

12. A. Ursprung: Ueber das Vorhandensein einer photochemischen Extinktion beim Assimilationsprozeß.

(Mit 2 Abb. im Text.)

(Eingegangen am 3. März 1918.)

Bei der Assimilation des CO_2 in der grünen Pflanze wird strahlende Energie der Sonne in chemische Energie umgewandelt. Wirksam können natürlich nur Strahlen sein, die das Blatt absorbiert und ebenso klar ist, daß das zur chemischen Arbeitsleistung verbrauchte Licht als solches verschwinden muß. Lassen wir nun dieselben Strahlen auf 2 genau gleiche Blätter fallen, von denen das eine assimiliert, das andere nicht, so wird nur im ersten Fall strahlende Energie in chemische umgewandelt. Diese zur Assimilation verbrauchte Energiemenge muß vom assimilierenden Blatt absorbiert werden, kann also nicht auf eine hinter dem Blatt aufgestellte Thermosäule fallen. Wie verhält es sich beim nicht assimilierenden Blatt? A priori sind 2 Möglichkeiten vorhanden. Entweder tritt die betr. Lichtmenge durch das Blatt hindurch und fällt auf die Thermosäule, oder sie wird auch vom nicht assimilierenden Blatt absorbiert und nur nicht in chemische Energie, sondern in eine andere Energieform umgewandelt. Welche von diesen beiden Möglichkeiten zutrifft, kann man entweder aus dem Verhalten ähnlicher Erscheinungen oder aber direkt experimentell zu entscheiden versuchen.

Theoretisches.

Die grundlegenden Versuche führten BUNSEN u. ROSCOE¹⁾ im Jahre 1857 aus. Sie fanden, daß das Licht stärker geschwächt wird, wenn es eine Schicht Chlorknallgas passiert, als wenn es die gleiche Schicht reinen Chlors durchstrahlt. Ihre Deutung dieses Versuches, in dem nur das Chlor lichtabsorbierend wirkt, ist die folgende: Im reinen Chlor erfolgt eine rein optische Extinktion, deren Wirkung als Erwärmung des Gases auftritt. Im Chlorknallgas ist die Absorption stärker, weil Energie zur Leistung chemischer Arbeit — Bildung von Chlorwasserstoff — verbraucht wird; zur

1) BUNSEN u. ROSCOE, Photochemische Untersuchungen. IV. Optische und chemische Extinction der Strahlen. Pogg. Ann. 101, 254.

optischen Extinktion gesellt sich hier noch eine weitere, die BUNSEN u. ROSCOE als die „photochemische Extinktion“ bezeichneten.

Aber noch vor der Publikation der später zu besprechenden Arbeit DETLEFSENS erfuhr der eben erwähnte Versuch eine wesentlich andere Deutung. Wenn bei einer photochemischen Reaktion wirklich Arbeit geleistet wird, so muß nach BUNSEN u. ROSCOE eine photochemische Extinktion erfolgen, nach E. PRINGSHEIM¹⁾ aber nicht. Seiner Meinung nach kann das Licht sehr wohl so auf das Chlorknallgas einwirken, daß dasjenige Licht, welches in den Chlormolekülen (optisch) absorbiert wird, bei Fehlen von Wasserstoff lediglich als Wärme zum Vorschein kommt, bei Anwesenheit von Wasserstoff aber die chemische Veränderung hervorbringt. Selbst wenn im Chlorknallgas eine photochemische Extinktion vorhanden wäre, so würde sie nach PRINGSHEIM ganz anders zu erklären sein. Er faßt sie einfach auf als Absorption von Zwischenprodukten, so daß also die photochemische Extinktion gar nicht die Ursache, sondern die Folge der chemischen Veränderung wäre.

OSTWALD²⁾ verhält sich in seinem Lehrbuch mehr referierend; daß er aber die Annahme einer photochemischen Extinktion für durchaus berechtigt hält folgt auch aus Referaten in der Zeitschrift für physikal. Chemie. NERNST schreibt in der 2. Auflage seiner theoretischen Chemie von der photochemischen Extinktion, sie „war zu erwarten“³⁾, in der letzten Auflage vom Jahre 1913 dagegen „scheint“ sie nur noch „möglich“⁴⁾. Diese Änderung dürfte vornehmlich auf die Untersuchungen von BURGESS und CHAPMAN⁵⁾ zurückzuführen sein, die bei Wiederholung des BUNSENSchen Versuches mit besserer Methodik zeigen konnten, daß eine photochemische Extinktion in der von BUNSEN u. ROSCOE angegebenen Größenordnung nicht existiert; sie ist entweder so klein, daß sie innerhalb der Fehlergrenzen des Versuches liegt oder sie fehlt ganz. Die Energie, welche die chemische Umsetzung im Chlorknallgas bewirkt, stammt nach BURGESS u. CHAPMAN von dem Lichte, das vom feuchten Chlor absorbiert wird. Bei einer Durch-

1) E. PRINGSHEIM, Über die chemische Wirkung des Lichtes auf Chlorknallgas. Wied. Ann. N. F. 32, 1887, p. 384.

2) W. OSTWALD, Lehrb. d. allg. Chemie, II, 1, p. 1057, 1903.

3) W. NERNST, Theoretische Chemie, 2. Aufl., 1898, p. 683.

4) W. NERNST, Theoretische Chemie, 7. Aufl., 1913, p. 808.

5) BURGESS and CHAPMAN. The interaction of Chlorine and Hydrogen. Journ. of the chem. Soc. 1906, Vol. 89, Part. II, p. 1425.

sicht der photochemischen Literatur fand ich noch verschiedene Fälle, wo vergeblich nach einer photochemischen Extinktion gesucht worden ist. Soweit ich sehe, handelt es sich aber überall um exothermische Reaktionen; die Kohlensäureassimilation stellt aber einen endothermischen Vorgang dar und ein solcher scheint bisher von den Physikochemikern auf das Vorhandensein einer photochemischen Extinktion überhaupt nicht geprüft worden zu sein.

Die Versuche von Detlefsen.

DETLEFSEN¹⁾ ist der erste und bisher einzige, der die photochemische Extinktion beim Assimilationsprozeß zu messen versuchte. Nach dem Urteil von CZAPEK²⁾ hat DETLEFSEN „den experimentellen Nachweis erbracht, daß die von einem assimilierenden Blatte absorbierte Lichtmenge größer ist als jene Lichtmenge, welche dasselbe Blatt in derselben Zeit in kohlenstofffreier Luft unter Ausschluß der Assimilation absorbiert“ PFEFFER³⁾ führt DETLEFSENS Resultate an, sagt aber in einer Anmerkung, die Versuche seien „nicht ganz einwandfrei“; ähnlich drückt sich JOST⁴⁾ aus.

Bevor wir uns zu einer eingehenderen Kritik der Arbeit DETLEFSENS wenden, sei auf ein Versehen bei Bewertung der Resultate hingewiesen. Bei Erwähnung des Prozentsatzes der auffallenden Sonnenenergie, der zur Assimilation verbraucht wird, pflegt man vielfach die indirekt (aus der Verbrennungswärme der Assimilate und aktinometrischen Messungen) und direkt (DETLEFSEN) erhaltenen Werte zu vergleichen um eine befriedigende Übereinstimmung zu konstatieren. Dabei wird übersehen, daß die beiden Werte gar nicht ohne weiteres vergleichbar sind. Die indirekte Methode gibt nämlich an wie viel Prozent der Gesamtstrahlung der Sonne verbraucht werden; bei DETLEFSEN ist aber die Hauptmasse des Ultrarot durch eine 15 cm dicke Alaunlösung absorbiert, so daß die Zahlen ungefähr angeben, wie viel Prozent der sichtbaren Strahlung der Sonne verbraucht werden. Angenommen, es sei auf dem direkten und indirekten Wege je 1 pCt. gefunden worden, so decken sich diese Resultate natürlich nicht. Das Verhältnis der sichtbaren Strahlung zur Gesamtstrahlung der Sonne ist keine konstante Größe; einmal ist die Begrenzung des sichtbaren Bezirkes etwas willkürlich, vor allem aber variiert das Ver-

1) E. DETLEFSEN, Die Lichtabsorption in assimilierenden Blättern. Arb. d. bot. Inst. Würzburg, III, p. 534, 1888.

2) F. CZAPEK, Biochemie der Pflanzen. 2. Aufl., I, p. 617, 1913.

3) W. PFEFFER, Pflanzenphysiologie. 2. Aufl., I, p. 332, 1897.

4) L. JOST, Vorlesungen über Pflanzenphysiologie. 3. Aufl., p. 170, 1913.

hältnis je nach der Sonnenhöhe, der Witterung und je nachdem wir es auf Meeresniveau, auf einen hohen Berg oder gar auf einen Punkt außerhalb der Atmosphäre beziehen (LANGLEY, ABBOT und FOWLE). Nehmen wir an es sei bei DETLEFSEN

$\frac{\text{sichtbare Strahlung}}{\text{Gesamtstrahlung}} = \frac{40}{100}$, so macht 1 pCt. der sichtbaren Strahlung nur 0,4 pCt. der Gesamtstrahlung aus.

An DETLEFSENS Arbeit fällt vor allem die geringe Zahl von Messungen auf.

Für das *Urticablatt* in kohlensäurehaltiger Luft z. B. liegt nur eine einzige Messung vor, so daß man sich über die Zuverlässigkeit des betreffenden Wertes gar kein Urteil bilden kann. Wo das aber möglich ist, ergibt sich das erstaunliche Resultat, daß die Versuchsfehler meistens größer sind als der zu messende Betrag.

Versuchsblatt	Bei der Assimilation verbrauchtes Licht	Versuchsfehler
<i>Urtica</i> . . .	0,9	0.99
<i>Humulus</i> . . .	0,32	bis 1.45
<i>Asarum</i> . . .	1,07	bis 1.07

Man vergleiche hierzu die nebenstehende Tabelle, welche für die drei Versuchspflanzen *Urtica*, *Humulus* und *Asarum* das bei der Assimilation verbrauchte Licht enthält in Prozenten des auffallenden und in der gleichen Einheit ausgedrückt die Versuchsfehler. Hieraus folgt, daß die Versuche DETLEFSENS auf die gestellte Frage keine brauchbare Antwort geben können.

Der Hauptfehler liegt jedenfalls in der Inkonstanz der Lichtquelle. (Sonne und Heliostat mit Handregulierung.) Die Lichtintensität zur Zeit des Versuches berechnete DETLEFSEN aus Intensitätsmessungen vor- und nachher, unter der Voraussetzung, daß die Sonnenstrahlung während dieser Zeit stets genau gleichmäßig abnahm. Wie wenig diese Voraussetzung erfüllt war, zeigen die folgenden Angaben beim *Asarum*versuch:

Zeit	Auffallendes Licht
1h 45	1356,6
2h 25	1220,0
2h 42	1344,6

Um mit einer so variablen Lichtquelle zuverlässige Resultate zu erhalten, muß die Intensität des auffallenden Lichtes während

der ganzen Versuchsdauer kontrolliert werden; zum Mindesten hätte die Anzahl der Messungen sehr stark erhöht werden sollen. Beides unterblieb. — Auf die Störung durch das Kondenswasser, das sich auf der Wand der Küvette niederschlägt, die das Blatt enthält, werden wir später zurückkommen.

Nach Erwähnung dieser Hauptpunkte kann ein Eingehen auf Details um so eher unterbleiben, als ein Vergleich mit der eigenen Versuchsanordnung zeigt, wo weitere Änderungen für nötig erachtet wurden.

Eigene Versuche.

Vor allem war eine absolut konstante Lichtquelle von genügender Stärke nötig. Dazu diente die schon früher benutzte Projektions-Osramlampe O (vgl. Abb. 1), die von einer Akkumula-

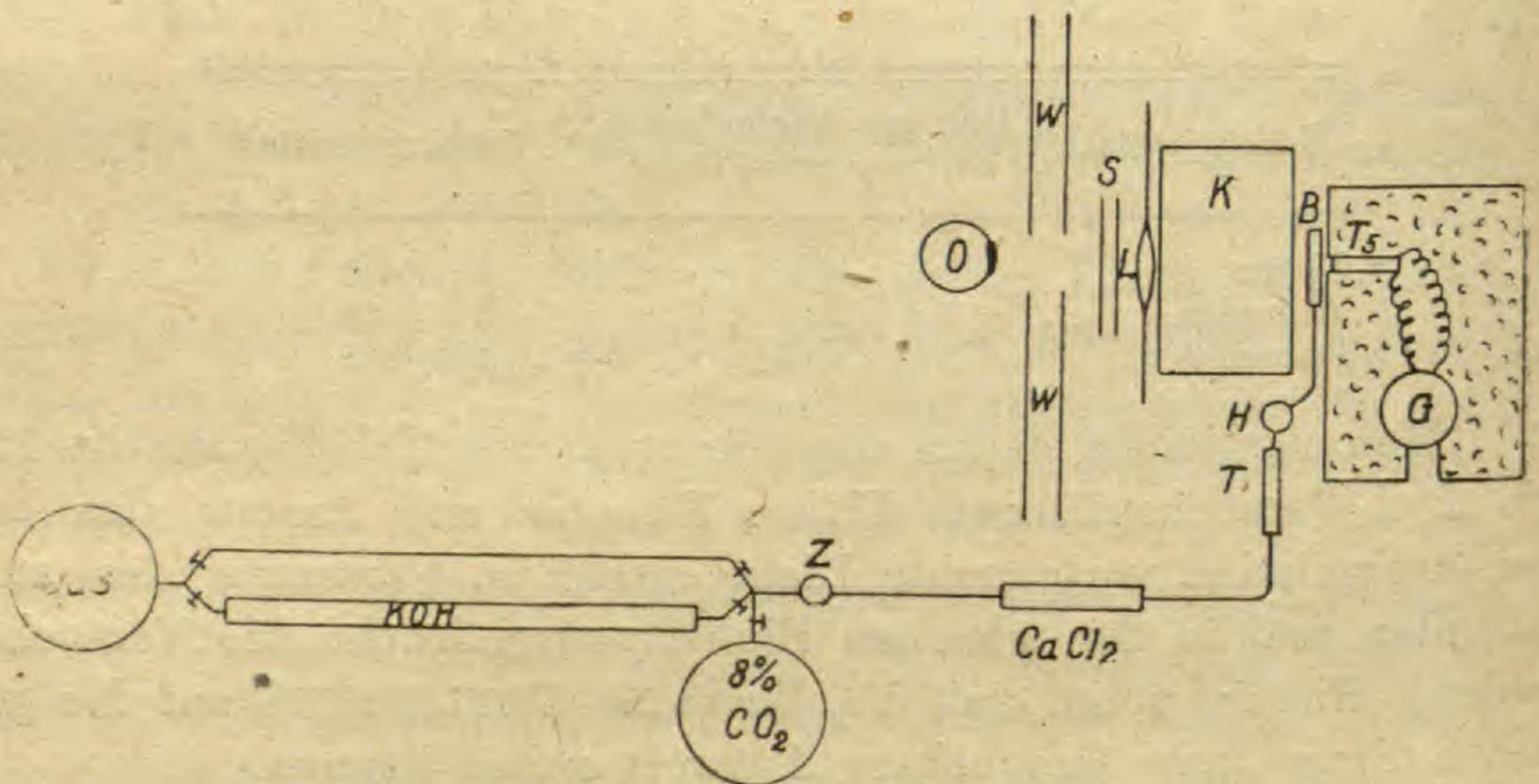


Abb. 1. Versuchsanordnung.

torenatterie gespeist wurde. Die Versuche führte ich zu einer Zeit aus, wo ich allein an die Batterie angeschlossen war; zudem wurde der Strom ununterbrochen mit einem empfindlichen Voltmeter *V* kontrolliert, an dessen Skala durch Lupenablesung die geringsten Schwankungen sichtbar waren. Mit Hilfe eines regulierbaren Widerstandes *R* brachte ich den Strom auf die bei jedem Versuch angegebene Stärke¹⁾. Alle Messungen, bei denen ich die geringste Inkonstanz des Stromes beobachtete, wurden verworfen. Zur Energiemessung diente eine Vakuumthermosäule *T*₅ mit Quarzfenster, die nach den von JOHANSEN (Wied. Ann. 33, p. 517, 1910) entwickelten Prinzipien konstruiert war. Thermoelemente aus Wis-

1) Die Zuleitungsdrähte zur Lampe *O*, dem Voltmeter *V* und dem Widerstand *R* sind in der Skizze (Abb. 1) nicht angegeben.

muth-Silber. Empfindliche Fläche 20 mm lang, 1,5 mm breit. Anzahl der Lötstellen 10. Widerstand ca. 2,8 Ohm. Als Galvanometer diente ein empfindliches Drehspulengalvanometer G von SIEMENS & HALKSKE mit geringem Widerstand (9,6 Ohm)¹⁾. Es steht zitterfrei auf Wandkonsole und ist mit der Thermosäule in einen mit Watte gefüllten Holzkasten eingeschlossen, der nur die zur Bestrahlung und Ablesung (Fernrohr F mit Skala Sk) nötigen Öffnungen enthält. Instrumente und Leitung sind dadurch ausreichend isoliert. Wenige Millimeter vor der Thermosäule befindet sich die völlig gasdichte Küvette B aus reinem, weißem Spiegelglas mit planparallelen Wänden (Lumen 9 cm hoch, 8 cm breit, 1 cm tief). In die Küvette sind von unten her 2 entsprechend gekrümmte Glasröhrchen r_1 u. r_2 (Abb. 2a) eingekittet zur Zu- und

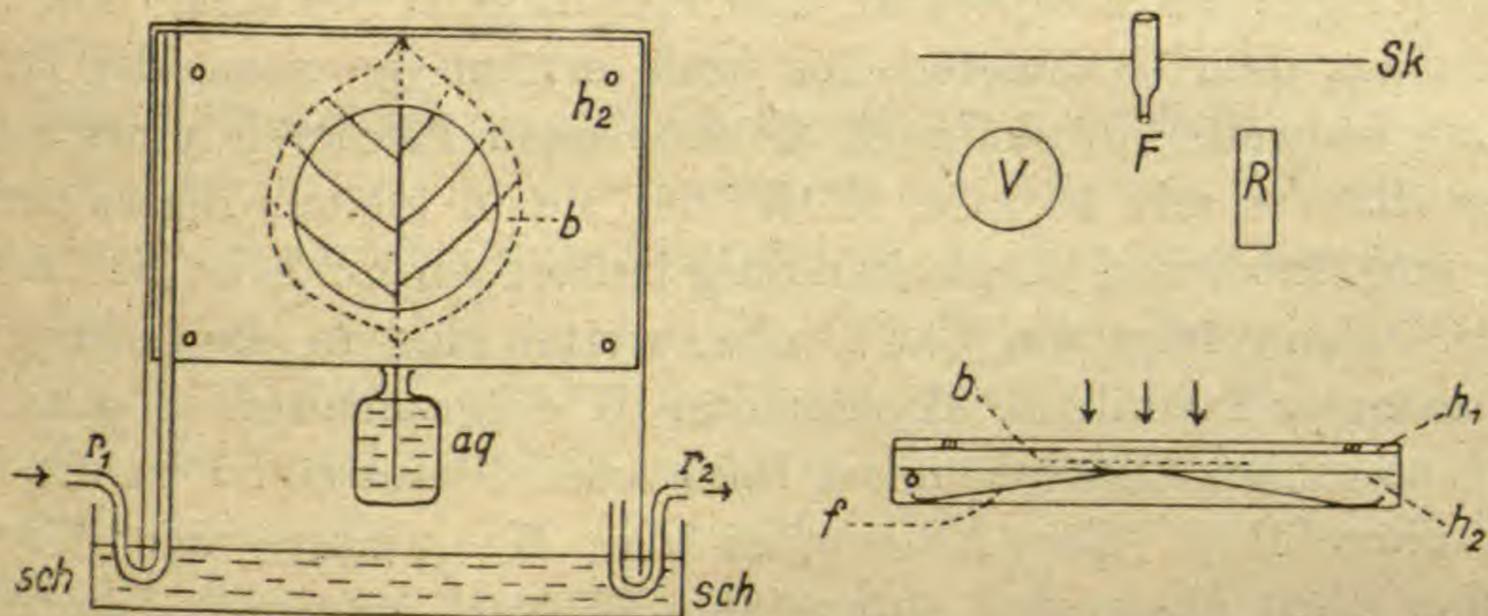


Abb. 2. a) Küvette zur Aufnahme des Blattes, im Längsschnitt.
b) Küvette zur Aufnahme des Blattes im Querschnitt.

Ableitung der Gase. Unter die Küvette läßt sich eine leicht auswechselbare Schale sch schieben, die mit KOH- bzw. CaCl_2 -Lösung gefüllt wird und die Küvette nach unten abschließt. Das Versuchsblatt b gelangt zwischen 2 dünne kongruente Holzrähmchen h_1 u. h_2 (Fig. 2a u. 2b), die in der Mitte je eine kreisförmige Öffnung von $2\frac{1}{2}$ cm Durchmesser für die Spreite und anschließend eine Rinne für den Stiel enthalten. An den 4 Ecken des einen Rähmchens sind Stifte eingekittet, die in Löcher des andern Rähmchens passen. Das eine Rähmchen trägt außerdem 2 vorspringende Federn f (Fig. 2b; in 2a nicht angegeben), die so gebogen sind, daß die Rähmchen in die Küvette sich einschieben lassen, dort aber durch Reibung ausreichend halten. Die Spreite b, die natür-

1) Für die gütige Überlassung dieser Apparate spreche ich Herrn Prof. Dr. P. JOYE auch an dieser Stelle meinen besten Dank aus.

lich etwas größer sein muß als die kreisförmige Öffnung, wird zwischen den Rähmchen festgeklemmt, so daß keine Verlagerung, aber auch keine Verletzung erfolgen kann. Der Stiel taucht in ein kleines flaches Wasserfläschchen aq mit enger Mündung, die den Stiel gerade passieren läßt, eine nennenswerte Verdunstung aber ausschließt. Das Fläschchen wird durch einen kleinen Holzkeil befestigt. Das Blatt ist so orientiert, daß die Oberseite gegen die — durch Pfeile angedeutete — Lichtquelle O gekehrt ist und die spaltöffnungsführende Unterseite möglichst weit von der hinteren Küvettenwand absteht. Die fertig montierte Küvette kann vor der Thermosäule T_s in einer schlittenartigen Vorrichtung leicht und sicher befestigt werden. Durch die Röhre r_1 sollen nacheinander geleitet werden: gewöhnliche Luft, kohlensäurefreie Luft und 8 pCt. Kohlensäure, wobei darauf zu achten ist, daß alle Gasströme möglichst gleiche Temperatur und Feuchtigkeit besitzen. Die Luft kommt aus dem Gasometer Gas und strömt je nach der Hahnstellung entweder direkt nach Z oder nach Passieren eines 1,5 m langen Rohres mit 40 pCt. KOH, das sie in kleinen Blasen durchperlt und dabei von CO_2 vollständig befreit wird. Z ist ein Blasen-zähler. Dann folgt ein $CaCl_2$ -rohr, weiter sind in die Leitung ein Thermometer T und ein Hygrometer H eingeschaltet. 8 pCt. CO_2 wird aus einem Glasgasometer links vom Blasen-zähler in die Leitung eingeführt. Zur Absorption der Hauptmasse der Wärmestrahlen dient ein großes, mit reinem Wasser¹⁾ gefülltes Glasgefäß K (30 cm hoch, 33 cm breit, 22 cm tief) mit planparallelen Wänden. L ist eine Linse von 10 cm Durchmesser, die ein Bild der Lichtquelle auf das Blatt wirft. Der um ein Scharnier drehbare Doppelschirm S kann vom Beobachter F durch eine Transmission dirigiert werden. W sind hohe Wände aus Karton, die nur so viel Strahlen durchlassen als die Linse fassen kann und die Aufgabe haben, die von der Lampe entwickelte Wärme von den Meßapparaten möglichst fern zu halten. — Der Beobachter kann, ohne sich erheben zu müssen, den Lampenstrom kontrollieren (V) und regulieren (R), die Blasen zählen (Z), den Schirm S heben und senken, die Stoppuhr und mit Hilfe des Fernrohrs F die Skala Sk ablesen. Während des Durchleitens von CO_2 -freier Luft wird eine Schale mit KOH-lösung untergeschoben, während des Durchleitens von Luft oder 8 pCt. CO_2 eine Schale mit $CaCl_2$ -lösung. Die Konzentrationen sind so gewählt, daß die KOH-lösung (66,86 g in

1) Eine Alaunlösung, wie sie DETLEFSEN noch benützte, bietet, wie wir heute wissen (KAYSER, Handbuch der Spektroskopie, III, p. 467) keinen Vorteil.

100 g Wasser) und die CaCl_2 -Lösung (48,6 g in 100 g Wasser) gleiche Dampfspannung haben. (DIETERICI, Wied. Ann. 42, 50.)

Auf folgende Weise prüfte ich die Versuchsanordnung auf ihre Brauchbarkeit. 1. Ein stärkefreies *Phaseolus*-blatt wurde in einem Strom gewöhnlicher Luft zwei Stunden lang bestrahlt, worauf die belichtete Partie deutliche Stärkereaktion zeigte. Ein stärkefreies *Phaseolus*-blatt ebenso lange in einem Strom CO_2 freier Luft bestrahlt, hatte keine Stärke gebildet. 2. Der Nullpunkt des Galvanometers war annähernd konstant und die Ablesung auf 1—4 Skalenteile gleich bei einem Ausschlag von 600 Skalenteilen. Die Beobachtungsfehler, die sich auf das rechtzeitige Öffnen des Schirmes S, das richtige Ablesen des Voltmeters, der Stoppuhr und der Skala beziehen, betrugten also im Maximum 0,7 pCt. dieser Ablesung. 3. Bei der beschriebenen Anordnung war an den Küvettenwänden selbst nach 2stündiger ununterbrochener Bestrahlung mit bloßem Auge kein Beschlag zu sehen. Welche Bedeutung aber ein solcher hat, zeigten Versuche mit feuchtem, grauem Fließpapier, das ich an Stelle des Blattes in die Küvette brachte. Der Ausschlag sank in ruhender Luft während 18 Minuten von 530 auf 513, beim Durchleiten von Luft während 18 Min. von 530 auf 522; die Wände zeigten einen deutlichen Beschlag. 4. Wurde das Blatt durch ein Stück trockenes Filtrierpapier ersetzt, so beobachtete ich beim Durchleiten von 8 pCt. CO_2 konstant den Ausschlag 611, beim Durchleiten von gewöhnlicher Luft eine Schwankung zwischen 612 und 610, beim Durchleiten von CO_2 freier Luft konstant 612. Die Temperatur der Gase war während dieser Versuche von $17,9^\circ$ auf $18,3^\circ$ C gestiegen, die Feuchtigkeit von 0 auf 3 pCt. Da hier der Gas- und Schalenwechsel genau in derselben Weise erfolgte wie später beim Blatt, so ist damit gezeigt, daß er an und für sich den Ausschlag nicht ändert.

Ich experimentierte mit 3 verschiedenen Lichtstärken; die Beleuchtung, welche das Versuchsblatt hierbei erfuhr, wurde mit dem MARTENSschen Photometer gemessen zu

ca. 70.000 Lux bei 105 Volt

ca. 29.000 Lux bei 90 Volt

ca. 100 Lux bei 30 Volt

Die im folgenden angeführten Zahlenwerte beziehen sich alle auf Blätter von *Phaseolus vulgaris*, die zu Beginn des Versuches stärkefrei waren. Jede Belichtung dauerte 1 Minute; der während derselben erfolgende Ausschlag in Skalenteilen ist in der Tabelle angegeben. Die Belichtungen folgten sich in Intervallen von 3 Minuten; nur beim Gaswechsel trat zur völligen Verdrängung des früheren Gases eine längere Pause ein.

Tab. 1.

Beleuchtung in Lux.	Gas durch- geleitet bis zur 1. Be- lichtung, in Min.	Gasstrom			Aus- schlag in Skalen- teilen	Mittel
		Zusammen- setzung	Temp. in °C	Feuchtig- keit in %		
29.000	20	gew. Luft	19,1	0	59,9	600,3
					600	
					600	
					601	
					602	
	20	CO ₂ freie Luft	19,3	0	599	598,8
					599	
					598	
					600	
					598	
599						

Zur Messung des Verhältnisses zwischen der auffallenden und durchgelassenen Energie war diese Anordnung nicht geeignet, da die Ausschläge zu groß sind. Ich benützte daher eine weniger empfindliche gewöhnliche Thermosäule, bei welcher das Blatt — jetzt frei, ohne Glasbedeckung — den Lötstellen bis auf 1 mm genähert werden konnte. In das Galvanometer war ein geeigneter Widerstand eingeschaltet. Um Raum zu sparen führe ich nur die Mittel an, die sich wie oben aus einer größeren Zahl von Einzelmessungen ergaben,

$$\frac{\text{auffallende Strahlung}}{\text{durchgelassene Strahlung}} = \frac{455 \text{ Skalenteile}}{48 \text{ Skalenteile}} = \frac{9,48}{1}$$

Hieraus folgt, daß in Tab. 1, wo die durchgelassene Energie 600 ist, die auffallende mehr als 5700 beträgt¹⁾. Wenn eine photochemische Extinktion existiert, so hätte der Ausschlag in CO₂-freier Luft größer sein müssen als in gewöhnlicher Luft wenigstens um 5,7 Skalenteile, wenn $\frac{1}{10}$ % der auffallenden Energie zur Assim. verbraucht wird, wenigstens um 57 Skalenteile, wenn 1 % der auffallenden Energie zur Assim. verbraucht wird, wenigstens um 228 Skalenteile, wenn 4 % der auffallenden Energie zur Assim. verbraucht werden.

Ein Vergleich mit Tab. 1 zeigt, daß eine photochemische Extinktion, in der von DETLEFSEN angegebenen Größenordnung unter den realisierten Versuchsbedingungen sicher nicht existiert.

1) Der Abstand des Blattes von den Lötstellen und die Zerstreung der auffallenden Strahlen durch das Blatt ist berücksichtigt (vgl. URSPRUNG, Die physikal. Eigensch. d. Laubb. Bibl. Bot. 60, 1903, p. 62.

In der folgenden Tabelle beträgt die Beleuchtung 70 000 Lux; statt aller Einzelmessungen sind nur die Extreme und die Mittel angeführt.

Tab. 2.

Beleuchtung in Lux	Gas durch- geleitet bis zur 1. Be- lichtung in Min	Gasstrom			Extreme Aus- schläge in Skalen- teilen	Mittel
		Zusammen- setzung	Temp. in °C	Feuchtig- keit in %		
70.000	60	CO ₂ frei	18,8	0	952 956	955
	15	8 % CO ₂	19,1	0	957 959	958
	30	gew. Luft	19,1	0	953 957	955

Bei einer Beleuchtung von 70.000 Lux wurde experimentell gefunden:

auffallende Strahlung $\frac{733}{79} = \frac{9.28}{1}$. Die auffallende Ener-
durchgelassene Strahlung gie in Tab. 2 berechnet sich zu ca. 8900.

Wenn eine photochemische Extinktion existiert, so muß der Ausschlag in CO₂ freier Luft größer sein als in gewöhnlicher Luft um ca.

8,9 Skalenteile, wenn $\frac{1}{10}$ % der auffallenden Energie zur Assim.
verbraucht wird,
89 Skalenteile, wenn 1 % der auffallenden Energie zur Assim.
verbraucht wird,
356 Skalenteile, wenn 4 % der auffallenden Energie zur Assim.
verbraucht werden.

Auch hier ist eine photochemische Extinktion in der von DETLEFSEN angegebenen Größenordnung nicht nachweisbar. Dasselbe gilt, wie Tab. 3 zeigt, für ein sehr stark geschwächtes Licht.

Tab. 3.

Beleuchtung in Lux.	Gas durch- geleitet bis zur 1. Be- lichtung in Min.	Gasstrom			Extreme Aus- schläge in Skalen- teilen	Mittel
		Zusammen- setzung	Temp. in °C	Feuchtig- keit in %		
100	40	CO ₂ frei	18,7	0	13 13	13
	25	gew. Luft	18,7	0	14 15	14

Während bisher weißes Licht zur Verwendung kam, seien im Folgenden 2 Versuchsserien mit rotem und blauem Licht erwähnt. Die Anordnung war genau die frühere, nur wurde die vordere Küvettenwand mit einem Filter der Firma WRATTEN bedeckt, das nach meiner Messung mit einem ZEISSschen Gitterspektroskop folgende Wellenlängen passieren ließ:

Rotes Filter ca. λ 710—630,

Blaues Filter ca. λ 480 400.

Das Resultat bleibt, wie Tab. 4 zeigt, dasselbe.

Tab. 4.

Filter	Beleuchtung in Lux.	Gas durch- geleitet bis zur 1. Be- lichtung in Min.	Gasstrom			Extreme Aus- schläge in Skalen- teilen	Mittel
			Zusammen- setzung	Temp. in °C	Feuchtig- keit in %		
Rot	29.000 ohne Filter	45	CO ₂ frei	19,7	0	368 371	369,2
Rot		10	8 % CO ₂	19,6	0	368 369	368,5
Blau		17	8 % CO ₂	19,6	0	85 86	85,5
Blau		12	CO ₂ frei	19,3	0	85 86	85,7

BUNSEN u. ROSCOE¹ stellten für Chlorknallgas fest, daß die Reaktion nicht sofort mit der Bestrahlung einsetzt, sondern etwas später; sie nannten diese Erscheinung photochemische Induktion. Obschon es BURGESS u. CHAPMAN gelang, die Induktionsperiode vollständig zum Verschwinden zu bringen und obschon im ENGELMANNschen Versuche die Bakterienbewegung fast momentan mit der Beleuchtung einsetzt, schien es doch — auch noch aus anderen Gründen — erwünscht, die Methodik etwas abzuändern. Bisher dauerte die Belichtung jeweils 1 Min., dann folgten 2 Min. Verdunkelung, dann wieder 1 Min. Belichtung etc. Im Folgenden war das Blatt während der ganzen Versuchsserie dauernd gleich stark belichtet, Schirm S also fortwährend geöffnet. Bei diesen Experimenten hatte ich zwischen Küvette B und Vakuumthermosäule T_s einen — in der Skizze nicht eingezeichneten — Schirm angebracht, der bei jeder Messung 1 Min. lang geöffnet wurde.

Tab. 5.

Beleuchtung in Lux.	Gas durch- geleitet bis zur 1. Be- lichtung in Min.	Gasstrom			Extreme Aus- schläge in Skalen- teilen	Mittel
		Zusammen- setzung	Temp. in ° C	Feuchtig- keit in %		
29.000	30	CO ₂ frei	18,0	4	597 599	{ 597,8
	35	8 % CO ₂	18,7	0	598 599	{ 598,7
	35	gew. Luft	18,8	0	597 598	{ 597,5
	30	CO ₂ frei	18,8	0	596 593	{ 594,3

Also auch bei ununterbrochener Bestrahlung war eine photochemische Extinktion in der von DETLEFSEN angegebenen Größenordnung nicht nachweisbar.

Hier sei noch auf eine Fehlerquelle hingewiesen, die bei entsprechender Versuchsanordnung eine photochemische Extinktion vortäuschen kann. Ein *Phaseolus*blatt war ca. 2 Stunden lang mit 29.000 Lux beleuchtet worden. Dieses so vorbehandelte Blatt gab in CO₂ freier Luft bei Belichtung mit 70.000 Lux den Ausschlag 959, nach 30 Min. langer Verdunkelung in gewöhnlicher Luft den Ausschlag 878. Der Ausschlag war also in CO₂ freier Luft um 81 Skalenteile, d. h. ca. 1 pCt. der auffallenden Energie, größer als in gewöhnl. Luft; ein Resultat, das sich vorzüglich mit dem zu erwartenden Werte deckt. Daß es sich aber um eine Täuschung handelt, zeigt folgendes. Ich leitete bei Verdunkelung 1 Stunde lang CO₂ freie Luft durch; der Ausschlag hätte nun wieder steigen sollen, tatsächlich war er aber bei der ersten Messung bis auf 867 gesunken. Als jedoch — stets in CO₂ freier Luft — die starke Bestrahlung längere Zeit andauerte, stiegen die Ausschläge wieder bis 956 und trotzdem nünmehrigen Durchleiten von 8 pCt. CO₂ sogar bis 969. Wir finden also bei andauernder intensiver Bestrahlung — unabhängig vom CO₂gehalt — eine Zunahme, bei Verdunkelung eine Abnahme der Durchlässigkeit des Blattes. Es beruht das jedenfalls auf einer Verlagerung der Chromatophoren, die auch an Querschnitten konstatiert, aber nicht näher verfolgt wurde. Damit sei auf die Thermosäule hingewiesen als Hilfsmittel zum Studium der Chromatophorenverlagerung.

Außer mit *Phaseolus vulgaris* habe ich auch mit *Hedera helix* und *Impatiens Sultani* experimentiert und ähnliche Resultate erhalten.

Ferner liegen zahlreiche Untersuchungen mit etwas anderer Versuchsanordnung vor; sie lieferten jedoch nichts wesentlich Verschiedenes und können daher übergangen werden.

Um möglichst vergleichbare Resultate zu bekommen mußten die Außenbedingungen im assimilierenden und nicht assimilierenden Blatt, mit Ausnahme des CO_2 gehaltes, ausreichend konstant gehalten werden; außerdem war ein Beschlagen der Küvettenwände zu vermeiden. Durch Einleiten eines trockenen Luftstromes von genügend konstanter Temperatur und Geschwindigkeit waren diese Forderungen erfüllt, zugleich aber ein Schließen der Stomata wegen zu großer Lufttrockenheit zu befürchten. Der Versuch zeigte jedoch, daß auch in Luft von gewöhnlichem CO_2 gehalt reiche Stärkebildung erfolgt; zudem wurde stets noch Luft mit 8 pCt. CO_2 verwendet. Eine weitere Fehlermöglichkeit lag bei einem Teil der Versuche in der langen Verdunkelung, die wiederum Spaltenschluß befürchten ließ. Es wurden daher die Blätter in einer anderen Versuchsreihe stundenlang konstant belichtet, d. h. unter Bedingungen gehalten die nachgewiesenermaßen reiche Stärkebildung erlaubten.

Alle meine Untersuchungen, sowohl die im Vorhergehenden ausführlicher mitgeteilten, wie auch die nur angedeuteten, führten übereinstimmend zum Resultat, daß eine photochemische Extinktion in der von DETLEFSEN angegebenen Größenordnung nicht nachweisbar ist. Die Versuchsanordnung war so, daß eine Extinktion von $\frac{1}{10}$ pCt. des auffallenden Lichtes leicht hätte erkannt werden können. $\frac{1}{10}$ pCt. des benutzten fast Ultrarot-freien Lichtes entspricht aber etwa¹⁾ 0,04 pCt. der Gesamtstrahlung der Sonne. Nun beträgt die zur Assimilationsarbeit benutzte Energie gewöhnlich ca. 1 pCt. der auffallenden Gesamtstrahlung der Sonne, sie kann unter $\frac{1}{3}$ rücken, aber auch über den 3fachen Betrag steigen. Es hätte mir also nicht entgehen können, wenn der zur Assimilationsarbeit verwendete Betrag vom nicht assimilierenden Blatt durchgelassen worden wäre.

Damit ist selbstverständlich nicht gesagt, daß beim Assimilationsprozeß überhaupt keine photochemische Extinktion vorkommt, denn über Werte, die innerhalb der Versuchsfehler liegen, vermag ich nichts auszusagen. Durch Verfeinerung der Meßmethoden noch weiter zu gehen, bot aber in unserem Falle kein besonderes Interesse. Die meisten photochemischen Prozesse verlaufen im Sinne der chemischen Kräfte, das Licht hat nur einen Anstoß zu

1) Diese Schätzung soll nur eine ungefähre Orientierung ermöglichen.

liefern; das Aufsuchen ganz geringer Extinktionen hat daher einen Sinn. Beim Assimilationsprozeß dagegen hat das Licht nicht einen Anstoß zu geben, sondern die gesamte Energie zu liefern, die in den Assimilaten gespeichert wird.

Hätten sich aber die Befunde DETLEFSENS bestätigen lassen, so hätte eingehend untersucht werden müssen, ob die BUNSENSche Deutung die richtige ist oder ob die Erklärung nicht einfacher in der Absorption von Assimilationsprodukten, in Chromatophorenverlagerung etc. gefunden werden kann.

13. F. von Höhnel: Ueber die Gattung *Leptosphaeria* Ces. et de Not.

(Eingegangen am 16. März 1918.)

Die in Comment. Soc. Crittog. ital. I. Pt. IV. p. 234 im Jahre 1863 aufgestellte Gattung *Leptosphaeria* umfaßte Formen mit gefärbten und hyalinen Sporen. Für die Arten mit hyalinen Sporen stellte SACCARDO 1883 die neue Gattung *Metasphaeria* auf. Die Gattung *Leptosphaeria* ist auch noch im heutigen Umfange eine Mischgattung. Ich wies nach, daß einige Arten ganz echte Dothideaceen mit gut entwickeltem Stroma sind, und daß andere zu meinen Pseudosphaeriaceen gehören. Aber schon vorher (Österr. bot. Ztschr. 1907, 57. Bd., p. 322) hatte ich bemerkt, daß einige Arten der Gattung offenbar keine echten Sphaeriaceen sind. Da dieselben zum Teile eine ziemlich flache Fruchtschichte haben, hielt ich sie für Übergangsformen zwischen den Sphaeriaceen und Heterosphaeriaceen. Ich stellte sie vorläufig zu *Phaeoderris* Sacc. (Syll. Fung. VIII. p. 599). Wie ich nun weiß, sind diese Pilze in Wirklichkeit echte Dothideaceen. Allein im Jahre 1907 war es nicht möglich, bei einem Pilze, der einer einfachen Sphaeriacee fast ganz gleicht, an eine Dothideacee zu denken, da man damals noch nicht wußte, was eigentlich eine Dothideacee ist.

Die erste sowohl bei CESATI und DE NOTARIS, als auch bei SACCARDO angeführte Art ist die *Leptosphaeria Doliolum* (P.). Diese Grundart der Gattung ist nun gerade eine jener Formen, die nur als vereinfachte Dothideaceen mit Dothitheciën, aufgefaßt werden können. Daher gehört die Gattung *Leptosphaeria* zu den Dothideaceen. Die Gattung besteht daher der Hauptsache nach

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

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

Jahr/Year: 1918

Band/Volume: [36](#)

Autor(en)/Author(s): Ursprung Alfred

Artikel/Article: [Ueber das Vorhandensein einer photochemischen Extinktion beim Assimilationsprozeß. 122-135](#)