FLORA.

№ 9.

Regensburg. Ausgegeben den 28. März. **1862.**

Inhalt. Dr. Julius Sachs, Uebersicht der Ergebnisse der neueren Untersuchungen über das Chlorophyll. — W. Hofmeister, Ueber Spannung, Ausflussmenge und Ausflussgeschwindigkeit von Säften lebender Pflanzen. (Fortsetzung). — Verzeichniss der im Jahre 1862 für die Sammlungen der kgl. botanischen Gesellschaft eingegangenen Beiträge. (Fortsetzung.)

Uebersicht der Ergebnisse der neueren Untersuchungen über das Chlorophyll. Von Dr. Julius Sachs.

Die folgenden Zeilen sind aus der Absicht hervorgegangen, darüber klar zu werden, was wir gegenwärtig in Bezug auf das Chlorophyll als sicher und haltbar, und wie viel wir als noch unvollendet und unsicher zu betrachten haben. Zu diesem Zweck schien es mir passend, alle einzelnen Verhältnisse und Beziehungen des Chlorophylls, so fern sie von physiologischem Interesse sein können, übersichtlich zu ordnen, und nun zu sehen, was die Literatur zur Ausfüllung jeder einzelnen Rubrik darbietet. Ein solches Verfahren lässt am leichtesten die Lücken erkennen, obwohl man es insofern misslich finden kann, als hierbei die zu nennenden Abhandlungen weder in chronologischer Folge, noch in ihrem vollständigen, ihnen eigenthümlichen Gedankengange vorübergeführt werden. Was den Ausdruck „neuere" Untersuchungen betrifft, so war es nöthig, für die einzelnen Rubriken die in Betracht zu ziehenden Arbeiten durch keine bestimmte Jahreszahl zu begränzen; ich bin vielmehr bis auf diejenigen Abhandlungen zurückgegangen, welche die betreffenden Gegenstände nach einer noch jetzt gültigen Untersuchungsmethode behandeln; in diesem Sinne schien es mir auch nicht passend, bis auf die älteren, mit unvollkommenen Instrumenten gemachten mikroskopischen Unter-

Universitätsbibliothek Regensburg urn:nbn:de:bvb:355-ubr05977-0131-1

tersuchungen zurückzugreifen, da gerade bei dem Chlorophyll so viel auf die Güte des Instruments ankommt, wenn man den inneren Bau und seine Entwickelung richtig auffassen will.

I. Die Struktur des Chlorophylls.

In Bezug auf die Organisation oder Struktur des Chlorophylls im Allgemeinen betrachte ich nach den bisher erschienenen Arbeiten soviel als sicher, dass es jederzeit aus einer Grundmasse von weicher, gallert- bis schleimartiger Consistenz besteht, die ihren chemischen Eigenschaften nach eine gewisse Aehnlichkeit mit dem Protoplasma hat; dass der grüne Farbstoff in dieser Substanz in ausnehmend geringer Menge eingelagert ist, von ihr durch seine chemische Beschaffenheit und seine Löslichkeit in verschiedenen Lösungsmitteln, verschieden ist; dass endlich in der Grundmasse des Chlorophylls gewöhnlich Stärkekörner, zuweilen Oeltröpfchen entstehen, deren genetisches Verhältniss zu dem Chlorophyll selbst noch nachzuweisen ist.

Die Frage, ob die Chlorophyllkörner und überhaupt das in bestimmter Form auftretende Chlorophyll, als bläschenförmige Gebilde zu betrachten sind, wie Nägeli wollte, halte ich für vollständig entschieden durch die beiden bekannten Abhandlungen von Hugo v. Mohl,[1]) denen sich in dieser Hinsicht die Angaben von Böhm[2]) und Gris[3]) anschliessen, während zugleich meine eigenen Untersuchungen an phanerogamen Landpflanzen mir das Chlorophyll immer in Formen zeigten, die der Auffassung v. Mohl's völlig entsprechen, und die Annahme einer blasenförmigen, vom Inhalt verschiedenen Haut als völlig unhaltbar erscheinen lassen. Endlich stimmen die von Nägeli selbst gegebenen Abbildungen (Taf. XX seiner Abhandlung über die Stärke)[4]) mit der Struktur der Chlorophyllkörner nach der Deutung v. Mohl's ganz gut überein, und rechtfertigen nicht die Annahme einer sie umhüllenden Blasenhaut; selbst die mit

---

[1]) Vermischte Schriften, 1845. Tübingen, p. 349 ff. und dann botan. Ztg. 1855; Letzteres übersetzt in den Ann. des sc. nat. 1856. VI. p. 139.

[2]) Beiträge zur näheren Kenntniss des Chlorophylls. Wien: Sitzungsbericht der k. Akademie der Wissenschaften 1857 (1856 vorgelegt) p. 30.

[3]) Annales des sciences nat. 1857 VII. p. 179 ff.

[4]) Pflanzenphysiol. Untersuchungen von Nägeli u. Cramer: Stärke 1858.

Universitätsbibliothek Regensburg urn:nbn:de:bvb:355-ubr05977-0132-7

„Höhlungen" versehenen Körner (Taf. XX fig. 19, 20 bei Nägeli) können nicht als Blasen gedeutet werden, sondern zeigen eben nur, dass in der Grundmasse des Chlorophylls, gleich wie im Protoplasma *Vacuolen* auftreten können. Es ist daher wohl nicht zu rechtfertigen, wenn Nägeli (a. a. O. p. 398—401) den Ausdruck „Chlorophyllbläschen" noch abwechselnd mit „Chlorophyllkörnern" braucht.

In Bezug auf die obige Definition nun, bedarf zunächst die Verschiedenheit des Farbstoffes von der Grundmasse keiner Erörterung mehr, während das genetische Verhältniss beider noch nicht untersucht ist. Böhm (a. a. O. p. 16) will unter dem Ausdruck Chlorophyll nur den Farbstoff verstanden wissen, die Grundmasse aber als „Chlorophor" bezeichnen, und dann soll das, was die Botaniker allgemein Chlorophyll nennen, nämlich die grüngefärbte Grundmasse, den Namen „grüne Substanz" (Materia viridis) führen, wodurch ein schwerfälliger Sprachgebrauch entstehen müsste, denn dann würde man statt Chlorophyllkörner consequenter Weise „Körner von grüner Materie" sagen müssen, u. s. w.; auch hat Böhm selbst seinen Vorschlag nicht befolgt.

Dass ich ferner in der Definition die Einschlüsse von Stärkekörnern (und Oeltröpfchen) als ein sekundäres Merkmal des Chlorophylls betrachte, geschieht in Uebereinstimmung mit den Angaben bei v. Mohl, Nägeli, Gris und meinen Beobachtungen, gegenüber einer entgegengesetzten Angabe bei Böhm (a. a. O. p. 30), welcher Chlorophyllkörner, die allein aus grüner Substanz, ohne körnige Einschlüsse bestehen, nicht beobachtet zu haben angiebt. Ich werde weiter unten zeigen, dass die Stärke (und andere Einschlüsse) secundäre Gebilde sind und ich will hierbei sogleich anführen, dass ich dieselben (nämlich die Stärkekörner, und Oeltröpfchen nach Nägeli) als das Produkt der physiologischen, assimilirenden Thätigkeit des Chlorophylls betrachte, wobei nur die wenigen Fälle auszuschliessen sind, in denen sich auf schon vorgebildeten, grossen Stärkekörnern gelegentlich, mehr zufällig ein secundärer Ueberzug von grünem Plasma bildet (wie es in den ergrünten Kartoffelknollen vorkommt).

a. Die äussere Form des Chlorophylls ist entweder eine unbestimmte, oder es tritt in specifisch bestimmten Gestalten auf. Als der Form nach unbestimmt, also formlos betrachte ich das Chlorophyll, wenn es in wolkigen, flockigen Massen ohne bestimmten Umriss auftritt, wie in den Endosporenzellen von *Viscum album*, wo ich es jetzt im Januar in dieser Formlosigkeit

Universitätsbibliothek Regensburg urn:nbn:de:bvb:355-ubr05977-0133-2

vorfinde. Zwischen den grossen und schön ausgebildeten Stärkekörnern schwimmt im Zellsaft eine grüne, mit glänzenden Körnchen durchstreute Gallert, welche auf Zusatz von sehr schwacher Jodlösung sich zusammenzieht und dabei etwas schärfer begränzt wird. Die Stärkekörner finde ich ganz frei von grünem Ueberzug. Hierher gehört offenbar auch das Chlorophyll, welches in gewissen Zellen der dem Licht ausgesetzten Kartoffeln sich bildet, Böhm (a. a. A. p. 16) beschreibt es folgender Maassen: „Man sieht im Protoplasma zuerst grüne Partien erscheinen, in welchen die Körnchen, die in der, unter dem Periderma befindlichen Schicht (besonders bei älteren Knollen) den alleinigen Bestandtheil der Zellen ausmachen, eingebettet sind. In den tieferen Schichten dagegen werden die Amylumkörner von derselben eingehüllt; behandelt man ein solches Präparat mit Aether oder Alkohol, so bleiben die entfärbten, durch Jod braun werdenden Flocken mit den in sie eingestreuten Körnchen zurück" u. s. w. Aehnlich soll es in den Basaltheilen der Blätter von *Bilbergia nudicaulis* sein.

In der Mitte stehend zwischen diesen ganz formlosen Massen und den bestimmt geformten Chlorophyllkörnern und Bändern findet sich das grüne Protoplasma bei vielen Algen und ihren Schwärmsporen (Draparnaldia nach Mohls Beschreibung, bei *Sphaeroplea annulina* nach Cohns Abbildung Ann. des sc. nat. 1856 V. Taf. 12, 13) und in den Zellen von *Anthoceros laevis* (nach H. v. Mohls Beschreibung Ann. d. sc. nat. 1857. VI. p. 150). In diesen Fällen kann man wohl das Chlorophyll ohne Weiteres als grün gefärbtes Protoplasma betrachten, welches Letztere dabei die ihm eigenthümlichen Formen beibehält. In vielen Fällen bietet das Chlorophyll der jungen Blätter einen transitorischen Entwickelungszustand dar, der sich mit diesen bleibenden Formen vergleichen lässt, indem der Bildung von Körnern ein Ergrünen des Protoplasmas vorausgeht, welches als gallertartiger Wandbeleg die Zelle auskleidet oder den Zellkern massig umgiebt. (S. Entstehung des Chlorophylls unten).

Die Chlorophyllkörner werden allgemein als geformtes Chlorophyll bezeichnet und scheinen recht eigentlich die typische Form des Chlorophylls in höheren Pflanzen zu sein. Doch sollte man von dieser Bezeichnung die Stärkekörner, welche sich nachträglich mit einem Ueberzug von Chlorophyll bekleiden, ausnehmen, da hier das Chlorophyll keine ihm eigene Form besitzt, sondern nur darum in Körnern erscheint, weil es sich auf Körnern abge-

Universitätsbibliothek Regensburg urn:nbn:de:bvb:355-ubr05977-0134-8

lagert hat, während die eigentlichen Chlorophyllkörner einem inneren, organischen Gestaltungsprozesse der Chlorophyllmasse selbst ihre Form verdanken, die also eine organisch nothwendige ist.

Die höchste Ausbildung einer specifisch eigenthümlichen Form des Chlorophylls endlich finden wir in den Spiralbändern der Spirogyren, und es ist mir nicht recht klar, warum man diese vollendetste Form zu dem formlosen Chlorophyll gerechnet hat.

b. Die Grundmasse des Chlorophylls darf wohl gewöhnlich als ein dem Protoplasma nächst verwandter Stoff, oder vielleicht ohne Weiteres als Protoplasma selbst betrachtet werden; dadurch ist freilich keine strenge Characteristik gewonnen, insofern uns das Protoplasma selbst noch zu wenig bekannt ist. Allein insofern wir in dem Protoplasma eine Substanz von ganz besonderer Lebensthätigkeit erkennen, die sich mit einer gewissermassen autonomen Aktivität am Leben der Zelle betheiligt, scheint es mir wichtig, zu untersuchen, ob die Grundmasse des Chlorophylls in dieser Hinsicht mit dem Protoplasma verglichen werden kann.

Eine eigene Bearbeitung scheint diese Frage noch nicht gefunden zu haben, aber die mir bekannten Verhältnisse glaube ich dahin deuten zu dürfen, dass die Grundmasse des Chlorophylls in der That entweder selbst Protoplasma ist, oder aus diesem durch einen besonderen Entwickelungsprozess hervorgeht. Es ist nicht unwahrscheinlich, dass hier verschiedene Abstufungen vorkommen. Bei dem formlosen Chlorophyll in den Endosporenzellen von *Viscum* ist es kaum zweifelhaft, dass hier die Grundmasse das Protoplasma der Zellen selbst ist; ebenso scheint es nach der Beschreibung Böhms in den stärkefreien Zellen der ergrünten Kartoffeln zu sein. Bei dem grünen Protoplasma vieler Algen und von *Anthoceros laevis* kann man kaum annehmen, dass das Letztere wesentliche Veränderungen erfahren habe, da es gleich dem gewöhnlichen farblosen Protoplasma sich lebhaft bei den verschiedenen Lebenserscheinungen der Zellen betheiligt. Ebenso ist es wohl bei dem Chlorophyll, welches sich in so vielen Embryonen vorfindet (oft ganz vorübergehend vor der Reife wie bei *Lupinus*); hier findet offenbar die Grundmasse des Chlorophylls gleich dem übrigen Protoplasma eine weitere Verwendung, entweder schon während des Reifens oder während der Keimung. Bei dem Chlorophyll von *Anthoceros laevis* spricht sich H. v. Mohl ganz entschieden dafür aus, dass sich der grüne

Universitätsbibliothek Regensburg urn:nbn:de:bvb:355-ubr05977-0135-4

Farbstoff mit dem Protoplasma selbst verbunden habe (Ann. des sciences nat. 1856 VI. p. 151). Die Chlorophyllkörner dagegen darf man wohl kaum als einfach grün gewordenes Protoplasma betrachten; hier scheint vielmehr eine Trennung des ursprünglichen Protoplasmas in zwei verschiedene Substanzen stattzufinden, von denen die Eine sich grün färbt und die Körnerform annimmt, während die Andere dazwischen liegen bleibt und einen farblosen Schleim darstellt, in welchem die grünen Körner eingebettet sind (s. unten Entstehung des Chlorophylls). Dagegen ist auch in diesem Falle nicht zu verkennen, dass die Grundmasse aus dem Protoplasma unmittelbar entsteht (die ersten Blätter der Keime von *Phaseolus, Faba, Ricinus, Helianthus* u. v. A.). Ob etwas Aehnliches bei der Entstehung der Chlorophyllbänder der *Spirogyren* erfolgt, ist mir unbekannt. Wenn auch hier die Grundmasse des Chlorophylls wirkliches Protoplasma sein sollte (wie bei *Anthoceros*), so ist zu bemerken, dass daneben noch farbloses, gewöhnliches vorkommt, welches die vom Zellkern ausgehenden Protoplasmafäden bildet.

Nach den oben genannten Beispielen könnte man etwa folgende drei Fälle unterscheiden:

1. Der grüne Farbstoff occupirt das ganze Protoplasma, welches dabei seine gewöhnliche Form und Thätigkeit behält (*Anthoceros laevis*, vielleicht die *Protococcaceen* und die *Desmidiaceen*).
2. Das Protoplasma sondert sich in zwei Theile, von denen der eine sich grün färbt und die Form von Spiralbändern annimmt, während der andere farblos bleibt und die gewöhnlichen Stromfäden, vom Zellkern auslaufend, bildet. Auch das grüne Plasma betheiligt sich bei der Copulation und Sporenbildung gleich dem gewöhnlichen Protoplasma, (*Spirogyra*).
3. In dem gallertartigen Plasma, welches eine dicke Auskleidung der Zellwand bildet, tritt eine Sonderung ein: es bilden sich grüne Körner, zwischen denen eine farblose Masse zurückbleibt (ein Schleim, in welchem die Körner von v. Mohls erster Classe eingebettet sind); ausserdem bleibt mit dem Zellkern in näherer Verbindung noch gewöhnliches Protoplasma übrig. Diese dreifache Sonderung glaube ich in den jungen Blattzellen auskeimender Zwiebeln von *Allium cepa*, in den ersten Blättern der Keime von *Phaseolus*, *Zea*,

Universitätsbibliothek Regensburg urn:nbn:de:bvb:355-ubr05977-0136-0

Ricinus annehmen zu müssen (s. unten Entstehung des Chl.).

Es mag ferneren Untersuchungen vorbehalten bleiben, in wie weit die eben genannten Fälle sich als verschiedene Typen bestättigen.

In den kugeligen Endzellen der Paraphysen in der männlichen Blüthe von *Funaria hygrometrica* sah ich neben runden Chlorophyllkörnern auch in der Mitte eingeschnürte und solche von tief getheilter Bisquittform, die ich für in Theilung begriffene Chlorophyllkörner halte. Der Theilung der Zellen von *Anthoceros laevis* und *Fissidens* geht nach Hofmeister die Theilung der Chlorophyllmasse voraus.[1]) Auch diess zeigt wieder, dass das grün gewordene Protoplasma ähnliche autonome Lebenserscheinungen erkennen lässt, wie sie bei den farblosen Protoplasmagebilden (Zellkern und die ihn umgebenden Protoplasmamassen) gewöhnlich sind.

Endlich zeigt die durch Alkohol und Aether entfärbte Grundmasse des Chlorophylls in ihrem optischen Verhalten, ihrer Reaktion gegen Jod, Karmin und Kali so grosse Aehnlichkeit mit dem Protoplasma, dass man wohl eine nahe Verwandtschaft zwischen beiden annehmen muss; doch scheint die Grundmasse der Chlorophyllkörner resistenter gegen Lösungsmittel als das Protoplasma.

Da ich es als entschieden festhalte, dass die Stärkekörner, welche sich fast ohne Ausnahme in den älteren Chlorophyllkörnern (überhaupt im Chlorophyll) vorfinden, ein Produkt des Chlorophylls selbst sind, dass sie durch dessen Thätigkeit entstehen, so liegt hierin für mich ein Grund mehr zu der Ansicht, dass das Chlorophyll an Lebensthätigkeit dem farblosen Protoplasma nichts nachgiebt, ihm vielleicht in seiner assimilirenden Thätigkeit überlegen ist. So wie das Protoplasma auf seiner äusseren Umgrenzung die Zellulose ausscheidet und sich so mit einer festeren Hülle umgiebt, scheidet das Chlorophyll in seinem eigenen Innern die festere und der Zellulose verwandte Stärke aus.

c. Das Verhalten der Grundmasse des Chlorphylls gegen Zellsaft und gegen Wasser ist nach den Beobachtungen von H. v. Mohl ein sehr verschiedenes.[2]) Während die Chlorophyllmassen durch den Zellsaft keine augenfällige Veränderung

---

[1]) Ich entnehme diese Notitz aus Gris a. a. O. p. 184 u. 185.

[2]) Die folgenden Angaben aus der franz. Uebersetzung von Mohls letzter Abhandlung in Ann. des sciences nat. 1856. VI. p. 148 ff.

Universitätsbibliothek Regensburg urn:nbn:de:bvb:355-ubr05977-0137-6

erleiden, lassen sie dagegen bei direkter Berührung mit Wasser auffallende endosmotische Erscheinungen wahrnehmen, durch welche sich ebenfalls wieder eine Aehnlichkeit mit gewissen Formen des Protoplasmas beurkundet. Die in Berührung mit dem Zellsaft soliden Chlorophyllmassen, nehmen das sie berührende Wasser auf, dasselbe sammelt sich im Inneren zu kleinen, immer grösser werdenden Tropfen (Vacuolen) an, die dem Ganzen zuweilen ein schaumiges Ansehen geben, bei ihrem Anwachsen sich blasenartig hervordrängen, indem sie mit einer dünnen Schicht der Grundmasse bekleidet bleiben und so den Schein einer besonderen das Chlorophyll umhüllenden Haut hervorrufen können. Durch diese rasch eintretende Veränderung des Chlorophylls im Wasser zeigt sich zugleich, wie sehr verschieden doch der wässrige Zellsaft vor reinem Wasser sein muss. Hugo v. Mohl fand die Chlorophyllkörner seiner zweiten Form, welche sich in den mittleren Blattzellschichten und den inneren Rindenschichten finden, sich durch ihre Grösse und die grossen in ihnen eingeschlossenen Amylumkerne auszeichnen, bei denen daher das Chlorophyll selbst nur einen dünnen Ueberzug auf den Stärkeeinschlüssen bildet, viel resistenter gegen das sie unmittelbar berührende Wasser; dasselbe wirkt langsam und dringt endlich zwischen den grünen Ueberzug und das eingeschlossene Stärkekorn, indem es jenen blasenartig abhebt. Böhms Angaben (a a. O. p. 26 u. 27) schliessen sich an Mohl's Beobachtungen an.

Die grösser Resistenz der Chlorophyllkörner mit grossen Stärkekörnern dürfte wohl mit ihrem höheren Alter zusammen hängen und daher rühren, dass das Chlorophyll bei seiner Stärke bildenden Thätigkeit selbst Veränderungen erleidet, gewissermassen abgenutzt wird, wie diess oft bei dem Protoplasma geschieht, wenn es sich mit dicken Zellstoffschichten umgiebt.

II. Entstehung des Chlorophylls.

A. Gris suchte in seiner, sonst an vortrefflichen Beobachtungen reichen Arbeit,[1]) die Ansicht geltend zu machen, dass die Chlorophyllmasse ein Produkt des Zellkerns sei (une gelée verte émanée du nucleus s'étend sur les parois des cellules). Er legt dabei besonderes Gewicht auf die Bemerkung, dass die Chloro-

[1]) Recherches microscopiques sur la chlorophylle: Annales d. sc. nat. 1857 . p. 199.

Universitätsbibliothek Regensburg urn:nbn:de:bvb:355-ubr05977-0138-2

phyllkörner oft in grösserer Zahl um den Zellkern angehäuft sind, und zwar wie er angiebt besonders in ihrer Jugend, während sie sich später der Wand zuziehen; ebenso betrachtet er es als einen Beweis seiner Ansicht, dass die Körner oft aus einer Plasmamasse sich bilden, welche den Kern vorher umgiebt, die er desshalb als einen Ausfluss desselben betrachtet. Allein zunächst beweist jene Anhäufung der Chlorophyllkörner und den Zellkern nichts, da sie sich ebenso gut auf andere Art erklären lässt, ferner ist die Anhäufung des Protoplasmas um den Zellkern eine allgemeine Erscheinung und es kann daher nicht Wunder nehmen, wenn auch das grün gewordene Protoplasma sich in der Nähe des Kernes findet, endlich aber kommt gerade in der Mehrzahl der Fälle eine Entwickelungsweise des Chlorophylls vor, welche der Ansicht von Gris auf das Bestimmteste widerspricht; das ist immer da der Fall, wo die Chlorophyllkörner an der Zellwand eine in Schleim eingebettete Schicht bilden, die sich aus einem Plasmabeleg hervorbildet, der schon in früher Jugend der Zelle die Wand auskleidete und mit dem Zellkern, der dabei oft frei im Zellsaft liegt, in keiner näheren Beziehung steht. Bei *Phaseolus, Zea Mais, Helianthus, Ricinus, Faba* findet man schon während der Samenruhe in den Primordialblättern und Cotyledonen der Keime bei sorgfältiger Präparation in den unter der Epidermis liegenden Zellen, die später grün werden, eine gallertartige Auskleidung der Zellwand, welche einzelne Stellen der letzteren frei lässt und mit den Abbildungen in Gris (gen. Abhandlung Taf. 5 fig. 8, Taf. 10 fig. 4—6) verglichen werden kann. Wenn die Blätter des Keims sich entfalten so erweicht sich diese während der Samenruhe harte Gallert, sie zerfällt in dicht nebeneinander liegende grüne Körner, in Chlorophyllkörner, welche dann oft die frühere Anordnung des Plasmas, aus dem sie entstanden sind, nachahmen. Hier kann von einer „émanation" aus dem Zellkern keine Rede sein. Um Gris' Ansicht nochmals zu prüfen habe ich dieser Tage eine sorgfältige und wiederholte Untersuchung der Entwickelung des Chlorophylls in den austreibenden Blätterconvoluten der Zwiebeln von *Allium Cepa* vorgenommen.

(Fortsetzung folgt.)

Universitätsbibliothek Regensburg urn:nbn:de:bvb:355-ubr05977-0139-0

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Flora oder Allgemeine Botanische Zeitung

Jahr/Year: 1862

Band/Volume: 45

Autor(en)/Author(s): Sachs Julius

Artikel/Article: Uebersicht der Ergebnisse der neueren Untersuchungen über das Chlorophyll 129-137