

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

I. Teil.

Von

Arthur Meyer und Nicolas T. Deleano.

Mit 11 Textfiguren.

LIBRARY
NEW YORK
BOTANICAL
GARDEN.

I. Abschnitt.

Darstellung der Resultate.

In den im II. Abschnitte genau beschriebenen Versuchen, deren Resultate hier mitgeteilt werden sollen, ist die im Dunkeln, bei auch sonst konstanten Außenbedingungen auftretende Kohlensäureausscheidung abgeschnittener Laubblätter von Holzgewächsen untersucht worden. Da also verwundete Blätter zu diesen Versuchen benutzt wurden, so ist zuerst die Periode der traumatischen Reizung, dann die Periode nach Erlöschen der traumatischen Reizung zu beobachten gewesen. Wir wollen die Kohlensäureproduktion in der zuletzt genannten Periode in dieser Arbeit der Kürze wegen als Terminalproduktion bezeichnen. Diese ist dadurch ausgezeichnet, daß während ihrer Dauer die Voltagsproduktion an Kohlensäure an den aufeinander folgenden Tagen gleich bleibt. Wieweit diese Terminalproduktion der Kohlensäureproduktion des unverletzten, an der Pflanze sitzenden Blattes entspricht, die wir Normalproduktion nennen können, ist noch zu erörtern.

1. Die traumatische Reaktion.

Durch die Untersuchungen von Böhm (1887 und 1892), Stich (1890), Richards (1896) ist es mit Sicherheit festgestellt

worden, daß Reservestoffbehälter der Pflanzen, wie die Achsenknolle der Kartoffel, die Möhre, die Runkelrübe, auch Keimpflanzen, wenn sie verwundet werden, eine Steigerung der Atmung zeigen. Die bald nach der Verletzung auftretende Steigerung der Kohlensäureproduktion erhebt sich gewöhnlich innerhalb zweier Tage bis zu einem Maximum und fällt dann innerhalb einiger Tage wieder zur normalen Atmungsgröße ab. Eine unverletzte Kartoffel bildete z. B. pro Stunde 0,0004 g CO_2 —0,0006 g CO_2 . Nachdem sie in 4 Stücke zerschnitten worden war, bildete sie in den aufeinander folgenden Stunden folgende Mengen Kohlensäure:

In der 2.	5.	9.	28.	51.	96.	144. Stunde
0,003	0,0048	0,0056	0,0062	0,0045	0,0016	0,00053 g CO_2 .

Es zeigte sich auch, daß bei wiederholter Verwundung stets wieder eine neue Steigerung eintrat. Ähnliches zeigten auch die Laubblätter bei den unter Pfeffers (1896) Leitung angestellten Untersuchungen von Stich und Richards und bei den Untersuchungen von Dorofejew (1902). Danach würde wohl auch mit einigem Rechte¹ vermutet werden dürfen, daß diese nach Ablauf der traumatischen Reizung wieder annähernd zum Betrage ihrer Normalproduktion, d. h., wie gesagt, der Größe der Kohlensäurebildung, die sie an der Pflanze sitzend, zeigen würden, zurückkehren. Freilich ist der Beweis für diese Annahme erst zu führen, und es ist nach den Zahlen der letzten Kolumne der Tabelle der Stundenproduktion wohl keine zu genaue Übereinstimmung zu erwarten. Lehrreich für uns ist besonders auch der Versuch 32 von Richards. Dieser Versuch wurde mit *Albizia lophantha* angestellt. Zuerst wurden die abgeschnittenen ganzen Blätter untersucht; sie ergaben bei 20,2—20,5° folgende Zahlen: Am ersten Tage pro 100 g Frischgewicht

10—11 am	11—12 m	12—1 pm	1—2	2—3	3—4	4—5
0,028 g	0,0312 g	0,0316	0,0306	0,036	0,0244	0,0328
		5—6	6—7			
		0,0312	0,0308			

Am zweiten Tage, nachdem die Zweige erster Ordnung des Blattes abgeschnitten und die Hauptspindel ein- oder zweimal quer durchschnitten worden war, pro 100 g Frischgewicht:

¹) Siehe die Versuche 15, 16, 23, **24**, 26, 27 von Richards.

10,10—11,10 am	11,10—12,10	12,10—1,10 pm	1,10—3,10
0,0340	0,0380	0,0356	0,032
3,10—4,10			
0,0296 pr. St.			

Am zweiten Tage, nachdem die Fiederblättchen abgestreift und alle Spindeln längsgeschlitzt worden waren:

5,10—6 pm	6,10—7,10	7,10—9,10
0,0488 g	0,0496	0,0426

Wie sich unsere Blätter während der Periode der traumatischen Reizung verhielten, demonstrieren zuerst die Zahlen der Tabelle A. Die arabischen Zahlen vor den Horizontalreihen der Tabelle bezeichnen die Nummer der Versuche, die römischen die aufeinander folgenden Tage, die oberen arabischen der Reihen den Quotienten: $\frac{\text{Volltagsproduktion an Kohlensäure}}{24}$

an den aufeinander folgenden Tagen. Die unter den Reihen stehenden Zahlen bezeichnen das Verhältnis zwischen diesen Quotienten und der Volltagsterminalproduktion an CO_2 pro Stunde während der Periode der traumatischen Reizung. Diese Zahlen sind dann auch der Fig. 1 zugrunde gelegt worden.

Tabelle A.

Tabelle über die von den Versuchsblättern durchschnittlich innerhalb einer Stunde des Volltages erzeugte Kohlensäuremenge in Grammen. Die unter jeder Reihe stehenden kleineren Zahlen beziehen sich auf die als 1 angenommene Zahl für die Terminalproduktion.

1. I. 0,00385	II. 0,00395	III. 0,00487	IV. 0,00513		
0,75	0,77	0,95	1		
2. I. 0,026	II. 0,0190	III. 0,0203	IV. 0,0186	V. 0,0186	
1,4	1,02	1,09	1	1	
3. I. 0,0154	II. 0,0235	III. 0,0172	IV. 0,0176		
0,875	1,33	0,98	1		
5. I. 0,0133	II. 0,0186	III. 0,0211	IV. 0,0181	V. 0,0176	VI. 0,0181
0,73	1,03	1,17	1,0	0,97	1
6. I. 0,0365	II. 0,0385	III. 0,0261	IV. 0,0187	V. 0,0178	
2,05	2,16	1,4	1,05	1	
7. I. 0,0374	II. 0,0435	III. 0,0335	IV. 0,0189	V. 0,0198	
2,0	2,3	1,77	1,00	1,05	

Die Resultate der zwischen 26° und 28° ausgeführten Versuche, also aller mit Ausnahme des bei $17-19^{\circ}$ ausgeführten

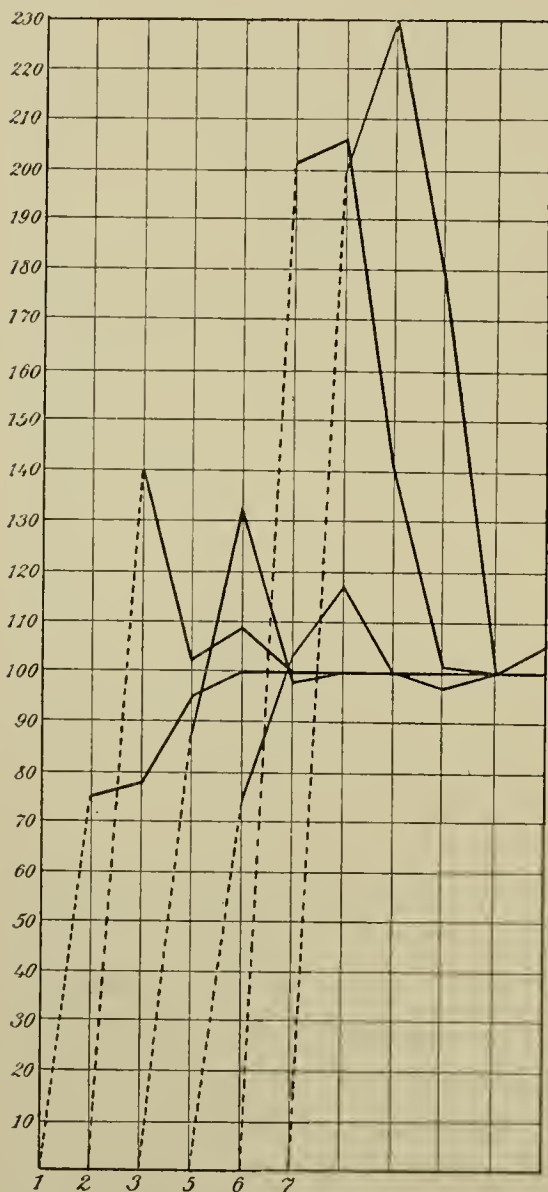


Fig. 1. Graphische Darstellung der Lage der Mittel nach den kleineren Zahlen der obenstehenden Tabelle. Die Terminalproduktion wurde gleich 100 gesetzt. Die Zahlen unter der Abszisse bezeichnen die Nummern der Versuche.

Versuches 1, lassen zuerst folgendes erkennen. Das Mittel der Volltagsproduktion steigt am ersten (Versuch 2), oder am ersten und zweiten Tage (Versuche 3, 6, 7), oder am ersten, zweiten und dritten Tage (Versuch 5) zur größten Höhe und dabei weit über die Größe der Terminalproduktion, und sinkt dann am ersten (Versuche 2, 3, 5), oder am ersten und zweiten Tage (Versuche 6 und 7) danach bis zur Terminalproduktion ab. Der Versuch 1 bietet ein anderes Bild. Hier steigt das Volltagsmittel der Kohlensäureproduktion am ersten, zweiten und dritten Tage an, um am vierten Tage zur Terminalproduktion zu werden; es findet also keine Erhebung über die Terminalproduktion statt.

Dazu noch einige Bemerkungen über die absolute Größe der Kohlensäureproduktion. Die größte Erhebung der ersten Volltagsproduktion über die Terminalproduktion zeigen die Versuche VI und VII (Rubus) mit 0,0534 g

CO₂ pro Stunde des Volltages und 100 g Frischgewicht, gegenüber der Terminalproduktion 0,027 g. Bei Versuch V dagegen war die erste Tagesproduktion bezogen auf 100 g Frisch-

gewicht viel geringer als die Terminalproduktion: 0,0093 gegen 0,0124 g CO₂.

Die Kohlensäureproduktion ist während der Zeit der traumatischen Reizung von allerhand, von uns nicht genau beobachteten Umständen abhängig und deshalb auch in den verschiedenen Versuchen verschieden. Hauptsächlich kommt die Art der Verletzung und die Zeit in Betracht, welche seit der Verletzung des Blattes bis zum Beginn des Versuches verlief. Wir machen darauf aufmerksam, daß Versuch VII mit Blättern vorgenommen wurde, deren Blattstiel einmal quer durchgeschnitten wurde, während Versuch II mit Blättern vorgenommen wurde, deren Blattspreite mitten durchgeschnitten war. Bei Versuch III waren erst die Blätter abgeschnitten, dann später die Stiele entfernt und die Spreiten zerschnitten worden. Die Zeit, welche von der Ernte des Blattes bis zum Beginn des Versuches verlief, war bei den verschiedenen Versuchen verschieden.

2. Die Volltagsperiode der Kohlensäurebildung.

Wenden wir uns nun der Betrachtung der Zahlen für die durchschnittlich in einer Tagesstunde und durchschnittlich in einer Nachtstunde gebildeten Kohlensäuremengen zu. Schon während der Dauer der traumatischen Reizwirkung beobachten wir entweder ein starkes Überwiegen jeder Tagesproduktion über die ihr benachbarten Nachtproduktionen, so in den Versuchen I und V, oder ein ähnliches, wenigstens in der Tendenz erkennbares Auf- und Abschwanken der Größe der Kohlensäureproduktion in der Tages- und Nachtzeit, so in den Versuchen II, VI und VII. In dem Versuche I, der bei niedriger Temperatur ausgeführt wurde, scheint es so, als sei durch den traumatischen Reiz einfach eine Steigerung der Größe der durch innere Ursachen bedingten, in der Terminalproduktion in ihrer normalen Größe erscheinenden Ausschläge hervorgerufen worden. Bei den Versuchen VI, VII, II verwischt die Tendenz zum schnellen Absinken der Atmungsgröße anscheinend die Tagessteigerung der Atmung am zweiten Tage, während in dem Versuche V die Tendenz zum Ansteigen der Atmungsgröße die Tag- und Nachtschwankungen schwächt. Wenn das Verklingen der traumatischen Reizung nach einigen Tagen beendet ist, wenn

also in der zweiten bis fünften Nacht der Versuchszeit die Terminalproduktion der Kohlensäure besteht, so werden die Auf- und Abschwankungen der Tages- und Nachtmittel ganz gleichmäßig. Die Größe der durchschnittlich in einer Stunde des Tages erzeugten Kohlensäuremenge ist an den aufeinander folgenden Tagen ungefähr gleich, ebenso sind die Größen der Nachtproduktionen in den aufeinander folgenden Nächten unter sich gleich. Der Quotient $\frac{T \text{ Tagesproduktion}}{N \text{ Nachtproduktion}}$ ist jedoch in den verschiedenen Versuchen verschieden:

Versuch	I	II	III	V	VI	VII
	1,05	1,14	1,8	1,32	1,6	2,1

Betrachten wir die Kurve Fig. 8 und die Tabelle zu Versuch V, welche uns einigermaßen einen Einblick in den Verlauf der Kohlensäureproduktion an den verschiedenen Volltagsstunden gewährt, so sehen wir, daß am ersten Volltage am Tage, also in der Zeit, in welcher das jetzt verdunkelte Blatt sonst beleuchtet ist, die mit 5 mg beginnende Kohlensäurebildung ziemlich gleichmäßig zunimmt, um erst zu Beginn der Nacht, gegen 8 Uhr abends ein Maximum zu erreichen. Weiter treten nun komplizierte Schwankungen der Kohlensäureproduktion ein, die, wegen Mangel an den Beobachtungen zur Nachtzeit, noch schwierig zu charakterisieren sind. Erst am 5. und 6. Volltage erscheinen die Schwankungen terminal. Am 6. Tag-Nacht-Volltage sehen wir folgendes: Von 6 Uhr an beginnt die Kurve bei ungefähr 15 mg und steigt schnell, bis sie zwischen 7 und 8 Uhr morgens auf ein kleines Maximum von ungefähr 18 mg gelangt, von welchem die Stundenproduktion bis gegen 10 Uhr morgens wieder bis auf 14 mg hinabsinkt, um von da ab bis 12 Uhr mittags rapid auf 30 mg zu steigen und dann ziemlich gleichmäßig zu fallen, bis sie um 6 Uhr wieder auf 15 mg liegt, vielleicht aber während der Zeit noch tiefer gefallen ist. Das Maximum liegt also sicher kurz vor Mittag, wie uns ja auch der Versuch III zeigte, daß das Maximum zwischen 8 Uhr vormittags und 12 Uhr mittags liegen mußte. Der tiefste Punkt der Kurve findet sich zwischen 10 Uhr abends und 7 Uhr morgens. Seine Lage kann wegen der ungenügenden Zahl der Beobachtungen nicht angegeben werden; vermutlich

liegt zwischen 12 und 2 in der Nacht noch ein tieferes Minimum als 12 mg.

Besonders hervorgehoben muß werden, daß hier vom zweiten Tage an ein zweites Tagesmaximum auftritt, welches am zweiten Tage gegen 9 Uhr, dann gegen 12 Uhr, gegen 9 Uhr, gegen 12 Uhr, zwischen 11 und 12 Uhr und zuletzt nochmals zwischen 11 und 12 Uhr liegt. Die Zahlen für die Stundenproduktion am Tage werden sich für die Terminalproduktion ungefähr folgendermaßen verhalten:

Morgens 6 Uhr	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6 Uhr abends
	16	17	18	13	22	30	25	23	21	20	18,5	18

Die Resultate unserer Versuche beweisen also, daß im normalen Tages- und Nachtwechsel gewachsene Laubblätter die Eigenschaft haben, im Dunkeln zur Tageszeit mehr Kohlensäure zu produzieren als zur Nachtzeit und eine maximale Kohlensäureproduktion zwischen 11 und 12 Uhr mittags durchzuführen.

Wie aus dem vorhergehenden hervorgeht, scheint es dabei, als würde diese Volltagsperiodizität im Dunkeln, und bei auch sonst konstanten äußeren Verhältnissen, fortgesetzt gleichmäßig beibehalten. Wenigstens konnte bisher keine Tendenz zum Absinken der Schwankungen beobachtet werden.

Periodizitäten, wie die in Rede stehende, welche unter durchaus gleichmäßigen äußeren Verhältnissen beobachtet werden, müssen selbstverständlich immer bedingt sein durch bestimmte periodisch sich verändernde Bauverhältnisse der Protoplastenmaschinen der betreffenden Pflanzen. Solche Bauverhältnisse könnten nun voraussichtlich

I. ganz unabhängig von äußeren Umständen und stets, im Laufe der von uns zu beobachtenden Entwicklung eines Individuums oder einer Spezies, entstanden sein, und könnten dabei während der ganzen Lebensdauer der betreffenden Protoplasten bestehen bleiben oder auch nur in einer gewissen Lebensperiode auftreten;

II. könnten solche Bauverhältnisse der Flüssigkeitsmaschinen, welche wir Protoplasten nennen, sich nur unter dem Einflusse bestimmter äußerer Reizursachen während der von uns beobachtbaren Entwicklung gebildet haben. Dabei könnte man erwarten, daß die Struktur und damit die Periodizität auch nach

dem Fortfalle der Reizursache a) dauernd erhalten bleiben könnte, oder b) nach und nach abklingend verschwinden könnte.

Welche von diesen konstruierten Fällen als in der Natur vorkommend anzunehmen sind, kann nur durch Beobachtungen entschieden werden. Pfeffer unterscheidet von ähnlichen Gesichtspunkten aus autogene und aitiogene Periodizitäten. Aitiogene sind solche durch diffuse Reize entstehende Periodizitäten, »die ohne die den Wechsel veranlassenden Außenbedingungen weder bei einem gegebenen Individuum noch bei dessen Nachkommen in Erscheinung treten. Sie werden also nicht wie die autonomen Bewegungen durch eine erblich übernommene rhythmische Tätigkeit veranlaßt und reguliert, die auch bei voller Konstanz der Außenbedingungen in Aktion tritt, sobald die zureichenden Entwicklungs- und Lebensbedingungen geboten sind« (1907. S. 333). Nach Pfeffer erkennt man autonome Periodizitäten an ihrer Fortdauer bei Konstanz der Außenbedingungen. Er sagt z. B.: »Indem wir als Kennzeichen der autonomen Bewegungen ihre Fortdauer bei Konstanz der Außenbedingungen ansehen« (1907. S. 463) und: »Mit der Tatsache, daß die hier behandelten Bewegungen bei Konstanz der Außenbedingungen fort dauern, folgt ohne weiteres, daß sie ihre Entstehung einer selbstregulatorischen (autogenen) Tätigkeit verdanken, die sich so abwickelt, daß mit dem Geschehen zugleich der Wechsel der Konstellation und auf diese Weise die Bedingungen für die rhythmische Wiederholung geschaffen werden«. Danach würden die autogenen Periodizitäten unter I unseres Schemas, die aitiogenen Periodizitäten, soweit sie noch bei konstanten äußeren Bedingungen beobachtet werden können, unter II unseres Schemas gehören.

Ein anderer Gesichtspunkt, welcher bei der Betrachtung und der weiteren Untersuchung der Volltagsperiodizität der Kohlensäurebildung der Laubblätter in Betracht gezogen werden kann, ist, ob diese Periodizität A) in Beziehung steht oder B) nicht in Beziehung steht zu in der Natur sich periodisch wiederholenden Ereignissen. Bei solchen Periodizitäten, welche zu A) gehören, muß immer eine Einstellung der Maschinenstruktur auf den Vorgang oder die Vorgänge, welche in der Natur stattfinden, eintreten, so, daß die periodischen Vorgänge in der Zelle in

passender Weise mit den in der Natur vor sich gehenden periodischen Ereignissen zusammenfallen. Es wäre dabei denkbar, daß die periodischen Vorgänge a) auch ohne Einstellungsreiz begännen und uneingestellt ablaufen könnten, oder b) daß der Einstellungsreiz auch zugleich erst den Beginn der periodischen Schwankungen auslösen könnte. Dabei könnte die Reizursache α) eine aperiodische oder β) eine periodische sein, und die Einstellung könnte an sehr verschiedenen Punkten der Entwicklung des betreffenden Organes oder Individuums oder der betreffenden Spezies erfolgen.

Zu unserer Gruppe I B gehören wohl viele periodische Erscheinungen. So z. B. sind die bei der Ausgestaltung des Zellgewebes eines Selblings sich periodisch abwickelnden Zellteilungen hierher zu stellen, ebensowohl die im Rhythmus unkonstanten Variationsbewegungen der Endblättchen von *Oxalis acetosella* usw. (Pfeffer. 1875 u. 1904, S. 457). Zur Kategorie I A gehört z. B. die gewisse Verschiebungen zulassende jährliche Ruheperiode vieler Organe (Pfeffer. 1904, S. 269), dann die autonomen Bewegungen der Blüten von *Calendula arvensis* (Stoppel. 1910). Ferner kann man wohl hierher stellen die von Baranetzky (1879) gefundene Periodizität des Längswachstums einiger im Dunkeln erwachsener Triebe von *Brassica rapa*. Pfeffer (1904, S. 256) sagt dazu: »Wenn also Baranetzky an einigen, aber nicht an allen Trieben, die im Dunkeln an der Rübe (*Brassica rapa*) produziert wurden, eine annähernd mit dem täglichen Rhythmus übereinstimmende Periodizität des Wachstums beobachtete, so dürfte es sich um eine autonome Periodizität, aber nicht um eine Nachwirkung der Tagesperiode gehandelt haben, die von der Rübe auf die Triebe überging.« Zu der Gruppe II A werden wohl die täglichen Erwärmungsperioden der Sprosse (Dutrochet. 1840; Pfeffer. S. 844) und die Tagesperiodizität des Blutens (Pfeffer. 1897, S. 249), ferner die tägliche Periodizität der Zuwachsbewegung, für die Baranetzky (Pfeffer. 1904, S. 256) eine Nachwirkung feststellte, die nach einigen Tagen erlosch, gehören. Zur Gruppe II, A, b, β muß man die periodischen Nachschwingungen der Schlafbewegungen ausführenden Blätter (Pfeffer. 1907) stellen.

Das Urteil darüber, ob eine Erscheinung in eine oder die

andere der aufgestellten Gruppen gehört, gründet sich selbstverständlich auf die Übereinstimmung der bei einer solchen Erscheinung beobachteten Tatsachen mit den Folgen, die nach unserer Meinung sich aus den für die verschiedenen Kategorien gemachten Bestimmungen mit Notwendigkeit ergeben müssen.

Zu welcher Gruppe ist nun danach die von uns beobachtete Periodizität zu stellen? Wir wissen von ihr nur, daß sie bei konstanten Außenbedingungen anscheinend gleichmäßig andauert und daß sie in Beziehung steht zum Tages- und Nachtwechsel. Wir können wohl daraus vorläufig schließen, daß sie entweder zur Gruppe I oder zur Gruppe II a und zur Gruppe A gehören könnte. Dann wäre die erste der weiter zu entscheidenden Fragen die, welche Reizursache zur Einstellung der Periode dient. Zur Entscheidung dieser Frage sowie zur genaueren Untersuchung der Eigenschaften dieser Periodizität im allgemeinen sollen vorerst im nächsten Frühjahr im Botanischen Institute der Universität Marburg folgende Untersuchungen unternommen werden:

I. Untersuchung der periodischen Kohlensäureproduktion der an der Pflanze sitzenden, im Dunkeln befindlichen Blätter vorher in normalem Tages- und Nachtwechsel erzogener Individuen.

II. Untersuchung der im Dunkeln stattfindenden Kohlensäureproduktion etiolierter Blätter.

III. Untersuchung der im Dunkeln stattfindenden Kohlensäureproduktion von bei konstanter Beleuchtung erwachsenen Laubblättern.

IV. Gleiche Untersuchung von unter unregelmäßig wechselnder Beleuchtung erwachsenen Blättern.

V. Spezielle Untersuchung der Nachwirkung kürzer oder länger andauernder Beleuchtung mit stärkerem und schwächerem Lichte während einer längeren Verdunkelungsperiode abgeschnittener oder an der Pflanze sitzender Blätter und Ausführung dieser Versuche sowohl in möglichst kohlensäurefreier Atmosphäre und in kohlensäurereicherer Atmosphäre.

VI. Untersuchung der direkten Wirkung des Lichtes auf die Kohlensäureproduktion der in kohlensäurefreier Luft befindlichen, stets gleichmäßig temperierten Laubblätter.

3. Die Spaltöffnungen haben keine Bedeutung für die Entstehung der Periodizität der Kohlensäureproduktion.

Es war nicht ohne Interesse zu untersuchen, ob autogene Bewegungen der Schließzellen der Spaltöffnungen während der Versuche eintreten und für die Periodizität der Kohlensäureproduktion in Betracht kämen. Es frug sich also zuerst, wie sich die Spaltöffnungen bei der dauernden Verdunkelung und dem Aufenthalt im wasserdampfreichen Raume bei 27°, also bei den Bedingungen unserer Versuche verhielten. Wir beobachteten *Vitis vinifera*. Es zeigte sich, daß nach Einsetzen der Blätter in die Glocke um 7 Uhr, die Spaltöffnungen um 9½ Uhr morgens noch nicht alle völlig geschlossen waren. Abends gegen 6 Uhr waren die Spaltöffnungen entweder alle ganz geschlossen oder einige derselben noch etwas geöffnet. Nachts gegen 10 Uhr war der Schluß aller Spaltöffnungen erreicht, und es blieben von nun an im Apparate die Spalten stets ganz dicht geschlossen.

Im Freien fanden wir die Spaltöffnungen an der Pflanze um 6½ Uhr teilweise geöffnet, um 10½ Uhr bei Besonnung und Windstille alle geöffnet, gegen 12 Uhr schon wieder in der Sonne völlig, im Schatten etwas mehr geschlossen. Um 4 Uhr waren die Spaltöffnungen in der Sonne völlig geschlossen, im zerstreuten Lichte teilweise noch geöffnet. Um 6 Uhr waren sie auch im Schatten geschlossen. Um 10½ Uhr nachts war der Schluß überall vorhanden.

Danach haben also die Spaltöffnungen für die Entstehung der Periodizität der Kohlensäureproduktion keine Bedeutung. Das spricht sich auch in dem Resultate des Versuches IV aus. Obgleich in diesem Versuche die spaltöffnungsführende Seite der Laubblätter auf dem Wasser lag, so daß der Zutritt des Sauerstoffs durch die spaltöffnungsführende Seite sehr erschwert war, und ein Öffnen und Schließen der Spalten unter diesen Umständen kaum eine Wirkung hätte ausüben können, stellten sich doch die periodischen Schwankungen ein.

Übrigens wollen wir nicht unterlassen, auf die eigenartige Erscheinung hinzuweisen, daß Blätter, welche mit der spaltöffnungsführenden Seite auf Wasser liegen, viel schneller gelb

werden als solche, deren spaltöffnungsführende Seite der Luft ausgesetzt ist. Vermutlich wirkt hierbei die sich in den Interzellularen ansammelnde Kohlensäure als Gift auf die Mesophyllzellen.

4. Die direkte Wirkung der Beleuchtung und die Nachwirkung der Beleuchtung auf die Atmung der Laubblätter.

Von großem Interesse für unsere Frage sind die Erfahrungen, welche über die Nachwirkung der Beleuchtung auf die Kohlensäureproduktion der Laubblätter gemacht wurden. Diese Nachwirkung ist 1876 von Borodin (Justs Jahresbericht. 1876, S. 919) entdeckt und später (1881) weiter verfolgt worden. Borodin benutzte Sprosse verschiedener Pflanzen, z. B. solche von *Crataegus oxyacantha*. Er schloß diese Sprosse bald nach dem Abschneiden in eine Röhre ein, leitete einen kohlensäurefreien Luftstrom durch die Röhre und bestimmte die im Dunkeln produzierte Kohlensäure gewichtsanalytisch durch Absorption im Kaliapparate. Hierauf beleuchtete er die Sprosse in kohlensäurehaltiger Luft im zerstreuten Tageslichte oder in direktem Sonnenlichte und bestimmte dann wieder die Kohlensäure, welche sie danach im Dunkeln bildeten. Er fand immer ein Anschwellen der Kohlensäureproduktion nach der Beleuchtung. Zwei Versuche mögen als Beispiele dienen. Im Versuch 1 wurde ein *Crataegussproß* benutzt. Temperatur 29—30°. Die Kohlensäurebestimmung beginnt, nachdem der Luftstrom schon 3 Stunden durch die Röhre geströmt war.

Von 1,5 p. m. bis 7 p. m. 21. Juni 0,0041 g CO₂ pro Stunde.

„ 7 p. m. „ 11,5 p. m. 21. Juni 0,0025 g CO₂ „ „

„ 11,5 p. m. „ 10 a. m. 22. Juni 0,0018 g CO₂ „ „

Die Glasröhre mit dem Sprosse wird nun in einem großen Glasgefäße mit Wasser dem direkten Sonnenlichte bei ungefähr 28° bis 6 p. m. ausgesetzt, während welcher Zeit viermal etwa je 30 cc CO₂ zugeführt wurden.

Es wurde nun im Dunkeln zwei Stunden lang Luft durch die Röhre geleitet und dann bei 29° die CO₂ bestimmt.

Von 8 p. m. bis 12 n. 22. Juni 0,0030 g CO₂ pro Stunde.

„ 12 n. „ 9 a. m. 23. Juni 0,0021 g CO₂ „ „

„ 9 a. m. „ 12 n. 23. Juni 0,00175 g CO₂ „ „

Versuch 10. Im Mai wurden 3 geköpfte Sprosse von *Craetagus* mit 14 Blättern in eine Röhre eingeschlossen. Temperatur $25,1^{\circ}$ — $25,8^{\circ}$. Die Kohlensäureproduktion im Dunkeln dauerte vom 29. Mai 1,5 p. m. bis zum 1. Juni 11,5 a. m. Anfänglich lieferten die Sprosse 0,0182 g CO_2 pro Stunde, dann sank die Produktion ab bis auf 0,0042 g pro Stunde. Nun wurden die Sprosse an der Luft am offenen Fenster, bei zerstreutem Tageslichte bis zum 5. Juni 11 a. m. stehen gelassen. Als hiernach die Größe der Kohlensäureproduktion im Dunkeln festgestellt wurde, belief sie sich auf 0,0149 g pro Stunde.

Im allgemeinen fand Borodin folgendes: Ein abgeschnittener Sproß atmet im Dunkeln anfangs am intensivsten; die Kohlensäureproduktion sinkt dann fortgesetzt. Wird der Sproß dann eine Zeitlang in kohlensäurehaltiger Luft beleuchtet und wird danach dessen Atmungsgröße im Dunkeln wieder bestimmt, so erscheint sie gegenüber dem vorherigen Endzustande gewachsen. Auch diese gesteigerte Kohlensäureproduktion sinkt dann wieder nach und nach ab. Für die Steigerung ist die Intensität des Lichtes von Bedeutung. In kohlensäurefreier Luft beleuchtete Sprosse zeigen keine oder geringere Steigerung (Versuch 7). Nur der letzte sehr wichtige Satz scheint uns weniger gestützt zu sein, und es wäre wichtig nochmals zu untersuchen, ob die Steigerung nur in CO_2 -haltiger Luft eintritt.

Borodin meint, die Steigerung der Atmung nach der Beleuchtung sei die Folge der Anhäufung der durch die Assimilation gebildeten Kohlehydrate, wie er auch das Absinken der Atmung auf einen Verbrauch der Kohlehydrate, als auf eine Verminderung des Kohlehydratvorrates zurückführen möchte. Diese Anschauung scheint uns mindestens noch unbewiesen und wahrscheinlich unhaltbar zu sein. Unsere Versuche zeigten uns ja, daß die Terminalproduktion der abgeschnittenen Laubblätter trotz der täglich durch die Atmung eintretenden Verluste sich nicht änderte. Palladin (Rev. gén. bot. 1901. **13**, 18) fand, als er ausgehungerte Blätter von *Vicia faba* auf Zuckerlösungen von 1 bis 30% Zuckergehalt brachte, daß das Maximum der Atmung meist bei 5proz. Zuckerlösung eintrat. Es braucht also anscheinend nur eine geringe Konzentration der Zuckerlösung in

der Zelle der Laubblätter vorhanden zu sein, wenn die maximale Atmungsintensität derselben erreicht werden soll, und es ist wohl nicht zu erwarten, daß der Kohlehydratgehalt oder Gehalt an Reservestoffen der an den abgeschnittenen Achsen sitzenden Blätter nach 1 bis 2 Tagen so weit gesunken sei, daß die Konzentration der für die Atmung nötigen Reservestofflösungen nicht mehr zur Unterhaltung der normalen maximalen Atmungsgröße der Blätter ausreichte. Unserer Meinung nach kommen bei den Versuchen Borodins folgende Momente in Betracht. Zuerst scheint eine ziemlich kräftige traumatische Reizung der Sprosse durch das Abschneiden und Beschneiden der Sprosse eingetreten zu sein (siehe auch Pfeffer. 1897, S. 577), die während der Versuche kaum ganz ausklang. Die Beleuchtung der Sprosse führte dann zu einer als eine von den Reservestoffen unabhängige Nachwirkung der Beleuchtung aufzufassende Steigerung der Kohlensäureproduktion, welche dann ebenfalls langsam ausklang.

Weitere Untersuchungen über diese Frage verdanken wir F. Areboe (1893), der teilweise unter Detmers Beratung arbeitete. Dieser Autor konnte zuerst zeigen, daß die Atmung der von ihm untersuchten chlorophyllfreien Objekte durch Beleuchtung nicht verändert wird (S. 451). Er operierte dann mit Keimpflanzen von *Lupinus*. In zwei gleiche mit von Nährlösung durchtränktem Sande gefüllte Holzkästen wurden je 200 Lupinensamen eingelegt und im Freien zur Entwicklung gebracht. Nachdem die Keimpflänzchen 21 Tage alt waren, und der oberirdische Teil jeder Pflanze ca. 1 g wog, wurden je 25 g zu jedem Atmungsversuche verwendet (Versuch 1). — Es wurde dann der eine Kasten (A) 61 Stunden in Halbdunkel gebracht, hierauf 25 g Oberirdisches abgeschnitten und auf seine Kohlensäureproduktion untersucht. Dasselbe geschah mit 25 g der Pflanzen aus dem Kasten B, welcher im hellen Lichte gestanden hatte (Versuch 2). — Hierauf wurde dann der Kasten A wieder ins Freie gesetzt, der Kasten B ins Halbdunkel, und nach 4,5 Tagen wurde eine weitere Kohlensäurebestimmung ausgeführt (Versuch 3). — Die Kästen blieben dann noch 4,5 Tage an ihrem Orte, worauf eine letzte Bestimmung der Kohlensäure vorgenommen wurde (Versuch 4). —

Produktion der Kohlensäure im Dunkeln, bei 20° in einer Stunde, in Milligrammen.

		Halbdunkel	Licht
Versuch	1		16,5—17,5
	2	7,1	15,7
	3	6,35	17,9
	4	3,9	18,8

Der Ausfall dieser Versuche stimmt mit den Resultaten Borodins überein.

Der von uns ausgeführte Versuch III sollte nun weiter zur vorläufigen Orientierung über die direkte Wirkung und die Nachwirkung schwacher Beleuchtung auf die abgeschnittenen in kohlenstofffreier Luft befindlichen Blätter dienen. Obgleich seine Resultate nicht zu sicheren Schlüssen verwendbar sind, mögen sie hier Platz finden. Einwandfreie Versuche sollen später ausgeführt werden.

Im Versuche III war schon am 3. und 4. Tage die Terminalproduktion erreicht. Am 5. Volltage hatten die Blätter von 6 Uhr abends bis 12 Uhr nachts pro Stunde 0,015 g CO₂ erzeugt, ferner von 12 Uhr nachts bis 8 Uhr vormittags 0,0125 g, von 6 Uhr abends bis 8 Uhr morgens pro Stunde also 0,0136 gegenüber 0,0132 am vorhergehenden Tage.

Tabelle B.

4. Tag		5. Tag.	Durch Assimilation
6 h p. m.—12 h n.	} 0,0132	6 h p. m.—12 h n.	} 0,0136 pro Stunde vernichtet
12 h n.—8 h a. m.		12 h n.—8 h a. m.	
8 h a. m.—12 h d.	0,0313	8 h a. m.—12 h d.	0,0099 ¹ 0,0214 (0,0313—0,0099)
12 h d.—6 h p. m.	0,0187	12 h d.—5 h p. m.	0,0132 ¹ 0,055 (0,0187—0,0132)
6 h p. m.—12 h n.	0,0150	5 h p. m.—10 h p. m.	0,0039 ¹ 0,011 (0,0150—0,0039)
12 h n.—8 h a. m.	0,0125	10 h p. m.—8 h a. m.	0 ¹ 0,0125

Nun wurde von 8 Uhr morgens bis 12 Uhr mittags, also in der Zeit, in welcher am Tage vorher pro Stunde 0,0313 g CO₂ erzeugt worden waren, mit 200 Kerzen beleuchtet, und es wurden in dieser Zeit, trotz der Beleuchtung 0,0099 g CO₂ pro Stunde ausgeschieden. Es wurde mit der Beleuchtung weiter fortgefahren von 12 Uhr mittags bis 5 Uhr nachmittags. Ohne Beleuchtung waren am vorhergehenden Volltage in dieser

¹) Beleuchtet.

Tageszeit pro Stunde 0,0187 g CO_2 erzeugt worden, jetzt wurden während der Beleuchtung 0,0132 g pro Stunde ausgeschieden. Wenn man aus den ersten Zahlen (0,0313—0,0099) schließt, daß durch die Assimilation, welche die konstante Lichtquelle hervorruft, 0,0214 g CO_2 zerstört worden sind, die durch die Atmung gebildet wurden, so müßte man annehmen, daß durch die Beleuchtung zugleich die Atmung gesteigert worden wäre, denn sonst müßten die 0,0187 g CO_2 verarbeitet worden sein. Mit der Beleuchtung wurde weiter fortgefahren. Jetzt sinkt in den Stunden von 5 Uhr abends bis 10 Uhr nachts die Abgabe der Kohlensäure auf 0,0039 g pro Stunde; da am 4. Tag in dieser Zeit etwa 0,015 g CO_2 gebildet wurden, so könnte man auch hier wieder auf eine Steigung der CO_2 -produktion schließen. Von 10 Uhr nachts bis 8 Uhr morgens wird überhaupt unter dem Einflusse der Beleuchtung keine CO_2 mehr abgegeben. Jetzt hat also entweder keine Steigerung der Atmung unter dem Einflusse der Beleuchtung stattgefunden oder diese Steigerung hat nicht genügt zur Erzeugung eines Überschusses an CO_2 .

Die Erörterung der Tatsachen ist unter der Voraussetzung gemacht, daß die Assimilationsgröße während der ganzen Dauer der Beleuchtung gleich geblieben sei. Wenn sie schwach eingesetzt hätte und später angestiegen wäre, so müßte eine noch stärkere Steigerung der CO_2 -Bildung angenommen werden; wenn sie anfangs stärker gewesen wäre als am Ende der Beleuchtungsdauer, so würde man aus den Zahlen nicht schließen können, daß die CO_2 -Bildung verstärkt worden wäre.

Es ist nun noch die Frage zu erörtern, ob die Kohlensäurebildung durch Licht oder Wärme oder durch beides gesteigert worden sei. Hier muß betont werden, daß wir die Temperatur der Blätter nicht gemessen haben, und daß eine Erhöhung der Temperatur der Blätter wohl stattgefunden haben wird. Vorläufig möchten wir also diesem Versuche nicht die geringste Beweiskraft in Hinsicht auf die Frage, ob die Beleuchtung der Blätter in kohlensäurefreiem Raume die Atmungsgröße direkt erhöht, zusprechen.

In den Morgenstunden von 8 bis 12 Uhr mittags, in denen während der Terminalproduktion ohne vorherige Beleuchtung

pro Stunde 0,0313 g CO₂ abgegeben wurde, wird weiter jetzt wieder Kohlensäure ausgeschieden, allerdings nicht so viel wie man erwarten sollte, nicht 0,0313, sondern nur 0,0037 g.

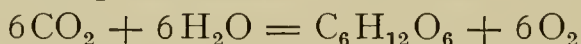
So wie aber die Beleuchtung, die zuletzt ja während der Tageszeit stattfand, stellt sich die Kohlensäurebildung von 12 Uhr mittags bis 6 Uhr abends wieder fast so hoch ein, wie zur Zeit der Terminalproduktion; am 30. Juli war sie in dieser Tageszeit 0,0187, am 1. August 0,0176 g pro Stunde. Auch von 6 Uhr abends bis 7 Uhr morgens (2. August) wird ungefähr normal produziert, nämlich 0,0137 g (terminal ohne vorherige Beleuchtung 0,0132 g). Aber es scheint so, als sei nach der Tag und Nacht fortgesetzten Beleuchtung die periodische Schwankung geschwächt worden, denn von 7 Uhr morgens bis 12 Uhr mittags wurden am 2. August 0,0158 g CO₂ pro Stunde erzeugt, während am 30. Juli 0,0313 g gebildet wurden.

Es konnte also in diesem Versuche keine Verstärkung der im Dunkeln stattfindenden Kohlensäureproduktion nach der schwachen Beleuchtung der Blätter in kohlensäurefreier Luft beobachtet werden. Freilich ist es auch nicht ganz fraglos, ob hier nicht schon eine Schädigung der abgeschnittenen Blätter eingetreten war.

5. Hypothese über die Beziehung der periodischen Atmung zum Assimilationsprozesse.

Aus unseren Versuchen ging hervor, daß die Laubblätter der normalen Landpflanzen im Dunkeln eine Tag- und Nachtperiode der Kohlensäureproduktion zeigen, die ihr Maximum ungefähr zu der Tageszeit hat, in der wohl normalerweise die Assimilationsarbeit des Blattes in der Natur am energischsten ist. Diese im Dunkeln ablaufende Periodizität wird voraussichtlich auch während der Assimilationstätigkeit der Blätter bestehen, so daß zur Zeit der größten Assimilationstätigkeit schon aus autogenen Ursachen die größte Atmungstätigkeit herrschen wird. Auch erscheint es bewiesen, daß vorherige Beleuchtung der Blätter in kohlensäurehaltiger Luft die Atmung der Blätter im Dunkeln steigert. Auch hiernach ist wohl mit einiger Sicherheit anzunehmen, daß die Atmung während der Assimilation erheblich gesteigert wird.

Dieses Eintreten der autogenen und aitiogenen Steigerung der Atmung während der Assimilation ist so auffallend, daß der eine von uns (Meyer) daraufhin folgende, den Assimilationsprozeß betreffende Hypothese aufstellen möchte, welche die biologische Bedeutung der Periodizität der Kohlensäureproduktion in das richtige Licht setzen soll und die einstweilen zur Anregung bei der Weiterforschung auf diesem Gebiete dienen mag. Wieweit sie haltbar ist, müssen weitere Forschungen zeigen. Der Atmungsprozeß ist ein integrierender Bestandteil des Assimilationsprozesses und daraus erklärt sich die Steigerung der Atmung während der Assimilation. Der Assimilationsprozeß läuft bekanntermaßen, soweit wir es bis jetzt übersehen können, meist und im Prinzip so ab, wie es durch die Formel



ausgedrückt wird. Nun ist weder Kohlensäure noch Wasser noch das System $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ lichtempfindlich, und es muß deshalb das System $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ in einen reaktionsfähigen Zustand versetzt werden, so, daß es, unter Aufnahme strahlender Energie des Lichtes und Überführung derselben in die chemische Spannkraft der beiden neuen Moleküle $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ und O_2 , in diese umgestaltet wird.

Diese Überführung in den reaktionsfähigen Zustand wird nun vielleicht durch den Atmungsprozeß (eventuell einen ihm äußerlich gleichenden Prozeß) bewirkt, der also dann, soweit er der Assimilation dient, zum Assimilationsprozesse in einem quantitativen Verhältnis stehen könnte. Dieser »Atmungsprozeß«, der Energie auf die in dem Chloroplasten befindlichen Moleküle der Kohlensäure und des Wassers überträgt, spielt sich möglicherweise nur im Stroma der Autoplasten ab, während der zweite Teil des Prozesses, die Bildung des Zuckers und des freien Sauerstoffs, in den Grana vor sich gehen könnte. Da übrigens bisher alle Bemühungen, ein Zwischenprodukt des Assimilationsprozesses aufzufinden, vergeblich waren, so gewinnt die Annahme, daß ein solches überhaupt nicht entsteht, daß vielmehr in diesem mikrochemischen Laboratorium der Prozeß anders und glatter verläuft, als wir es uns nach unseren makrochemischen Erfahrungen vorstellen können, mehr und mehr an Berechtigung. Vom biologischen Standpunkte darf man wohl

auch die bekannte Erfahrung (z. B. Friedel. 1902), daß das Ergrünen der Laubblätter der Angiospermen in einer sauerstoffarmen Atmosphäre ebensowenig erfolgt, wie bei Lichtabschluß, als in Übereinstimmung mit der Hypothese stehend auffassen.

Bei oberflächlicher Überlegung könnte man meinen, daß dieser Hypothese die Tatsache widerspräche, daß der Assimilationsprozeß bei völligem Sauerstoffabschluß beginnen kann (Hoppe. Zeitschr. f. physiol. Chemie. 1879. 2, 425; Beijerinck. Koninkl. Akad. Wetensch. Amsterdam. 26. Juni 1901. 45; Molisch. Bot. Zeitung. 1904. S. 1; Friedel. 1905). Dieser Widerspruch besteht aber in der Tat nicht, denn es ist aus der besprochenen Tatsache nur zu schließen, daß die intramolekulare Atmung instande ist, den Prozeß zu ermöglichen, wie sie auch für andere Prozesse, welche bei höheren Pflanzen intensiv nur durch die normale Atmung dauernd unterhalten werden können, die Energie zu liefern vermag.

Auch die Tatsache, daß in 2% Sauerstoff und die genügende Kohlensäure enthaltender Luft die Assimilation so groß ist wie in Luft, welche 18% Sauerstoff und die genügende Kohlensäure enthält (Jean Friedel. 1905), steht nicht in Widerspruch zu der Hypothese. Sobald das Blatt assimiliert, wird ja eine so große Menge von Sauerstoff frei, daß diese selbst für eine sehr gesteigerte Atmungstätigkeit genügt. Die Pflanze braucht also nur die innere Disposition des Protoplasten für eine verstärkte Atmung herzustellen, wenn eine Erhöhung der Atmungstätigkeit nötig ist; Sauerstoff wird ihr stets in genügender Menge durch den von der Atmung eingeleiteten Assimilationsprozeß zur Verfügung gestellt. In Übereinstimmung mit der Hypothese steht die Erfahrung, daß die Assimilation eines Chloroplasten nur so lange andauert, wie der Chloroplast atmet. Man kann danach wohl die Assimilationstätigkeit des Chloroplasten durch Schädlichkeiten aufheben, ohne daß dessen Atmung sistiert wird, aber nicht die Atmung sistieren, ohne daß die Assimilation zum Stillstand gebracht wird. Es ist durchaus nicht gesagt, daß das alles so sein müsse. Denn ein aus der Zelle herausgenommener Chloroplast assimiliert, solange er lebt, und vom theoretischen Standpunkte stände der Annahme nichts im Wege, daß er bei Zufuhr von strahlender Energie

des Lichtes auch ohne Atmung weiter leben und assimilieren könne.

In einer, wenn auch nicht gleichwertigen, so doch ähnlichen Beziehung wie der Atmungsprozeß scheint auch der Prozeß der Transpiration, im weitesten Sinne, zu dem Assimilationsprozesse zu stehen. Es wäre das vom biologischen Standpunkte aus verständlich, denn einmal braucht die Zelle zur Durchführung des Assimilationsprozesses eine gewisse Sättigung mit Wasser, und dann ist eine genügende Transpiration als Schutz gegen zu starke Erwärmung des beleuchteten Blattes oft von Bedeutung für das Blatt. Eine derartige Beziehung spricht sich nämlich anscheinend in dem Zusammenfallen der Maxima und Minima der Wasseraufnahme, des Blutens und der Wasserverdampfung mit den Maxima und Minima der Lichtintensität der Volltage aus. Ein kurzer Hinweis auf darüber Bekanntes mag das Gesagte illustrieren.

So fand Oskar Eberdt (1889) für Wasserkulturen von *Asclepias incarnata* und *Eupatorium maculatum* bei Verdunkelung, konstanter Temperatur und konstanter rel. Feuchtigkeit der Luft eine Volltagsperiodizität der Wasseraufnahme durch die Wurzel. Er benutzte den Transpirationsapparat von Kohl (Kohl, Die Transpiration der Pflanze. 1886. S. 62) für die Untersuchung. Er meint (S. 93), da er gefunden hat, daß im Dunkeln die Wasseraufnahme und Wasserabgabe einander parallel sind, auch durch Wägen der Wasserabgabe dasselbe Resultat erhalten worden wäre. Als Beispiel mögen zwei seiner Versuche mit *Asclepias* angeführt werden:

Versuch III. Rel. Feuchtigkeit 10% Temperatur des Wassers 17, 5—17, 8°, Lufttemperatur 17, 3—18°. Die Pflanze nahm in den aufeinander folgenden Stunden folgende Wassermengen in 0,01 ccm ausgedrückt auf:

12 nachts—	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	11	12	14	17	20	23	27	32	35	41	46	50
12 mittags—	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	53	49	47	43	40	36	32	28	23	19	13	10

Versuch IV unter fast gleichen Verhältnissen:

12 nachts—	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	15	17	19	21	23	26	29	35	42	49	54	58

12 mittags—1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
61	59	55	50	45	41	35	29	25	20	15	13

Für den Versuch III wäre danach die Durchschnittsaufnahme pro Tagesstunde 42, pro Nachtstunde 18, danach $\frac{T}{N} = 2,3$

Hofmeister (1862. S. 106) fand, besonders klar an den Wurzelstümpfen krautartiger Pflanzen, eine deutliche Periodizität des Saftausflusses. »Die Menge des Saftausflusses, während der späten Nachtstunden gering, steigt plötzlich nach Sonnenaufgang, erreicht das tägliche Maximum in der Stunde zwischen 7,5 vormittags und 2 nachmittags, bald früher, bald später und sinkt von da ab rasch bis zum nächsten Morgen«. Ein Beispiel aus seinen Tabellen ist das folgende:

Stammstumpf von *Helianthus annuus* ließ ausfließen in Kubikmillimetern pro Stunde

8—9 a. m.	9—10	10—11	11—12	12—2 p. m.	2—3	3—7
40	50	60	140	135	90	97,5
7—10 10 p. m.—5 a. m.						
16			18,5			

Diese Resultate Hofmeisters wurden von Baranetzky und anderen bestätigt. Aus Baranetzkys (1837) Arbeit seien einige Beispiele angeführt:

Versuch I. 3.—4. Juli. *Helianthus annuus*. In 0,01 ccm.

12—2 nachts	2—4	4—6	6—8	8—10	10—12 mittags	12—2	2—4
41	39	53	70	80	76	64	51
4—6 6—8 8—10 10—12							
42		32	24	23			

Versuch III. *Cucurbita Meloepo* 15.—16. Juli

12—2 nachts	2—4	4—6	6—8	8—10	10—12	12—2	2—4	4—6
79	78	80	84	90	100	105	102	100
6—8 8—10 10—12								
97			90	82				

Versuch VI, *Ricinus insignis*. 10.—11. August.

12—2 nachts	2—4	4—6	6—8	8—10	10—12	12—2	2—4	4—6
45	46	52	55	53	52	52	45	41
6—8 8—10 10—12								
37			36	39				

Daß bei diesen Versuchen die Maxima so verschiedenartig

liegen und die Periode nicht so stark ausgeprägt ist, ist nicht zu verwundern, denn wir wissen ja, daß die Wasserausscheidung aus den Wurzelstümpfen viel schwächer ist, als der Wasserstrom in der intakten Pflanze, und wir haben immer festzuhalten, daß der Blutungsprozeß stets ein krankhaft veränderter Vorgang ist.

Eine Volltagsperiodizität der Transpiration der Laubblätter fand Francis Darwin. Er bestimmte mittelst eines Hornspahnhygrometers ungefähr die Schwankungen der relativen Feuchtigkeit der über der Blattoberfläche lagernden Luftschicht und beobachtete dabei eine Periodizität der Größe dieser Feuchtigkeit (Bot. Centralbl. 75. 1898. S. 117). Das Hygrometer begann dabei seinen Nullpunkt mit dem Morgenlichte zu verlassen; es stieg zuerst schnell, dann langsamer; in einigen Fällen blieb es hierauf völlig horizontal, bis am Abend ein rapides Fallen eintrat. Bei anderen Pflanzen stieg es allmählich, bis es den höchsten Punkt zwischen 11 a. m. und 3 Uhr p. m. erreicht hatte. Nach Sonnenuntergang sank es innerhalb einer Stunde auf 0. Er fand auch, daß Verdunkelung das Fallen des Hygroskopes am Nachmittage leichter veranlaßte als am Morgen, und daß Beleuchtung das Steigen des Hygrometers am Morgen leichter veranlaßte als am Nachmittage. Die Veränderung der relativen Feuchtigkeit geht nach Darwin ungefähr parallel mit dem Öffnen und Schließen der Spaltöffnungen der Blätter (1898. S. 538) und er schließt deshalb aus dem Verhalten der Spaltöffnungen am Nachmittag und Vormittag auch auf eine inhärente Periodizität im Verschlusse der Spaltöffnungen.

Curtis bestimmte 1902 die Transpirationsgröße durch Wägung des Wasserverlustes transpirierender Pflanzen an wolkigen Tagen, bei konstanter elektrischer Beleuchtung und im Dunkeln. Er fand bei annähernder Konstanz der äußeren Verhältnisse eine Periodizität der Transpiration, mit einem in der Nähe der Mittagszeit liegenden Maximum. Er gibt auch an, daß die Spaltöffnungen zur Zeit der größten Transpiration die größte Öffnungsweite und eine periodisch wachsende Lichtempfindlichkeit besitzen. Wir führen zuerst folgendes Beispiel aus den Tabellen von Curtis (S. 365) an, welches die Wasserabgabe in mg pro Stunde in konstanter elektrischer Beleuchtung angibt:

Gardenia jasminoides; Temp. $20,5-21^{\circ}$, $5-21$; Hygrom. 29—23.

7—8	8—9	9—10	10—11	11—12	mittags,	12—1	1—2	2—3
27	36	57	60	65		60	63	55
			3—4	4—5				
			33	38				

Acalypha hispida; Temp. $23^{\circ}-23,5^{\circ}$; Hygrom. 50—52.

7—8	8—9	9—10	10—11	11—12	mittags,	12—1	1—2	2—3
176	185	184	210	194		182	177	147
			3—4	4—5				
			141	138				

Ferner geben wir ein paar Beispiele aus den Tabellen, welche für im Dunkeln ausgeführte Versuche von Curtis (S. 368) mitgeteilt werden:

Acalypha hispida; Temp. $18-20^{\circ}\text{C}$; Hygrom. 36—38.

6—7	morgens	7—8	8—9	9—10	10—11	11—12	mittags,	12—1
90		88	84	68	76	85		93
		1—2	2—3	3—4	4—5	5—6		
		119	86	78	80	84		

Ficus inflecta; Temp. $17,5^{\circ}-18,5^{\circ}$; Hygrom. 49—51.

5—6	morgens	6—7	7—8	8—9	9—10	10—11	11—12	mittags,
58		71	64	52	53	96	70	
		12—1	1—2	2—3	3—4	4—5		
		110	68	54	56	48		

Die Unterschiede, welche Francis Darwin zwischen dem Verhalten der verschiedenen Blattspezies gegen das Hygroskop fand, ebenso die bei anderen hierher gehörenden Untersuchungen zutage tretenden Verschiedenheiten, lassen vermuten, daß alle besprochenen mit der Assimilation in Beziehung stehenden eigenartigen Anpassungserscheinungen bei den verschiedenen Pflanzenspezies verschiedenartig und verschieden stark ausgeprägt auftreten werden.

Auch die Periodizität der Wurzelatmung, welche Saikewicz (1877) beobachtete, mag hier noch erwähnt werden. Er benutzte Wasserkulturen von Maispflanzen und fand, daß die Atmung der Wurzeln der beleuchtet im Freien stehenden Kulturen bei konstanter Temperatur am Tage sich vergrößerte und in der Nacht sank. Das Maximum lag gewöhnlich mittags, das Minimum nach Mitternacht. Bei erwachsenen Pflanzen er-

hielt sich die Periodizität auch dann, als die Pflanze in das zerstreute Licht eines Zimmers gestellt wurde, während sie bei jungen Pflanzen absank.

Areboe (1893. S. 454), dessen Methode, wie er selbst sagt, ein sehr genaues Arbeiten nicht zuließ, konnte die Beobachtungen von Saikewicz nicht bestätigen, so daß eine genaue Nachuntersuchung recht erwünscht wäre.

6. Die spezifische Fähigkeit zur Kohlensäureproduktion.

In der »Tabelle für die Stundenproduktion« sind die Zahlen für die Größe der Kohlensäureproduktion der verschiedenen Blattportionen, bezogen auf verschiedene Einheiten, zusammengestellt.

Tabelle für die Stundenproduktion.

Material	Versuchsdauer in Stunden	Temperatur Grad C	1 g Frischgew. pro Stunde in Grammen CO ₂	1 g Plasma pro Stunde in Grammen CO ₂	1 g Trockengew. pro Stunde in Grammen CO ₂	1 g Frischgew. während der Ter- minalproduktion pro Stunde g CO ₂
II. Blätter mit Stielen. Vitis.	188,5	27—28	0,00044	0,0024	End. 0,0021 Anf. 0,0017	0,00041
III. Lamina- hälften, Ober- seite auf Wasser, zeitweise schwach be- leuchtet. Vitis.	166	27—28	0,00041		End. 0,0016	0,00047
V. Blätter mit kurzen Stielen. Vitis.	152	26—27	0,00043		End. 0,0019	0,00044
VI. Blätter ohne Stiele. Acer.	119	27—28	0,00047	0,00168	Anf. 0,0012	0,00030
VII. Blätter mit Stielen. Rubus.	134	27—28	0,00041	0,00166	Anf. 0,0012	0,00027

Zu dieser Tabelle bemerken wir noch folgendes.

Für die Wahl der Methoden, welche bei der Weiterbearbeitung der durch diese Arbeit gestellten Fragen Anwendung

finden sollen, war es von Interesse auch die Frage nach der spezifischen Fähigkeit der Kohlensäureproduktion der bifazialen Laubblätter einjähriger Dauer unserer mesophilen Pflanzen in das Auge zu fassen.

Will man für diese Organe brauchbare, vergleichbare Zahlen erhalten, so ist es, wie in allen ähnlichen Fällen nötig, daß man stets gleiche Versuchsbedingungen anwendet. Es sind hier völlig gleich zu machen 1. die Vorbehandlung, 2. die Temperatur, 3. die Beleuchtung, 4. die Versuchsdauer und es ist für genügende Wasser- und Sauerstoffzufuhr zu sorgen, die auch ungefähr das gleiche Maß haben müssen.

Es ist dann selbstverständlich für den Wert der Zahlen nicht gleichgültig, ob man für ihre Ableitung die Einheit des Blattvolumens, des Frischgewichtes, des Trockengewichtes oder des Plasmas benutzt. Von vorneherein sollte man annehmen, daß die beste Einheit der Protoplast sein müsse, wenn man denselben von ergastischen Gebilden völlig befreien könnte. Annähernd wird das geschehen, wenn man die Blätter bis zum Anormalwerden der Terminalproduktion atmen läßt. Dann wird man das Gewicht des Protoplasten mit einiger Genauigkeit finden, wenn man das Gewicht der Rohfaser, also ungefähr das der Zellmembran bestimmt und von dem Gewichte der End-trockensubstanz des Blattes abzieht. Fehler entstehen hier aber schon dadurch, daß Rohfaserbestimmungen die Zellmembranen verschieden stark angreifen, und daß das Oxalat und Reste von Reservestoffen mit als Protoplast gerechnet werden. Die Zahlen, welche den Zahlen für das Plasma in der Tabelle für die Stundenproduktion zugrunde liegen, sind so gewonnen.

Nach unseren Erfahrungen aber scheint es fast so, als sei es praktischer, das Frischgewicht als Einheit zu wählen. Das Frischgewicht der mit Wasser gesättigten Blattspreiten gibt uns in allen Fällen ein annäherndes Maß für das Volumen der Zellen, welche in dem atmenden Blatte enthalten sind, denn das spezifische Gewicht der Assimilationszellen wird wohl überall ziemlich gleich sein; daß es annähernd gleich bleibt, wenn die Reservestoffe aus einem mit Reservestoffen gefüllten Blatte durch die Atmung fast verbraucht werden, geht wohl daraus hervor, daß das Gewicht einer mit Wasser gesättigten

Blattspreite von *Vitis vinifera* nicht merklich abnimmt, wenn man sie 8 Tage lebhaft atmen läßt. So kann es nicht wunder nehmen, daß wir bei *Vitis* für die Atmungsgröße von 1 g Frischgewicht pro Stunde die Zahlen: 0,00044; 0,00041; 0,00043 erhalten schon bei unseren nicht exakt vergleichbaren Versuchen. Auffallend aber und für die Anschauung, daß das Protoplasma des hier in Rede stehenden Laubblatttypus bei allen Spezies eine sehr ähnliche spezifische Fähigkeit der Kohlensäureproduktion besitzt, sprechend, ist es, daß auch 1 g der frischen Blätter von *Acer* 0,00047 und von *Rubus* 0,00041 Kohlensäure pro Stunde erzeugen.

Eine exakte Entscheidung der oben aufgeworfenen Fragen ist selbstverständlich durch unsere Untersuchungen nicht gegeben worden; wir können aber für weitere Versuche das Resultat im Auge behalten, daß bei unserer Versuchsanstellung ein abgeschnittenes Laubblatt der in Rede stehenden Kategorie durchschnittlich pro Stunde ungefähr 0,00043 g Kohlensäure erzeugen wird.

Die Untersuchungen von Nicolas (1909) sind ohne Wert für diese Frage, weil dieser Autor abgeschnittene Blätter nur 2—5 Stunden atmen ließ und den Einfluß der traumatischen Reizung als vernachlässigbar betrachtete. Auch Palladin (1893), welcher meint, daß die Berechnung auf Trockensubstanz die richtige Methode sei, berücksichtigte selbstverständlich nicht die traumatische Reizung. Übrigens berechnet er nur deshalb auf die Trockensubstanz, weil er damit den Gehalt der Blätter an Eiweißstoffen der Berechnung zugrunde legen will, der nach ihm für die grünen Blätter annähernd 38,7 % des Trockengewichtes beträgt.

II. Abschnitt.

Die Versuche.

1. Allgemeines über die Methode.

Es wurden 15 bis 50 Blätter benutzt, bei einem Frischgewichte von 37 bis 70 g. Die angewandten Blätter waren in den verschiedenen Versuchen etwas verschieden hergerichtet. Die Versuche I, V, VI, VII wurden mit Blättern angestellt, an denen 2—3 cm lange Stielreste gelassen wurden. Die Blätter

zum Versuche II waren derart präpariert, daß die eine Blatthälfte derselben am Mittelnerven weggeschnitten wurde und die andere mit dem Mittelnerven und einem 2—3 cm langen Stielreste versehene Hälfte in den Apparat gebracht wurde. Die Versuche III und IV wurden mit stiellosen Blatthälften angestellt, die beim Mittelnerven abgetrennt worden waren. Die Blätter kamen bei den verschiedenen Versuchen bald, aber nicht gleich lange Zeit nach dem Abschneiden vom Stamme in den Apparat.

Der benutzte Apparat (Fig. 2) war folgendermaßen zusammengestellt. Eine Glocke, unter welche die atmenden Blätter

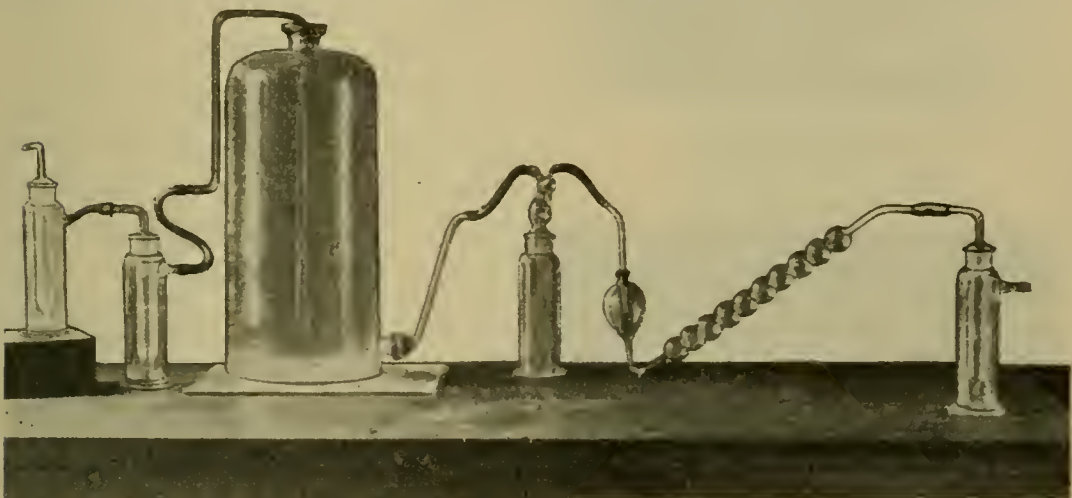


Fig. 2. Atmungsapparat.

gebracht wurden, war oben und unten seitlich tubuliert, ihr unterer Rand war auf eine Glasplatte aufgeschliffen und wurde noch durch zähes Wollfett gedichtet. Der obere Tubus der Glocke wurde mit zwei hintereinander geschalteten Waschflaschen verbunden, von denen die äußere 33 proz. Natronlauge, die der Glocke nächste gesättigtes Barytwasser enthielt. Vom unteren Tubus ging ein Rohr aus, welches in eine Waschflasche führte, die eine gemessene Menge titrierter Baryumhydroxydlösung enthielt. Diese war verbunden mit einer ebenfalls gemessene Menge der Baryumhydroxydlösung enthaltenden J. Meyerschen Zehnkugelhöhre. Darauf folgte wieder eine Flasche mit Barytwasser und schließlich der aus zwei graduierten 11 $\frac{1}{2}$ -Literflaschen bestehende Aspirator, der mit Hähnen zur Regulierung des Ausflusses versehen war.

Zur Aufstellung der Blätter unter den Glasglocken dienten für die Versuche II bis VII 3 verschiedene Einrichtungen. Einrichtung a (Fig. 3): Vier gut glasierte Tonschalen



Fig. 3. Einrichtung a.

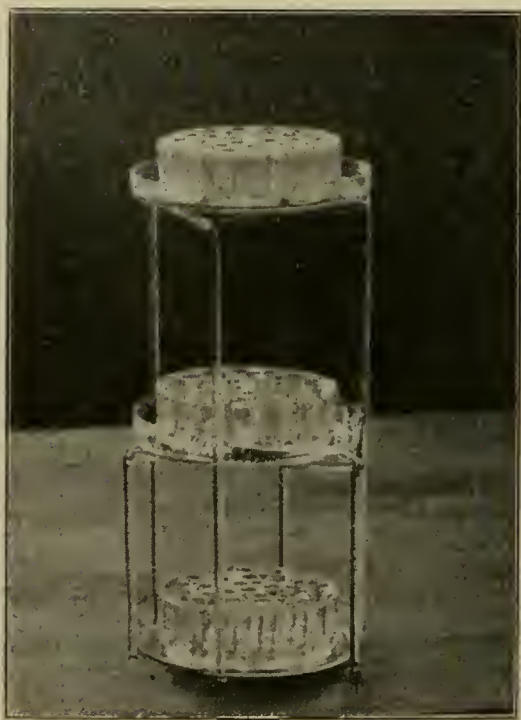


Fig. 4. Einrichtung b.

von 20 cm Breite, und 5 cm Höhe wurden, durch Hufeisen von 18 mm dicken Glasstäben voneinander getrennt, übereinandergeschichtet. In jeder Tonschale befanden sich 100 ccm Wasser. In die Schalen wurden dicke Glasröhren eingelegt, auf welche die Spreiten der mit den Stielen im Wasser stehenden Blätter gestützt wurden, so, daß die Oberseite der Spreiten nach oben gerichtet war. Die Einrichtung kam unter eine Glocke von 22 cm Weite und 30 cm Höhe.

Einrichtung b (Fig. 4): In drei 12 cm breite, 2,5 cm hohe Glasschalen wurden je 75 ccm Wasser gegossen, und in jede Glasschale wurde ein 11 cm breiter, 3 cm hoher Glas-klotz gestellt, der senkrecht von 28 Löchern durchbohrt war. Eine dieser Schalen wurde auf die Glasplatte, 2 andere wurden auf Glasdreifüße von 13 und 28 cm Höhe gestellt. Die Blätter wurden mit den Blattstielen in die Löcher der Glasklötze gesteckt.

Die Glocke, unter welcher die Einrichtung stand, war 22 cm weit und 45 cm hoch.

Einrichtung c (Fig. 5): Bei den Versuchen, in welchen die Blätter mit der Fläche auf Wasser gelegt wurden, benutzten

wir 18 Schalen von 14 cm Breite und 1,5 cm Höhe, die durch dazwischen gelegte aus 0,4 mm dicken Glasstäben hergestellte Dreiecke von einander getrennt waren. Jede Schale enthielt 25 ccm Wasser. Die Glocke, unter welcher der Schalensatz stand, war 22 cm weit und 45 cm hoch.

Die Glasglocken wurden mit schwarzen Tüchern verdunkelt. Alle Versuche, mit Ausnahme von I, wurden auch im dunklen Raume vorgenommen.

Alle Versuche, mit Ausnahme von I, wurden in einem Raume vorgenommen, dessen Temperatur konstant war. Schwankungen von $1\frac{1}{2}$ Grad kamen nur durch Öffnen der Tür oder durch Anzünden der elektrischen Glühlampen zu stande.

Das Wasser, welches in die Schalen gegossen wurde, in welchen die atmenden Blätter standen, wurde nur im Versuche II ausgekocht angewandt, in allen anderen Fällen wurde Wasserleitungswasser benutzt, welches jedoch in den Schalen immer eine Zeit lang offen stand, so daß der größte Teil des Kohlensäureüberschusses entwichen war.

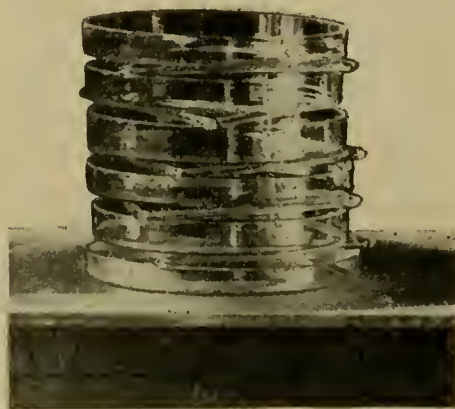


Fig. 5. Einrichtung c.

Das in die Glocke gestellte Wasser muß sich in den ersten Stunden des Durchleitens der Luft durch die Glocken entsprechend der Konzentration der Kohlensäure in diesem Raume mit Kohlensäure gesättigt haben, und es ist fraglich wie stark durch diese Verhältnisse anfangs das Resultat der Kohlensäurebestimmung beeinflußt werden konnte. Um einen annähernden Überblick über diese Frage zu haben, wollen wir sie für einen Versuch verfolgen.

In dem Apparate befanden sich z. B. 400 ccm Wasser. In 15 Stunden waren durch den Apparat 22,5 Liter Luft hindurchgegangen und hatten 0,3432 g CO_2 mit sich geführt. In einem Liter Luft waren danach durchschnittlich 0,015 g CO_2 enthalten gewesen. Die 400 ccm Wasser lösen unter den gegebenen Umständen, 27°C und ungefähr 760 mm, ungefähr 0,0048 g CO_2 .

Diese geringe Menge Kohlensäure würde von ausgekochtem

Wasser zurückgehalten worden sein. Wenn Wasserleitungswasser ganz frisch eingestellt würde, so würde Kohlensäure abgegeben werden müssen, denn das benutzte Leitungswasser enthält im Liter 0,35 g CO_2 .

Wenn das Wasser aber, wie es geschah, gestanden hat, so wird durch das Einstellen des Wassers in die Glocken kein für unsere Fragen erheblicher Fehler entstehen.

Die Luft in der Glocke wird wohl nahezu mit Wasserdampf gesättigt gewesen sein, da sie erst zwei Waschflaschen passierte und da die unter der Glocke stehenden verdampfenden Wasserflächen relativ groß waren.

Die meisten der Versuche wurden mit Blättern eines bestimmten Exemplares von *Vitis vinifera* ausgeführt, die, wenn sie mit den Stielen im Wasser stehen und sich mit der Spreite im feuchten Raume befinden, 14 Tage völlig gesund bleiben können und, wie eine von uns ausgeführte Untersuchung zeigte, nach dieser Zeit von den in 100 g Frischgewicht enthaltenen ungefähr 7 g Kohlehydraten noch ungefähr 3 g enthalten können. Hie und da tritt in der feuchten Luft eine eigenartige Ablösung des Blattstieles, anscheinend durch lokale Bakterienwirkung an einzelnen Blättern ein, die aber für unsere Versuche ganz ohne Einfluß ist. Sonst sind in unseren Versuchen mit den Vitisblättern weder Pilze noch Bakterien in irgend erheblichen Mengen zu konstatieren gewesen. Eigenartig war es, daß sich nur die mit der Unterseite auf dem Wasser liegenden Blätter nach 6 Tagen teilweise gelb färbten, nicht die mit der Oberseite aufliegenden und nicht die mit den Stielen in Wasser stehenden Blätter.

Die Blätter von *Rubus idaeus* und *Acer pseudoplatanus* sind auch recht widerstandsfähig, es zeigten sich aber bei unseren Versuchen am 7. Tage Spuren von Pilzen auf der Lamina. Die Blätter von *Geranium rivulare* standen wohl schon zu nahe am Ende ihrer Vegetationsperiode, so daß bei ihnen relativ früh Gelbfärbung eintrat.

Die Kohlensäurebestimmung wurde stets folgendermaßen ausgeführt. Die zur Absorption der Kohlensäure bestimmte Barytlösung enthielt annähernd 3% Baryumhydroxyd. Vor dem Einfüllen der Lösung in die Absorptionsflasche und

die Kugelhöhre wurden 25 ccm derselben mit $\frac{1}{2}$ -Normal-Salzsäure und Rosolsäure (0,5 g Rosolsäure in 50 ccm Alkohol gelöst und 50 ccm Wasser hinzugefügt) titriert. In der Absorptionsflasche befanden sich 300 ccm, in dem Kugelrohr 100 ccm der titrierten Barytlösung. Nach dem Durchleiten der kohlensäurehaltigen Luft wurde der Inhalt der Gefäße in einen hohen Zylinder gegossen, der gut verschlossen wurde und bis zum völligen Absetzen des Baryumkarbonates ruhig stehen blieb. 25 ccm der klaren Lösung wurden nun mit der Pipette abgehoben und titriert. Aus den Resultaten der beiden Titrierungen wurde die Menge der absorbierten Kohlensäure berechnet in der Weise wie es das folgende Beispiel zeigt.

Bei der ersten Titration der 25 ccm Baryumhydroxydlösung wurden gebraucht 7,74 ccm $\frac{1}{2}$ -Normal-Salzsäure; für die vorgelegten 400 ccm der Barytlösung also **123,84** ccm.

Bei der zweiten Titrierung brauchten 25 ccm Barytwasser 1,7 ccm $\frac{1}{2}$ -Normal-Salzsäure zur Neutralisation, 400 ccm also **27,2** ccm. Die Differenz beträgt also $123,84 - 27,2 = 96,64$ ccm.

Dividiert man diese Zahl durch 2 und multipliziert sie dann mit der Zahl des Kohlensäureäquivalentes für 1 ccm der Normalsalzsäure = 0,022, so findet man die absorbierte Kohlensäure in Grammen = **1,063**.

2. Beschreibung der Versuche.

Versuch I.

Es wurden 5 Blätter, welche am Tage assimiliert hatten, und deren Genossen sich bei der Jodprobe als stärkereich erwiesen hatten, abends 6 Uhr in den Apparat gebracht. Sie wurden mit den Stielen in ein 50 ccm Wasser enthaltendes Glas und mit diesem unter die 4 Liter Luft fassende Glocke gestellt. Dann wurde mit dem Aspirator ein Luftstrom durch den Apparat gesaugt, dessen Intensität nicht festgestellt wurde. Die Temperatur betrug $17-19^{\circ}$ C. Sie schwankte innerhalb des Tages oft, da der Versuch in einem gewöhnlichen Zimmer unternommen wurde.

Das Weitere sagt die Tabelle I.

Die Bezeichnung »Tag« und »Nacht« soll in dieser und den folgenden Tabellen nur anzeigen, daß die Kohlensäure in dem einen Falle wesentlich des Nachts, in dem anderen wesentlich am Tage produziert wurde. Der physiologische Tag würde ja in den verschiedenen Monaten etwas verschieden lang sein, könnte aber für die Vegetationszeit am besten von 6 Uhr morgens bis 6 Uhr abends gerechnet werden. Hier wurde die Nacht aus Bequemlichkeitsgründen auf 14 Stunden ausgedehnt, der Tag erhielt nur 10 Stunden, auf welchen Punkt bei der Betrachtung dieser und der

Tabelle 1. (Zu Versuch I.)

Vitis vinifera. 5 gestielte Blätter. Begonnen am 29. Sept. 1909, 6 Uhr nachmittags.
Temperatur 17—19° C.

	Datum	Nach	CO ₂ in Gramm	Pro Stunde in Gramm	Aussehen der Blätter
Nacht	29. Sept. 8 ^h a. m.	14 Stdn.	0,0176	0,00126	normal
Tag	29. „ 6 ^h p. m.	10 „	0,0748	0,00748	
Nacht	30. Sept. 8 ^{1/2} ^h a. m.	14 ^{1/2} Stdn.	0,0440	0,00303	normal
Tag	30. „ 6 ^{1/2} ^h p. m.	10 „	0,0528	0,00528	
Nacht	1. Okt. 8 ^{1/2} ^h a. m.	14 Stdn.	0,0616	0,00440	normal
Tag	1. „ 6 ^h p. m.	9 ^{1/2} „	0,0528	0,00556	
Nacht	2. Okt. 8 ^h a. m.	14 Stdn.	0,0704	0,00503	normal
Tag	2. „ 6 ^h p. m.	10 „	0,0528	0,00528	
Nacht	3. Okt. 8 ^h a. m.	14 Stdn.	0,0704	0,00503	normal
Tag	3. „ 6 ^h p. m.	10 „	0,0528	0,00528	
Nacht	4. Okt. 8 ^h a. m.	14 Stdn.	0,0704	0,00503	normal
Tag	4. „ 6 ^h p. m.	10 „	0,0528	0,00528	
Nacht	5. Okt. 8 ^h a. m.	14 Stdn.	0,0704	0,00503	normal
Tag	5. „ 6 ^h p. m.	10 „	0,0528	0,00528	
Nacht	6. Okt. 8 ^h a. m.	14 Stdn.	0,0704	0,00503	Spuren von Pilzen

folgenden Tabellen zu achten ist. Um den Tag, als $\frac{1}{7}$ Woche, von dem Lichttage bequem in der Bezeichnung unterscheiden zu können, wollen wir den ersteren »Volltag« nennen.

Es wurde also der Versuch mit zuletzt einen Tag lang an der Pflanze beleuchteten Blättern begonnen. Die erste Kohlensäurebestimmung, d. h. die erste Titrierung des vorgelegten Barytwassers, wurde dann in diesem Versuche nach 14 Stunden vorgenommen. Es wurde nach der Entfernung des zu titrierenden Barytwassers sofort neues titriertes Barytwasser vorgelegt und die Titrierung wiederum ausgeführt, nachdem die Blätter weitere 10 Stunden geatmet hatten. Ähnlich wurde an dem anderen Tage verfahren, wie es die Tabelle genauer angibt.

Der ganze Versuch währte 182 Stunden.

Die Gesamtproduktion an CO₂ während des Versuches betrug 0,8668 g CO₂, pro Stunde 0,00476 g. Durchschnittsproduktion für ein Blatt pro Stunde 0,00095 g.

Die von den 5 Blättern an den aufeinander folgenden Volltagen durchschnittlich pro Stunde erzeugte CO₂ betrug:

I 0,00385 g — II 0,00395 g — III 0,00487 g — IV 0,00513 g — usw.

Die letzte Zahl wollen wir als Terminalproduktion bezeichnen.

Die Terminalproduktion für 1 Blatt war pro Stunde gleich 0,001026 g CO₂.

In der 14stündigen Nacht des ersten Volltages ist die Kohlensäureproduktion verglichen mit der Nachtproduktion aller anderen Volltage am geringsten, in den nächsten 3 Volltagen steigt sie an und bleibt von der 4. Nacht ab auf gleicher Höhe.

Am 10stündigen Tage des ersten Volltages ist die Kohlensäureproduktion am höchsten, sinkt aber schon am Tage des zweiten Volltages auf die Tagesproduktion der Terminalproduktion, um dann auch weiterhin gleichzubleiben. Am 3. Volltage findet nur noch eine kleine Steigerung statt.

Für die Terminalproduktion ist der Quotient:

$$\frac{\text{Tagesproduktion pro Stunde } T}{\text{Nachtproduktion pro Stunde } N} = \frac{0,00528}{0,00503} = 1,05.$$

Versuch II.

Am Abend wurden 30 Blätter gesammelt, die eine Hälfte des Blattes am Mittelnerven abgelöst und die 30 abgelösten Hälften zur Gewinnung der annähernden Zahlen für Anfangsfrischgewicht und Anfangstrockengewicht frisch und bei 100° getrocknet gewogen. Das Frischgewicht der gut turgeszent abgelösten, aber nicht noch einmal mit Wasser gesättigten Blatthälften betrug 45 g, das Trockengewicht 11,36 g.

Die Blatthälften mit den Stielen wurden in den Apparat mit Einsatz a gebracht, unter eine Glocke von 10,5 Liter Inhalt; in den Schalen befanden sich 400 ccm ausgekochtes Wasser.

Die 30 Blatthälften atmeten 188½ Stunden; nach dieser Zeit betrug das Frischgewicht der von Stiel und Mittelnerven befreiten halben Lamina 45 g und sie lieferten 9,304 g Trockensubstanz.

Die 30 Blatthälften hatten in 188½ Stunden 3,732 g CO₂ bei 27—28° gebildet. Annähernde Durchschnittsproduktion für 1 ganze

Blattlamina pro Stunde = 0,00132 g. Annähernde Durchschnittsproduktion für 1 g Frischgewicht und pro Stunde = 0,00044 g. Annähernde Durchschnittsproduktion



Fig. 6. Graphische Darstellung der Resultate des Versuches I. *Vitis vinifera*.

Die Zahlen auf der Abszisse bedeuten die Stunden der Versuchsdauer, die auf den Ordinaten die Zahl der Milligramme. Die Kurvenpunkte geben die Mittel aus den Kohlensäuremengen, die in den auf der Abszisse angegebenen Zeiten produziert worden sind. N bedeutet die Lage des Mittels für die Nacht, T für den Tag.

Tabelle 2. (Zu Versuch II.)
Vitis vinifera. 30 Blatthälften von 45 g Frischgewicht. Begonnen am 28. Juni 1909,
6 Uhr nachmittags. Temperatur 27—28° C.

	Datum	Nach	CO ₂ in Gramm	Pro Stunde in Gramm	Pro Stunde für 100 g Frisch- gewicht in Gramm	Aussehen der Blätter
	29. Juni 6 h p. m.	24 Std.	0,6248	0,0260	0,0577	
Nacht	30. Juni 7 1/2 h a. m.	13 1/2 Std.	0,1991	0,0146	0,0325	normal
Tag	„ „ 6 h p. m.	10 1/2 „	0,2574	0,0245	0,0544	
Nacht	1. Juli 7 1/2 h a. m.	13 1/2 Std.	0,2772	0,0205	0,0455	normal
Tag	„ „ 6 h p. m.	10 1/2 „	0,2112	0,0201	0,0446	
Nacht	2. Juli 8 h a. m.	14 Std.	0,2462	0,0176	0,0391	normal
Tag	„ „ 5 1/2 h p. m.	9 1/2 „	0,1914	0,0201	0,0446	
Nacht	3. Juli 7 1/2 h a. m.	14 Std.	0,2462	0,0176	0,0391	normal
Tag	„ „ 5 1/2 h p. m.	10 „	0,2010	0,0201	0,0446	
Nacht	4. Juli 7 1/2 h a. m.	14 Std.	0,2462	0,0176	0,0391	normal
Tag	„ „ 5 1/2 h p. m.	10 „	0,2010	0,0201	0,0446	
Nacht	5. Juli 7 1/2 h a. m.	14 Std.	0,2462	0,0176	0,0391	Einige Stiele abgefallen, Spuren von Pilzen
Tag	„ „ 5 1/2 h p. m.	10 „	0,2040	0,0204	0,0453	
Nacht	6. Juli 6 1/2 h a. m.	13 Std.	0,2216	0,0170	0,0377	
Tag	„ „ 2 1/2 h p. m.	8 „	0,1584	0,0199	0,0442	

für 1 g Anfangstrockengewicht und für 1 Stunde = 0,00174 g. Annähernde Durchschnittsproduktion für 1 g Endtrockengewicht und für 1 Stunde = 0,00213 g.
Die 9,304 g Endtrockensubstanz lieferten 11,84⁰/₁₀₀ Rohfaser. In den 30 Blatthälften waren also im Maximum 8,203 g Protoplasma enthalten. Produktion an CO₂

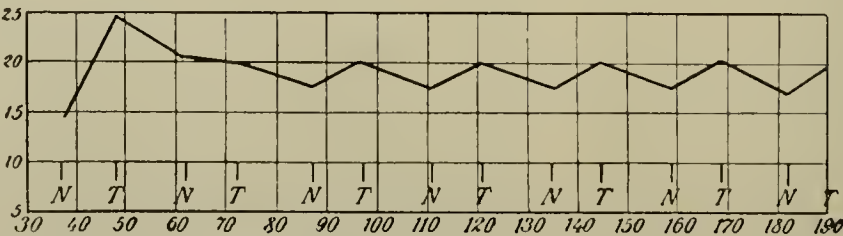


Fig. 7. Graphische Darstellung der Resultate des Versuches II. Vitis vinifera.
Die erste Tagesproduktion von 26 mg ist weggelassen worden.
Die Zahlen auf der Abszisse bedeuten die Stunden der Versuchsdauer, die auf der Ordinate bezeichnen die Zahl der Milligramme. Die Kurvenpunkte geben die Mittel aus den Kohlensäuremengen an, die in den Zeiten produziert sind, welche auf der Abszisse verzeichnet sind. N bedeutet die Lage des Mittels für die Nacht, T für den Tag.

von 1 g Protoplasma bei einer Atmungsdauer von 188,5 Stunden, bei 27—28° C, pro Stunde mindestens 0,00241 g CO₂.

Am ersten Volltage war die Kohlensäureproduktion dieser stark verletzten Blätter relativ hoch und sank dann schon am 2. Tage ungefähr auf die Terminalproduktion. Nur am 3. Tage fand hier, wie im vorigen Versuche eine kleine Steigerung der Produktion statt. Die an den Volltagen von den 30 Blatthälften pro Stunde produzierte Kohlensäuremenge in Gramm betrug: I 0,026, II 0,019, III 0,0203, IV 0,0186, V 0,0186 g.

Für die Terminalproduktion ist der Quotient für 14 Nachtstunden und 10 Tagesstunden:

$$\frac{T}{N} = \frac{0,0201}{0,0176} = 1,14$$

Versuch III und IV.

Tabelle 3. (Zu Versuch III.)

Vitis vinifera. 34 halbe Blattlaminae von 37,1 g Frischgewicht, mit der Oberseite auf Wasser liegend. Begonnen am 26. Juli 1910 6 Uhr nachmittags; Temperatur 27—28° C.

	Datum	Luftstrom pro Stunde in Liter	Beleuchtungs- stärke in Kerzen	Nacht	CO ₂	CO ₂ pro Stunde in Gramm	CO ₂ pro Stunde für 100 g Frischgewicht	Aus- sehen der Blätter
Nacht u. Tag	27. Juli 6 ^h p. m.	1,5	0	24 Std.	0,3696	0,0154	0,0415	normal
Nacht	28. Juli 8 ^h a. m.	1,5	0	14 Std.	0,2442	0,0174	0,0469	normal
Tag	„ „ 6 ^h p. m.	1,5	0	10 „	0,3190	0,0319	0,0862	
Nacht	29. Juli 8 ^h a. m.	1,3	0	14 Std.	0,1750	0,0125	0,0336	normal
Tag	„ „ 6 ^h p. m.	1,6	0	10 „	0,2376	0,0237	0,0639	
Nacht	30. Juli 8 ^h a. m.	1,5	0	14 Std.	0,1848	0,0132	0,0355	normal
Tag	„ „ 12 ^h m.	1,7	0	4 „	0,1254	0,0313	0,0844	
	„ „ 6 ^h p. m.	1,5	0	6 „	0,1122	0,0187	0,0504	
Nacht	30. Juli 12 ^h p. m.	1,7	0	6 Std.	0,0900	0,0150	0,0404	normal
Tag	31. „ 8 ^h a. m.	1,7	0	8 „	0,1004	0,0125	0,0337	
	„ „ 12 ^h m.	1,7	200	4 „	0,0396	0,0099	0,0267	
	„ „ 5 ^h p. m.	1,7	200	5 „	0,0660	0,0132	0,0356	
Nacht	31. Juli 10 ^h p. m.	1,7	200	5 Std.	0,0198	0,0039	0,0105	normal
Tag	1. Aug. 8 ^h a. m.	1,7	200	10 „	0	0	0	
	„ „ 12 ^h m.	1,7	0	4 „	0,0150	0,0037	0,0101	
	„ „ 6 ^h p. m.	1,7	0	6 „	0,1056	0,0176	0,0474	
Nacht	2. Aug. 7 ^h a. m.	1,7	0	13 Std.	0,1782	0,0137	0,0369	normal
Tag	„ „ 9 ^{3/4} ^h a. m.	1,7	0	2 ^{3/4} „	0,0462	0,0168	0,0452	
	„ „ 12 ^h m.	1,7	0	2 ^{1/4} „	0,0330	0,0146	0,0374	
	„ „ 4 ^h p. m.	1,7	0	4 „	0,0462	0,0115	0,0310	

34 Blätter wurden abends 6 Uhr, nach einem sonnigen Tage geerntet und ihre Laminahälften vom Mittelnerv abgetrennt. 34 Hälften wurden in die Schalen des Einsatzes c, mit der Oberseite auf Wasser gelegt (Versuch III). In jeder Schale waren 25 ccm Brunnenwasser enthalten. In gleicher Weise wurde mit den 34 anderen Hälften verfahren, nur wurden diese mit der Unterseite auf das Wasser gelegt (Versuch IV). Das Frischgewicht der zwei Portionen von Blatthälften wurde am Anfang und am Ende des Versuches festgestellt; dabei wurden die Blatthälften, um eine brauchbare Zahl für das Frischgewicht gewinnen zu können, vor der Wägung eine Stunde zwischen feuchtes Fließpapier unter die Glocke gelegt, so daß Sättigung der Zellen mit Wasser eintreten konnte. Zuletzt wurde auch das Trockengewicht festgestellt.

Versuch III.

Oberseite auf Wasser.

Anfangsfrischgewicht 37,1 g,

Endfrischgewicht 37,1 g,

Endtrockengewicht 9,19 g.

Die 34 Laminahälften erzeugten in 166 Stunden bei 27—28° C 2,508 g CO₂.

Produktion einer ganzen Blattlamina in einer Stunde annähernd 0,00089 g CO₂.

Produktion von 1 g Frischgewicht in 1 Stunde annähernd 0,00041 g CO₂.

Produktion von 1 g Endtrockengewicht in 1 Stunde annähernd 0,00164 g CO₂.

Die Zahlen sind nicht ohne Einschränkung mit denen der Versuche I und II vergleichbar, weil am 5. und 6. Tage die Blätter während der Kohlensäuremessung beleuchtet worden sind.

Die am Volltage von 34 Laminahälften in einer Stunde produzierte Kohlensäuremenge betrug an den aufeinander folgenden Tagen:

I 0,0154 — II 0,0235 — III 0,0172 — IV 0,0176 g;

die durch die Beleuchtung beeinflussten Zahlen betragen:

V 0,0128 — VI 0,0056 — VII 0,0138 g CO₂.

Für die Terminalproduktion ist der Quotient:

$$\frac{T}{N} = \frac{0,0238}{0,0132} = 1,8.$$

Am 4. Volltage ist die Kohlensäurebestimmung dreimal vorgenommen worden. Es stellte sich dabei heraus, daß das Maximum der Kohlensäureproduktion in die Vormittagsstunde fiel: Von 6 Uhr nachmittags bis 8 Uhr vormittags 0,0132 g, von 8 Uhr vormittags bis 12 Uhr mittags 0,0313 g, von 12 Uhr mittags bis 6 Uhr abends 0,0187 g CO₂ pro Stunde.

Am 5. und 6. Volltage wurden die Blätter beleuchtet. Wir benutzten zu dieser Beleuchtung 100kerzige Tantallampen. Rechts und links von der Glasglocke des Apparates wurde je eine Lampe aufgestellt. Zwischen Lampe und Glocke plazierten wir ein parallelwandiges Gefäß von 35 cm Höhe, 20 cm Breite und 8 cm Tiefe. Um Lampe und Glasgefäß wurde ein weißer Papierschirm angebracht. Das Resultat des Versuches ist auf S. 671 besprochen worden.

Versuch IV.

Die Weinblätter besitzen nur auf der Unterseite Spaltöffnungen. Die mit der Oberseite auf Wasser gelegten Blätter blieben (Versuch III) 7 Tage normal; die mit

Tabelle 4. (Zu Versuch IV.)

Vitis vinifera. 34 halbe Blattlaminae von 37,1 g Frischgewicht, mit der Unterseite auf Wasser liegend.

Begonnen am 26. Juli, 6 Uhr nachmittags. Temperatur 27—28° C.

	Datum	Luftstrom pro Stunde in Liter	Beleuchtungs- stärke in Kerzen	Nach	CO ₂	CO ₂ pro Stunde in Gramm	CO ₂ pro Stunde für 100 g Frisch- gewicht	Aussehen der Blätter
Nacht u. Tag	27. Juli 6 ^h p. m.	1,5	0	24 Stdn.	0,3102	0,0129	0,0347	normal
Nacht	28. Juli 8 ^h a. m.	1,5	0	14 Stdn.	0,2046	0,0146	0,0393	einzelne Blätter mit gelben Punkten
Tag	„ „ 6 ^h p. m.	1,5	0	10 „	0,1782	0,0178	0,0480	
Nacht	29. Juli 8 ^h a. m.	1,3	0	14 Stdn.	0,2046	0,0146	0,0393	mehr gelbe Punkte
Tag	„ „ 6 ^h p. m.	1,5	0	10 „	0,1848	0,0184	0,0496	
Nacht	30. Juli 8 ^h a. m.	1,0	0	14 Stdn.	0,1518	0,0108	0,0291	weitere Steigerung der Gelb- färbung
Tag	„ „ 12 ^h m.	1,0	0	4 „	0,0594	0,0149	0,0401	
	„ „ 6 ^h p. m.	1,0	0	6 „	0,0990	0,0165	0,0445	
Nacht	30. Juli 12 ^h p. m.	1,0	0	6 Stdn.	0,0858	0,0143	0,0385	8 Hälften gelb. Spuren von Pilzen
	31. „ 8 ^h a. m.	1,0	0	8 „	0,0858	0,0107	0,0290	

der Unterseite auf Wasser aufliegenden Blattstücke bekamen vereinzelt schon am ersten Tage gelbe Punkte und am 5. Tage war sogar fast der vierte Teil der Blätter ganz gelb. Der Versuch kann also nicht als normal gelten, und es ist den beiden in Betracht kommenden Momenten entsprechend die Kohlensäureproduktion geringer als in Versuch III.

Immerhin zeigt der Versuch IV, daß trotz des Verschlusses der Spaltöffnungen und der anscheinend die Gase leichter als die Epidermis der Blattoberseite hindurchlassenden unterseitigen Epidermis noch eine recht ausgiebige Atmung und auch noch eine periodische Schwankung der Kohlensäureproduktion stattfindet.

Anfangs- und Endfrischgewicht 37,1 g; Produktion einer Blattlamina pro Stunde 0,00083 g CO₂; Produktion von 1 g Frischgewicht in 1 Stunde 0,00038 g CO₂; Produktion von 1 g Endtrockengewicht in 1 Stunde ungefähr 0,0016 g. Auch hier war am ersten Volltage die CO₂-Bildung relativ gering, stieg am zweiten Tage etwas, um am dritten Tage terminal zu werden.

Die an einem Volltage in 1 Stunde von den 34 halben Blattlamina produzierte Menge CO₂ betrug:

I 0,0129 — II 0,0160 — III 0,0162 — IV 0,0129.

Für die Terminalproduktion ist der Quotient (14 Nacht- und 10 Tagesstunden):

$$\frac{T}{N} = 1,26.$$

In der Zeit der Terminalproduktion bildeten 100 g Frischgewicht
in 14 Nachtstunden pro Stunde 0,0393 g CO₂,
„ 10 Tagesstunden „ „ 0,0496 g CO₂.

Versuch V.

Zum Versuche wurde der Einsatz b benutzt. 23 Blätter wurden in den Apparat gestellt, welcher zusammen 225 ccm Wasser enthielt. Der Versuch begann um 7 Uhr morgens, nachdem also die Blätter erst ihre volle Nachtperiode durchgemacht und dann noch ungefähr 1,5 Stunden von schwachem Tageslichte am Stocke getroffen worden waren. Die Blätter standen im Apparate relativ frei, so daß die Luft sie gut umspülte. Der Aspirator saugte in der Stunde 1,7 Liter durch die Glocke, nur am 5. Tage 1,4 Liter.

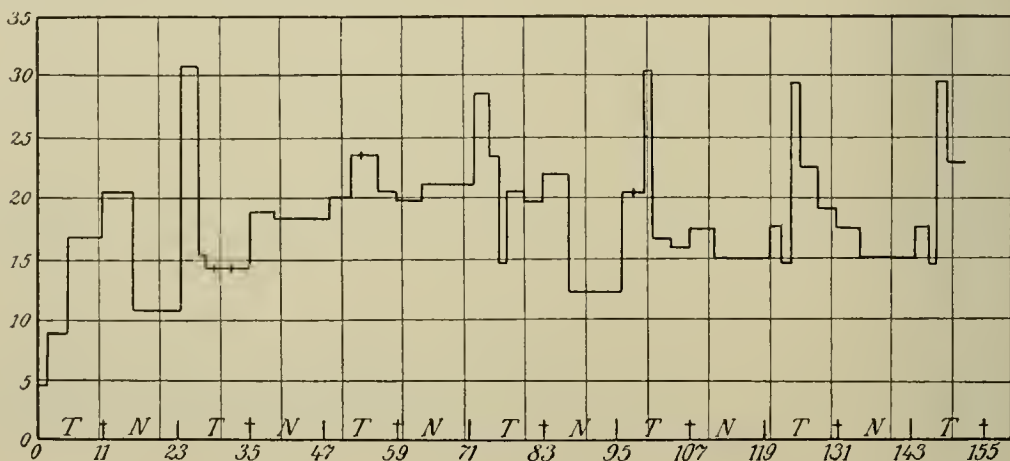


Fig. 8. Graphische Darstellung der Resultate des Versuches V.

Die unterhalb der Abszisse stehenden Zahlen bedeuten die Zeit der Versuchsdauer in Stunden. Die darüber stehenden Striche bezeichnen die Tageszeit 6 Uhr morgens, die Kreuze die Tageszeit 6 Uhr abends. Die Zeichen T und N bedeuten Tag und Nacht. Die Lage der horizontalen Linien auf den Ordinaten bezeichnet die Durchschnittsproduktion an Kohlensäure pro Stunde, berechnet aus der Gesamtproduktion, die in der durch die Länge der horizontalen Linien gemessenen Zeit erfolgte. Nur da, wo Vertikalstriche in diesen Linien angebracht sind, wurden noch Zwischenbeobachtungen gemacht. Die Zahlen an der Ordinate bedeuten Milligramme Kohlensäure.

Anfangs- und Endfrischgewicht 41,5 g, Endtrockengewicht 9,5 g. Die 23 Blätter mit den kurzen Stielstücken erzeugten in 152 Stunden bei 26—27° C, 2,742 g CO₂. Produktion eines Blattes in einer Stunde 0,00078 g CO₂. Produktion von 1 g Frischgewicht in einer Stunde 0,00043 g CO₂. Produktion von 1 g Endtrockengewicht pro Stunde 0,0019 g CO₂. Die von 23 Blättern in einer Stunde eines Volltages erzeugte Kohlensäuremenge betrug in den aufeinander folgenden Volltagen: I 0,0133 — II 0,0186 — III 0,0211 — IV 0,0181 — V 0,0176 — VI 0,0181.

Tabelle 5. (Zu Versuch V.)

Vitis vinifera. 23 Blätter mit kurzen Stielen in Wasser stehend. Ohne Stiele 41,5 g Frischgewicht. Begonnen am 2. August 1910, 7 Uhr morgens. Temperatur 26 bis 27° C.

Stunden		Datum	Luftstrom pro Stunde in Liter	Beleuchtungsstärke in Kerzen	Nach	CO ₂ in Gramm	CO ₂ pro Stunde in Gramm	CO ₂ pro Std. für 100 g Frischgewicht in Gramm	Aussehen der Blätter
2	Tag	2. Aug. 7 bis 9 h a. m.	1,7	0	2 Std.	0,0099	0,0049	0,0118	normal
5		" " 9 " 12 h a. m.	1,7	0	3 " "	0,0264	0,0088	0,0212	
10,5		" " 12 " 5 ¹ / ₂ h p. m.	1,7	0	5 ¹ / ₂ " "	0,0924	0,0168	0,0405	
15		" " 5 ¹ / ₂ " 10 h p. m.	1,7	0	4 ¹ / ₂ Std.	0,0924	0,0205	0,0494	
23	Nacht	" " 10 p. m. bis 6 h a. m.	1,7	0	8 " "	0,0854	0,0107	0,0258	normal
26	Tag	3. Aug. 6 bis 9 h a. m.	1,7	0	3 Std.	0,0924	0,0308	0,0742	normal
27,5		" " 9 " 10 ¹ / ₂ h	1,7	0	1,5 " "	0,0231	0,0154	0,0371	
29		" " 10 ¹ / ₂ " 12 h	1,7	0	1,5 " "	0,0220	0,0147	0,0354	
32		" " 12 " 3 h p. m.	1,7	0	3 " "	0,0440	0,0147	0,0354	
35	Nacht	" " 3 " 6 h p. m.	1,7	0	3 " "	0,0440	0,0147	0,0354	normal
39		" " 6 " 10 h p. m.	1,7	0	4 Std.	0,0748	0,0187	0,0451	
48		" " 10 p. m. bis 7 h a. m.	1,7	0	9 " "	0,1650	0,0183	0,0441	
51,5	Tag	4. Aug. 7 bis 10 ¹ / ₂ h a. m.	1,7	0	3 ¹ / ₂ Std.	0,0704	0,0201	0,0484	normal
53		" " 10 ¹ / ₂ " 12 h	1,7	0	1 ¹ / ₂ " "	0,0352	0,0235	0,0566	
56		" " 12 " 3 h p. m.	1,7	0	3 " "	0,0704	0,0235	0,0566	
59		" " 3 " 6 h p. m.	1,7	0	3 " "	0,0616	0,0205	0,0494	
63	Nacht	" " 6 " 10 h p. m.	1,7	0	4 Std.	0,0792	0,0198	0,0477	normal
72		" " 10 " 7 h (5. Aug.)	1,7	0	9 " "	0,1892	0,0210	0,0506	
74	Tag	5. Aug. 7 bis 9 h a. m.	1,7	0	2 Std.	0,0572	0,0286	0,0689	normal
75,5		" " 9 " 10 ¹ / ₂ h a. m.	1,7	0	1,5 " "	0,0352	0,0235	0,0566	
77		" " 10 ¹ / ₂ " 12 h a. m.	1,7	0	1,5 " "	0,0220	0,0147	0,0354	
80		" " 12 " 3 h p. m.	1,7	0	3 " "	0,0616	0,0205	0,0494	
83	Nacht	" " 3 " 6 h p. m.	1,7	0	3 " "	0,0594	0,0198	0,0477	normal
87		" " 6 " 10 h p. m.	1,7	0	4 Std.	0,0880	0,0220	0,0530	
96		" " 10 " 7 h (6. Aug.)	1,4	0	9 " "	0,1120	0,0124	0,0299	
98	Tag	6. Aug. 7 bis 9 h a. m.	1,4	0	2 Std.	0,0408	0,0204	0,0491	normal
99,5		" " 9 " 10 ¹ / ₂ h	1,4	0	1,5 " "	0,0308	0,0205	0,0494	
101		" " 10 ¹ / ₂ " 12 h	1,4	0	1,5 " "	0,0458	0,0305	0,0735	
104		" " 12 " 3 h p. m.	1,4	0	3 " "	0,0500	0,0167	0,0402	
107	Nacht	" " 3 " 6 h	1,4	0	3 " "	0,0484	0,0161	0,0388	normal
111		" " 6 " 10 h p. m.	1,4	0	4 Std.	0,0704	0,0176	0,0424	
120		" " 10 " 7 h (7. Aug.)	1,4	0	9 " "	0,1364	0,0151	0,0364	
122	Tag	7. Aug. 7 bis 9 h a. m.	1,7	0	2 Std.	0,0352	0,0176	0,0424	normal
123,5		" " 9 " 10 ¹ / ₂ h	1,7	0	1,5 " "	0,0220	0,0147	0,0354	
125		" " 10 ¹ / ₂ " 12 h	1,7	0	1,5 " "	0,0440	0,0293	0,0706	
128		" " 12 " 3 h p. m.	1,7	0	3 " "	0,0704	0,0235	0,0566	
131	Nacht	" " 3 " 6 h p. m.	1,7	0	3 " "	0,0572	0,0191	0,0460	normal
135		" " 6 " 10 h p. m.	1,7	0	4 Std.	0,0704	0,0176	0,0424	
144		" " 10 " 7 h (8. Aug.)	1,7	0	9 " "	0,1364	0,0151	0,0364	
146	Tag	8. Aug. 7 bis 9 h a. m.	1,7	0	2 Std.	0,0352	0,0176	0,0424	Blattlappen normal Blattstiele abgefallen
147,5		" " 9 " 10 ¹ / ₂ h	1,7	0	1,5 " "	0,0220	0,0147	0,0354	
149		" " 10 ¹ / ₂ " 12 h	1,7	0	1,5 " "	0,0444	0,0296	0,0713	
152		" " 12 " 3 h p. m.	1,7	0	3 " "	0,0689	0,0229	0,0552	

Wir sehen, daß am ersten Tage die Kohlensäurebildung am geringsten ist; am zweiten und dritten Tage tritt eine Steigerung über die am vierten Tage erscheinende Terminalproduktion ein. Für die Terminalproduktion beträgt $\frac{T}{N}$ berechnet für den 6. Volltag von 8 a. m. bis 8 a. m. auf 14 Nacht- und 10 Tagesstunden

$$\frac{0,02112}{0,01603} = 1,32.$$

Berechnet man die Größe der Tages- und Nachtproduktion annähernd aus den Beträgen für die zwischen 6 Uhr morgens und 6 Uhr abends (Tag) und 6 Uhr abends und 6 Uhr morgens (Nacht) liegenden Zeiten, so findet man folgende Zahlen:

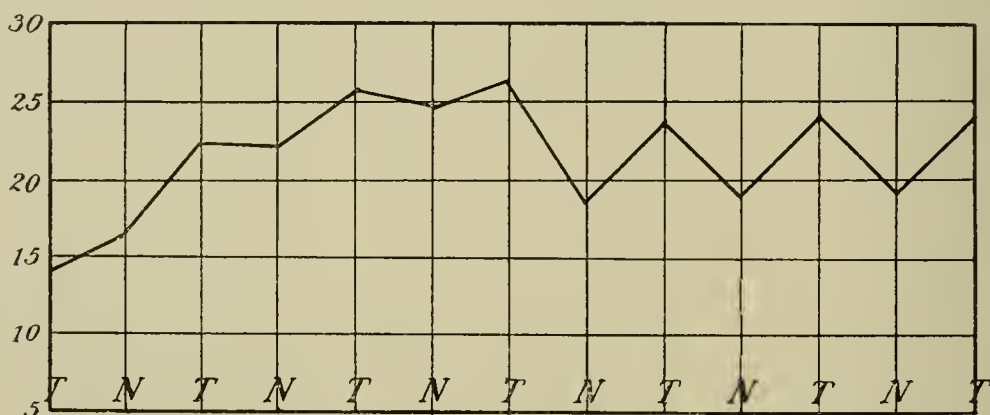


Fig. 9. Graphische Darstellung der Resultate des Versuches V. *Vitis vinifera*.

Die Punkte auf den Ordinaten über T bedeuten die Summe aus der Kohlensäureproduktion, die von 6 Uhr morgens bis 6 Uhr abends stattfand, die über N die aus der Kohlensäureproduktion, die von 6 Uhr abends bis 6 Uhr morgens statthatte.

1. Tag	0,142	(0,1287 + 0,0049 + 0,0084)
1. Nacht	0,1676	(0,1778 — 0,0102)
2. Tag	0,2255	
2. Nacht	0,2215	(0,2398 — 0,0183)
3. Tag	0,2576	(0,2376 + 0,02)
3. Nacht	0,2474	(0,2684 — 0,021)
4. Tag	0,2640	(0,2354 + 0,0286)
4. Nacht	0,1877	(0,2 — 0,0123)
5. Tag	0,2362	(0,2158 + 0,0204)
5. Nacht	0,1917	(0,2068 — 0,0151)
6. Tag	0,2464	(0,2288 + 0,0176)
6. Nacht	0,1917	(0,2068 — 0,0151)
7. Tag	0,2394	(0,1705 + 0,0689)

Diese Zahlen für Tag und Nacht sind auch der Kurve Fig. 8 zugrunde gelegt worden. Aus den Zahlen und der Kurve ersieht man, daß die Produktion am ersten Tage am geringsten ist, dann bis zum vierten Tage ansteigt, hierauf sinkt und terminal wird. Die Nachtproduktion ist anfangs ungefähr terminal, steigt in der zweiten Nacht über das Terminale, fällt dann in der dritten Nacht etwas und wird in

der vierten terminal. Dabei tritt am zweiten Tage die Auf- und Abschwankung zwischen Tag und Nacht hervor, wie sie die Quotienten $\frac{T}{N}$ für die aufeinander folgenden Volltage charakterisiert:

II 1,02 — III 1,04 — IV 1,40 — V 1,23 — VI 1,28 —.

Durch den langsamen Luftwechsel, der am 5. Volltage durchgeführt wurde, ist das Maximum nicht geändert worden.

Versuch VI.

Tabelle 6. (Zu Versuch VI.)

Acer pseudoplatanus. 38 Blätter, mit den Stielen in Wasser stehend. Frischgewicht ohne Stiele 58,3 g. Begonnen am 16. Juli 1910, 6 Uhr nachmittags. Temperatur 27—28° C.

	Datum	Luftstrom pro Stunde in Liter	Beleuchtungs- stärke in Kerzen	Nach	CO ₂ in Gramm	Pro Stunde in Gramm	Pro Stunde für 100 g Frisch- gewicht in Gramm	Aus- sehen der Blätter
Nacht	17. Juli 8 ^h a. m.		0	14 Std.	0,2970	0,0212	0,0363	normal
Tag	„ „ 6 ^h p. m.		0	10 „	0,5808	0,0581	0,0996	
Nacht	18. Juli 8 ^h a. m.		0	14 Std.	0,5632	0,0402	0,0689	normal
Tag	„ „ 6 ^h p. m.	1,50	0	10 „	0,3630	0,0363	0,0622	
Nacht	19. Juli 7 ^h a. m.	1,54	0	13 Std.	0,3102	0,0238	0,0408	normal
Tag	„ „ 5 ^h p. m.	1,50	0	10 „	0,2904	0,0290	0,0497	
Nacht	20. Juli 8 ^h a. m.	1,50	0	15 Std.	0,2376	0,0158	0,0271	normal
Tag	„ „ 5 ^h p. m.	2,00	0	9 „	0,2112	0,0234	0,0401	
Nacht	21. Juli 8 ^h a. m.	1,33	0	15 Std.	0,2178	0,0145	0,0248	normal
Tag	„ „ 5 ^h p. m.	1,00	0	9 „	0,2096	0,0233	0,0399	

38 Blätter von Acer pseudoplatanus wurden mit den Stielen in Wasser gestellt. In den Schalen befanden sich zusammen 150 g Brunnenwasser. Die Glocke enthielt 10,5 Liter Luft. Gleichzeitig mit den 38 Blättern wurden 30 andere gesammelt und ohne Stiele gewogen. Die 38 Blätter wurden nach Beendigung des Versuches ebenso behandelt.

Frischgewicht der 30 Kontrollblätter 39,5 g; Trockengewicht 16,124 g. Frischgewicht der 38 Blätter des Versuches 58,3 g; Anfangstrockengewicht der 38 Versuchsblätter danach annähernd 23,8 g.

Die 38 Blätter erzeugten mit Stielen bei 27—28° C in 119 Stunden 3,28 g CO₂. Produktion eines Blattes pro Stunde 0,00072 g CO₂; Produktion von 1 g Frischgewicht pro Stunde annähernd 0,00047 g CO₂; Produktion von 1 g Anfangstrockengewicht pro Stunde 0,00116 g.

Nachdem die 38 Blätter 163 Stunden bei 27—28° C geatmet hatten, besaßen

sie ein Endtrockengewicht von 18,8 g, und die Trockensubstanz lieferte 12,6% Rohfaser. In den 38 Blättern war also im Maximum 16,43 g Plasma enthalten.

Produktion von 1 g Protoplastensubstanz, bei 119 Stunden Atmungsdauer (27—28°), pro Stunde 0,00168 g CO₂.

Die von den 39 Blättern an einem ganzen Vollltage jeweilig pro Stunde erzeugte Kohlensäuremenge betrug in Gramm:

I 0,0365, II 0,0385, III 0,0261, IV 0,0187, V 0,0178.

Für die Produktion des 5. Tages ist der Quotient:

$$\frac{T}{N} = \frac{0,0233}{0,0145} = 1,6$$

Versuch VII.

Tabelle 7. (Zu Versuch VII.)

Rubus idaeus. 20 Blätter, mit den Stielen in Wasser stehend. Frischgewicht 70 g.
Beginn am 6. Juli 1910, 6 Uhr nachmittags. Temperatur 27—28° C.

	Datum	Luftstrom pro Stunde in Liter	Beleuchtungs- stärke in Kerzen	Nach	CO ₂ in Gramm	Pro Stunde in Gramm	Pro Stunde für 100 g Frischgewicht in Gramm	Aus- sehen der Blätter
Nacht	7. Juli 9 ^h a. m.	1,5	0	15 Std.	0,3432	0,0228	0,0325	normal
Tag	„ „ 6 ^h p. m.	1,5	0	9 „	0,5544	0,0616	0,0880	
Nacht	8. Juli 8 ^h a. m.	1,5	0	14 Std.	0,6160	0,0440	0,0630	normal
Tag	„ „ 6 ^h p. m.	1,5	0	10 „	0,4290	0,0429	0,0613	
Nacht	9. Juli 8 ^h a. m.	1,5	0	14 Std.	0,4092	0,0292	0,0418	normal
Tag	„ „ 5 ¹ / ₂ h p. m.	1,5	0	9 ¹ / ₂ „	0,3784	0,0397	0,0567	
Nacht	10. Juli 8 ¹ / ₂ h a. m.	1,5	0	15 Std.	0,2046	0,0136	0,0194	normal
Tag	„ „ 5 ¹ / ₂ h p. m.	1,5	0	9 „	0,2508	0,0277	0,0396	
Nacht	11. Juli 7 ¹ / ₂ h a. m.	1,5	0	14 Std.	0,1848	0,0132	0,0188	normal
Tag	„ „ 6 ^h p. m.	1,5	0	10 ¹ / ₂ „	0,2992	0,0285	0,0407	
Nacht	12. Juli 6 ^h a. m.	1,5	0	12 Std.	0,1584	0,0132	0,0188	normal
Tag	„ „ 8 ^h a. m.	1,5	0	2 „	0,0528	0,0264	0,0377	

20 Blätter von *Rubus idaeus* wurden mit den Stielen in ein mit 400 ccm Wasser gefülltes Becherglas gestellt, welches unter eine Glocke von 10,5 Liter Inhalt gebracht wurde. Gleichzeitig mit den Blättern wurden 30 Blätter frisch mit den Stielen gewogen, dann bei 100° getrocknet und wieder gewogen.

Frischgewicht der 20 Blätter mit Stielen 70 g.

Frischgewicht der 30 Kontrollblätter 86 g, Trockengewicht 28,76 g; daraus berechnet:

Anfangstrockengewicht der 20 Blätter (annähernd) 23,4 g.

Die 20 Blätter gaben in 134 Stunden 3,881 g CO₂ bei 27—28° C.

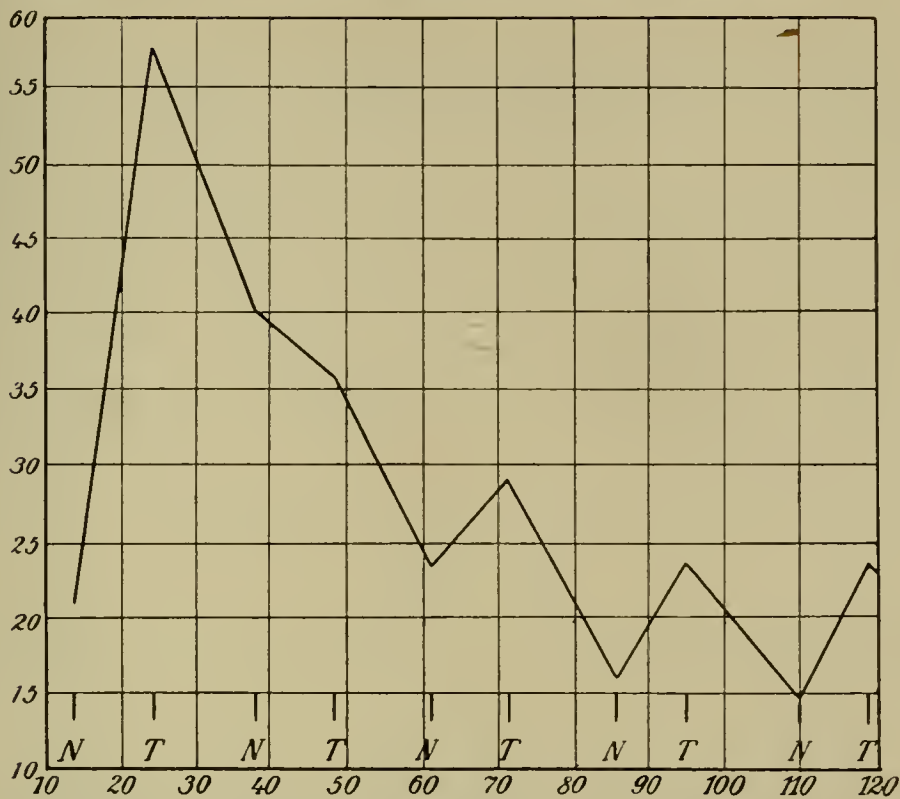


Fig. 10. Graphische Darstellung der Resultate des Versuches VI. *Acer pseudo-platanus*. Bedeutung der Bezeichnungen wie in Fig. 6 und 7.

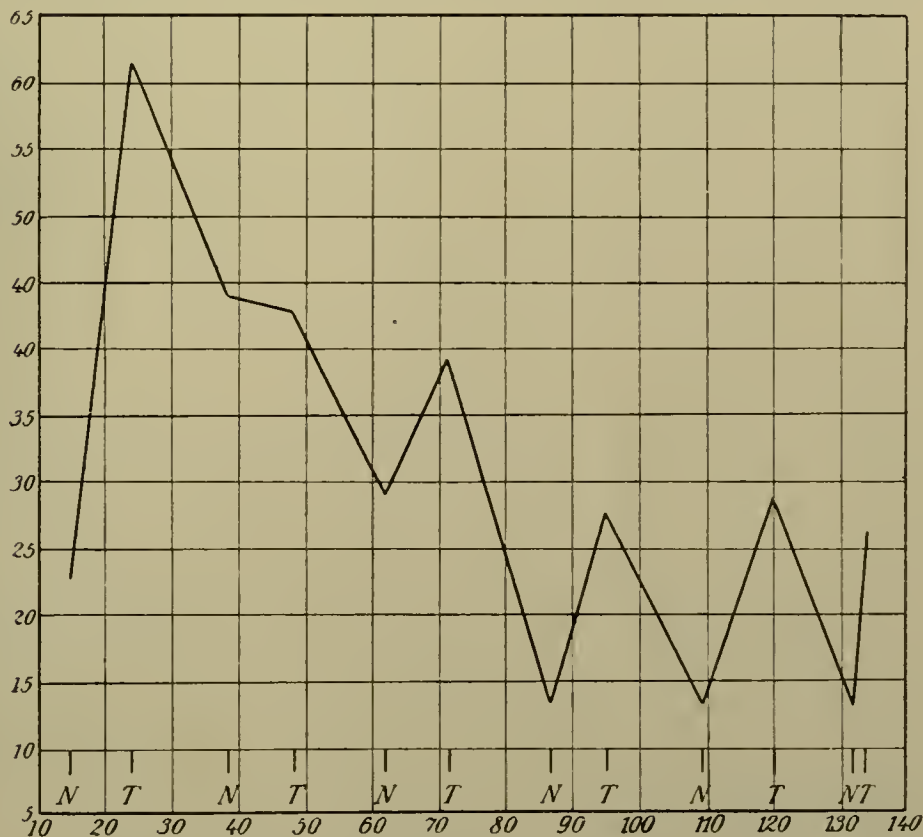


Fig. 11. Graphische Darstellung der Resultate des Versuches VII. *Rubus idaeus*. Bedeutung der Bezeichnungen wie in Fig. 6 und 7.

Produktion eines Blattes pro Stunde an CO_2 0,00145 g.

Produktion von 1 g Frischgewicht pro Stunde 0,00041 g.

Produktion von 1 g Frischgewicht pro Stunde zur Zeit der Terminalproduktion 0,00028 g.

Produktion von 1 g Anfangstrockengewicht pro Stunde 0,0012 g.

Blätter, welche 230 Stunden kräftig geatmet hatten, gaben 19,74 g Endtrockengewicht und 11,79% des Trockengewichtes Rohfaser, also waren in den 20 Blättern im Maximum 17,41 g Plasma enthalten.

Produktion von 1 g Protoplastensubstanz, bei 134 Stunden andauernder Atmung (27—28° C), pro Stunde mindestens 0,00166 g CO_2 .

20 Blätter erzeugten an den aufeinander folgenden Volltagen Kohlensäure in Grammen in einer Stunde:

I 0,0374 — II 0,0435 — III 0,0335 — IV 0,0189 — V 0,0198 — VI 0,0151.

Für die Terminalproduktion am 5. Tag ist der Koeffizient:

$$\frac{T}{N} = \frac{0,0285}{0,0132} = 2,1.$$

Botanisches Institut der Universität Marburg. Februar 1911.

Literatur.

- Areboe, F., Untersuchung über den direkten und indirekten Einfluß des Lichtes auf die Atmung der Gewächse; Forschungen auf dem Gebiete der Agrikulturphysik. 1893. **16**.
- Baranetzki, Die tägliche Periodizität im Längswachstum. Mém. de l'Académie de St. Pétersbourg. VII. sér. 1879. **27**, 17.
- Borodin, J., Untersuchungen über die Pflanzenatmung. I. Abh. Mém. de l'Académie impériale des sciences de St. Pétersbourg, VII. sér. 1881. **28**, No. 4.
- Curtis, Some observations on transpiration. Bull. Torrey bot. club. 1902. **29**, 360.
- Darwin, Francis. Observations on stomata by a new method. Philos. transact. r. soc. London. sér. B. 1898. **190**, 531—621.
- Friedel, Jean, Formation de la chlorophyll dans l'air raréfié et dans l'oxygène raréfié. Compt. rend. 1902. **135**, 1063.
- , Assimilation chlorophyllienne en l'absence d'oxygène. Ebenda. 1905. **140**, 169.
- Hofmeister, Über Spannung, Ausflußmenge und Ausflußgeschwindigkeit von Säften lebender Pflanzen. Flora. 1862. No. 7. S. 97.
- Nicolas, Recherches sur la respiration des Organes végétatifs des plantes vasculaires. Ann. sc. nat. Bot. IX. sér. 1909. **10**, 1.
- Palladin, Untersuchungen über die Atmung grüner und etiolierter Blätter. Mitt. d. Universität Charkow. 1893. 24 ff. (russisch). Nach Referat von Rothert im Bot. Centralbl. 1894. **58**, 375.
- Pfeffer, Die periodischen Bewegungen der Blattorgane. Leipzig. 1875. S. 154.
- , Berichte über die Verhandlungen der kgl. sächs. Ges. der Wissenschaften zu Leipzig; Math. phys. Klasse. 1896. **48**, 384.
- , Pflanzenphysiologie. 1897. **1**.
- , Pflanzenphysiologie. 1904. **2**.

- Pfeffer, Untersuchungen über die Entstehung der Schlafbewegung der Pflanzenorgane. Leipzig. 1907. Aus dem 3. Bd. der Abhandlungen der math. phys. Klasse der kgl. sächs. Ges. der Wissensch. No. III. S. 259.
- Richards, The Respiration of Wounded Plants. Ann. of bot. 1896. **10**, 531.
- Stich, Die Atmung der Pflanzen bei verminderter Sauerstoffspannung und bei Verletzung. Flora. 1891. S. 1.
- Stoppel, Rose, Über den Einfluß des Lichtes auf das Öffnen und Schließen einiger Blüten. Zeitschr. f. Bot. 1910. S. 369.
- Saikewicz, Physiol. Untersuchungen über die Atmung der Wurzeln. Arb. der Naturforscherg. a. d. Universität Charkow. 1877. **11**, 60 (russisch). Nach dem Referate in Justs Jahresber. 5. Jahrg. 1877. S. 722.



ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Zeitschrift für Botanik](#)

Jahr/Year: 1911

Band/Volume: [3](#)

Autor(en)/Author(s): Deleano Nicolas T., Meyer Arthur

Artikel/Article: [Die periodischen Tag- und Nachtschwankungen der Atmungsgröße im Dunkeln befindlicher Laubblätter und deren vermutliche Beziehung zur Kohlensäureassimilation. I. Teil. 657-701](#)