

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.

1. August 1911.

N^o 15.

Inhalt: Monteverde und Lubimenko, Untersuchungen über die Chlorophyllbildung bei den Pflanzen. — v. Liebermann, Beiträge zur Physiologie der Lebensvorgänge. — Erhard, Glykogen in Nervenzellen. — v. Prowazek, Pathologie und Artbildung.

Untersuchungen über die Chlorophyllbildung bei den Pflanzen.

Von N. Monteverde und W. Lubimenko.

In einer im Jahre 1909 von uns veröffentlichten Arbeit über das grüne Pigment der inneren Samenhülle einiger Cucurbitaceen¹⁾ sprachen wir den Gedanken aus, dass der Entstehung des Chlorophylls in den Plastiden grüner Pflanzen die Bildung eines besonderen Zwischenpigments vorangeht, welches von uns vorläufig Chlorophyllogen benannt wurde. Fast gleichzeitig mit unserer Abhandlung erschien eine Arbeit Liro's²⁾, welcher das Vorhandensein dieses Zwischenstadiums im Chlorophyllbildungsprozess in Abrede stellt. Dieser scharfe Widerspruch veranlasst uns nun, diejenigen neuen Ergebnisse zu veröffentlichen, die wir in bezug auf die behandelte Frage erhalten haben. Wir wollen eine detaillierte Übersicht der wichtigen Arbeit von Liro, welche die Frage über die Chlorophyllbildung hauptsächlich vom Standpunkt der notwendigen äußeren Bedingungen behandelt, etwas später in einer besonderen Abhandlung geben; vorläufig ist für uns von größter Wichtigkeit,

1) N. Monteverde und W. Lubimenko. Über den grünen Farbstoff der inneren Samenhülle einiger Cucurbitaceen und dessen Beziehung zum Chlorophyll (Bulletin du Jardin Impérial botanique de St. Pétersbourg, t. IX, livr. 2 et 3, 1909).

2) J. Ivar Liro. Über die photochemische Chlorophyllbildung bei den Phanerogamen (Annales Acad. Scient. Fennicae, Ser. A, t. I, 1908).

denjenigen Punkt aufzuklären, bei welchem unsere Beobachtungen von denen Liro's abweichen. In jedem Falle müssen wir dem Autor den Umstand als Verdienst zusprechen, dass er bestrebt war, den Ergrünungsprozess von dem der Chlorophyllbildung deutlich abzugrenzen. In der botanischen Literatur findet man sehr oft Verwechslungen der Begriffe „Ergrünung“ und „Chlorophyllbildung“, obgleich Monteverde und Issatschenko noch vor Liro auf ihren wesentlichen Unterschied hingewiesen haben³⁾.

Unter dem Begriff „Ergrünung“ muss man die Anhäufung von Chlorophyll in den Plastiden eines Pflanzenorgans verstehen; dagegen bezeichnet man mit dem Begriff „Chlorophyllbildung“ die Entstehung dieses Pigments aus dem primären farblosen Stoffe. Die Ergrünung ist ein quantitativer Vorgang; gleichzeitig stellt sie eine physiologische Funktion des Organismus dar, in welche die Chlorophyllbildung als ein Stadium des Gesamtvorgangs hineingehört. Die Chlorophyllbildung jedoch an und für sich bildet nur eine Reihe chemischer Umwandlungen eines Stoffes in einen anderen und setzt die Anwesenheit eines primären Stoffes voraus; folglich bildet sie die qualitative chemische Seite im Prozess der Ergrünung. Hieraus folgt, dass der Ergrünungsvorgang die Anwesenheit auch solcher äußerer oder innerer Bedingungen erfordern kann, die keine direkten Beziehungen zu den chemischen Reaktionen der eigentlichen Chlorophyllbildung haben.

Es ist klar, dass die für die Chlorophyllbildung notwendigen Bedingungen gleichzeitig auch für die Ergrünung erforderlich sind. Man darf aber hieraus keineswegs einen umgekehrten Schluss ziehen, denn tatsächlich beobachten wir in der Natur Fälle, wo die Bedingungen der Chlorophyllbildung erfüllt sind und die Pflanze eine geringe Menge dieses Pigments bildet, aber eine Ergrünung nicht stattfindet. Die Verwechslung der Begriffe „Ergrünung“ und „Chlorophyllbildung“ war besonders beim Studium der für diese Vorgänge notwendigen Bedingungen ein Grund für manche unrichtige Schlüsse. In der Arbeit Liro's findet man im experimentellen Teil viele Tatsachen, welche beweisen, dass eine ganze Reihe äußerer Bedingungen, die früher zur Chlorophyllbildung für notwendig gehalten wurden, in Wirklichkeit nur für die Ergrünung nötig sind.

Der genannte Gelehrte versucht zu beweisen, dass die Chlorophyllbildung ein rein photochemischer Prozess sei, der aus einer Umwandlung des farblosen Stoffes — Leukophyll — unter der Einwirkung des Lichts in einen grünen — das Chlorophyll — besteht. Besonders beweisend erscheinen die Versuche mit getrockneten

3) N. Monteverde. Das Protochlorophyll und Chlorophyll (Bull. du Jard. Imp. bot. de St. Pétersbourg, t. II, p. 2, 1902). B. Issatschenko. Sur les conditions de la formation de la chlorophylle (Bull. du Jard. Imp. bot. de St. Pétersbourg, t. VII, p. 61, 1907).

etiolierten Pflanzen, welche deutlich zeigen, dass die Chlorophyllbildung ebenso leicht im toten Gewebe der Pflanze, wie in dem lebenden vor sich geht. Wie schon früher bemerkt wurde, ist für uns besonders wichtig, dass Liro die Existenz eines Zwischenstadiums der Chlorophyllbildung in Abrede stellt, und zwar die Bildung jenes Übergangspigments, das aus dem farblosen Stoff im Dunkeln entsteht, am Licht aber in Chlorophyll umgewandelt wird.

Etwas später erschien eine Arbeit von Issatschenko⁴⁾ über die Bedingungen der Chlorophyllbildung. Die Resultate dieser Arbeit bestätigen im experimentellen Teil die Beobachtungen von Liro; im theoretischen Teil lässt jedoch Issatschenko die Frage über die verschiedenen Stadien der Chlorophyllbildung vorläufig noch offen.

Bekanntlich bildet sich bei Pflanzen, die unfähig sind, im Dunkeln zu ergrünen, bei ihrer Kultur in Abwesenheit des Lichts, in den Plastiden gleichzeitig mit den gelben Farbstoffen noch ein besonderes Pigment, welches bei der Behandlung mit Alkohol den von Monteverde als Protochlorophyll benannten Körper gibt. Das Protochlorophyll ist nach Liro's Meinung das Umwandlungsprodukt eines farblosen Chromogens „Leukophyll“; die Umwandlung selbst geschieht nur beim Absterben des Pflanzengewebes. Auf diese Weise befindet sich nach der Meinung des oben genannten Gelehrten in den lebenden Plastiden etioliierter Pflanzen nur das farblose Leukophyll, welches unter Belichtung in Chlorophyll übergeht; beim Absterben der lebenden Zellen aber wird dieses Chromogen unter Einwirkung chemischer oder physikalischer Agenzien entweder völlig zerstört oder es verwandelt sich in ein besonderes, dauerhaftes grünes Pigment — das Protochlorophyll.

Liro stützt seine Schlussfolgerung auf eine Reihe Tatsachen, welche auf den ersten Blick unbestreitbar scheinen. So findet z. B., wenn etiolierte Keimlinge durch Eintauchen in kochendes Wasser im Dunkeln getötet werden, bei nachfolgender Belichtung keine Chlorophyllbildung statt. In alkoholischen Auszügen, die (gleichgültig ob im Dunkeln oder bei Licht) aus solchen getöteten Keimlingen bereitet werden, kann man nur die Anwesenheit von Protochlorophyll feststellen. Dass das Protochlorophyll sich tatsächlich beim Absterben des lebenden Gewebes bildet, davon kann man sich durch direkte spektroskopische Beobachtung der mit kochendem Wasser getöteten etiolierten Keimlinge überzeugen. Diese Beobachtung wurde zum erstenmal von Monteverde⁵⁾ gemacht und später von Liro bestätigt. Letzterer beobachtete außerdem das

4) B. Issatschenko. Sur les conditions de la formation de la chlorophylle (Bull. du Jard. Imp. bot. de St. Pétersbourg, t. IX, p. 107, 1909).

5) N. Monteverde. Über das Absorptionsspektrum des Protochlorophylls (Bull. du Jard. Imp. de St. Pétersbourg, t. VII, p. 54 et 58, 1907).

Spektrum des Protochlorophylls auch in lebenden etiolierten Kotyledonen einiger Pflanzen, und zwar in denjenigen ihrer Teile, wo das Gewebe einem natürlichen Absterben unterworfen war.

Jedoch findet nicht immer bei jedem Absterben des lebenden Gewebes eine Protochlorophyllbildung statt. So kann man z. B., wenn man etiolierte Keimlinge im Exsikkator über Schwefelsäure bei gewöhnlicher Temperatur im Dunkeln trocknet und sie alsdann belichtet, im alkoholischen Auszuge solcher Keimlinge die Anwesenheit von Chlorophyll feststellen. Dasselbe Resultat erhält man beim Abtöten der etiolierten Keimlinge durch Gefrieren. Es muss bemerkt werden, dass man auch bei solchen Abtötungsmethoden des lebenden Gewebes eine teilweise Protochlorophyllbildung nicht vermeiden kann. Die Keimlinge, welche durch Trocknen oder Gefrieren getötet sind, lassen nach der Belichtung neben dem Chlorophyll auch Protochlorophyll erkennen, wobei die Menge des letzteren innerhalb weiter Grenzen, offenbar im Zusammenhange mit einigen spezifischen Bedingungen des Absterbens, schwanken kann.

Auf Grund dieser unbestreitbaren Tatsachen muss natürlich der logische Schluss gezogen werden, dass das farblose Chromogen (Leukophyll) zweierlei Umwandlungen erleiden muss: einerseits gibt es Chlorophyll, wenn das Gewebe lebendig bleibt oder unter besonderen Umständen (Trocknen oder Gefrieren) dem Absterben ausgesetzt wird; andererseits kann es Protochlorophyll bilden, wenn diese besonderen Bedingungen beim Absterben des Gewebes nicht erfüllt wurden. Es ist am einfachsten, zur Erklärung dieser Erscheinung anzunehmen, dass die Umwandlung des Leukophylls in Protochlorophyll unter der Wirkung einiger Stoffe des Zellsaftes stattfindet. Das Vertrocknen oder Gefrieren schützt, indem es das Protoplasma tötet, wahrscheinlich zu gleicher Zeit das Leukophyll vor der Wirkung dieser Stoffe. Höchst interessant ist hierbei der Umstand, dass man selbst bei vertrockneten etiolierten Keimlingen die Umwandlung des Leukophylls in Protochlorophyll leicht hervorrufen kann; nach den Beobachtungen von Liro genügt hierzu eine Anfeuchtung der Keimlinge mit Wasser. Bei nachfolgender Belichtung eines solchen Materials in trockenem oder feuchtem Zustande entsteht kein Chlorophyll; dagegen zeigen die Keimlinge nur die Anwesenheit des Protochlorophylls, wie man dies gewöhnlich beim Abtöten lebender Keimlinge mit kochendem Wasser beobachtet. Wir hatten Gelegenheit, diese Beobachtung zu prüfen und uns von ihrer Richtigkeit zu überzeugen. Außerdem kann, wie Issatschenko zeigte, die Protochlorophyllbildung in getrockneten etiolierten Keimlingen nicht nur durch Eintauchen in Wasser leicht hervorgerufen werden, sondern auch, wenn sie in feuchte Luft gebracht werden. Wir wiederholten diese Versuche und kamen zu einem gleichen Resultat.

Hierdurch wird verständlich, dass man auf Grund dieser Resultate und wie das auch Liro tat, den Schluss ziehen kann, dass die Beimischung des Protochlorophylls zum Chlorophyll von der Methode des Austrocknens abhängt, um so mehr, weil diese Beimischung quantitativ innerhalb weiter Grenzen schwanken kann. Je vollständiger das Austrocknen, desto geringer die Beimischung von Protochlorophyll. Bei den Versuchen von Liro und Issatschenko bestand die Beimischung von Protochlorophyll gewöhnlich ca. 50%. Übrigens gelang es Liro, diese Beimischung zu vermindern; daher sprach er den Gedanken aus, dass es vielleicht gelingen würde, ein passendes Objekt zu finden, bei dessen Austrocknen sich das Leukophyll unversehrt erhält und eine Beimischung von Protochlorophyll vermieden werden könnte.

Wir wiederholten die Versuche Liro's und Issatschenko's mit getrockneten etiolierten Weizenkeimlingen und können die Richtigkeit ihrer Beobachtungen bestätigen. Dennoch darf man den Umstand nicht übersehen, dass mit der Behauptung Liro's hinsichtlich der Reihenfolge der Umwandlung des primären farblosen Stoffes, der je nach den Bedingungen entweder Protochlorophyll oder Chlorophyll erzeugt, eine unbewiesene Annahme vorliegt. Ohne Zweifel bildet sich das grüne Pigment aus dem primären farblosen Stoff, welchen wir vorläufig einfach Chromogen nennen werden. In unserer oben zitierten Abhandlung wiesen wir darauf hin, dass das Chlorophyll nicht unmittelbar aus dem farblosen Chromogen entsteht; letzteres macht ein Stadium der Zwischenumwandlung in ein besonderes Pigment durch, aus welchem sich darauf Chlorophyll bildet. Indem Liro behauptet, dass sich das Chlorophyll unmittelbar aus farblosem Chromogen bildet, gibt er keine faktischen Beweise zur Bestätigung seiner Behauptung. In der Tat muss man, um zu beweisen, dass das Chlorophyll unmittelbar unter Einwirkung des Lichts aus dem farblosen Stoff entsteht, sich vorher von der Abwesenheit anderer Farbstoffe, mit Ausnahme der gelben, in den Plastiden etiolierter Pflanzen überzeugen. Jedoch finden wir in der Arbeit des genannten Gelehrten keinerlei direkte Beobachtungen, welche diesen Punkt betreffen. Darum bleibt die Frage in Wirklichkeit noch offen, ob Protochlorophyll und Chlorophyll direkt aus dem farblosen Stoff entstehen oder diese beiden Pigmente sich aus einem dritten bilden.

Nach diesen kurzen kritischen Bemerkungen wenden wir uns unseren Beobachtungen zu, die jenes zwischenliegende der Chlorophyllbildung vorangehende Umwandlungsstadium des farblosen Chromogens betreffen.

Wie wir oben sahen, wird die Eigenschaft, Chlorophyll zu bilden, beim Abtöten etiolierter Pflanzen durch Trocknen bei gewöhnlicher Temperatur keineswegs vernichtet. Trotzdem erhält

man, in Abhängigkeit von den Bedingungen des Trocknens, gleichzeitig mit dem Chlorophyll eine größere oder kleinere Beimengung von Protochlorophyll. Wir stellten uns daher die Aufgabe, solch ausgetrocknetes Material herzustellen, in dem eine Beimengung von Protochlorophyll nicht vorhanden wäre. Wir wählten zu den Versuchen etiolierte Weizenkeimlinge und trockneten sie im Exsikkator über Schwefelsäure; um das Austrocknen zu beschleunigen, wurde ein schwacher Strom von Luft, die vorher sorgfältig in besonderen mit Schwefelsäure gefüllten Flaschen getrocknet war, durch den Exsikkator getrieben. Durch ein solches Trockenverfahren gelang es uns, ein Material zu gewinnen, welches bei Belichtung bloß Chlorophyll ergab, und nur bei der Untersuchung einer sehr dicken Schicht alkoholischer Auszüge konnte man auch Spuren von Protochlorophyll entdecken.

Nachdem dieses Material längere oder kürzere Zeit belichtet wurde, bemerkten wir, dass sich das quantitative Verhältnis des Chlorophylls zum Protochlorophyll veränderte. Dies gab uns Veranlassung, einen Versuch der quantitativen Analyse beider Pigmente nach der spektrokolorimetrischen Methode zu machen.

Beim Vergleich benutzten wir als Einheit eine Mischung von Chlorophyll- und Protochlorophylllösungen, in welcher bei der Beobachtung im Spektroskop die Intensität des ersten Chlorophyllbandes derjenigen des ersten Protochlorophyllbandes gleich war. Zur Zusammenstellung dieser Mischung nahmen wir einen alkoholischen Chlorophyllauszug aus grünen Weizenkeimlingen und den alkoholischen Auszug der nur Protochlorophyll enthaltenden Samenhülle von Luffa.

Die Untersuchung wurde folgendermaßen ausgeführt. Die im Dunkeln getrockneten etiolierten Keimlinge wurden mit der Schere in kleine Stücke zerschnitten, dann wurden mit Hilfe eines kleinen Glasgefäßes einige gleiche Portionen der zerkleinerten Keimlinge abgemessen. Diese Portionen wurden in Gläschen mit zugeschliffenen Pfropfen eingeschlossen und nachher in diffuses Licht gestellt. Nach Beendigung des Versuches wurden die Keimlinge jeder Portion mit 95° Alkohol bis zum vollständigen Auszug aller Pigmente behandelt. Das Volumen der auf diese Weise erhaltenen Auszüge wurde durch Hinzufügung von Alkohol ausgeglichen. Dann wurde die Intensität des Chlorophyll- und Protochlorophyllbandes mit derjenigen der Pigmentbänder unserer künstlich zusammengestellten Mischung verglichen und für jedes Pigment die Dicke der Schicht des Auszuges festgestellt, bei der die Intensität des Bandes eines der Pigmente gleich war. Wir benutzten zu dieser Arbeit den üblichen Typus der Mikrospektroskope, indem wir die zum Vergleich dienende Lösung vor dem seitlichen Prisma, den zu prüfenden Auszug jedoch unmittelbar dem Mikrospektroskopspalt gegenüber unterbrachten.

Führen wir nun einige Zahlen solcher Analysen an.

Versuch Nr. 1.

Es wurden vier Portionen zerkleinerter trockener Keimlinge, jede zu 2 ccm genommen. Die Belichtung dauerte:

für die	I.	Portion	1	Sekunde
" "	II.	"	5	"
" "	III.	"	30	"
" "	IV.	"	60	"

Nach dem Ausziehen der Pigmente wurde das Volumen der Auszüge auf je 20 ccm gebracht. Die Untersuchung zeigte, dass bei einer Schichtdicke von 38 cm in der I. Portion kein Chlorophyllband sichtbar war, bei der II. nur Spuren davon bemerkt wurden, während das Protochlorophyllband in beiden Portionen scharf hervortrat. In der III. Portion war die Intensität des ersten Chlorophyllbandes, bei einer Schichtdicke des Auszuges von 38 cm, dieselbe, wie die des Bandes der als Einheit angenommenen Mischung. Das Protochlorophyllband war jedoch bedeutend intensiver als das entsprechende Band der als Einheit angenommenen Lösung. Um die Intensität dieser letzteren Bänder gleichzustellen, musste die Schichtdicke der Auszüge bis auf 10 cm vermindert werden. Da die Schichtdicke der gemischten Lösung = 0,4 cm war, so ist die Konzentration des Chlorophylls im Auszuge der III. Portion = $\frac{0,4}{38}$, und die Konzentration des Protochlorophylls = $\frac{0,4}{10}$. Bei der Annahme, dass die Mengen des Chlorophylls und Protochlorophylls in der als Einheit angenommenen Lösung gleich wären, würde das Verhältnis zwischen den Chlorophyll- und Protochlorophyllmengen in der III. Portion = 1 : 3,8 sein. Folglich übertrifft die Protochlorophyllmenge bei einer Belichtung von 30 Sekunden die Menge des gebildeten Chlorophylls ganz bedeutend. — Die Analyse der IV. Portion gab folgende Schichtdicken der Auszüge: für Chlorophyll = 26,5 cm und für Protochlorophyll = 12,5 cm. Hieraus folgt ein Verhältnis des Chlorophylls zum Protochlorophyll wie 12,5 : 26,5 = 1 : 2,1.

Diese Zahlen zeigen deutlich, dass bei Verlängerung der Belichtungsdauer neben der Vergrößerung der Chlorophyllmenge eine Abnahme der Protochlorophyllmenge stattfindet. Im eben beschriebenen Versuch übertrifft die Protochlorophyllmenge diejenige des Chlorophylls bedeutend.

Führen wir nun die Resultate des Versuches bei länger andauernder Belichtung an.

Versuch Nr. 2.

Es wurden fünf Portionen zu je 4 ccm derselben zerkleinerten Keimlinge, wie beim vorigen Versuch, genommen. Die Belichtung war stärker als bei Versuch Nr. 1 und dauerte:

für die	I.	Portion	1	Minute
"	"	II.	"	2 "
"	"	III.	"	4 "
"	"	IV.	"	8 "
"	"	V.	"	12 "

Das Volumen jedes Auszuges wurde nun auf 20 cem gebracht. Die Analyse gab folgende Schichtendicken:

	I.	II.	III.	IV.	V.
	Portion	Portion	Portion	Portion	Portion
für Chlorophyll	18,50	11,25	10,40	9,80	9,25
" Protochlorophyll	24,75	28,50	30,75	33,00	35,00

Hieraus folgt das Verhältnis des Chlorophylls zum Protochlorophyll:

I.	II.	III.	IV.	V.
1,33	2,53	2,95	3,36	3,67

Diese Zahlen zeigen, dass bei Verlängerung der Belichtungsdauer die Chlorophyllmenge regelmäßig zunimmt, während die Protochlorophyllmenge allmählich abnimmt. Selbstverständlich können diese Bestimmungen nicht auf große Genauigkeit Anspruch machen, weil sich beim Abmessen der zerkleinerten Keimlinge einige Unterschiede in der Menge ergeben können. Trotzdem erhält man sogar bei einer solchen Messungsmethode einzelner Portionen eine Reihe von Zahlen, die die quantitative Seite dieser Erscheinung genügend deutlich charakterisieren. Indem wir eine von der Belichtungsdauer abhängige genauere quantitative Analyse der Chlorophyllanhäufung der Zukunft überlassen, können wir schon jetzt mit genügender Sicherheit behaupten, dass sogar bei dem vollkommensten Verfahren des Trocknens etiolierter Pflanzen die Protochlorophyllbeimischung keine beständige, sondern eine von der Stärke und Intensität des Lichts abhängige, sich verändernde Größe sein wird. Auf diese Weise kommen wir, im Gegensatz zur Meinung Liro's, zu dem Schluss, dass die Protochlorophyllbildung in trockenen etiolierten Keimlingen nicht nur von einigen nicht näher bekannten Bedingungen abhängt, sondern auch von der unmittelbaren Wirkung des Alkohols. Um die eben beschriebene quantitative Veränderung des Gehalts an diesem Pigment bei getrockneten Keimlingen zu erklären, müssen wir uns vorstellen, dass der beim Belichten Chlorophyll gebende primäre Stoff durch die Wirkung des Alkohols sich in Protochlorophyll umwandelt; folglich wird, wenn wir im Dunkeln getrocknete Keimlinge mit Alkohol behandeln, der ganze Vorrat an primärem Stoff in Protochlorophyll übergehen. Wenn wir jedoch solche Keimlinge vorher belichten, so wird ein Teil dieses Vorrats in Abhängigkeit von Stärke und Dauer der Belichtung in Chlorophyll umgewandelt werden und nur sein Rest als Protochlorophyll im Alkohol zu finden sein. Bei einem denkbar

vollkommensten Trockenverfahren etiolierter Pflanzen könnte man es dazu bringen, dass der ganze Vorrat an primärem Stoff durch die Lichtwirkung in Chlorophyll umgewandelt würde. In solchem Falle wird, bei einer Behandlung des getrockneten Materials mit Alkohol nach dem Belichten, das Protochlorophyll vollständig fehlen. Es genügt jedoch dasselbe Material bis zur Belichtung im Dunkeln mit Alkohol zu behandeln, um wiederum einen bedeutenden Vorrat an Protochlorophyll zu finden. Wie bereits früher bemerkt wurde, gelingt es beim üblichen Trocknen etiolierter Keimlinge in gewöhnlicher Temperatur in den meisten Fällen nicht, den primären Stoff vor der partiellen Umwandlung in Protochlorophyll zu bewahren. Der Zellsaft enthält augenscheinlich Stoffe, welche auf diesen primären Körper genau so reagieren wie Alkohol, indem sie ihn in Protochlorophyll umwandeln. Davon, dass bei einem unvollkommenen Trockenverfahren etiolierter Pflanzen wirklich eine Protochlorophyllbildung stattfindet, kann man sich durch eine einfache spektroskopische Beobachtung des Absorptionsspektrums des getrockneten Materials leicht überzeugen. Die Beobachtung lässt genau dieselben Absorptionsbänder des Protochlorophylls erkennen, die man auch im alkoholischen Auszug aus demselben Material sehen kann.

Somit enthalten etiolierte Pflanzen in ihren Plastiden neben den gelben Pigmenten noch eine unbedeutende Menge eines besonderen Stoffes, welcher eine zweifache Veränderung erleiden kann. Bei Einwirkung des Lichts verwandelt er sich in Chlorophyll und bei der Wirkung nicht näher bekannter chemischer Agenzien des Zellsaftes, sowie auch solcher Lösungsmittel wie Alkohol, Chloroform, Schwefeläther u. a. m., geht er in ein besonderes grünes Pigment — das Protochlorophyll — über. Unsere zahlreichen Versuche, eine Lösung des Chlorophyll liefernden primären Stoffes zu erhalten, hatten bisher noch keinen Erfolg. Bei der Behandlung etiolierter Pflanzen mit den verschiedensten Lösungsmitteln, wie Äthylalkohol, Methylalkohol, Schwefeläther, Petroläther, flüssiges Vaseline, flüssiges Paraffin, Benzol, Toluol, Xylol, Anilin, Terpentin, Chloroform, desgl. mit verschiedenen pflanzlichen Ölen, kann man in allen Fällen in den Auszügen das gewöhnliche Protochlorophyllspektrum und dazu zwei für die einzelnen Lösungsmittel charakteristischen Ergänzungsbander beobachten⁶⁾.

Auf diese Weise blieb nur ein Ausweg zur Lösung der Frage nach, ob dieser Stoff ein farbloses Chromogen sei, oder ob er ein besonderes Pigment vorstelle, und nämlich die unmittelbare spektroskopische Untersuchung der Absorptionsspektren bei lebenden etiolierten Pflanzen. Freilich stellt dieser Weg große Schwierigkeiten

6) N. Monteverde. Über das Absorptionsspektrum des Protochlorophylls (Bull. du Jard. Imp. bot. de St. Pétersbourg, 1907, t. VII, p. 55).

dar, weil sich die Chlorophyllbildung in lebenden etiolierten Pflanzen mit großer Geschwindigkeit vollzieht. Der Erfolg der Beobachtung stützt sich in solchem Falle einzig auf die Erwägung, dass die Chlorophyllbildung bei der Untersuchung einer dicken Schicht etiolierter Keimlinge immerhin langsamer vor sich geht, als wir sie mit unseren Augen wahrnehmen. Hieraus entstand die Notwendigkeit, eine solche Vorrichtung herzustellen, mit deren Hilfe es möglich sein würde, das Absorptionsspektrum im allerersten Belichtungsmoment des Präparats aus lebenden Pflanzen zu beobachten. Zu diesem Zwecke stellten wir einen kleinen Apparat her, welcher es uns ermöglichte, das aus lebenden Pflanzen bestehende Präparat vorläufig bis zum Beobachtungsmoment in völliger Finsternis aufzubewahren; die Beobachtung selbst begann zugleich mit dem Belichten des Präparats. Als Versuchsobjekt dienten uns etiolierte Weizenkeimlinge, die in absoluter Dunkelheit kultiviert waren. Die vorläufige Untersuchung dieser Keimlinge durch Behandlung mit Alkohol im Dunkeln zeigte, dass sie kein Chlorophyll enthielten. Sie wurden nun mit der Schere zerkleinert und in ein kleines Gläschchen gelegt. Dieses Schälchen wurde im Dunkeln in dem von uns oben erwähnten Apparat untergebracht, welcher darauf in entsprechender Weise auf den Tisch eines Mikroskops gestellt wurde, zu welchem ein Mikrospektroskop angepasst war. Als Lichtquelle diente uns eine Petroleum- oder Spiritus-Glühlampe. In beiden Fällen benutzten wir zur Erhöhung der Lichtstärke als Kondensor eine große mit Wasser gefüllte Glaskugel. Die Dicke des Präparats, sowie auch die Breite des Mikrospektroskopspaltes wurde vorher reguliert durch Beobachtung der vermittelst der Schere zerkleinerten und mit zerstreutem Licht beleuchteten etiolierten Keimlinge. Die ganze Aufstellung wurde mit der Berechnung vorgenommen, dass das Chlorophyllband I deutlich im Gesichtskreise des Spektroskops zu sehen war. Mit Hilfe einer solchen Vorrichtung hatten wir die Möglichkeit, die Chlorophyllbildung unmittelbar in lebenden Pflanzen zu beobachten.

(Schluss folgt.)

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. 449-458](#)