wachsenden Elektricitätsmenge verursacht, schließlicly vorherrscht und die Magnetnadel nach der entgegengesetzten Seite der Scale treibt.

(Schluß im nächsten Heft.)

V. *Zur Frage über die Wirkung des farbigen Lichtes auf die Assimilationsthätigkeit der Pflanzen; von E. Lommel in Erlangen.*

(Aus den ökonomischen Fortschritten vom Hrn. Verf. mitgetheilt.)

In einem zuerst in den „Oekonomischen Fortschritten“¹⁾ erschienenen und dann auch in Pogg. Ann.²⁾ reproducirten Aufsatz „über das Verhalten des Chlorophylls zum Licht“ hatte ich, gestützt auf den evidenten Satz, daß nur solche Strahlen auf einen Körper chemisch wirken können, welche von demselben absorbiert werden³⁾, ausgesprochen, daß die Intensität der chemischen Wirkung abhängen müsse:

- 1) *von dem Grade der Vollkommenheit der Absorption;*
- 2) *von der (durch ihre Wärmewirkung zu messenden) lebendigen Kraft oder „mechanischen Intensität“ der absorbirten Strahlen.*

Die Assimilationsthätigkeit der Pflanzen, d. i. die Zerlegung der Kohlensäure und Abscheidung des Sauerstoffs, vollzieht sich bekanntlich *nur* in den *chlorophyllhaltigen* Zellen unter dem Einflusse des Lichtes.

Man ist daher berechtigt, bei dieser chemischen Wirkung des Lichtes das Chlorophyll als den Vermittler zu

1) 1871, No. 3.

2) Bd. CXLIII, S. 568.

3) Daß Lichtabsorption und chemische Zersetzung stets Hand in Hand gehen, hat Hr. Schultz-Sellack speciell für die Silberhaloidsalze nachgewiesen. Pogg. Ann. Bd. CXLIII S. 161.

betrachten, indem man annimmt, daß die vom Chlorophyll absorbirten Strahlen auch diejenigen seyen, welche die Zerlegung der Kohlensäure bewirken.

Demnach hätten zur theoretischen Beurtheilung der Rolle, welche die verschiedenartigen Strahlen bei der Assimilationsthätigkeit der Pflanzen spielen, das *Absorptions-spectrum* des Chlorophylls einerseits und die *Wärmecurve* des Sonnenspectrums andererseits die Grundlagen zu bilden.

Die Anwendung dieser Grundsätze führte zu dem Satz¹⁾:

Für die Assimilationsthätigkeit der Pflanze sind die wirksamsten Strahlen diejenigen, welche durch das Chlorophyll am stärksten absorbirt werden und zugleich eine hohe mechanische Intensität (Wärmewirkung) besitzen. Es sind dieß die rothen Strahlen zwischen B und C; d. h. mit anderen Worten: das absolute Maximum der assimilirenden Wirkung entspricht dem intensivsten Absorptionsstreifen I des Chlorophylls.

Kleinere (relative) Maxima würden den in Orange, Gelb und Grün liegenden Absorptionsstreifen II, III und IV und der fast vollständigen Absorption des blau-violetten Endes entsprechen. Da die Vollkommenheit der Absorption nach der Reihenfolge der Streifen und ebenso die Wärmewirkung der entsprechenden Strahlen gegen das brechbarere Ende des Spectrums hin abnimmt, so müßten auch die den Streifen II, III, IV zugehörigen Maxima der Reihe nach kleiner werden; das zweitgrößte Maximum entspräche sonach dem Streifen II.

Die blauen und violetten Strahlen werden, trotz ihrer kräftigen Absorption, nur eine geringe Wirkung äußern, weil ihre lebendige Kraft sehr gering ist.

Völlig unwirksam wird aber keiner der Strahlen von *B* bis zum violetten Ende seyn können, da selbst die zwischen den dunkeln Streifen gelegenen Theile des Spectrums eine schwache und bei hinlänglich dicker Schicht sogar eine vollständige Absorption erleiden.

Nur die äußersten rothen Strahlen vor *B* werden gar

1) Pogg. Ann. Bd. CXLIII, S. 581.

keine Wirkung hervorbringen, weil sie selbst bei dicker Schicht durch das Chlorophyll nicht absorbirt werden.

In dem oben citirten Aufsatz hatte ich nur das erste dem Streifen I entsprechende Maximum erwähnt, weil ich die Streifen II, III und IV in dem Spectrum des durch frische Blätter gegangenen Lichtes nicht wahrgenommen hatte. Sie sind aber, wie ich mich seitdem überzeugt habe, in der That vorhanden, erscheinen jedoch sehr viel schwächer als bei der Lösung, und sind daher leicht zu übersehen. Dieses Verhalten läßt sich leicht erklären; ein Antheil des durch das Blatt gesendeten Lichts geht neben den Chlorophyllkörnern durch den farblosen Zellsaft hindurch; dieses *weiße* Licht erzeugt nothwendig ein continuirliches Spectrum, welches sich wie ein Flor über das Absorptionsspectrum ausbreitet; dadurch werden die schwächeren Absorptionsstreifen undeutlich gemacht oder ganz verwischt, während dem intensiven Streifen I nur wenig Abbruch geschieht.

Mit besonderem Bezug auf jenes Hauptmaximum zwischen *B* und *C* hatte ich hinzugefügt, daß die mir bekannten Versuche über die Assimilationsthätigkeit der Pflanzen in verschiedenfarbigem Licht die obigen Sätze bestätigen oder wenigstens keinen Widerspruch dagegen enthalten, hatte mich jedoch begnügt, nur auf die neueste damals vorliegende Versuchsreihe von Hrn. Pfeffer¹⁾ hinzuweisen. Durch eine Bemerkung des Hrn. Gerland gegen Ende seiner schätzenswerthen Abhandlung „über die Einwirkung des Lichtes auf das Chlorophyll“²⁾ sehe

- 1) Arbeiten des botanischen Instituts in Würzburg, herausgegeben von Prof. Dr. Julius Sachs. Heft I. Dr. W. Pfeffer: die Wirkung farbigen Lichtes auf die Zersetzung der Kohlensäure in Pflanzen. Leipzig, Engelmann 1871.
- 2) Pogg. Ann. Bd. CXLIII S. 585. Hr. Gerland sagt nämlich, indem er sich auf die Versuche der HH. Draper, Sachs und Pfeffer stützt: „Wenn also nach den gegebenen Daten der genaue Verlauf der Assimilationscurve auch noch nicht angegeben werden kann, so darf doch als feststehend bezeichnet werden, daß ihr Maximum im gelben Lichte liegt.“

ich mich aber veranlaßt, noch einige andere Arbeiten über Kohlensäurezerlegung in verschiedenfarbigem Licht von dem hier in Betracht kommenden Gesichtspunkt aus einer kurzen Besprechung zu unterwerfen.

Bei der Mehrzahl dieser Versuche ¹⁾ wurden zur Herstellung des farbigen Lichtes absorbirende Medien (gefärbte Gläser und Lösungen) verwendet. Das so erhaltene farbige Licht ist bekanntlich weit davon entfernt, homogen zu seyn; sämmtliche Absorbentien lassen mehr oder minder beträchtliche Strecken des Spectrums durch. Am homogensten zeigt sich noch das durch rothe Medien (z. B. Kupferoxydulglas oder Anilininlösung) gegangene Licht, welches bloß die rothen und orangegelben Strahlen bis *D* enthält. Die gelben Absorbentien dagegen (z. B. doppelt chromsaures Kali) lassen die gesammte weniger brechbare Hälfte des Spectrums nämlich Roth, Orange und Grün, ungeschwächt durch. Die grünen Medien (z. B. Lösung von Chlorkupfer) sind durchlässig für Gelb, Grün und Blau, die blauen (z. B. Kupferoxydammoniak) für Blaugrün, Blau und Violett.

Die Kohlensäuremengen, welche hinter solchen gefärb-

Es sey mir verstattet eine in derselben Abhandlung vorkommende irrthümliche Auffassung des Hrn. Gerland hier im Vorbeigehen zu berichten. Hr. Gerland sagt nämlich S. 603: „Von der Ansicht, dafs festes Chlorophyll und mithin das der Blätter aufser Streifen I keinen Absorptionsstreifen zeigt, ausgehend, haben neuerdings die HH. Hagenbach und Lommel die Fluorescenz des festen Chlorophylls in Abrede gestellt.“ Nun wurde aber die Fluorescenz des festen Chlorophylls von uns in Abrede gestellt, einzig aus dem Grunde, weil wir sie *nicht gesehen haben*. Von einem theoretischen Zusammenhang mit der Abwesenheit jener Absorptionsstreifen ist nirgends die Rede.

- 1) Es gehören hierher folgende Arbeiten: Daubeny, *Philosophical transact.* t. 126, 1836. — Hunt, übers. aus dem Engl. in *Bot. Zeitung* 1851. — Cloëz und Gratiolet, *Ann. de Chimie et Physique*, 3. Série, t. 32, 1851. — Sachs, *Bot. Zeitung* 1864. — Cailletet, *Comptes rendus*, T. 65, 1867. — Timirjaseff, *Bot. Zeitung* 1869. — Prillieux, *Ann. des sciences naturelles* 1869. — Pfeffer, Arbeiten des botanischen Inst. in Würzburg, Heft I, 1871. — Baranetzky, *Bot. Zeitung* 1871.

ten Schirmen von Pflanzen oder Pflanzentheilen zersetzt, oder die Sauerstoffmengen, welche ausgeschieden wurden, konnten daher nur ein Maafs seyn für die *Summe* der Wirkungen der in dem einwirkenden Licht enthaltenen Strahlen. Sie sagen direct nichts über den Antheil, welcher diesem oder jenem homogenen Strahl an dieser Wirkung zukommt.

Man könnte aber, bei geeigneter Wahl der Absorbentien, durch Combination der gefundenen Werthe die Antheile berechnen, welche jedem Farbenbezirke des Spectrums zukommen, vorausgesetzt, *dafs die einzelnen Resultate einer Versuchsreihe zahlenmäfsig streng unter sich vergleichbar wären.* Hr. Pfeffer z. B. findet hinter einer Lösung von doppeltchromsaurem Kali, welche Roth, Orange, Gelb und Grün durchläfst, eine zersetzende Wirkung = 88,6, für eine Lösung von Anilinroth, welche nur Roth und Orange durchläfst, eine Wirkung = 32,1, und schliesst daraus, dafs dem Roth-Orange die Wirkung 32,1, dem Gelb und Grün eine Wirkung = $88,6 - 32,1 = 56,5$ zukomme. Dieser Schluß wäre aber nur dann erlaubt, wenn man wüßte, *dafs das durch die Anilininlösung gegangene Roth-Orange dieselbe Intensität besitzt wie das durch das doppeltchromsaure Kali gegangene Roth-Orange.* Das Anilinroth verhält sich aber den orangerothern Strahlen gegenüber ganz anders als das doppeltchromsaure Kali; jenes absorbirt bei hinlänglicher Concentration oder genügend dicker Schicht auch noch die Strahlen von *D* bis gegen *C*, und wird daher auch bei geringerer Concentration diesen Strahlencomplex mindestens abschwächen; dieses dagegen läßt selbst in concentrirter Lösung und dicker Schicht das Roth-Orange unversehrt. Es erscheint sonach nicht nur möglich, sondern sogar wahrscheinlich, dafs das Roth-Orange des doppeltchromsauren Kalis intensiver war als dasjenige des Anilinroths; die Berücksichtigung dieses Umstandes würde aber bei der Berechnung der auf die einzelnen Farbenbezirke des Spectrums treffenden Antheile der assimilirenden Wirkung nothwendig eine Modification

zu Gunsten des Roth-Orange ergeben. Aehnliches läßt sich in Betreff der übrigen zur Anwendung gekommenen Absorbentien sagen: es müßte überhaupt ein sonderbares Spiel des Zufalls gewaltet haben, wenn die verschiedenen Lösungen ganz von selbst so ausgefallen wären, daß das von jeder durchgelassene farbige Licht gerade die Intensität des entsprechenden Spectraltheils des weißen (durch reines Wasser gegangenen) Lichtes erlangt hätte, was doch bei der Berechnung der procentischen Wirkung der einzelnen Farbenbezirke vorausgesetzt wurde. Der Schluß, den Herr Pfeffer aus seinen höchst werthvollen Versuchen zieht, *daß die gelben Strahlen die wirksamsten seyen*, erscheint daher keineswegs als erwiesen, um so weniger als die mit Chlorophylllösung angestellten Versuche diesem Schlusse geradezu widersprechen. Hr. Pfeffer fand, daß hinter einer Chlorophylllösung auffallend geringe Mengen Kohlensäure zersetzt werden. Die angewendete Chlorophylllösung absorbirte (nach der mitgetheilten Skizze ihres Spectrums) die brechbare Hälfte und zeigte in der weniger brechbaren Hälfte die bekannten Absorptionsstreifen; das äußerste Roth, das mittlere Orange, der größte Theil des Gelb und das gesammte Grün drang hindurch. Wenn nun auch die Versuche nicht in dem Sinne strenge mit einander vergleichbar sind, daß Zahlenverhältnisse aus ihnen berechnet werden könnten, so zeigt doch der enorme Unterschied der Chlorophylllösung gegenüber dem chromsauren Kali oder dem reinen Wasser, *daß der größte Theil der assimilirenden Wirkung den vom Chlorophyll absorbirten Strahlen zugeschrieben werden muß*. Den gelben Strahlen, welche durch das Chlorophyll nur schwach absorbiert werden, kann nur ein entsprechend geringer Theil an dieser Wirkung zukommen.

Hr. Timirjaseff bediente sich, um die Ergebnisse seiner Versuche zu interpretiren, eines anderen weniger naheliegenden Rechnungsverfahrens. Er dividirte die hinter irgend einer seiner farbigen Flüssigkeiten zersetzte Kohlensäuremenge durch die Ausdehnung des Spectrums

des durchgelassenen Lichts, und betrachtet den so erhaltenen Mittelwerth als die dem mittleren Strahle des jeweiligen Spectrums entsprechende Zersetzungskraft. Indem er diese Werthe als Ordinaten an den entsprechenden Stellen des als Abscissenlinie dienenden Spectrums aufträgt, erhält er eine Curve, welche das Gesetz der Assimilation ausdrücken soll. Er findet, daß diese Curve mit der Wärmecurve des Sonnenspectrums nahe übereinstimmt, und schließt daraus, „*daß die Zersetzung den Erwärmungskräften der Sonnenstrahlen proportional sey.*“

Dieses Rechnungsverfahren kann von Willkürlichkeit nicht freigesprochen werden. Es wurde der Rechnung, wie es scheint, das gewöhnliche prismatische Spectrum (das Dispersionsspectrum), wie man es etwa mittels eines Flintglasprismas erhält, zu Grunde gelegt; wäre statt dessen das normale Spectrum (das Diffractionsspectrum), in welchem die weniger brechbaren Strahlen eine verhältnißmäßig größere Ausdehnung besitzen, angewendet worden, so hätten sich für diese Strahlen nothwendig kleinere Mittelwerthe ergeben müssen, und die Annäherung an die Wärmecurve wäre dadurch weniger auffällig geworden. Auch die Errichtung der Ordinaten gerade in der Mitte des jeweils durchgelassenen Spectrums erscheint willkürlich. Außerdem muß, wie bei allen diesen Versuchen, geltend gemacht werden, daß dieselben in völliger Strenge nicht mit einander vergleichbar sind. Daß übrigens der obige Satz, so wie ihn Hr. Timirjaseff ausspricht, nicht wahr seyn kann (nach unserer Ansicht enthält er allerdings die *Hälfte* der Wahrheit), beweist schon der Umstand, daß unter dem Einfluß der dunkeln ultrarothern Strahlen, welche als die *wärmsten* des Spectrums nach jenem Satze für die Assimilation am meisten leisten müßten, nicht nur keine Kohlensäure zersetzt, sondern sogar Kohlensäure ausgeschieden wird.

Die HH. Prillieux und Baranetzky, in der Absicht, den Einfluß der Lichtstärke auf die Zersetzungskraft zu prüfen, suchten sich Lösungen herzustellen, welche

verschiedene Farben mit gleicher Helligkeit durchliefsen, und bedienten sich, um diesen Zweck zu erreichen, der Methode der Vergleichung der Schatten (Rumford's Photometer). Diese Methode kann aber nur mit Sicherheit angewendet werden, wenn die zu vergleichenden Lichtsorten gleichfarbig sind; ist die Farbe der Lichtsorten und demnach auch diejenige der Schatten verschieden, so wird unser Urtheil über deren gleiche Helligkeit (Lichtstärke) unsicher. Auch würde jedenfalls eine blaue Lösung z. B., damit sie unserem Auge gleich hell erschiene wie eine gelbe, so schwach gemacht werden müssen, daß sie nicht nur blaue und violette, sondern auch noch grüne, gelbe und rothe Lichtstrahlen durchliese. Das Mißlichste aber bei diesen Versuchen ist, daß in sie ein physiologisches Moment hineingetragen wird, welches der zu erforschenden Erscheinung völlig fremd ist. In der That, was hat die subjective Empfindungsstärke des menschlichen Auges für verschiedene Farben mit dem objectiven Vorgang der Assimilation in der Pflanze zu thun?

Auf Grund dieser Versuche ziehen die HH. Prillieux und Baranetzky den Schluß, *daß die Assimilation allein von der Intensität des Lichts bedingt sey, unabhängig von dessen Farbe und anderen Eigenschaften*. Wir wollen untersuchen, was dieser Ausspruch zu bedeuten habe.

Wir haben gesehen, daß die Zahlenangaben, welche Hr. Pfeffer für die Zersetzungskraft der einzelnen Farbenbezirke macht, auf der Voraussetzung beruhen, daß die durch die einzelnen Lösungen gegangenen farbigen Lichtmengen dieselbe Intensität haben, wie die entsprechenden Theile im Spectrum des weißen Lichts, welches durch eine gleichdicke Schicht klaren Wassers gegangen ist. Es hat daher einen ganz bestimmten klaren Sinn, wenn z. B. die Zersetzungskraft der blauvioletten Strahlen zu 7,6 Proc. angegeben wird; es heißt das, die Wirkung der blauvioletten Strahlen, wenn sie in der verhältnißmäßigen Intensität angewendet werden, wie sie im weißen Sonnenlicht enthalten sind, beträgt 7,6, wenn die des weißen

Lichts 100 beträgt. Damit ist zugleich gesagt, daß, wenn die Intensität des Blau-Violett 13,2mal so stark gemacht wird, ihre Wirkung ebenfalls 100 seyn werde. Etwas ähnliches haben die HH. Prillieux und Baranetzky gethan; sie haben sich durch ihr Verfahren von dem Intensitätsverhältniß der einzelnen Farben im Sonnenspectrum weit entfernt, indem sie die brechbareren Farben, welche auf unser Auge einen schwachen Eindruck hervorbringen, in verhältnißmäßig viel größerer Stärke einwirken ließen als die weniger brechbaren, für welche das Auge viel empfindlicher ist. Das gefundene Resultat ist daher nicht nur nicht zu verwundern, sondern wäre sogar vorauszu-
sehen gewesen. Aber eben darum ist es völlig nichtsagend, und kann gegen den Satz, *daß jeder Spectralfarbe eine specifische Zersetzungskraft zukommt*, nichts beweisen.

Durch die bisher besprochenen Versuche ist demnach weder bewiesen, daß die *hellsten* (gelben) Strahlen, wie Hr. Pfeffer meint, noch daß die *wärmsten* Strahlen (nach Hrn. Timirjaseff) die wirksamsten seyen, noch auch, wie die HH. Prillieux und Baranetzky wollen, daß die Zersetzungskraft von der Farbe unabhängig sey. Das große Verdienst dieser und der übrigen oben citirten Arbeiten (welche hier einzeln zu besprechen unnöthig erscheint), besteht vielmehr darin, gezeigt zu haben, *daß die für die Kohlensäurezerlegung wirksamsten Strahlen der weniger brechbaren Hälfte des Spectrums angehören*; sie haben damit zugleich das Vorurtheil beseitigt, als ob die brechbareren Strahlen, welche auf die Silberhaloidsalze zersetzend wirken, vorzugsweise „chemisch wirksame“ Strahlen seyen und so benannt werden müßten.

Dieses Ergebniß hat Hr. Sachs, als Schlussfolgerung aus seinen Versuchen, in exacter Weise ausgesprochen: „Das *gemischte orange* Licht, dessen Einfluß auf das photographische Papier während der Beobachtungszeit unmerklich war, leistete bei der Gasabscheidung fast eben so viel wie das weiße Licht; während das blaue, trotz

der energischen Bräunung des photographischen Papiers, nur unbedeutend auf die Pflanze einwirkte.“

Außerdem scheint mir aber aus den oben erwähnten von Hrn. Pfeffer mit Chlorophylllösung angestellten Versuchen noch mit Sicherheit hervorzugehen, *dass die für die Kohlensäurezerlegung wirksamen Strahlen gerade diejenigen sind, welche vom Chlorophyll absorbiert werden.*

Wir kommen jetzt zu den Versuchen, welche unter der directen Einwirkung der Strahlen des Sonnenspectrums ausgeführt wurden. Wenn wir die Versuche des Hrn. Gardner ¹⁾, welcher keine Gasbestimmungen ausführte, sondern nur beobachtete, daß junge etiolirte Pflanzen unter der Einwirkung der gelben Strahlen am schnellsten ergrünen, bei Seite lassen, so haben wir zunächst die Versuche des Hrn. Draper ²⁾ in Betracht zu ziehen. Hr. Draper brachte grüne Pflanzentheile (Grashalme) mehrere Tage lang in der Dunkelheit unter mit Kohlensäure gesättigtes Wasser, um die an ihrer Oberfläche etwa adhärende Luft zu entfernen. Sodann füllte er sieben Glasröhren von 13^{mm} Durchmesser und 18^{cm} Länge mit reinem kohlenensäurehaltigem Wasser; er kehrte sie um in einer mit dem nämlichen Wasser gefüllten kleinen Wanne, und brachte in ihren oberen Theil die nämliche Anzahl Grashalme, indem er Sorge trug, daß dieselben einander möglichst gleich waren. Sämmtliche Röhren wurden vertical und parallel neben einander in der Wasserwanne aufgestellt.

Er stellte nun diesen Apparat so auf, daß ein mittelst Heliostat und Prisma entworfenes Spectrum auf die Theile der Röhren fiel, welche die Halme enthielten, derart, daß jede derselben eine durch eine bestimmte Farbe charakterisirte Strecke des Spectrums einnahm. Nach einigen Minuten fing in den Röhren, welche von den orangefarbenen, gelben und grünen Strahlen getroffen wurden, die Gasentwicklung an; nach Verlauf von 1½ Stunde war die Gasmenge beträchtlich genug, um eine Messung zu ge-

1) *Philosoph. magazine*, 1844 (Vol. XXIV, p. 1).

2) *Philosoph. magazine*, 1844 (Vol. XXV, p. 169).

statten. Die Resultate der zwei in dieser Weise angestellten Versuche sind folgende:

Farbe des einfallenden Lichts	Volum. des entwickelten Gases	
	I. Versuch	II. Versuch
Dunkelroth	0,33	—
Roth und Orange	20,00	24,75
Gelb und Grün	36,00	43,75
Grün und Blau	0,10	4,10
Blau	—	1,00
Indigo	—	—
Violett	—	—

Danach käme dem Farbenbezirk „Gelb und Grün“ die höchste Zersetzungskraft zu.

Hr. Gerland beruft sich besonders auf diese im objectiven Spectrum erhaltenen Resultate des Hrn. Draper, wenn er es in der oben bereits citirten Abhandlung als feststehend bezeichnet, daß das Maximum der Zersetzungskraft im gelben Lichte liegt. Auf die Autorität der Draper'schen Versuche gestützt, stellt Hr. Gerland sogar die Vermuthung auf, daß die Assimilation nicht durch das Chlorophyll, sondern durch einen dem Chlorophyll beigemengten Stoff bedingt werde, der im Gelb einen nach beiden Seiten langsam in Helligkeit übergehenden dunkeln Absorptionsstreifen haben, und dessen Farbe demnach bläulich seyn müsse.

Die Draper'schen Resultate sind aber durch eine jüngst erschienene Arbeit ¹⁾ des Hrn. N. J. C. Müller vollständig widerlegt. Hr. Müller hat, in ähnlicher Anordnung wie Hr. Draper, 9 Versuchsreihen durchgeführt, in welchen von 4 bis 9 Absorptionsröhren gleichzeitig verschiedenen Theilen des Spectrums ausgesetzt waren. In

1) Botanische Untersuchungen von Dr. N. J. C. Müller. 1. Untersuchungen über die Sauerstoffausscheidung der grünen Pflanzen im Sonnenlicht; Heidelberg 1872.

diesen Röhren befanden sich in einem kohlensäurereichen Gasgemisch möglichst gleich beschaffene Oleanderblätter. Nach jedem Versuche wurden die Volume der durch Kalilauge nicht absorbirbaren Gase in jeder Röhre ermittelt und daraus auf die zersetzende Wirkung der entsprechenden Strahlen geschlossen.

Das Ergebniss der Untersuchungen des Hrn. Müller läßt sich in folgenden Worten zusammenfassen:

Die Assimilation der Kohlensäure hat in dem rothen Ende des Spectrums ihr Maximum, und zwar liegt dieses Maximum, dem ersten Absorptionsstreifen des Chlorophylls entsprechend, zwischen B und C. Ein zweites aber kleineres Maximum kommt dem zweiten Absorptionsstreifen bei D zu.

Die Existenz des Hauptmaximums der Assimilation im Roth zwischen *B* und *C*, sowie des zweiten Maximums im Orange, ist hiemit erwiesen und es läßt sich hoffen, daß bei genauerer Untersuchung der Assimilation im Gelb und Grün auch die den Absorptionsbändern III und IV entsprechenden Maxima nachgewiesen werden. Wie Hrn. Draper jenes Hauptmaximum entgehen konnte, läßt sich vielleicht in folgender Weise erklären. Bei der von ihm getroffenen Anordnung seiner Röhren konnte es geschehen, daß die schmale Zone des Roth zwischen *B* und *C* zwischen die erste und zweite Röhre fiel, während das zweite Maximum auf die zweite, das dritte und vierte Maximum auf die dritte Röhre traf. Bei dieser Annahme, zu deren Bestätigung freilich jeder positive Anhaltspunkt fehlt, würden sich die Draper'schen Zahlangaben leicht erklären.

Daß das Maximum der Zersetzungskraft für Kohlensäure den *mittleren rothen* Strahlen (zwischen *B* und *C*) zukomme, dürfte hienach als eine wohlbewiesene Thatsache zu betrachten seyn. Worauf ich aber noch ganz besonders und wiederholt aufmerksam machen möchte, ist der enorme Unterschied, welcher hinsichtlich ihrer assimilirenden Wirkung zwischen diesen *mittleren* und zwischen den *äußeren rothen* Strahlen (von *A* bis nahe vor *B*) bestehen muß, wenn anders die Eingangs aufgestellten theoretischen

Gesichtspunkte richtig sind. Während jene, energisch absorbirt und von großer Intensität, die höchste Zersetzungskraft besitzen, werden diese bei noch größerer Intensität gar nichts leisten, weil sie nicht absorptionsfähig sind. Diesen diametralen Gegensatz in der Wirkung zweier schmalen Spectralzonen, welche unmittelbar an einander gränzen, nach der Draper-Müller'schen Methode durch Assimilationsversuche in den Strahlen des objectiven Spectrums nachzuweisen, dürfte äußerst schwierig seyn. Um nun diesen Gegensatz augenfällig zu machen, habe ich im Juli 1871 folgenden einfachen Versuch angestellt.

In einer Anzahl Blumentöpfen wurden Bohnenpflanzen (sog. Ackerbohnen) erzogen. Zwei derselben, welche möglichst gleich waren, jede mit vier völlig entwickelten Blättern und mehreren noch unentwickelten Blättchen, beide gleich kräftig, wurden unter würfelförmigen Käfigen, deren Wände und Decke durch in Nuthen eingeschobene Glas tafeln gebildet waren, vor ein Fenster gestellt, an welches Vormittags einige Stunden lang die Sonne schien, und daselbst eine Woche lang stehen gelassen.

Jede Wand des einen Käfigs bestand aus einem blauen Kobaltglas und einem rothen Kupferoxydulglas, beide übereinandergeschoben. Die Combination dieser beiden farbigen Gläser läßt, wie ich früher ¹⁾ gezeigt habe, nur das äußere Roth von *A* bis *B* durch.

Die Wände des zweiten Käfigs bestanden ebenso aus je einer rothen und einer violetten Glastafel; durch sie konnte nur das mittlere Roth in merklicher Stärke hindurchgehen.

Beide Gläsercombinationen waren von so dunkler Nüance, daß man von außen die unter den Käfigen stehenden Pflanzen kaum sehen konnte; die zweite war jedoch ein wenig heller; mit dem Thermomultiplicator geprüft, zeigten sie nur einen sehr geringen Unterschied in ihrer Durchlässigkeit für Wärmestrahlen, und zwar ebenfalls zu Gunsten der zweiten.

1) Erythroskop und Melanoskop; Ann. Bd. 143 S. 483.

Die erste Bohnenpflanze befand sich demnach unter der Einwirkung der äusseren, die zweite unter der Einwirkung der mittleren rothen Strahlen.

Nach Verlauf einer Woche zeigte sich die erste Pflanze in ihrem Wachsthum zurückgeblieben und vollständig vergilbt; die jungen Blättchen hatten sich nicht weiter entwickelt, sondern hatten noch dieselbe Grösse wie bei Anfang des Versuchs.

Die zweite Pflanze dagegen war bis zur Decke ihres Käfigs emporgewachsen, ihre Blätter waren kräftig grün, die jungen Blättchen hatten sich ausgebreitet bis zur doppelten Grösse. Die Pflanze unterschied sich in nichts von ihren gleichaltrigen Schwestern, welche unterdessen dem diffusen Tageslicht ausgesetzt gewesen waren.

Dieser einfache Versuch zeigt, daß die *mittleren rothen* Strahlen für sich allein schon das Wachsthum einer Pflanze unterhalten können, die *äussern rothen* Strahlen aber hiezu unfähig sind.

Er zeigt ferner, daß es bei dieser Wirkung durchaus nicht auf die *Leuchtkraft* (denn jenes Roth war sehr dunkel), d. i. auf die im menschlichen Auge erregte Stärke der Empfindung, sondern einzig auf die *richtige Qualität* der Strahlen ankommt.

Erlangen, im December 1871.

VI. *Ein Käfer-Eudiometer, Vorschlag zu einem Vorlesungsversuch; von W. Müller in Perleberg.*

Ausgehend von dem Gedanken, ob bei ähnlich organisirten Thieren in der Menge der beim Athmen consumirten Sauerstoffs unter Berücksichtigung des Körpergewichts der Athmenden ein Anhalt zu gewinnen sey für die Charakteristik derselben, hatte ich eine Reihe von Versuchen