

Ueber das Chlorophyll der Pflanzen.

I. Abhandlung.

von F. Hoppe-Seyler.

1. Einleitende Bemerkungen über die optische und chemische Wirkung des grünen Farbstoffs der Pflanzen.

Durch die Untersuchungen von Ingenhousz, Sausure, Boussingault und Anderen ist bekanntlich festgestellt, dass in lebenden grünen Pflanzen durch Einwirkung des Sonnenlichtes chemische Umwandlungen hervorgerufen werden, bei welchen Kohlensäure gebunden und Sauerstoff in Freiheit gesetzt wird. Man hat allen Grund anzunehmen, dass durch diese chemischen Umwandlungen aus der Kohlensäure unter Abspaltung indifferenten Sauerstoffs organische Stoffe entstehen, aber man hat in den Prozess der chemischen Verwandlung selbst noch keinen Einblick gewonnen. Da sich auch analoge Vorgänge im Uebrigen nirgends darzubieten scheinen, ist nicht einmal eine Vermuthung über diese, man kann sagen wichtigste chemische Action des Lichtes bis jetzt aufgestellt.

Die allgemein geltende Annahme, dass der grüne Farbstoff der Pflanzen befähigt sei, die Zerlegung der Kohlensäure im Sonnenlichte auszuführen, stützt sich auf das allgemein verbreitete Vorkommen desselben von den niedrigsten bis zu den höchst organisirten Pflanzen, so weit sie nicht Schmarotzer sind und nicht nachweisbar von bereits vorgebildeten organischen Stoffen leben, wie Pilze; sie stützt sich ferner auf die spectroscopischen Erscheinungen, welche die grünen Pflanzen übereinstimmend geben. Während aber die grüne Farbe und die spectroscopischen Eigenthümlichkeiten

so übereinstimmend gefunden werden und hierdurch die Annahme einer solchen Funktion dieses Farbstoffs zu begründen scheinen, zeigt sich doch andererseits, dass die Funktion der Zerlegung der Kohlensäure mit dem Tode der Pflanzen aufhört, ohne dass die spectroscopischen Eigenschaften und die hiermit im nächsten Zusammenhange stehende grüne Farbe nothwendig eine bemerkbare Aenderung erfahren. Will man also jene Annahme festhalten, so wird die weitere Annahme nöthig, dass der grüne Farbstoff der Pflanzen beim Tode derselben eine chemische Umwandlung erleidet, ohne dass bemerkbare Aenderungen der Einwirkung des Lichtes auf den Körper hierdurch bewirkt wird.

Da mehrere analoge Vorgänge bekannt sind, hat die letztere Annahme von vornherein nichts Auffallendes. Farbe und spectroscopische Eigenschaften des Indigo werden z. B. nicht bemerkbar verändert, wenn Indigo in Indigoblauschwefelsäure umgewandelt wird. Wie ich früher hervorgehoben habe¹⁾, werden Lichtemissionen und Absorptionen nicht vom ganzen Molecule, sondern von den Atomen oder Atomgruppen bewirkt und die Bewegung derselben kann unter gleichen Verhältnissen dieselbe bleiben, wenn an andere Atome oder Atomgruppen Anfügung oder Abspaltung von Atomgruppen geschieht.

Wird nun die Lichteinwirkung auf Indigo nicht geändert, wenn es in Indigoblauschwefelsäure übergeht, so werden wir auch schliessen, dass die Atomgruppe, welche das gelbe Licht lebhaft absorbiert und damit die blaue Farbe des Indigo hervorruft, nicht diejenige ist, an welche die Schwefelsäure sich anfügt, sondern eine andere, welche z. B. bei der Bildung von Indigoweiss getroffen wird (also die Chinongruppe dieses Molecüls). Beim grünen Farbstoff der Pflanzen zeigen sich aber weitere Schwierigkeiten, insofern bei der Umwandlung desselben die Einwirkung auf das Licht un geändert bleibt und doch die chemische Wirkung des Lichtes, welche nur durch dieselbe lichtabsorbirende Atomgruppe bewirkt sein kann, aufhört. Der ganze Apparat scheint noch

¹⁾ Pogg. Ann. 1872. Bd. 147, S. 101.

vorhanden und im Lichte in Thätigkeit zu sein, ohne dass der vor dem Tode der Pflanze vorhandene Effect erreicht wird. Zur Zerlegung der Kohlensäure sind aber ohne Zweifel zwei Acte erforderlich, 1) die Anfügung der Kohlensäure, 2) die Losreissung von 2 Atomen Sauerstoff, die dann als freier indifferenten Sauerstoff auftreten. Die Anfügung der Kohlensäure wird von der Unveränderlichkeit der Stellung bestimmter Atome abhängen, die vielleicht durchaus andere sind, als diejenigen, welche durch das Licht in Bewegung gesetzt die eigentliche schwere Arbeit der Sauerstoffabspaltung ausführen. Wird aber der Apparat zur Anfügung der Kohlensäure verändert, Kohlensäure also nicht mehr aufgenommen, so kann kein Sauerstoff abgespalten werden, wenn auch die Apparate und Kräfte im Uebrigen hierzu vorhanden sind. Der erhobene Einwand ist sonach nicht im Stande, die Zulässigkeit der oben bezeichneten Annahme zu gefährden.

Einen Einblick in den physikalischen Apparat, durch welchen das Licht die Sauerstoffabspaltung zu bewirken scheint, gewinnt man durch die optische Untersuchung des Alkohol- oder Aetherausatzes grüner Pflanzen. Es tritt in diesem Auszug eine neuerdings häufig und eingehend untersuchte Fluorescenz ein, welche ziemlich einfarbiges Licht, nämlich nur solches von der Spectralregion zwischen B und C im Roth ausstrahlt. Diese Fluorescenz wird hervorgerufen durch die verschiedensten Lichtarten des Spectrum, besonders das violette und blaue Licht und durch rothes Licht von derselben Wellenlänge wie dasjenige, welches die Theilchen des Farbstoff fluorescierend aussenden. In dem gelösten Farbstoff befinden sich also Atome oder eine Gruppe derselben, welche mit der Wellenlänge des rothen Lichtes zwischen den Spectrallinien B bis C schwingen, sobald sie entweder durch Licht der gleichen Schwingungsgeschwindigkeit oder durch andere Lichtwellen, besonders violette oder blaue, in Bewegung gesetzt werden. Die Fluorescenz dieser Lösungen ist ausserordentlich stark, weil offenbar ein sehr bedeutender Theil der Lichtbewegung des Sonnenlichtes, welches auf sie fällt, in dieses fast einfarbige, fluorescierende Licht verwandelt wird.

Die Atomgruppe, welche dies fluorescirende Licht aussendet, muss eine sehr grösse und freie Beweglichkeit besitzen, da ihre Schwingungen so regelmässige sind und die verschiedensten Stösse, welche sie durch Lichtbewegung erhält, sie zu ihren regelmässigen Pendelschwingungen veranlassen. In diesen Schwingungen sammeln sich die Lichtwirkungen und der Gedanke lässt sich nicht abweisen, dass diese Atomgruppe es ist, welche in der lebenden Pflanze die Arbeit der Abspaltung des indifferenten Sauerstoffs ausführt, wenn es auch noch nicht möglich erscheint, die Leistungsfähigkeit dieser Schwingungen in ihrer Abhängigkeit von der Beleuchtung zu messen.

Die Lichtabsorptionsverhältnisse in der lebenden grünen Pflanze sind, soweit die Vergleichung bis jetzt ausgeführt ist, dieselben wie in dieser alkoholischen oder ätherischen Lösung, nur kommen bei vielen Pflanzen noch Absorptionsstreifen hinzu, welche von der gleichzeitigen Anwesenheit anderer Farbstoffe bewirkt werden. Die lebende Pflanze zeigt aber keine Fluorescenz, ebensowenig die getödtete, wenn auch ihre Absorptionsverhältnisse noch ungeändert scheinen; auch der Verdampfungsrückstand des alkoholischen oder ätherischen Auszugs zeigt keine Fluorescenz, dieselbe erscheint aber bei der Behandlung mit Alkohol oder Aether in der Lösung sofort wieder. Es ergibt sich hieraus, dass in der Pflanze und im trockenen Rückstand durch das absorbirte Licht andere Effecte als Lichtschwingungen durch die bewegliche Atomgruppe ausgeführt werden.

Das eigenthümliche Absorptionsspectrum und die rothe Fluorescenz der Farbstofflösung müssen nun auch der Leitstern sein für die Erforschung der chemischen Constitution des Farbstoffs und besonders jener beweglichen Atomgruppe desselben.

Ich glaube durch die in den folgenden Zeilen zu schildernden Untersuchungen einen ersten Schritt in dieser Richtung gethan zu haben, der wichtige weitere Ergebnisse verspricht.

2. Gewinnung des Chlorophyllan.

Um Missverständnissen vorzubeugen, bezeichne ich mit dem Namen Chlorophyll den hypothetischen grünen Farbstoff in der lebenden Pflanze, welcher Kohlensäure aufnimmt und Sauerstoff abspaltet, und nehme an, dass in der alkoholischen oder ätherischen Lösung Zersetzungsprodukte dieses Körpers enthalten seien, welche dem Chlorophyll in der chemischen Constitution sehr nahe stehen. Um diese Umwandlungsprodukte möglichst rein zu gewinnen, war es nöthig, andere in Aether und Alkohol lösliche Stoffe zu entfernen. Dies gelingt hinsichtlich des Wachses, welches die Epidermis der Pflanzen überzieht, sehr leicht durch Behandlung mit grossen Mengen Aether. Allerdings wird durch diese Behandlung auch etwas grüner Farbstoff extrahirt, seine Quantität ist aber unbedeutend; nach der erschöpfenden Behandlung mit Aether kann durch heissen Alkohol der Farbstoff fast vollständig entzogen werden.

Zu meinen Versuchen dienten Grasblätter, welche frisch von den Stengeln abgepflückt in Kolben gefüllt, mit Aether übergossen und 24 Stunden stehen gelassen wurden. Nach Abgiessen der ätherischen Lösung wurden von Neuem die Grasblätter unter Aether gebracht, 24 Stunden stehen gelassen, abgegossen und dann zum 3. Male mit Aether 6—24 Stunden stehen gelassen. Eine vierte Extraktion mit Aether ergab sich als überflüssig. Nach dieser erschöpfenden Behandlung mit Aether, wurden die Grasblätter mit absolutem Alkohol auf dem Wasserbade bis zum Sieden des Alkohols erhitzt, dann 24 Stunden stehen gelassen, abermals erhitzt und heiss filtrirt. Die alkoholische Lösung wurde gewöhnlich, um sie recht concentrirt zu erhalten, nochmals zur Extraktion einer zweiten mit viel Aether in der geschilderten Weise behandelten Portion Grasblätter benutzt und heiss filtrirt. Beim Erkalten der concentrirten Farbstofflösung und Stehen über Nacht schieden sich feine rothe, verzogen rechtwinkliche Krystallblättchen aus, schön roth im durchfallenden, grünlich bis weiss-silberglänzend im auffallenden Lichte, schwer löslich in heissem Alkohol, auch nicht leicht löslich mit gelber Farbe

in Aether, welche offenbar identisch sind mit den von Bougarel¹⁾ unter dem Namen Erythrophyll beschriebenen Krystallen, deren weitere Schilderung und Untersuchung ich vorläufig unterlasse, weil Bougarel sich das weitere Studium derselben vorbehalten hat. Nach Abtrennung dieser Krystalle durch Filtration wurde die Lösung bei mässiger Wärme in Glasschalen auf dem Wasserbade verdunstet, der Rückstand mehrmals mit Wasser behandelt, welches Salze und viel Zucker aufnahm, dann in Aether gelöst, filtrirt und bei loser Bedeckung die Lösung zur Verdunstung hingestellt.

Alle die genannten Prozeduren wurden im verdunkelten Zimmer ausgeführt, die Extraktion beim Stehen der Lösung in völliger Dunkelheit vorgenommen.

Um den Gehalt an optisch wirksamen Farbstoff in den ätherischen und den alkoholischen Auszüge vergleichen zu können, habe ich eine Titirung in der Weise ausgeführt, dass ich in einer vierseitigen Flasche von 3,5 Cm. innerem Durchmesser zu einer gemessenen Menge des ätherischen oder alkoholischen Auszugs so lange gemessene Mengen absoluten Alkohols hinzufliessen liess, bis bei spectroscopischer Untersuchung mit einem Browning'schen Taschenspectroscop bei constanter Beleuchtung der Absorptionsstreifen B bis C des Farbstoffs nicht mehr deutlich begrenzt, aber noch erkennbar war. Ich habe mich überzeugt, dass eine derartige Titirung bei denselben Lösungen des Farbstoffs gut übereinstimmende Resultate gibt, wenn man sich auf diese Endreaktion eingeübt hat.

Es wurde dann von den optisch verglichenen Farbstofflösungen der Gehalt an festen Rückstand bestimmt und mit der optischen Wirksamkeit in Vergleich gestellt. Ich erhielt z. B. nach dieser Methode die Endreaktion bei einem Gehalte von 0,0517 p. Mille an festen Stoffen im ersten, von 0,01283 p. Mille an festen Stoffen im zweiten Aetherauszuge der Grasblätter, im nachher angefertigten heissem Alkoholauszuge bei einem Gehalte von 0,00737 p. Mille an festen Stoffen. Wäre diese alkoholische Lösung reine Farbstofflösung ge-

¹⁾ Bullet. de la soc. chim. de Paris. T. 27, p. 442.

wesen, so hätte sich in der ersten ätherischen Lösung neben 0,00737 p. Mille Farbstoff noch 0,04433 p. Mille Verunreinigung gefunden, also nur ungefähr $\frac{1}{7}$ des Rückstandes, im ersten Aetherextrakt war Farbstoff. Das Verhältniss erweist sich aber als noch viel ungünstiger, wenn man die alkoholische Farbstofflösung selbst weiter zerlegt, denn auch diese enthält noch fremde optisch inactive oder weniger active Stoffe. Der Rückstand dieser alkoholischen Lösung wurde nach Entfernung der in Wasser löslichen Stoffe, zunächst mit kaltem Alkohol in geringerer Quantität behandelt, die Lösung abfiltrirt, der Rückstand mit Aether gelöst und der in Aether am schwersten lösliche Theil aus heissem Alkohol umkrystallisirt. Alle drei Portionen wurden dann in der beschriebenen Weise auf ihren Gehalt an optisch-wirksamer Substanz und Gehalt an festen Stoffen untersucht.

Der in kaltem Alkohol lösliche Theil gab 0,02906 gr. feste Stoffe im Liter, wenn bei 3,5 Cm. dicker Schicht mit dem Spectroscope noch der Absorptionsstreifen B bis C erkennbar aber schlecht begrenzt war, der weniger lösliche Theil gab bei dieser optischen Wirkung nur 0,00445 gr. feste Stoffe im Liter und der am schwersten lösliche aus heissem Alkohol umkrystallisirte Theil gab nur 0,00153 gr. feste Substanz im Liter, wenn er bei 3,5 Cm. dicker Schicht spectroscopisch untersucht noch einen deutlichen aber schlecht begrenzten Absorptionsstreifen B bis C im Spectrum erkennen liess. Noch bei einem Gehalte von 1 mgr. im Liter war die Absorption B bis C und im auffallenden Lichte die Fluorescenz vollkommen deutlich zu erkennen.

Es ergibt sich aus diesen Untersuchungen, dass der Aether den Grasblättern sehr viele Stoffe entzieht, welche nicht dem grünen Farbstoff zugehören, ferner dass der Alkoholauszug den optisch-wirksamsten Körper in seinem in Alkohol und in Aether am schwersten löslichen Theile enthält.

Zur Darstellung dieser Substanz ist es am zweckmässigsten in folgender Weise zu verfahren: Der Rückstand des heissen Alkoholauszuges der vorher dreimal mit Aether

in der angegebenen Weise behandelten Grasblätter wird nach dem Waschen mit kaltem Wasser in Aether gelöst, filtrirt und im lose bedeckten Glase zur Verdunstung hingestellt. Wenn ein Theil des Aethers verdunstet ist, zeigen sich an der Wandung und am Boden des Gefässes körnige Krystalle, im durchfallenden Lichte braun, im auffallenden Lichte dunkelgrün gefärbt. Wenn der Aether grösstentheils verdunstet ist, scheiden sich auch dunkelgrüne ölige Tropfen aus. Der Niederschlag wird nun mit kaltem Alkohol gewaschen und das Ungelöste in heissem Alkohol gelöst, heiss filtrirt. Die beim Erkalten sich abscheidenden Körner werden abfiltrirt, wieder mit etwas kaltem Alkohol gewaschen, in Aether gelöst und beim Verdunsten des Aethers in reineren Krystallen gewonnen. Durch Wiederholung der Behandlung mit kaltem Alkohol, Lösen in heissem Alkohol, Erkaltenlassen der Lösung und Umkrystallisiren der ausgeschiedenen Krystalle aus der Lösung in Aether wird der Farbstoff rein gewonnen. Die alkoholischen Lösungen geben beim Einengen weitere Quantitäten dieses dunkeln Farbstoffs, der dann durch Wiederholung des angegebenen Verfahrens gereinigt wird. Die Quantität der auf diese Weise gewonnenen Krystalle ist nicht bedeutend, ein ziemlich erheblicher Theil des Farbstoffs bleibt in den leichter löslichen Mutterlaugen und krystallisirt nicht.

Da der nach dem beschriebenen Verfahren gewonnene Farbstoff in mikroskopischen Krystallen noch nicht beobachtet und beschrieben zu sein scheint, gebe ich ihm wegen der unzweifelhaft sehr nahen Beziehung, in welcher derselbe zum grünen Farbstoff der lebenden Pflanze steht, den Namen Chlorophyllan.

3. Eigenschaften und Zusammensetzung des Chlorophyllan.

Das Chlorophyllan scheidet sich aus der ätherischen Lösung in kugeligen Körnern und Krusten aus, wenn dieselbe bei gewöhnlicher Temperatur verdunstet; die Krystallisation ist vollständig, auch mit dem Mikroskop keine amorphe Substanz zwischen den Krystallen zu entdecken. Die Form der Krystalle ist ähnlich der der Palmitinsäure, sichelförmig ge-

bogene, spitzwinklige Täfelchen, oft rosettenförmig, oder radial nach allen Richtungen um einen Punkt gestellt, im auffallenden Lichte schwärzlichgrün, sammtartig mit etwas Metallglanz, im durchfallenden Lichte braun. Die Substanz besitzt die Consistenz von Bienenwachs, klebt an Glas oder Metall leicht fest und ist davon ohne Auflösung nicht zu entfernen.

Durch längeres Stehen über Schwefelsäure im Exsiccator oder im Recipienten der Luftpumpe verlieren die Krystalle zunächst etwas an Gewicht, indem wahrscheinlich noch etwas Alkohol und Aether in denselben hartnäckig zurückgehalten wird. Sind sie dann einmal über Schwefelsäure bei gewöhnlicher Temperatur gut getrocknet, so verlieren sie beim Erhitzen bis über 110° sehr wenig oder gar nichts von ihrem Gewicht. Beim Erhitzen der nicht sorgfältig getrockneten Krystalle kann Schmelzen schon bei ungefähr 100° eintreten, gut getrocknete Krystalle schmelzen selbst bei 110° noch nicht. Bei weiterer Erhöhung der Temperatur schmilzt die Substanz, doch habe ich den Schmelzpunkt noch nicht genau festgestellt; die erhaltene glänzend schwarze Flüssigkeit kann dann ziemlich hoch erhitzt werden, ehe sich Gasentwicklung unter Aufschäumen einstellt, weiter an der Luft erhitzt, verbrennt die Masse mit helleuchtender Flamme und hinterlässt eine schwer verbrennliche Kohle, welche Phosphorsäure und Magnesium enthält.

Wie die geschilderte Darstellung des Körpers ergibt, löst sich das Chlorophyllan schwer in kaltem, leichter in heissem Alkohol, leicht in Aether; auch in Benzol, Chloroform, Petroläther ist es leicht löslich. Die Lösung in Aether lässt bei 3,5 Cm. Dicke der Schicht spectroscopisch die charakteristische Absorption im Roth zwischen den Linien B und C noch wohl erkennen, wenn dieselbe nur 1 mgr. Farbstoff im Liter enthält. Die Lösungen zeigen die bekannte rothe Fluorescenz der alkoholischen oder ätherischen Auszüge grüner Pflanzen sehr intensiv, sie weichen aber darin von den frisch bereiteten Pflanzenauszügen ab, dass sie im durchfallenden Lichte nicht die schöne, für das Auge so an-

genchme bläulich grüne, sondern eine weniger reine olivengrüne Farbe besitzen, wie Pflanzenauszüge, die dem Sonnenlichte einige Zeit ausgesetzt waren, und bei der spectroscopischen Untersuchung nicht sehr verdünnter Lösungen des Chlorophyllan findet man dem entsprechend die beiden Absorptionsbänder zwischen D und F im Sonnenspectrum viel dunkler und breiter als in frischen Pflanzenauszügen, in denen sie nur sehr wenig angedeutet sind aber beim Stehen in dem Sonnenlicht bald gleichfalls mit grosser Intensität auftreten. Ich werde später auf diese Farbenercheinungen näher eingehen, hier mögen diese Andeutungen genügen, um zu zeigen, dass das Chlorophyllan als solches in den Pflanzen wohl nicht existiren mag, sondern erst bei der angegebenen Behandlung entsteht.

Die analytischen Operationen werden durch die Consistenz des Chlorophyllan sehr erschwert und der Gehalt an Phosphorsäure erfordert bei der Verbrennung die Anwendung starker Glühhitze. Die folgenden Bestimmungen wurden durch Verbrennung mit Kupferoxyd und Kupfer im Luftströme im Platinschiffchen für C und H, nach dem volumetrischen Verfahren von Dumas für N-bestimmung ausgeführt, Phosphorsäure und Magnesium wurden nach Verbrennung mit Salpeter und Soda ausgeführt durch Fällung der mit Salpetersäure angesäuerten wässerigen Lösung der Schmelze mit viel Ammoniak, Filtration nach 24 Stunden und Fällung des Filtrats mit ammoniakalischer Magnesiummischung.

Es wurden folgende Werthe erhalten:

I.	0,2143 gr. Subst. bei 109° getr.	gab 0,1889 gr. H ₂ O und 0,5770 gr. CO ₂ .
II.	0,1741	» 105° » 0,1514 » 0,4977 »
III.	0,3355	» 105° » 17,0 Cc. N ₂ v. 21,9° u. 0,7292 M. Dr.
IV.	0,2074	» 105° » 11,1 » » 22,0° » 0,7034 M. »
V.	0,2573	» 110° » 0,0041 gr. P ₂ O ₇ Mg ₃ und 0,0087 gr. P ₂ O ₇ Mg ₃ .

Hieraus ergeben sich die procentischen Werthe:

C	73,43	73,26	—	—	—
H	9,79	9,66	—	—	—
N	—	—	5,62	5,75	—
P	—	—	—	—	1,38
Mg	—	—	—	—	0,34

Als Mittel der einzelnen Bestimmungen wurde die procentische Zusammensetzung des Chlorophyllan erhalten:

C	73,345
H	9,725
N	5,685
P	1,380
Mg	0,340
O	9,525

Diese Werthe lassen erkennen, dass eine empirische Formel des Chlorophyllan sich ohne Weiteres nicht aufstellen lässt, dieselbe müsste ausserordentlich complicirt werden durch den niedrigen Gehalt an Phosphor und an Magnesium. Der Gedanke lag hier nahe, dass Phosphor- und Magnesiumgehalt nur durch Verunreinigung mit dem bei Thieren und Pflanzen allgemein verbreiteten Lecithin hervorgerufen seien. Ich untersuchte daher den Theil des Alkoholauszugs der Grasblätter, welcher von den Krystallen des Chlorophyllans durch kalten Alkohol abgetrennt war. Wenn Lecithin beim Krystallisiren des Chlorophyllans mitgefällt war, so dürfte man erwarten, dass die Mutterlauge die von den Krystallen getrennt wurde, viel reicher an dem in Alkohol leicht löslichen Lecithin sein werde. Da ferner beim Auskochen des mit Aether erschöpften Hühnereidotter mit Alkohol mit dem gelösten Lecithin nach den Erfahrungen von Diacnow und mir sehr geringe Mengen von Calcium in Lösung übergehen, so konnte man auch hier eine solche Aufnahme von Magnesium mit dem Lecithin, entweder in Verbindung mit demselben oder als Verbindung mit Oelsäure oder fetten Säuren erwarten. Die Untersuchung der in kalten Alkohol löslichen Stoffe ergab aber einen geringeren Gehalt an Phosphor und an Magnesium als in den Krystallen des Chlorophyllans. Von 1,4177 gr. dieser in kalten Alkohol leichter löslichen Stoffe, welche offenbar noch etwas Chlorophyllan enthalten, wurden nach Verbrennung mit Salpeter und Soda nur 0,0100 gr. $P_2 Mg_2 O_7$ durch Aetzammoniak gefällt und dann durch ammoniakalische Magnesiamischung noch 0,0088 gr. $P_2 Mg_2 O_7$, so dass hiernach der Gehalt an Phosphor nur 0,370 % und der an Magnesium 0,152% beträgt. Da sonach

eine einfache Verunreinigung mit Lecithin und Magnesiumsalz nicht die Ursache des Phosphor- und Magnesiumgehaltes vom Chlorophyllan sein kann, muss durch die Spaltungsprodukte dieses Körpers der Aufschluss gesucht werden über die Frage, in welcher Verbindung beide Elemente in demselben enthalten sind. Ich bin mit der Bearbeitung dieses Gegenstandes beschäftigt und behalte mir das weitere Studium dieses Körpers vor.

Herrn Dr. A. Kossel, Assistenten am physiologisch-chemischen Institut zu Strassburg, habe ich für die werthvolle Unterstützung, die er mir bei diesen Untersuchungen hat zu Theil werden lassen, meinen Dank auszusprechen.