

Biologisches Centralblatt.

Unter Mitwirkung von

Dr. K. Goebel und Dr. R. Hertwig
Professor der Botanik Professor der Zoologie

in München,

herausgegeben von

Dr. J. Rosenthal

Prof. der Physiologie in Erlangen.

Vierundzwanzig Nummern bilden einen Band. Preis des Bandes 20 Mark.
Zu beziehen durch alle Buchhandlungen und Postanstalten.

Die Herren Mitarbeiter werden ersucht, alle Beiträge aus dem Gesamtgebiete der Botanik an Herrn Prof. Dr. Goebel, München, Luisenstr. 27, Beiträge aus dem Gebiete der Zoologie, vgl. Anatomie und Entwicklungsgeschichte an Herrn Prof. Dr. R. Hertwig, München, alte Akademie, alle übrigen an Herrn Prof. Dr. Rosenthal, Erlangen, Physiolog. Institut, einzusenden zu wollen.

Bd. XXXI.

15. August 1911.

N^o 16 u. 17.

Inhalt: Monteverde und Lubimenko, Untersuchungen über die Chlorophyllbildung bei den Pflanzen (Schluss). — Witschi, Über das Eindringen des Schwanzfadens bei der Befruchtung von Seeiglelern. — v. Liebermann, Beiträge zur Physiologie der Lebensvorgänge (Schluss). — Kuschakewitsch, Über die Entwicklung der Spermien bei *Conus mediterraneus* Brug. und *Vermetus gigas* Biv. — Schmid, Ein Versuch über die Wärmeempfindlichkeit von Zoölarven — Schmid, Über den Heliotropismus von *Cereactis aurantiaca*. — Némec, Das Problem der Befruchtungsvorgänge und andere zytologische Fragen. — Czapek, Über eine Methode zur direkten Bestimmung der Oberflächenspannung der Plasmahaut von Pflanzenzellen. — Baur, Einführung in die experimentelle Vererbungslehre.

Untersuchungen über die Chlorophyllbildung bei den Pflanzen.

Von N. Monteverde und W. Lubimenko.

(Schluss).

Nach der Beleuchtung des Präparats sind im ersten Moment im Rot des Spektrums zwei Bänder zu sehen (Fig. 1): das erste ungefähr zwischen λ 700—680, das zweite je nach der Dicke des Präparats zwischen λ 650—630 oder λ 650—625; dieses zweite Band hat nicht die gleiche Intensität auf seiner ganzen Breite, und zwar befindet sich sein dunkelster Teil zwischen λ 650—640. Was das gegenseitige Intensitätsverhältnis dieser beiden Bänder anbelangt, so ist es ziemlich schwer, dasselbe zu bestimmen, da im Spektrum äußerst rasch Veränderungen vorkommen.

Kaum ist das Auge imstande, diese beiden Bänder zu erblicken, so zeigen sich auch schon Veränderungen, die in folgendem bestehen: das erste Band beginnt rasch breiter zu werden und nimmt nur auf der rechten Seite zu; seine Intensität verstärkt sich, aber es fährt noch fort von der linken Seite bis auf λ 700 zu gelangen, sodann verschwindet allmählich der linke Teil zwischen λ 700—680 und das Band nimmt darauf eine beständige Stellung zwischen

λ 680—660 ein. Gleichzeitig mit den Veränderungen des ersten Absorptionsbandes findet eine solche auch bei dem zweiten statt. Sein dunkelster Teil, der sich zwischen λ 650—640 befindet, verblasst rasch und verschwindet vollständig; sein rechter Teil verbreitet sich ein wenig auf der rechten Seite, wird sodann schwächer, bleibt aber noch ziemlich lange zwischen λ 630—620 sichtbar (Fig. 2).

Fast gleichzeitig mit der Verstärkung des Chlorophyllbandes I bemerkt man das Erscheinen der Bänder III und IV. Wenn man den Teil des Spektrums beobachtet, welcher sich zwischen λ 600—550 befindet, so bemerkt man bei der Belichtung des Präparats im ersten Moment keinerlei Absorptionsbänder; jedoch kann man bereits nach 5—10 Sekunden, je nach der Lichtstärke und Dicke des Präparats, das Erscheinen des Bandes IV zwischen λ 565—550 deutlich bemerken (Fig. 3). Später fängt dieses Band an zuzunehmen und gelangt bis auf λ 540. — Unmittelbar nach dem Erscheinen des Bandes IV zeigt sich das Band III zwischen λ 595—580 (Fig. 3). Auf diese Weise kann man nach Verlauf einiger Zeit folgendes Spektrum beobachten: Band I zwischen λ 680—660, Band II — λ 630—620, III — λ 595—580, IV — λ 560—550; die Reihenfolge der Intensität der Bänder ist: I, IV, III, II. Die nächstfolgende Veränderung führt zu einer allmählichen Abschwächung des Bandes II. In diesem Stadium der Umwandlung des Pigments der etiolierten Blätter in Chlorophyll beobachtet man im Spektrum außer den erwähnten vier Bändern noch ein Band zwischen λ 510—480 (Fig. 3); jedoch gelang es uns einstweilen noch nicht, den Moment seiner Entstehung genau festzustellen.

Es muss bemerkt werden, dass nach diesen unseren Beobachtungen das Chlorophyllband IV eine größere Intensität besaß als Band III; in lebenden grünen Blättern erscheint es aber bekanntlich schwächer als das Band III und befindet sich zwischen λ 550—540 (Fig. 4). Wir werden uns bei dieser Erscheinung nicht aufhalten und überlassen die Erklärung dieses Unterschiedes zukünftigen Untersuchungen, jedoch kann sie als direkter Hinweis auf den Umstand dienen, dass das sofort nach Beleuchtung lebender etiolierter Pflanzen entstehende Pigment mit dem Chlorophyll am Licht gewachsener Blätter nicht völlig identisch ist.

Anstatt der Weizenkeimlinge können wir als vorzügliches Objekt für direkte Beobachtung der Chlorophyllbildung im lebenden Gewebe der etiolierten Pflanzen die Kotyledonen etiolierter Luffakeimlinge empfehlen. Zur Beobachtung des Bandes zwischen λ 650—630 genügt es, zwei aufeinander gelegte Kotyledonen zu verwenden; zur Beobachtung des Bandes zwischen λ 700—680 empfiehlt es sich jedoch, 3—4 Kotyledonen übereinander zu legen. In unbeschädigten lebenden Luffakeimlingen unterscheidet sich das erste Produkt der Lichtwirkung vom Chlorophyll ebenfalls durch eine

größere Intensität des Bandes IV im Vergleich zu Band III. Im übrigen geschieht dieser Vorgang bei Luffa auch ganz genau so wie beim Weizen.

Nachdem die Anwesenheit eines besonderen chlorophyllbildenden Pigments bei lebenden etiolierten Pflanzen von uns festgestellt war, wiederholten wir die Beobachtungen an getrockneten etiolierten Weizenkeimlingen. Zu diesem Zweck benutzten wir das Material, in welchem die Chlorophyllbildung fast ohne Beimischung des Protochlorophylls bei der Belichtung stattfinden konnte. Mit der Schere zerkleinerte, trockene etiolierte Keimlinge wurden in flüssiges Paraffin gebracht, was die Herstellung der Präparate sowie auch die Beobachtung im äußersten Rot des Spektrums ganz bedeutend erleichterte. Bei getrockneten wie auch bei lebenden etiolierten Keimlingen bemerkt man im Rot zwei Absorptionsbänder auf denselben Stellen des Spektrums; die weitere Veränderung dieser Bänder und das Auftreten neuer Chlorophyllbänder unter der Wirkung des Lichts geht genau so vor sich wie bei lebenden Pflanzen. Bei eben solchen Keimlingen beobachtet man nach beendeter Umwandlung ein Absorptionsspektrum des Chlorophylls, welches dem Spektrum lebender etiolierter Pflanzen, die einige Zeit der Einwirkung des Lichts ausgesetzt waren, völlig gleichkommt; auch hier war Band IV (λ 565—550) intensiver als Band III (λ 595—580). Der Unterschied besteht nur darin, dass Band II (λ 630—620) nicht vollständig verschwindet, sondern sichtbar bleibt, gleichviel wie lange auch die Beleuchtung dauerte. Dieses nicht verschwindende Band gehört den Spuren des primären Pigments an, welche sich noch vor der Belichtung während des Trocknens in Protochlorophyll umwandelten.

Indem wir die Wichtigkeit der eben beschriebenen Tatsachen in Betracht zogen, wiederholten wir unsere Beobachtungen mehrmals sowohl an lebenden, als auch an trockenen Weizen- und Luffakeimlingen. Auf Grund aller dieser Tatsachen müssen wir zu dem Schluss kommen, dass etiolierte Pflanzen, die nicht fähig sind, im Dunkeln zu ergrünen, in Abwesenheit des Lichts ein besonderes Pigment bilden, welches durch sein Absorptionsspektrum dem Chlorophyll ziemlich nahe steht; dies Pigment unterliegt sodann bei Lichtwirkung nur einer gewissen Veränderung und als deren Resultat entsteht eben Chlorophyll oder vielleicht ein ihm sehr nahe stehendes Pigment. Auf diese Weise stellen die im Dunkeln ergrünenden sowie die hierzu unfähigen Pflanzen vom Standpunkt der Chlorophyllbildung nicht den scharfen Unterschied dar, welchen man auf Grund ihres verschiedenen Verhaltens zum Licht annehmen könnte. Beide Pflanzentypen bilden im Dunkeln aus einem farblosen Chromogen ein Pigment, welches wir vorläufig Chlorophyllogen nennen werden. Die weitere Veränderung dieses äußerst labilen

Pigments führt dahin, dass es sich in eine mehr stabile Form — das Chlorophyll — umwandelt⁷⁾. Der Unterschied zwischen beiden Pflanzentypen besteht nur darin, dass in einem Falle die Umwandlung des Chlorophyllogens in Chlorophyll den Lichtzutritt erfordert, während sie im anderen ausschließlich unter der Wirkung chemischer Agenzien der lebenden Zelle stattfinden kann.

Wir haben schon früher gesagt, dass sich das Chlorophyllogen der im Dunkeln nicht ergrünenden Pflanzen unter der Einwirkung höchst mannigfaltiger Stoffe in das Protochlorophyll umwandeln kann. Daher können wir über die Anwesenheit des Chlorophyllogens in denjenigen Fällen urteilen, wo eine direkte Beobachtung seines Absorptionsspektrums unmöglich ist, und zwar nach der Protochlorophyllbildung bei der Einwirkung solcher Lösungsmittel wie Alkohol, Schwefeläther etc. Wie bekannt, gelingt es nicht, die Anwesenheit des Protochlorophylls bei Keimlingen der im Dunkeln ergrünenden Pflanzen unmittelbar zu konstatieren; dieser Umstand spricht scheinbar gegen unsere Verallgemeinerung, dass das von uns entdeckte Chlorophyllogen ein Zwischenstadium der Chlorophyllbildung für alle grünen Pflanzen sei. In einigen Fällen kann man jedoch die Anwesenheit des Protochlorophylls sogar bei solchen typischen Vertretern von im Dunkeln ergrünenden Pflanzen feststellen, wie z. B. bei Nadelhölzern. So kann man nach unseren Beobachtungen⁸⁾ in Keimlingen von *Larix europaea* und *Thuja occidentalis*, die im Dunkeln erzogen wurden, nach ihrer Behandlung mit Alkohol neben dem Chlorophyll auch das Vorhandensein von Protochlorophyll konstatieren. Diese Tatsache weist darauf hin, dass die Umwandlung des Chlorophyllogens in Chlorophyll in einigen Fällen unter dem Einfluss unbekannter Ursachen zurückgehalten wird, was auch die Möglichkeit gewährt, seine Anwesenheit durch sein Derivat — das Protochlorophyll — aufzufinden. Für uns gibt diese Tatsache gleichzeitig einen wichtigen qualitativen Hinweis zu-

7) Es ist interessant zu bemerken, dass die Umwandlung des Chlorophyllogens in Chlorophyll am schnellsten in roten Strahlen vor sich geht, wo sich auch die Absorptionsbänder des Chlorophyllogens befinden. Als Beispiel führen wir hier nur einen Versuch an, da eine besondere Abhandlung von uns über diese Frage erscheinen wird. Es wurden vier Portionen von je acht Kotyledonen der Sonnenblume genommen. Beleuchtet wurde mit einer Spiritusglühlampe (Sinumbra) durch farbige Gläser 15 Minuten lang bei größter Lichtstärke und 50 cm Abstand. Die Temperatur betrug 16° C. Für die nach Beendigung des Versuchs bereiteten alkoholischen Auszüge ergab sich, dass hinter rotem und orangem Glas die Chlorophyllmenge das Protochlorophyllquantum fast um das Vierfache übertraf; hinter grünem Glas wurde nur Protochlorophyll gefunden, und hinter blauem — Protochlorophyll und Spuren von Chlorophyll. Auf die farbigen Lichtstrahlen, welche durch diese farbigen Gläser durchgelassen wurden, wird in der weiteren Erörterung dieser Abhandlung hingewiesen werden.

8) N. Monteverde und W. Lubimenko, l. c., p. 28.

gunsten der Allgemeinheit derjenigen Stadien, welche die Chlorophyllbildung bei grünen Pflanzen durchmacht.

Das von uns entdeckte Chlorophyllogen gehört scheinbar zu der Gruppe labiler Pigmente, auf welche wir bei Untersuchungen der inneren Samenhülle der Cucurbitaceen gestoßen sind. Diese Familie besitzt gegenüber anderen grünen Pflanzen die eigentümliche Eigenschaft, dass die Anhäufung von Protochlorophyll bei ihren Vertretern die Möglichkeit gibt, dieses Pigment mit der gleichen Bequemlichkeit wie das Chlorophyll zu studieren. Augenblicklich verfügen wir über eine genügende Anzahl Beobachtungen, um eine vollständige Übersicht derjenigen bemerkenswerten Umwandlungen zu geben, welchen der Grundstoff -- Chlorophyllogen, je nach der Entwicklung und Reife der inneren Samenhülle der Cucurbitaceen, unterworfen ist.

In unserer oben erwähnten Abhandlung wiesen wir bereits darauf hin, dass die Plastiden der inneren Samenhülle bei Cucurbitaceen neben Protochlorophyll auch noch Chlorophyll enthalten können. Unsere Beobachtungen nach dieser Richtung hin wurden früher dadurch erschwert, dass es uns nicht gelang, das notwendige Material der sukzessiven Stadien der Samenentwicklung, angefangen vom Moment des Auftretens dieses Pigments in den Hüllen, zu erhalten. Da man zu derartigen Beobachtungen stets frisches Material haben muss, machten wir unsere weiteren Versuche im botanischen Laboratorium des Kaiserlichen Gartens von Nikita, dessen klimatischen Verhältnisse die Kultur einer ganzen Reihe tropischer und subtropischer Cucurbitaceen im Freien gestatten. Wir hatten nun auf diese Weise die Möglichkeit, über eine genügende Menge frischen Materials zu verfügen, dessen Studium uns auch ein sehr verwickeltes Bild der Chlorophyllogenumwandlungen bot.

Als Hauptobjekte für unsere Beobachtungen dienten die Samen einiger Arten von *Luffa*, *Trichosanthes*, *Momordica*, *Cucurbita* und *Bryonopsis*. Bei diesen Pflanzen lassen nämlich in der Periode der Samenentwicklung, wo in ihrer inneren Hülle das grüne Pigment auftritt, die Früchte genügend Licht für die Chlorophyllbildung durch, und die Untersuchung zeigt tatsächlich, dass sich in den Plastiden der Samenhülle Chlorophyll befindet. Sodann beobachtet man, je nach der Entwicklung der Samen, das Auftreten des Protochlorophylls. Anfangs tritt dieses Pigment nur als unbedeutende Beimischung zum Chlorophyll auf, später nimmt seine Menge rasch zu. Zu gleicher Zeit vermindert sich die Chlorophyllmenge allmählich bis zu ihrem vollständigen Verschwinden. Höchst interessant ist der Umstand, dass einige Cucurbitaceen, z. B. *Bryonopsis*, unfähig sind, in ihrer inneren Samenhülle Protochlorophyll anzuhäufen. In diesem Falle vollzieht sich das Auftreten des Chloro-

phylls und sein allmähliches Verschwinden, je nach der Samenreife, auf gewöhnliche Art, wie bei vielen anderen Pflanzen, in deren Keimlingen sich Chlorophyll bildet. Bei einigen Cucurbitaceen, z. B. bei *Trichosanthes*, findet eine reichliche Anhäufung von Protochlorophyll statt, während ein vollständiges Verschwinden des Chlorophylls nicht beobachtet werden kann; eine Beimischung dieses letzteren kann man oft in den Hüllen völlig ausgereifter Samen feststellen. In den Luffasamen aber verschwindet das Chlorophyll mit der Samenreife vollständig. Was den Kürbis anbelangt, so bildet er einen Übergangstypus: in einigen Fällen beobachtet man in den Hüllen seiner reifen Samen eine mehr oder minder große Beimischung von Chlorophyll zum Protochlorophyll, in anderen Fällen dagegen fehlt das Chlorophyll vollständig.

Auf Grund dieser Tatsachen können wir folgenden Schluss ziehen. Die Bildung und Anhäufung des Chlorophylls in jungen Samen von Cucurbitaceen geht genau so vor sich wie bei vielen anderen Pflanzen; mit der Reife der Samen vermindert sich bei Cucurbitaceen, wie auch bei anderen Pflanzen, die Chlorophyllmenge und zwar im Zusammenhange mit einigen nicht näher bekannten physiologischen Bedingungen der Samenreife. In einigen Fällen kann die Verminderung bis zum vollständigen Verschwinden dieses Pigments gehen, in anderen aber bleibt ein Teil erhalten. Neben dieser gewöhnlichen Erscheinung besitzen die Samen von Cucurbitaceen die bemerkenswerte Eigentümlichkeit, dass eine Umwandlung des Chlorophyllogens in Protochlorophyll in ihren lebenden Plastiden stattfindet. Wie wir bereits früher sagten, ergibt sich letzteres als ein Derivat des Chlorophyllogens, das sich bei anderen untersuchten Pflanzen nur beim Absterben der lebenden Zelle bildet. Dieses Derivat häuft sich jedoch in den Plastiden der Samenhülle von Cucurbitaceen während derjenigen Periode in bedeutender Menge an, wo die Zellen noch vollständige Lebensfähigkeit besitzen. Auf diese Weise verwirklichen sich in den lebenden Zellen der inneren Samenhülle der Cucurbitaceen die Bedingungen, bei denen das Chlorophyllogen zweierlei Umwandlung erleidet, einerseits in Chlorophyll, andererseits in Protochlorophyll. Dass sich das Protochlorophyll tatsächlich in lebendem Gewebe anhäuft, davon kann man sich leicht durch eine direkte spektroskopische Untersuchung der lebenden Samenhüllen überzeugen. Als besonders günstiges Objekt zu einer solchen Beobachtung erscheinen die Samenhüllen von Luffa und dem Kürbis.

Wie die mikroskopische Beobachtung zeigt, enthalten die Plastiden der Samenhüllen von Luffa während dem Auftreten von Protochlorophyll eine große Menge von Stärke und besitzen eine hellgrüne Färbung. In der nachfolgenden Periode der Samentwicklung verlieren die Plastiden der inneren Samenhülle allmäh-

lich die Stärke, vermindern sich bedeutend im Umfang und nehmen eine braungrüne Färbung an. Die spektroskopische Untersuchung solcher Hüllen zeigt, dass in ihnen das Protochlorophyll eine Umwandlung in dasjenige Pigment zu erleiden beginnt, das in unserer veröffentlichten Abhandlung von uns vorläufig Chlorophyllogen genannt wurde⁹⁾. Der Umwandlungsprozess des Protochlorophylls findet allmählich statt und beginnt vom Funiculus nach dem Scheitel des Samens zu. Eine mikroskopische Untersuchung der Hüllen in dieser Periode zeigt, dass, während in den dem Funiculus zunächst liegenden Hüllenteilen alle Plastiden bereits ein bräunliche Färbung angenommen haben, in den dem Scheitel des Samens zunächst liegenden Teilen noch eine bedeutende Menge grüner, mit Stärke angefüllter Plastiden beobachtet werden kann. Das braungrüne Pigment wird, wie bereits in unserer Abhandlung bemerkt wurde, durch das Absorptionsband I charakterisiert; dieses Band befindet sich im Rot des Spektrums und fällt fast zusammen mit dem Bande I des Chlorophylls. Wenn man Samenhüllen von Luffa, in denen die Umbildung des Protochlorophylls in das braungrüne Pigment noch nicht beendet war, spektroskopisch untersucht, so kann man sehen, dass sich das Verhältnis der Intensität zwischen dem Band I des Protochlorophyllderivats und dem ersten Protochlorophyllband, welches sich zwischen λ 640—620 befindet (Fig. 5), folgendermaßen verändert: in dem dem Funiculus zunächst liegenden Hüllenteile ist das Protochlorophyllband sehr schwach ausgebildet, während das Band I des braungrünen Derivats äußerst intensiv ist; dagegen beobachtet man in den dem Samenscheitel zunächst liegenden Teilen in der Intensität dieser Bänder ein umgekehrtes Verhältnis.

In der nachfolgenden Periode der Samenreife kommt die Umbildung des Protochlorophylls in das braungrüne Pigment oft zum Abschluss, so dass in den Hüllen völlig reifer Samen folgendes Spektrum beobachtet werden kann (Fig. 6).

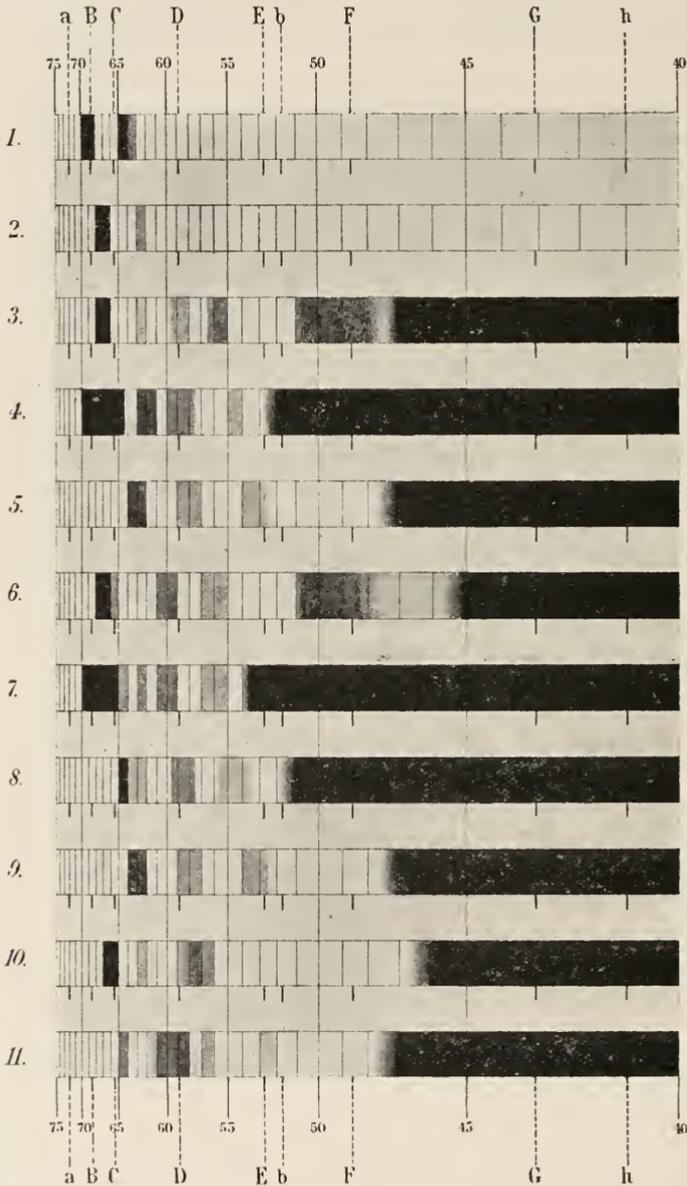
Anzahl der übereinandergelegten Samenhüllen	Band I	Band II	Band III	Band IV	Endabsorption
2 oder 3	680—660 (650) ¹⁰⁾	610—590	570—550	510—480	von 450 an
4	680—650 (630)	610—580	570—550	520—475	„ 460 „
5	690—645 (625)	610—580	570—550		„ 520 „
7	690—640 (620)	610—680	570—550		„ 530 „

Nach der Intensität gruppieren sich die Bänder in folgender Reihenfolge, angefangen mit der größten Intensität: I, IV, II, III.

9) N. Monteverde und W. Lubimenko, l. c., p. 39 u. 43.

10) Die in Klammern angegebenen Zahlen zeigen, bis zu welcher Teilung der minder dunkle Teil des Bandes geht.

Häufiger jedoch gelangt die Umbildung nicht bis zum Ende und man beobachtet in den reifen Samenhüllen neben dem braungrünen Pigment eine größere oder kleinere Beimischung von Proto-



chlorophyll. Es muss bemerkt werden, dass das Auftreten des braungrünen Pigments, welches wir im weiteren „Derivata“ nennen werden, vor dem Absterben der Hüllenzellen stattfindet; eine geringe Beimischung des Pigments *a* zum Protochlorophyll beobachtet

man noch in derjenigen Periode, wo die Plastiden der Samenhüllen eine ziemlich bedeutende Stärkemenge enthalten; und sogar dann, wenn die Plastiden, infolge der reichlichen Bildung des Derivats *a*, ein braungrüne Färbung annehmen, zeigt die mikroskopische Beobachtung, dass die Zellen noch am Leben bleiben. Folglich darf man das Auftreten des beschriebenen Derivats nicht als eine post-mortale Erscheinung betrachten. Offenbar haben wir hier eine Veränderung der physiologischen Bedingungen im inneren Leben der Zelle vor uns, bei welcher scheinbar eine umgekehrte Reaktion stattfindet — und zwar die Umbildung des Protochlorophylls in einen Stoff, der nach dem Absorptionsspektrum dem von uns entdeckten Chlorophyllogen etiolierter Pflanzen äußerst nahe zu stehen kommt.

Besonders charakteristisch ist, dass das braungrüne Protochlorophyllderivat einen äußerst labilen Stoff darstellt. Alle unsere Bestrebungen, dasselbe in Lösung aus trockenen oder frischen Samenhüllen von *Luffa* zu gewinnen, hatten bisher keinen Erfolg. Unter der Wirkung der verschiedensten Lösungsmittel auf trockene oder frische Hüllen, in denen die Umwandlung des Protochlorophylls in das Derivat *a* stattgefunden hatte, bekamen wir in der Lösung nur Protochlorophyll. Ein Zurückverwandeln des beschriebenen Derivats in Protochlorophyll kann man durch leichtes Erwärmen des Präparats auf einer Spirituslampe hervorrufen, wobei die braungrüne Farbe der Hüllen in eine hellgrüne übergeht. Von allen geprüften Lösungsmitteln ist sogar das am meisten indifferente flüssige Paraffin nicht imstande, das braungrüne Pigment unverändert auszuziehen. Wenn man reife Samenhüllen von *Luffa* nimmt, in denen eine vorhergehende spektroskopische Untersuchung nur die Anwesenheit des Derivats *a* anzeigt und sie sodann in einem Mörser mit flüssigem Paraffin zerreibt, so färbt sich letzteres grünlichbraun. Nach dem Filtrieren durch einen Papierfilter erhält man eine opalisierende Flüssigkeit mit folgenden Absorptionsbändern in der linken Hälfte des Spektrums (Fig. 7):

I	II	III	IV	Endabsorption
700—650 (640)	630—620	610—590	575—550	von 535 an

Bei der Betrachtung einer dünneren Flüssigkeitsschicht liegt Band I zwischen λ 680—660. Die Intensität der Streifen vermindert sich in nachstehender Folgenreihe: I, III, II, IV. Es ist leicht zu sehen, dass das Band II dieses Spektrums dem Protochlorophyll angehört. Die Intensität dieses Bandes verändert sich in Abhängigkeit von der Energie, mit der das Zerreiben der Hüllen vorgenommen wird: je vorsichtiger das Zerreiben ausgeführt wird, desto schwächer ist die Intensität des Bandes II, und umgekehrt. Wenn man sodann zu einer solchen Pseudolösung des braungrünen Pigments (in Paraffin) Alkohol hinzufügt, oder die Flüssigkeit auf einer

Spirituslampe leicht anwärmt, so nimmt die Lösung eine grüne Farbe an und zeigt unter dem Spektroskop das typische Absorptionsspektrum des Protochlorophylls, wobei Band I des Derivats α spurlos verschwindet.

Somit finden wir in den Hüllen reifer Luffasamen entweder das soeben beschriebene braungrüne Derivat des Protochlorophylls oder ein Gemisch beider Pigmente in verschiedenen Verhältnissen der Zusammensetzung. Dieselben Erscheinungen beobachtet man auch in den Samenhüllen beim Kürbis, jedoch mit dem Unterschiede, dass hier das Zurückverwandeln des Protochlorophylls noch ein Stadium durchmacht und ein neues Produkt liefert. Das für das braungrüne Protochlorophyllderivat typische Absorptionsspektrum kann man hier nur in den Hüllen nicht völlig reifer Samen beobachten, und zwar in der Zeit, wo ihre Gewebe noch alle Merkmale der Lebensfähigkeit besitzen. Nach beendeter Samenreife zeigt aber ihre innere Hülle folgendes Absorptionsspektrum:

I	II	III	Endabsorption
650—640 (620)	600—570	550—530	von 510 an

Band I ist am intensivsten; es besteht aus einem schmalen dunkeln Teil (zwischen λ 650—640), an welchem rechts ein breiterer (zwischen λ 640—620), aber bedeutend weniger dunkler Teil grenzt. Band III ist das schwächste. Dies neue Protochlorophyllderivat, welches wir „Derivat β “ nennen werden, kann man auch in den Samenhüllen von Luffa erhalten. Zu diesem Zwecke genügt es, die Samenhüllen, welche ein Gemisch von Protochlorophyll und Derivat α enthalten, über Schwefelsäure in einem Exsikkator zu trocknen, in dem die Luft durch Kohlensäure ersetzt wurde. Eine direkte spektroskopische Untersuchung solcher Hüllen zeigte nur die Anwesenheit dieses neuen Derivats, welches wir Derivat β nannten. Offenbar erfolgt in den Geweben der Kürbissamenhüllen eine neue Veränderung, welche eine weitere Umbildung des Protochlorophylls hervorruft; in Luffasamen jedoch, die unter normalen Bedingungen gereift waren, entsteht dieses neue Umwandlungsstadium des Pigments nicht.

Ähnlich dem Derivat α ist das Derivat β ein äußerst unbeständiger Stoff. Bei Behandlung trockener oder frischer Kürbissamenhüllen, die das Derivat β enthalten, mit den verschiedensten Lösungsmitteln, erhält man immer in der Lösung Protochlorophyll. Eine Ausnahme bildet in dieser Hinsicht nur die Behandlung mit flüssigem Paraffin. Wenn man in einer Atmosphäre von CO_2 getrocknete, das Derivat β enthaltende Luffasamenhüllen nimmt und sie im Mörser mit flüssigem Paraffin zerreibt, so erhält man nach dem Filtrieren eine vollständig durchsichtige gelblichgrüne Lösung, mit einem Stich ins goldige. Diese Lösung zeigt bei spektro-

skopischer Untersuchung dasselbe Absorptionsspektrum (Fig. 8), wie bei den Hüllen, welche das Derivat β enthalten:

I	II	III	Endabsorption
650—640 (620)	595—575	555—535	von 520 an

Wir wollen nun ein allgemeines Bild der Entwicklung des grünen Pigments der Plastiden der Samenhüllen bei den Cucurbitaceen geben.

Wie im grünen Gewebe anderer Pflanzen, so tritt auch in den Samenhüllen der Cucurbitaceen, Chlorophyllogen auf, welches sich unter dem Einfluss des Lichts in Chlorophyll verwandelt und in größeren oder kleineren Mengen in den Plastiden anhäuft. Wenn man das Absorptionsspektrum eines alkoholischen Auszuges aus den Hüllen der im Anfangsstadium der Entwicklung sich befindlichen Samen mit dem Absorptionsspektrum eines Auszuges grüner Blätter vergleicht, so stellt sich heraus, dass sie völlig identisch sind. Später wird mit der Entwicklung der Samen auch die Chlorophyllbildung aufgehalten und der früher angehäuften Vorrat unterliegt einer mehr oder minder großen Reduktion. Inzwischen geht die Bildung des Chlorophyllogens weiter vor sich, doch entsteht aus ihm wegen der veränderten Bedingungen nicht mehr Chlorophyll, sondern Protochlorophyll, und es gibt in der Entwicklungsgeschichte der Hülle einen Moment, wo diese stabilen Chlorophyllogenprodukte in den lebenden Plastiden gleichzeitig vorhanden sind. In der nachfolgenden Entwicklungsperiode beobachtet man im inneren physiologischen Leben der Zelle eine neue Veränderung, welche zur Bildung und Anhäufung neuer Derivate des Chlorophyllogens in Gestalt der Protochlorophyllderivate α und β führen. Eine wesentliche Eigentümlichkeit dieser Pigmente besteht darin, dass sie ungewöhnlich leicht in Protochlorophyll, aber nicht in Chlorophyll übergehen.

Indem wir die charakteristische Eigentümlichkeit der Cucurbitaceen, welche im lebenden Gewebe eine große Menge Protochlorophyll anhäufen, in Betracht zogen, erschien es interessant zu verfolgen, was für eine Rolle hier das Licht spielt. Durch einfache Experimente versuchten wir uns vorerst davon zu überzeugen, in welchem Grade die Protochlorophyllbildung bei jungen sich entwickelnden Cucurbitaceensamen vom Licht abhängt. Zu diesem Zwecke steckten wir ganz junge Luffafrüchte, in deren Samen noch keine Pigmente vorhanden waren, in Säckchen aus schwarzem, fast kein Licht durchlassenden Stoff. Durch eine Untersuchung der Samen solcher Früchte in verschiedenen Entwicklungsstadien überzeugten wir uns davon, dass eine Chlorophyllbildung unter diesen Bedingungen nicht stattfindet. Von Anbeginn des Auftretens des Pigments in den Samenhüllen enthielten die Plastiden nur Protochlorophyll. Die weitere Veränderung des Protochlorophylls, und zwar

das Auftreten des Pigments α geht hier genau so vor sich wie in den Samen der Früchte, die dem Licht ausgesetzt waren. Hieraus ist ersichtlich, dass die Umwandlung des Protochlorophylls in das Pigment α nicht von der Lichtwirkung abhängt.

Auf den ersten Blick könnte es nun scheinen, dass sich die Lichtdurchlässigkeit der Fruchtwand mit der Entwicklung der Frucht vermindere; folglich könnte die Protochlorophyllanhäufung in den Samenhüllen der Cucurbitaceen durch die Abwesenheit des Lichts erklärt werden. Um diese Annahme zu prüfen, machten wir folgenden Versuch. In einem dunklen Zimmer wurden Luffasamen zum Keimen gebracht und die Kotyledonen dieser Keimlinge in das Fleisch lebender, in verschiedenen Stadien der Entwicklung befindlicher Luffafrüchte gebracht. Natürlich mussten hierbei mit dem Rasiermesser tiefe Einschnitte an den Früchten gemacht werden, um die Kotyledonen der gekeimten Samen auf die Stellen des Fruchtfleisches zu bringen, wo sich die Samen befanden. Die so behandelten Früchte wurden darauf mit einem Faden umwunden, um die Schnittflächen zusammen zu schließen. Da die Ränder der Einschnitte hierbei dennoch auseinander gehen konnten, wurden die Schnittflächen mit Staniolstreifen bedeckt, um das Innere der Frucht vor dem event. Eintritt des Lichts zu schützen. Selbstverständlich wurden alle diese Manipulationen im dunklen Zimmer ausgeführt. Die auf diese Weise behandelten Früchte wurden sodann an das Sonnenlicht gebracht und diesem während 3 Tage ausgesetzt. Nach Beendigung des Versuchs wurden die Kotyledonen im dunklen Zimmer aus den Früchten herausgenommen und daselbst, nachdem sie sorgfältig mit Wasser gewaschen waren, mit Alkohol behandelt; hierbei wurde in den Auszügen überall die Anwesenheit von Chlorophyll entdeckt. Da zu den Versuchen sechs Früchte im sukzessiven Entwicklungsstadium (fast bis zur Reife) genommen worden waren, so können wir den Schluss ziehen, dass die Fruchtwand stets eine zur Chlorophyllbildung genügende Lichtmenge durchlässt. Weil wir jedoch nur einen einzigen Versuch in dieser Richtung gemacht haben, enthalten wir uns einstweilen eines endgültigen Urteils. Das Vorhandensein des Chlorophylls im Fleisch der Luffafrüchte, sowie die Ergebnisse unseres Versuchs veranlassen uns, desungeachtet zu vermuten, dass die Anhäufung des Protochlorophylls in den Samenhüllen nicht infolge von Lichtmangel stattfand, sondern unter dem Einfluss nicht näher bekannter physiologischer Bedingungen des Zellenlebens. Höchstwahrscheinlich erleidet das Chlorophyllogen in diesem Falle dieselbe Umwandlung, welche wir in etiolierten Pflanzen unter dem Einfluss verschiedener chemischer Agenzien beobachten.

Auf Grund obiger Auseinandersetzungen kommen wir zu dem Schluss, dass lebende Plastiden grüner Pflanzen fähig sind, zwei

verschiedene grüne Pigmente — Chlorophyll und Protochlorophyll — anzuhäufen. Beide sind ziemlich stabil, letzteres ist jedoch beständiger. Beide Pigmente entstehen aus einem dritten, das wir Chlorophyllogen nannten. Dieses unterscheidet sich von seinen Derivaten — dem Chlorophyll und Protochlorophyll — dadurch, dass es ein äußerst labiler Stoff ist. Unter dem Einfluss des Lichts verwandelt er sich ungemein rasch in Chlorophyll, dagegen geht er bei der Wirkung verschiedener chemischer Agenzien in Protochlorophyll über. Die Umwandlung des Chlorophyllogens kann auch in Abwesenheit des Lichts, und zwar unter dem Einflusse einiger unbekannter Stoffe stattfinden, die von den im Dunkeln ergrünenden Pflanzen erzeugt werden.

Da das Chlorophyll und das Protochlorophyll Derivate eines und desselben Stoffes darstellen, ist es interessant, beide zu vergleichen. Ohne Zweifel steht das Protochlorophyll dem Chlorophyll sehr nahe, denn das beweist schon sein Absorptionsspektrum. Was das Verhältnis dieses Pigments zu den Lösungsmitteln anbelangt, desgleichen zur Wirkung von Säuren und Alkalien, so beobachtet man auch hier seine große Ähnlichkeit mit dem Chlorophyll. Bezüglich der Lichtwirkung erweist sich das Protochlorophyll beständiger wie das Chlorophyll. Seine Zersetzung unter dem Einflusse des Lichts geht bedeutend langsamer vor sich; wir überzeugten uns davon durch direkte vergleichende Versuche. Die zerstörende Wirkung des Lichts äußert sich nur in Anwesenheit des Sauerstoffes der Luft; die in ein Reagenzglaschen eingeschlossene alkoholische Protochlorophylllösung erleidet keinerlei bemerkbare Veränderung, wenn die Luft durch Kohlensäure ersetzt wird, selbst dann, wenn sie auch längere Zeit von den direkten Sonnenstrahlen belichtet werden würde.

Als Produkt der Veränderung des Protochlorophylls unter dem Einflusse des Lichts und in Anwesenheit von Sauerstoff erscheint das Protochlorophyllan, ein schmutziggrünes Pigment, welches in seiner Farbe dem Chlorophyllan ähnlich ist. Das Absorptionsspektrum des Protochlorophyllans gaben wir bereits in der oben zitierten Abhandlung und halten uns daher bei ihm nicht weiter auf. Was den Einfluss verschiedener farbiger Strahlen des Spektrums auf die Zerstörung des Protochlorophylls anbelangt, so unterliegt letzteres dem allgemeinen Gesetz, und zwar geht die Zersetzung in denjenigen Strahlen am schnellsten vor sich, die vom Pigment am stärksten absorbiert werden. Nach dieser Richtung machten wir einige Versuche mit alkoholischen Auszügen des Protochlorophylls. Um einzelne Gruppen der farbigen Strahlen isolieren zu können, benutzten wir als Lichtfilter farbige Glasscheiben. Wir wählten zu unseren Versuchen Scheiben, die folgende Gruppen von Strahlen durchließen: die rote Scheibe — zwischen λ (710) 690—610

(600)¹¹⁾, die orange — zwischen λ (680) 660—570 (540), die grüne — zwischen λ (575) 570—485 (480), die blaue — zwischen λ 730—700 (690) und zwischen λ (495) 480—405. Rotes Glas lässt also die Strahlen desjenigen Teils des Spektrums durch, in welchem man das erste Band des Protochlorophylls (zwischen λ 640—620) beobachtet; orangefarbiges Glas — diejenigen, wo sich das erste und das zweite (zwischen λ 590—570) Band befinden; grünes Glas — die Strahlen, wo das dritte Band zwischen λ 540—525 liegt, und blaues Glas lässt die Strahlen desjenigen Teiles durch, in dem man das vierte Band (zwischen λ 450—430) beobachtet.

Die Dichte der farbigen Glasscheiben wurde so gewählt, dass die Gruppen der durchdringenden Strahlen gleiche Intensitäten besaßen. Diese Auswahl wurde mit Hilfe eines besonderen Apparates ausgeführt, welcher an das Spektrophotometer von Arsonval erinnert. Die alkoholischen Auszüge des Protochlorophylls wurden in flache Glasbehälter gebracht und darauf so an die Sonne gestellt, dass ihre Strahlen senkrecht zur vorderen Fläche der Behälter einfielen. Den Beginn der Protochlorophyllbildung konnte man an der Farbenveränderung der Lösung, sowie auch durch direkte spektroskopische Beobachtungen bestimmen. Als Resultat dieser Versuche erwies sich, dass die Bildung des Protochlorophyllans vorerst in den Strahlen auftritt, welche vom blauen Glas durchgelassen werden und dem vierten Band (λ 450—430) des Protochlorophylls entsprechen; sodann vermindert sich die Geschwindigkeit der Protochlorophyllanbildung sukzessive und zwar von den Strahlen beginnend, die das orange, rote und das grüne Glas durchlassen. Die Zersetzung des Protochlorophylls findet also am schnellsten im blauen und am langsamsten im grünen Lichte statt. In dieser Hinsicht unterscheidet sich das Protochlorophyll im Vergleich zum Chlorophyll dadurch, dass für ersteres die blauen Strahlen die aktivsten sind und nicht die roten, wie für das Chlorophyll. Aus weiteren Versuchen erwies sich, dass die Zersetzung in blauen Strahlen am schnellsten vor sich geht, selbst in dem Falle, wo die Intensität des blauen Lichts im Vergleich zu der des roten um zweifache vermindert wurde.

Es muss noch eine interessante Tatsache bezüglich der Wirkung des Lichts auf das Protochlorophyll erwähnt werden. In einer unserer früheren Abhandlungen¹²⁾ hatten wir Gelegenheit darauf hinzuweisen, dass das in lebenden Plastiden befindliche Protochlorophyll unter dem Einflusse des Lichts nicht in Chlorophyll übergeht. Indessen kann man, wenn man eine sehr konzentrierte alkoholische Protochlorophylllösung nimmt und sie $\frac{1}{2}$ —1 Stunde einer Belich-

11) Die in Klammern angegebenen Zahlen zeigen, bis zu welcher Teilung die partielle Verdunklung der durchgehenden Strahlen reicht.

12) N. Monteverde und W. Lubimenko, l. c., p. 37 u. 43.

tung durch direkte Sonnenstrahlen aussetzt, in ihr neben dem typischen Protochlorophyllspektrum noch die Anwesenheit eines schwachen Absorptionsbandes zwischen λ 680—660 entdecken (Fig. 9). Das Auftreten dieses Bandes kann man auch in trockenen inneren Hüllen der Luffasamen beobachten, die an die Sonne gestellt und darauf mit Alkohol behandelt wurden.

Von anderen Derivaten des Protochlorophylls werden wir hier nur zwei erwähnen. Wenn man die Barytverbindung¹³⁾ des Protochlorophylls mit starker Salzsäure behandelt, so erhält man ein labiles Derivat von grüner Färbung mit einem charakteristischen Absorptionsbande, welches sich zwischen λ 670—650 befindet (Fig. 10), d. h. auf derselben Stelle, wo man das Band I des Chlorophylls wahrnimmt. Dieses Derivat ist jedoch unbeständig und das Band I verschwindet nach kürzerer oder längerer Zeit spurlos.

Ein zweites interessantes Derivat des Protochlorophylls bildet sich unter dem Einflusse des Lichts auf Protochlorophyllan, welches durch die Wirkung von 2% Salzsäure auf den alkoholischen Auszug des Protochlorophylls der inneren Samenhüllen von Luffa gewonnen wurde. Bei der Behandlung mit direkten Sonnenstrahlen erhält die bräunlichgrüne Lösung dieses Protochlorophyllans eine smaragdgrüne Färbung und in seinem Absorptionsspektrum erscheint ein neues Band zwischen λ 650—640 (Fig. 11), während das Protochlorophyllanband zwischen λ 640—630 verschwindet. Dieses Derivat ist dadurch bemerkenswert, dass es gegen die Lichtwirkung äußerst stabil ist; selbst bei Beleuchtung einer schwachen Lösung mit direkten Sonnenstrahlen im Laufe mehrerer Tage entfärbt es sich nicht.

Obwohl unsere Untersuchungen über das Protochlorophyll noch durchaus nicht beendet sind, so zeigen die bereits von uns gesammelten Tatsachen, dass das Studium dieses Pigments für die Chemie des Chlorophylls große Dienste leisten kann.

Was die physiologische Rolle des sich in großen Mengen in den Samenhüllen der Cucurbitaceen anhäufenden Protochlorophylls anbelangt, so bleibt dieselbe vorläufig noch unaufgeklärt. Versuche, die gemacht wurden, um festzustellen, ob das Protochlorophyll nicht vielleicht das Chlorophyll in der Photosynthese ersetzen könnte, gaben nur negative Resultate.

Indem wir durch die Mitteilung dieser Tatsachen die kurze Skizze der Eigenschaften des Protochlorophylls beenden, wollen wir nun das Fazit aus den oben dargelegten Beobachtungen ziehen.

Unsere Versuchsergebnisse sprechen genugsam überzeugend dafür, dass das Chlorophyll niemals unmittelbar aus einem farb-

13) Um die Barytverbindung des Protochlorophylls zu erhalten, wurde der alkoholische Auszug der Samenhüllen von Luffa oder Kürbis mit Barytwasser behandelt und der Niederschlag mit Alkohol durchgewaschen, um die gelben Pigmente auszuziehen.

losen Chromogen entsteht. Diese äußerst wichtige Tatsache vereinigt, in bezug auf die Chlorophyllbildung, die im Dunkeln ergrünenden Pflanzen mit denen, welche diese Eigenschaft entbehren; gleichzeitig schränkt sie die Bedeutung des Lichts in der Chlorophyllbildung beträchtlich ein.

Die von uns oben erwähnten Fakta beweisen, dass unter der Einwirkung des Lichts keine Neubildung eines Pigments aus einem farblosen Stoffe vorgeht, sondern nur eine Umwandlung eines bereits früher erzeugten Pigments hervorgerufen wird. Von diesem Gesichtspunkte aus ist die Chlorophyllbildung keineswegs eine einfache photochemische Reaktion, wie man es auf Grund der Untersuchung Liro's annehmen könnte; um so mehr, da sich das erste Produkt der Lichtwirkung auf die etiolierten Pflanzen durch sein Absorptionsspektrum vom Chlorophyll im Licht gewachsener Blätter deutlich unterscheidet.

Das Chlorophyll bildet sich ohne Zweifel durch eine Reihe chemischer Verwandlungen, in denen das Licht nur eine untergeordnete Rolle spielt. Auf Grund unserer Beobachtungen können wir nur auf einige wichtigere Punkte in der sukzessiven Ordnung dieser Umwandlungen hinweisen. Unabhängig von der Lichtwirkung entsteht in den Plastiden aller grüner Pflanzen aus einem nicht näher bekannten farblosen Chromogen ein farbiger Stoff — das Chlorophyllogen. Die Chlorophyllogenbildung zeigt alle Symptome von Zwischenreaktionen: erstens häuft sich das Chlorophyllogen nie in großen Mengen an; zweitens zeichnet es sich durch seine äußerste Labilität aus. Hierdurch wird verständlich, dass seine Umwandlung in ein mehr stabiles Produkt mit großer Leichtigkeit stattfindet. Bemerkenswert ist auch der Umstand, dass sein Absorptionsspektrum in roten Strahlen eine bedeutende Ähnlichkeit mit dem Spektrum des Chlorophylls hat.

Die weitere Verwandlung des Chlorophyllogens in lebenden Plastiden kann nach zwei Richtungen hin stattfinden, wobei man zwei beständigere Pigmente erhält, welche eine wesentliche Ähnlichkeit miteinander zeigen. Diese beständigen Derivate des Chlorophyllogens sind das Chlorophyll und das Protochlorophyll; im Vergleich zum Chlorophyllogen sind sie gegen die Lichtwirkung stabil. Die Protochlorophyllbildung aus dem Chlorophyllogen geschieht unabhängig von der Lichtwirkung; im lebenden Gewebe wird sie durch die Wirkung besonderer, vorläufig unbekannter chemischer Agenzien hervorgerufen, die nur bei Vertretern der Familie der Cucurbitaceen vorkommen. Bei anderen in dieser Hinsicht untersuchten Pflanzen wurde eine solche Umwandlung im lebenden Gewebe bis jetzt noch nicht beobachtet, sie kann jedoch durch die mannigfaltigsten künstlichen Mittel hervorgerufen werden. Die Bildung des anderen stabilen Produktes — das Chlorophyll — aus

dem Chlorophyllogen kann sich ebenfalls von der Lichtwirkung unabhängig vollziehen, wie es die im Dunkeln ergrünenden Pflanzen beweisen. Folglich müssen wir annehmen, dass es chemische Agenzien gibt, die das Chlorophyllogen in Chlorophyll umwandeln können. Diese Agenzien fehlen jedoch in den Zellen derjenigen Pflanzen, welche nicht imstande sind, ohne Licht zu ergrünen. Also erscheint das Licht schließlich gar nicht als Chlorophyllbildner und die photochemische Umbildung des Chlorophyllogens, die wir bei etiolierten Pflanzen bei Beleuchtung beobachten, kann durch die Wirkung eines entsprechenden chemischen Agens hervorgerufen werden. In diesem Falle kann man den Einfluss des Lichts auf das Chlorophyllogen mit seiner Wirkung auf eine ganze Reihe anderer Stoffe vergleichen. Das Licht ruft nur eine Umlagerung in ein mehr stabiles Produkt hervor, die übrigens auch vermittelt eines entsprechenden chemischen Agens ausgeführt werden kann.

Das Studium der Pigmente in den Samenhüllen der Cucurbitaceen brachte die Existenz äußerst labiler Derivate des Protochlorophylls an den Tag, welche sich durch ihre Eigenschaften dem von uns bei etiolierten Pflanzen entdeckten Chlorophyllogen bedeutend nähern. Diese Tatsache zeigt uns, dass sich um das Protochlorophyll und das Chlorophyll herum eine ziemlich große Menge labiler Derivate gruppieren, welche bei der geringsten Beeinflussung entweder dies oder jenes Pigment ergeben. Gegenwärtig können wir auf drei solcher labiler Pigmente hinweisen: Chlorophyllogen, Pigment α und Pigment β . Diese drei Pigmente stehen, wie durch ihr Absorptionsspektrum, so auch durch ihre chemischen Eigenschaften einander sehr nahe. Ihre näheren Beziehungen zueinander werden durch weitere Untersuchungen aufgeklärt werden.

Die Einschränkung der Rolle des Lichts im Prozess der Chlorophyllbildung verringert übrigens die Bedeutung dieses Faktors im Ergrünungsprozess nicht im geringsten. Die Anhäufung des Chlorophylls bis zu einer gewissen Grenze, die die normale Farbe grüner Organe charakterisiert, setzt ohne Zweifel die Einwirkung des Lichts auf das lebende Gewebe voraus. Von diesem Standpunkte aus bilden jedoch die Gruppen im Dunkeln ergrünender und die hierzu unfähigen Pflanzen keinen wesentlichen Unterschied. Lubimenko wies bereits auf die wichtige Tatsache hin, dass sich, z. B. bei Nadelhölzern, die quantitative Anhäufung des Chlorophylls in Abwesenheit des Lichts innerhalb gewisser sehr enger Grenzen beschränkt und dass eine weitere Anhäufung nur bei Belichtung stattfindet¹⁴). Wenn die Rolle des Lichts als chemisches Agens in der Chlorophyllbildung auch nur eine sekundäre Bedeutung hat, so

14) W. Lubimenko. Sur la formation de la chlorophylle à l'obscurité (Bull. du Jard. Imp. bot. de St. Pétersbourg, 1905, t. V, p. 195 et 201).

unterliegt doch seine vorherrschende physiologische Rolle im Prozess der Anhäufung dieses Pigments keinem Zweifel.

Da wir die von uns vorgenommene Untersuchung über die Chlorophyllbildung fortsetzen, so werden wir eine vollständigere Erörterung unserer Resultate in einer anderen ausführlichen Abhandlung veröffentlichen.

Erklärung der Abbildungen.

- Fig. 1. Absorptionsspektrum des Chlorophyllogens lebender etiolierter Pflanzen.
 Fig. 2. Das erste Umwandlungsstadium des Chlorophyllogens in Chlorophyll. Die Absorption der Strahlen auf der rechten Seite des Spektrums auf Fig. 1 u. 2 ist nicht abgebildet.
 Fig. 3. Das zweite Umwandlungsstadium.
 Fig. 4. Absorptionsspektrum lebender grüner Blätter.
 Fig. 5. Absorptionsspektrum einer alkoholischen Protochlorophylllösung von Luffa (eine Lösung mittlerer Konzentration).
 Fig. 6. Absorptionsspektrum von Hüllen reifer Luffasamen, welche das Derivat α enthalten (ein Derivat des Protochlorophylls).
 Fig. 7. Absorptionsspektrum eines Paraffinauszuges aus Luffasamenhüllen, welche das Derivat α enthalten.
 Fig. 8. Absorptionsspektrum einer Paraffinlösung des Derivats β (ein Derivat des Protochlorophylls).
 Fig. 9. Absorptionsspektrum einer den Sonnenstrahlen ausgesetzten alkoholischen Lösung des Protochlorophylls. Es erschien ein neues Band zwischen λ 680—660.
 Fig. 10. Absorptionsspektrum des Protochlorophyllderivats, welches durch die Zersetzung der Barytverbindung des Protochlorophylls vermittelt starker Salzsäure erhalten wurde.
 Fig. 11. Absorptionsspektrum des gegen das Licht äußerst stabilen Derivats des Protochlorophyllans (alkoholische Lösung).

Über das Eindringen des Schwanzfadens bei der Befruchtung von Seeigeleiern.

Von Emil Witschi.

(Aus dem Zoolog. Institut München.)

Die Vorstellungen betreffend das Schicksal der Spermageißel der Seeigel bei der Befruchtung scheinen sich heute allgemein mit der zu decken, die V. Haecker in seiner kürzlich erschienenen Allgemeinen Vererbungslehre ausspricht, wenn er schreibt: „Sehr häufig, so z. B. beim Seeigel, dringt vom Spermatozoon nur der vordere Teil, einschließlich des Mittelstückes, in das Eiplasma ein, während der Schwanzfaden in der Eihülle (beim Seeigel in der Dotterhaut) stecken bleibt.“

Diese Anschauung stützt sich in erster Linie auf die Beobachtungen Wilson's, die dieser in seiner grundlegenden Arbeit „Maturation, Fertilization and Polarity in the Echinoderm Egg“ (Journal of Morphology Vol. X, 1895) mit folgenden Worten niedergelegt hat: „The vitelline membrane, formed instantly after attachment of

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Biologisches Zentralblatt](#)

Jahr/Year: 1911

Band/Volume: [31](#)

Autor(en)/Author(s): Monteverde N., Lubimenko Vladimir Nikolaevich
(Wladimir)

Artikel/Article: [Untersuchungen u^ober die Chlorophyllbildung bei den
Pflanzen. 491-498](#)