

51. L. Kny: Die Abhängigkeit der Chlorophyllfunction von den Chromatophoren und vom Cytoplasma.

Eingegangen am 24. Juli 1897.

Unsere Vorstellungen von der Leistung des Chlorophyllfarbstoffes in der lebenden Zelle beruhen bekanntlich auf sehr unsicheren Grundlagen. Um zur Befestigung derselben einen kleinen Beitrag zu liefern, sollen im Folgenden zwei schon mehrfach behandelte Fragen eine kurze Erörterung finden:

1. Vermag der Chlorophyllfarbstoff, wenn seine organisirte Grundlage, der Chromatophor, getödtet wurde, oder wenn er durch Lösungsmittel aus der lebenden Pflanze ausgezogen ist, Kohlensäure zu zerlegen und Sauerstoff abzuscheiden?

2. Vermögen, falls diese Frage verneint werden muss, Chloroplasten, welche einer Zelle frisch entnommen wurden, aber von Cytoplasma vollständig entblösst sind, den Kohlenstoff der Kohlensäure ebenso zu assimiliren wie im Zusammenhange mit der lebenden Zelle?

Als weitere, durch frühere Untersuchungen nur zum Theil berührte Frage schliesst sich den beiden ersten folgende an:

3. Geht die Schädigung der Chlorophyllfunction durch äussere Agentien mit derjenigen der übrigen organisirten Inhaltsbestandtheile der Zelle (Cytoplasma, Zellkern) genau parallel?

I.

Nachdem BOUSSINGAULT¹⁾ und JODIN²⁾ gezeigt hatten, dass Laubblätter, wenn sie durch scharfes Austrocknen getödtet und nachher wieder angefeuchtet worden sind, im abgeschlossenen Raume den Kohlensäuregehalt der Luft nicht vermindern, sondern um ein Geringes erhöhen, galt es als festgestellt, dass der Chlorophyllfarbstoff ohne die organisirte Unterlage des Chromatophors den Kohlenstoff der Kohlensäure nicht zu assimiliren vermag. Neuerdings wurde diese Ueberzeugung indess durch REGNARD³⁾ erschüttert. Derselbe durchtränkte kleine Lamellen reiner Cellulose durch Einlegen in alkoholische oder ätherische Chlorophylllösungen mit dem grünen Farbstoffe, liess sie gut austrocknen und setzte sie im SCHÜTZENBERGER'schen Reagens (einer

1) *Agronomie, Chimie agricole et Physiologie*, IV. (1868), S. 317 ff.

2) *Comptes rendus etc.* 102. (1886, 1), S. 264.

3) *Comptes rendus etc.*, 101. (1885, 2), S. 1293.

Lösung von Bleu Coupier¹⁾, welche durch genügenden Zusatz von hydroschwefligsaurem Natrium eben entfärbt war) dem Einflusse des Sonnenlichtes aus. Nach zwei bis drei Stunden fand in der Flüssigkeit deutliche Blaufärbung statt, während im Dunkeln die Färbung des Reagens keine Veränderung erfahren hatte.

Da die lange Zeit (zwei bis drei Stunden), welche in den REGNARD'schen Versuchen zur Blaufärbung erforderlich war, von vorn herein Bedenken erregen musste, und überdies die Zuverlässigkeit des Reagens durch JODIN²⁾ und PRINGSHEIM³⁾ auf Grund von Nachprüfungen in Zweifel gezogen worden war, erschien es mir wünschenswerth, ein eigenes Urtheil über die Brauchbarkeit der Methode zu gewinnen.

Die Lösung des hydroschwefligsauren Natriums wurde anfangs nach der in TIEMANN-GÄRTNER's „Handbuch der Untersuchung und Beurtheilung der Wässer“ (4. Aufl., 1895) auf S. 317 gegebenen Vorschrift dargestellt. Beim Fortgange der Versuche erwies sich mit Rücksicht auf die ausschliesslich qualitativen Zwecke der Untersuchung eine Vereinfachung des Verfahrens als zulässig. Etwa 30 g Natriumbisulfid (NaHSO_3) wurden in etwa 100 ccm Leitungswasser gelöst. Nach Zusatz von Zinkstaub wurde die Flüssigkeit ca. 5 Minuten geschüttelt und mit dem fünf- bis zehnfachen Volumen Leitungswasser verdünnt. Diese Lösung wurde, nachdem sie filtrirt war, mit ziemlich dicker Kalkmilch so lange versetzt, bis eine geringe Bläuung des rothen Lakmuspapieres eintrat. Die nach dem Absetzen überstehende Flüssigkeit war das gewünschte Reagens. Dasselbe konnte abgessen oder filtrirt werden. Das Präparat wurde in ganz gefüllten Flaschen aufbewahrt.

Wie TIEMANN und GÄRTNER hervorheben, ist das Reagens weit entfernt, ein chemisch reines Präparat zu sein, sondern enthält ausser Natriumhydrosulfid noch Sulfate, Sulfit und Thiosulfite des Natriums, Calciums, Zinks, sowie überschüssiges Calciumhydrat bezw. dadurch in Freiheit gesetztes Natriumhydrat⁴⁾.

Auf obige Weise bereitet, ist die Flüssigkeit farblos. Fügt man so viel von ihr zu einer wässrigen Lösung von Indigocarmin⁴⁾, dass

1) In der „Tabellarischen Uebersicht der im Handel befindlichen künstlichen organischen Farbstoffe“ von GUSTAV SCHULTZ und PAUL JULIUS, 3. Aufl. (Berlin 1897), befindet sich auf S. 188 nur ein in Alkohol lösliches Bleu Coupier erwähnt, welches zu den REGNARD'schen Versuchen nicht gedient haben kann. Wahrscheinlich ist REGNARD's Bleu Coupier identisch mit dem wasserlöslichen Nigrosin (l. c., S. 190).

2) Sur une réaction photochimique de la liqueur oxymétrique de M. SCHÜTZENBERGER. Comptes rendus etc., 102. (1886, 1), S. 767.

3) Ueber die chemischen Theorien der Chlorophyllfunction und die neuen Versuche, die Kohlensäure ausserhalb der Pflanze durch den Chlorophyllfarbstoff zu zerlegen. (Ber. der Deutsch. Bot. Gesellsch., IV. (1886), S. XXXVI.)

4) Aus SCHERING's Apotheke in Berlin bezogen. Der Farbstoff ist indigblausulfonsaures Natrium. Er wird im Handel auch als Indigotin bezeichnet. Dieser von TIEMANN-GÄRTNER empfohlene Farbstoff wurde für den grösseren Theil der Ver-

letztere eben noch entfärbt wird, so zeigt nun das Gemenge einen deutlich gelblichen Farbenton.

JODIN¹⁾ erklärt das Reagens bei seinen mit Bleu Coupier angestellten Versuchen für den in Frage stehenden Zweck für unbrauchbar, weil ein entfärbtes Gemenge sich schon durch blosse Einwirkung des Sonnenlichtes blau färbe, während es im Dunkeln unzersetzt bleibe.

Diese JODIN'sche Angabe ist bis zu einem gewissen Grade auch für unser Indigocarmin zutreffend. Fügt man einer in eine Flasche gefüllten, durchsichtig dunkelblauen Lösung desselben soviel von dem obigen Reagens zu, dass sie entfärbt wird, und schützt den Stöpsel durch ein Gemenge von Wachs und Vaseline, oder durch Eintauchen der umgekehrten Flasche in Quecksilber gegen den Eintritt von Sauerstoff, so erfolgt bei Besonnung im günstigsten Falle schon nach etwa fünf Minuten eine schwache oder stärkere Blaufärbung, während dieselbe im Dunkeln ausbleibt. Erwärmt man dagegen die Flüssigkeit, bevor man sie dem Lichte aussetzt, zum Kochen und stellt rasch den Verschluss her, so unterbleibt nun die Blaufärbung bei Besonnung, ohne dass die Flüssigkeit, wie man sich leicht überzeugen kann, ihre Empfindlichkeit für Sauerstoff verloren hätte. Setzt man einem Quantum der Flüssigkeit, welche nicht vorher gekocht war und sich durch Besonnung blau gefärbt hatte, nachher einige Tropfen Natriumhydrosulfid zu, bis sie eben wieder den gelblichen Farbenton angenommen hat, so erfolgt nun bei Luftabschluss keine erneute Blaufärbung im directen Sonnenlichte mehr. Man kann die Flüssigkeit jetzt Tage lang für den Versuch aufbewahren. Hiernach handelt es sich wahrscheinlich nicht um eine Zersetzung des frisch bereiteten Reagens durch das Licht, sondern um eine durch Licht- oder Wärmewirkung erfolgende Entbindung geringer Mengen in der Flüssigkeit festgehaltenen Sauerstoffes.

Hat die gelbliche Flüssigkeit, sei es, dass sie auf die eine oder die andere der letztbezeichneten Weisen vorher behandelt wurde, durch mehrtägiges Stehen im Sonnenlichte unter Luftabschluss ihre Beständigkeit erwiesen, so ist sie als vorzügliches Reagens für unseren Zweck verwendbar²⁾. Sie hat den Vorzug, rasch zu wirken und lebende Pflanzentheile nicht erheblich zu schädigen³⁾. Bringt man einen durch ein Stückchen Glas beschwerten frischen Spross von *Elodea canadensis* oder *Funaria hygrometrica* in eine mit ihr gefüllte Flasche, schliesst dieselbe sorgfältig gegen die Atmosphäre ab und besonnt, so entsteht

suche verwendet, da die Identität des Bleu Coupier mit einem der mir erreichbaren Farbstoffe sich nicht mit absoluter Sicherheit ermitteln liess.

1) l. c., S. 768

2) Am meisten empfiehlt sich die Verwendung in mittlerer Concentration. Das spezifische Gewicht einer sehr brauchbaren Flüssigkeit wurde zu 1,004 bestimmt.

3) Sprosse von *Elodea canadensis* zeigten nach mehrtägigem Liegen in der Flüssigkeit noch Protoplasmaströmung.

nach wenigen Minuten ein deutlich blauer Hof, von welchem sich allmählich blaue Fäden nach aufwärts ziehen. Auch das Austreten kleiner Gasbläschen wurde beobachtet. In einigen Fällen besass selbst das durch einen wassergefüllten Glaskolben concentrirte Licht einer Auerflamme genügende Helligkeit, um die Bläuung hervorzurufen. Ist dieselbe noch nicht sehr weit vorgeschritten, so bedurfte es nur einer geringen Bewegung der Flasche, sie wieder verschwinden zu lassen. Der Versuch liess sich dann mit dem gleichen Objecte wiederholen¹⁾.

Nachdem auf solche Weise die Brauchbarkeit des Reagens für den vorliegenden Zweck festgestellt war, wurden mit dessen Hilfe folgende Versuche ausgeführt:

1. Es wurde in zwei mit gut vorbereiteter Flüssigkeit gefüllte Flaschen je ein Spross von *Elodea canadensis* gebracht, von denen der eine lebend, der andere durch kurzes Brühen oder scharfes Eintrocknen getödtet war. Während der erstere sich bei directer Besonnung nach einigen Minuten mit einem deutlichen blauen Hofe umgab, von welchem aus blaue Fäden emporstiegen, war an dem getödteten Sprosse Nichts derart zu bemerken. Wiederholung des Versuches führte stets zu dem gleichen Resultate.

2. Es wurden lebhaft grüne Sprosse von *Selaginella Martensii* im Dunkeln mit Aether übergossen, in die Lösung kleine Stücke schwedischen Fliesspapieres geworfen und der Aether der Verdunstung überlassen. Nachdem sich aller Aether verflüchtigt hatte, wurde, gleichfalls unter Lichtausschluss, ein Stückchen des grüngefärbten Fliesspapieres in eine, wie oben angegeben, vorbereitete Flasche mit SCHÜTZENBERGER'schem Reagens eingeführt und letztere der Besonnung ausgesetzt. Das Resultat war, wie nach der ersten Versuchsreihe vor auszusehen war, ein negatives.

Im Anschlusse an die vorstehenden mit Indigocarmin ausgeführten Versuche wurde die SCHÜTZENBERGER'sche Reaction noch mit zwei anderen blauen Farbstoffen erfolgreich versucht, nämlich mit dem wasserlöslichen Nigrosin, welches wahrscheinlich mit dem von REGNARD benützten Bleu Coupier identisch ist, und mit Thiocarmin R. von LEOPOLD CASELLA & CO. in Frankfurt a. M.

Beide erwiesen sich für die Zwecke der Untersuchung ebenfalls durchaus brauchbar und färbten sich nach Zusatz von hydroschwefligsaurem Natrium und nach entsprechender Vorbereitung am Lichte ohne Zutritt freien Sauerstoffes nicht blau. Die mit diesen beiden Farbstoffen an frischen und getödteten grünen Pflanzentheilen gewonnenen Resultate stimmten mit denen, wo Indigocarmin Verwendung gefunden hatte, vollkommen überein.

1) Derselbe ist als Vorlesungsversuch zur Demonstration der Sauerstoff-Ausscheidung im Lichte sehr zu empfehlen.

Die mit dem SCHÜTZENBERGER'schen Reagens gewonnenen Ergebnisse mussten dazu auffordern, die Frage, ob der Chlorophyllfarbstoff allein, sei es, dass er durch ein Lösungsmittel aus den Chloroplasten ausgezogen und auf einen indifferenten Fremdkörper (z. B. Fliesspapier) übertragen, sei es, dass er nach Tödtung der Chloroplasten in ihnen zurückgeblieben ist, mit Hilfe der bekannten ENGELMANN'schen Bacterienmethode einer nochmaligen Prüfung zu unterwerfen.

Die sauerstoffempfindlichen Bacterien wurden in den meisten Fällen durch Faulen von Rindfleisch, seltener durch Faulen von Kartoffeln in Leitungswasser beschafft und vor jedem Versuche mit Hilfe von Spirogyren, Moosblättern oder *Nitella*-Blättern auf ihre prompte Reactionsfähigkeit geprüft. Liess letztere, was zuweilen der Fall war, zu wünschen übrig, so wurde von der Anstellung von Versuchen Abstand genommen. Als Lichtquelle diente meist eine Auerflamme, welche unter Zuhilfenahme eines wassergefüllten Kolbens und des ABBE'schen Condensors das Gesichtsfeld des Mikroskopes so hell beleuchtete, dass bei gutem Bacterienmaterial die Erscheinungen in prägnantester Weise eintraten.

Nachdem ein Tropfen Bacterienflüssigkeit auf den Objectträger gebracht war, wurden in einer Reihe von Versuchen theils durch Brühen, theils durch scharfes Eintrocknen getödtete Blattstückchen von *Funaria* und *Elodea*, ferner Stückchen mit Chlorophyllfarbstoff getränkten Fliesspapieres und endlich Tröpfchen von Olivenöl, welche mit frischen Sprossen von *Selaginella Martensii* in einer Schale verrieben waren und sich mit deren Chlorophyll insensiv grün gefärbt hatten, in denselben eingeführt. In allen Fällen war das Resultat das gleiche: — es trat bei Beleuchtung in der Nähe solcher Chlorophyll-Präparate keine Bacterien-Reaction ein.

Es ist demnach als erwiesen zu betrachten, dass der Chlorophyllfarbstoff ohne Mitwirkung der lebenden Chloroplasten Sauerstoff im Lichte nicht zu entbinden vermag.

II.

Die zweite, Eingangs gestellte Frage, ob isolirte Chlorophyllkörner unter im Uebrigen günstigen Bedingungen, ausserhalb der lebenden Zelle Sauerstoff zu entbinden vermögen, ist in den letzten Jahren von mehreren Forschern in bejahendem Sinne beantwortet worden.

ENGELMANN¹⁾, der Entdecker der neuen, höchst empfindlichen Bacterienmethode, sagt: „Einzelne, völlig isolirte Chlorophyllkörper von noch nicht 0,005 mm Durchmesser können noch lange fortfahren, im Lichte Sauerstoff auszuhauchen (sehr schön nachweisbar bei *Hydra*

1) Botan. Zeitung, 1881, S. 446.

*viridis*¹⁾, aber auch bei vielen Pflanzenzellen). Auch partiell abgestorbene Chlorophyllkörper können noch mit den ungestörten Abschnitten O ausscheiden (sehr bequem demonstrirbar bei *Mesocarpus*, *Spirogyra*, *Navicula*, *Closterium* u. a.).“

G. HABERLANDT²⁾ bestätigte die ENGELMANN'schen Beobachtungen für isolirte Chlorophyllkörner von *Funaria hygrometrica*. Er sagt wörtlich³⁾: „Die schwärmenden Bacterien zeigten um dieselben nicht selten eine deutliche Ansammlung in gleicher Art, wie um ungefähr gleich grosse Algenzellen; ihre ungemein lebhafteste Bewegung wurde sofort verlangsamt, wenn man das Licht stark abdämpfte. In anderen Fällen war zwar eine entschiedene Ansammlung der Bacterien um die betreffenden Chlorophyllkörner nicht zu beobachten, doch fielen die besonders lebhaften Bewegungen der Schwärmer in ihrer Nähe auf; auch konnte man sehen, wie die nach der Berührung mit dem Chlorophyllkorn zurückprallenden Bacterien wiederholt umkehrten und auf's Neue dem Korne zueilten. Allerdings gab es stets eine Anzahl von scheinbar intacten Chlorophyllkörnern, die auf die Bewegungen der Bacterien gar keinen Einfluss ausübten; dieselben waren in ihrer feineren Organisation ohne Zweifel bereits geschädigt und nicht mehr im Stande zu assimiliren. — Jedenfalls folgt aus der häufig genug constatirten Ansammlung der Bacterien um die ganz isolirten Chlorophyllkörner, dass dieselben im Lichte Sauerstoff ausschieden, folglich assimilirten, und dass der Assimilationsprocess bei unserem Moose vom Einflusse des Zellkernes aller Wahrscheinlichkeit nach unabhängig ist.“

Auch PFEFFER⁴⁾, welchem die Beobachtungen von ENGELMANN und HABERLANDT übrigens nicht ganz einwandfrei erscheinen, hält es für erwiesen, dass die Chlorophyllkörper Organe sind, welche ohne directe Mithilfe des übrigen Protoplasmas die Kohlensäure-Assimilation zu vollziehen vermögen.

Ich selbst hielt es für dringend erforderlich, die Frage, welchen Grad von Selbständigkeit die Chlorophyllkörper in ihrer assimilatorischen Thätigkeit besitzen, einer erneuten, möglichst sorgfältigen Prüfung zu unterziehen. Da Chlorophyllkörper, soweit unsere bisherigen Erfahrungen reichen, ausserhalb der lebenden Pflanzenzelle auf die Dauer nicht existenzfähig sind, schien es mir von vorn herein unwahr-

1) Wie schon G. HABERLANDT hervorhebt, fällt dieses Object ausser Betracht, weil es sich hier um symbiotische Algen handelt. (Anm. von L. KNY).

2) Ueber die Beziehungen zwischen Function und Lage des Zellkernes bei den Pflanzen. Jena, 1887, S. 118.

3) l. c., S. 119.

4) Ueber die vorübergehende Aufhebung der Assimilationsfähigkeit in Chlorophyllkörpern. (Ber. der mathem.-physikalischen Classe der k. Sächs. Ges. d. W. zu Leipzig, 1896, S. 314.)

scheinlich, dass sie ohne Verbindung mit dem Cytoplasma, in welchem sie in der lebenden Zelle stets eingebettet liegen, ihre wichtigste Function sollten vollziehen können.

Auf Beschaffung guten Bacterien-Materiales wurde alle Sorgfalt verwendet. Meist wurde dasselbe durch Einlegen von etwa 120 gr. frischen Rindfleisches in ca. $\frac{1}{2}$ Liter Leitungswasser gewonnen. Nach 3 bis 6 Tagen wimmelte die alkalisch reagirende Flüssigkeit von kleinen Bacterien, welche vor Anstellung jedes einzelnen Versuches auf ihre Empfindlichkeit geprüft wurden. Hierzu dienten, ausser den im Präparate etwa vorhandenen Luftbläschen, Fäden von Spirogyren und anderen Zygnameeen, Blattzellen von *Nitella flexilis* und Stückchen von Moosblättern und Farnprothallien. Ein Abschluss des Versuchstropfens durch am Rande des Deckglases anzubringendes Vaseline erwies sich als unnöthig, wenn nur die zu untersuchenden isolirten Chlorophyllkörner sich im mittleren Theile des Präparates befanden, und wenn weder Luftblasen, noch grüne Zellen sich in ihrer Nähe befanden.

Die zur Untersuchung verwendeten Chlorophyllkörner wurden nicht durch Zerschneiden, sondern durch vorsichtiges Zerreißen der chlorophyllhaltigen Gewebe und durch Abtupfen der Rissstellen in die Versuchsflüssigkeit gewonnen. Auf diese Weise liessen sich Quetschungen sicherer vermeiden. Bei jeder der im Folgenden genannten Arten wurden Versuche in dreierlei Art angestellt, erstens in unvermischter Bacterienflüssigkeit, zweitens in solcher, welcher ein gleiches Quantum 10-procentiger Saccharoselösung, und drittens in solcher, welcher ein gleiches Quantum 25-procentiger Saccharoselösung zugesetzt war. Die Chlorophyllkörner gelangten aus den zerrissenen Zellen sofort in die Versuchsflüssigkeit.

Dass die Bacterienjauche nicht etwa, wie man vermuthen könnte, das Leben chlorophyllhaltiger Zellen nothwendiger Weise erheblich schädigt, geht daraus hervor, dass es gelungen ist, bei *Spirogyra*-Fäden noch nach achtstündigem andauernden Verweilen in der Flüssigkeit deutliche Sauerstoff-Reaction im Lichte zu erhalten. Nur bei einigen im Hochsommer (Juli) ausgeführten Versuchen wurde einige Male beobachtet, dass die Fleischjauche die *Spirogyra*-Fäden sofort schädigte.

Um die sich hieraus etwa ergebenden Einwendungen zu beseitigen, wurde ein Theil der mit isolirten Chlorophyllkörnern ausgeführten Versuche in dieser Jahreszeit mit einer auf Nährgelatine erzogenen Reincultur der kleinen Bacterien wiederholt. Letztere in 10-procentiger und 20-procentiger Saccharoselösung verrührt, zeigten sich nicht nur sehr beweglich, sondern auch in hohem Grade reactionsfähig.

Als Lichtquelle zog ich, der Continuität und grösseren Gleichmässigkeit wegen, dem Sonnenlichte eine Auerflamme vor, deren Strahlen durch einen mit destillirtem Wasser gefüllten Glaskolben auf den Spiegel des Mikroskopes concentrirt waren. Bringt man unter dem Mikroskop-

tische den ABBE'schen Condensor an, so erzählt man ein für die Kohlenstoff-Assimilation sehr günstiges Licht, das man zur Schonung des Auges für jede einzelne Untersuchung abblenden muss. Zwischen den aufeinander folgenden Beobachtungen war die Irisblende natürlich geöffnet.

Das Versuchsmaterial entstammte folgenden Arten:

1. von Laubmoosen: *Funaria hygrometrica*, *Mnium cuspidatum*, *Dicranum scoparium*;

2. von Farnkräutern: *Polypodium vulgare*, *Aspidium molle*, *Angiopteris evecta*;

3. von Monocotyledonen: *Dracaena reflexa*, *Sansevieria ceylanica*, *Clivia nobilis*;

4. von Dicotyledonen: *Cucurbita Pepo*, *Hedera Helix*, *Galinsoga parviflora*, *Phaseolus multiflorus*, *Tetragonia expansa*.

Das Ergebniss war bei allen genannten Arten ein entschieden negatives.

Wenn die Bacterien so empfindlich waren, dass sie bei Sauerstoffmangel zu vollem Stillstande gelangten und bei Beleuchtung in der Nähe einer lebenden, chlorophyllhaltigen Zelle sich unter lebhaften Bewegungen ansammelten, so zeigten sie sich einzelnen Chlorophyllkörnern gegenüber auch dann indifferent, wenn dieselben verhältnissmässig gut aussahen. Ich betone das Wort „verhältnissmässig“; denn der Einfluss des unnatürlichen Mediums macht sich an allen isolirten Chlorophyllkörnern früher oder später bemerkbar, entweder schon nach wenigen Minuten oder erst nach einer Viertel- bis zwei Stunden. Am widerstandsfähigsten schienen, soweit der blosser Augenschein hierüber Gewissheit geben kann, die Chlorophyllkörner der vorstehend genannten Moose zu sein.

Sind, wie dies nicht selten der Fall ist, den sehr sauerstoffempfindlichen Bacterien andere beigemischt, welche während der Dauer des Versuches auch bei Lichtentziehung in der Mitte des Tropfens nicht ganz zur Ruhe kommen, so gewinnt es mitunter den Anschein, als ob dieselben bei Beleuchtung den isolirten Chlorophyllkörnern zustrebten; doch lässt eine andauernde Beobachtung keinen Zweifel darüber, dass sie sich ebenso leicht auch wieder von ihnen entfernen, und dass eine Ansammlung von Bacterien in ihrer Nähe nicht stattfindet. Sollte man in Zweifel hierüber sein, so genügt es, den Chlorophyllkörnern absichtlich kleine grüne Algenzellen (*Pleurococcus*, *Stichococcus*) beizumengen. Der Unterschied tritt dem Beobachter dann in voller Augenfälligkeit entgegen.

Da meine Resultate sich in directem Gegensatze zu denen mehrerer unserer ausgezeichnetsten Forscher befinden, möchte ich noch hervorheben, dass auch ich beim Beginn der Untersuchung in einigen Fällen

glaubte, an isolirten Chlorophyllkörnern eine unzweifelhafte Bacterienreaction beobachtet zu haben. Eine genauere Untersuchung mit Färbemitteln oder mit Mineralsäuren ergab aber in jedem dieser Fälle, dass den Chlorophyllkörnern ein grösseres oder geringeres Quantum Cytoplasma anhaftete, oder dass ich überhaupt nicht Chlorophyllkörner, sondern Algenzellen vor mir hatte, welche in Grösse und Umriss den Chlorophyllkörnern oft täuschend ähnlich sehen, durch Nachweis der Membran sich aber sicher von ihnen unterscheiden lassen. Besonders bei den Laubmoosen ist diese Fehlerquelle eine sehr naheliegende, da bestimmte Algenarten mit ihnen die gleichen Standorte theilen.

Zu einer Fehlerquelle können auch die im Versuchstropfen nicht ganz zu vermeidenden schwachen Strömungen werden, welche den Chlorophyllkörnern Gruppen beweglicher, gegen Sauerstoff unempfindlicher Bacterien zuführen. Man gewinnt dann den Eindruck, als seien sie von ihnen angelockt worden.

Bei den im nächsten Abschnitt zu erörternden Versuchen mit *Spirogyra*-Fäden und Gewebestückchen aus Moosblättern oder dergleichen verursachten Strömungen in der Flüssigkeit oft einseitige Ansammlungen von Bacterien, welche den durch Sauerstoff-Ausscheidung erzeugten täuschend ähnlich sahen. Besonders die Winkel an zwei sich kreuzenden *Spirogyra*-Fäden können in dieser Beziehung für den Beobachter verhängnissvoll werden.

III.

Nachdem sich gezeigt hatte, dass Chlorophyllkörner ohne Zusammenhang mit lebendem Cytoplasma keinen freien Sauerstoff zu entbinden vermögen, drängte sich die weitere Frage auf, in wie weit äussere Einflüsse, welche die Lebensthätigkeit des Cytoplasma und des Zellkernes abschwächen, sie vorübergehend lähmen oder sie dauernd schädigen, eine Abschwächung oder Sistirung der Chlorophyllfunction zur Folge haben.¹⁾

1. Dass Plasmolyse, durch indifferente, Wasser entziehende Mittel, wie Rohrzucker, hervorgerufen, die Chlorophyllfunction nicht unterbricht, ist schon von KLEBS²⁾ ausgesprochen worden. Er sah den Plasmakörper zarter *Spirogyra*-Fäden durch Plasmolyse in 5—6 Stücke zerfallen. Diese verbrauchten während des Aufenthalts im Dunkeln ihre vorher aufgesammelte Stärke, gleichviel, ob sie einen Kern besaßen oder nicht. Wurden die Fäden an's Licht zurückversetzt, so trat in

1) Vergl. PFEFFER, l. c., S. 311.

2) Ueber den Einfluss des Kernes in der Zelle. (Biologisches Centralblatt, VII, 1887, S. 166.)

allen Stücken, welche Chlorophyll enthielten, Stärkebildung ein, bei Weitem am reichlichsten bei denen, welche keinen Kern enthielten.¹⁾

Wurden bei meinen Versuchen Fäden einer mittelkräftigen, nicht sehr zartwandigen *Spirogyra* direct in 20-procentige Zuckerlösung gebracht und Bacterienflüssigkeit zugefügt, so trat an den schwach plasmolysirten Zellen bei Beleuchtung nach kurzer Zeit deutliche Reaction ein. Auch nach 48 Stunden war dieselbe an einzelnen Zellen noch festzustellen.

Wurden Fäden derselben Art 10 Minuten lang in 30-procentige Zuckerlösung gebracht und Stücke derselben in einen Tropfen 20-procentige Zuckerlösung übertragen, welchem ohngefähr ebensoviel Bacterienflüssigkeit zugefügt war, so stellte sich im belichteten Gesichtsfelde nach $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{3}$ Stunde ebenfalls Reaction ein. Andere Fäden zeigten nach 5 Minuten langer Einwirkung von 40-procentiger Zuckerlösung und nach Uebertragung in 20-procentige Zuckerlösung ebenfalls deutliche, wenn auch schwächere Reaction. Dagegen unterblieb dieselbe, wenn die 40-procentige Lösung eine Stunde lang eingewirkt hatte. Die mikroskopische Untersuchung zeigte, dass in den *Spirogyra*-Zellen durch die unmittelbare Wirkung der 40-procentigen Zuckerlösung durchweg Plasmoschise²⁾ (nicht Plasmolyse!) eingetreten war. Auch bei Anwendung der 30-procentigen Zuckerlösung war dies in vielen Zellen der Fall gewesen. Wurden die *Spirogyra*-Fäden nicht unmittelbar in 40-procentige Zuckerlösung, sondern erst in 10-procentige, dann in Abständen von je $\frac{1}{4}$ Stunde in 20-procentige, 30-procentige und 40-procentige Lösung übertragen, so zeigten nach 24 Stunden vereinzelte Zellen noch Reaction.

Aus Vorstehendem ergibt sich, dass die Wasserentziehung bei der Plasmolyse die Chlorophyllfunction so lange nicht sistirt, als das Cytoplasma nicht deutliche Anzeichen des Absterbens erkennen lässt.

2. Wurde ein Faden einer ziemlich schmalen, mit 2—3 Bändern ausgestatteten *Spirogyra*-Art³⁾, nachdem er in Bacterienflüssigkeit oder in einem Gemenge derselben mit 20-procentiger Rohrzuckerlösung eingelegt, und nachdem das Eintreten einer lebhaften Reaction festgestellt worden war, einem schwachen Drucke unter dem Deckglase ausgesetzt,

1) Schon ENGELMANN hatte (l. c., S. 447) betont, dass der Zellkern keinen Einfluss auf die Kohlenstoffassimilation zu haben scheint.

2) Vergl. O. ISRAËL, Biologische Studien mit Rücksicht auf die Pathologie, III. ISRAËL und KLINGMANN, Oligodynamische Erscheinungen (v. NÄGELI) an pflanzlichen und thierischen Zellen (VIRCHOW'S Archiv für patholog. Anatomie etc. 147 (1897), S. 300). Die „Plasmoschise“ ist ein Zurückziehen der sich stark contrahirenden Chlorophyllbänder von der der Membran anhaftenden Hautschicht des Protoplasma.

3) Dieselbe erscheint seit mehreren Jahren regelmässig im Garten des Zoologischen Institutes der Universität, ist aber, wegen mangelnder Zygosporienbildung, nicht bestimmbar.

so erwies sich, falls die Anordnung des Zellinhaltes hierdurch nicht verändert wurde, auch die Reactionsfähigkeit nicht beeinträchtigt. Wurde dagegen der Plasmaschlauch durch die Quetschung sichtbar geschädigt und zog er sich unter Formänderung der Bänder von der Membran zurück, so pflegte die Reaction mehr oder weniger stark abgeschwächt zu werden und sehr bald ihr Ende zu erreichen. An Plasmamassen, welche in Folge des Druckes aus der gesprengten Membran hervorgetreten sind, konnte ich bei dieser Art Bacterien-
Reaction nicht feststellen.

Spirogyra crassa zeigte sich widerstandsfähiger gegen mechanische Einflüsse. Wurden Fäden unter dem Deckglase zerquetscht, so war nicht nur an den im Innern der geborstenen Membran zurückgebliebenen, sondern auch bei den herausgetretenen unförmigen Massen von chlorophyllhaltigem Protoplasma noch mehr als zwei Stunden lang Reaction zu constatiren.¹⁾

Ebenso wurde an chlorophyllführenden Protoplasamassen, welche aus gequetschten Blattzellen von *Nitella flexilis* ausgeflossen waren, noch nach mehr als 2 Stunden Bacterienreaction festgestellt.

Etwas grössere Empfindlichkeit zeigten Blätter von *Funaria hygrometrica*. Wurden Stücke derselben so stark gequetscht, dass ein Theil der Chlorophyllkörner deutlich geschädigt war, so war, nach Ausweis der ausbleibenden Bacterienreaction, die Assimilationsthätigkeit auch an den anscheinend unveränderten Chlorophyllkörnern derselben sistirt.

3. Von besonderem Interesse war die Wirkung des constanten elektrischen Stromes und des Inductionsstromes.

Wurde ein Faden derselben schmalen *Spirogyra*-Art aus dem Garten des Berliner Zoologischen Instituts, welche sich so empfindlich gegen Druck gezeigt hatte, im Wassertropfen auf einem Objectträger über zwei als Elektroden dienende, gegen einander zugespitzte Stanniolstreifen²⁾ gelegt, und während $1\frac{1}{2}$ Minuten ein constanter Strom von nahezu 60 Volt Spannung hindurchgeleitet, so trat schon nach einigen Secunden eine starke Quellung und vollständige Deformirung der Chlorophyllbänder ein. Der Zellkern schwoh kugelig an, bräunte sich und nahm eine seitliche Stellung an. Trotz dieser grossen Veränderung in der Anordnung des Zellinhaltes fand, wenn der Faden nunmehr in mit 20-procentiger Zuckerlösung verdünnte Bacterienflüssigkeit gelegt wurde, lebhaft Reaction statt und erhielt sich, wenn auch geschwächt, bis zum nächsten Tage. Der Versuch wurde in derselben Form mehrmals wiederholt und ergab stets das gleiche Resultat.

Zu demselben Ergebniss führten Versuche mit anderen *Spirogyra*-

1) Vergl. ENGELMANN, l. c., S. 446.

2) Ihr Abstand betrug 13 mm.

Arten. Bei einer sterilen Form, welche wahrscheinlich zu *Spirogyra nitida* gehörte, zeigten sich, nachdem ein Strom bei gleicher Spannung 17 Sekunden lang hindurch gegangen war, die Chlorophyllbänder so stark gequollen, dass der Zellinhalt fast gleichmässig grün erschien. Der Zellkern war nicht mehr zu erkennen. Trotzdem wimmelten die Bacterien in der Nähe der Fäden bei Beleuchtung auf das Lebhafteste, um bei Verdunkelung nach kurzer Zeit zur Ruhe zu gelangen. Erneute Beleuchtung stellte ihre Bewegung wieder her. Auch grüne Plasmaklumpen, welche aus verletzten Zellen hervorgetreten waren, versammelten zahlreiche Bacterien um sich. Nach eine Minute lang andauernder Einwirkung desselben Stromes auf einen anderen Faden war die Reaction ebenfalls unzweifelhaft vorhanden und liess sich auch am nächsten Tage noch sicher feststellen.

Zu den Versuchen mit dem Inductionsstrome benutzte ich einen Inductor von 2 cm maximaler Funkenlänge, welcher durch ein Bunsen-Element gespeist wurde. Nachdem der Strom wenige Secunden durch Fäden von *Spirogyra crassa* gegangen war, zeigten die Chlorophyllbänder starke Quellung, und der Plasmaschlauch war in einzelnen Zellen von der Membran abgelöst. Trotzdem trat die Bacterienreaction bald ein und liess sich selbst nach drei Tagen noch feststellen.

Bei *Nitella flexilis* bewirkte derselbe Inductionsstrom in den über den Stanniol-Elektroden liegenden Blattzellen sofortigen Stillstand der Plasmaströmung. Die Chlorophyllkörner zeigten sich insofern verändert, als sie ihre regelmässige Anordnung verloren hatten und als die Stärkekörner in ihnen viel deutlicher hervortraten als vorher. Die Bacterienreaction war, wenn auch schwach, so doch deutlich vorhanden, und war selbst am nächsten und zweitnächsten Tage noch erkennbar.

Nach Vorstehendem gewinnt es den Anschein, als ob elektrische Ströme die Assimilationsthätigkeit der Chloroplasten, trotz sehr erheblicher Aenderung ihrer Form und gewiss auch tief greifender Störung in ihrer Organisation, nicht nur nicht beeinträchtigen, sondern sogar fördern. Da eine Reihe anderweitiger Versuche, welche zur Prüfung dieser Frage angestellt wurden, noch nicht zum Abschlusse gelangt sind, soll hier über dieselben nicht berichtet werden.

4. Gegen Eintrocknen zeigte sich die schmale *Spirogyra* aus dem Garten des Berliner Zoologischen Institutes sehr empfindlich. Sobald an einem auf dem Objectträger ohne Deckglas liegenden Faden die ersten Anzeichen des Eintrocknens durch Umlagerung des Inhaltes kenntlich wurden, konnte auch durch sofortiges Hinzufügen von Bacterienflüssigkeit eine Reaction nicht mehr erreicht werden.

Im Gegensatz zu dieser *Spirogyra* stehen jene Pflanzen, welche in ihrer Lebensweise einem zeitweiligen Austrocknen und Wiederaufleben angepasst sind, wie zahlreiche Flechten und Muscineen. Anfang Juli

wurde nach mehrwöchentlicher sehr trockener Witterung der Rasen einer nicht näher bestimmten Hypnacee von der Rinde einer alten Linde entfernt. Nachdem derselbe noch 24 Stunden im Zimmer frei dagelegen hatte, trat nach Wiederbefeuchten der Blätter die Reaction ein. Gewiss werden sich auch manche Leitbündelpflanzen trockener Klimate ähnlich verhalten.

5. Die Wirkung hoher Temperaturen wurde an *Spirogyra crassa*, den Brutknospen von *Marchantia polymorpha*, den Prothallien von *Aspidium Filix mas* und an *Eloдея canadensis* untersucht.

Fäden von *Spirogyra crassa* wurden genau eine Minute in Wasser von 49, 50, 51, 52, 53 und 54° C. gelegt und unmittelbar nachher untersucht. Obschon diejenigen, welche den Temperaturen von 49 und 50° ausgesetzt waren, noch frisch und turgescens aussahen, zeigten sie doch weder an demselben, noch am folgenden Tage Bacterienreaction. Bei 51—54° hatte sich der Plasmaschlauch abgelöst, der Kern hatte sich gebräunt, und es waren die Fäden schlaff geworden; doch zeigten die Chlorophyllbänder noch ihre frisch grüne Färbung und ihren zackigen Rand. Letztere Erscheinung trat auch in zahlreichen anderen, an derselben *Spirogyra*-Art angestellten Versuchen deutlich hervor. Selbst mehrere Wochen, nachdem die Zellen durch kurzen Aufenthalt in Wasser von 55—60° getödtet waren, sahen die Chlorophyllbänder frisch aus und bildeten einen auffallenden Contrast zu dem zusammengefallenen Plasmaschlauch und dem stark veränderten Zellkern. Bacterienreaction trat nicht ein.

Beschränkt man die Dauer der Einwirkung, so kann man höhere Temperaturen als die angegebenen anwenden, ohne dass die Chlorophyllfunction sofort erlischt. So zeigte sich an einzelnen Zellen, nachdem der Faden eine halbe Minute im Finstern in Wasser von 65° C. verweilt hatte, noch deutliche Reaction, obschon die Zellwände gequollen, der Plasmaschlauch contrahirt und die Chlorophyllbänder stark verändert waren. Auch ein Faden, welcher $\frac{1}{4}$ Minute in Wasser von 70° C. gelegen hatte, gab nach längerer Belichtung noch eine deutliche Reaction. Dagegen blieb dieselbe bei einem Faden aus, welcher zwei Secunden in Wasser von 78° C. eingetaucht gewesen war.

Bei den Brutknospen von *Marchantia polymorpha* zeigte sich eine Minute dauerndes Verweilen in Wasser von 46, 47 und 48° C. unwirksam, die Assimilationsthätigkeit der Chlorophyllkörper zu stören; dagegen trat nach einem gleich langen Aufenthalte in Wasser von 49 und 50° C. keine Bacterienreaction mehr ein. Die Plasmaschläuche der Zellen waren nun contrahirt, und die Chlorophyllkörner hatten im Gegensatz zu *Spirogyra crassa* eine bräunliche Farbe angenommen.

Prothallien von *Aspidium Filix mas* wurden eine Minute in Wasser von 50° C. gelegt. Am nächsten Tage sahen alle Zellen noch gesund aus und liessen deutliche Bacterienreaction erkennen.

Sprossenden von *Elodea canadensis* wurden eine Minute lang in Wasser von 46, 47, 48, 49 und 50°C. getaucht und darauf in Leitungswasser von Zimmertemperatur gelegt. Bei der sechs Tage später ausgeführten Untersuchung ergab sich, dass nach Einwirkung von 46°C. das Aussehen des Zellinhaltes und die Bacterienreaction normal geblieben waren. An den Exemplaren, welche 47°C. zu ertragen hatten, waren einige Protoplasten in den Blattzellen contrahirt, und es zeigte sich die Reaction geschwächt. Nach Einwirkung von 48—50°C. waren die Protoplasten contrahirt und die Chlorophyllkörner noch schön grün, nur mit einem kaum bemerkbaren Stiche in's Bläuliche. Die Bacterienreaction blieb vollständig aus.

6. Ueber die Einwirkung niederer Temperaturen habe ich Versuche nicht ausgeführt. Dass grüne Algen, nachdem sie im Wasser eingefroren waren, sich fortentwickeln, dass nicht nur immergrüne Gewächse, sondern auch zahlreiche, zarte, krautartige Landpflanzen, wie *Stellaria media*, *Bellis perennis*, *Viola tricolor*, *Eranthis hiemalis*, nachdem sie im Winter bei niederen Temperaturen steif gefroren waren, unter günstigeren Vegetationsverhältnissen wieder aufleben, ohne dauernde Schädigung ihrer Blätter erkennen zu lassen, ist allbekannt. Zu bestimmen wären noch die Grenzwerte der Temperatur, welche in jedem einzelnen Falle ertragen werden, und die Zeit, nach welcher bei Rückkehr normaler Assimilationstemperatur die Thätigkeit der Chlorophyllkörner wieder beginnt¹⁾.

7. Anästhesirung durch Chloroform. Fäden von *Spirogyra crassa* wurden fünf Stunden lang in ein Gemenge von 1 Theil gesättigtem Chloroformwasser und 5 Theilen Leitungswasser gebracht.

Am Schlusse dieser Zeit war die Plasmabewegung sistirt, der Zellkern deutlich gequollen und scharf contourirt, die Zacken der Chlorophyllbänder waren eingezogen. Trotzdem war die Chlorophyllfunction noch nicht erloschen. Zweimaliges abwechselndes Beleuchten und Verdunkeln war von gutem Erfolge begleitet.

8. Von chemischen Substanzen, welche in concentrirten Lösungen das Leben der Zelle rasch vernichten, wurden folgende in sehr verdünnten Lösungen geprüft.

Salpetersäure. In Fäden von *Spirogyra crassa*, welche in einer Lösung von 1 Theil Säure vom specifischen Gewicht 1,4 in 10 000 Theilen Wasser eine nicht näher bestimmte Zeit gelegen hatten und dann in Leitungswasser übergeführt waren, dauerten Plasmabewegung und Bacterienreaction ungeschwächt fort. Selbst nach 48 Stunden verhielten sich die Fäden durchaus normal, obschon die

1) Vergl. PFEFFER, l. c., S. 312.

Lösung inzwischen so viel concentrirter geworden war, dass sie eine deutliche Reaction mit Lakmuspapier gab, was vorher nicht der Fall gewesen war.

Mehrere Versuche wurden mit einer Lösung angestellt, welche 2,5 Theile derselben Säure in 10 000 Theilen Wasser enthielt. Fäden von *Spirogyra crassa*, welche in dieser Flüssigkeit auf dem Objectträger ohne Deckglas zwei Stunden lang in einer wasserdampfgesättigten Atmosphäre gelegen hatten, zeigten in fast allen Zellen Plasmaschläuche, welche noch nicht ganz getödtet waren, da sie sich noch plasmolytisch von der Membran abheben liessen. Bewegung war im Plasma nicht mehr sichtbar. Die Chlorophyllbänder hatten sich so dicht um den Kern zusammengezogen, dass dessen Beschaffenheit nicht auszumitteln war. Bacterienreaction war noch vorhanden.

Bei einem andern, mit einer Bacterien-Reincultur ausgeführten Versuche lagen Fäden von *Spirogyra crassa* drei Stunden in verdünnter Salpetersäurelösung von demselben Gehalte. Der Kern war geschwollen und scharf umrandet, die Chlorophyllbänder hatten ihre Zacken am Rande verloren, und die Plasmabewegung war zum Stillstande gekommen. Die Bacterienreaction war noch sehr deutlich.

Eine schwache Lösung von Ammoniak, dessen Anwesenheit sich eben noch durch den Geruch verrieth, sistirte die Plasmaströmung in den Blattzellen von *Nitella flexilis*. Nach Zutritt von Wasser trat sie von Neuem ein. In einigen Fällen liess sich, während die Plasmaströmung stillstand, eine deutliche, wenn auch geschwächte Bacterienreaction feststellen. Auch wurde lebhafte Reaction bei sehr langsamer Strömung beobachtet.

Die Resultate vorstehend mitgetheilte Untersuchung fasse ich dahin zusammen:

1. Chlorophyllfarbstoff, wenn er durch Lösungsmittel aus der lebenden Pflanze ausgezogen ist, oder wenn seine organisirte Unterlage, der Chromatophor, getödtet ist, vermag Kohlensäure nicht zu zerlegen.

2. Chlorophyllkörner büssen durch Entblössung von lebendem Cytoplasma die Fähigkeit ein, die Kohlenstoffassimilation zu unterhalten.

3. Die Schädigung der Chlorophyllfunction durch äussere Einflüsse geht nicht parallel mit der Schädigung des Cytoplasmas und des Zellkernes. Das Cytoplasma kann seine Beweglichkeit eingebüsst und sich von der Membran zurückgezogen haben, ohne dass die Sauerstoffausscheidung im Lichte behindert wird. Desorganisation des Zellkernes ist kein Hinderniss für den Fortgang der Chlorophyllfunction.

4. Constante elektrische Ströme und Inductionsströme scheinen anregend auf die Kohlenstoff-Assimilation im Lichte zu wirken.

Meinem Assistenten, Herrn Dr. KOLKWITZ, mit welchem ich gemeinsam die vorstehend beschriebenen Versuche ausgeführt habe, spreche ich für seine werthvolle Mitwirkung den besten Dank aus.

52. F. Heydrich: Melobesiae.¹⁾

Mit Tafel XVIII.

Eingegangen am 25. Juli 1897.

Vor Kurzem erhielt ich eine neue Sammlung Kalkalgen aus dem Rothen Meer und vom Kap, darunter einige junge und in voller Kraft sich befindende Exemplare von dem S. 66 dieses Jahrgangs aufgestellten Genus *Sporolithon*²⁾), so dass ich hierdurch nicht nur in die glückliche Lage gesetzt wurde Herrn FOSLIE's⁴⁾ Bemerkungen bei den betreffenden Punkten zu widerlegen, sondern auch die Melobesieen-systematik nach jeder Richtung klarzustellen.

Ich fand vor Allem in dem neuen Material die von mir an den älteren Exemplaren von *Sporolithon* so lange gesuchten Tetrasporen, die aber nicht zonenförmig, wie die aller bis jetzt beobachteten Melobesieae waren, sondern kreuzförmig getheilt, wodurch das Genus *Lithothamnion* wiederum ein neues und eigenthümliches Grenzmerkmal erhielt. Bei *Lithothamnion Marlothii* Heydr. vom Cap beobachtete ich aber an verschiedenen Exemplaren Tetrasporangien-Conceptakel mit einer Oeffnung und mit siebartig durchlöcherter Decke. Zwei Formen, die sich äusserlich und innerlich glichen, unterschieden sich also so sehr durch die Tetrasporangien, dass das bisherige System unhaltbar wurde, man aber nunmehr in den Stand gesetzt war, die Eintheilung lediglich nach

1) Zugleich als „Erwiderung“.

2) Druckfehler-Berichtigung: Auf Seite 68 dieser Zeitschrift und dieses Jahrs steht die Figur 2 auf dem Kopfe. Die Spitze des Tetrasporangiums muss nach oben gerichtet sein.

3) F. HEYDRICH: Corallinaceae, insbesondere Melobesieae in Berichte der Deutsch. Bot. Ges. 1897, S. 34.

4) M. FOSLIE: Einige Bemerkungen über Melobesieae in Berichte der Deutsch. Bot. Ges. 1897, S. 252.

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): Kny Leopold

Artikel/Article: [Die Abhängigkeit der Chlorophyllfunction von den Chromatophoren und vom Cytoplasma 388-403](#)