h	6	0,0218	0,0363				

Stundenproduktion am letzten Tage und in der letzten Nacht des Versuches 4.

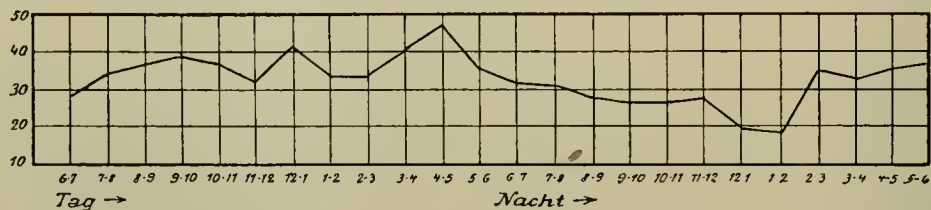


Fig. 12. Graphische Darstellung der Resultate der Tabelle 3a (zu Versuch 4).  
Abgeschnittene Blätter von Rubus idaeus.

### Versuch 5.

Versuch mit einem abgeschnittenen Zweige von  
Rubus idaeus.

Die Pflanze stand an einer Stelle im botanischen Garten, die den ganzen Tag über besonnt war; sie wurde nicht begossen. Die letzten 2—3 Wochen

vor Beginn des Versuches waren regenlos, und die Temperatur in der Sonne schwankte während dieser Zeit tagsüber zwischen 25 und 46° C.

Am 11. August 5 Uhr nachmittags haben wir 2 26 cm lange Zweige mit entwickelten Blättern unter Wasser abgeschnitten. Die Sprosse wurden mit Wasser gesättigt und gewogen = 39 g Frischgewicht. Sie wurden in eine Schale mit 50 ccm ausgekochtem Wasser gestellt und in den Behälter B gebracht. Der Versuch wurde mit dem Apparat II ausgeführt. Das freie Volumen des Behälters B betrug 5861 ccm.

Der Versuch wurde am 11. August 6 Uhr nachmittags begonnen und am 15. August 6 Uhr nachmittags beendet. Das Frischgewicht der Blätter, welche am Ende des Versuches noch ganz normal waren, betrug 30 g, das der Achse 9 g. Die Resultate des Versuches sind in der Tabelle niedergelegt. Die Zahlen für 100 g Blätter sind auf Grund der Tatsache (welche wir in Versuch 2 gefunden haben), daß 7 g Achse pro Stunde 0,58 mg CO<sub>2</sub> produzieren, berechnet worden.

Die Blätter ließen nur anfangs Anzeichen einer Tag- und Nachtschwankung erkennen. Nach dem Aufhören der traumatischen Reizung waren die Kohlensäureproduktionen am 4. Volltage Tag und Nacht gleich.

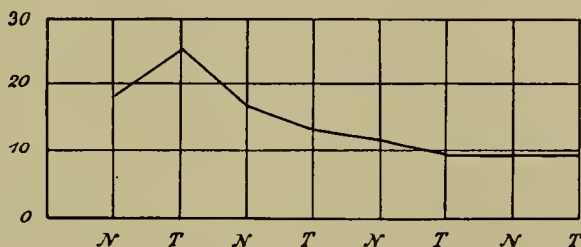


Fig. 13. Graphische Darstellung der in Tabelle in Rubrik A mitgeteilten Resultate des Versuches 5. Sproß von *Rubus idaeus*.

Tabelle 4. (Zu Versuch 5.)

*Rubus idaeus*. Sproß von 39 g Frischgewicht (9 g Achse + 30 g Blätter). Begonnen am 11. August 6 Uhr nachmittags. Temperatur im Behälter 27,2 bis 27,7° C. Die Zahlen der Rubrik A sind für 39 g des Sproßgewichtes berechnet. Die Zahlen der Rubrik B beziehen sich auf 100 g Frischgewicht der reinen Blätter.

	Luft- strom pro Stunde	Gesamte entw. CO <sub>2</sub> für 39 g Achse + Blätter	A CO <sub>2</sub> pro Stde. für 39 g Achse + Blätter	B CO <sub>2</sub> pro Stde. für 100 g Blätter- Frischgew.	Temperatur	
	Liter	in g	in g	in g	im Behälter	im Brutraum
Nacht	6	0,2173	0,0181	0,0579	27,2 <sup>0</sup>	27,0 <sup>0</sup>
Tag	6	0,3014	0,0251	0,0813	27,3 <sup>0</sup>	27,3 <sup>0</sup>
Nacht	6	0,2006	0,0167	0,0533	27,5 <sup>0</sup>	27,5 <sup>0</sup>
Tag	6	0,1566	0,0131	0,0410	27,5 <sup>0</sup>	27,5 <sup>0</sup>
Nacht	6	0,1381	0,0115	0,0359	27,5 <sup>0</sup>	27,5 <sup>0</sup>
Tag	6	0,1135	0,0095	0,0291	27,6 <sup>0</sup>	27,6 <sup>0</sup>
Nacht	6	0,1144	0,0095	0,0293	27,7 <sup>0</sup>	27,7 <sup>0</sup>
Tag	6	0,1144	0,0095	0,0293	27,7 <sup>0</sup>	27,7 <sup>0</sup>

## Versuch 6.

Versuch mit jungen Blättern von *Rubus idaeus* (vor der Blütezeit).

Am 17. Mai 1911 (der Himmel war den ganzen Tag bedeckt) haben wir um 4 Uhr nachmittags 70 g Blätter gesammelt. Sie wurden mit Wasser gesättigt und gewogen. Die Blätter, deren Frischgewicht 70 g betrug, wurden mit den Stielen in die Löcher zweier Glasklötze der Einrichtung b gestellt und durch Glasstäbe voneinander getrennt gehalten. In jede der beiden benutzten Schalen wurden 50 ccm Wasser gegossen, das vorher gekocht war und 2 Tage lang in freier Luft gestanden hatte. Es wurden der Behälter B und der Apparat II benutzt. Das freie Volumen des Behälters B betrug 4983 ccm.

Vom 17. Mai 5 Uhr nachmittags bis 20. Mai 6 Uhr nachmittags haben wir die Kohlensäure nicht bestimmt und einen Luftstrom von 2 Liter pro Stunde durch den Apparat geleitet. Die Temperatur betrug im Behälter 26,7—27,1°, im Brutraum 25,4—26,0°. Am 20. Mai 6 Uhr nachmittags wurden die Kohlensäurebestimmungen begonnen.

Tabelle 5. (Zu Versuch 6.)

*Rubus idaeus*. 70 g Frischgewicht von jungen, bald erkrankenden Blättern. Begonnen 3 Tage nach dem Abschneiden, am 20. Mai 6 Uhr nachmittags. Temperatur im Behälter 26,3° C.

	Datum	Zeit	Entw. CO <sub>2</sub> für 70 g Frischgew.	CO <sub>2</sub> pro Stde. für 70 g Frischgew.
			in g	in g
Nacht	20.—21. Mai	6 <sup>h</sup> p. m.—6 <sup>h</sup> a. m.	0,4401	0,0367
Tag	21. „	6 <sup>h</sup> a. m.—6 <sup>h</sup> p. m.	0,3986	0,0332
Nacht	21.—22. „	6 <sup>h</sup> p. m.—6 <sup>h</sup> a. m.	0,5110	0,0426
Tag	22. „	6 <sup>h</sup> a. m.—6 <sup>h</sup> p. m.	0,5328	0,0444
Nacht	22.—23. „	6 <sup>h</sup> p. m.—6 <sup>h</sup> a. m.	0,5907	0,0492
Tag	23. „	6 <sup>h</sup> a. m.—6 <sup>h</sup> p. m.	0,5480	0,0456
Nacht	23.—24. „	6 <sup>h</sup> p. m.—6 <sup>h</sup> a. m.	0,5527	0,0460

Während dieses Experiments ist die Temperatur konstant geblieben; sie betrug im Behälter 26,3°, im Brutraum 25,2° C.

Am 24. Mai 6 Uhr nachmittags wurde der Versuch beendet. Die Blätter waren zuletzt teilweise braunrot; mehr als die Hälfte der Blätter war gelblich geworden. Schon am 21. Mai hatte man sehen können, daß die Blätter nicht mehr normal waren, weil sie gelbliche Punkte zeigten. Das Auftreten einer unregelmäßigen Kohlensäureproduktion ist durch die Erkrankung der Blätter zu erklären.

## Versuch 7.

Versuch mit kurz nach der Blütezeit abgeschnittenen Blättern von *Syringa vulgaris*, welche wohl noch nicht ganz ausgewachsen waren.

Am 23. Mai 1911, 3 Uhr nachmittags, haben wir Blätter, welche den ganzen Tag besonnt gewesen waren, von dem Baum abgepflückt. Sie wurden 1 Stunde

lang in ein Gefäß zwischen nasses Filtrierpapier gelegt, so daß sie sich mit Wasser sättigen konnten. 80 g Blätter (Frischgewicht) wurden mit den Stielen in die Löcher zweier Glasklötze gestellt; in jede der benutzten zwei Schalen wurden 50 ccm Wasser gegossen, das vorher gekocht war und 2 Tage lang in freier Luft gestanden hatte. Der Versuch wurde unter Benutzung der Einrichtung b in dem Behälter B und dem Apparat II gemacht. Das freie Volumen der Glocke betrug 5300 ccm.

Vom 23. Mai 3 Uhr nachmittags bis 26. Mai 6 Uhr nachmittags wurde ein kontinuierlicher Luftstrom von 3 Liter pro Stunde durch den Apparat geleitet. Die Kohlensäurebestimmung wurde zuerst für die zwischen dem 26. Mai 6 Uhr nachmittags und dem 27. Mai 7 Uhr vormittags erzeugte Kohlensäuremenge durchgeführt, dann weiter in den gleichen Intervallen, so daß hier unter Tag stets die Zeit von 7 Uhr vormittags bis 6 Uhr nachmittags, unter Nacht die Zeit von 6 Uhr nachmittags bis 7 Uhr vormittags zu verstehen ist.

Die noch nicht völlig ausgewachsenen Blätter haben am 4. und 5. Volltage noch, aber am 5. Volltage schon geringer werdende Tag- und Nachtschwankungen gezeigt, dann wird die Periodizität nicht mehr innegehalten, und von der 7. Nacht an findet Absinken bis zur gleichmäßigen Tag- und Nachtproduktion am 9. Volltage statt.

Tabelle 6. (Zu Versuch 7.)

*Syringa vulgaris*. 80 g gestielter, noch relativ junger Blätter (Frischgewicht). Abgeschnitten am 23. Mai 3 Uhr nachmittags. Nacht von 6 Uhr nachmittags bis 7 Uhr morgens, Tag die übrige Zeit. Erste Nachtproduktion vom 26. Mai 1911, 6 Uhr an gesammelt. Temperatur im Behälter 26,3—26,9° C.

	Luft- strom pro Stunde	Gesamte entw. CO <sub>2</sub>	Entw. CO <sub>2</sub> pro Stde.	CO <sub>2</sub> pro Stde. für 100 g Frischgew.	Temp. in der Glocke
	Liter	in g	in g	in g	
Nacht	5	0,2376	0,0183	0,0230	26,3 <sup>0</sup>
Tag	5	0,2765	0,0251	0,0314	26,3 <sup>0</sup>
Nacht	5	0,1918	0,0147	0,0184	26,4 <sup>0</sup>
Tag	5	0,2191	0,0199	0,0250	26,4 <sup>0</sup>
Nacht	5	0,2288	0,0176	0,0220	26,6 <sup>0</sup>
Tag	5	0,1982	0,0181	0,0226	26,6 <sup>0</sup>
Nacht	5	0,2774	0,0198	0,0250	26,9 <sup>0</sup>
Tag	5	0,1868	0,0187	0,0234	26,7 <sup>0</sup>
Nacht	5	0,1752	0,0175	0,0220	26,7 <sup>0</sup>
Tag	5	0,2125	0,0177	0,0221	26,5 <sup>0</sup>
Nacht	5	0,1931	0,0161	0,0201	26,8 <sup>0</sup>
Tag	5	0,1945	0,0162	0,0202	26,7 <sup>0</sup>

### Versuch 8.

Versuch mit zur Blütezeit abgeschnittenen Blättern von *Syringa vulgaris*, welche wohl noch nicht ganz ausgewachsen waren.

Am 10. Mai 1911, 4 Uhr nachmittags, haben wir gesunde Blätter gesammelt, welche den ganzen Tag von der Sonne direkt beleuchtet worden waren.

Die abgeschnittenen Blätter, welche eine nur sehr schwache Stärkereaktion zeigten, wurden mit Wasser gesättigt. Die Blätter hatten 100 g Frischgewicht. Sie wurden mit den Stielen in die Löcher zweier Glasklötze gestellt und durch Glasstäbchen voneinander getrennt gehalten; in jede der beiden Schalen der benutzten Einrichtung b wurden 50 ccm Wasser gegossen, das vorher gekocht war und zwei Tage lang in freier Luft gestanden hatte. Die Einrichtung b wurde in den Behälter B gestellt, der dem Apparat I eingefügt war. Das Volumen des Behälters B betrug = 4953 ccm.

Der Versuch wurde am 10. Mai 5 Uhr nachmittags begonnen. Die Kohlensäurebestimmungen wurden in der Nacht meist nur imal, am Tage 3—4mal in unregelmäßigen Intervallen vorgenommen. Die Resultate sind in der Tabelle 7  $\alpha$  (zu Versuch 8  $\alpha$ ) mitgeteilt.

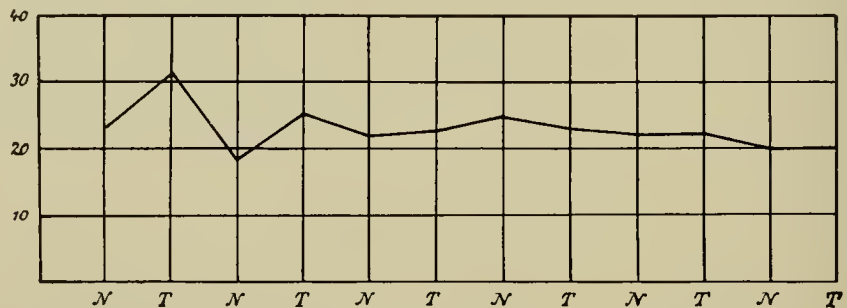


Fig. 14. Graphische Darstellung der Resultate der Tabelle 6 (zu Versuch 7). Abgeschnittene Blätter von *Syringa vulgaris* mit Stielen, welche schon vorher 3 Volttage in abgeschnittenem Zustande geatmet und die traumatische Reizung überwunden hatten. Kohlensäureproduktion von 6 Volttagen.

Nach den Zahlen der Tabelle dauerte die traumatische Reizung 2 Volttage an, dann setzte anscheinend eine normale Nacht- und Tagesschwankung ein, Die Zahlen für die Tag- und Nachtproduktion sind ungefähr die folgenden

53	131,8	50,5	57,2	29,1	33,6.
N	T	N	T	N	T

Für den letzten Volltag würde  $\frac{T}{N} = 1,15$  sein.

Das Maximum der Kohlensäureproduktion liegt nach der Tabelle am 11. Mai zwischen 8 u. 11 Uhr vorm. (166)  
 am 12. Mai „ 7 u. 10 „ „ (103,1)  
 am 13. Mai „ 7 u. 9½ „ „ (40).

Tabelle 7  $\alpha$ . (Zu Versuch 8  $\alpha$ .)

*Syringa vulgaris*. 100 g Frischgewicht abgeschnittener Blätter mit Stielen. Begonnen am 10. Mai 1911, 5 Uhr nachmittags. Temperatur im Brutraum 26°, in der Glocke 27,1—27,4° C.

Datum	Stunde	Luftstrom pro Stunde	Entw. CO <sub>2</sub> für 100 g Frischgew.	CO <sub>2</sub> pro Stde. für 100 g Frischgew.	
		Liter	in g	in g	
10./11. Mai	5h nachm. bis 8h vorm.	2	0,7957	0,0530	Nacht
11. „	8h „ „ 11h „	2	0,4981	0,1660	
11. „	11h vorm. „ 1h nachm.	2	0,3155	0,1577	Tag
11. „	1h „ „ 6h „	2	0,3597	0,0719	
11./12. „	6h nachm. „ 7h vorm.	2	0,6560	0,0505	Nacht
12. „	7h „ „ 10h „	6	0,3095	0,1031	
12. „	10h „ „ 12h „	6	0,0801	0,0400	Tag
12. „	12h „ „ 3h nachm.	6	0,1392	0,0441	
12. „	3h „ „ 6h „	6	0,1245	0,0415	
12./13. „	6h nachm. „ 7h vorm.	2,2	0,2782	0,0291	Nacht
13. „	7h „ „ 9½h „	2,2	0,1003	0,0400	
13. „	9½h „ „ 11½h „	2,2	0,0508	0,0254	Tag
13. „	11½h „ „ 2½h nachm.	2,2	0,0937	0,0312	
13. „	2½h „ „ 4½h „	2,2	0,0757	0,0378	

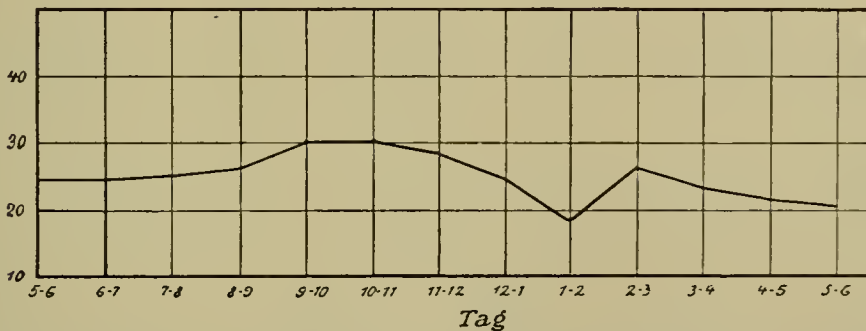


Fig. 15. Graphische Darstellung der für den Tag festgestellten Resultate der Tabelle 7 β (zu Versuch 8 β). Abgeschnittene Blätter von *Syringa vulgaris*. Stundenproduktion am Tage des 5. Volltages.

Vom 13. Mai 4½ Uhr nachmittags bis 14. Mai 8 Uhr vormittags haben wir keine Kohlensäurebestimmungen vorgenommen; es wurde durch die Glocke während dieser Zeit ein Luftstrom von 1 Liter pro Stunde hindurchgeleitet. Am 14. Mai haben wir von 8 Uhr vormittags bis 6 Uhr nachmittags einen Luftstrom von 6 Liter pro Stunde hindurchtreten lassen. Dann wurden die Kohlensäurebestimmungen um 6 Uhr nachmittags wieder begonnen. Es wurden in der Nacht die zwischen 6—7, 7—10, 10—11, 11—5 Uhr produzierten Kohlensäuremengen bestimmt. Am Tage wurden von 5 Uhr morgens an die Kohlensäurebestimmung stündlich ausgeführt.

Als am 15. Mai 6 Uhr nachmittags der Versuch beendet war, wurden die Blätter herausgenommen, und Spreiten und Stiele gesondert gewogen. Die Stiele hatten 25 g die Spreiten 75 g Frischgewicht. Die Resultate der Versuche sind in der Tabelle 7 b verzeichnet. Man ersieht aus der Tabelle und der Kurve Fig. 15, daß in der Nacht die Schwankung nicht sehr erheblich war und daß am Tage ein kleines Maximum der Produktion an Kohlensäure um 6 Uhr, ein etwas größeres um 10 Uhr und ein größtes um 3 Uhr erscheint.

Tabelle 7  $\beta$ . (Zu Versuch 8  $\beta$ .)

*Syringa vulgaris*. 100 g Frischgewicht abgeschnittener Blätter mit Stielen.  
Fortsetzung des Versuches 8  $\alpha$ . Begonnen am 14. Mai 6 Uhr nachmittags.  
Temperatur in dem Behälter 27,0—27,2<sup>0</sup> C.

		Luft- strom pro Stunde Liter	CO <sub>2</sub> pro Stde. für 100 g Frischgew. in g	Temperatur in der Glocke	im Brutraum
Nacht					
6—7	nachm.	6	0,0211	27,1 <sup>0</sup>	26 <sup>0</sup>
7—10		6	0,0210	27,1 <sup>0</sup>	26 <sup>0</sup>
10—11		6	0,0211	27,1 <sup>0</sup>	26 <sup>0</sup>
11—5		6	0,0197	27,1 <sup>0</sup>	26 <sup>0</sup>
Tag					
5—6	vorm.	6	0,0251	27,1 <sup>0</sup>	26 <sup>0</sup>
6—7		6	0,0251	27,1 <sup>0</sup>	26 <sup>0</sup>
7—8		6	0,0251	27,1 <sup>0</sup>	26 <sup>0</sup>
8—9		6	0,0260	27,1 <sup>0</sup>	26 <sup>0</sup>
9—10		6	0,0303	27,0	25,9
10—11		6	0,0303	27,0	25,9 <sup>0</sup>
11—12		6	0,0284	27,0 <sup>0</sup>	25,9 <sup>0</sup>
12—1		6	0,0251	27,2 <sup>0</sup>	26,2 <sup>0</sup>
1—2		6	0,0185	27,1 <sup>0</sup>	26 <sup>0</sup>
2—3		6	0,0277	27,1 <sup>0</sup>	26 <sup>0</sup>
3—4		6	0,0237	27,1 <sup>0</sup>	26 <sup>0</sup>
4—5		6	0,0224	27,1 <sup>0</sup>	26 <sup>0</sup>
5—6		6	0,0211	27,1 <sup>0</sup>	26 <sup>0</sup>

#### Versuch mit abgeschnittenen Blättern von *Vitis vinifera* zur Zeit des Fruchtansatzes.

Am 17. Juni 1911 (die Blätter waren den ganzen Tag an der Pflanze besonnt gewesen) haben wir um 5 Uhr nachmittags Blätter von der Pflanze abgeschnitten. Sie wurden mit Wasser gesättigt. Die Blätter waren stärkereich und besaßen auf der Unterseite 18 Spaltöffnungen auf 1 qmm Epidermisfläche. Die zum Versuch benutzte Portion betrug 50 g Frischgewicht. Die Blätter wurden dann mit den Stielen in die Löcher von zwei Glasklötzen der Einrichtung b gestellt und dabei durch Glasstäbchen voneinander getrennt gehalten. In jede der beiden benutzten Schalen wurden 60 ccm Wasser gegossen, das vorher gekocht war und zwei Tage lang in freier Luft gestanden hatte. Zum Versuche wurde der Behälter B und der Apparat II benutzt. Das freie Volumen des Behälters betrug 4983 ccm.

Wie die Tabelle 8  $\alpha$  zeigt, wurde die gebildete Kohlensäure zuerst an 5½ Volltagen folgendermaßen gemessen. In der ersten Nacht, in welcher der erste Versuch um 6 Uhr nachmittags begann, um 6 Uhr morgens beendet wurde, wurde die ganze Nachtproduktion gemessen, am ersten Tage die ganze Tagesproduktion. Am 2. bis 5. Volltage wurde die ganze Nachtproduktion bestimmt, am Tage aber wurden zwei Portionen der Kohlensäure aufgefangen, die erste von 6—12 Uhr vormittags, die zweite von 12—6 Uhr nachmittags. Für die



letzte Nacht wurde wieder die ganze Produktion bestimmt. Vom 22. Juni 6 Uhr vormittags bis zum 23. Juni 6 Uhr vormittags, also am Tage des 6. Volltages und in der Nacht des 7., wurden die Kohlensäurebestimmungen alle Stunden vorgenommen. Dabei betrug der Luftstrom 6 Liter pro Stunde.

Der ganze Versuch lehrt uns das Folgende. Die traumatische Reizung hält 2½ Volltage an und zeigt periodische Tag- und Nachtschwankungen. Dann beobachtet man 3 Normalschwankungen. An den Tagen ist die Produktion an Kohlensäure von 6—12 Uhr vormittags immer größer als in der Zeit von 12—6 Uhr nachmittags. Das Verhältnis zwischen beiden Größen ist nicht konstant:

Vormittagsproduktion	am 2. Volltag	= 1,23
Nachmittagsproduktion	„ 3. „	= 1,3
	„ 4. „	= 1,15
	„ 5. „	= 1,08.

Tabelle 8 α. (Zu Versuch 9 α.)

Vitis vinifera. Gestielte Laubblätter von 50 g Frischgewicht. Begonnen am 17. Juni 1911, 6 Uhr nachmittags. 5½ Volltage des Versuches 9. Temperatur 25,6—26,1° C.

	Luftstrom pro Stunde	Gesamte entw. CO <sub>2</sub>	Entw. CO <sub>2</sub> pro Stde.	CO <sub>2</sub> pro Stde. für 100 g Frischgew.	Temp. in der Glocke
	Liter	in g	in g	in g	
Nacht	5	0,3678	0,0306	0,0613	25,6 <sup>0</sup>
Tag	5	0,4277	0,0356	0,0713	25,6 <sup>0</sup>
Nacht	5	0,3234	0,0269	0,0539	25,8 <sup>0</sup>
Tag	5	0,3062	0,0255	0,0510	25,9 <sup>0</sup>
6—12h	5	0,1689	0,0282	0,0563	26,0 <sup>0</sup>
12—6h	5	0,1373	0,0229	0,0458	25,7 <sup>0</sup>
Nacht	5	0,2596	0,0216	0,0433	25,9 <sup>0</sup>
Tag	5	0,2594	0,0216	0,0432	25,8 <sup>0</sup>
6—12h	5	0,1478	0,0246	0,0493	25,8 <sup>0</sup>
12—6h	5	0,1116	0,0186	0,0372	25,8 <sup>0</sup>
Nacht	5	0,2341	0,0195	0,0390	26,0 <sup>0</sup>
Tag	5	0,2758	0,0230	0,0460	25,9 <sup>0</sup>
6—12h	5	0,1478	0,0246	0,0493	26,0 <sup>0</sup>
12—6h	5	0,1280	0,0213	0,0427	25,8 <sup>0</sup>
Nacht	6	0,2499	0,0208	0,0416	26,0 <sup>0</sup>
Tag	6	0,2704	0,0225	0,0451	26,1 <sup>0</sup>
6—12h	6	0,1404	0,0234	0,0468	26,1 <sup>0</sup>
12—6h	6	0,1300	0,0217	0,0433	26,1 <sup>0</sup>
Nacht	6	0,2561	0,0213	0,0427	26,0 <sup>0</sup>

Tabelle 8 β. (Zu Versuch 9 β.)

Vitis vinifera. 50 g Frischgewicht von abgeschnittenen Laubblättern. Kohlensäurebestimmungen stündlich vorgenommen am Tage des 6. und in der Nacht des 7. Volltages. (22. Juni 6 Uhr vormittags bis 23. Juni 6 Uhr vormittags. Temperatur im Behälter 25,8—26,3° C.

		Luftstrom pro Stunde	Entwickelte CO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub> pro Stde für 100 g Frischgewicht	Temperatur in der Glocke	Temperatur im Brutraum
		Liter	in g	in g		
Tag						
	6—7 Uhr	6	0,0211	0,0422	26,1 <sup>0</sup>	25,8 <sup>0</sup>
	7—8 „	6	0,0224	0,0449	26,1 <sup>0</sup>	25,8 <sup>0</sup>
	8—9 „	6	0,0242	0,0484	26,1 <sup>0</sup>	25,8 <sup>0</sup>
	9—10 „	6	0,0251	0,0502	26,2 <sup>0</sup>	25,9 <sup>0</sup>
	10—11 „	6	0,0251	0,0502	26,2 <sup>0</sup>	25,8 <sup>0</sup>
	11—12 „	6	0,0224	0,0449	26,1 <sup>0</sup>	25,8 <sup>0</sup>
	6—12 „	6	0,1404	0,0468	26,1 <sup>0</sup>	25,8 <sup>0</sup>
	12—1 „	6	0,0251	0,0502	26,1 <sup>0</sup>	25,9 <sup>0</sup>
	1—2 „	6	0,0231	0,0462	26,1 <sup>0</sup>	25,9 <sup>0</sup>
	2—3 „	6	0,0211	0,0422	26,1 <sup>0</sup>	25,9 <sup>0</sup>
	3—4 „	6	0,0238	0,0475	26,0 <sup>0</sup>	25,8 <sup>0</sup>
	4—5 „	6	0,0172	0,0343	26,1 <sup>0</sup>	25,8 <sup>0</sup>
	5—6 „	6	0,0198	0,0396	26,1 <sup>0</sup>	25,8 <sup>0</sup>
	12—6 „	6	0,1300	0,0434	26,1 <sup>0</sup>	25,9 <sup>0</sup>
Nacht						
	6—7 „	6	0,0198	0,0396	26,1 <sup>0</sup>	25,8 <sup>0</sup>
	7—8 „	6	0,0185	0,0370	26,1 <sup>0</sup>	25,8 <sup>0</sup>
	8—9 „	6	0,0198	0,0396	26,1 <sup>0</sup>	25,8 <sup>0</sup>
	9—10 „	6	0,0198	0,0396	26,1 <sup>0</sup>	25,8 <sup>0</sup>
	10—11 „	6	0,0211	0,0422	26,3 <sup>0</sup>	25,9 <sup>0</sup>
	11—12 „	6	0,0211	0,0422	26,2 <sup>0</sup>	25,9 <sup>0</sup>
	12—1 „	6	0,0211	0,0422	25,9 <sup>0</sup>	25,7 <sup>0</sup>
	1—2 „	6	0,0178	0,0356	25,8 <sup>0</sup>	25,6 <sup>0</sup>
	2—3 „	6	0,0218	0,0436	25,8 <sup>0</sup>	25,6 <sup>0</sup>
	3—4 „	6	0,0251	0,0502	25,8 <sup>0</sup>	25,6 <sup>0</sup>
	4—5 „	6	0,0251	0,0502	—	—
	5—6 „	6	0,0251	0,0502	—	—

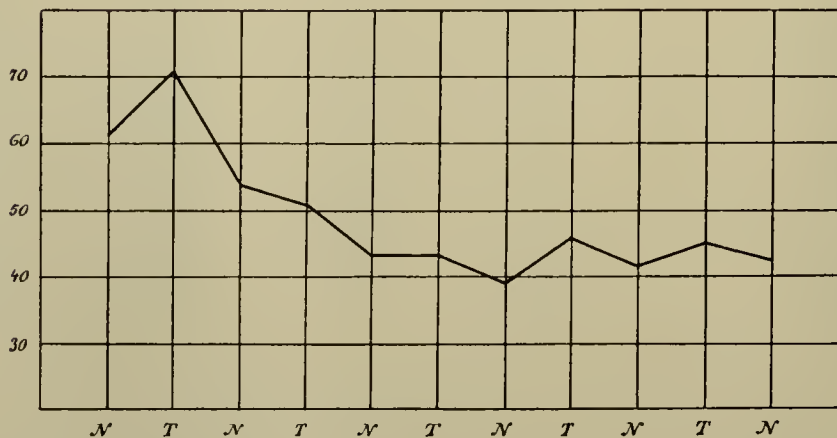


Fig. 16. Graphische Darstellung der Tag- und Nachtproduktionen, welche nach der Tabelle 8<sup>a</sup> (Versuch 9<sup>a</sup>) berechnet worden sind. Abgeschnittene Blätter von *Vitis vinifera*.

### Versuch 9A (1912).

Versuch mit abgeschnittenen Blättern von *Vitis vinifera*, welche aus niederer in höhere Temperatur gebracht wurden.

Die Blätter wurden am 9. Juli abgeschnitten. Sie zeigten bei der sofort ausgeführten Jodprobe starke Stärkereaktion. Sie wurden in einen Eisschrank gebracht, wo die Temperatur zwischen 10 und 15° C schwankte, und dort mit den Stielen im Wasser, im Dunkeln stehen gelassen. Die Jodprobe wurde täglich vorgenommen. Die Reaktion wurde täglich etwas schwächer, jedoch war sie am 14. Juli noch ziemlich stark.

Die Blätter, 27,5 g Frischgewicht, wurden am 14. Juli in den Behälter B (Apparat II, Einrichtung b) gebracht. In jede der beiden Schalen wurden 50 ccm Wasser gegossen, das vorher gekocht war und zwei Tage lang in freier Luft gestanden hatte. In der Glocke blieb ein freier Raum von 5353 ccm. Der Apparat wurde in den Brutraum transportiert, wo die Kohlensäurebestimmungen

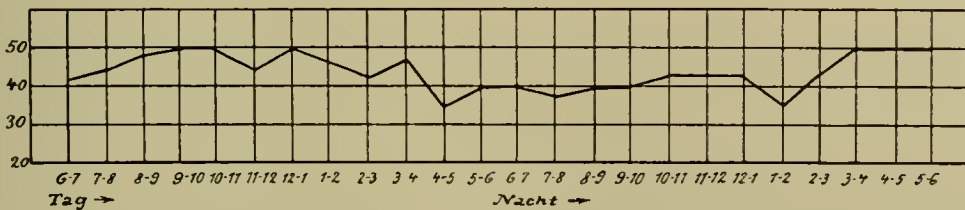


Fig. 17. Graphische Darstellung der in der Tabelle 8 b mitgeteilten Resultate der Untersuchung über die direkt beobachtete Stundenproduktion an Kohlensäure an einem ganzen Vortage.

vorgenommen wurden. Der Versuch begann am 14. Juli 9 Uhr vormittags. Die Temperatur schwankte zwischen 24,8 und 25,3°. Am Tage des ersten Vortages, an welchem 4 Kohlensäurebestimmungen vorgenommen wurden, betrug der Luftstrom 8 Liter pro Stunde, später 6 Liter. Die Resultate des Versuches sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt.

### Versuch 9B (1912).

Die Assimilation abgeschnittener Blätter von *Vitis vinifera*.

Am 10. Juli 1912 6 Uhr nachmittags haben wir 30 ausgewachsene, feste und schon etwas gewellte gleichmäßig entwickelte und beleuchtete Blätter von *Vitis* abgeschnitten, wobei die Stiele unter Wasser gehalten wurden. Die 30 Blätter standen im Freien in der Sonne mit den Stielen in Wasser; gegen die starke Sonnenhitze wurden sie durch eine Glasplatte geschützt, welche mit Seidenpapier bedeckt war. Am Tage wurden sie von Zeit zu Zeit mit Wasser bespritzt. Am 12., 13. und 14. Juli 6 Uhr nachmittags wurde je  $\frac{1}{4}$  von 25 Blättern abgeschnitten. Diese Blattviertel wurden mit Wasser gesättigt, gewogen und bei 100° bis zu konstantem Gewicht getrocknet und gewogen.

Vitis vinifera. Blätter, welche  $4\frac{1}{2}$  Volttage in einem Eisschrank im Dunkeln bei  $10-15^{\circ}$  geatmet haben. Begonnen am 14. Juli 9 Uhr vormittags. Temperatur im Behälter  $24,8-25,3^{\circ}$ .

Tag	Datum	in Liter	Stunden	Gesamte $\text{CO}_2$		$\text{CO}_2$ pro Stde.		Temperatur im Behälter	$\text{CO}_2$ pro Stunde und 100 g Frischgewicht für annähernd halbe Volttage, in g
				pro Stde.	Nach	für $27,5$ g Frischgewicht in g	für $100$ g Frischgewicht in g		
Tag	14. Juli	11h vorm.	8	2	0,0475	0,0237	0,08618	24,80	0,0566
	"	1h nachm.	8	2	0,0334	0,0167	0,06073	25,10	
	"	"	8	4	0,0510	0,0127	0,04618	25,20	
Nacht	14. "	7h "	8	2	0,0238	0,0119	0,04327	25,30	0,0403
	"	6h vorm.	6	11	0,1223	0,0111	0,04036	24,80	
Tag	15. "	1h nachm.	6	7	0,0875	0,0120	0,04364	25,10	
Nacht	15. "	"	6	5	0,0616	0,0123	0,04473	25,20	0,0451
	"	$8\frac{1}{2}$ h vorm.	6	$14\frac{1}{2}$	0,1373	0,0094	0,03418	25,10	
Tag	16. "	6h nachm.	6	$9\frac{1}{2}$	0,1091	0,0115	0,04182	25,00	
Nacht	17. "	8h vorm.	6	14	0,1285	0,0092	0,03345	24,80	0,0334

Täglich mehrmals wurden an den abgeschnittenen Blättern die Spaltöffnungen beobachtet (nach M o l i s c h (1912) mit absolutem Alkohol); sie erwiesen sich immer als geschlossen. Die Spaltöffnungen der Blätter an der Pflanze zeigten sich in der Sonne und bei Windstille nach derselben Methode geöffnet. Die Resultate der Trockengewichtsbestimmung sind in der Tabelle 10 zusammengestellt.

Außer der mit 25 Blättern vorgenommenen Trockengewichtsbestimmung wurden an 5 der 30 Blätter mittelst der Jodprobe die Veränderungen des Stärkegehaltes untersucht. Jeden Tag (abends und morgens) wurde von diesen 5 Blättern ein Stück abgeschnitten und zur Jodprobe benutzt (s. D e l e a n o , 1911). Die Stärkereaktion dieser Blätter wurde täglich schwächer, so daß man daraus schließen kann, daß die Blätter täglich Stärke verloren. Übrigens verhielten sich auch andere Blätter, die im Schatten bei einer Temperatur von 12—24° standen, bezüglich des Stärkeverlustes ebenso wie diese Kontrollblätter. Auch an der Pflanze sitzende Blätter, deren Stiele gebrüht worden waren, verloren nach und nach Stärke, blieben jedoch gesund und enthielten noch nach zwei Wochen Stärke.

In der obigen Tabelle sind die Zahlen für die Assimilationsgrößen in folgender Weise berechnet worden. Nach D e l e a n o (1912, Versuch 6) sind von abgeschnittenen Blättern von *Vitis vinifera* in 66 Stunden 1,12 g Trockensubstanz pro 100 g Frischgewicht veratmet worden. Danach sind in obiger Tabelle in 48 Stunden ungefähr 0,81 g Trockensubstanz pro 100 g Frischgewicht veratmet worden. Der Verlust an Trockensubstanz beträgt aber (wie die Tabelle zeigt) in 48 Stunden nur 0,23 g, folglich sind ungefähr  $0,81 - 0,23 = 0,58$  g Trockensubstanz pro 100 g Frischgewicht in 48 Stunden durch Assimilation gewonnen worden. In derselben Weise sind die Zahlen für die Assimilationsgrößen nach 72 und 96 Stunden berechnet worden.

Die letzte Zahl 33,60% kann nicht mehr berücksichtigt werden, weil die Blätter nicht mehr normal waren; sie wurden nach 2-stündigem Liegen zwischen nassem Filterpapier nicht mehr ganz turgeszent.

Die Versuche wurden zur Orientierung darüber angestellt, ob es möglich ist, abgeschnittene Laubblätter von *Vitis* zur Ansammlung von relativ großen Mengen von Assimilaten zu veranlassen, wenn man sie in relativ günstige Assimilationsbedingungen versetzt. Der Versuch zeigte, daß unter den gegebenen Bedingungen und ebenso dann, wenn die Weinblätter in den Schatten gestellt wurden, keine Ansammlung von Reservestoffen stattfand.

### Versuch 9Ca und $\beta$ (1912).

Vergleichender Versuch mit abgeschnittenen Blättern von *Vitis vinifera*. Solche, die am Stock 48 Stunden lang verdunkelt, und normale, die abends gesammelt worden waren, wurden verglichen.

a) Am 16. Juli 6 Uhr nachmittags haben wir 10 ausgewachsene, schon etwas kraus gewordene Blätter auf dem Stock mit Stanniol verdunkelt und das Stanniol mit Seidenpapier bedeckt. Die Blätter blieben bis zum 18. Juli 6 Uhr nachmittags, also 48 Stunden lang verdunkelt. In der Nacht vom 16. zum

Tabelle 10. (Zu Versuch 9 B, 1912.)

Datum	Nach	Die untersuchte Blattmenge		Trockengew.		Trockengew. pro 100 g		Verlust an Trockengew.		Ungefähr veratmet in g	Also ungefähr assimiliert		Temperatur- schwankungen	
		Frischgew. in g	Trockengew. in g	Frischgew. in g	Trockengew. in g	Frischgew. in g	Trockengew. in g	in g	Nacht		Tag			
10. Juli	48 Stdn.	12,00	3,9679	33,06	—	—	0,58	14—20°	20—30°					
12. "	"	13,45	4,4161	32,83	0,23	0,81	0,60	15—22°	22—37°					
13. "	"	18,25	5,9107	32,44	0,62	1,22	0,81	16—22°	22—35°					
14. "	"	13,75	4,4336	32,24	0,82	1,63	—	15—20°	20—34°					
15. "	"	21,05	7,0735	33,60	—	—	—							

17. Juli betrug die Temperatur im Minimum  $14^{\circ}$ , am 17. Juli im Maximum (in der Sonne)  $37^{\circ}$ , in der Nacht vom 17. zum 18. Juli im Minimum  $12^{\circ}$ , am 18. Juli im Maximum  $32^{\circ}$  C.

Am 18. Juli 6 Uhr nachmittags wurden die Blätter abgeschnitten. Die sofort angestellte Jodprobe ergab eine nur sehr geringe Stärkereaktion (nur wenige blaue Punkte). Die zum Versuch benutzten Blätter wurden in den Behälter B, Apparat II, mit der Einrichtung b gebracht. Am Ende des Versuchs wurde das Frischgewicht festgestellt, es betrug 29,1 g, davon 24,05 g Blattlappen und 5,05 g Stiele. Die Kohlensäurebestimmungen wurden vom 18. Juli 6 Uhr nachmittags bis zum 26. Juli 7 Uhr vormittags ausgeführt. Die Temperatur im Behälter schwankte während dieser  $7\frac{1}{2}$  Volltage zwischen  $24,3^{\circ}$  und  $25,2^{\circ}$  C. Am Ende des Versuches waren die Blätter krank, sie wiesen zahlreiche gelbe Punkte auf. Die Jodprobe ergab, daß sie völlig stärkefrei waren. Die Resultate des Versuches sind in der Tabelle 11a zusammengestellt.

β) Gleichzeitig mit diesem Versuch haben wir in denselben Zeitintervallen die Kohlensäureproduktion von normalen Blättern von *Vitis vinifera* bestimmt, welche nach einem hellen Tage abends gesammelt worden waren. Am 18. Juli 6 Uhr nachmittags haben wir 10 normale, völlig ausgewachsene, ebenfalls etwas krause Blätter vom Stock abgeschnitten. Eine Probe zeigte mit der sofort angestellten Jodprobe, daß die Blätter nicht stärkereich waren. Die Stärke war auch hier nicht gleichmäßig im Mesophyll verteilt, es wechselten hellere und dunklere Stellen in dem mit Jod gefärbten Mesophyll. Die Blätter wurden gleichfalls in einen Behälter B, Apparat II, mit der Einrichtung b gebracht. Ihr Frischgewicht, das am Ende des Versuchs festgestellt wurde, betrug 29,35 g, davon 24,59 g Blattlappen und 4,76 g Stiele. Die Temperatur im Behälter schwankte während der  $7\frac{1}{2}$  Volltage zwischen  $24,3^{\circ}$  und  $25,2^{\circ}$  C. Am Ende des Versuchs zeigten einige Blätter gelbe Punkte, die übrigen waren ganz normal. Die Jodprobe ergab, daß sie noch Spuren von Stärke enthielten (einige blaue Punkte). Die Resultate dieses Versuches sind in der Tabelle zusammengestellt.

### Versuch 9Cγ (1912).

Versuch mit 103 Stunden verdunkelten Blättern von  
*Vitis vinifera*.

Am 22. Juli 1912 10 Uhr vormittags wurden 10 ältere Blätter von *Vitis vinifera* am Stock mit Stanniol verdunkelt; das Stanniol wurde mit Seidenpapier bedeckt. Die Blätter waren bis zum 26. Juli 5 Uhr nachmittags, also im ganzen 103 Stunden lang verdunkelt. Während dieser Zeit schwankte die Temperatur in der Nacht zwischen 10 und  $15^{\circ}$ , am Tage zwischen 15 und  $25^{\circ}$  C. Am 26. Juli erwiesen sich die Blätter mit der Jodprobe als völlig stärkefrei; sie wurden abgeschnitten, und 9 Stück von 26,4 g Frischgewicht, welches am Ende des Versuchs festgestellt worden ist, wurden in den Behälter B, Apparat II, Einrichtung b, gebracht. Die Kohlensäurebestimmungen begannen am 26. Juli 6 Uhr nachmittags. Die Resultate sind in der Tabelle A 1 zusammengestellt. Der Luftstrom betrug 3 Liter pro Stunde, die Temperatur im Behälter schwankte zwischen  $24,6$  und  $25^{\circ}$  C.

Tabelle 11 a. (Zu Versuch 9 C a, 1912.)

Vitis vinifera. Abgeschnittene Blätter mit Stielen, die vorher 48 Stunden lang am Stock verdunkelt worden waren. Begonnen am 18. Juli 6 Uhr nachmittags. Temperatur 24,3—25,2° C.

Datum	Luftstrom pro Stde.	in Liter	Nach	Stunden	Entwickelte		CO <sub>2</sub> pro Stde.		Temperatur für 100 g Frischgewicht im Behälter	Aussehen der Blätter
					CO <sub>2</sub> in g	pro Stde.	CO <sub>2</sub> in g	pro Stde.		
Nacht 19. Juli	7h a. m.	4	13		0,0889	0,0068	0,0234	25,2°	normal	
Tag 19. "	6h p. m.	4	11	"	0,0827	0,0075	0,0258	25,2°	"	
Nacht 20. "	7h a. m.	4	13	"	0,0686	0,0053	0,0191	25,2°	"	
Tag 20. "	6h p. m.	4	11	"	0,0640	0,0058	0,0200	24,8°	"	
Nacht 21. "	7h a. m.	4	13	"	0,0742	0,0057	0,0196	24,6°	"	
Tag 21. "	6h p. m.	4	11	"	0,0642	0,0058	0,0200	24,5°	"	
Nacht 22. "	7h a. m.	3	13	"	0,0757	0,0058	0,0200	24,5°	"	
Tag 22. "	6h p. m.	3	11	"	0,0836	0,0076	0,0261	24,4°	"	
Nacht 23. "	7h a. m.	3	13	"	0,0880	0,0068	0,0233	24,4°	Gelbe Punkte	
Tag 23. "	6h p. m.	3	11	"	0,0792	0,0072	0,0247	24,4°	Mehr gelbe Punkte	
Nacht 24. "	7h a. m.	3	13	"	0,0774	0,0060	0,0205	24,3°	Noch mehr gelbe Punkte	
Tag 24. "	6h p. m.	3	11	"	0,0607	0,0055	0,0190	24,3°	Noch mehr gelbe Punkte	
Nacht 25. "	7h a. m.	3	13	"	0,0774	0,0060	0,0205	24—24,5°	Einige Blätter krank	
Tag 25. "	6h p. m.	3	11	"	0,0607	0,0055	0,0190	24,3°	Fast die Hälfte	
Nacht 26. "	7h a. m.	3	13	"	0,0702	0,0054	0,0186	24,3°	der Blätter krank	





Tabelle II γ. (Zu Versuch 9 C γ, 1912.)

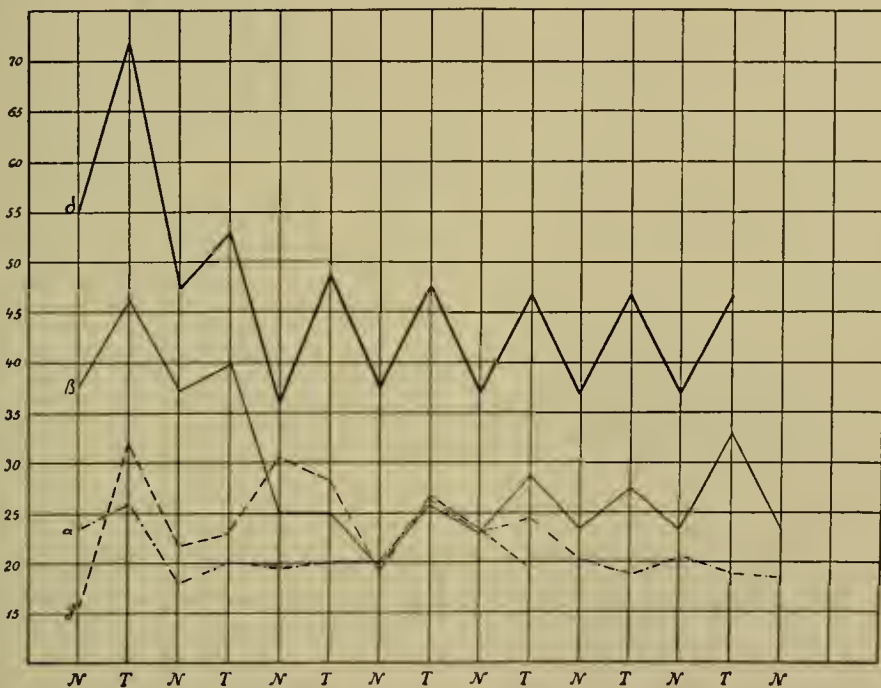
Vitis vinifera. Abgeschnittene Blätter, die vorher 103 Stunden lang am Stock verdunkelt worden waren. Begonnen am 26. Juli 6 Uhr nachmittags. Temperatur 24,6—25,0° C.

Datum	Luftstrom pro Stde.	Nach	Entwickelte		CO <sub>2</sub> pro Stde.		Temperatur für 100 g Frischgewicht im Behälter	Ansehen der Blätter
			in g	CO <sub>2</sub> in g	in g	in g		
Nacht	27. Juli	7h a. m.	3	13	0,0519	0,0040	24,6°	normal
Tag	27. "	6h p. m.	3	11	0,0924	0,0084	24,7°	"
Nacht	28. "	7h a. m.	3	13	0,0747	0,0057	25,0°	"
Tag	28. "	6h p. m.	3	11	0,0669	0,0061	25,0°	"
Nacht	29. "	7h a. m.	3	13	0,1047	0,0081	25,0°	gelbe Punkte
Tag	29. "	6h p. m.	3	11	0,0818	0,0074	25,0°	mehr gelbe Punkte
Nacht	30. "	7h a. m.	3	13	0,0669	0,0051	25,0°	mehr gelbe Punkte
Tag	30. "	6h p. m.	3	11	0,0766	0,0070	25,0°	krank
Nacht	31. "	7h a. m.	3	13	0,0801	0,0062	25,0°	"
Tag	31. "	6h p. m.	3	11	0,0565	0,0051	25,0°	"

Versuch 9Cδ (1912).

Versuch mit Blättern von *Vitis vinifera*, welche mit Assimilaten angefüllt waren.

Am 29. Juli haben wir die Zweige von 9 alten, etwas krausen Blättern oberhalb und unterhalb der Ansatzstelle jedes Blattstieles geringelt. Am 31. Juli 5 Uhr nachmittags haben wir die Blätter abgeschnitten; die sofort angestellte Jodprobe ergab eine dunkelblaue Reaktion. Das Frischgewicht der zum Versuch benutzten Blätter, welches am Ende des Versuches festgestellt wurde, betrug 20,6 g. Die Resultate des Versuches sind in der Tabelle zusammengestellt.



Figur 18.

Graphische Darstellung der Resultate der Tabellen 11 α—δ. (Zu den Versuchen 9 C α—δ.) Abgeschnittene ausgewachsene Blätter von *Vitis vinifera*. α) Blätter 48 Stunden an der Pflanze verdunkelt; nur wenige blaue Punkte bei der Stärke-reaktion zeigend; sehr stärkearm. β) Blätter wenig Stärke unregelmäßig verteilt enthaltend. γ) Blätter, 103 Stunden an der Pflanze verdunkelt; stärkefrei. δ) Blätter, viel Stärke enthaltend.

Die Temperatur im Behälter schwankte zwischen 25,2<sup>0</sup> und 25,3<sup>0</sup> C. Der Luftstrom betrug konstant 3 Liter pro Stunde.

Bei der sofort nach Beendigung des Versuches angestellten Jodprobe zeigten 4 Blätter keine Blaufärbung, 3 Blätter eine schwache Blaufärbung und 2 Blätter eine starke Blaufärbung.

Tabelle 11 d. (Zu Versuch 9 C d, 1912.)

*Vitis vinifera*. Abgeschnittene Blätter, deren Tragzweige zwei Tage vor dem Abschneiden oberhalb und unterhalb jedes Blattstielsatzes geringelt worden waren. Begonnen am 31. Juli 6 Uhr nachmittags. Temperatur 25,2 bis 25,3° C.

Datum	Luftstrom pro Stde.	Nach	Entwickelt		CO <sub>2</sub> pro Stde.		Temperatur für 100 g Frischgewicht im Behälter	Aussehen der Blätter
			in g	in g	CO <sub>2</sub>	in g		
Nacht	1. August	7h a. m.	3	13	0,1480	0,0114	25,2°	normal
Tag	1. "	6h p. m.	3	11	0,1619	0,0147	25,2°	"
Nacht	2. "	7h a. m.	3	13	0,1268	0,0098	25,2°	"
Tag	2. "	6h p. m.	3	11	0,1196	0,0109	25,2°	"
Nacht	3. "	7h a. m.	3	13	0,0968	0,0074	25,2°	"
Tag	3. "	6h p. m.	3	11	0,1096	0,0100	25,2°	"
Nacht	4. "	7h a. m.	3	13	0,1003	0,0077	25,2°	"
Tag	4. "	6h p. m.	3	11	0,1074	0,0098	25,2°	"
Nacht	5. "	7h a. m.	3	13	0,0986	0,0076	25,2°	"
Tag	5. "	6h p. m.	3	11	0,1056	0,0096	25,2°	"
Nacht	6. "	7h a. m.	3	13	0,0986	0,0076	25,3°	"
Tag	6. "	6h p. m.	3	11	0,1056	0,0096	25,3°	"
Nacht	7. "	7h a. m.	3	13	0,0985	0,0076	25,2°	"
Tag	7. "	6h p. m.	3	11	0,1056	0,0096	25,2°	"

### Versuch 9D (1912).

Versuch mit abgeschnittenen Blättern von *Vitis vinifera*, deren Zweige 3 Tage vor dem Abschneiden nur an einer Stelle unterhalb der zum Versuch benutzten Blätter geringelt worden waren.

Am 23. Juli 6 Uhr nachmittags haben wir zwei junge Zweige von *Vitis* je nur an einer Stelle unterhalb der zum Versuch benutzten Blätter geringelt. Einige dieser Blätter waren nicht völlig ausgewachsen. Am 25. April erwiesen sich die Blätter mit der Jodprobe als stärkereich; am 26. zeigten sie etwas weniger Stärke. Sie wurden abgeschnitten, und die Kohlensäurebestimmungen um 6 Uhr nachmittags begonnen. Die Resultate sind in der Tabelle 12 zusammengestellt.

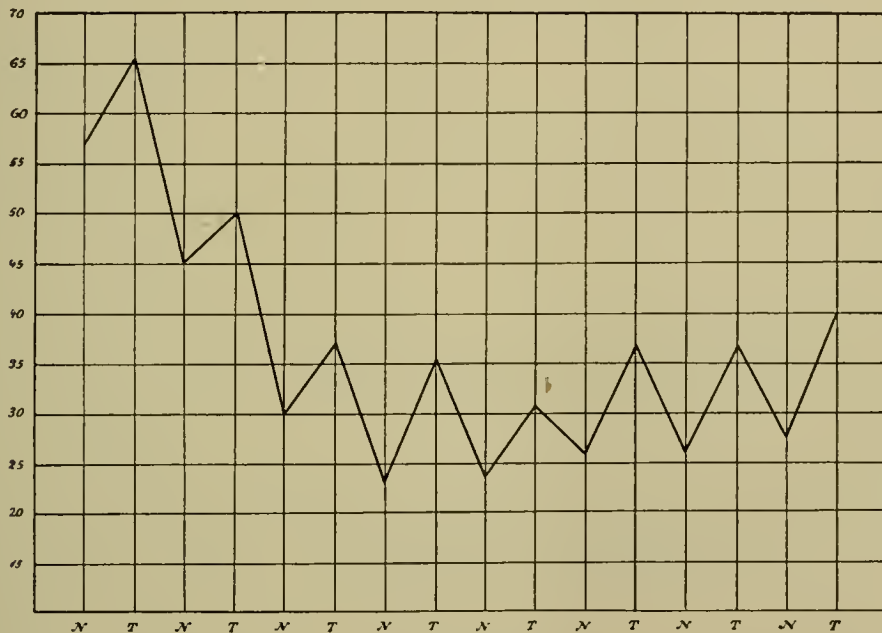


Fig. 19.

Graphische Darstellung der Resultate der Tabelle 12 (zu Versuch 9 D, 1912). Abgeschnittene, teilweise nicht ganz ausgewachsene Blätter diesjähriger Zweige von *Vitis vinifera*. Mäßig stärkereich, sicher nicht das Maximum von Stärke enthaltend.

Das Frischgewicht der zum Versuch benutzten Blätter, das am Ende des Versuches festgestellt wurde, betrug 18,8 g. Die Temperatur im Behälter schwankte zwischen 24,8° und 25,2° C; der Luftstrom betrug konstant 3 Liter pro Stunde.

### Versuch 9E (1912).

Versuch mit abgeschnittenen, bei 47° beleuchteten Blättern von *Vitis vinifera*.

Am 13. August wurde oberhalb und unterhalb einer Anzahl von Blättern ein Ringelschnitt angebracht, um die Ableitung der Assimilate aus den Spreiten

Tabelle 12. (Zu Versuch 9 D.)

*Vitis vinifera*. Abgeschnittene Blätter von einem jungen Zweig, welcher 3 Tage vor dem Abschneiden unterhalb der Blätter geringelt worden war. Begonnen am 26. Juli 6 Uhr nachmittags. Temperatur 24,8—25,2° C.

Datum	Luftstrom pro Stde.	Nach	in g		in g		Temperatur für 100 g CO <sub>2</sub> pro Stde. Frischgewicht im Behälter	Aussehen der Blätter
			Entwickelte CO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub> pro Stde.	in g	in g		
Nacht 27. Juli	7h a. m.	13	0,1355	0,0104	0,0570	24,80	normal	
Tag 27. "	6h p. m.	11	0,1355	0,0123	0,0655	24,90	"	
Nacht 28. "	7h a. m.	13	0,1100	0,0085	0,0450	25,20	"	
Tag 28. "	6h p. m.	11	0,1034	0,0094	0,0500	25,20	"	
Nacht 29. "	7h a. m.	13	0,0730	0,0056	0,0299	25,20	"	
Tag 29. "	6h p. m.	11	0,0766	0,0070	0,0370	25,10	"	
Nacht 30. "	7h a. m.	13	0,0563	0,0043	0,0230	25,10	"	
Tag 30. "	6h p. m.	11	0,0730	0,0066	0,0353	25,10	"	
Nacht 31. "	7h a. m.	13.	0,0572	0,0044	0,0234	25,10	"	
Tag 31. "	6h p. m.	11	0,0634	0,0058	0,0307	25,10	"	
Nacht 1. Aug.	7h a. m.	13	0,0634	0,0049	0,0260	25,10	"	
Tag 1. "	6h p. m.	11	0,0761	0,0069	0,0368	25,10	"	
Nacht 2. "	7h a. m.	13	0,0634	0,0049	0,0260	25,10	"	
Tag 2. "	6h p. m.	11	0,0757	0,0069	0,0366	25,10	"	
Nacht 3. "	7h a. m.	13	0,0669	0,0051	0,0274	25,10	"	
Tag 3. "	6h p. m.	11	0,0825	0,0075	0,0399	25,10	3 Blätter hatten gelbe Punkte	

möglichst zu verhindern. Bis zum 16. August war das Wetter regnerisch und die Temperatur niedrig, so daß während dieser Zeit der Stärkegehalt der Blätter mehr und mehr abnahm. Erst der 17. und 18. August war bei einer Temperatur von 24° sonnig, und die Blätter zeigten sich nun am 18. August 5 Uhr nachmittags stärkereich.

Nun wurden 6 Blätter abgeschnitten, mit den Blattstielen in die mit Wasser gefüllte Einrichtung des Behälters F so gestellt, daß die oberseitigen Blattflächen möglichst alle in einer Ebene lagen. Nachdem ein Thermometer mit geschwärzter Kugel an den längeren Stab der Einrichtung gehängt worden war, wurde diese in den Behälter gestellt und die durchbohrte Glasplatte mit dem S. 40 genannten Kitte luftdicht verschlossen. Der Behälter wurde dann mittelst seiner beiden Röhren, wie immer, in den Apparat eingeschaltet.

Vom 18. August 6 Uhr nachmittags an bis zum 22. August 7 Uhr wurde zuerst die bei 22° C erfolgende Kohlensäureproduktion der Blätter bestimmt. Es wurde an 3 Volltagen zuerst die gesamte Nachtproduktion gemessen, dann wurde am Tage eines jeden Volltages nach je 4 Stunden eine Messung vorgenommen. Von der letzten Nacht wurde ebenfalls die Gesamtproduktion bestimmt.

Als nach 3½ Volltagen die Schwankungen der Kohlensäureproduktion normal geworden waren, wurden die Blätter auf eine Temperatur von 47° gebracht. Zu diesem Zwecke war eine besondere Einrichtung getroffen worden.

Der Behälter mit den Blättern wurde in einen bakteriologischen Brutschrank, dessen Temperatur sehr konstant auf 47° erhalten wurde, gestellt. In einen gleichen Brutschrank waren die Natronkalktürme und der Wasserturm untergebracht worden. Zwischen letztere und dem Behälter war ein 10 m langes, dickwandiges Bleirohr eingeschaltet, welches hinter dem Behälter im ersten Brutschrank lag und ebenfalls auf 47° erwärmt wurde. So mußte also die aus dem Freien entnommene Luft zuerst den auf 47° erwärmten Kohlensäureabsorptionsapparat, dann das auf 47° erwärmte Bleirohr durchströmen, bevor sie in den auf 47° erwärmten Behälter eintrat.

Zuerst wurde nun bei Verdunkelung der Blätter zweimal nach je 2 Stunden eine Kohlensäurebestimmung vorgenommen.

Dann wurden die Blätter mittelst unserer Bogenlampen beleuchtet. Diese waren 65 cm von den Blättern entfernt aufgestellt. Zwischen den Blättern und der Lichtquelle hatte eine Küvette mit Wasser, welches durch ein an der Oberfläche liegendes, von kaltem Wasser durchströmtes Bleirohr gut gekühlt wurde, Aufstellung gefunden.

Die Beleuchtung dauerte zwei Stunden, und es wurde je nach einer Stunde die Kohlensäurebestimmung vorgenommen. Hierauf wurden die Blätter wiederum 2 Stunden verdunkelt und je nach einer Stunde die Kohlensäuremenge gemessen. Da die Blätter nun braune Stellen zeigten, wurde zuletzt je eine halbe Stunde beleuchtet und eine halbe Stunde verdunkelt und die Kohlensäure bestimmt, welche während dieser Zeitabschnitte gebildet worden war.

Die Tabelle 13 und die Kurve Fig. 20 geben die Resultate des Versuches.

Der Versuch war angestellt worden zur Entscheidung der Frage, ob das Licht eine Erhöhung der Kohlensäureproduktion der Blätter veranlasse. Er zeigte, daß die Kohlensäureproduktion in der ersten Stunde des Verweilens der Blätter

Tabelle 13. (Zu Versuch 9 E, 1912.)

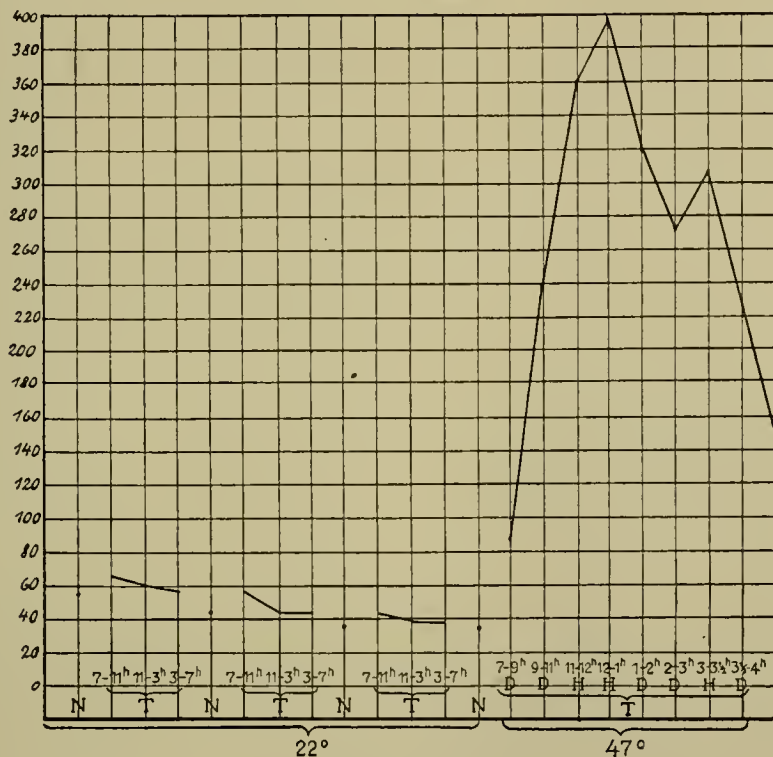
*Vitis vinifera*. 6 Stück abgeschnittene Laubblätter. Versuch, begonnen am 18. August 6 Uhr nachmittags. Temperatur bis zum 22. August 7 Uhr vormittags 22° C, von da ab 47° C. Am 22. August wurden die Blätter zeitweise beleuchtet.

	Datum	Luftstrom pro Stde.	Nach	Entwickelte CO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub> pro Stde. für 700 g	Temperatur im Behälter	Aussehen der Blätter
		in Liter	Stunden	in g	in g pro Stde.		
					CO <sub>2</sub> pro Stde. Frischgewicht im Behälter		
Nacht	19. Aug. 7h a. m.	4	13	0,1531	0,0118	22°	normal
Tag	19. „ 11h a. m.	4	4	0,0554	0,0138	22°	„
	19. „ 3h p. m.	4	4	0,0511	0,0128	22°	„
Nacht	19. „ 7h p. m.	4	4	0,0493	0,0123	22°	„
	19. „ 7h p. m.	4	12	0,1558	0,0130	22°	„
Tag	20. „ 7h a. m.	4	12	0,1127	0,0094	22°	„
	20. „ 11h a. m.	4	4	0,0484	0,0121	22°	„
Nacht	20. „ 3h p. m.	4	4	0,0379	0,0095	22°	„
	20. „ 7h p. m.	4	4	0,0370	0,0092	22°	„
Tag	21. „ 7h a. m.	4	12	0,1233	0,0103	22°	„
	21. „ 11h a. m.	4	4	0,0898	0,0075	22°	„
Nacht	21. „ 3h p. m.	4	4	0,0370	0,0092	22°	„
	21. „ 7h p. m.	4	4	0,0326	0,0081	22°	„
Tag	21. „ 7h p. m.	4	4	0,0326	0,0081	22°	„
	21. „ 7h p. m.	4	4	0,1022	0,0085	22°	„
Nacht	21. „ 7h p. m.	4	12	0,0862	0,0072	22°	„
	22. „ 7h a. m.	7	2	0,0370	0,0185	47°	„
Tag	22. „ 9h a. m.	7	2	0,1003	0,0501	47°	„
	22. „ 11h a. m.	7	1 Stunde	0,0757	0,0757	47°	„
Nacht	22. „ 12h m.	7	1	0,0827	0,0827	47°	„
	22. „ 1h p. m.	7	1	0,0634	0,0634	47°	„
Tag	22. „ 2h p. m.	7	1	0,0572	0,0572	47°	„
	22. „ 3h p. m.	7	1	0,0319	0,0638	47°	„
Nacht	22. „ 3 1/2h p. m.	7	1/2	0,0141	0,0282	47°	„
	22. „ 4h p. m.	7	1/2	0,1343	0,1343	47°	„

Einige braune Stellen  
Mehr braune Stellen  
Mehr braune Stellen



bei 47° im Dunkeln relativ niedrig ist, daß in der zweiten Stunde die Produktion bedeutend größer als in der ersten Stunde ist. Ob diese Steigerung sich in der dritten Stunde auch fortgesetzt haben würde, wenn die Blätter im Dunkeln weiter geatmet hätten, ist nicht zu sagen, da wir in der dritten und vierten Stunde die Blätter beleuchtet haben. In der dritten Stunde erfolgte ein starker Anstieg in der vierten ein schwächerer Anstieg der Produktion. Nach der nun durchgeführten zweistündigen Verdunkelung tritt ein starker Abfall der Kohlen-säureproduktion ein und in der nächsten halben Stunde, in welcher beleuchtet wurde, ein Ansteigen.



Figur 20.

Graphische Darstellung der Resultate der Tabelle 13 (zu Versuch 9 E, 1912). Abgeschnittene Blätter von *Vitis vinifera*. 3 ½ Volltage bei 22° C verdunkelt, dann bei 47° C, am Tag, teilweise verdunkelt (D), teilweise beleuchtet (H).

### Versuch 10a, b, c.

#### Versuch mit *Phaseolus multiflorus*.

##### a) Abgeschnittene Ranken.

Am 31. Juli 1911 (die Pflanze war den ganzen Tag besonnt) haben wir um 3 Uhr nachmittags Sprosse mit vollständig entwickelten und gesunden Blättern abgeschnitten. Sie speicherten trotz der starken Besonnung und Erwärmung während des Tages reichlich Stärke. Sie wurden mit Wasser gesättigt. Die zum Versuch benutzte Portion betrug 90 g Frischgewicht. Die Sprosse wurden mit Wasser bespritzt und in den Behälter C getan, dessen seitliche Öffnung mit

einem Kautschukpfropfen verschlossen wurde. Von 4—6 Uhr haben wir mit der Wasserpumpe einen Luftstrom durch den die Blätter enthaltenden Behälter geleitet. Der Behälter hatte einen noch freien Raum von 5510 ccm.

Der Versuch begann am 31. Juli um 6 Uhr nachmittags. Die Temperaturen während des Versuchs sind in der Tabelle angegeben. Es wurden fortgesetzt stündlich 6 Liter Luft durch den Apparat gesaugt.

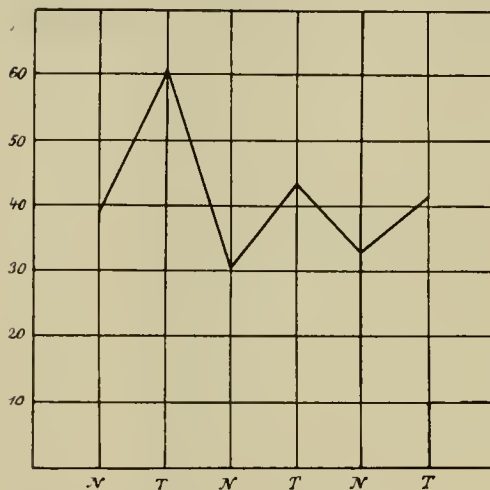


Fig. 21. Graphische Darstellung der in der Tabelle 14a mitgeteilten Resultate des Versuches 10a. Abgeschnittene Sprosse von *Phaseolus multiflorus*.

Am 3. August fielen einige Blätter von der Ranke ab; wir haben deshalb den Versuch beendet. Nach dem Versuch wurden die Pflanzenteile gewogen:

Blattspreiten . . . . .	57,0 g
Blattstiele . . . . .	12,5 g
Achse . . . . .	20,5 g
Summa	90 g

Die Tabelle 14 a zeigt uns, daß die erste Nachtproduktion höher ist als die zweite und daß die erste Tagesproduktion sehr hoch ist, ein Zeichen, daß eine kräftige Reizung eingetreten war. Diese scheint in der zweiten Nacht erloschen zu sein. Dann sind bis zum Erkranken zwei annähernd normale, anscheinend etwas absinkende Volltagsschwankungen verzeichnet.

Tabelle 14 a. (Zu Versuch 10 a.)

*Phaseolus multiflorus*. 90 g Gesamtfrischgewicht von Blättern und Achse. Begonnen am 31. Juli 1911, 6 Uhr nachmittags. 3 Volltage von 6—6 Uhr. Temperatur im Behälter 28—28,1° C.

	Luftstrom pro Stunde in Liter	Gesamte entw. CO <sub>2</sub> in g	CO <sub>2</sub> pro Stde. für 90 g Gesamtgewicht in g	Temperatur im Behälter	Temperatur im Brutraum
Nacht	6	0,4673	0,0389	28,0°	27,8°
Tag	6	0,7233	0,0603	28,1°	27,7°
Nacht	6	0,3669	0,0306	28,0°	27,8°
Tag	6	0,5201	0,0433	28,0°	28,0°
Nacht	6	0,3933	0,0328	28,0°	28,0°
Tag (6—4 h)	6	0,4127	0,0413	28,0°	28,0°

#### b) An der Pflanze befindliche Blätter.

Die Pflanze war in einem Topf im Freien kultiviert worden und die ganze Zeit besonnt gewesen. Am 31. Juli 1911 wurde ein Sproß von 1,2 m Länge mit viel Blättern und drei Früchten ausgesucht und die an ihm befindlichen Spitzen, die jungen Blätter und die kleinen Sprosse, bis auf einen, entfernt. Er wurde dann von der Stange abgewickelt und an derselben geradlinig mit Filterpapier

befestigt. Die so behandelte Pflanze wurde bis zum 3. August 6 Uhr nachmittags im Freien stehen gelassen, dann in den Brutraum transportiert. Hier wurde der zu untersuchende Sproß in den Behälter C vorsichtig eingeführt, so daß er möglichst wenig verletzt wurde. Die seitliche Öffnung des Apparats wurde durch einen Korkpfropfen verschlossen, der in der Mitte eine Längsdurchbohrung von der Stärke des Sprosses hatte und durch einen Längsschnitt in zwei Hälften geteilt war, welche um den Sproß gelegt wurden, so daß der Stiel des Sprosses genau in die Längsdurchbohrung paßte. Die Korkhälften wurden mit Wollfett gut verkittet.

Der freie Raum des Behälters C betrug 5510 ccm. Der Versuch wurde am 3. August 6 Uhr nachmittags begonnen. Der Luftstrom betrug stets 6 Liter pro Stunde.

Am Ende des Versuches waren einige Blätter gelb und von der Ranke abgefallen, die meisten waren noch gesund. Am 6. August 6 Uhr vormittags wurde der Versuch beendet und die einzelnen Teile des in der Flasche befindlichen Sprosses getrennt gewogen.

Blattspreiten . . . . .	38,5 g	Frischgewicht
Blattstiele . . . . .	6,2 g	„
Früchte . . . . .	31,4 g	„
Stamm des Sprosses	14,5 g	„
<hr/>		
Gesamtfrischgewicht	90,6 g	

Es waren Reizung und zwei normale Tag- und Nachtschwankungen zu beobachten.

Tabelle 14 b. (Zu Versuch 10 b.)

*Phaseolus multiflorus*. 90,6 g Gesamtfrischgewicht, bestehend aus 38,5 g Spreiten, 6,2 g Stielen, 31,4 g Früchten, 14,5 g Achse. Begonnen am 5. August 6 Uhr nachmittags. Temperatur im Behälter 28—28,1° C.

	Luftstrom pro Stunde in Liter	Gesamte entw. CO <sub>2</sub> in g	CO <sub>2</sub> pro Stde. für 90,6 g Gesamtgewicht in g	Temperatur im Behälter	Temperatur im Brutraum
Nacht	6	0,6072	0,0506	28,1°	27,8°
Tag	6	0,5212	0,0434	28,0°	27,7°
Nacht	6	0,3845	0,0320	28,0°	28,0°
Tag	6	0,4811	0,0401	28,0°	27,7°
Nacht	6	0,3845	0,0320	28,0°	28,0°

c) Abgeschnittene Blätter.

Am 7. August 1911 um 5 Uhr nachmittags wurden die Blätter von der Pflanze abgeschnitten. Die Pflanze stand an einer Stelle im botanischen Garten, die den ganzen Tag über besonnt war. Die letzten 2—3 Wochen vor Beginn des Versuches waren ohne Regen und sehr heiß (die Temperatur betrug ungefähr

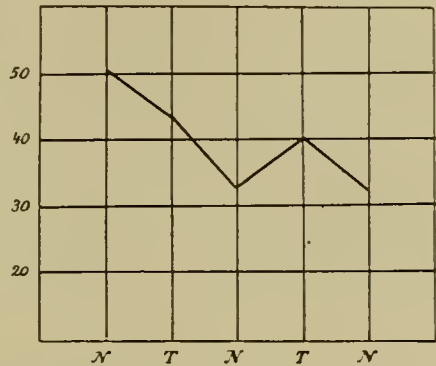


Fig. 21 a. Graphische Darstellung der in der Tabelle 14 b mitgeteilten Resultate des Versuchs 10 b. An der Pflanze sitzende Blätter von *Phaseolus multiflorus*.

46° Maximum und 25° Minimum in der Sonne). Die Blätter wurden vor dem Versuch eine Stunde lang zwischen nasses Filterpapier gelegt. Die zum Versuch benutzte Portion betrug 70 g Frischgewicht. Die Blätter wurden mit den Stielen in die Löcher zweier Glasklötze der Einrichtung b gestellt. In jede Schale wurden 50 ccm Wasser gegossen, das vorher gekocht war und zwei Tage lang in freier Luft gestanden hatte.

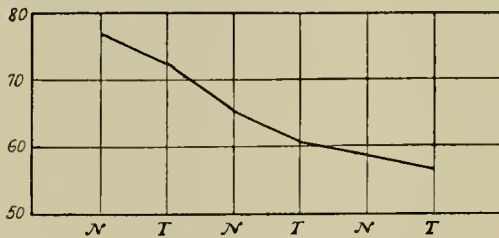


Fig. 22. Graphische Darstellung der in Tabelle 14 c mitgeteilten Resultate des Versuches 10 c. Abgeschnittene Laubblätter von *Phaseolus multiflorus*.

Der Versuch wurde mit dem Behälter B und dem Apparat II gemacht. Das freie Volumen des Behälters B betrug 5198 ccm.

Der Versuch wurde am 7. August 6 Uhr nachmittags begonnen. Der Luftstrom betrug 6 Liter pro Stunde. Am Ende des Versuches waren alle Spreiten von den Stielen abgefallen und zeigten teilweise gelbe Flecke.

Tabelle 14 c. (Zu Versuch 10 c.)

*Phaseolus multiflorus*. Gestielte Blätter von 70 g Frischgewicht, Blätter mit den Stielen in Wasser stehend. Begonnen am 7. August 6 Uhr nachmittags. Temperatur im Behälter 27—28° C.

	Luftstrom pro Stunde	Gesamte entw. CO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub> pro Stde.	CO <sub>2</sub> pro Stde. für 100 g Frischgewicht	Temperatur im Behälter	Temperatur im Brutraum
	in Liter	in g	in g	in g		
Nacht	6	0,6501	0,0542	0,0774	27,0°	26,7°
Tag	6	0,6151	0,0513	0,0732	27,0°	26,6°
Nacht	6	0,5504	0,0459	0,0655	27,5°	27,3°
Tag	6	0,5082	0,0423	0,0605	27,8°	27,4°
Nacht	6	0,4954	0,0413	0,0590	27,7°	27,5°
Tag	6	0,4774	0,0398	0,0568	28,0°	27,6°

## Versuch 11.

Versuch mit Blättern von *Beta vulgaris*, die im Dunkeln entstanden und gewachsen sind.

Am 1. Mai 1911 wurden 8 Exemplare von *Beta vulgaris* in drei Kisten in Sand gesteckt. Die kleinen Kisten wurden in eine größere gestellt, die mit einem lichtdichten schwarzen Tuch bedeckt wurde. Zur Kontrolle der absoluten Dunkelheit des Raumes wurde ein Stück photographisches Papier in die große Kiste gelegt. Von Zeit zu Zeit wurden die Pflanzen mit Wasser bespritzt, so daß der Sand immer feucht blieb. Am 31. Mai hatten die in völliger Dunkelheit gewachsenen Blätter der Runkelrübe eine Höhe von 25—30 cm erreicht. Die Blätter waren völlig gesund und chlorophyllfrei. Am 31. Mai 5 Uhr nachmittags haben wir einige Blätter abgeschnitten und in einem Gefäß mit feuchtem Filter-

papier eine Stunde lang stehen gelassen. Dann wurden die Stiele bis auf eine Länge von 5 cm abgeschnitten. Zu dem Versuch wurden 100 g Frischsubstanz von gleichmäßig entwickelten Blättern einer einzigen Rübe genommen.

Die Blätter wurden mit den Stielen in die Löcher zweier Glasklötze (Einrichtung b) gestellt und durch Glasstäbchen voneinander getrennt gehalten; in jede der beiden unter den Klötzen stehenden Schalen wurden 60 ccm Wasser gegossen, das vorher gekocht war und zwei Tage lang in freier Luft gestanden hatte. Benutzt wurde der Behälter B und der Apparat II. Der freie Raum des Behälters betrug 5045 ccm.

Der Versuch begann am 31. Mai 6 Uhr nachmittags und währte 5 Volltage. Die Temperatur im Behälter betrug 26,2—26,4° C, die Temperatur im Brutraum hielt sich auf 26° C. Am Ende des Versuchs erkrankten die Blätter.

Der Versuch zeigt uns klar, daß etiolierte Rübenblätter keine Tag- und Nachtschwankungen der Kohlensäureproduktion besitzen.

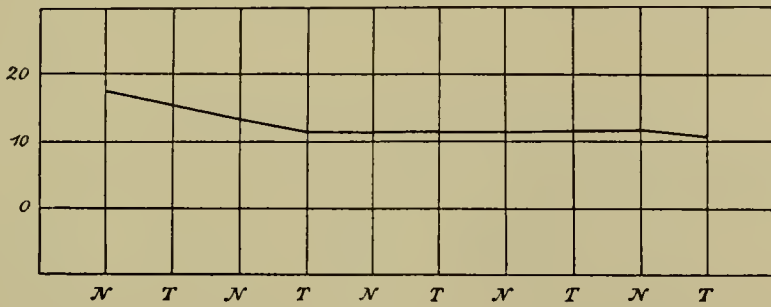


Fig. 23. Graphische Darstellung der in Tabelle 15 mitgeteilten Resultate des Versuches 11. *Beta vulgaris*; etiolierte abgeschnittene Blätter.

Tabelle 15. (Zu Versuch 11.)

*Beta vulgaris*. 100 g Frischgewicht von etiolierten Blättern. Begonnen am 31. Mai 6 Uhr nachmittags. 5 Volltage von 6—6 Uhr durchgeführt. Temperatur im Behälter 26,2—26,4° C.

	Luftstrom pro Stunde in Liter	Gesamte entw. CO <sub>2</sub> in g	CO <sub>2</sub> pro Stde. für 100 g Frischgewicht in g	Temperatur im Behälter
Nacht	5	0,2129	0,0177	26,2 <sup>0</sup>
Tag	5	0,1903	0,0158	26,2 <sup>0</sup>
Nacht	5	0,1604	0,0134	26,3 <sup>0</sup>
Tag	5	0,1386	0,0115	26,3 <sup>0</sup>
Nacht	5	0,1382	0,0115	26,4 <sup>0</sup>
Tag	5	0,1382	0,0115	26,4 <sup>0</sup>
Nacht	5	0,1364	0,0114	26,4 <sup>0</sup>
Tag	5	0,1382	0,0115	26,4 <sup>0</sup>
Nacht	5	0,1382	0,0115	26,4 <sup>0</sup>
Tag	5	0,1249	0,0104	26,4 <sup>0</sup>

## Versuch 12.

Versuch mit abgeschnittenen Blättern von *Beta vulgaris*. Blätter einer einjährigen Pflanze, von denen wir nicht ganz sicher wissen, ob sie völlig ausgewachsen waren.

Am 25. Juli 1911, 11 Uhr vormittags, haben wir Blätter von einer im Freien wachsenden Pflanze, die vorher den ganzen Vormittag stark besonnt waren und Stärke führten, abgeschnitten. Sie wurden mit Wasser gesättigt. Die zum Versuch benutzte Portion betrug 120 g Frischgewicht. Die Blätter wurden mit den Stielen in die Löcher eines Glasklotzes gestellt, welcher in einer Glasschale stand. In die Schale wurden 80 ccm Wasser gegossen, welches vorher gekocht war und zwei Tage lang in freier Luft gestanden hatte. Der Versuch wurde mit dem Behälter B und dem Apparat II gemacht. Das Volumen des Behälters B betrug 5440 ccm. Die Temperaturen sind in der Tabelle 16 angegeben. Der Luftstrom betrug 6 Liter pro Stunde. Die Blätter besaßen ungefähr 20 Spaltöffnungen auf 1 qmm der Blattoberseite und auf 1 qmm der Blattunterseite.

Tabelle 16. (Zu Versuch 12.)

*Beta vulgaris*. Blätter der jungen Pflanze. 120 g Frischgewicht. Begonnen am 25. Juli 12 Uhr nachmittags. Temperatur 27,4—28° C.

	Luftstrom pro Stde.	Gesamte entw. CO <sub>2</sub> in g	Entw. CO <sub>2</sub> pro Stde. in g	CO <sub>2</sub> pro Stde. für 100 g Frischgew. in g	Temperatur in der Glocke	Temperatur im Brutraum
	in Liter					
Tag (12—6 <sup>h</sup> )	6	0,3188	0,0531	0,0443	27,4 <sup>0</sup>	26,9 <sup>0</sup>
Nacht	6	0,3502	0,0292	0,0243	27,5 <sup>0</sup>	27,0 <sup>0</sup>
Tag	6	0,3540	0,0295	0,0246	27,5 <sup>0</sup>	27,0 <sup>0</sup>
Nacht	6	0,2781	0,0232	0,0193	27,6 <sup>0</sup>	27,2 <sup>0</sup>
Tag	6	0,3531	0,0294	0,0245	27,6 <sup>0</sup>	27,35 <sup>0</sup>
Nacht	6	0,3625	0,0302	0,0252	28,0 <sup>0</sup>	27,8 <sup>0</sup>
Tag	6	0,3309	0,0276	0,0230	28,0 <sup>0</sup>	27,5 <sup>0</sup>
Nacht	6	0,3863	0,0322	0,0268	27,8 <sup>0</sup>	27,5 <sup>0</sup>

Am Ende des Versuches waren zwei Blätter verdorben. Der Versuch wurde am 25. Juli 12 Uhr mittags begonnen, die erste Messung wurde 6 Uhr nachmittags desselben Tages vorgenommen. Dann wurden an Tagen und Nächten die Kohlensäureproduktionen von 6—6 Uhr gemessen. Auffallend ist die starke Steigerung der Kohlensäureproduktion am ersten Nachmittage und der schnelle Abfall derselben. Die Blätter scheinen nicht reich an Reservestoffen gewesen zu sein, wie das ja bei Pflanzen, deren Reservestoffbehälter im Speichern begriffen ist, leicht erklärlich ist. Sie erkrankten deshalb bald, und das unregelmäßige Ansteigen und Schwanken trat schon am Ende des dritten Volltages ein. Die Produktionen am zweiten und dritten Tage und in der zweiten Nacht sind vielleicht als Normalproduktionen zu betrachten.

### Versuch 13.

Versuch mit abgeschnittenen Blättern einer im zweiten Jahre ihres Wachstums befindlichen Pflanze von *Beta vulgaris*.

Die Blätter hatten sich an einer im zweiten Jahre treibenden Runkelrübe in völliger Dunkelheit vom 1. Mai bis 5. Juni entwickelt (vgl. Versuch mit *Beta vulgaris* Nr. 11), so daß sie völlig weiß waren. Am 5. Juni wurde die Kiste mit der Pflanze in den Versuchshof gebracht und geöffnet; die Blätter wurden so im Freien belassen bis zum 5. Juli. In regelmäßigen Zwischenräumen wurde die Pflanze mit Wasser begossen. Schon nach einer Woche waren die Blätter vollständig grün geworden. Zum Versuch wurden nur solche Blätter genommen, die im Dunkeln zu wachsen aufgehört hatten.

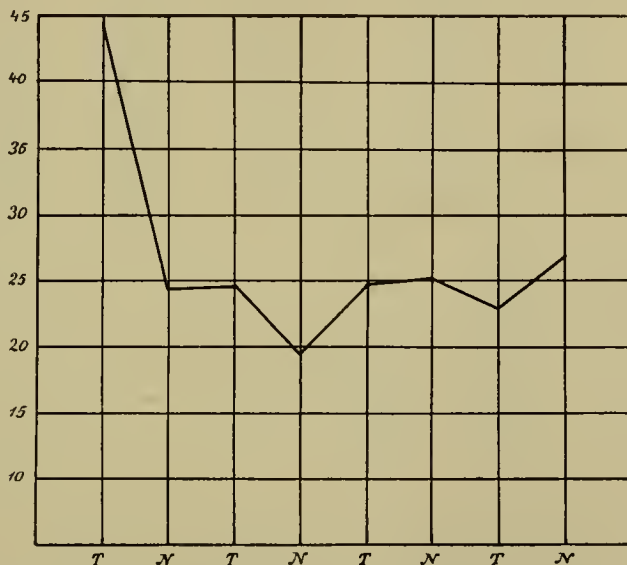


Fig. 24. Graphische Darstellung der Resultate der Tabelle 16 (zu Versuch 12). Die erste Produktion der Kohlensäure ist von 12 Uhr mittags bis 6 Uhr nachmittags gemessen, die übrigen von 6—6 Uhr.

Am 5. Juli 1911 haben wir um 5 Uhr nachmittags Blätter von der Pflanze abgeschnitten. Sie wurden mit Wasser gesättigt. Die zum Versuch benutzte Portion wog dann 80 g. Der Versuch wurde am 5. Juli um 6 Uhr nachmittags begonnen. Die Blätter wurden unter der Glasglocke mit den Stielen in die Löcher der Einrichtung b (1911) gestellt und durch Glasstäbchen voneinander getrennt gehalten. In die Schalen wurden zusammen 100 ccm Wasser gegossen, das vorher gekocht war und zwei Tage lang in freier Luft gestanden hatte.

Der Versuch wurde mit dem Behälter B und dem Apparat II gemacht. Freies Volumen des Behälters B 4973 ccm. Der Versuch wurde im Brutraum ausgeführt. Die Resultate des Versuchs sind für die Tag- und Nachtproduktion in der Tabelle 17 und der Figur 25 dargestellt. Man sieht aus der Tabelle und der Kurve, daß in der ersten Nacht eine schwach gesteigerte Kohlensäure-

produktion konstatiert werden konnte, daß dann ein Abfallen bis zur Terminalproduktionsgröße schon in der zweiten Nacht eingetreten war. Diese bestand ungefähr  $2\frac{1}{2}$  Volltage. Hierauf trat ein Ansteigen der Kohlensäureproduktion am Tage ein.

Tabelle 17 a. (Zu Versuch 13.)

Beta vulgaris. Abgeschnittene Blätter einer erst etiolierten, dann einen Monat im Freien kultivierten Pflanze; 80 g Frischgewicht. Begonnen am 5. Juli 6 Uhr nachmittags. Temperatur 25,4—26,7° C.

	Luftstrom pro Stde.	Gesamte entw. CO <sub>2</sub>	Entw. CO <sub>2</sub> pro Stde.	CO <sub>2</sub> pro Stde. für 100 g Frischgew.	Temperatur in der Glocke	Temperatur im Brutraum
	in Liter	in g	in g	in g		
Nacht	5	0,3878	0,0323	0,0404	25,4 <sup>0</sup>	25,4 <sup>0</sup>
Tag	6	0,3623	0,0302	0,0377	25,66 <sup>0</sup>	25,25 <sup>0</sup>
Nacht	5,5	0,3353	0,0279	0,0349	26,0 <sup>0</sup>	25,7 <sup>0</sup>
Tag	5,5	0,3639	0,0303	0,0379	26,0 <sup>0</sup>	25,8 <sup>0</sup>
Nacht	5,5	0,3309	0,0276	0,0345	26,1 <sup>0</sup>	25,8 <sup>0</sup>
Tag	5,5	0,3716	0,0310	0,0387	26,1 <sup>0</sup>	25,95 <sup>0</sup>
Nacht	6	0,3529	0,0294	0,0368	26,4 <sup>0</sup>	26,1 <sup>0</sup>
Tag	6	0,4198	0,0350	0,0437	26,7 <sup>0</sup>	26,26 <sup>0</sup>

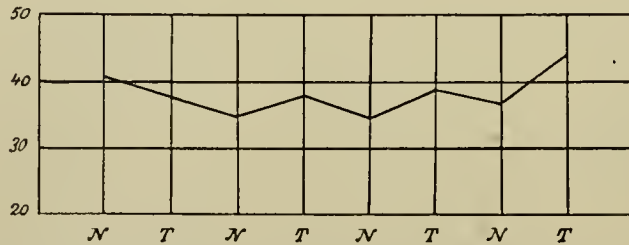


Fig. 25. Graphische Darstellung der Resultate des Versuches 13 (Tabelle 17 a). Beta vulgaris, abgeschnittene Blätter.

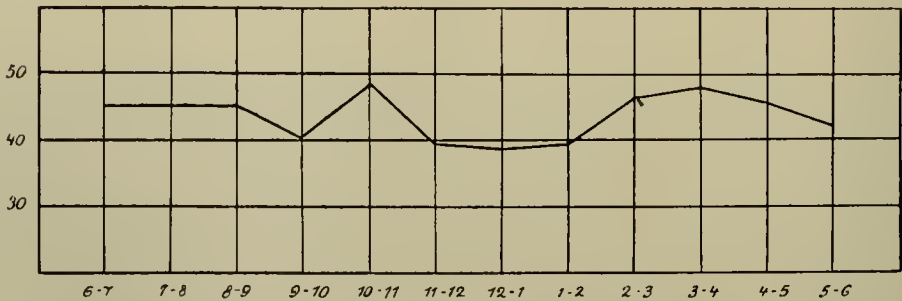


Fig. 26. Graphische Darstellung der Resultate der Tabelle 17 β (Versuch 13). Beta vulgaris, abgeschnittene Blätter. Stundenproduktion an Kohlensäure. Die Zahlen auf der Abszisse bedeuten die Tagesstunden von 6 Uhr vormittags bis 6 Uhr nachmittags, die Zahlen an der Ordinate die pro 100 g Frischgewicht erzeugten Milligramme Kohlensäure.



Am Tage des letzten Volltages wurde die Kohlensäureproduktion stündlich bestimmt. Die Resultate sind in Tabelle 17  $\beta$  und in Figur 26 mitgeteilt. Ein Maximum findet sich zwischen 10 und 11 und eins zwischen 3 und 4 Uhr. Es ist zu beachten, daß am letzten Volltag die Pflanze schon nicht mehr ganz normal war.

$$\frac{T}{N} = 1,1.$$

Tabelle 17  $\beta$ . (Zu Versuch 13.)

Beta vulgaris. Abgeschnittene Blätter von 80 g. Frischgewicht. Stündliche Produktion von Kohlensäure am 4. Tage des Versuches 13. Temperatur in der Glocke 26,7° C.

		Luftstrom pro Stde. in Liter	Entw. CO <sub>2</sub> pro Stde. in g	CO <sub>2</sub> pro Stde. für 100 g Frischgew. in g	Temperatur in der Glocke	Temperatur im Brutraum
9. Juli/Tag						
	6—7 Uhr	6	0,0363	0,0454	26,7 <sup>0</sup>	26,1 <sup>0</sup>
	7—8 „	6	0,0363	0,0454	26,7 <sup>0</sup>	26,1 <sup>0</sup>
	8—9 „	6	0,0363	0,0454	26,7 <sup>0</sup>	26,1 <sup>0</sup>
	9—10 „	6	0,0323	0,0404	26,7 <sup>0</sup>	26,1 <sup>0</sup>
	10—11 „	6	0,0389	0,0487	26,7 <sup>0</sup>	26,1 <sup>0</sup>
	11—12 „	6	0,0317	0,0396	26,7 <sup>0</sup>	26,1 <sup>0</sup>
	12—1 „	6	0,0310	0,0388	26,7 <sup>0</sup>	26,2 <sup>0</sup>
	1—2 „	6	0,0317	0,0396	26,7 <sup>0</sup>	26,3 <sup>0</sup>
	2—3 „	6	0,0370	0,0462	26,7 <sup>0</sup>	26,5 <sup>0</sup>
	3—4 „	6	0,0383	0,0478	26,7 <sup>0</sup>	26,5 <sup>0</sup>
	4—5 „	6	0,0363	0,0454	26,7 <sup>0</sup>	26,5 <sup>0</sup>
	5—6 „	6	0,0337	0,0421	26,7 <sup>0</sup>	26,5 <sup>0</sup>

### Versuch 13A (1912).

Versuch mit an der Pflanze befindlichen Blättern von Beta vulgaris.

Die zu dem Versuch benutzte Pflanze war im Sommer 1911 aus Samen gezogen, im Herbst ausgegraben und im Keller überwintert worden. Am 5. April wurde die Rübe in einen großen Blumentopf gepflanzt und im Dunkeln bei gewöhnlicher Temperatur treiben gelassen. Dann wurde der Behälter E aufgekittet, und die Pflanze weitere zwei Wochen im Dunkeln gehalten. Dabei waren die beiden Tuben offen. Es wurde auch täglich 2 Minuten lang Luft durch den Behälter gesogen, wobei dieser verdunkelt war.

Der freie Luftraum des Behälters E betrug ungefähr 3750 ccm. Benutzt wurde der Apparat II mit vorgelegtem Wasserturm, so daß die durchgesaugte Luft mit Wasserdampf gesättigt war.

Der Versuch wurde am 10. Mai 10 Uhr vormittags begonnen. Es wurden zuerst 4 Volltage lang die Tag- und Nachtproduktionen bestimmt. Die Tabelle 18 a gibt die dabei gewonnenen Resultate.

Tabelle 18 a. (Zu Versuch 13 A.)

Beta vulgaris. An der Pflanze sitzende etiolierete Laubblätter. Begonnen am 10. Mai 10 Uhr vormittags, beendigt am 14. Mai 8 Uhr vormittags. Die Intervalle sind angegeben. Die Temperatur im Behälter betrug 26—26,3° C.

Datum	Luftstrom pro Stde.	Nach	Entwickelte CO <sub>2</sub>		Von der ungewogenen Blattmenge pro Stde. entw. CO <sub>2</sub>		Temperatur im Behälter	Aussehen der Blätter
			in Liter	in g	in g	in g		
10. Mai	6h nachm.	8 Stdn.	2	0,1320	0,0165	26,0°	normal	
Nacht	5h vorm.	11 "	2	0,1848	0,0167	26,3°	"	
Tag	6h nachm.	13 "	2	0,2367	0,0182	26,2°	"	
Nacht	6h vorm.	12 "	2	0,2165	0,0180	26,2°	"	
Tag	6h nachm.	12 "	2	0,2138	0,0178	26,2°	"	
Nacht	8h vorm.	14 "	2	0,2464	0,0176	26,2°	"	
Tag	6h nachm.	10 "	2	0,1302	0,0130	26,2°	normal	
Nacht	8h vorm.	14 "	2	0,2429	0,0173	26,2°	nicht normal	

Der Versuch ergab also, daß die Kohlensäureproduktion der etiolierten Blätter annähernd konstant bleibt, daß keinesfalls regelmäßige Tag- und Nachtschwankungen vorkamen. Zuletzt, als ein paar Blätter erkrankten, trat eine anormale Schwankung ein.

Hier, wie bei allen Versuchen mit ganzen Pflanzen der Runkelrübe, ist zu beachten, daß während der Versuche kleine unberechenbare Änderungen der Verhältnisse durch Heranwachsen der Blätter stattfanden. Die geringere Produktion am ersten Volltage rührt wohl wesentlich von dem schädlichen Raum des Apparates her.

Am 14. Mai 8 Uhr vormittags wurde der Versuch unterbrochen und die Pflanze herausgenommen. Einige Blätter waren am Rande etwas schwarz geworden, enthielten aber keine Pilze. Nach Abschneiden der kranken Blätter wurde die Pflanze im Freien in den Schatten gestellt, so daß sie schwach assimilieren konnte. Bis zum 20. Mai 5 Uhr nachmittags waren alle Blätter ergrünt.

Am 20. Mai wurde die Pflanze wiederum in den Apparat eingekittet und in den Brutraum transportiert, wo die Kohlensäurebestimmungen wieder aufgenommen wurden. Der Apparat war insofern geändert worden, als jetzt der Wasserturm weggenommen worden war, so daß die Luft, welche den Apparat durchströmte, trocken war. Die Intervalle, in denen beobachtet wurde, gehen aus der Tabelle 18  $\beta$  hervor, in welcher die Resultate verzeichnet sind.

Die Zahlen zeigen, daß jetzt eine regelmäßige Periodizität eingetreten ist. Dabei ist die in der ersten Nacht erzeugte Kohlensäuremenge nicht größer als die in der zweiten Nacht erzeugte. Es findet aber dann ein Absinken der Kohlensäureproduktion statt. Nach Beendigung der in Tabelle 18  $\beta$  verzeichneten Untersuchung waren die Blätter von ganz normalem Aussehen. Die Pflanze wurde nun ins Freie an einen hellen Ort gestellt, an dem sie nur von 3—6 Uhr besonnt war. Dort stand sie bis zum 3. Juni, dann wurden die jüngeren Blätter abgeschnitten. Am 4. Juni wurde der Behälter E über die Blätter gestülpt und an der Rübe festgekittet. Am 5. Juni 7 Uhr vormittags wurde wieder mit der Kohlensäurebestimmung begonnen. Durch den Apparat wurde wieder getrocknete Luft hindurchgeleitet, welche, zur Vermeidung jeder Schädigung der Pflanze, jetzt zum ersten Male direkt aus dem Freien genommen wurde. Diese Verbesserung der Versuche wurde von jetzt ab immer beibehalten. Die Resultate dieses Versuchsabschnittes sind in der Tabelle 18  $\gamma$  zusammengestellt worden. Die Berechnung der Kohlensäureproduktion von 100 g Frischgewicht ist mit Benutzung des Gewichtes der am Ende dieses (Tabelle 18  $\gamma$ ) und des folgenden Versuches (Tabelle 18  $\delta$ ) abgeschnittenen Blätter vorgenommen worden. Es sind diese Zahlen nur annähernd richtig.

Am Ende des Versuches, also am 10. Juni 6 Uhr vormittags, waren einige Blätter am Rande geschwärzt. Die Pflanze wurde aus dem Apparat genommen und die kranken Blätter (6 Stück 3—7 cm breite, 4—10 cm lange Blätter mit 7—14 cm langen Stielen) wurden abgeschnitten und gewogen. Ihr Frischgewicht betrug 13 g. Hierauf wurde die Pflanze wieder in den Behälter E eingekittet

Beta vulgaris. An der Pflanze sitzende ergrünte Laubblätter. Begonnen am 20. Mai 5 Uhr nachmittags, beendigt am 23. Mai 6 Uhr vormittags. Die Intervalle sind genau angegeben. Temperatur 25° C.

Tabelle 18 β. (Zu Versuch 13 A.)

Datum	Luftstrom pro Stde	Nach	Entwickelte		Temperatur im Behälter	Aussehen der Blätter
			CO <sub>2</sub> in g	ungewogenen Blattmenge pro Stde. entw. CO <sub>2</sub> in g		
Nacht 21. Mai 6h a. m.	2	13 Stdn.	0,2754	0,0212	25°	normal
Tag 21. " 6h p. m.	2	12 "	0,3406	0,0280	25°	"
Nacht 22. " 7h a. m.	2	13 "	0,2754	0,0212	25°	"
Tag 22. " 6h p. m.	2	11 "	0,2543	0,0231	25°	"
Nacht 23. " 6h a. m.	2	12 "	0,2560	0,0213	25°	"

Tabelle 18 γ. (Zu Versuch 13 A.)

Beta vulgaris. An der Pflanze sitzende, etwas älter gewordene grüne Laubblätter. Begonnen am 5. Juni 7 Uhr vormittags, beendet am 10. Juni 6 Uhr vormittags, wo die Blätter etwas erkrankt waren. Temperatur 24,5—25,2° C.

Tag Nacht	Datum	Luftstrom pro Stde. in Liter	Nach Stunden	Entwickelte CO <sub>2</sub>		CO <sub>2</sub> pro Stde.		CO <sub>2</sub> pro Stde. für 100 g Frischgewicht im Behälter		Ausschen der Blätter
				in g	in g	in g	in g	in g	in g	
5.	Juni	2	11	0,1637	0,0148	0,0310	24,5 <sup>0</sup>	24,5 <sup>0</sup>	normal	
6.	"	2	13	0,1742	0,0134	0,0279	24,5 <sup>0</sup>	24,5 <sup>0</sup>	"	
6.	"	2	11	0,1725	0,0156	0,0326	25,2 <sup>0</sup>	25,2 <sup>0</sup>	"	
7.	"	2	13	0,1830	0,0140	0,0291	25,0	25,0	"	
7.	"	2	11	0,1707	0,0155	0,0323	25,0 <sup>0</sup>	25,0 <sup>0</sup>	4 cm gewachsen	
8.	"	2	13	0,1628	0,0125	0,0260	25,0 <sup>0</sup>	25,0 <sup>0</sup>	weiter gewachsen	
8.	"	2	11	0,1646	0,0149	0,0310	25,0 <sup>0</sup>	25,0 <sup>0</sup>	normal	
9.	"	2	12	0,1470	0,0122	0,0254	25,0 <sup>0</sup>	25,0 <sup>0</sup>	"	
9.	"	2,4	12	0,1839	0,0153	0,0318	25,0 <sup>0</sup>	25,0 <sup>0</sup>	normal	
10.	"	2	12	0,1839	0,0153	0,0318	25,0 <sup>0</sup>	25,0 <sup>0</sup>	nicht normal	

und im Schatten stehen gelassen. Dabei wurden am Tage pro Stunde 10 Liter Luft durch den Apparat hindurchgesaugt, in der Nacht 1—2 Liter pro Stunde.

Auch jetzt sehen wir, daß die normalen Tages- und Nachtschwankungen eingetreten sind und bis zur Erkrankung der Blätter festgehalten werden.

Die Pflanze stand also nun vom 10. Juni 6 Uhr vormittags an, eingekittet in den Behälter E, im Freien im Schatten und wurde, wie angegeben, mit atmosphärischer Luft versorgt. Am 11. Juni war vormittags der Himmel bedeckt und die Temperatur betrug 16°; der Nachmittag war sonnig, die Temperatur betrug 23°. Am 12. Juni war der Himmel den ganzen Tag über bedeckt, die Temperatur betrug 18°. Am 13. Juni vormittags Himmel bedeckt, nachmittags etwas sonnig, Temperatur 22°.

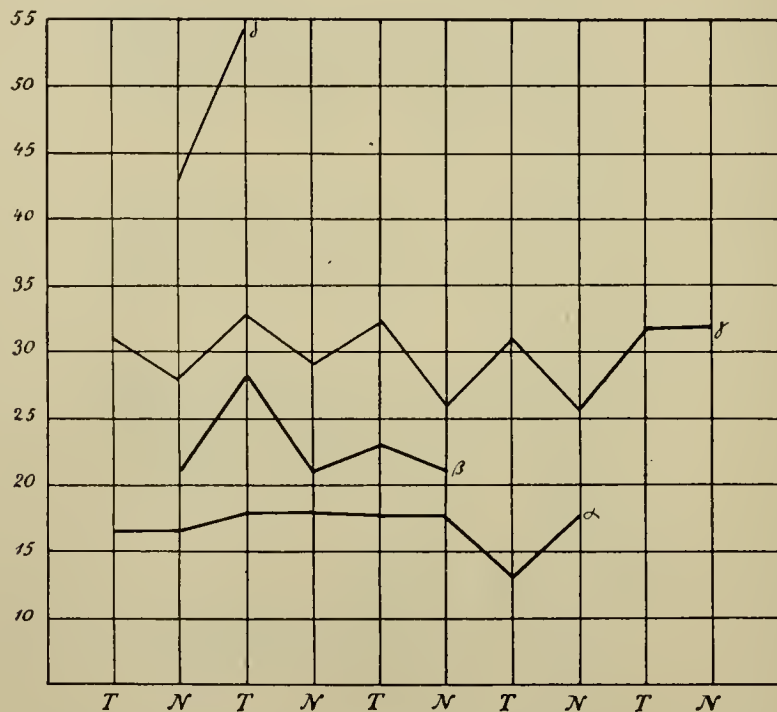


Fig. 27. Graphische Darstellung der in den Tabellen 18  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $\delta$  mitgeteilten Resultate des Versuches 13 A (1912). Beta vulgaris, Blätter an der Pflanze.

Am 13. Juni 6 Uhr nachmittags wurde die Pflanze in den Brutraum transportiert, und die Kohlensäurebestimmungen wurden wieder begonnen. Die Resultate der Messungen sind in der Tabelle 18  $\delta$  mitgeteilt.

Am 14. Juni 6 Uhr nachmittags wurde die Pflanze aus dem Behälter genommen, und die Blätter wurden abgeschnitten. Sie waren ganz normal, ihr Frischgewicht betrug 35 g. Die größte Blattspreite war 8 cm lang und 4,5 cm breit. Die Stiele der Blätter waren 10—14 cm lang.

Auffällig ist hier die relative Größe der Kohlensäureproduktion gegenüber der in der Tabelle 18  $\gamma$  verzeichneten. Diese Verstärkung rührt wahrscheinlich von einem relativ großen Kohlehydratgehalte der Blätter her.

Tabelle 18 δ. (Zu Versuch 13 A.)

Beta vulgaris. An der Pflanze sitzende Blätter.

Nacht Tag	Datum	Luftstrom pro Stde.		Nach	Entwickelte CO <sub>2</sub>		CO <sub>2</sub> pro Stde. in g	CO <sub>2</sub> pro Stde. für 700 g Frischgewicht im Behälter in g	Temperatur im Behälter	Aussehen der Blätter
		in Liter	pro Stde.		in g	pro Stde.				
	14. Juni	2		13	0,1926	0,0149	0,0426	25°	normal	
	14. "	2		11	0,2859	0,0189	0,0540	25°	"	

## Versuch 13 B (1912).

Versuch mit grünen, nicht völlig erwachsenen, an der Pflanze befindlichen Laubblättern von *Beta vulgaris*.

Die Pflanze wurde Ende Juli 1911 in einen Topf gepflanzt, in den Keller gebracht und überwintert. Im April 1912 wurde sie in den Hof in den Schatten gestellt, bis die Blätter 20—30 cm lang waren. Dann wurden die schlecht entwickelten Blätter abgeschnitten, die Pflanze in den Apparat (Behälter E) gekittet und drei Tage im Schatten stehen gelassen. Der Apparat wurde erst mit kohlenstofffreier Luft gereinigt und dann in den Brutraum transportiert. Der Versuch begann am 14. Mai und wurde nur bis zum 17. Mai 5 Uhr nachmittags fortgesetzt, weil dann einige ältere Blätter am Rande und die jüngeren am Vegetationspunkte ganz schwarz geworden waren. Die Tabelle 19 enthält die Resultate des Versuches.

Sie zeigen, daß Tages- und Nachtschwankungen vorhanden sind. Dabei erfolgt Ansteigen der Kohlensäureproduktion.

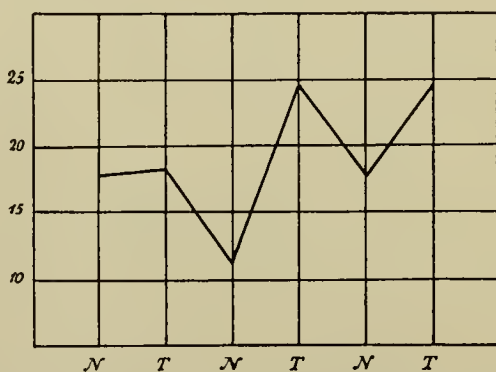


Fig. 28. Graphische Darstellung der Resultate des Versuches 13 B (1912). *Beta vulgaris*. Blätter an der Pflanze.

## Versuch 13 C (1912).

Versuch mit etiolierten Blättern von *Beta vulgaris*.  
(Umkehrung der Volltagsperiode.)

## I.

Eine vorjährige Rübe wurde vom 13. Mai bis 12. Juni in der Dunkelkiste zum Treiben gebracht, so daß dann nur neuentstandene, farblose Blätter an ihr vorhanden waren. Ein Stück photographisches Papier, welches sich während der Entwicklungszeit der Blätter in der Dunkelkiste befand, war unverändert geblieben.

Am 12. Juni 8 Uhr abends haben wir damit begonnen, die Pflanze mit elektrischem Licht zu beleuchten. Die Pflanze stand dabei offen im Freien. Als Lichtquelle benutzten wir zwei elektrische Bogenlampen. Zwischen den Lampen und der Pflanze wurde eine mit Wasser gefüllte Kuvette von 51 cm Höhe, 42 cm Breite und 17 cm Tiefe aufgestellt. Das Wasser wurde durch ein



Tabelle 19. (Zu Versuch 13 B.)  
 Beta vulgaris. Grüne Blätter an der Pflanze. Begonnen am 14. Mai 6 Uhr nachmittags, beendet am 17. Mai  
 5 Uhr nachmittags. Temperatur im Behälter 25,2—25,6° C.

Datum	Luftstrom pro Stde.	Nach	Gesamte entwickelte CO <sub>2</sub>	in g	Von der ungewogenen Blattmenge entw. CO <sub>2</sub> pro Stde.	Temperatur im Behälter	Aussehen der Blätter
Nacht 15. Mai 7h a. m.	2	13 Stunden	0,2306	0,0177	25,6°	normal	
Tag 15. " 6h p. m.	2	" "	0,2006	0,0182	25,6°	"	
Nacht 16. " 6h a. m.	2	" "	0,1373	0,0114	25,4°	normal	
Tag 16. " 6h p. m.	2	" "	0,2930	0,0244	25,4°	"	
Nacht 17. " 7h a. m.	2	" "	0,2305	0,0177	25,2°	normal	
Tag 17. " 5h p. m.	2	" "	0,2455	0,0245	25,2°	nicht normal	

an der Oberfläche des Wassers liegendes, vielfach gewundenes Bleirohr gekühlt, welches von kaltem Wasser durchströmt war.

Die Lichtquelle war 65 cm, die Pflanze 11 cm von der Küvette entfernt. Während der Beleuchtung schwankte die Temperatur zwischen 16,5<sup>0</sup> und 19<sup>0</sup> C. Ein Sproß von *Elodea canadensis*, welcher sich in einem mit Wasser gefüllten Zylinder befand, wurde neben die Topfpflanze gestellt. Er entwickelte 123 Blasen pro Minute. Die Beleuchtung wurde am 12., 13. und 14. Juni je von 8 Uhr abends bis 1 Uhr nachts ausgeführt; in der Zwischenzeit wurde die Pflanze in völliger Dunkelheit gehalten.

Am 15. Juni 6 Uhr nachmittags wurde die Pflanze in den im Brutraum stehenden Apparat (Behälter E) eingekittet. Die größten Blätter waren 20 cm hoch und gelbgrün. Durch den Apparat wurde ein getrockneter Luftstrom hindurchgeleitet.

Mit dem Versuch zur Messung der Kohlensäure wurde also am 15. Juni 6 Uhr nachmittags begonnen. Die Tabelle 20<sup>a</sup> enthält die Resultate der Kohlensäurebestimmungen. In dieser Tabelle bedeutet H die Volltageszeit, in welche die Beleuchtungsperiode fiel (z. B. am 15.-16. Juni die Zeit vom 15. Juni 6 Uhr nachmittags bis 16. Juni 7 Uhr vormittags), D die Volltagsstunden, in welche die Verdunkelungsperioden am 12., 13. und 14. Juni fielen.

Obleich die Zeit vom 15. Juni 6 Uhr nachmittags bis 16. Juni 7 Uhr vormittags auf 5 Stunden Beleuchtungszeit noch 8 Stunden Dunkelzeit enthielt, ist die Kohlensäureproduktion (0,018 g pro Stunde) infolge der Nachwirkung der Beleuchtung doch noch deutlich stärker als in der Zeit von 7 Uhr vormittags bis 6 Uhr nachmittags (0,0146 g pro Stunde). Nehmen wir an, daß in den 8 Stunden des mit H bezeichneten Zeitabschnittes des ersten Volltages die Kohlensäureproduktion ebenso stark gewesen sei wie in der mit D bezeichneten Zeit, so ist die Produktion in den 5 Stunden, welche der Beleuchtungszeit entsprachen, = 0,2341 — 0,1168 = 0,1173 g gewesen, also in einer Stunde ungefähr 0,023 g. Am zweiten Volltage überwiegt die Produktion der 12-stündigen H-Zeit auch die der 12-stündigen D-Zeit. Am dritten Volltage wurde die Kohlensäurebestimmung in kürzeren Intervallen vorgenommen, so daß die eigentliche Hellzeit von 5 Stunden allein herausgeschnitten wurde. In dieser Zeit ist wohl die Nachwirkung schon etwas erloschen, trotzdem tritt die Hellproduktion pro Stunde noch mit 0,0177 g gegenüber allen andern Zahlen hervor. Die Blätter wuchsen auch während des Versuchs ziemlich stark, so daß eine kleine Vermehrung der Produktion und ein Erlöschen wegen des Wachstums vorauszusehen war.

Es zeigt sich also in diesem Versuche deutlich, daß eine Einprägung der Hell- und Dunkelperiode in die Zellen der Blätter stattgefunden hat. Die Hellzeit liegt übrigens in der Nachtzeit, die Dunkelperiode in der Tageszeit des Volltages.

Von 8 Uhr nachmittags (18. Juni) bis 2 Uhr vormittags (19. Juni) wurde die Pflanze, welche in den Apparat eingekittet war, wiederum mittelst der elektrischen Lampen beleuchtet. Sie war von der Lichtquelle 93 cm entfernt. Das Licht passierte die mit kaltem Wasser gefüllte Küvette. Die Temperatur

Tabelle 20 a. (Zu Versuch 13 C a.)  
 Beta vulgaris. Etiolierte Blätter an der Pflanze, in bestimmten Intervallen verdunkelt und beleuchtet. Be-  
 gonnen am 15. Juni 6 Uhr nachmittags. Temperatur 25° C.

Datum	Luftstrom pro Stde.	Nach	Entwickelte CO <sub>2</sub>	Von der Blattmenge pro Stde. entw. CO <sub>2</sub>	Temperatur im Behälter	Aussehen der Blätter
	in Liter	Stunden	in g	in g		
H. 16. Juni	2	13	0,2341	0,0180	25°	normal
D. 16. "	2	11	0,1610	0,0146	25°	"
H. 17. "	2	12	0,2094	0,0175	25°	normal
D. 17. "	4	12	0,1953	0,0162	25°	"
D. 17. "	4	2	0,0297	0,0148	25°	"
H. 18. "	4	5	0,0884	0,0177	25°	"
D. 18. "	4	8	0,1188	0,0148	25°	"
D. 18. "	4	9	0,1531	0,0170	25°	3—4 cm ge- wachsen
D. 18. "	4	2	0,0317	0,0158	25°	normal

Tabelle 20  $\beta$ . (Zu Versuch 13 C  $\beta$ .)

Beta vulgaris. Schon etwas ergrünte Blätter an der Pflanze; Fortsetzung des Versuches 13 C  $\alpha$ . Kohlen-  
säurebestimmung ausgeführt nach 6-stündiger Beleuchtung. Begonnen am 19. Juni 2 Uhr vormittags. Tempe-  
ratur im Behälter 25° C.

Datum	Luftstrom pro Stde.	Nach	Entwickelte CO <sub>2</sub>	Von der		Temperatur im Behälter	Aussehen der Blätter
				in g	in g		
D. 19. Juni	2	7 Stunden	0,2244	0,0320	25°	normal	
D. 19. "	3	"	0,1601	0,0178	25°	"	
D. 19. "	4	"	0,0396	0,0198	25°	"	
D. 20. "	4	"	0,1074	0,0195	25°	"	
D. 20. "	4	"	0,1399	0,0164	25°	"	
D. 20. "	4	"	0,1135	0,0151	25°	"	
D. 21. "	4	"	0,1592	0,0133	25°	"	

in dem Apparat betrug 18—20° C. Durch den Apparat wurde während der Beleuchtung ein Luftstrom von 10 Liter pro Stunde, welcher 2% (Volum) Kohlensäure enthielt, hindurchgeleitet, so daß eine schwache Assimilation stattfinden konnte. Nach der Beleuchtung wurde der Apparat mit kohlensäurefreier Luft gereinigt. Sodann wurden die Kohlensäurebestimmungen bei konstanter Temperatur wieder vorgenommen. Die Resultate sind in der Tabelle 20  $\beta$  zusammengestellt.

Der Versuch zeigt uns, daß die schwach ergrüneten Blätter gleich nach der Beleuchtungsperiode im Dunkeln eine Menge von CO<sub>2</sub> erzeugten, welche größer ist als die größte Menge, welche wir in dem Versuch 13 C  $\alpha$  erhielten. Wenn auch die Blätter etwas gewachsen sind, so ist doch diese Kohlensäureproduktion so groß, daß es scheint, als sei eine Nachwirkung irgendeines Reizes, entweder eines ergastogenen oder plasmogenen, daran schuld. Wir sehen dann, daß die Kohlensäureproduktion mehr und mehr absinkt. Dabei sehen wir Schwankungen eintreten, welche vielleicht noch mit der früher induzierten Periode zusammenhängen.

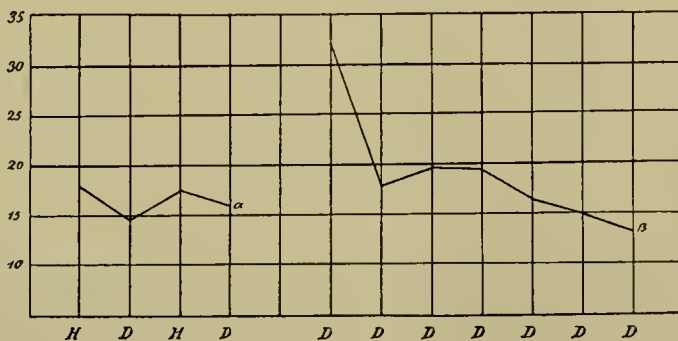


Fig. 29. Graphische Darstellung der Resultate der Tabellen 20  $\alpha$  und  $\beta$  (Versuch 13 C  $\alpha$  (1912) und 13 C  $\beta$  (1912)). Beta vulgaris.

### Versuch 14 $\alpha$ und $\beta$ .

Versuch mit an der Pflanze befindlichen Blättern von Humulus japonicus.

Die Pflanze war in einem Topfe im Freien kultiviert worden. Sie war dort früh bis 9 Uhr vormittags und von 3—6 Uhr nachmittags besonnt, von 9 Uhr vormittags bis 3 Uhr nachmittags beschattet. Am 24. Juni haben wir einen Sproß mit vielen Blättern ausgesucht, von welchem die Spitze, die jungen Blätter und die Zweige bis auf einen kleinen oberen abgeschnitten wurden. Sie wurde von der Stange abgewickelt und wieder in gerader Linie mit Filterpapier an der Stange befestigt. Die so hergerichtete Pflanze wurde bis zum 1. Juli 9 Uhr vormittags im Freien stehen gelassen, dann wurde der Topf in den Brutraum transportiert. Hier wurde der zu untersuchende Sproß von 1 m Länge, der 9 große stärkereiche Blätter trug, in den Behälter C vorsichtig eingeführt. Die Öffnung des Behälters wurde durch einen Korkpfropfen verschlossen, der in der

Mitte eine Längsdurchbohrung von der Stärke des Sprosses hatte und der durch einen Längsschnitt in zwei Hälften geteilt war, welche um den Stiel der Ranke gelegt wurden, so daß dieser genau in die Längsdurchbohrung paßte; die Korkhälften wurden mit Wollfett verkittet. In den Apparat wurden 50 ccm Wasser gebracht. In den ersten drei Tagen und zwei Nächten wurden 4 Liter Luft pro Stunde durch den Apparat geleitet, am letzten Volltage 6 Liter. Der Versuch begann am 1. Juli 9 Uhr vormittags. Am ersten Tage wurde die Kohlensäureproduktion von dieser Zeit bis 6 Uhr nachmittags desselben Tages gemessen, hierauf, bis zum 4. Juli 6 Uhr vormittags stets die 12-stündige Kohlensäureproduktion. Die während dieser Periode und während des Tages des 4. Juli von allen Organen Tag und Nacht produzierten Kohlensäuremengen sind in der Tabelle 21  $\alpha$  und in der Kurve Fig. 30 verzeichnet.

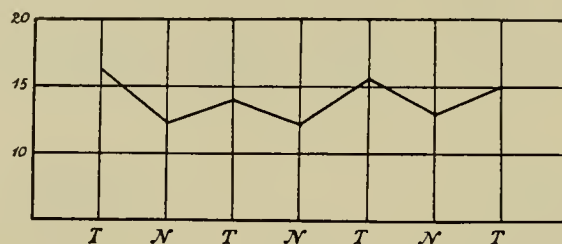


Fig. 30. Graphische Darstellung der Resultate des Versuchs 14 (Tabelle 21).  
Humulus japonicus.

Tabelle 21  $\alpha$ . (Zu Versuch 14  $\alpha$ .)

Humulus japonicus. 21,5 g Blattspreiten, 11,5 g Blattstiele, 17,5 g Achse, 4,2 g (4 Stück) neue Sproßanlagen, 0,08 g neuentwickelte Wurzeln. Begonnen am 1. Juli 9 Uhr vormittags. Am ersten Tage die Kohlensäureproduktion von 9 Uhr vormittags bis 6 Uhr nachmittags gemessen, sonst stets von 6 bis 6 Uhr.

	Luftstrom pro Stde. in Liter	Gesamte entwickelte CO <sub>2</sub> in g	Von allen Organen pro Stde. entwickelte CO <sub>2</sub> in g	Temperatur in der Flasche	im Brutraum
Tag (9—6 h)	4	0,1469	0,01632	25,4 <sup>0</sup>	25,4 <sup>0</sup>
Nacht	4	0,1478	0,01232	25,8 <sup>0</sup>	25,8 <sup>0</sup>
Tag	4	0,1681	0,01400	25,6 <sup>0</sup>	25,6 <sup>0</sup>
Nacht	4	0,1478	0,01232	25,3 <sup>0</sup>	25,3 <sup>0</sup>
Tag	4	0,1881	0,01567	25,6 <sup>0</sup>	25,6 <sup>0</sup>
Nacht	6	0,1557	0,01297	25,4 <sup>0</sup>	25,4 <sup>0</sup>
Tag	6	0,1808	0,01507	25,5 <sup>0</sup>	25,5 <sup>0</sup>

Während des Verlaufes des Versuchs begann am untern Ende der Achse am 2. Juli die Entwicklung von Nebenwurzeln, welche am 3. Juli 6 Uhr nachmittags eine Länge von 0,1—0,4 cm erreicht hatten, am 4. Juli 6 Uhr vormittags eine Länge von 1 cm. Auch 4 neue Zweiglein waren entstanden. Vom 4. Juli 6 Uhr vormittags an wurde die Bestimmung der Kohlensäure stündlich ausgeführt (Versuch 14  $\alpha$ ). Der Luftstrom betrug während dieser Zeit 6 Liter pro

Stunde. Die Temperatur war gleichmäßig 25,5<sup>0</sup>. Die Resultate der stündlichen Messungen sind in der Tabelle 14 β und in der Kurve Fig. 31 mitgeteilt.

Tabelle 21 β. (Zu Versuch 14 β.)

Humulus japonicus. 21,5 g Blattspreite, 11,5 g Blattstiele, 17,5 g Achse, 4,2 g neuangelegte Sproßzweiglein, 0,08 g während des Versuches entwickelte Wurzeln. Stündliche Kohlensäureproduktion am vierten Tage des Versuches 14.

Tag	6—7	Uhr	Luftstrom	Entwickelte	Temperatur	
			pro Stde.	CO <sub>2</sub>	in der	im
			in Liter	pro Stde.	Flasche	Brutraum
				in g		
	6—7	Uhr	6	0,01320	25,5 <sup>0</sup>	25,5 <sup>0</sup>
	7—8	„	6	0,01452	25,5 <sup>0</sup>	25,5 <sup>0</sup>
	8—9	„	6	0,01584	25,5 <sup>0</sup>	25,5 <sup>0</sup>
	9—10	„	6	0,01716	25,5 <sup>0</sup>	25,5 <sup>0</sup>
	10—11	„	6	0,01650	25,5 <sup>0</sup>	25,5 <sup>0</sup>
	11—12	„	6	0,01452	25,5 <sup>0</sup>	25,5 <sup>0</sup>
	12—1	„	6	0,01584	25,5 <sup>0</sup>	25,5 <sup>0</sup>
	1—2	„	6	0,01452	25,5 <sup>0</sup>	25,5 <sup>0</sup>
	2—3	„	6	0,01320	25,5 <sup>0</sup>	25,5 <sup>0</sup>
	3—4	„	6	0,01584	25,5 <sup>0</sup>	25,5 <sup>0</sup>
	4—5	„	6	0,01518	25,5 <sup>0</sup>	25,5 <sup>0</sup>
	5—6	„	6	0,01452	25,5 <sup>0</sup>	25,5 <sup>0</sup>

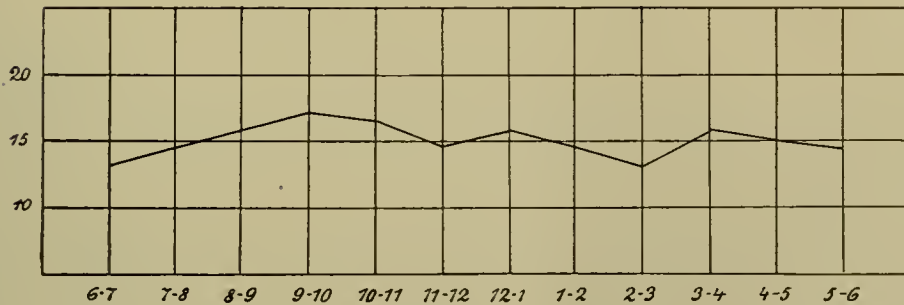


Fig. 31. Graphische Darstellung der Resultate des Versuches 14 β. Stündliche Produktion an Kohlensäure während des vierten Tages des Versuches 14 (von 6 Uhr morgens bis 6 Uhr abends).

Nach dem Versuch wurde der in der Flasche befindliche Teil der Ranke abgeschnitten und die einzelnen Teile derselben getrennt gewogen. Länge des Stammes = 1 m, Frischgewicht von 9 großen Blättern mit Blattstielen = 33 g (ein Blatt ist etwas gelblich geworden), Frischgewicht von 9 Blattstielen = 11,5 g, Frischgewicht der Blattlappen = 21,5 g, Wurzeln waren auf eine Strecke von 30 cm entwickelt worden. Frischgewicht der Wurzeln (0,2—1,3 cm lang) = 0,08 g. 4 neue Sprosse, 5, 10, 12, 12 cm lang, zusammen 4,2 g (Frischgewicht) wiegend, sind entwickelt. Die Achse besaß 17,5 g Frischgewicht.

Mehr als die Hälfte von den an der Pflanze außerhalb der Flasche befindlichen Blättern waren während des Experiments gelblich geworden. Ins Freie gebracht, wurden sie nicht wieder grün, sondern trockneten und fielen ab.

In die Flasche hatten wir zu Beginn des Versuchs 50 ccm destilliertes Wasser gegossen, nach dem Versuch haben wir 165 ccm Wasser vorgefunden. Es waren also von den in der Flasche befindlichen Pflanzenteilen 115 ccm Wasser ausgeschieden worden.

Die an der Pflanze sitzenden Blätter von *Humulus japonicus* hielten die Verdunkelung nur 3½ Volltage aus, dann begann schon ein Blatt gelblich zu werden, obgleich von vornherein alle Blätter stärkereich waren.

Die Pflanze war nach dem Zurechtschneiden erst 7 Tage stehen gelassen worden, so daß die Periode der Reizung vorüber war. Sie zeigte nach dem Einbringen in den Brutraum kein auffallendes Ansteigen der Kohlensäureproduktion und begann sogleich mit relativ regelmäßigen Tag- und Nachtschwankungen. Kleine Unregelmäßigkeiten können sehr wohl durch das Wachstum und die dadurch verstärkte Atmung der Sprosse und Wurzeln in die Produktion der Kohlensäure hineingekommen sein, die ja auch nicht die Produktion der Blätter allein repräsentiert. Die in dem Versuche 14<sup>a</sup> beobachteten Schwankungen der Kohlensäureproduktion sind vielleicht schon nicht mehr völlig normal, da die Blätter an dem Tage, an welchem die Stundenproduktion untersucht wurde, schon zu erkranken begannen.

### Versuch 15.

Versuch mit an der Pflanze sitzenden Blättern von  
*Abutilon venosum*.

Am 14. Juni 1911 nachmittags 5 Uhr bereiteten wir ein Exemplar von *Abutilon* von ungefähr 70—80 cm Höhe zum Versuch vor. Die Pflanze war in einem Topf im Warmhaus kultiviert, hatte dann aber einige Tage im Freien im Schatten gestanden. Sie wurde sorgfältig von der Spitze an auf etwa 50 cm in den Behälter D eingeführt.

Um die durch den Apparat geleitete Luft kohlenstofffrei zu machen, haben wir die Turmflaschen von Apparat II gebraucht. Das obere Ende des Behälters wurde mit einem Kautschukpfropfen verschlossen, durch den ein Thermometer führte, dessen Kugel mitten zwischen die Blätter zu stehen kam. Nachdem die Pflanze in den Apparat eingeführt und dieser verschlossen worden war, haben wir einen kohlenstofffreien Luftstrom von 8 Liter pro Stunde 1 Stunde lang hindurchgeleitet.

Um 6 Uhr nachmittags des 15. Juni wurde der Versuch begonnen und dann ständig ein Luftstrom von 4 Liter pro Stunde benutzt. Der Versuch wurde am 17. Juni 12 Uhr mittags beendet, weil die Blätter krank waren, mehrere waren gelb geworden. Die Pflanze wurde aus dem Rohr herausgenommen, die Blätter wurden abgeschnitten und getrennt gewogen:

Große Blätter = 21 g, noch gesund; sehr kleine Blätter = 8 g, noch gesund; alte große Blätter = 8 g, gelb; junge kleine Blätter = 5 g, gelb; Knospen = 1,6 g, gesund; Stamm = 23 g.

Aus dem anfänglichen Anwachsen der Kohlensäureproduktion kann man auf eine Reizung der Pflanze schließen. Die gesteigerte Atmung konnte nicht auf das normale Maß zurückgehen, weil die Blätter krank wurden.



Tabelle 22. (Zu Versuch 15.)

*Abutilon venosum*. 43,6 g Blätter + 23 g Achse; Blätter bald erkrankend.  
 Begonnen am 15. Juni 6 Uhr nachmittags. Temperatur 25,2—25,5°.

	Luftstrom pro Stde.	Gesamte entwickelte CO <sub>2</sub>	Entwickelte CO <sub>2</sub> pro Stde.	Temperatur in der Glocke	Temperatur im Brutraum
Nacht	4	0,4620	0,0355	25,5 <sup>0</sup>	25,5 <sup>0</sup>
Tag	4	0,2640	0,0240	25,45 <sup>0</sup>	25,36 <sup>0</sup>
Nacht	4	0,2312	0,0193	25,8 <sup>0</sup>	25,4 <sup>0</sup>
Tag	4	0,2158	0,0180	25,46 <sup>0</sup>	25,26 <sup>0</sup>
Nacht	4	0,2649	0,0221	25,4 <sup>0</sup>	25,2 <sup>0</sup>
Tag	4	0,1368	0,0231	25,4 <sup>0</sup>	25,2 <sup>0</sup>

Die Kohlensäureproduktion sinkt bis zum Ende des zweiten Volltages mit schwacher Tendenz zum Steigen, aber ohne Anzeichen einer Tag- und Nachtschwankung. Nach dem Abklingen der Reizung tritt Steigerung der Kohlensäureproduktion, wohl infolge des Krankwerdens der Blätter, ein.

### Versuch 16.

Versuch mit abgeschnittenen Blättern von *Dioscorea divaricata*.

Am 17. Juli 1911 haben wir um 5 Uhr nachmittags Blätter von einer Pflanze abgeschnitten, welche den ganzen Tag von direktem Sonnenlichte getroffen worden waren, wobei zeitweise eine Temperatur von 46° C in direkter Nähe der Blattflächen gemessen wurde. Sie wurden 1 Stunde lang zwischen nassem Filtrierpapier liegen gelassen, damit sie sich mit Wasser sättigen konnten. Die zum Versuch benutzte Portion betrug 60 g Frischgewicht. Die Blätter wurden mit den Stielen in die Einrichtung b (1911, S. 684) gestellt, in deren 3 Schalen je 50 ccm Wasser gegossen wurden, das vorher gekocht war und 2 Tage lang in freier Luft gestanden hatte. Der Versuch wurde mit dem Behälter B und dem Apparat II gemacht. Der freie Raum der Glocke betrug bei Berücksichtigung der darin stehenden 2 Dreifüße, 3 Glasplatten und 3 Schalen, der 150 g Wasser und der 60 g Blätter 4840 ccm.

Der Versuch wurde bei 26—27° C ausgeführt. Am Ende des Versuches zeigten einige Blätter gelbe Stellen. Die Blätter besaßen auf der Oberseite keine, auf der Unterseite 11,2 Spaltöffnungen pro Quadratmillimeter.

Der Versuch dauerte 7 Volltage. In der ersten Nacht hatte die Reizung eine Verstärkung der CO<sub>2</sub> = Produktion bewirkt. Vom Tage des ersten Volltages bis zur Nacht des dritten Volltages traten anscheinend normale periodische Schwankungen (Terminalproduktion) ein, dann aber hörten die Schwankungen fast vollständig auf, und es stellten sich unregelmäßige Oszillationen erst beim Erkranken der Blätter wieder ein.

Tabelle 23. (Zu Versuch 16.)

Abgeschnittene Blätter von *Dioscorea divaricata*. Begonnen am 17. Juni 1911, 6 Uhr nachmittags. Temperatur = 26—27° C.

	Luftstrom pro Stde. in Liter	Gesamte entwickelte CO <sub>2</sub> in g	Entw. CO <sub>2</sub> pro Stde. in mg	CO <sub>2</sub> pro Stde. für 100 g Frischgew. in mg	Temperatur in der Glocke	Temperatur im Brutraum
Nacht	6	0,1373	11,44	19,07	26,6 <sup>0</sup>	26,6 <sup>0</sup>
Tag	6	0,0871	7,26	12,10	26,7 <sup>0</sup>	26,7 <sup>0</sup>
Nacht	6	0,0598	4,99	8,32	26,7 <sup>0</sup>	26,7 <sup>0</sup>
Tag	6	0,0884	7,37	12,28	26,6 <sup>0</sup>	26,6 <sup>0</sup>
Nacht	6	0,0535	4,46	7,43	26,7 <sup>0</sup>	26,7 <sup>0</sup>
Tag	6	0,0574	4,78	7,10	26,7 <sup>0</sup>	26,7 <sup>0</sup>
Nacht	6	0,0482	4,02	6,70	26,7 <sup>0</sup>	26,7 <sup>0</sup>
Tag	6	0,0482	4,02	6,70	26,6 <sup>0</sup>	26,6 <sup>0</sup>
Nacht	6	0,0508	4,23	7,05	26,6 <sup>0</sup>	26,6 <sup>0</sup>
Tag	6	0,0587	4,89	8,15	26,6 <sup>0</sup>	26,6 <sup>0</sup>
Nacht	6	0,0614	5,12	8,53	26,7 <sup>0</sup>	26,7 <sup>0</sup>
Tag	6	0,0528	4,40	7,33	26,8 <sup>0</sup>	26,8 <sup>0</sup>
Nacht	6	0,0680	5,66	9,43	26,8 <sup>0</sup>	26,8 <sup>0</sup>
Tag	6	0,0680	5,66	9,43	26,8 <sup>0</sup>	26,8 <sup>0</sup>

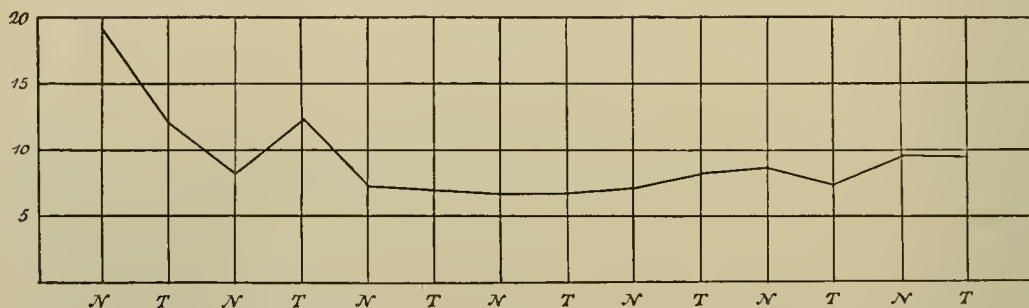


Fig. 32. Graphische Darstellung des Resultates des Versuches 16 (Tabelle 23); *Dioscorea*, abgeschnittene Blätter.

### Versuch 17.

Versuch mit an der Pflanze befindlichen Blättern von *Dioscorea divaricata*.

Die Pflanze, an deren Basis eine Knolle saß, war in einem Topf im Freien kultiviert worden; sie war täglich bis 9 Uhr vormittags und von 3 bis 6 Uhr nachmittags besonnt, von 9 Uhr vormittags bis 3 Uhr nachmittags stand sie im Schatten. Am 7. Juli wurden 2 Sprosse von je 1,5 m Länge mit viel Blättern ausgesucht. Die Spitze, die jungen Blätter und die kleinen Sprosse, bis auf einen oberen, wurden abgeschnitten, die Sprosse von der Stange abgewickelt und an derselben in gerader Linie mit Filtrierpapier befestigt. Die so behandelte Pflanze wurde dann noch bis zum 11. Juli nachmittags im Freien stehen gelassen, dann wurde der Topf mit den Ranken in den Brutraum transportiert. Hier wurden die zu untersuchenden Sprosse von 1,5 m Länge in den Behälter C

vorsichtig eingeführt, so daß sie nicht verletzt wurden. In den Apparat wurden 50 ccm Wasser gebracht.

Nach dem Versuch wurden die in der Flasche befindlichen Stücke der Sprosse abgeschnitten und die einzelnen Teile derselben getrennt gewogen. Länge der Sprosse je = 1,5 m; Frischgewicht der Blätter mit den Blattstielen = 27 g; Frischgewicht der Ranken = 22 g.

Die innerhalb und ebenso die außerhalb der Flasche befindlichen Blätter waren nach dem Versuch frisch und gesund.

Tabelle 24. (Zu Versuch 17.)

*Dioscorea divaricata*. 22 g Achse + 27 g Blätter mit Stielen (Frischgewicht). Begonnen 11. Juli 1911, 6 Uhr nachmittags. Temperatur 26,3<sup>0</sup>—26,7<sup>0</sup>.

	Luftstrom pro Stde. in Liter	Gesamte CO <sub>2</sub> in g	CO <sub>2</sub> pro Stde. in mg	Temperatur in der Flasche	im Brutraum
Nacht	6	0,1514	12,62	26,3 <sup>0</sup>	26,3 <sup>0</sup>
Tag	6	0,1432	11,93	26,5 <sup>0</sup>	26,5 <sup>0</sup>
Nacht	6	0,0783	6,52	26,5 <sup>0</sup>	26,5 <sup>0</sup>
Tag	6	0,0827	6,89	26,5 <sup>0</sup>	26,5 <sup>0</sup>
Nacht	6	0,0785	6,54	26,6 <sup>0</sup>	26,6 <sup>0</sup>
Tag	6	0,0838	6,98	26,7 <sup>0</sup>	26,7 <sup>0</sup>

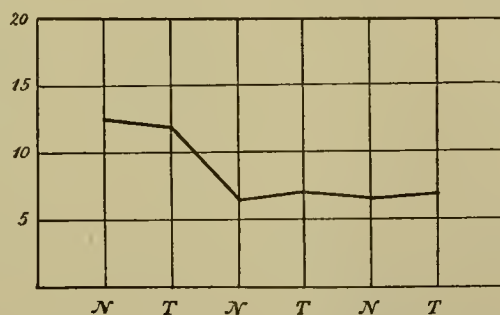


Fig. 33. Graphische Darstellung des Resultates des Versuches 17 (Tabelle 24). *Dioscorea*; Achse + Blätter zusammen atmend. Kurve für 22 g Achse + 27 g Blätter berechnet.

Der Versuch zeigt uns, daß sich die ganze Pflanze in einem Reizzustand befand.

In der Nacht des zweiten Volltages trat normale Terminalproduktion ein. Die Schwankungen der Kohlensäureproduktion waren dann schwach. Für Achse + Blatt betrug der Quotient  $\frac{T}{N} = 1,07$ ; für das Blatt allein war er wohl größer. Zahlen für die Atmung der Blätter lassen sich aus dem Versuche nicht ableiten.

### Versuche 17 A. und 17 B.

#### Chemische Untersuchung über die Kohlehydrate von *Dioscorea divaricata*.

Um die Resultate der Versuche 16 und 17 mit *Dioscorea divaricata* aufzuklären, wurde eine Untersuchung über die Kohlehydratmengen, welche in den

Blättern von *Dioscorea* vorkommen, und über das quantitative Verhalten der Kohlehydrate bei der Assimilation, Auswanderung und Atmung unternommen. Die chemischen Methoden, welche wir benutzten, sind die in der Arbeit von Deleano (1912) angegebenen.

17 A. Versuche über die Auswanderung + Veratmung von Kohlehydraten durch die Blätter von *Dioscorea divaricata*.

a) Am 22. Juli 5 Uhr nachmittags, an einem Tage, an dem die Temperatur bei gleichmäßigem Sonnenschein eine ähnliche war wie am 23.—25. Juli, haben wir Blätter (ungefähr 50 Stück) von der Pflanze abgeschnitten. Sie wurden in ein Gefäß zwischen nasses Filtrierpapier getan, damit sie sich mit Wasser sättigten, und eine Stunde darin stehen gelassen. Die zum Versuch benutzte Portion betrug 29 g Frischgewicht. Sie wurde in einem Wasserschrank bei 100° bis zu konstantem Gewicht getrocknet (= 4,5356 g Trockensubstanz oder 15,63% der Frischsubstanz) und dann untersucht.

Das Resultat der Untersuchung ist in der Tabelle enthalten.

Tabelle 25. (Zu Versuch 17 A a.)

Kohlehydratmengen der direkt nach dem Einsammeln untersuchten Blätter von *Dioscorea divaricata*.

	Berechnet als	Für 29 g Frisch- gewicht in g	Für 100 g Frisch- gewicht in g	Für 100 g Trocken- gewicht in g
Frischgewicht . . . . .		—	—	—
Trockengewicht . . . . .		4,53	15,63	—
Wasser . . . . .		24,47	84,37	—
Direkt reduz. Kohlehy- drate . . . . .	$C_6H_{12}O_6$	0,17	0,59	3,81
Lösliche invertierb. Kohle- hydrate . . . . .	$C_6H_{12}O_6$	0,04	0,13	0,80
Unlösliche Kohlehydrate . (Die Blätter waren stärke- frei)	$C_6H_{12}O_6$	0,18	0,65	4,16
Gesamte Kohlehydrate . .		0,39	1,37	8,77

b) Am 22. Juli 6 Uhr nachmittags haben wir eine Ranke der Pflanze im Freien mit einem schwarzen Tuch verdunkelt und drei Tage im Dunkeln stehen gelassen. Die Temperatur im Freien, neben der verdunkelten Pflanze, betrug:

Tag	23. Juli	Minimum	23 <sup>0</sup>	Maximum	46 <sup>0</sup>
Nacht	23./24. Juli	„	17 <sup>0</sup>	„	25 <sup>0</sup>
Tag	24. Juli	„	24 <sup>0</sup>	„	43 <sup>0</sup>
Nacht	24./25. Juli	„	15 <sup>0</sup>	„	27 <sup>0</sup>
Tag	25. Juli	„	23 <sup>0</sup>	„	46 <sup>0</sup>

Am 25. Juli haben wir Blätter von der verdunkelten Ranke abgeschnitten und so wie im Versuche A a behandelt. Die zum Versuch benutzte Portion betrug 25 g Frischgewicht = 3,7046 g Trockengewicht, d. h. 14,81% der Frischsubstanz. Das Resultat der chemischen Untersuchung findet sich in der Tabelle 26.

Tabelle 26. (Zu Versuch 17 A b.)

Kohlehydratmengen in den 3 Tage lang verdunkelten Blättern von *Dioscorea divaricata*.

	Berechnet als	Für 25 g Frisch- gewicht in g	Für 100 g Frisch- gewicht in g	Für 100 g Frisch- gewicht in g
Frischgewicht . . . . .		—	—	—
Trockengewicht . . . . .		3,70	14,81	—
Wasser . . . . .		21,30	85,19	—
Direkt reduz. Kohle- hydrate . . . . .	$C_6H_{12}O_6$	0,11	0,45	3,07
Lösliche invertierb. Kohle- hydrate . . . . .	$C_6H_{12}O_6$	0,05	0,21	1,39
Unlösliche Kohlehydrate .	$C_6H_{12}O_6$	0,09	0,35	2,39
Gesamte Kohlehydrate . .		0,25	1,01	6,85

Danach waren also in den Blättern ursprünglich 1,37 g Gesamtkohlehydrate enthalten, nach 3tägiger Verdunkelung 1,01 g pro 100 g Frischsubstanz. Demnach waren von 1,37 g ausgewandert und veratmet 0,36 g Gesamtkohlehydrate in 3 Volltagen. Also an 1 Volltage wanderten aus und wurden veratmet 0,12 g pro 100 g Frischgewicht.

17 B. Versuche über die Veratmung der Kohlehydrate durch Blätter, welche den in Versuch 16 benutzten Blättern gleichwertig waren.

a) Von einer Portion von ungefähr 100 Blättern, die denen im Versuch 16 benutzten gleichwertig waren, wurde ungefähr die Hälfte (29 g Frischgewicht) nach der Sättigung mit Wasser und nach der Wägung sofort bei 100° getrocknet und dann analysiert.

b) Die andere Hälfte (25 g Frischgewicht) wurde 7 Volltage unter den gleichen Verhältnissen, welche in dem Versuch 16 herrschten, zur Atmung hingestellt, dann getrocknet und untersucht. Die Resultate beider Untersuchungen sind in den Tabellen 27 und 28 zusammengestellt.

Tabelle 27. (Zu Versuch 17 B a.)

Resultat der chemischen Untersuchung von 29 g Frischgewicht der Blätter von *Dioscorea divaricata*, welche zu Versuch 16 benutzt worden waren. Analyse ausgeführt direkt nach der Einsammlung. Zu Versuch 16.

	Berechnet als	Für 29 g Frisch- gewicht in g	Für 100 g Frisch- gewicht in g	Für 100 g Frisch- gewicht in g
Frischgewicht . . . . .		—	—	—
Trockengewicht . . . . .		4,53	15,63	—
Wasser . . . . .		24,47	84,37	—
Direkt reduz. Kohle- hydrate . . . . .	$C_6H_{12}O_6$	0,17	0,59	3,81
Lösliche invertierb. Kohle- hydrate . . . . .	$C_6H_{12}O_6$	0,04	0,13	0,80
Unlösliche Kohlehydrate .	$C_6H_{12}O_6$	0,18	0,65	4,16
(Stärke fehlte)				
Gesamte Kohlehydrate . .		0,39	1,37	8,77

Tabelle 28. (Zu Versuch 17 B b.)

Resultat der chemischen Untersuchung von 25 g Frischgewicht der Blätter von *Dioscorea divaricata*, welche zu Versuch 16 benutzt worden waren, nach 7 Volltage wählender Atmung. Zu Versuch 16.

	Berechnet als	Für 25 g Frisch- gewicht in g	Für 100 g Frisch- gewicht in g	Für 100 g Frisch- gewicht in g
Frischgewicht . . . . .		—	—	—
Trockengewicht . . . . .		3,62	14,47	—
Wasser . . . . .		21,38	85,53	—
Direkt reduz. Kohlehy- drate . . . . .	$C_6H_{12}O_6$	0,12	0,50	3,47
Lösliche invertierb. Kohle- hydrate . . . . .	$C_6H_{12}O_6$	0,01	0,03	0,23
Unlösliche Kohlehydrate . (Stärke nicht vorhanden)	$C_6H_{12}O_6$	0,16	0,63	4,33
Gesamte Kohlehydrate . .		0,29	1,16	8,03

Nach diesen Resultaten würden in 7 Volltagen von 100 g Frischgewicht 1,37—1,16 g = 0,21 g Kohlehydrate veratmet worden sein. Diese würden nicht zur Deckung des Atmungsverlustes dienen können, welchen die Pflanze während der 7 Volltage erlitten hat. Die Menge der in 7 Volltagen bei der Atmung produzierten Kohlensäure war 1,56 g pro 100 g Frischgewicht; 0,21 g Monosaccharide würden 0,32 g  $CO_2$  bei der Verbrennung liefern. Wie diese Differenz zu erklären ist, ist fraglich. Wahrscheinlich sind außer Kohlehydraten noch andere Reservestoffe (Eiweißstoffe?) vorhanden.

17 C. Versuche über die Veratmung der Kohlehydrate durch Blätter, welche den in Versuch 17 benutzten gleichwertig waren.

Für Versuch 17 wurden nur die Gesamtkohlehydrate von zwei mit den an den zum Versuche benutzten Ranken sitzenden Blättern gleichwertigen Blattportionen, welche von einer anderen Topfpflanze stammten, durch Inversion mit Salzsäure vor und nach der Atmung bestimmt. Wir fanden die folgenden Zahlen:

a) Beginn des Versuches. 20 g Frischgewicht = 3,7265 g Trockengewicht = 18,81% des Frischgewichts.

Gesamtkohlehydrate = 14,28% des Trockengewichts = 2,69% des Frischgewichts. Stärke fehlte.

b) Ende des Versuches. 27 g Frischgewicht = 4,4884 g Trockengewicht = 16,62% des Frischgewichts.

Gesamtkohlehydrate = 8,96% des Trockengewichts = 1,49% des Frischgewichts. Stärke fehlte.

Danach waren hierin 2,69—1,49 = 1,20 g pro 100 g Frischgewicht an Kohlehydraten in 3 Volltagen veratmet worden.

Im allgemeinen sieht man, aus den Resultaten der Analysen, daß die Blätter, welche am Tage gesammelt werden, niemals Stärke führen und durchschnittlich pro 100 g Frischgewicht an direkt (Fehligng) reduzierender Sub-

stanz ungefähr 0,64 g enthalten, wenn wir die Reduktion auf Monosaccharide beziehen. Diese direkt reduzierende Substanz geht allein in die alkoholische Lösung, so daß alkohollösliche Polysaccharide sicher nicht in der Pflanze enthalten sind. Wenn man die Resultate der Inversions- und Reduktionsversuche so deutet, wie es in den Tabellen geschah, so würden ungefähr durchschnittlich 1,4 g Gesamtkohlehydrate pro 100 g Frischgewicht in den eingesammelten Blättern vorhanden gewesen sein, welche bei großer Wärme und voller Sonnenbeleuchtung gesammelt worden wären. Blätter der Topfpflanzen, welche in weniger intensiver Beleuchtung, teilweise im Schatten assimilieren konnten, enthielten 2,69 g. Freilich weiß man nicht genau, ob diese Deutung richtig ist; es müßten, ehe man das ganz sicher sagen könnte, mindestens erst die Kohlehydrate der Dioscorea-Blätter genau qualitativ bekannt sein.

Immerhin ist es wahrscheinlich, daß die Blätter, welche zum Versuche 16 dienten, relativ arm an Reservestoffen waren, denn sie enthielten relativ wenig Kohlehydrate, deren Menge man auch dann als Maßstab für die relative Größe der Reservestoffspeicherung betrachten dürfte, wenn die Blätter noch andere Reservestoffe enthielten als Kohlehydrate.

### Versuch 18a bis $\gamma$ .

Versuch mit an der Pflanze befindlichen und abgeschnittenen Blättern von *Helianthus tuberosus*.

Die Pflanze wurde am 24. Mai eingetopft und bis zum 5. Juni im Freien stehen gelassen, dann wurde sie in den Behälter E mittelst eines durchbohrten Korkstopfens luftdicht eingefügt und im Schatten bis zum 6. Juni 6 Uhr nachmittags stehen gelassen. Dann wurde der Behälter mit kohlenstofffreier Luft ausgespült und in den Brutraum transportiert, um dort in den Apparat II eingefügt zu werden. Durch den benutzten Apparat II wurde während der Kohlensäurebestimmung ein getrockneter Luftstrom hindurchgeleitet.

Der Versuch wurde am 6. Juni 6 Uhr nachmittags begonnen. Die Intervalle sind in der Tabelle nachzusehen, welche die Resultate der 4 Volltage lang fortgesetzten Bestimmungen enthält. Die Zahlen der Rubrik: CO<sub>2</sub> für 100 g Frischgewicht pro Stunde wurden nach dem Gewicht der am 13. Juni geernteten Blätter der Pflanze, nach Abzug der Kohlensäureproduktion der Achse berechnet.

Die erste Nachtproduktion ist verhältnismäßig groß, die Tages- und Nachtschwankungen sind normal.

Am 10. Juni 6 Uhr nachmittags wurde der Apparat mit der Pflanze ins Freie gebracht und in den Schatten gestellt. Durch den Apparat wurden dabei am Tage 10 Liter Luft pro Stunde hindurchgesogen, in der Nacht 1—2 Liter pro Stunde. Am 10. Juni war der Himmel bedeckt, ebenso am 11. Juni vormittags (Temperatur 16°), der Nachmittag war sonnig, die Pflanze stand im Schatten, die Temperatur betrug 23°. Am 12. Juni war der Himmel den ganzen Tag über bedeckt, die Temperatur betrug 18°.

Am 12. Juni 6 Uhr nachmittags wurde die Pflanze in den Brutraum transportiert und die Kohlensäurebestimmungen begonnen. Die Resultate des Versuches sind in der Tabelle 29  $\beta$  (zu Versuch 18  $\beta$ ) mitgeteilt.

Helianthus tuberosus. Blätter an der Pflanze. Begonnen am 6. Juni 6 Uhr nachmittags. Temperatur im Behälter 25° C. (Zu Versuch 18 a.)

Datum	Luftstrom pro Stde.	Nach	Entwickelte CO <sub>2</sub>		CO <sub>2</sub> pro Stde. für 100 g Frischgewicht im Behälter		Temperatur im Behälter	Aussehen der Blätter
			in Liter	in g	in g pro Stde.	in g für 100 g Frischgewicht		
Nacht Tag	2	14 Stdn.	0,0678	0,0048	0,0366	25°	normal	
Nacht Tag	2	10	0,0396	0,0039	0,0291	25°	"	
Nacht Tag	2	13	0,0396	0,0030	0,0216	25°	"	
Nacht Tag	2	11	0,0370	0,0034	0,0250	25°	"	
Nacht Tag	2	12	0,0343	0,0029	0,0208	25°	"	
Nacht Tag	2	12	0,0455	0,0038	0,0283	25°	"	
Nacht Tag	2	12	0,0356	0,0029	0,0208	25°	"	
Nacht Tag	2	12	0,0323	0,0027	0,0191	25°	"	

Tabelle 29 β. (Zu Versuch 18 β.)

Helianthus tuberosus. Blätter an der Pflanze. Begonnen am 12. Juni 6 Uhr nachmittags. Temperatur im Behälter 25° C.

Datum	Luftstrom pro Stde.	Nach	Entwickelte CO <sub>2</sub>		CO <sub>2</sub> pro Stde. für 100 g Frischgewicht		Temperatur	Aussehen der Blätter
			in Liter	in g	in g pro Stde.	in g für 100 g Frischgewicht		
Nacht Tag	2	12 Stdn.	0,0547	0,0045	0,0341	25°	normal	
Nacht Tag	2	12	0,0462	0,0038	0,0283	25°	"	



Wir sehen, daß die Kohlensäureproduktion in der ersten Nacht gegenüber den Nachtproduktionen des Versuches 18  $\alpha$  bedeutend gestiegen ist und am Tage wieder ungefähr auf die Tages-Normalproduktion gesunken ist.

Am 13. Juni 6 Uhr nachmittags wurde die Pflanze aus dem Behälter herausgenommen. Die normal aussehenden Blätter wurden abgeschnitten; ihr Frischgewicht betrug 12 g. Die Blätter wurden locker an einen Faden gereiht und in eine mit Wasserdampf gesättigte Glocke gehängt. Durch den Apparat wurde am Tag ein mit Wasserdampf gesättigter Luftstrom von 12 Liter pro Stunde, in der Nacht ein solcher von 1—2 Liter pro Stunde hindurchgeleitet. Am 14. Juni waren die Blätter weich geworden, sie wurden deshalb herausgenommen und 1 Nacht zwischen nassem Filtrierpapier liegen gelassen. Hierdurch wurden sie wieder turgescent. Am 15. Juni wurden sie in den Apparat II mit Behälter B und Einrichtung b gebracht und den Tag über im Zimmer stehen gelassen. In der Glocke hatten wir einen freien Raum von 3600 ccm. Am 15. Juni 6 Uhr nachmittags wurde die Kohlensäurebestimmung begonnen, am 18. Juni 6 Uhr vormittags wurden sie beendet. Die Resultate des Versuches sind in der Tabelle 29  $\gamma$  (zu Versuch 18  $\gamma$ ) zusammengestellt.

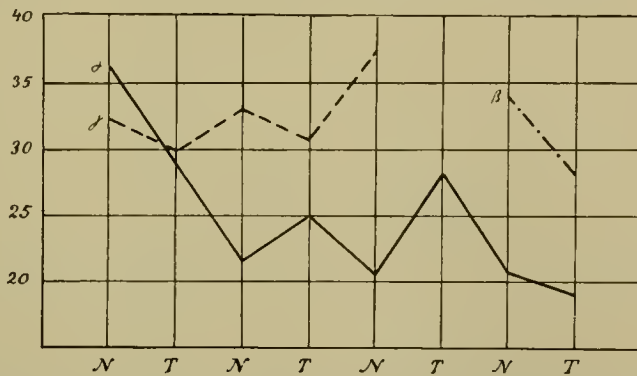


Fig. 34. Graphische Darstellung der Resultate des Versuches 18  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  (Tabellen 29  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ) Helianthus tuberosus.

Wir erkennen, daß die abgeschnittenen Blätter etwa ebenso stark atmen wie die an der Pflanze sitzenden Blätter im Versuch 18  $\beta$ . Eine Verstärkung der ersten Nachtproduktion ist hier nicht zu bemerken.

Der Versuch wurde unterbrochen, da einige Blätter erkrankt waren.

Atmung der Achse. Die Achse, von welcher die Blätter abgeschnitten worden waren, so daß nur am Vegetationspunkt der Achse noch zwei kleine Blättchen saßen, wurde mit ihrem Topfe ins Freie gestellt. Einen Tag vor dem Versuch wurden auch die kleinen Blätter abgeschnitten, und am 18. Juni wurde die Achse in den Behälter E eingekittet, in welchem ein freier Raum 3750 ccm blieb. Die Bestimmung der Kohlensäure wurde am 18. Juni 6 Uhr nachmittags begonnen. Nach dem Versuch wurde die Achse abgeschnitten und gewogen = 6,9 g.

Luftstrom = 2,4 Liter pro Stunde. Temperatur = 25°. Von 6 Uhr nachmittags bis 9 Uhr vormittags (19. Juni), also in 15 Stunden, wurden 0,0066 g CO<sub>2</sub> gebildet oder 0,4 mg pro Stunde. 100 g Frischgewicht der Achse hatten in 1 Stunde 5,8 mg Kohlensäure gebildet.

Tabelle 29 γ. (Zu Versuch 18 γ.)

*Helianthus tuberosus*. Abgeschnittene Blätter der zu den Versuchen 18 α und β benutzten Pflanze. Begonnen am 15. Juni 6 Uhr nachmittags. Temperatur im Behälter 25° C.

Datum	Luftstrom pro Stde.	Nach	Entwickelte CO <sub>2</sub> in g	CO <sub>2</sub> pro Stde. in g	CO <sub>2</sub> pro Stde. für 100 g Frischgewicht in g	Temperatur	Aussehen der Blätter
Nacht 16. Juni	7h a. m.	13 Stdn.	0,0519	0,0039	0,0325	25°	normal
Tag 16. "	6h p. m.	11 "	0,0396	0,0036	0,0300	25°	"
Nacht 17. "	6h a. m.	12 "	0,0488	0,0040	0,0333	25°	"
Tag 17. "	6h p. m.	12 "	0,0440	0,0037	0,0308	25°	krank
Nacht 18. "	6h a. m.	12 "	0,0547	0,0045	0,0375	25°	

### Versuch 18 A (1912).

Versuch mit einer ganzen Pflanze von *Helianthus tuberosus*.

Die Pflanzen waren in einem Topf im Freien kultiviert worden, sie waren 40—50 cm hoch. Am 23. Juni haben wir sie zum Versuch vorbereitet, indem wir die nicht zum Versuch benutzten Blätter und die lateralen Sprosse abschnitten. Am 25. Juni wurden die Pflanzen je in einen Behälter E eingekittet und ins Freie gestellt, wo sie nur nachmittags von 4—5½ Uhr direkte Sonne hatten. Während des ganzen Tages wurde Luft mit einer Wasserstrahlpumpe durch den Behälter gesogen. Am 25. Juni war der ganze Tag sonnig, die Temperatur im Schatten betrug 22—25°; am 26. war der Himmel am Vormittag bedeckt (etwas Regen), die Temperatur betrug 18—20°, der Nachmittag war sonnig, Temperatur 20—22°. Am 27. vormittags war der Himmel bedeckt, der Nachmittag war sonnig, die Temperatur betrug 19—24°.

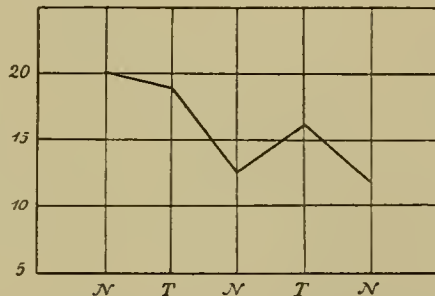


Fig. 35. Graphische Darstellung der Resultate des Versuches 18 A (1912) (Tabelle 30). *Helianthus tuberosus*. Für die ersten 2½ Volltage.

Am 27. Juni wurden die Pflanzen in den Brutraum transportiert und die beiden Behälter durch einen Gummischlauch miteinander verbunden. Die Kohlensäureproduktion wurde 2½ Volltage lang beobachtet. Am 30. Juni von 6—8½ Uhr vormittags wurde der Apparat mit einem kohlensäurefreien Luftstrom von 15—20 Liter pro Stunde gereinigt. Von 8½—3½ Uhr, also 7 Stunden lang, wurden die Pflanzen im Brutraum beleuchtet. Sie waren 102 cm von der Lichtquelle entfernt. Während und nach der Beleuchtung wurde die Kohlensäureproduktion beobachtet. Am 1. Juli 7½ Uhr vormittags wurde der Versuch unterbrochen, die Pflanzen herausgenommen und die Pflanzenteile, die in den Behältern sich befunden hatten, abgeschnitten und getrennt gewogen. Blattlappen = 49 g Frischgewicht, Achse = 32,2 g Frischgewicht.

Die Resultate des Versuches 18 A sind in der folgenden Tabelle mitgeteilt. Wir haben die Kohlensäureproduktion für 100 g Blätterfrischgewicht berechnet. Die Atmung des Stammes wurde von den direkt erhaltenen Zahlen abgezogen (aus dem Versuch 18 wissen wir, daß 3,9 g Stamm 0,4 mg CO<sub>2</sub> pro Stunde lieferten, also 32,2 g Stamm würden 1,8 mg CO<sub>2</sub> geben). Dieses Verfahren ist nicht ganz exakt, aber sein Fehler ändert an den Resultaten nichts Wesentliches.

Tabelle 30. (Zu Versuch 18 A.)  
*Helianthus tuberosus*. Blätter an der Pflanze. Der Versuch wurde am 27. Juni 6 Uhr nachmittags be-  
 gonnen. Temperatur 24,8—25,5° C.

Datum	Luftstrom pro Stde.	Nach	A		B		Temperatur	Aussehen der Blätter
			Entwickelte CO <sub>2</sub>	in g	CO <sub>2</sub>	pro Stde. für 100 g Blattmenge		
Nacht D. 28. Juni 7 1/2 h a. m.	6	13 1/2	0,1566	in g	0,0200	24,8°	normal	
Tag D. 28. " 6 h p. m.	6	10 1/2	0,1158		0,0187	24,8°	"	
Nacht D. 29. " 7 h a. m.	6	13	0,1038		0,0122	24,8°	"	
Tag D. 29. " 6 h p. m.	6	11	0,1038		0,0155	24,8°	"	
Nacht D. 30. " 6 h a. m.	6	12	0,0906		0,0116	25,0°	"	
Tag D. 30. " 11 1/2 h a. m.	10	3	0,0053		0	25,5°	"	
Tag H. 30. " 3 1/2 h p. m.	10	4	0,0065		0	25,5°	1 Blatt hat einen gelben Fleck	
Tag D. 30. " 5 1/2 h p. m.	10	2	0,0202		0,0170	24,9°	1 Blatt hat einen gelben Fleck	
Nacht D. 30. Juni 7 1/2 h p. m.	10	2	0,0158		0,0124	24,8°	1 Blatt hat einen gelben Fleck	
Nacht D. 1. Juli 7 1/2 h a. m.	6	12	0,0906		0,0116	24,8°	1/4 Blatt ist gelb und weich.	

Der Versuch zeigt uns, daß trotz des anscheinenden Intaktseins der Pflanze, die 2 Tage eingekittet im Apparat stand, die anfängliche Kohlensäureproduktion relativ stark war und am ersten Tage noch stärker als am ersten Tage der Normalproduktion. Es scheint also hier eine Reizung vorzuliegen, welche nicht traumatischer Natur ist. Auch nach der Beleuchtung mit elektrischem Lichte am Ende des dritten Volltages ist die Kohlensäureproduktion relativ groß (0,0170), größer als am Tage der Normalschwankung.

### Versuch 19 (1912).

Quantitative Bestimmung der sich in Blättern von *Vitis vinifera* infolge des Überwiegens der Assimilation ansammelnden Kohlehydrate. Die Achse der Sprosse war oberhalb und unterhalb der Blattinsertionsfläche geringelt.

Am 26. Juli 1912 6 Uhr nachmittags haben wir die Tragzweige von 25 Blättern von *Vitis vinifera* oberhalb und unterhalb der Ansatzstelle jedes Blattstieles geringelt. Am 26. und vom 28. bis zum 31. Juli täglich wurde ein Stück von jedem Blatt abgeschnitten und zur quantitativen Bestimmung der Kohlehydrate benutzt. Jede Portion der abgeschnittenen Blattstücke wurde 2 Stunden lang zwischen nasses Filtrierpapier gelegt, damit sie sich mit Wasser sättigen konnte, dann gewogen, bei 100° bis zu konstantem Gewicht getrocknet und wiederum gewogen. Jeden Tag wurden die Spaltöffnungen untersucht (nach Molisch 1912); sie erwiesen sich stets als geöffnet, ebenso wie die anderer normaler Blätter. Die Jodprobe zeigte am 27. und 28. Juli eine Zunahme an Stärke, am 29. eine kleine Abnahme gegenüber dem 28. Juli, vom 29. bis 31. Juli eine stetige Zunahme. Dasselbe Verhalten (erst eine Zunahme, dann eine geringe Abnahme, auf die dann wieder eine stetige Zunahme an Stärke folgte) zeigten auch andere Blätter an geringelten Zweigen.

Das Wetter war während der Dauer des Versuches sonnig, die Temperatur während der Nacht und des Tages schwankte zwischen 15 und 25° C. Die Resultate des Versuches sind in dem folgenden zusammengestellt:

#### I. 26. Juli.

Stärkereaktion gleichmäßig, aber nicht tief blau.

	Berechnet als	Für die untersuchte Portion in g	Für 100 g Frisch- gewicht in g	Pro 100 g Trocken- gewicht in g
Frischgewicht . . . . .		12,57	—	—
Trockengewicht . . . . .		3,63	28,88	—
Wasser . . . . .		8,94	71,12	—
Monosaccharid . . . . .	$C_6H_{12}O_6$	0,3174	2,52	8,74
Disaccharid . . . . .	$C_{12}H_{22}O_{11}$	0,0228	0,20	0,68
Polysaccharid . . . . .	$C_6H_{10}O_5$	0,2859	2,27	7,87
Gesamtkohlehydrate . . .		0,6261	4,99	17,29

II. 28. Juli. Temp. 16—24°.  
Stärkereaktion hat zugenommen.

	Berechnet als	Für die untersuchte Portion in g	Pro 100 g Frisch- gewicht in g	Pro 100 g Trocken- gewicht in g
Frischgewicht . . . . .		12,39	—	—
Trockengewicht . . . . .		3,75	30,26	—
Wasser . . . . .		8,64	69,74	—
Monosaccharid . . . . .	$C_6H_{12}O_6$	0,3322	2,68	8,86
Disaccharid . . . . .	$C_{12}H_{22}O_{11}$	0,0228	0,18	0,61
Polysaccharid . . . . .	$C_6H_{10}O_5$	0,3533	2,85	9,42
Gesamtkohlehydrate . . v		0,7083	5,71	18,89

III. 29. Juli. Temp. 15—24°.  
Die Stärkereaktion hat etwas abgenommen.

	Berechnet als	Für die untersuchte Portion in g	Pro 100 g Frisch- gewicht in g	Pro 100 g Trocken- gewicht in g
Frischgewicht . . . . .		15,55	—	—
Trockengewicht . . . . .		4,74	30,48	—
Wasser . . . . .		10,81	69,52	—
Monosaccharid . . . . .	$C_6H_{12}O_6$	0,4162	2,67	8,78
Disaccharid . . . . .	$C_{12}H_{22}O_{11}$	0,0336	0,21	0,71
Polysaccharid . . . . .	$C_6H_{10}O_5$	0,4313	2,75	9,01
Gesamtkohlehydrate . . .		0,8811	5,63	18,50

IV. 30. Juli. Temp. 15—25°.  
Die Stärkereaktion hat zugenommen.

	Berechnet als	Für die untersuchte Portion in g	Pro 100 g Frisch- gewicht in g	Pro 100 g Trocken- gewicht in g
Frischgewicht . . . . .		14,50	—	—
Trockengewicht . . . . .		4,63	31,96	—
Wasser . . . . .		9,87	68,04	—
Monosaccharid . . . . .	$C_6H_{12}O_6$	0,3791	2,61	8,18
Disaccharid . . . . .	$C_{12}H_{22}O_{11}$	0,0593	0,41	1,28
Polysaccharid . . . . .	$C_6H_{10}O_5$	0,5306	3,65	11,45
Gesamtkohlehydrate . . .		0,9690	6,67	20,91

V. 31. Juli. Temp. 16—24°.  
Die Stärkereaktion hat wenig zugenommen.

	Berechnet als	Für die untersuchte Portion in g	Pro 100 g Frisch- gewicht in g	Pro 100 g Trocken- gewicht in g
Frischgewicht . . . . .		16,50	—	—
Trockengewicht . . . . .		5,32	32,25	—
Wasser . . . . .		11,18	67,75	—
Monosaccharid . . . . .	$C_6H_{12}O_6$	0,3923	2,38	7,37
Disaccharid . . . . .	$C_{12}H_{22}O_{11}$	0,0604	0,36	1,13
Polysaccharid . . . . .	$C_6H_{10}O_5$	0,6273	3,80	11,78
Gesamtkohlehydrate . . .		1,0800	6,54	20,28

Aus diesem Versuche ist zuerst zu ersehen, daß das Steigen und Fallen der Stärkereaktion parallel läuft mit dem Steigen und Fallen der angesammelten Assimilate. Dann erkennt man, daß auch die gefundene Kohlehydratmenge annähernd wie die gefundene Trockengewichtsmenge steigt und fällt. Bei *Vitis* ist also die Jodfärbung der Blätter unter gewöhnlichen Umständen ein annähernder Indikator für die Größe der Füllung der Blätter mit Reservestoffen.

Die Ergebnisse der Untersuchungen sind kurz zusammengefaßt die folgenden:

Am 26. Juli sind vorhanden 4,99 g Kohlehydrate pro 100 g Frischgewicht. Vom 26. bis 28. Juli wurden gewonnen 0,72 g Kohlehydrate und 0,66 g Nichtkohlehydrate pro 100 g Frischgewicht; die Stärkereaktion hat zugenommen. Vom 28. bis 29. Juli wurden verloren 0,08 g Kohlehydrate und gewonnen 0,14 g Nichtkohlehydrate; die Stärkereaktion hat etwas abgenommen. Vom 29. bis 30. Juli wurden gewonnen 1,04 g Kohlehydrate und 0,44 g Nichtkohlehydrate; die Stärkereaktion hat zugenommen. Vom 30. bis 31. Juli wurden verloren 0,13 g Kohlehydrate und gewonnen 0,16 g Nichtkohlehydrate; die Stärkereaktion hat wenig zugenommen. Die Zahlen für die Nichtkohlehydrate sind aus den Trockengewichtsdifferenzen eruiert worden.

Die mitgeteilten Zahlen repräsentieren wohl abgesehen von dem Einfluß der Atmung nicht den ganzen Assimilationsbetrag, weil ein Teil der Assimilate trotz der Ringelung durch die Markstrahlen oder durch die Tracheen ausgewandert sein kann (s. Deleano 1911, Versuche mit gebrühten Blattstielen von *Vitis vinifera*).

## Literatur.

- Bonnier et Mangin, Recherches sur l'action chlorophyllienne séparée par la respiration. *Ann. sc. nat. Bot.* VII, 1886, 3.
- Claude, Bernard, Lecons sur les Phénomènes de la vie. 1878. 1, 278 u. 279.
- Cuboni, G., Ricerche sulla formazione dell'amido nelle foglie della vite. *Revista di Viticoltura ed Enologia Italiana.* Fasc. I. Nach Referat von Penzig im *Botanischen Centralblatt.* 1885, 22, No. 14, S. 47.
- Deleano, N. T., Untersuchung über den Atmungsstoffwechsel abgeschnittener Laubblätter. *Jahrb. f. wiss. Bot.* 1912, S. 451.
- , Über die Ableitung der Assimilate durch die intakten, die chloroformierten und die plasmolysierten Blattstiele der Laubblätter. *Jahrb. f. wiss. Bot.* 1911. S. 129.
- , Die periodischen Tag- und Nachtschwankungen der Atmungsgröße im Dunkeln befindlicher Laubblätter und deren vermutliche Beziehung zur Kohlensäureassimilation. *Zeitschr. f. Bot.* 1911. S. 657.
- Ewart, On Assimilatory Inhibition in Plants. *Journ. of the Linnean Soc., Bot.* 1895—97. 31, 364.
- Jacobi, Über den Einfluß verschiedener Substanzen auf die Atmung und Assimilation submerser Pflanzen. *Flora.* 1899. S. 289.

- Gabrielle, L. C. Matthaei, On the effect of temperature on carbon-dioxide assimilation. Philosophical Transactions of the Royal Society of London. 1904. B. **197**, 47—105.
- Kreusler, Beobachtungen über Assimilation und Atmung der Pflanzen, IV. Mitteilung; Verhalten bei höheren Temperaturen; Kohlensäureausscheidung seitens getöteter Exemplare; Kohlensäureverbrauch, wenn Ober- oder Unterseite der Blätter dem Licht zugewendet. Landw. Jahrb. 1890. **19**, 649.
- Maximow, Über den Einfluß des Lichtes auf die Atmung der niederen Pilze. Centralbl. f. Bakt. Abt. II. 1912. **9**, 193.
- Palladin, Der Einfluß der Temperatur auf die Atmung der Pflanzen. Nachr. d. Warschauer Univ. 1899. No. 3.
- Pfeffer, Pflanzenphysiologie. Leipzig. 1897. **1**. 1904. **2**.
- , Untersuchung über die Entstehung der Schließbewegungen der Blattorgane. Abhandl. d. math.-physik. Kl. d. k. Sächs. Gesellsch. d. Wiss. 1907. **30**.
- , Der Einfluß mechanischer Hemmung und von Belastung auf die Schließbewegungen. Ebenda. 1911. **32**, 163.
- Saposhnikoff, Bildung und Wanderung der Kohlenhydrate in den Laubblättern. Ber. d. d. bot. Ges. 1890. S. 233.
- , Über die Grenzen der Anhäufung der Kohlenhydrate in den Blättern. Ber. d. d. bot. Ges. 1893. S. 391.
- , Beitrag zur Kenntnis der Grenzen der Anhäufung von Kohlenhydraten in den Blättern. Ber. d. d. bot. Ges. 1893. S. 39.
- , Eiweißstoffe und Kohlenhydrate der grünen Blätter als Assimilationsprodukte. Tomsk 1894 (russisch). Nach Referat im Bot. Centralbl. 1895. **63**, 246.
- Senn, Gustav, Die Gestalts- und Lageveränderung der Pflanzenchromatophoren. Leipzig. 1908.
- Stoppel, R., Über die Bewegung der Blätter von Phaseolus bei Konstanz der Außenbedingungen. Ber. d. d. bot. Ges. 1912. S. 29.
- Treboux, Einige stoffliche Einflüsse auf die Kohlensäureassimilation bei submersen Pflanzen. Flora. 1903. S. 49.
- Zaleski, Zur Frage nach der Wirkung der Reize auf die Atmung der Pflanzen. Bull. Inst. agr. à Nowo-Alexandria. **15**, Heft 2.

