

Sitzung vom 30. Juli 1897.

Vorsitzender: Herr L. KNY.

Als ordentliche Mitglieder sind vorgeschlagen die Herren:

Kuhla, Fritz, in Berlin, Koppenstr. 79 (durch S. SCHWENDENER und O. REINHARDT),

Nordhausen, Max, cand. phil. in Schöneberg bei Berlin, Hauptstr. 23 (durch S. SCHWENDENER und O. REINHARDT).

Zum ordentlichen Mitgliede ist proclamirt Herr:

Kamerling, Zeno, Dr. phil. aus Almelo.

Der Vorsitzende benachrichtigt die Gesellschaft von dem am 24. Juli erfolgten Ableben des ausserordentlichen Mitgliedes, Herrn Oberlehrers

Dr. Emil Schmidt

in Gross-Lichterfelde bei Berlin. Die Anwesenden erhoben sich zu ehrendem Gedächtniss an den Verstorbenen von ihren Sitzen.

Mittheilungen.

47. F. G. Kohl: Die assimilatorische Energie des blauen Lichtes.

Mit Tafel XVI.

Eingegangen am 11. Juli 1897.

In meiner letzten Abhandlung „Ueber die assimilatorische Energie der blauen und violetten Strahlen des Spektrums“ (Heft 2, Band XV, Jahrgang 1897 dieser Berichte) habe ich auf Grund von Versuchen, welche ich unter Anwendung der von mir erfundenen „volumetrischen Blasen-zählmethode“ anstellte, die Behauptung aufgestellt, dass in allen früheren Untersuchungen über die assimilationserregende Kraft

der verschiedenen Regionen des Spektrums diejenige der blauen Spektralhälfte im Allgemeinen und der blauen Strahlen um F und rechts davon im Besonderen ausserordentlich unterschätzt wurde. Die Resultate meiner Versuche schienen mich zur Formirung der in obiger Abhandlung angeführten fünf Sätze zu berechtigen. In erster Linie bedeutungsvoll war für mich das Ergebniss, dass nächst Roth das Blau ($\lambda = 490 - 430$) die weitaus stärkste Assimilationswirkung in grünen Zellen hervorruft. Die bisherige Annahme einer nur äusserst schwachen Betheiligung der blauen Strahlen bei der Einleitung und Unterhaltung des Assimilationsprocesses (SACHS, HANSEN, NOLL etc.) musste schon deshalb als unrichtig erscheinen, weil besonders nach den Untersuchungen von ENGELMANN Absorption und Assimilation gleichen Schritt halten, mit anderen Worten, weil diejenigen Lichtstrahlen, welche von den Chromatophoren am meisten absorbiert werden, auch den grössten assimilatorischen Effect hervorrufen: Die Maxima und Minima der Absorption coincidiren mit den Maximis und Minimis der Assimilation. Von diesem Gesetze machen eine Ausnahme nach ENGELMANN nur die Strahlen rechts von F im Spektrum, weil das rasche Sinken der Energie des Sonnenlichtes in der blauen Hälfte des Spektrums die stetig steigende Absorption in dieser Spektralregion unwirksam macht.

Die in meiner genannten Abhandlung (S. 112) citirten Zahlen ENGELMANN's über die Vertheilung der Assimilationsenergie im Sonnenlicht-Normalspektrum zeigen aber, dass zwischen F und $F\frac{1}{2}G$ die Assimilationsenergie der blauen Strahlen noch eine sehr beträchtliche ist, nämlich 86,1—80,9 pCt. der Energie im Roth $B\frac{1}{2}C$ beträgt. Mit diesen Zahlen stehen in vollkommener Harmonie die Werthe, welche ich mit der volumetrischen Blasen Zählmethode für das Blau rechts von F ($\lambda = 490 - 430$) erhielt, und es bestätigt dieser mein Befund nur die Richtigkeit des von ENGELMANN behaupteten Zusammenhanges zwischen Absorption und assimilatorischer Wirkung des Lichtes. Denn es ist bekannt, dass das Chlorophyll sehr beträchtliche Mengen gelber Farbstoffe enthält; neben mehreren gelben, vielleicht als Xanthophylle zu bezeichnenden, ist es besonders das Carotin, welches eine wichtige Componente des Chlorophylls repräsentirt, das lehren auch die neueren Untersuchungen von TSCHIRCH, von MOLISCH und anderen. Ich habe mich gerade mit diesen gelben und gelbrothen Farbstoffen des Chlorophylls eingehend beschäftigt, habe dieselben in grösseren Mengen dargestellt und untersucht und werde darüber demnächst ausführlich berichten; ausserdem wird noch von anderer Seite eine auf meine Veranlassung unternommene Untersuchung über diesen Gegenstand demnächst der Oeffentlichkeit übergeben werden und nach verschiedener Richtung das noch stellenweise recht dunkle Gebiet der Chlorophyllchemie erhellen. Wenn nun, wovon man sich leicht überzeugen kann,

fast das gesammte Blau und Violett des Sonnenlichtes durch die gelben Farbstoffe des Chlorophylls, und zwar jeden Chlorophylls, absorbiert werden, wenn das Carotin die Region zwischen *F* und *H*, die Xanthophylle auch noch die rechts von *H* absorbieren, so würden wir in dem oben von mir experimentell constatirten Assimilationseffect den Erfolg dieser energischen Absorption zu erblicken haben. Bereits am Schlusse meiner oben erwähnten Abhandlung habe ich hervorgehoben, dass sich die von mir behauptete intensive Wirkung des blauen Lichtes auf den Assimilationsprocess als zu Recht bestehend würde beweisen lassen durch ein in bestimmter Weise sich vollziehendes Gedeihen von Algen-culturen hinter farbigen, spektroskopisch genau definirten Gläsern. Einen solchen Versuch habe ich Ende Januar dieses Jahres begonnen und am 15. Juni unterbrochen.

Die Versuchsanstellung war folgende: In einem schmalen, hohen Kasten wurden sechs halbcylindrische, innen geschwärzte Kammern in der Art hergestellt, wie es die in Fig. II, *A* und *B* wiedergegebenen Grundrisse illustriren. Jede der Kammern kann nach vorn durch eine in Nuthen *nnn* einzuschiebende Scheibe farbigen Glases (*g*₁, *g*₂, *g*₃ etc.), und der ganze Kasten durch einen lichtdichten, von oben übergreifenden Deckel geschlossen werden. In diese Kammern 1–6 vertheilte ich zwölf ganz gleiche Glasgefässe *kk*, welche alle in derselben Weise mit Nährlösung beschickt und mit Algen geimpft wurden. Nach Einfügen der farbigen Gläser und Verschluss durch den Deckel wurde der Kasten mit der Glasseite nach Norden gerichtet, an ein helles Fenster gestellt und unverrückt die ganze Zeit stehen gelassen. Das Fenster konnte niemals von dem Schatten irgend eines Gegenstandes verdunkelt werden, wohl aber wurde es unausgesetzt von hellem, von einem grossen Theil des Himmelsgewölbes reflectirten Lichte erhellt. Einfallen directer Sonnenstrahlen war vollkommen ausgeschlossen. In den halbcylindrischen Zellen eines solchen Apparates, welche man leicht aus geschwärzter Pappe herstellen kann, lassen sich bequem je zwei bis drei Culturgläser so unterbringen, dass dieselben vollkommen gleichmässig belichtet werden.

Nach dem Oeffnen der Kammern ergab sich nun folgendes Resultat. Zunächst in allen Kammern die beiden darin befindlichen Culturen in genau gleicher Verfassung. Bezeichne ich die Zellen mit den Zahlen 1 bis 6, so ordnen sich die Culturen, wenn ich die mit der intensivsten Algenvegetation mit I bezeichne, die mit der schwächsten mit VI, an wie folgt:

| | | | | | |
|-----|--------------|----|----|--------------|-----|
| 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. |
| II. | III. (= IV.) | V. | I. | IV. (= III.) | VI. |

Das heisst die Zellen bilden, wenn ich mit der beginne, welche die üppigste Algenentwicklung aufweist, und mit der schliesse, die von einem Gedeihen der Algen überhaupt kaum etwas erkennen lässt,

die Reihe 4, 1, 2 = 5, 3, 6. In Fig. 1 habe ich die assimilatorische Wirkung in dem mit *A.W.* bezeichneten Band durch die Abschattirung der einzelnen Abschnitte zum Ausdruck gebracht.

Jetzt legte ich alle zum Abschluss der Zellen 1—6 benutzten farbigen Gläser auf lichtempfindliches Celloidinpapier, um die photographische Wirkung des von den Gläsern durchgelassenen Lichtes zu constatiren, und zwar belichtete ich so lange, bis der frei überstehende, also voll belichtete Rand des Papiere anfang bronzig anzulaufen. Aus dem fixirten Papier schnitt ich Streifen und ordnete sie so neben einander, wie es die Reihenfolge der angewandten Gläser aus den einander folgenden Zellen gebot. In Fig. 1 vergegenwärtigt das mit *P.W.* bezeichnete Band die photographische Wirkung der von den einzelnen Gläsern durchgelassenen Strahlen. Wie man sieht, folgen dieser Wirkung nach die Zellen in nachstehender Reihe auf einander:

| | | | | | |
|-----|-----|-----|----|----|------|
| 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. |
| II. | IV. | VI. | I. | V. | III. |

Das Glas der Zelle 4 lässt am meisten photographisch wirksame Strahlen passiren, dann folgen 1, 6, 2, 5, 3. Ich hätte nun die angewandten Gläser noch einer Beschreibung zu unterziehen. Zunächst lassen sich die Färbungen, wie sie sich dem Auge darbieten, wie folgt bezeichnen:

- | | | | |
|----------|---------------|-----------------|---------------------|
| 1. gelb, | 2. hellrubin, | 3. dunkelrubin, | 4. tief kobaltblau, |
| | 5. orange, | 6. maigrün. | |

Soweit es möglich war, habe ich im Band *F* der Fig. 1 die Farben dieser Gläser wiederzugeben versucht, ohne jedoch, was hier auch von keinerlei Bedeutung ist, behaupten zu wollen, dass die Nuancen durchaus genau getroffen seien. Es hat diese Wiedergabe nur den Zweck, den Ueberblick über die ganze Fig. 1 zu erleichtern. Wichtiger ist selbstredend die spektroskopische Untersuchung der Lichtfilter, welche ich mit dem Mikrospektrometer von *SORBY-BROWNING* vorgenommen habe und deren Resultate sich in folgender Tabelle wiederzugeben finden.

- Glas 1. Absorbirt wird etwas Blau und Grün. Es geht durch das Glas hindurch das gesammte Roth, Gelb, ein Theil des Grün und das Blau bis *F*, das übrige Blau ist stark getrübt.
- Glas 2. Ausgelöscht wird viel Blau, stark getrübt Grün, Gelb und Orange. Es geht durch wesentlich Roth und das Gelb bis 52, sowie etwas Blau.
- Glas 3. Alle Farben werden ausgelöscht ausser Roth und Orange bis 44, welche das Glas ungeschwächt passiren.
- Glas 4. Absorbirt wird der grösste Theil des Roth, das Gelb und die Hauptmenge des Grün; es passiren das Glas nur Spuren von Roth vor *B* und hinter *C* bis 40 (orange); vom Grün der schmale Streifen zwischen 55 und 60 und das ganze Blau.

- Glas 5. Total ausgelöscht ist nur das Blau, getrübt das Grün; nicht absorbirt werden das nur etwas geschwächte Roth und Gelb.
- Glas 6. Blau ist total ausgelöscht, stark geschwächt das Roth, getrübt das Gelb. Ungeschwächt geht nur das Grün zwischen 55 bis 80 durch.

(Lage der FRAUNHOFER'schen Linien, soweit sie hier in Betracht kommen: *B* 29, *C* 34,5, *D* 50, *E* 70, *b* 73,5, *F* 87,5, *G* 127).

Betrachtet man nun gemeinschaftlich die Farbenscala *F*, die Scalen der photographischen Wirkung *P.W.* und der assimilatorischen Wirkung *A.W.* und die Tabelle der Absorptionsverhältnisse, so springt zunächst ein Punkt mit überraschender Klarheit in's Auge, nämlich die weitgehende Coincidenz der photographischen (chemischen) und assimilatorischen Wirkung der von den angewandten Lichtfiltern durchgelassenen Strahlen. Glas 4 lässt das ganze Blau passiren, hinter ihm Maximum der Assimilation und der Schwärzung des photographischen Papierses. In Bezug auf beide Einflüsse folgt sodann das durch Glas 1 hindurch gegangene Licht. Da nun dieses Glas Alles durchlässt ausser etwas Blau und Grün. das Grün aber bekanntlich auf das Chlorophyll beinahe ohne Wirkung ist, wie auch der Erfolg des Experiments hinter 6 lehrt, so ist der Ausfall an assimilatorischer Energie hinter 1 allein auf Rechnung des absorbirten Blau zu setzen. Hoch interessant vom Standpunkt der bisherigen Anschauung über die Wirkung der verschiedenen Lichtarten ist die Zelle 3. Das dunkelrubinrothe Glas lässt ungeschwächt hindurch nur Roth und Orange, es behielt zurück alles Gelb, Grün und Blau (Indigo, Violett); daher ist hinter diesem Glas die photographische Wirkung gleich Null, aber, wie ein Blick auf die Scala *A.W.* lehrt, auch die Assimilationswirkung äusserst gering. Hieraus folgt für mich auf's Neue, was ich bereits auf anderem Wege ermittelte, dass die Wirkung des Roth bisher ungeheuer überschätzt worden ist und dass auch das Orange bis 44 wohl weniger am Assimilationsgeschäft betheiligt sein kann, als bisher angenommen wurde. Das Licht hinter dem Orangeglas 5 ist des ganzen Blau und Grün beraubt, daher die photographische Activität gleich Null; in den schwachen assimilatorischen Effect theilen sich Roth und Gelb, welche in unmerklich geschwächtem Zustand durchgelassen werden. Das Glas 6 löscht merkwürdiger Weise das Blau total aus; die matte Bräunung des Silberpapierses ist demnach Arbeit der grünen Strahlen; die photographische Wirkung im Spektrum erstreckt sich bekanntlich über die ganze sogenannte blaue Hälfte bis zur Linie *E* im Grün. Roth und Gelb werden, wenn auch nur theilweise, durchgelassen; ihre Wirkung auf die Chloroplasten ist äusserst geringfügig. Die weiteren Erscheinungen des Gesamtversuchs mit einander in Beziehung zu setzen, überlasse ich dem geneigten Leser. Man mag dieselben ansehen wie man will, immer sprechen dieselben für eine auffallend energische

Wirkung des Blau (vielleicht auch des Violetts, was noch zu untersuchen bleibt). Die Wirkung des Lichtes auf die Halogensalze des Silbers und auf das Chlorophyll beruht zum grossen Theil auf derjenigen der blauen Strahlen; die Behauptung, die sogenannten chemischen Strahlen kämen beim Assimilationsprocess wenig in Betracht, eine Behauptung, welche in die meisten pflanzenphysiologischen Lehrbücher ihren Weg fand, ist eine nichtssagende Redensart und durch meine Untersuchungen als solche enthüllt. Nur bezüglich der Lage der Maximalwirkung innerhalb der blauen Zone des Spektrums auf beide Prozesse scheint ein Unterschied sich bemerklich zu machen. Während nämlich das Maximum der photographischen Wirkung (Bromsilber) im Blau zwischen *F* und *G*, und zwar näher bei der letztgenannten FRAUNHOFER'schen Linie liegt, etwa bei $\lambda = 445 - 450$, so scheint die maximale Assimilationswirkung mehr in der Nähe von *F* placirt zu sein, so dass, soweit sich bis jetzt aus meinen Versuchen ersehen lässt, die cyanblauen Strahlen rechts von *F* mit der Wellenlänge $\lambda = 460 - 486$ die am meisten activen zu sein scheinen. Da wir nun wissen, dass die Absorption der blauen Strahlen des Sonnenlichtes durch das Carotin des Chlorophylls erfolgt, so ist die assimilatorische Ausnutzung dieser Strahlen die Function des Carotins, wogegen andere gelbe Bestandtheile des Chlorophylls wahrscheinlich das Violetts in dieser Richtung engagiren.

So auffallend auf den ersten Blick diese Ergebnisse meiner Untersuchungen zu sein schienen, so sind sie doch nur eine Bestätigung und Erweiterung des von ENGELMANN aufgestellten Satzes von der Coincidenz der Absorptions- und Assimilations-Maxima und -Minima. Denn schon 1876 wies A. V. WOLKOFF nach, dass das Band I des Chlorophyll-Absorptionsspektrums nicht dasjenige ist, dem die stärkste Lichtabsorption zukommt, dass vielmehr die Absorption im brechbareren Theile des Spektrums, von *F* nach *H* hin, stärker ist als die im Band I, und dass sogar in der helleren Region zwischen Streifen V und VI die Absorption energischer ist als im Bande I. Der ausserordentlich starken Absorption des Blau durch das Chlorophyll entspricht also auch eine intensive Assimilationswirkung, welche ihren Höhepunkt in der Nähe von *F* erreichen dürfte. Die Curve der photographischen Wirkung culminirt im Blau nach *G* zu; aber alle drei Prozesse, Absorption, Assimilation und chemische Wirkung auf Silbersalze zeigen im Blau des Spektrums gleichsinnigen Verlauf der Curven, wie die Fig. III der Tafel vergegenwärtigt, in welcher *Ab*. die Absorptions-Curve, *As*. die Assimilations-Curve und *P.W.* die Vertheilung der Wirkung auf Silbersalze (Bromsilbergelatine) im Spektrum darstellen.

Marburg, den 5. Juli 1897.



Fig. 1.

Fig. 2.

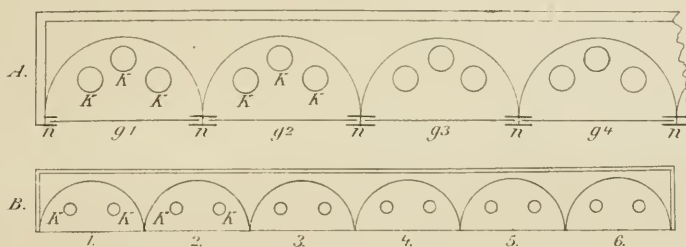
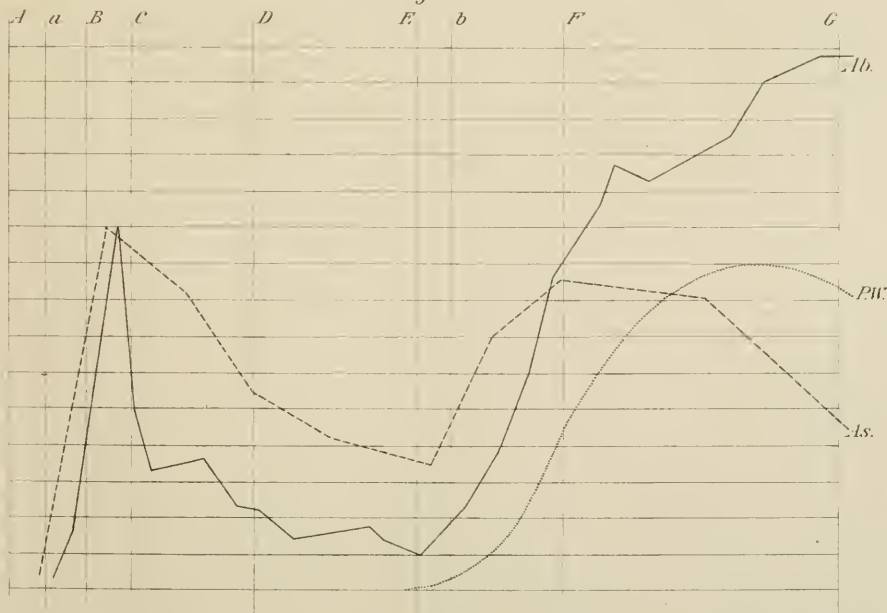


Fig. 3.



ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

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

Jahr/Year: 1897

Band/Volume: [15](#)

Autor(en)/Author(s): Kohl Friedrich Georg

Artikel/Article: [Die assimilatorische Energie des blauen Lichtes 361-366](#)