

gezeigt haben, ohne daß vorher eine gründliche Desinfection hätte durchgeführt werden können.

Es liegt also hier der in der Krankheitslehre seltene Fall vor, daß eine Pilzerkrankung, gegen die alle chemischen Vorbeugungsmittel vollständig versagt haben, leicht vermieden werden kann, wenn bei den Kulturmaßnahmen auf die Besonderheiten des Pilzes Rücksicht genommen wird.

Hohenheim, Botanische Anstalt. Im Januar 1917.

---

## 6. A. Ursprung: Über die Stärkebildung im Spektrum.

(Mit Tafel I und einer Abbildung im Text.)

(Eingegangen am 24. Januar 1917.)

---

Die hier beschriebenen Versuche hatten zunächst nur den Zweck, einiges Demonstrationsmaterial zu liefern, um die assimilatorische Wirkung der verschiedenen Wellenlängen der Sonnenstrahlung anschaulich vorführen zu können. Gewöhnlich bedient man sich zur Demonstration der assimilatorischen Bedeutung verschiedener  $\lambda$  der Filter; die Schwierigkeiten auf diesem Wege monochromatisches Licht und eine richtige Intensitätsverteilung zu erhalten, sind genugsam bekannt. Ein zweiter Weg besteht in der Anwendung des Spektrums, etwa in Verbindung mit dem für Demonstrationszwecke so beliebten Blasen zählen. Neben anderen, neuerdings wieder betonten Übelständen hat aber das Blasen zählen in unserem Falle auch den Nachteil, daß die verschiedenen Wellenlängen sich nicht gleichzeitig prüfen lassen. Die simultane Beobachtung in allen Teilen des Spektrums ist aber zweifellos übersichtlicher. Da ferner die Sonne während der betreffenden Vorlesung nicht immer zu scheinen pflegt, war eine Methode erwünscht, die das erhaltene Resultat dauernd fixiert.

Das benützte Verfahren besteht einfach darin, das Spektrum auf ein entstärktes Blatt zu projizieren und nach genügender Exposition und Extraktion des Chlorophylls die Jodreaktion auszuführen. Am leichtesten gelingt der Versuch mit dem Prisma; er glückt aber auch mit den Gitterkopien, die ein für unsere Zwecke

brauchbares Normalspektrum<sup>1)</sup> liefern. Wir erhalten auf diese Weise ein Spektrogramm, über dem wir nur ein Bild des benutzten Spektrums zu befestigen brauchen, um mit einem Blicke eine richtige Vorstellung zu bekommen.

### 1. Methodisches.

Das Prinzip ist nicht neu. TIMIRIAZEFF wandte es als erster und meines Wissens einziger im Jahre 1890 an<sup>2)</sup>. Er entwarf mit einem Prisma à vision directe und einer achromatischen Linse im Dunkelzimmer das Sonnenspektrum auf ein entstärktes Blatt von *Hydrangea*<sup>3)</sup> während 3—6 Stunden. Nach der Mitteilung von 1890 trat nach der Jodreaktion Absorptionsband I deutlich hervor, im Orange und Gelb war noch ein Halbschatten sichtbar, der immer schwächer wurde und wenig jenseits D verschwand. 1903 heißt es: „The blue and violet rays produced hardly any effect.“ Um ein Gelegenheitsexperiment kann es sich nicht handeln, denn schon 1890 wird erwähnt, daß in mehreren vorhergehenden Jahren vergebliche Versuche unternommen wurden und 1903 wird über Bemühungen mit einem ROWLANDSchen Gitter berichtet, die wegen zu geringer Lichtintensität negative Resultate ergaben. Die vorliegenden Erfahrungen waren somit wenig ermutigend.

Orientierende Versuche zeigten jedoch bald, daß TIMIRIAZEFFS Anordnung nicht sehr zweckmäßig war. Jedenfalls erhielt ich mit geradsichtigen Spektroskopen guter Konstruktion relativ schlechte Resultate, wohl wegen der stärkeren Absorption und des größeren Lichtverlustes überhaupt; nach EDER<sup>4)</sup> können solche Apparate schon das sichtbare Violett stark schwächen. Ferner empfiehlt sich die Verwendung fertig montierter Spektroskope oder Spektrographen; sie sind nicht nur handlicher, sondern erleichtern die Abhaltung fremden Lichtes und die Justierung.

Ich benutzte 3 Spektroskope mit je 1 Glasprisma, 2 Spektroskope mit Gittern (Photographie auf Glas) und Glaslinsen<sup>4)</sup>, einen kleinen Quarzspektrographen. Als Lichtquellen wurden verwendet: Eine Osramlampe AZO von 2500 Kerzen; eine Gleichstromliliput-

1) Der Spektrophor hat neben dem Vorteil relativ großer Lichtstärke den Nachteil, daß er kein zusammenhängendes Spektrum liefert.

2) C. TIMIRIAZEFF, Enregistrement photographique de la fonction chlorophyllienne par la plante vivante. Compt. rend. 1890 T. 110, p. 1346.

3) TIMIRIAZEFF, The cosmical function of the green plant. Proc. Roy. Soc. Vol. 72. 1903, p. 424.

4) EDER, Handbuch der Photographie I, 3, p. 42.

bogenlampe mit Regulierung; eine automatische Projektionsgleichstrombogenlampe; eine große Wechselstrombogenlampe für Straßenbeleuchtung; eine kleinere und eine größere Quecksilberbogenlampe mit Leuchtrohr aus Quarz; das Licht der Sonne, weißer Wolken und des blauen Himmels in Verbindung mit einem automatischen Heliostaten, dessen Spiegel auf der dem Lichte zugekehrten Seite versilbert war; endlich Vollmondlicht<sup>1)</sup>.

Die Spaltbreite schwankte etwas, je nach der Intensität der Lichtquelle; sie betrug in der Regel ca. 1 mm, in gewissen Fällen aber auch bedeutend weniger. Zwischen Spalt und Lichtquelle war gewöhnlich ein Kondensator eingeschaltet, der je nach Umständen von größerer oder geringerer Brennweite gewählt wurde; er bestand bei Glasapparaten ebenfalls aus Glas (wenn möglich achromatisch), beim Quarzspektrographen aus einer einfachen Quarzlinse.

Im Spektrographen gelangte das Blatt in die Ebene der photographischen Platte. Bei den Spektroskopen wird das Okular des Fernrohres abgeschraubt und in einfacher Weise eine Vorrichtung getroffen, um das Blatt genau in jener Ebene festzuhalten, in der ein scharfes objektives Spektrum entsteht. Wesentlich ist dabei nur, daß das bestrahlte Blattstück auf beiden Seiten frei an die Luft grenzt, daß kein fremdes Licht Zutritt hat und auch im Apparat selbst alles falsche Licht nach Möglichkeit abgeblendet wird, daß das Blatt endlich gesund und turgeszent ist und mit der lebenden Pflanze in Verbindung steht. Das Spektrum ist auf möglichst ebene Spreitenteile zu werfen unter Vermeidung stärkerer Nerven; gewölbte Flächen geben, besonders im Quarzspektrographen, verzerrte Bilder; über den Nerven kann Bildung und Lösung der Stärke sich anders verhalten.

Für jeden Apparat mußte das Spektrum kalibriert werden. Dazu benutzte ich die FRAUNHOFERSchen Linien, die Hauptlinien von H, He, K, Na. Zur Kalibrierung des Quarzspektrographen dienten auf derselben Platte übereinander erzeugte Photographien des He-Spektrums, des Cd-Funkenspektrums sowie des Absorptionsspektrums des Blattes. Wenn nötig, wurden die Wellenlängen

---

1) Ein Apparat stammt von ZEISS; den zweiten lichtstärkeren baute ich selbst auf aus einem guten Spektroskop und einem Gitter von GAERTNER & Co., Chicago (C. 485, 3. 610 lines to the inch), die ich Herrn Prof. Dr. DHÉRE verdanke.

2) Verschiedene Herren, besonders mehrere Kollegen, unterstützten mich durch gütige Überlassung von Apparaten. Ihnen allen, vornehmlich aber Herrn Prof. Dr. JOYE, spreche ich auch an dieser Stelle meinen herzlichsten Dank aus.

zwischenliegender Punkte durch Aufzeichnen der Kurve oder mit der Interpolationsformel von HARTMANN<sup>1)</sup> ermittelt.

Die Orientierung im Blatt erfolgt einmal durch einen feinen Einschnitt oder besser feine Nadelstiche in der Mitte des Hauptabsorptionsbandes. Dies allein genügt jedoch nicht, da das Blatt bei der darauffolgenden Behandlung mit kochendem Wasser, heißem Alkohol<sup>2)</sup>, Jodlösung etc. sich etwas kontrahiert. Diese Kontraktion muß für jedes einzelne Versuchsblatt an der Stelle des Spektrogrammes gemessen und später in Rechnung gezogen werden. Dadurch wird ein Mindestmaß von Genauigkeit erzielt; besser ist es, eine größere Zahl von Marken an verschiedenen Stellen des Spektrums anzubringen. Zur Ausmessung werden die Spektrogramme entweder auf dem Objektträger aufgeklebt und trocken untersucht oder unter Deckglas in Jodwasser gebracht.

Als Versuchspflanzen dienten fast ausschließlich im Zimmer kultivierte Topfexemplare von *Phaseolus multiflorus*, die sich glatt entstärkten und genügend Stärke bildeten; zu einigen Experimenten benützte ich ferner *Impatiens*, *Tropaeolum* und *Coleus*.

Dadurch daß wir die Wirkungen der verschiedenen Strahlen an ein und demselben Blatt studieren, werden individuelle Verschiedenheiten, wie sie zwischen verschiedenen Blättern derselben Pflanze oder zwischen verschiedenen Individuen möglich sind, ausgeschaltet. Es bleiben noch ev. Differenzen zwischen verschiedenen Teilen desselben Blattes, die man erstens durch Verwendung normaler ausgewachsener Blätter zu vermeiden sucht, und die sich ferner dadurch eliminieren lassen, daß man das Spektrum in aufeinanderfolgenden Versuchen verschieden orientiert (Rot bald gegen Blattspitze, bald gegen Basis, bald gegen Rand, bzw. Mittelnerv).

## 2. Innerhalb welcher Grenzen wird Stärke gebildet?

Die zum Studium dieser Frage benützten farbigen Filter lassen ganze Gruppen von Wellenlängen durch. Wenn daher DETMER<sup>3)</sup> hinter Kupferoxydanmoniak sehr schwache oder gar keine Stärkebildung fand, so läßt sich nicht sagen, welchen  $\lambda$  diese geringe Tätigkeit zukommt; außerdem befanden sich die Blätter in CO<sub>2</sub>-

1)  $s = s_0 + \frac{C}{(\lambda + \lambda_0)^\alpha}$ , worin  $\alpha = 1$  gesetzt wurde. Vgl. HARTMANN, Zeitschr. f. Instrumentenkunde 19, p. 57 (1899).

2) Hartnäckige Chlorophyllinseln entfernt man durch wiederholtes Behandeln mit kochendem Wasser und Alkohol. Das Übertragen der Blattstreifen von Wasser in Alkohol erfolgt zweckmäßig mit knieförmig gebogenem Glasstab.

3) DETMER, Praktikum, 4. Aufl., p. 36.

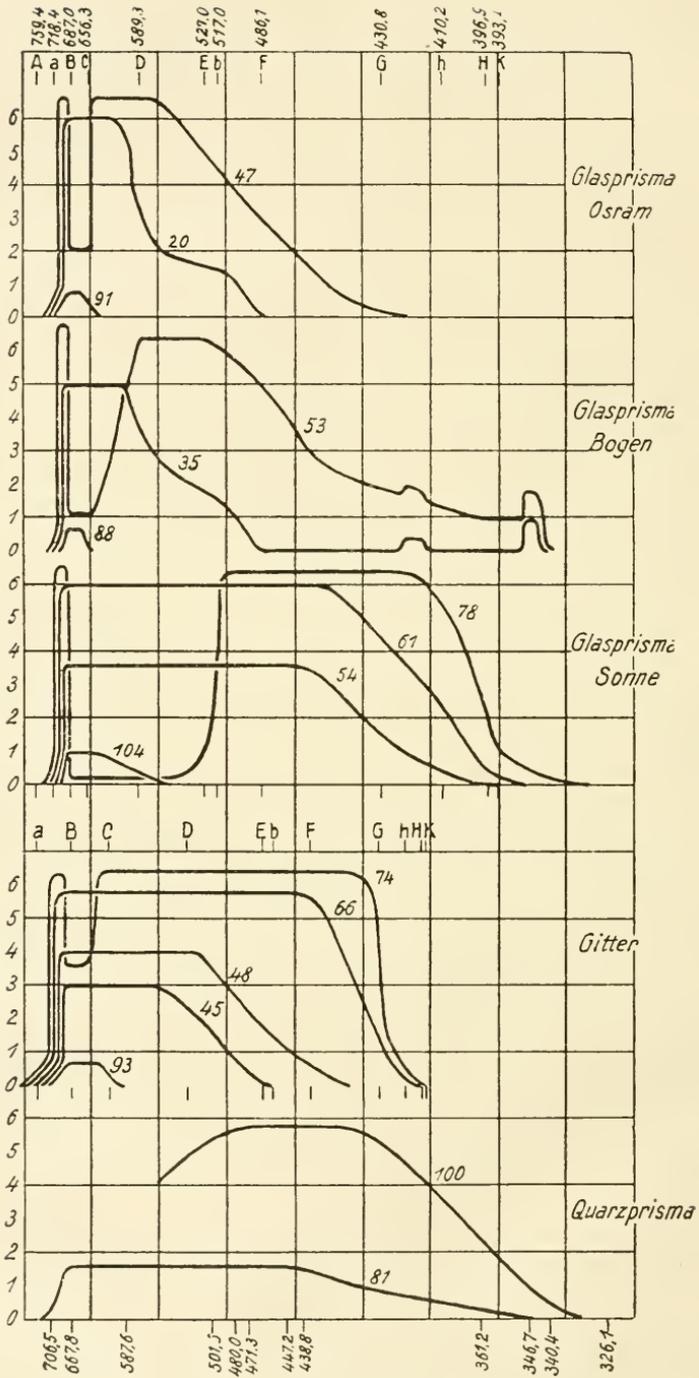


Abb. 1. Versuchspflanze *Phaseolus multiflorus*.

## Erklärung der Abb. 1.

## A. Kurven und Zeichnungen von Spektrogrammen.

- 91: Osramlampe, Spektroskop II mit Glasprisma, kein Kondensator, Belichtung 2 Stunden.
- 20: Osramlampe, Spektroskop I mit Glasprisma, Belichtung 24 Stunden.
- 47: Osramlampe, Spektroskop I mit Glasprisma, Belichtung 48 Stunden.
- 88: Liliputgleichstrombogenlampe, Spektroskop I mit Glasprisma, kein Kondensator, Belichtung  $\frac{1}{2}$  Stunde.
- 35: Wechselstrombogenlampe, Spektroskop II mit Glasprisma, mit Kondensator, Belichtung 12 Stunden.
- 53: Liliputgleichstrombogenlampe, Spektroskop II mit Glasprisma, mit Kondensator, Belichtung  $9\frac{1}{2}$  Stunden.
- 104: Sonne, Spektroskop mit Glasprisma, Spaltsehreng, Belichtung mit  $1\frac{3}{4}$  Stunden.
- 54: meist weiße Wolken, Spektroskop II mit Glasprisma, mit Kondensator, Belichtung  $9\frac{1}{2}$  Stunden
- 61: Sonne, Spektroskop I mit Glasprisma, mit Kondensator, Belichtung ca. 5 Stunden.
- 78: Sonae, Spektroskop I mit Glasprisma, mit Kondensator, Belichtung 9 Stunden.
- Infolge wolkenlosen Himmels und großer Kondensatorlinse mit langer Brennweite, trat, nach Auflösung der Stärke, in einem Teil der solarisierten Partie Zerstörung des Chlorophylls ein (Bezirk BC und kleine rechts anschließende Partie).
- 93: Osramlampe, Spektroskop III mit Gitter, kein Kondensator, Belichtung 8 Stunden.
- 45: Sonne, Spektroskop III mit Gitter, mit Kondensator, Belichtung 8 Stdn.
- 48: Sonne, Spektroskop III mit Gitter, mit Kondensator, Belichtung  $9\frac{1}{2}$  Stdn.
- 66: Sonne, Spektroskop III mit Gitter, großer Kondensator wie in Nr. 78, Belichtung 7 Stunden.
- 74: Sonne, Spektroskop III mit Gitter, großer Kondensator wie in Nr. 78, Belichtung  $8\frac{1}{2}$  Stunden.
- 81: blauer Himmel, Quarzspektrograph, Quarzkondensator, Belichtung 9 Stdn.
- 100: Liliputgleichstrombogenlampe, Quarzspektrograph, Quarzkondensator, Belichtung 12 Stunden.
- 39: Osramlampe, Spektroskop I mit Glasprisma, vor Spaltplanparalleles Glasgefäß mit alkohol. Chlorophylllösung, Belichtung 6 Stunden.
- 43: Osramlampe, Spektroskop I mit Glasprisma, vor Spaltplanparalleles Glasgefäß mit alkohol. Chlorophylllösung, Belichtung 21 Stunden.
- 59: Liliputgleichstrombogenlampe, Spektroskop I mit Glasprisma, vor Spaltplanparalleles Glasgefäß mit alkohol. Chlorophylllösung, mit Kondensator, Belichtung 9 Stunden.

reicher Luft, was die Übertragung auf natürliche Verhältnisse erschwert. 1903 erwähnt TIMIRIAZEFF Versuche mit dem Spektraphor, in welchen das Spektrum in zwei Hälften (700—550 und 550—400  $\mu\mu$ ) geteilt und jede zu einem Streifen vereinigt auf das Blatt geworfen wird. Nach der Angabe TIMIRIAZEFFs ergab die Stärkereaktion „dasselbe Resultat“, wie die gasanalytische Methode d. h. es verhielt sich die Assimilation in der gelben zur blauen Hälfte, wie 100:54. Wahrscheinlich wollte der Autor sagen, „ungefähr dasselbe Resultat“; jedenfalls glückte es mir nicht mit der Jodreaktion, so präzise Werte zu erlangen. Für unsere Frage ist auch damit nicht viel gewonnen, da die Farben nicht ausreichend getrennt sind, die blaue Hälfte z. B. bedeutende Mengen Grün enthält. Nach den schon erwähnten Befunden desselben Autors im Spektrum reicht die Stärkeproduktion von B bis wenig über D; Blau und Violett zeigen kaum eine Wirkung. Er schreibt letzteres dem Umstand zu, daß hier Bildung und Auflösung von Stärke sich das Gleichgewicht halten, so daß keine Anhäufung mehr erfolgen kann. JOST<sup>1)</sup> sagt: „grünem Licht kommt so gut wie gar keine assimilatorische Wirkung zu“; das kann, auf die Stärkebildung übertragen, nur heißen: im Grün wird keine Stärke erzeugt. Nach den vorliegenden, z. T. sich widersprechenden Angaben ist also Stärkeproduktion nur von B bis wenig über D mit Sicherheit nachgewiesen.

Zur Ermittlung der äußersten Grenzen bis zu denen Stärke gebildet wird, benützte ich für die kurzwellige Seite den Quarzspektrographen, für die langwellige die Apparate mit Glasprismen. Die lichtschwächeren Gitter sind für diese Zwecke natürlich weniger geeignet. Wie aus den Kurven und Spektrogrammen (siehe Textabb. und Tafel) ersichtlich ist, fand ich die rote Grenze für die Stärkebildung bei Sonne, Bogenlicht und Osramlampe in der Regel zwischen a u. A, im Maximum etwa bei A. Für das Ultrarot waren meine Befunde negativ und decken sich somit ganz mit den bisherigen Angaben. Im Ultraviolett ließ sich Stärkebildung in der Sonne bis ca. 342  $\mu\mu$ , im Bogen bis ca. 330  $\mu\mu$  wahrnehmen. Die äußersten Grenzen bis zu denen meine Beobachtungen reichten, waren somit ungefähr 760 und 330  $\mu\mu$ .

Über die Zuverlässigkeit dieser Zahlen entscheiden die Fehlerquellen. Solche sind 1. ungenaues Anbringen der Schnittmarken im Blatt, 2. seitliche Ausbreitung des Lichtes durch Reflexionen im Innern des Blattes, 3. falsches Licht im Innern des Apparates.

---

1) JOST, Vorlesungen 1913, p. 166.

Was Punkt 1 betrifft, so hängt der bei genauem Arbeiten mögliche Fehler von der Länge des Spektrums ab; ich schätze ihn in meinen Spektrogrammen im Maximum auf  $\pm 10 \mu\mu$  und suchte ihn durch eine größere Zahl (ca. 100) von Versuchen nach Möglichkeit einzuengen. Bei Punkt 2 kann es sich sicher nicht um nennenswerte Größen handeln, da das Spektrogramm nach oben und unten scharf begrenzt war. Punkt 3 kommt für die rote Grenze nicht in Betracht, da zu ihrer Feststellung nur Apparate mit je 1 Glasprisma dienten, bei denen das diffuse Licht sehr schwach und das Spektrum nach oben und unten scharf begrenzt war. Dagegen bedarf Punkt 3 für die ultraviolette Grenze einer besondern Prüfung; das diffuse Licht zeigt im benutzten Quarzspektrographen etwas größere Intensität, das Spektrum ist oben und unten durch einen Schirm begrenzt, und die Strahlung nimmt im Ultraviolett mehr und mehr ab. Erstens erstreckt sich diese diffuse Helligkeit nicht nur bis  $330 \mu\mu$ , sondern viel weiter und zwar mit annähernd derselben Intensität; es müßte also, wenn diese Fehlerquelle eine Rolle spielt, die Stärkebildung weit über  $330 \mu\mu$  hinaus fortschreiten; das war aber nie zu beobachten. Zweitens zeigten auch Glasapparate, mit viel weniger falschem Licht, eine deutliche Stärkebildung im Ultraviolett, die allerdings, infolge der Absorption des Glases, nicht bis  $330$  sich erstrecken konnte. Drittens nimmt das diffuse Licht *et. par.* mit der Intensität der Lichtquelle zu. Es hätte daher die Stärkebildung in der Sonne weiterreichen müssen, als im weniger lichtstarken Bogen; tatsächlich war aber das Gegenteil der Fall; was mit dem Gehalt an ultravioletten Strahlen durchaus übereinstimmt. Viertens benützte ich ein Ultraviolettfilter. Als solches kann nach H. LEHMANN<sup>1)</sup> dienen eine Küvette aus Jenaer Blauvioletglas, gefüllt mit wässriger Lösung von Nitrosodimethylanilin, verbunden mit Quarzküvette mit Kupfersulfatlösung; durchgelassen wird der Bezirk  $\lambda 400-280 \mu\mu$ . Ich habe das mir zur Verfügung stehende Filter nicht auf seine Durchlässigkeit geprüft, glaube aber trotzdem das Resultat kurz angeben zu dürfen. Die Pflanze (*Phaseolus*) war im Dunkelzimmer in einen lichtdichten Kasten eingeschlossen, dessen einziges Fenster mit dem Filter bedeckt war. Nach 11stündiger Bestrahlung mit einer kleinen Quecksilberbogenlampe ließ sich in den bestrahlten Teilen eine allerdings schwache, aber deutliche Stärkebildung nachweisen, die in den nichtbestrahlten Teilen desselben Blattes fehlte. Die Sache schien

---

1) H. LEHMANN, Filter für ultraviolette Strahlen. Physik. Zeitschr. 1910, 2. Teil p. 1069.

mir wichtig genug um noch eine fünfte Prüfung zu unternehmen. Dazu dienten Lichtquellen die im Ultraviolett kein kontinuierliches, sondern ein Banden- oder Linienspektrum geben. Wenn mit den ultravioletten Banden wirklich Stellen reicherer Stärkebildung koinzidieren, so ist damit jeder Zweifel an der Wirkung des Ultraviolett ausgeschlossen. Ich operierte mit den Cyanbanden des Kohlenbogens und mit der Quecksilberlampe. Die ultraviolette Cyanbande  $\lambda$  388—386  $\mu\mu$  ist in den Glasapparaten deutlich sichtbar (vgl. Spektrogramm 35 und 53 sowie die betr. Kurven). Die Hg-Lampe benützte ich in Verbindung mit dem Quarzspektrographen. Da das Blatt viel dicker ist als die empfindliche Schicht der photographischen Platte und zu dem keine ebene Oberfläche zeigt, ist die Einstellung schwierig. Auch bei den scharfen Hg-Linien ist daher im Spektrogramm eine scharfe Begrenzung nicht zu erwarten, um so mehr müssen jene Bänder unscharf sein, die schon auf einer guten Photographie verwaschen erscheinen. In einem solchen unscharfen Zustand ließ sich nun das Spektrum des Hg-Bogens tatsächlich im Blattspektrogramm verfolgen von zirka 580  $\mu\mu$  bis zu den intensiven ultravioletten Linien bei ca. 365  $\mu\mu$ <sup>1)</sup>. Die Bestrahlung hatte 13½ Stunden gedauert. Einige Versuche, mit einer kräftigeren Quecksilberlampe auch noch kurzwelligere Linien (ca. 313  $\mu\mu$ ) im Spektrogramm aufzufinden, führten zu keinem sicheren Resultat, woran z. T. die schädigende Wirkung Schuld war<sup>2)</sup>, läßt sich in dieser Richtung auch noch mehr erreichen, so genügten die erhaltenen Resultate doch um die Wirksamkeit des Ultraviolett sicherzustellen.

Die Grenzen innerhalb deren Stärke gebildet wird, liegen also weiter als man in der Regel anzunehmen pflegt; sie liegen auch weiter als die für die Sauerstoffausscheidung gewöhnlich angegebenen Werte. Im Rot erwähnt REINKE<sup>3)</sup> Blasenausscheidung bis zum Bezirk 750—700  $\mu\mu$ , ENGELMANN gelangt mit der Bakterienmethode bis 718  $\mu\mu$ . Im kurzwelligen Teil macht REINKE Angaben bis zum Bezirk 450—400  $\mu\mu$ , ENGELMANN bis G = 430,8  $\mu\mu$ . in einem Falle bis H = 396,9  $\mu\mu$ . Über Stärkebildung im Ultraviolett habe ich keine Angaben gefunden, und über Assimilation im Ultraviolett geben m. W. nur BONNIER u. MANGIN<sup>4)</sup> ein posi-

1) Über die Intensitätsverteilung vgl. EDER l. c. p. 642 u. EULER, Handb. d. biochem. Arbeitsmethoden VII, p. 612.

2) Die ganze Pflanze hatte trotz der Isolierung gelitten.

3) REINKE, Botan. Ztg. 42, 1884.

4) BONNIER et MANGIN, L'action chlorophyllienne dans l'obscurité ultraviolette. Compt. rend. 102, 1886, p. 123.

tives Resultat an. Sie bestimmten den Respirationsquotienten im Dunkeln und hinter Filtern, die ihrer Meinung nach nur Ultraviolett durchließen. Ob BONNIERS Filter (verre violet obscur oder verre argenté) den geforderten Bedingungen entsprochen haben, kann ich nicht entscheiden, da ich sie keiner Prüfung unterzog. Es ist aber zu bemerken, daß auch BONNIER von einer solchen Prüfung nichts erwähnt und damit ist für mich und die Physiker, die ich hierüber konsultierte, die Zuverlässigkeit dieser Filter fraglich. Zudem zeigt eine Durchsicht der Literatur<sup>1)</sup>, daß zuverlässige Ultraviolettfilter nicht leicht zu erhalten und wohl noch nicht sehr lange bekannt sind; auch dürfte man sich in dieser Hinsicht in letzter Zeit kaum so abgemüht haben, wenn schon 1886 eine brauchbare Lösung vorgelegen hätte. Übrigens bleibt nach BONNIER und MANGIN die Assimilation hinter der Atmung zurück<sup>2)</sup> und damit wäre also Stärkebildung ausgeschlossen. Die mannigfachen Angaben über chemische Wirkungen des Ultraviolett außerhalb des pflanzlichen Organismus sind z. T. (Bildung von Formaldehyd, Zucker) auch für die Pflanzenphysiologie von Interesse; sie lassen sich für die Assimilation aber nicht direkt verwerten, da die betr. ultravioletteichen Lichtquellen das Blatt in kurzer Zeit töten.

Wir schließen mit der folgenden Zusammenstellung:

Die gesamte kalorische Strahlung	
erstreckt sich von . . . .	100—60 000 $\mu\mu$ = ca. 9 Oktaven.
Die auf die Erdoberfl. fallende	
Sonnenstrahlung . . . .	ca. 300— 5 000 $\mu\mu$ = ca. 4 Oktaven,
(wenn wir von dem schwachen	
längerwelligem Infrarot absehen)	
Sichtbar ist der Bezirk <sup>3)</sup> . . . .	400— 760 $\mu\mu$ = ca. 1 Oktave,
Stärkebildung wurde beobachtet	
zwischen . . . . .	ca. 330— 760 $\mu\mu$ = ca. 1 $\frac{1}{6}$ Okt.

Unsere Methode hat den Vorzug, daß sie ähnlich wie die photographische Platte die Lichtwirkungen bis zu einem gewissen Grade summiert, so daß auch sehr schwache Wirkungen bei genügender Exposition sichtbar werden können.

Ist nun mit 330  $\mu\mu$  die äußerste Grenze der Stärkebildung erreicht? Zur Entscheidung dieser Frage reichen meine Versuche

1) Vgl. spez. LEHMANN l. c.

2) Vgl. auch PFEFFER, Pflanz. phys 1, p. 331.

3) KAYSER l. c. I, p. 599 bemerkt, daß die Grenzwerte 400 u. 760  $\mu\mu$  für den sichtbaren Teil sehr intensives Licht und sehr weiße Gläser voraussetzen.

nicht aus. Sicher ist nur, daß man auch mit den ultraviolett-reichsten Lichtquellen sehr viel weiter nicht mehr kommen kann, denn bald unter 300  $\mu\mu$  fangen die Strahlen an schädigend bis tötend auf das Plasma einzuwirken. Dagegen geben meine Spektrogramme mit der Sonne sicher nicht das erreichbare Maximum. Einmal erfolgten meine Versuche im Herbst, während Juni der zweckmäßigste Monat ist. Ferner wurde gerade das ultraviolett-reichste Licht um die Mittagszeit (um Mittag reicht das Spektrum der Sonne nach CORNU bis 295, um 5<sup>h</sup> 14 bis 315  $\mu\mu$ ) nur ganz unvollständig ausgenützt. Endlich ließ auch der Heliostatenspiegel zu wünschen übrig. Nach EDER (l. c. p. 638) reicht das Sonnenspektrum im Quarzspektrographen bei klarem Sonnenschein bis ca. 310  $\mu\mu$ , was offenbar für die Ebene gemeint ist. Auf dem Riffelhaus (2570 m) kam CORNU bis 294,3  $\mu\mu$  und SIMONY auf dem Pic von Teneriffa (3700 m) bis 292,2  $\mu\mu$ . CORNU schließt, daß für je 600—900 m Erhebung das Spektrum um ca. 0,5  $\mu\mu$  länger werde. Daneben ist vielleicht auch die Natur der Pflanze von Bedeutung, wie ja z. B. der dem menschlichen Auge sichtbare Bezirk bei verschiedenen Beobachtern etwas schwankt. Meine Angaben beziehen sich auf *Phaseolus*, und es dürfte eine eventuelle Verschiebung der Grenze weiter ins Ultraviolett am ehesten bei Alpenpflanzen zu erwarten sein<sup>1)</sup>. Offenbar sind die grünen Blätter auch insofern der Sonnenstrahlung angepaßt, als jedenfalls der größte Teil des betreffenden Ultraviolett assimilatorisch wirksam ist, während noch kürzere Wellen bald den Tod herbeiführen. Der bei zu intensiver Insolation eintretende Lichttod ist, wie wir

---

1) Zu berücksichtigen ist noch folgendes. Wenn im *Phaseolus*blatt z. B.  $\lambda$  318  $\mu\mu$  keine Stärke erzeugt, so beweist das noch nicht, daß die *Phaseolus*-Chromatophoren mit  $\lambda$  318 keine Stärke bilden können. Die Strahlen müssen je bevor sie in die Chlorophyllkörner gelangen können mindestens die Epidermis passieren. Die Absorption durch die Epidermis fällt um so mehr in Betracht, je geringer die Intensität der auffallenden  $\lambda$  318 und je größer der Absorptionskoeffizient für  $\lambda$  318 ist. Noch LANGLEY nimmt die Intensität der ultravioletten Sonnenstrahlung mit der Kürze der Wellen mehr und mehr ab und umgekehrt nimmt die Absorption von Eiweiß und wohl auch von Plasma mit Abnahme der Wellenlänge zu (HENRI, C. R., 1912, II, p. 315). Das Verhalten von Zelluloseacetat u. Viscose (HENRI l. c.) sowie das Verschwinden der Holzreaktion legt die Vermutung nahe, daß auch die Zellwände Ultraviolett absorbieren dürften. Nach AMBRONN u. KÖHLER (STAHL, Biologie des Chlorophylls p. 89) absorbiert die Kutikula das Ultraviolett stark und bei gewissen Pflanzen auch Blau und Violett. Für den Zellsaft ist das Wasser in dieser Hinsicht bedeutungslos, dagegen können die gelösten Substanzen ev. eine Rolle spielen (vgl. HARFLEY in KAYSER).

später sehen werden, keine Folge der ultravioletten, sondern hauptsächlich der BC-Strahlen.

Daß im Infrarot keine Stärke gebildet wird, obschon beim Prismenspektrum das Maximum der Energie ins Infrarot fällt, kann seinen Grund haben 1. darin, daß gar kein Infrarot ins Chlorophyllkorn gelangt, indem es vorher, absorbiert wird, 2. darin, daß das Chlorophyllkorn kein Infrarot absorbiert, 3. darin, daß das Chlorophyllkorn infrarote Strahlen zwar absorbiert aber nicht zur Assimilation verwenden kann. Wenn auch die Absorption der verschiedenen Zellbestandteile für Infrarot nicht bekannt ist, so folgt doch aus den bolometrischen Messungen von ENGELMANN<sup>1)</sup>, DONATH<sup>2)</sup> und ASCHKINASS<sup>3)</sup>, daß Infrarot ins Chlorophyllkorn gelangt. DONATH zeigte, daß Chlorophyll das Infrarot absorbiert. Wenn er auch den maximalen Wert von 40 pCt. als unsicher bezeichnet, so kommen doch Absorptionen von 2—8 pCt. häufig vor. Beispielsweise sei erwähnt, daß bei  $\lambda$  751 die Absorption und die auffallende Energie kleiner sind als im benachbarten Infrarot. Obschon also in diesem Infrarot mehr Energie absorbiert wird als bei  $\lambda$  751, wird doch bei  $\lambda$  751 Stärke gebildet, im Infrarot aber nicht. Es bleibt somit zur Erklärung nur die dritte Möglichkeit übrig. Erwähnenswert ist in diesem Zusammenhang die besonders von ABNEY studierte Erscheinung, daß das Infrarot eine vorherige Belichtung der Platte aufheben kann. Es beruht das (KAYSER I, p. 615) darauf, daß die langen Wellen oxydieren, während die kurzen umgekehrt reduzierend wirken. Sollte für das Chlorophyllkorn ähnliches gelten, so wäre die Untätigkeit des Ultrarot im Assimilationsprozeß dem Verständnis näher gerückt. Jedenfalls ist die Förderung der Atmung und der Diastasetätigkeit durch die langwelligen infraroten Wärmestrahlen eine bekannte Tatsache.

Über die Abhängigkeit der Grenzwerte von der Expositionsdauer und der Natur der Lichtquelle vgl. Abschnitt 5.

### 3. Zur Frage der Maxima.

Spektrogramme, bei denen eine Bogenlampe als Lichtquelle diente, zeigten 2 oder 3 Maxima (vgl. Spektrogramm 35, Kurve 35; häufig fehlt das Nebenmaximum zw. G und h, was die Zahl der Maxima auf zwei reduziert) was an ENGELMANNs Kurve oder an den früher behaupteten Parallelismus mit dem Absorptionsspektrum erinnert. Indessen traten

1) ENGELMANN, Botan. Zeitg. 1888.

2) DONATH, Bolometrische Unters. über Absorptionsspektren fluoreszierender Substanzen u. äther. Öle. Wied. Ann. 58, 1896, p. 609.

3) Vgl. KAYSER I. c. III, p. 396.

diese Nebenmaxima weder in der Osramlampe noch im Sonnenlicht auf, obschon ich die Expositionsdauer von Bruchteilen einer Stunde bis zu  $9\frac{1}{2}$  Stunden (Sonne) u. 48 Stunden (Osram) sukzessive gesteigert habe; sie müssen also für den Bogen charakteristisch sein.<sup>1)</sup> Die Lage der Nebenmaxima zeigt auch auf den ersten Blick, daß sie nicht mit Absorptionsbändern des lebenden Blattes zusammenfallen; dagegen koinzidieren sie mit Cyanbanden des Kohlenbogens. Bekanntlich zeigt das Spektrum der Bogenlampe bei gewöhnlichen Kohlen (nicht Effektkohlen) neben dem kontinuierlichen Spektrum noch die Cyanbänder. Cyanband 461—455  $\mu\mu$  zw. F u. G ist relativ lichtarm; sehr hell sind dagegen das violette Band zw. G u. h (422—416  $\mu\mu$ ) und das ultraviolette zw. L u. M (388—386  $\mu\mu$ ); ein weiteres Band (359—358) liegt schon in jenem Bezirk, der durch manche Gläser stark geschwächt wird und so erklärt sich sein Fehlen in meinen Glasspektrogrammen. Das Fehlen in andern Lichtquellen und diese Koinzidenz mit den Cyanbändern zeigt zweifellos, daß letztere die Ursache der Nebenmaxima sind.

Die Lage des Hauptmaximums ist mit unserer Methode am besten durch jene Stelle zu präzisieren, an der die Stärkebildung beginnt. Es ist das bei allen 3 Lichtquellen im Prismenspektrum des Bezirk BC (Nr. 91, 88, 104). Das Gitterspektrogramm verhält sich gleich — trotz der anderen Energieverteilung —, was ich direkt für die Osramlampe (Nr. 93) und indirekt für die Sonne (Nr. 74) ermittelte. Diese Tatsache hätte man jedenfalls nicht erwartet auf Grund der Darstellung, wie sie z. B. auch von JOST (p. 167) gegeben wird. Da ENGELMANN die primäre Kurve mit dem Maximum bei BC nur auf der Vorderseite der *Cladophorazelle* fand, während auf der Rückseite das Maxima jenseits D lag, so hätte man in dickeren Pflanzenteilen, wie dem Blatt, erst recht eine solche Verschiebung vermutet. Die Spektrogramme ließen aber auf der Ober- und Unterseite der Blätter keine derartigen Differenzen erkennen. Um weiteren Aufschluß zu erhalten, stellte ich vor den Spalt eine oft erneuerte alkoholische Chlorophylllösung in planparallelem Glasgefäß. An Stelle des früheren Stärkemaximums bei BC fand sich jetzt deutlich ein Minimum (Nr. 43, 59). Jetzt war auch ein Maximum gegen Gelb verschoben; doch ließen sich mehrere Maxima erkennen und das Hauptmaximum scheint am linken Ende von BC zu liegen (vgl. vorige Num-

---

1) Als einzige Ausnahme wäre ein Solarisationsspektrogramm (Nr. 81, nicht reproduziert) zu erwähnen, in welchem ein stärkearmes Band außer bei BC auch bei F vorhanden war. Bei den stets vorhandenen individuellen Verschiedenheiten ist einem solchen einmaligen Vorkommenis (unter ca. 100 Spektrogrammen) keine Bedeutung beizumessen.

mern und besonders 39). Die aus dem Absorptionsspektrum gezogene Folgerung stimmt also wohl für die vorgeschaltete Chlorophyllösung, sie stimmt aber nicht für das Bohnenblatt.<sup>1)</sup> Der Grund kann offenbar nur der sein, daß die BC-Strahlen von den oberen Chlorophylllagen des Bohnenblattes nicht so stark absorbiert werden, als man nach obigem hätte glauben können. Nach JOST (l. c. p. 166) werden in einem gewöhnlichen Laubblatt „schon die obersten Chlorophyllschichten alles Licht von der Wellenlänge ca. 660 absorbieren und die darunter liegenden Teile des Blattes befinden sich in Dunkelheit.“ Daß in einem Blatte die Absorption nicht so bedeutend ist, wie man bisher annahm, zeigt auch die später zu erwähnende Stärkebildung hinter einem Blatt.

#### 4. Die Solarisation.

Stellen wir ein entstärktes Blatt, das gesund und an der Pflanze inseriert ist, am Morgen in die Sonne, so wird im Laufe des Tages mehr und mehr Stärke gebildet. Daß nun die Stärkemenge pro Flächeneinheit bzw. die mit Jodlösung erfolgende Schwärzung ein gewisses Maximum nicht überschreiten wird, ist ohne weiteres klar. Diese maximale Schwärzung wird aber nicht beibehalten, sondern nimmt trotz andauernder Belichtung wieder ab um zuletzt zu verschwinden. Als Beispiel sei ein Fiederblatt von *Phaseolus* erwähnt, das in einem Rahmen Anfangs Oktober der Sonne exponiert und immer annähernd senkrecht auf den einfallenden Strahlen gehalten wurde. Nach 5stündiger Exposition zeigte eine Blattprobe starke Schwärzung; da jedoch die etwas beschatteten Randpartien die intensivste Stärkereaktion gaben, war das Maxima bereits überschritten. Spätere Proben ergaben immer weniger Stärke. Nach 8 $\frac{1}{2}$  stündiger Exposition war die Reaktion nur noch schwach mit Ausnahme der etwas beschatteten Randpartien. Diese Erscheinung erinnert an das in der Photographie bekannte Solarisationsphänomen; ich habe daher auch dieselbe Bezeichnung angewendet. Sie ist aber, gleich der photographischen Solarisation, durchaus nicht auf die Sonne beschränkt. Schwaches Bogenlicht, das mit einer Zylinderlinse auf ein Blatt geworfen wurde, ergab z. B. eine Zunahme der Schwärzung bis zu ca. 12stündiger Exposition und darauf Abnahme.

Um die Wirkung der verschiedenen  $\lambda$  kennen zu lernen, läßt man ein möglichst intensives Spektrum auf das Blatt fallen (Prisma Kondensator, nicht zu enger Spalt). Sonne, Bogen- und Osramlicht

1) Eine Verschiebung gegen D tritt, wie wir später sehen werden bei der Solarisation ein, aber aus einem ganz andern Grunde.

zeigten im Prinzip dasselbe: im Bezirk BC, wo die Schwärzung begonnen hatte, ging sie auch zuerst wieder zurück. Je schwächer die Lichtquelle ist, um so später tritt *et. par.* die Solarisation auf. Unter den in den betreffenden Versuchen gerade realisierten Bedingungen habe ich in der Sonne deutliche Entstärkung bei BC schon nach 4—5 Stunden beobachtet. Im Bogenlicht fand ich den Anfang nach 5—6 Stunden, deutliche Solarisation nach 9—10 Stunden (Nr. 53). Im Osramlicht war nach 24 Stunden noch keine Solarisation sichtbar, sehr ausgesprochen aber nach 48 Stunden (Nr. 47). Durch Änderung von Spaltweite und Kondensor lassen sich diese Zahlen natürlich innerhalb weiter Grenzen variieren. Bei steigender Lichtmenge greift die Solarisation immer weiter nach kürzeren Wellen, so sah ich sie bei 9stündiger Insolation bis gegen F vordringen (Nr. 78); dagegen scheint sie sich gegen das Infrarot nicht wesentlich auszudehnen. Im lichtschwächeren Gitterspektrum ist die Erscheinung natürlich schwieriger zu erhalten, doch war sie auch hier nach 8 $\frac{1}{2}$ stündiger Besonnung deutlich sichtbar, und zwar an derselben Stelle wie im Prismenspektrum (Nr. 74). Auch auf der photographischen Platte tritt Solarisation zuerst an der Stelle der Maximalwirkung auf, also bei Jodsilberplatten im Sonnenspektrum zuerst im Blau und Violett (EDER l. c. 305).

Wir kommen zur Erklärung. Das Nachlassen bis völlige Verschwinden der Schwärzung beweist, daß nachweisbare Stärkebildung, trotz gleichbleibender Beleuchtung, aufgehört hat, während die Auflösung weiter ging. Die Chlorophyllkörner hatten also ihre assimilatorische Tätigkeit ganz oder zum größten Teil eingestellt. Dabei waren — falls die Lichtintensität nicht zu groß — Chlorophyllkörner und Zellen am Leben geblieben, denn die Palisaden zeigten im solarisierten Zustande deutliche Plasmolyse und Deplasmolyse, und das solarisierte Blatt vermochte nach der Nachtruhe wieder zu assimilieren und Stärke zu bilden. Das Aussetzen der Jodreaktion war also die Folge der Inaktivierung der Chloroplasten, die, wie das Solarisationsspektrogramm zeigt, zuerst durch die BC-Strahlen hervorgerufen wird. Es dürfte das mit der starken Absorption, der großen Intensität und der reichen Stärkeanhäufung im BC-Bezirk zusammenhängen. Vielleicht spielt auch die mit der Assimilation verbundene O-Produktion eine Rolle, denn nach PRINGSHEIM<sup>1)</sup> bleibt der Lichttod — der bei zu intensiver Strahlung auf die Inaktivierung folgt, — in H oder einem Gemenge von H und

---

1) N. PRINGSHEIM, Über Lichtwirkung und Chlorophyllfunktion in der Pflanze. Jahrb. f. wiss. Bot. 12, 1879—1881.

CO<sub>2</sub> aus. In diesem Zusammenhange sei erwähnt, daß auch die photographische Solarisation unter dem Einflusse von Oxydationsmitteln besonders stark ist und in einer H- oder N-Atmosphäre ausbleibt (EDER I 3 p. 307). Vielleicht geht mit der Hemmung der Stärkebildung eine Förderung der Stärkelösung Hand in Hand, doch wurde dies nicht näher geprüft; jedenfalls könnte die Erhöhung der Temperatur, die ja bei intensiver Insolation eintritt, in diesem Sinne wirken.

Ist das Licht zu stark, so wird das Chlorophyll zerstört und die Zellen sterben ab. Sowohl mit der Sonne wie mit künstlichen Lichtquellen ist dieses Stadium je nach der Konzentration verschieden rasch zu erreichen. Es beginnt wiederum bei BC und schreitet, soweit meine Beobachtungen im Prismenspektrum zeigen immer weiter gegen Blau vor.<sup>1)</sup> An den gebleichten Stellen versagte die Jodreaktion; was nach dem bereits Mitgeteilten auch zu erwarten war.

### 5. Die Schwärzungskurve.

Das Prismenspektrum kann kein richtiges Bild vom Gesamtverlauf der Schwärzungskurve geben, da die Dispersion gegen die kürzeren Wellen zunimmt. Dagegen liefert das Gitter ein Normalspektrum und ist daher stets zum Studium der Assimilationskurve empfohlen worden. In der Praxis stellte sich dann allerdings die Lichtintensität als so schwach heraus, daß alle bisherigen Versuche meines Wissens erfolglos geblieben sind. Dieses Hindernis ist jetzt überwunden; damit sind aber alle Schwierigkeiten noch lange nicht beseitigt. Bei den Beugungsspektren ist die Ablenkung allerdings angenähert proportional der Wellenlänge; ein Thermometer durch ein Normalspektrum hindurchbewegt, fängt ein Strahlenbündel auf, dessen Breite überall derselben Wellenlängendifferenz entspricht. Theoretisch gibt daher das Gitterspektrum zweifellos die richtige Energieverteilung. Es dürfte aber nicht überflüssig sein auf einen Punkt hinzuweisen, den ich in der botanischen Literatur nicht erwähnt fand. Die Gitter, mit denen wir praktisch arbeiten, sind trotz der großen Fortschritte durchaus nicht fehlerfrei. EDER (l. c. p. 57) arbeitete mit einem Gitter, in dem das Blau im Spektrum 2ter Ordnung viel

1) Eine besonders starke Wirkung bei  $\lambda$  450—410, wie sie REINKE (Bot. Ztg, 43, 1885) mit dem Spektrophor in alkohol Chlorophylllösung beobachtete, fand ich nicht, doch schenkte ich diesem Punkte keine weitere Aufmerksamkeit, auch war die Versuchsanordnung in wesentlichen Dingen — z. B. der Energieverteilung im Spektrum — verschieden.

heller ist als im Spektrum 1 ter Ordnung. KAYSER (l. c. I. p. 429) wohl die erste Autorität auf diesem Gebiete schreibt über die Intensitätsverteilung im Gitterspektrum: „Auch innerhalb jedes einzelnen Spektrums kann sie sich ganz beliebig ändern, so daß einzelne Teile des Spektrums viel schwächer werden oder sogar ganz fehlen. Diese Wirkung wird durch die Art der Furchen, durch ihre Gestalt hervorgebracht“. Bei Erwähnung einer Arbeit von PASCHEN, der mittels Bolometer die Intensitätskurven im Gitterspektrum von glühenden festen Körpern untersuchte, bemerkt KAYSER (p. 447) „Er benutzte 2 Gitter von ROWLAND und 2 Gitter von NOBERT, aber alle gaben ganz verschiedene Kurven, die zeigten, daß Intensitätsmessungen mittels Gitterspektren, wenn man sich nicht auf benachbarte Stellen der Spektren beschränkt, ganz wertlos sind. Die Kurven geben viel eher ein Charakteristikum für die Beschaffenheit der Gitterfurchen, als für die Intensitätsverteilung im Spektrum des glühenden Körpers“. Und später: „Auch EDER und VALENTA berichten über Unregelmäßigkeiten der Intensitätsverteilung“. Wenn auch der Pflanzenphysiologe nicht immer so hohe Anforderungen stellen muß wie der Physiker, so folgt hieraus doch, daß beim Arbeiten im Gitterspektrum Vorsicht geboten ist. Am besten wird man sich vor Irrtümern schützen, durch Anwendung verschiedener Methoden: Benützung mehrerer Gitter, Reduktion der prismatischen Kurve auf das Normalspektrum. Wenn kein kontinuierliches Spektrum verlangt wird, leistet ein gut konstruiertes Spektrophor vorzügliche Dienste.

Um die Schwärzungskurve konstruieren zu können, muß die Intensität der Schwärzung gemessen werden. Für das Photometrieren von Spektrogrammen auf photographischen Platten sind besondere Apparate (Schwärmungsmesser, Mikrophotometer) konstruiert worden. Indessen ist diese Aufgabe schon für die relativ homogene photographische Platte nicht so einfach und gestaltet sich daher für das Blatt noch schwieriger. Nach orientierenden Versuchen mit einem — allerdings nicht für Spektrogramme gebauten — Schwärmungsmesser, zog ich es vor die Schwärzung mit Hilfe einer Skala aus 7 Tönen zu schätzen. Sie war hergestellt aus einem hellgrauen Gelatinestreifen, der in 1 bis 7 facher Lage eine stufenweise zunehmende Schwärzung lieferte. Zu bemerken ist noch, daß unter scheinbar denselben äußeren Bedingungen die Kurven verschiedener Blätter derselben Spezies nicht genau sich decken, indem die Schwärzung in verschiedenen Fällen etwas verschieden weit vorgeschritten ist. Einmal ist es eben nicht so leicht die Beleuchtung 8 und mehr Stunden lang in 2 aufeinander-

folgenden Versuchen genau gleich zu halten und dann mögen auch Unterschiede in Temperatur, Wassergehalt, Entwicklungsstadium der Blätter mitgespielt haben. Auf den Charakter der Kurve hat das keinen Einfluß, sondern nur auf die Angaben über die Expositionsdauer, die einzig zur ungefähren Orientierung beigefügt wurden (siehe d. Tafel mit d. Spektrogrammen) und natürlich auch von Spaltweite, Bewölkung usw. stark abhängen. Unter den vorliegenden Spektrogrammen wurde die Auswahl zur Reproduktion so getroffen, daß dadurch ein übersichtliches Bild der Gesamterscheinung ermöglicht wird.

Aus Spektrogrammen und Schwärzungskurven ist nun folgendes zu ersehen:

Der Bezirk innerhalb welchem Stärke gebildet wird, hängt ab von der Länge der Exposition und der Natur der Lichtquelle. Im Osram-, Bogen- und Sonnenlicht beginnt die Schwärzung im Prismen- und Gitterspektrum bei BC; sie dehnt sich bei zunehmender Exposition aus und zwar schwach gegen die langen, stark gegen die kurzen Wellen. (Vgl. Nr. 91, 20, 47; 88, 35, 53; 104, 61, 78)

Bei gleich langer Exposition hängt die Lage besonders der violetten Grenze von der Natur der Lichtquelle ab. Wenn die Temperatur der Lichtquelle steigt, so wächst die Energie aller, besonders aber der kürzeren Wellen und das Energiemaximum rückt daher immer mehr gegen die stärker brechbare Seite:

	Lage des Energiemaximums	Maximale Temperatur
Sonne	500 $\mu\mu$	5880
Bogen	700 $\mu\mu$	4200
Nernst	1200 $\mu\mu$	2450

Dementsprechend erstreckt sich die Stärkebildung am wenigsten nach rechts im violettarmen Osramlicht; am weitesten geht sie — im scheinbaren Gegensatz zu unserer Tabelle — nicht in der Sonne, sondern im Bogen (vgl. Nr. 100), weil das Sonnenspektrum infolge Absorption der Atmosphäre nur bis ca. 300, das Bogenspektrum aber bis ca. 280 reicht. Hier sei auch erwähnt, daß ich mit dem Vollmond trotz 8stündiger Exposition (mit Heliostat) in einer klaren Oktobernacht, kein Spektrogramm erhielt. Übrigens trat auch im direkten, unzerlegten, ja selbst in dem durch Linse konzentrierten Mondlicht nach 8 Stunden keine Schwärzung ein.

Die Versuche waren jedoch wegen zu tiefer Lufttemperatur nicht eindeutig. Sie wurden daher im Dezember im warmen Zimmer wiederholt, abermals mit negativem Resultat; die Bestrahlung konnte hier nur 5 Stunden lang dauern. Hierzu ist zu bemerken, daß die Beleuchtungsstärke des Vollmondlichtes bei Zenitstand nur ca. 0,2 Lux beträgt, des gestirnten Nachthimmels ca. 0,0005 Lux, des Sonnenlichtes bei Zenitstand ca. 100,000 Lux, bei einer Sonnenhöhe von  $30^{\circ}$  immer noch ca. 65—70,000 Lux; selbst der blaue Himmel beleuchtet bei Sonnenuntergang eine horizontale Fläche mit ca. 2000 Lux. Da nach LANGLEY (Phil. Mag. 26, 1888 p. 505) das Maximum der Mondstrahlung weit im Infrarot liegt, so müßte in einem bei ausreichender Konzentration erhaltenen Spektrogramm die Stärkebildung gegen Blau rasch abnehmen.

Betrachten wir nun den Gesamtverlauf der Schwärzungskurve, so dürfen wir nicht außer acht lassen, daß wir mit unserer Skala die Schwärzung nicht genau messen, sondern nur schätzen können. Vor der Solarisation steigt die Kurve vom roten Ende aus steil an und verläuft dann etwa von B an eine gewisse Strecke annähernd horizontal. Diese horizontale Partie nimmt zu mit der Expositionsdauer und dem Gehalt der Lichtquelle an kurzwelligem Strahlen. Dann fällt die Kurve allmählich gegen die violette Grenze hin. Abweichend verhält sich nur das Bogenspektrogramm, das auf dem absteigenden Ast gewöhnlich 1—2 Nebenmaxima aufweist, die, den Cyanbändern ihre Entstehung verdanken. Nach der Solarisation reicht die Kurve noch weiter nach rechts und bei BC bildet sich eine Einsenkung (Nr. 47), die immer tiefer und breiter wird (Nr. 53 u. 78). Es ist also zweifellos nicht nur in allen Teilen des sichtbaren, sondern auch in einem bedeutenden ultravioletten Bezirk reiche Stärkebildung möglich.

Trotz aller Mängel sind die Kurven ferner zuverlässig genug, um zu zeigen, daß die Ordinaten im Blau ebenso lang werden können, wie im Rot. Das ergibt schon das lichtschwache Glasgitter (Nr. 74), noch deutlicher demonstrieren es die lichtstärkeren Prismen (Nr. 61), besonders wenn die gesamte Optik aus Quarz besteht (Nr. 81, 100). Dabei sind die prismatischen Kurven nicht einmal auf das Normalspektrum reduziert und es muß das Resultat natürlich noch viel augenfälliger werden, wenn wir uns diese unerläßliche Korrektur ausgeführt denken. (Das kann nur ungefähr geschehen, da zu einer genauen Reduktion die Beziehung zwischen Lichtintensität und Assimilation besser bekannt sein müßte.) Vergleichen wir noch die gesamte Stärkebildung links von F mit derjenigen rechts von F, so folgt, daß unterhalb einer gewissen

Exposition rechts von F keine Stärke erzeugt wird, daß dann mit zunehmender Lichtmenge die Stärke rechts von F immer reichlicher wird, daß in einem gewissen Stadium die beiden Stärkemengen gleich sind und daß später (Nr. 78, 100) rechts von F sogar mehr Stärke vorhanden ist. Wenn also TIMIRIAZEFF mitteilt, daß die Schwärzung in der gelben, zur Schwärzung in der blauen Hälfte sich verhält wie 100 : 54, so ist das ein Zufallsresultat.

Besonderes Interesse verdienen noch die Kurven 61 (ca. 5 Stunden direkte Sonne), 54 (ca.  $9\frac{1}{2}$  Stunden weiße Wolken) und 81 (ca. 9 Stunden blaues Himmelslicht). Sie zeigen, daß cet. par. die relative Stärkeproduktion durch Blau und Violett sich verhält: blauer Himmel > weiße Wolken > direkte Sonne.

Dies deckt sich mit den Angaben von KÖTTGEN<sup>1)</sup>, wonach die relative Helligkeit von Blau und Violett ebenfalls für blauen Himmel > weiße Wolken > direkte Sonne.

Auffallend ist, daß das Schwärzungsmaximum in Sonne, Bogen- und Osramlicht annähernd an derselben Stelle liegt. Denn da für ein bestimmtes Blatt die inneren Faktoren (wie Absorptionsverhältnisse usw.) gegeben sind, muß die Lage des Schwärzungsmaximums von der Lage des Energiemaximums der betr. Lichtquelle abhängen. Nun liegt dieses Energiemaximum im Normalspektrum an folgenden Stellen: für die durch die Atmosphäre getretenen Sonnenstrahlen bei hohem Sonnenstand (nach LANLEY) bei  $600\ \mu\mu$ , für die Bogenlampe (KAYSER II 132) bei  $700\ \mu\mu$ , für die Nernstlampe (die der benutzten Osramlampe wohl am nächsten kommen dürfte) bei  $1200\ \mu\mu$ . Daß trotzdem das Schwärzungsmaximum im Bogen- und besonders im Osramlicht nicht wesentlich<sup>2)</sup> weiter links liegt als in der Sonne, beruht offenbar auf dem rapiden Fallen der Absorptionskurve links von B, so daß das Maximum der absorbierten assimilatorisch wirksamen Energie doch annähernd an derselben Stelle bleibt. Ähnliche Ursachen dürften bedingen, daß das Stärkemaximum in Prisma und Gitter auf BC fällt (Nr. 91 und 93; 104 und 74), obschon das Energiemaximum der gleichen Lichtquelle in Prisma und Gitter eine ganz andere Lage hat.<sup>3)</sup>

1) E. KÖTTGEN, Unters. d. spectralen Zusammensetzg. versch. Lichtquellen. Wied. Ann. 53, 1894, p. 809.

2) Zum sicheren Nachweis geringer Differenzen waren meine Spektrogramme zu kurz.

3) Die Differenzen zwischen der bolometrischen (DONATH) und der photometrischen Absorptionskurve bedürfen einer Prüfung und Aufklärung.

## 6. Stärkebildung in anderen Blättern.

*Impatiens* gab in einigen orientierenden Versuchen ähnliche Resultate wie *Phaseolus*. Bei *Tropaeolum* waren die Versuchspflanzen wenig geeignet. Erwähnung verdienen noch einige Experimente mit roten *Coleus*blättern. Die Schwärzung blieb hier weder an Intensität noch an Ausdehnung hinter *Phaseolus* zurück und deckte sich durchaus mit dem kräftigen Wuchs unserer Exemplare. Sie war nach 3<sup>1</sup>/<sub>2</sub>stündiger Osrambelichtung bis über F, nach 9<sup>1</sup>/<sub>2</sub>stündiger Bogenbelichtung bis deutlich ins Ultraviolett vorgedrungen. Da der rote Zellsaft nach ENGELMANN<sup>1)</sup> besonders das Grün absorbiert, ist hier eine relativ geringere Schwärzung zu erwarten. Das scheint auch der Fall zu sein, doch sind diese Versuche zu spärlich, um für die Beurteilung solcher Differenzen eine sichere Grundlage zu bieten. Im großen und ganzen zeigt die Kurve jedenfalls den bekannten Verlauf.

## 7. Stärkebildung hinter einem Blatt.

CZAPEK, der in der neuen Auflage seiner Biochemie den heutigen Stand unserer Kenntnisse darlegt, schreibt über diesen Punkt (p. 535): „daß das Licht nach seinem Durchtritt durch ein Blatt bereits so geschwächt ist, daß keine Stärkebildung in dem bedeckten Blatte mehr zustande kommt.“ Die Untersuchungen von NAGAMATZ<sup>2)</sup>, auf die sich diese Angaben beziehen, wurden unter der Leitung von SACHS auf folgende Weise ausgeführt. Das obere Blatt wurde mit dem untern „so zusammengekoppelt, daß es einige Zentimeter hoch über ihm schwebte und daß das Versuchsblatt vollkommen durch jenes beschattet wurde, wobei nur wenig Licht von den Seiten her auf die untersuchte Blattfläche treffen konnte.“ „Das Gesamtergebnis war nun, daß, wenn der Versuch früh morgens mit stärkefreien Blättern begann, und mehrere Stunden andauerte, das obere direkt beleuchtete Blatt reichlich Stärke bildete, während das untere (halbe) Blatt keine Stärke erzeugte.“ Die Protokolle zeigen, daß die Einzelversuche ebensolange, z. T. noch länger dauerten, als bei meinen Experimenten. Sie erfolgten ferner im Mai und Ende April, wo die Beleuchtungsverhältnisse im allgemeinen günstiger sind als zu meiner Versuchszeit (Oktober). Während ich die Resultate in keiner Weise anzweifle, muß ich die Schlußfolgerungen als falsch

1) ENGELMANN, Botan. Ztg. 45, 1887.

2) Arbeiten d. bot. Inst. Würzburg 3, 1887, p. 399, vgl. auch PFEFFER, Pfl. physiol. I, p. 329.

bezeichnen. Sie lauten: „Da die mikrometrische Messung ergab, daß keines der Blätter im Mesophyll dicker als 0,2 mm war, von welcher Ziffer nun noch die Dicke der beiden Epidermen abzurechnen ist, so ergibt sich, daß eine chlorophyllhaltige Gewebeschicht des Mesophylls von weniger als 0,2 mm Dicke im Stande ist, die Assimilationskraft der Sonnenstrahlen vollständig zu erschöpfen.“ Einleitend wird bemerkt, daß SACHS schon früher aus dem Umstande, daß die chlorophyllführenden Zellschichten nie dicker als 0,1–0,2 mm sind, den Schluß zog, es müßten so dünne chlorophyllhaltige Gewebeschichten die Assimilationskraft des auffallenden Sonnenlichtes vollständig erschöpfen.

Wie ich früher<sup>1)</sup> gezeigt habe, wird ein Blatt, das im Schatten eines anderen aufgestellt ist, *et. par.* von umso weniger Strahlen getroffen, je weiter es von diesem Blatte absteht. Es beruht das darauf, daß die auf das obere Blatt parallel auffallenden Strahlen beim Austritte aus der Spreite diffus geworden sind. NAGAMATZ konnte daher bei seiner Versuchsanordnung nur einen Bruchteil des durchgetretenen Lichtes ausnutzen. Um eine zuverlässige Antwort auf unsere Frage zu erhalten, muß man also die beiden entstärkten Blätter dicht aufeinander legen. Ich habe außerdem die Blätter (*Phaseols multijl.* an der Pflanze befindlich) so in einen lichtdichten Rahmen gespannt, daß das untere Blatt ausschließlich nur solche Strahlen erhalten konnte, die das obere passiert hatten. In Versuch 82 befanden sich die Blätter vor dem Fenster und wurden annähernd senkrecht auf die einfallenden Strahlen gehalten. In Versuch 87 befanden sie sich in fixer Lage im Innern des Zimmers hinter einem geschlossenen Südfenster, so daß die Sonnenstrahlen nur um die Mittagszeit die Spreite annähernd senkrecht trafen. In beiden Fällen bedeutet *s* das besonnte, *sch* das beschattete Blatt, *o* die Oberseite und *u* die Unterseite.

Die starke Schwärzung der beschatteten Spreite (siehe Tafel Versuch 82 und 87) beweist, daß bei *Phaseolus* die durchtretenden Strahlen zu einer intensiven Stärkebildung ausreichen. Besonders interessant ist Versuch 82. Einmal enthält hier die Oberseite des besonnten Blattes infolge Solarisation weniger Stärke als die Oberseite des beschatteten. Ferner ist das besonnte Blatt erst auf der Oberseite solarisiert, so daß die Unterseite noch sehr viel Stärke enthält. Auch bei dem beschatteten Blatt finden wir eine deutliche

1) A. URSPRUNG, Die physikal. Eigenschaften der Laubblätter. *Bibl. Bot.*, Heft 60, 1903, p. 61.

Differenz zwischen Ober- und Unterseite, aber aus einem andern Grunde. Hier war das Licht durch die Absorption so geschwächt, daß es die Unterseite nur zu einer mittleren Stärkemenge brachte. Starke Schwärzungsdifferenzen zwischen Ober- und Unterseite, von denen früher die Rede war, sind also sehr wohl möglich.

Um zu prüfen, welche  $\lambda$  hinter einem Blatt Stärke bilden, ließ ich auf das Blatt ein Spektrum fallen unter Einschaltung eines Gefäßes mit alkohol. Chlorophylllösung vor den Spalt. Noch besser wäre es gewesen, die Chlorophylllösung durch ein Blatt zu ersetzen oder das Spektrum auf 2 übereinander liegende Blätter zu werfen; ich habe jedoch in allerdings nur wenigen derartigen Versuchen im hinteren Blatt keine Stärke gefunden, da das Licht infolge der Zerstreung durch Prisma und Blatt zu schwach geworden war. Die Verwendung der Chlorophylllösung ist übrigens — wenn häufig erneuert — für diesen Zweck zulässig, weil die selektive Absorption hauptsächlich durch den Farbstoff bedingt ist. Das Resultat wurde schon früher erwähnt; es zeigt, daß die Schwärzungskurve im untern Blatt eine andere Gestalt haben muß als im obern. (Abb. Nr. 39, 43, 59.)

### 8. Schluß.

ENGELMANN stellte die Gleichung auf  $E_{\text{abs.}} = E_{\text{ass.}}$ , wonach die in Form von Licht verschwindende Energiemenge gleich ist der produzierten potentiellen chemischen Energie, unabhängig von der Wellenlänge und dem Chromophyll. Wollen wir diese Gleichung an Hand unserer Spektrogramme prüfen, so ist zunächst nochmals hervorzuheben, daß die Stärkeproduktion kein genaues Maß für die Assimilation sein kann, indem ja noch andere Stoffe entstehen und indem fortwährend auch Lösung erfolgt. Es hat übrigens schon ENGELMANN<sup>1)</sup> selbst hervorgehoben, daß die Gleichung nicht unbeschränkt gültig sein kann, denn ein gegebener Chloroplast vermag auch unter den besten Bedingungen die Assimilation nur bis zu einer bestimmten Grenze zu steigern. Dies wird, wie wir sehen, besonders deutlich durch die Solarisationserscheinungen demonstriert. Aber auch mit dieser Beschränkung erregt die Gleichung schon aus theoretischen Gründen Bedenken.

Die der Schwärzung zugrunde liegende Stärkebildung ist ein endothermer photochemischer Prozeß, der natürlich nur bei Ab-

1) ENGELMANN, Unters. über d. quantitativen Beziehungen zw. Absorption des Lichtes u. Assimilation in Pflanzenzellen. Bot. Ztg. **42**, 1884. Farbe u. Assimilation. Bot. Ztg. **41**, 1883. Zur Technik u. Kritik d. Bakterienmethode. Bot. Ztg. **44**, 1886.

sorption erfolgen kann. Es ist auch zweifellos richtig, daß nur solche Strahlen Assimilationsarbeit leisten können, die vom Blatt absorbiert werden. Aber der Satz läßt sich nicht umkehren, denn nicht alle Strahlen, die absorbiert werden, leisten chemische Arbeit. Das gilt nicht etwa nur für Chlorknallgas oder alkoholische Chlorophylllösung, sondern auch für das lebende Blatt. Von der auffallenden Energie wird ein Teil reflektiert, ein Teil absorbiert, ein Teil durchgelassen. Von der absorbierten Energie dient wiederum nur ein — bekanntlich kleiner — Bruchteil zur photochemischen Arbeitsleistung. Es darf also jedenfalls in obiger Gleichung unter  $E_{\text{abs}}$  nicht die gesamte vom Blatte absorbierte Energie verstanden werden, sondern nur der zur Assimilation verwendete Bruchteil. Wie groß nun die zur Assimilation benutzte Energie für verschiedene  $\lambda$  ist, wissen wir nicht. Wir sollten dazu für jedes  $\lambda$  kennen, 1. die zur Assimilation verwendete Energie in Prozenten der auffallenden, 2. die auffallende Energie. Wird z. B. von  $\lambda_1$  1 pCt. verwendet, von  $\lambda_2$  0,5 pCt., so kann trotzdem die zur Assimilation benützte Energie für  $\lambda_2 > \lambda_1$  sein; es braucht ja nur die auffallende Energie für  $\lambda_2$  etwa 100, für  $\lambda_1$  etwa 20 zu betragen. Ferner ist zu bedenken, daß die Energiekurve der wichtigsten Lichtquelle, der Sonne schwankt; bei niedrigem Sonnenstand liegt das Maximum nach LANLEY bei ca. 700, bei höherem Sonnenstand bei ca. 600. Nur unter Berücksichtigung aller dieser Umstände erhält man brauchbare Werte für die bei der Assimilationsarbeit direkt in Betracht fallende absorbierte Energie. Daß mit dieser, bis jetzt unbekannt, Absorptionskurve die Assimilationskurve sich deckt, ist aber wieder nicht wahrscheinlich. Denn auch der photochemisch unwirksame Rest der absorbierten Energie kann durch Erhöhung der Blattemperatur, Beeinflussung der Transpiration etc. für die Assimilation Bedeutung haben. Jedenfalls fehlen uns zurzeit die Grundlagen, um die Anpassung der Pflanze ans Licht in so weitgehendem Maße beurteilen zu können, wie ENGELMANN wollte.

Wenden wir uns von den Versuchen im Spektrum zu den Verhältnissen in der Natur, so ist bei der Übertragung der Resultate Vorsicht geboten. Unser Befund, daß das Ultraviolett der Sonne Assimilation bewirken kann, beweist z. B. nicht, daß das Ultraviolett an der Stärkebildung stets einen nennenswerten Anteil hat. Der Fall ist leicht denkbar, daß im direkten weißen Sonnenlicht durch die Tätigkeit der BC-Strahlen Solarisation eintritt, bevor das Ultraviolett zu bedeutender Wirkung gelangte. Dies wäre bei noch intensiverem Licht in Vers. 74 eingetroffen. Die Gitterspektrogramme zeigen, daß im direkten Sonnenlicht BC die führende

Rolle hat; dieser Bezirk entscheidet über den Beginn der Stärkebildung und der Solarisation; die Tätigkeit aller anderen Strahlen wird unterbrochen, sobald BC inaktivierend wirkt. Anders verhält es sich im diffusen Licht. Hier scheint BC mehr und mehr die dominierende Stellung zu verlieren. Die Stärkebildung scheint sich gleichmäßiger über das Spektrum zu verteilen (Kurve 54, 81) und damit kommt der Gesamtheit der Strahlen eine immer größere Bedeutung zu. Ob auch diffuses Tageslicht zu solarisieren vermag, entscheiden meine Versuche nicht, jedenfalls könnte die Erscheinung erst viel später eintreten.

Die aus unsern Experimenten sich ergebende Anpassung an die natürlichen Beleuchtungsverhältnisse läßt sich etwa folgendermaßen zusammenfassen. Von den auffallenden Strahlen vermögen Stärke zu bilden der ganze sichtbare Bezirk und jedenfalls der Hauptteil des verfügbaren Ultraviolett, während das Infrarot unwirksam ist. Das Blatt ist also so eingerichtet, daß der Teil des Ultraviolett, der in der Natur zur Verfügung steht, zur Assimilation nützlich sein kann, während der durch Absorption der Erdatmosphäre fern gehaltene Rest schädlich bis tödlich wirken würde. Senkrecht auffallendes, direktes Sonnenlicht wird nur wenige Stunden ausgenützt, da bald Solarisation eintritt. Die Pflanze erweist sich somit einer so intensiven Insolation nicht angepaßt. Das ist offenbar zweckmäßig; denn würde das Bohnenblatt erst nach 9stündiger stärkster Besonnung das Stärkemaximum zeigen, so könnte unter normalen Verhältnissen nur wenig assimiliert werden. Die Pflanze scheint so eingerichtet, daß sie die gewöhnliche Beleuchtung den ganzen Tag ausnützen und damit genügend Assimilate bilden kann, und daß andererseits ausnahmsweise starkes Licht kein nennenswertes Plus erzeugt, aber auch nicht schädlich wirkt. Was endlich die grüne Farbe des Laubblattes betrifft, so ist sie zwar nicht so gewählt, daß alle wirksamen Strahlen gleich viel Stärke bilden, aber die Wirkung der verschiedenen Wellen ist im diffusen Tageslicht jedenfalls gleichmäßiger als in der direkten Sonne. Erwähnenswert erscheint noch ein Umstand, den ich auch in STAHLs interessanter Chlorophyllarbeit nicht beachtet fand. Die Mengen weißen Lichtes, die eine Fläche reflektiert, hängen *et. par.* von der Färbung der Fläche ab. Nämlich<sup>1)</sup> weißes Papier = 1200, blaßgrünes = 300, gelbes = 150, dunkelgrünes = 100, rotes = 24, schwarzes = 15. Für eine Spreite, die auf solch reflektiertes Licht angewiesen ist, dürfte die grüne Farbe der umgebenden Blätter auch in diesem Sinne von Nutzen sein.

1) EDER l. c. p. 75.

## Erklärung der Tafel I.

B. Photographie eines Blattes (Versuch Nr. 1)  
mit Spektrogramm

Nr. 1: Liliputgleichstrombogenlampe, Spektroskop II mit Glasprisma, mit Kondensator, Belichtung 6 Stunden.

Nr. 1 a = 178 nat. Gr.; Nr. 1 b = 7,8 nat. Größe.

Der Einschnitt sollte natürlich feiner sein.

C. Photographie von je 2 übereinanderliegenden Blättern, die unter einer Schablone belichtet wurden.

Nr. 87: Zwei Blätter dicht aufeinander gelegt in lichtdichtem Rahmen mit rundem Ausschnitt. Das untere Blatt kann nur Licht erhalten, welches das obere passiert hat. Einen Tag hinter geschlossenem Südfenster in fixer Lage exponiert, so daß Sonnenstrahlen um die Mittagszeit annähernd senkrecht auftreffen konnten. s = direkt besonntes, oberes Blatt, sch = darunterliegendes Blatt, das also nur Licht erhielt, welches s passiert hatte. o besagt, daß von jedem Blatt die obere, dem Licht zugekehrte Seite photographiert wurde.

Nr. 82: Zwei Blätter dicht aufeinander gelegt in lichtdichtem Rahmen mit rechteckigem Ausschnitt. Im allgemeinen wie bei Nr. 87. Aber den ganzen Tag der Sonne nachgedreht, so daß die Strahlen stets annähernd senkrecht auffielen.

s = direkt besonntes, oberes Blatt.

sch = darunter liegendes Blatt, das nur Licht durch s erhielt.

o = obere, dem Licht zugekehrte Seite des Blattes.

u = untere, dem Licht abgewendete Seite des Blattes.

## 7. Adolf Sperlich: Jod, ein brauchbares mikrochemisches Reagens für Gerbstoffe, insbesondere zur Darstellung des Zusammenhanges der Verteilung von Gerbstoff und Stärke in pflanzlichen Geweben.

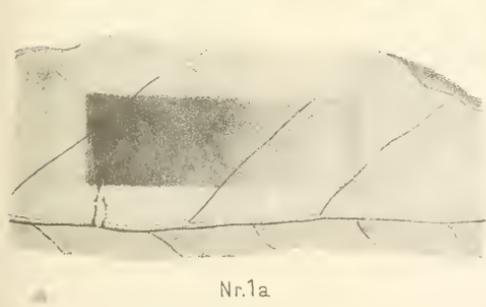
(Vorläufige Mitteilung.)

(Eingegangen am 25. 1. 1917.)

Bei Versuchen, die angestellt wurden, um zu wissen, ob Jod als solches an der Bildung der in Form und Farbe mannigfaltigen Ballungen, die regelmäßig in gerbstoffhaltigen Zellen bei Einführung von Organschnitten in Chlorzinkjod entstehen (der alten SANIOschen Gerbstoffreaktion<sup>1)</sup>), beteiligt ist oder nicht, ergab sich, daß freies Jod in Spuren ohne Schädigung des lebenden Plasmas in die Zelle dringen kann und die im Zellsafte gelösten Gerbstoffe zur allmählichen Bildung fester, nahezu unangreifbarer und gut gekennzeichnete Körper von verschieden getönter brauner

1) C. SANIO. Einige Bemerkungen über den Gerbstoff und seine Verbreitung bei den Holzpflanzen. Botan. Zeitung, 21. 1863, S. 17.

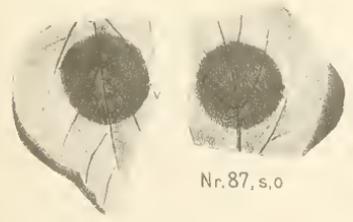
A a	B C	D	E b	F	G	h	HK	Nr.	Licht- quelle	Exposition in Std.		
								91	Osram	2	Glasprisma	
								20	Osram	24		
								47	Osram	48		
								88	Gl. Bogen	1/2		
								35	W. Bogen	12		
								53	Gl. Bogen	9 1/2		
								104	Sonne	13/4 Spalt sehr eng		
								54	Wolken	9 1/2		
								61	Sonne	ca. 5		
								78	Sonne	9		
								39	Osram	6	Chlorophyll	
								43	Osram	21	Chlorophyll	
								59	Gl. Bogen	9	Chlorophyll	
a	B	C	D	E b	F	G	h	HK	Nr.	Licht- quelle	Exposition in Std.	
								93	Osram	8	Gitter	
								45	Sonne	8		
								48	Sonne	9 1/2		
								66	Sonne	7		
								74	Sonne	8 1/2		



Nr. 82, sch, o



Nr. 82, s, o



Nr. 87, sch, o



## Berichtigungen.

- S. 1 Zeile 2 von oben lies „M. O. REINHARDT“ statt „R. KOLKWITZ“.  
S. 22 Zeile 3 von unten lies „gelblichgrün“ statt „gelbgrün“.  
S. 22 Zeile 4 von unten lies „anormalen“ statt „normalen“.  
S. 23 Zeile 20 von oben lies „im“ statt „in“.  
S. 24 Zeile 13 von unten lies „Individuum“ statt „Idividuum“.  
S. 25 Zeile 15 von unten lies „degressiver“ statt „regressiver“.  
S. 25 Zeile 22 von unten lies „degressive“ statt „regressive“.  
S. 26 Zeile 13 von unten lies „mutatio“ statt „mutativ“.  
S. 26 Zeile 9 von unten lies „brevistylis“ statt „loevistylis“.  
S. 26 Zeile 2 von unten lies „cruciate-flowered“ statt „cruciata-floweren“.  
S. 46 Zeile 19 von oben lies  $\theta\acute{\epsilon}\kappa\epsilon\tau\epsilon$  statt  $\theta\rho' \epsilon\kappa\epsilon\tau\epsilon$ .  
S. 122 Zeile 8 von oben lies „Ecuador“ statt „Ecador“.  
S. 127 Zeile 18 von unten lies „gewinnen“ statt „gewinnen,“.  
S. 638 Zeile 4 von unten lies „γὰρ δὴ γυμνοσπίρηχτον“ statt „γὰρ δη  
γυμνοσπίρηχτον“.  
S. 639 Zeile 11 von oben lies „λιχίων“ statt „γλιχίων“.  
S. 639 Zeile 12 von unten lies „ἐν ταῖς“ statt „ἐν ταῖς“.  
S. 639 Zeile 11 von unten lies „κα οἰμενοι“ statt „α οἰμενομή“.  
S. 640 Zeile 2 von oben lies „πρὸς“ statt „πρὸς“.  
S. 640 Zeile 8 von oben lies „ἐχόμενα“ statt „ἐχομενα“.  
S. 145 Zeile 9 von unten lies „(0,08 %)“ statt „(0,8 %)“.  
S. 653 Zeile 2 von oben lies „Nr. 9“ statt „Nr. 8“.

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

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

Jahr/Year: 1917

Band/Volume: [35](#)

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

Artikel/Article: [Über die Stärkebildung im Spektrum. 44-69](#)