

Das Chlorophyll.

Von

PROF. DR. ALFRED BURGERSTEIN.

Vortrag, gehalten am 14. März 1877.

Die grüne Farbe der Blätter und anderer Pflanzentheile wird durch eine Substanz bedingt, welche man mit dem Namen Blattgrün oder Chlorophyll bezeichnet. Wenn ich jetzt schon darauf aufmerksam mache, dass das Chlorophyll eine ausserordentlich grosse Verbreitung im Pflanzenreiche aufweist, wenn ich weiter bemerke, dass demselben eine höchst wichtige physiologische Bedeutung für die Pflanze zukömmt, so dürfte es vielleicht von allgemeinem Interesse sein, etwas Näheres über diesen Körper zu erfahren.

Sämmtliche Pflanzen und Pflanzentheile zeigen sich bei der Zergliederung und mikroskopischen Betrachtung aus einer grossen Zahl sehr kleiner Gebilde zusammengesetzt. Diese letzten erkennbaren Formelemente der Pflanzen nennt man Zellen. Eine Zelle besteht (mit wenigen Ausnahmen) aus einer Membran, der sogenannten Zellhaut, und einem von dieser Zellhaut umschlossenen Zellinhalt. Der letztere wird bei allen jugendlichen Zellen von einer körnig-schleimigen, aus einem Gemenge verschiedener Eiweisskörper zusammengesetzten Masse gebildet, welche den Namen Protoplasma führt. Im Protoplasma findet man ein kugeliges

oder ovoidisches Gebilde, den sogenannten Zellkern, der ebenfalls aus protoplasmatischer Substanz aufgebaut ist, und der in seinem Inneren gewöhnlich 1—2, zuweilen auch mehrere punktförmige Körnchen (Zellkernkörperchen) enthält. An das Vorhandensein des Protoplasmas knüpfen sich die wichtigsten Lebensvorgänge in der Pflanze, aus ihm gehen alle jene organisirten Inhaltskörper hervor, die man in den vegetabilischen Zellen späterer Entwicklungsstadien vorfindet. In den meisten Zellen nun, so namentlich in jenen, aus denen die Blätter aufgebaut sind, zerfällt das Protoplasma in einzelne Portionen, es ballt sich in kugelige Körner, mit anderen Worten, es formt sich. Sind zugleich die erforderlichen Licht- und Temperatursbedingungen vorhanden, dann entsteht in den geformten Protoplasma-körpern ein grüner Farbstoff. Dieser Farbstoff hat den Namen Chlorophyll (Blattgrün) erhalten, und er ist es, welcher, wie Eingang erwähnt wurde, gewissen Organen der Pflanze, insbesondere den Blättern ihre grüne Farbe verleiht. Das in den Zellen enthaltene Chlorophyll ist also immer an bestimmt geformte Theile des Protoplasmas gebunden; diese grün gefärbten Protoplasmaportionen werden im Gegensatze zu dem Farbstoff selbst, durch den sie tingirt sind, als Chlorophyllkörper bezeichnet. Jeder grüne Chlorophyllkörper besteht demnach aus mindestens zwei Stoffen, dem Farbstoff (Chlorophyll), und dem protoplasmatischen Träger desselben.

Das Chlorophyll hat eine ausserordentlich grosse Verbreitung im Pflanzenreiche. Denn

mit Ausnahme der Pilze und einiger höher organisirter Gewächse kommt es allen anderen Pflanzen zu. — Es sei bei dieser Gelegenheit bemerkt, dass zwar die grüne Farbe der Blätter, der krautigen Stengel und anderer Pflanzenorgane von dem in denselben enthaltenen Chlorophyll herrührt, dass aber das Vorhandensein des Chlorophylls in irgend einem Pflanzentheile nicht nothwendig eine durch das blosse Auge wahrnehmbare grüne Färbung des letzteren zur Folge haben muss. Es kommt nämlich manchmal vor, dass das Chlorophyll durch andere, z. B. rothe oder braune Farbstoffe gedeckt ist, welche erst entfernt werden müssen, um die grüne Farbe des vorhandenen Chlorophylls in Erscheinung zu bringen. So gibt es bekanntlich von verschiedenen Pflanzen Varietäten mit rothen Blättern (Blutbuche), in denen man aber auf mikroskopischem oder chemischem Wege leicht die Existenz von Chlorophyll nachweisen kann.

Die gewöhnlichste und verbreitetste Form, in der die grünen Chlorophyllkörper in den Pflanzenzellen auftreten, sind rundliche, grössere oder kleinere Körner, die stets dem Protoplasma eingebettet sind, und als Chlorophyllkörner bezeichnet werden. Andere Formen sind verhältnissmässig selten, in manchen Fällen aber für gewisse Pflanzen charakteristisch. So nehmen beispielsweise die Chlorophyllkörper bei der Algengattung *Zygnema* sternenförmige, — bei den in unseren Gewässern so häufig vorkommenden Algen aus der Gattung *Spirogyra* spiralig gewundene, bandförmige Formen an.

Das Chlorophyll lässt sich aus den dasselbe führenden Organen leicht durch Weingeist oder Aether extrahiren. Werden zu diesem Zwecke grüne Pflanzentheile unter Aufguss von gewöhnlichem Alkohol oder Aether in einem Mörser zerquetscht, und hierauf die Lösung filtrirt, so erhält man eine Flüssigkeit von schöner, smaragdgrüner Farbe. Versuche haben gezeigt, dass ein solches Extract aus wenigstens zwei verschiedenen Farbstoffen besteht. Schüttelt man nämlich eine frisch bereitete, weingeistige Chlorophylllösung mit Benzol (d. i. chemisch reines Benzin) oder mit dem käuflichen Benzin, oder mit Schwefelkohlenstoff, oder mit einem fetten oder ätherischen Oele, so geht in jene Ausschüttlungsflüssigkeit eine grüne Substanz über, während im Weingeist eine gelbe Lösung zurückbleibt. Der erstere Farbstoff erhielt den Namen Kyanophyll, der letztere (gelbe) den Namen Xanthophyll¹⁾. Das Kyanophyll ist aber, wie neuere Untersuchungen gezeigt haben, nur ein reineres, nämlich vom Xanthophyll und vielleicht noch von anderen Substanzen befreites Chlorophyll, denn abgesehen davon, dass es niemals eine blaue, sondern eine dunkelsmaragdgrüne Farbe hat, stimmt es auch im optischen und chemischen Verhalten mit jenem Chlorophyll im weiteren Sinne des Wortes überein, aus dem es durch Ausschüttlung mit Benzin, oder einem anderen Lösungsmittel erhalten wurde.

¹⁾ Im Griechischen bedeutet kyanos blau, xanthos gelb (goldgelb), chloros grünlichgelb, phyllon das Blatt.

Ueber die chemische Zusammensetzung des Chlorophylls ist man noch nicht vollständig im Klaren. Neben Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff, die in allen Analysen des Chlorophylls als Elemente dieses Körpers gefunden wurden, werden auch Stickstoff und Eisen genannt. Ob nun das Chlorophyll stickstoffhältig ist oder nicht, darüber stimmen die Beobachtungsergebnisse jener Chemiker, welche das Chlorophyll in dieser Richtung untersucht haben (Mulder, Pfundler u. A.) nicht überein. — Was die Beziehung des Eisens zum Chlorophyll betrifft, so hat bereits vor 15 Jahren Prof. Sachs die Thatsache constatirt, dass dieser Grundstoff zur Entstehung des Chlorophylls nothwendig ist. Denn werden Pflanzen in eisenfreien Nährstofflösungen im Lichte erzogen, so ergrünen zwar die ersten sich entwickelnden Blätter, und zwar auf Kosten des geringen in den Samen nie fehlenden Eisengehaltes, die späteren Blätter aber werden chlorotisch (bleichsüchtig). Doch ergrünen auch diese ganz normal, wenn man zu der Nährstofflösung irgend ein Eisensalz, z. B. Eisenchlorid, oder phosphorsaures Eisenoxyd hinzusetzt. Dass also unter sonst günstigen Bedingungen zum Ergrünen ergrünungsfähiger Organe der Pflanze das Eisen nothwendig ist, steht wohl fest. Eine andere Frage ist aber, ob das Eisen an der chemischen Zusammensetzung des Chlorophylls Antheil nimmt, ob, um mich „chemisch“ auszudrücken, dieser Grundstoff an der Constitution des Chlorophyllmoleküls betheilig ist. Es könnte ja sein, dass das Eisen bei der Entstehung des Chlorophylls etwa

dieselbe Rolle spielt, wie der Phosphor bei der Bildung der Eiweisskörper, von dem man lange angenommen hat, dass er an der Zusammensetzung dieser Stoffe Antheil nehme, während man heute weiss, dass der Phosphor allerdings zur Bildung der Eiweisskörper nöthig ist, aber in der chemischen Formel derselben fehlt. In neuester Zeit ist aber von Prof. Wiesner der Nachweis geliefert worden, dass das Chlorophyll in der That eisenhaltig ist.

Ich komme nun zu einer wichtigen und sehr inhaltsreichen Frage, welche sich damit beschäftigt, die Bedingungen kennen zu lernen, unter denen das Chlorophyll in der Pflanze entsteht. Wenn man keimfähige Samen verschiedener Pflanzen den Keimungsbedingungen unterwirft, jedoch unter Abschluss des Lichtes, was man leicht dadurch bewerkstelligt, dass man das Gefäss, in welchem die Samen ausgesät wurden, mit einem undurchsichtigen Recipienten überdeckt, oder den Keimapparat in einem Raume belässt, der dem Auge völlig finster erscheint, so findet man, dass sich aus den ausgesäten Samen die Keimpflänzchen bis zu einem gewissen Grade, oft ziemlich weit entwickeln, zugleich sieht man aber, dass alle diese Keimpflanzen eine gelbe Farbe besitzen. Bringt man nun solche vergeilte, oder, wie die Physiologen sich ausdrücken, solche etiolirte Pflanzen ans Licht, so verschwindet — falls auch die Temperatur wie wir später hören werden eine günstige ist — alsbald die gelbe Farbe — die Pflanzen ergrünen. Entzieht man wiederum ergrüntem Pflanzen durch längere Zeit das

Licht, so wird das vorhandene Chlorophyll zerstört, ein neues wird nicht gebildet, die früher grünen Pflanzen erhalten wieder ein vergeiltes Aussehen. Extrahirt man solche Pflanzen, welche sich bei Ausschluss von Licht entwickelt haben, und in Folge dessen ein vergeiltes (etiolirtes) Aussehen zeigen, mit Weingeist oder Aether, so geht ein gelber Farbstoff in Lösung, nämlich das sogenannte Etiolin, welches in seinem physikalisch-chemischen Verhalten mit dem früher genannten Xanthophyll übereinstimmt. Werden nun etiolirte Pflanzen dem Lichte exponirt, so wird ein Theil des Etiolins in Chlorophyll umgewandelt, was zur Folge hat, dass die Pflanzen ergrünen.

Zum Ergrünen, beziehungsweise zur Entstehung des Chlorophylls ist also der Einfluss des Lichtes unerlässlich. Ein ganz anderes, und gewiss höchst auffallendes Verhalten zeigen die Keimlinge der Nadelhölzer, welche auch in tiefer Finsterniss normal ergrünen. Da nun die Beziehungen des Lichtes zum Chlorophyll sehr mannigfaltige und interessante sind, so sei es mir gestattet, diesen Gegenstand etwas ausführlicher zu behandeln.

Aus einem Vortrage, welcher heuer in diesem Vereine über Spectral-Analyse gehalten wurde, werden Ihnen, geehrte Anwesende, noch folgende Thatsachen in Erinnerung sein: Wenn man ein Zimmer durch gut schliessende Fensterläden vollständig verfinstert, dann durch eine kleine, im Fensterladen angebrachte Oeffnung ein Bündel Sonnenstrahlen in dieses verfinsterte Zimmer

leitet, und die auffallenden Strahlen auf einem weissen Schirme auffängt, so zeigt sich auf diesem eine weisse, kreisrunde Lichtscheibe, d. i. das Bild der Sonne. Stellt man aber dem eintretenden Strahlenbündel ein dreiseitiges, durchsichtiges Glasprisma in den Weg, welches die Eigenschaft besitzt, einen jeden dasselbe passirenden Lichtstrahl von seiner Richtung abzulenken, so sieht man mehrfache Aenderungen: 1. Erscheint das Bild nicht mehr an der früheren Stelle, sondern es erfolgt nach den Gesetzen der Lichtbrechung eine Ablenkung desselben und zwar entweder nach oben, oder nach unten, je nach der Stellung des Prismas. 2. Ist das Bild nicht mehr rund, sondern es ist länglich, und 3. erscheint es nicht mehr weiss, sondern als ein Farbenbild oder ein sogenanntes Spectrum, in welchem die Farben stets ein und dieselbe Anordnung zeigen. Der brechenden Kante des Prismas zunächst ist es roth, dann folgen der Reihe nach orange, gelb, grün, lichtblau, indigo und violett. Roth ist also am wenigsten, violett am meisten gebrochen und abgelenkt worden. Diese Farben, welche man Spectralfarben oder prismatische Farben nennt, und die man mehr oder weniger deutlich an jedem Regenbogen zu beobachten Gelegenheit hat, sind nicht scharf von einander getrennt, sondern gehen allmählig in einander über. Sammelt man nun diese, durch die zerlegende Kraft des Prismas erzeugten Lichtfarben mittelst eines Brennglases oder eines Hohlspiegels, so erhält man wieder eine weisse, kreisrunde Lichtscheibe. Aus diesen Versuchen, welche schon der berühmte Newton vor

mehr als zweihundert Jahren durchgeführt hat, folgt, dass das weisse Sonnenlicht aus einer grossen Zahl verschiedenfarbiger Strahlen zusammengesetzt ist, welche sich unter Andern auch durch die verschiedenen Grade ihrer Brechbarkeit unterscheiden, so zwar, dass die am stärksten brechbaren Strahlen des sichtbaren Spectrums die violetten, die am schwächsten brechbaren die rothen Strahlen sind. Weitere Versuche, welche mit grosser Genauigkeit durchgeführt wurden, haben gezeigt, dass die verschiedenen Arbeiten, welche das Licht zu leisten im Stande ist, in den einzelnen Theilen des Spectrums mit ungleicher Intensität erfolgen. Wir wissen heute, dass die grösste Wärmewirkung am rothen Ende des Spectrums statthat, und gegen die Mitte zu allmählig abnimmt, weshalb man die rothen Strahlen vorzugsweise Wärmestrahlen genannt hat. Die am meisten leuchtenden Strahlen sind die gelben und beiderseits benachbarten orangegefärbten und grünen Strahlen. Was schliesslich die blauen und violetten Strahlen betrifft, so äussern diese am kräftigsten gewisse chemische Wirkungen. Man hat deshalb diese Strahlen als chemische Strahlen bezeichnet. Weil es die blauen und insbesondere die violetten Strahlen sind, welche die in dem photographischen Papier enthaltenen Silbersalze zersetzen, und hiedurch das Papier schwärzen, so hat man sie wohl auch photographische Strahlen genannt. Wir werden übrigens hören, dass diese letzteren Strahlen gerade für den Chemismus der Pflanze nur eine untergeordnete Bedeutung haben. Es hat sich ferner gezeigt,

dass die vorher erwähnten Wärmewirkungen noch ausserhalb des sichtbaren rothen Spectralendes stattfinden, ferner dass noch chemische Arbeiten ausserhalb des violetten Theiles des Spectrums vor sich gehen. Man hat diese Lichtstrahlen, welche zwar durch das Auge direct nicht wahrnehmbar sind, deren Existenz sich aber in ihren Wirkungen manifestirt, mit dem Namen der ultrarothten oder dunklen Wärmestrahlen, beziehungsweise als ultraviolette oder dunkle chemische Strahlen bezeichnet.

Um nun die Frage beantworten zu können, ob, und in welchem Grade die verschiedenen Strahlen des Sonnenlichtes im Stande sind, die Chlorophyllbildung zu veranlassen, und sonach das Ergrünen etiolirter Pflanzen zu bewirken, könnte man in der Weise vorgehen, dass man mit Hilfe eines Prismas ein möglichst grosses objectives Spectrum erzeugt, hierauf etiolirte Pflanzen in den einzelnen Theilen des Spectrums aufstellt, und nachsieht, in welcher Lichtfarbe das Ergrünen am frühesten eintritt, in welcher es am spätesten und schwächsten erfolgt. Nach dieser Methode wurden auch von verschiedenen Forschern Versuche angestellt. Hiezu ist aber erstens Sonnenlicht nothwendig, und zweitens erfordert diese Methode eine grosse Umsicht und fortwährende Aufmerksamkeit des Experimentators. Eine andere Methode, nach welcher auch im pflanzen-physiologischen Institute der hiesigen k. k. Universität schon zahlreiche Versuche mit bestem Erfolge durchgeführt wurden, besteht in der Anwendung von doppelwandigen

Glasstürzen. Sie werden in der Art benützt, dass man den Zwischenraum zwischen der äusseren und inneren Wand mit Flüssigkeiten füllt, welche nur bestimmte Lichtstrahlen des Spectrums hindurchtreten lassen, indem sie die anderen absorbiren. Man hat hiebei den Vortheil, dass man nicht auf directes Sonnenlicht angewiesen ist, sondern auch im diffusen Lichte oder bei künstlicher Beleuchtung, z. B. im Gaslichte, arbeiten kann, was für manche Versuche sogar erwünscht ist, und ferner, dass man sich durch Combination verschieden gefärbter Flüssigkeiten Medien verschaffen kann, welche bei gleicher Helligkeit beliebige Theile des Spectrums hindurchlassen. Von solchen Flüssigkeiten eignen sich insbesondere die folgenden zwei sehr gut zu den in Rede stehenden Untersuchungen, nämlich: 1. eine Lösung von doppeltchromsaurem Kali, die eine gelbrothe Farbe hat, und welche die Strahlen der schwächer brechbaren Hälfte des Spectrums durchlässt, und zwar roth, orange, gelb und einen Theil von grün, und 2. eine Lösung von schwefelsaurem Kupferoxydammoniak, welche die eben genannten Strahlen absorbirt, und nur dem blauen und violetten Lichte den Durchtritt gestattet.

Stellt man nun eine Versuchsreihe in der Weise an, dass man etiolirte Keimlinge irgend einer Pflanze mit den erwähnten Glasglocken überdeckt, welche beispielsweise die eben genannten Flüssigkeiten enthalten, und diese Apparate der Einwirkung des directen Sonnenlichts aussetzt, so findet man, dass die unter der mit schwefelsaurem Kupferoxydammoniak gefüllten Glocke

stehenden Pflänzchen früher ergrünen, als jene, welche sich unter der mit doppeltchromsaurem Kali gefüllten Glocke befinden. Man sollte nun glauben, daraus den Schluss ziehen zu müssen, dass die stärker brechbaren Strahlen, also die blauen und violetten Strahlen eine stärkere chlorophyllbildende Kraft besitzen, als z. B. die gelben und rothen Strahlen. Stellt man aber den Versuch nicht im directen Sonnenlichte an, sondern in einem Lichte von viel geringerer Intensität, z. B. im Schatten einer Wand eines nur durch diffuses Tageslicht beleuchteten Zimmers, so ergibt sich ein gerade entgegengesetztes Resultat, indem die Ergrünung am raschesten im gelben Lichte, am spätesten im blauvioletten Lichte stattfindet. Diese eigenthümlichen Thatsachen wusste man sich lange nicht zu erklären. — Erst die vor etwa drei Jahren von dem Wiener Physiologen Prof. Wiesner hierüber angestellten Untersuchungen haben die Sache ins Klare gebracht.

Im Lichte wird nämlich Chlorophyll nicht nur gebildet, sondern auch zerstört. Setzt man eine frisch bereitete weingeistige Chlorophylllösung dem Sonnenlichte aus, so verschwindet alsbald die smaragdgrüne Farbe derselben, die Lösung wird olivengrün, dann braun, gelb, endlich nach längerer Einwirkung des Lichtes nahezu farblos, während sich eine solche Chlorophylllösung in völliger Finsterniss monatelang intact erhält. Die Schnelligkeit, mit welcher die Zersetzung einer Chlorophylllösung im Lichte vor sich geht, hängt von verschiedenen Factoren ab, und zwar:

1. Vom Lösungsmittel. So verfärbt sich unter übrigens gleichen Umständen eine ätherische Chlorophylllösung langsamer, als eine alkoholische, eine Lösung des Chlorophylls in fetten Oelen (z. B. Olivenöl) viel langsamer, als eine solche in flüchtigen Oelen (z. B. Terpentinöl).

2. Von der Concentration der Lösung. Je geringer diese ist, desto rascher wird das Chlorophyll zerstört. Die Concentration hat einen so bedeutenden Einfluss, dass beispielsweise eine völlig concentrirte Lösung von Chlorophyll in Terpentinöl dem Sonnenlichte ausgesetzt, sich etwa nach einer Stunde, eine stark verdünnte Lösung aber schon nach einer Minute zu verfärben beginnt.

3. Von der Intensität des Lichtes. Je grösser unter übrigens gleichen Verhältnissen die Helligkeit ist, desto energischer wird das Chlorophyll zersetzt.

4. Von der Brechbarkeit, beziehungsweise Farbe des Lichtes. Was diesen Punkt betrifft, so sind zwar alle sichtbaren Strahlen des Sonnenspectrums im Stande, Chlorophyll zu zerstören, speciell sind es aber die gelben und beiderseits benachbarten orangegefärbten und grünen Strahlen, denen die grösste chlorophyllzersetzende Kraft zukömmt.

Durch die Untersuchungen des genannten Forschers hat es sich ferner herausgestellt, dass zur Zerstörung des Chlorophylls grössere Helligkeiten nothwendig sind, als zur Entstehung desselben. Mit

Rücksicht auf diese Thatsachen bekommt die früher erwähnte Erscheinung des Ergrüuens etiolirter Pflanzen in verschiedenfarbigem Lichte folgende naturgemässe Erklärung: Im diffusen Lichte von sehr geringer Helligkeit wird wohl Chlorophyll gebildet, aber keines zerstört. Es tritt daher alles gebildete Chlorophyll in Erscheinung. Dieses muss im gelben Lichte am schnellsten entstehen, weil dort das Ergrüuen etiolirter Keimlinge am raschesten stattfindet. In einem sehr hellen Lichte, z. B. im directen Sonnenlichte wird aber, wie ich früher sagte, auch Chlorophyll zerstört; und da diess insbesondere durch die gelben Strahlen am kräftigsten geschieht, so folgt, dass unter diesen Umständen etiolirte Keimlinge im Sonnenlichte hinter der blauen Lösung von schwefelsaurem Kupferoxydammoniak, welches eben die das Chlorophyll am stärksten zerstörenden Strahlen nicht hindurchlässt, früher ergrüuen müssen, als unter der rothgelben Lösung des doppelchromsauren Kalis.

Das Chlorophyll hat, wie ich später zeigen werde, für die Pflanze eine hochwichtige physiologische Bedeutung. Da nun, wie früher auseinandergesetzt wurde, das intensive Licht eine so mächtige Zerstörungskraft auf diesen Körper ausübt, und diese Kraft um so stärker sich geltend macht, je geringer die Concentration, also je kleiner die Menge des gebildeten und vorhandenen Chlorophylls ist, so dürfte die Vermuthung Raum gewinnen, ob nicht die Natur vielleicht gewisse Einrichtungen getroffen hat, zu dem Zwecke, um jugendliche, im Ergrüuen begriffene Chlorophyllkörner vor

der zerstörenden Wirkung des intensiven Sonnenlichtes zu schützen. Dass in der That höchst mannigfaltige, diesem Zwecke dienliche natürliche Einrichtungen bestehen, zeigte Wiesner in einer interessanten Abhandlung, welche in der im vorigen Jahre erschienenen Festschrift der hiesigen k. k. zoologisch-botanischen Gesellschaft publicirt wurde. — Solche Schutzmittel sind entweder im natürlichen Vorkommen, oder in der Organisation der Pflanze begründet. Im ersteren Falle gedeiht die Pflanze nur unter dem Schutze anderer Gewächse oder überhaupt nur im tiefen Schatten, und solche im Schatten lebende Pflanzen zeigen in der Regel keinerlei in ihrer Organisation gelegene Schutzmittel zur Erhaltung des Chlorophylls. Im letzteren Falle sind die ergrünenden Organe so entwickelt, dass intensives Licht nicht in dieselben einzudringen vermag. — Bei vielen Gewächsen sind die jungen Blätter, so lange die in ihnen enthaltenen Chlorophyllkörner noch nicht vollständig ergrünt sind, mit einem dichten Haarfilz bedeckt, welcher als ein das Licht dämpfendes Schutzmittel dient. — In gleichem Sinne dürfte auch der sogenannte Reif, das sind dünne Wachsschichten, die man so häufig an der Oberfläche junger Blätter findet, functioniren. — Fast alle ausdauernden Blätter sind mit einer stark glänzenden Oberhaut versehen. In Folge dessen wird von den die Blätter treffenden Lichtstrahlen ein grosser Theil zurückgeworfen (reflectirt), und nur ein kleiner Theil des Lichtes dringt in das Innere des Blattes ein

— Andere Pflanzen schützen ihr Chlorophyll dadurch vor einer allzustarken Wirkung des Lichtes, dass sie entsprechend dem Lichtwechsel bestimmte periodische Bewegungen durchmachen. Ein Beispiel hiefür bietet uns die bekannte wilde oder unechte Akazie (Robinie). Es muss hier bemerkt werden, dass unter sonst gleichen Verhältnissen die Wirkung des Lichtes auf eine Fläche abhängig ist von dem Winkel, unter dem dieselbe von den Lichtstrahlen getroffen wird. Je mehr sich der Winkel einem „rechten“ (90^0) nähert, desto grösser ist der Effect. Bei mässiger Beleuchtung, z. B. bei Sonnenaufgang sind nun die Fiederblätter dieses Baumes fast horizontal, die Strahlen treffen entweder genau senkrecht oder doch unter ziemlich grossen Winkeln auf die Blätter. Erhebt sich die Sonne, und steigert sich bei klarem Himmel hiemit die Lichtintensität, so richten sich die Fiederblättchen auf, die Winkel, unter denen die Lichtstrahlen die Blätter treffen, werden kleiner, in Folge dessen sinkt die Menge des in das Blatt-Innere dringenden Lichtes. — Auch die Faltung der aus der Knospe heraustretenden jungen, noch schwach ergrüntten Blätter hat einen Einfluss auf die Erhaltung des Chlorophylls, und so gibt es noch zahlreiche andere Einrichtungen, welche die Pflanzen gegen die Nachtheile starker Beleuchtung schützen.

Manche Gewächse bieten ein anderes Verhalten dar, insofern die Einrichtungen zur Erhaltung des Chlorophylls dieser Pflanzen für die Beleuchtungsverhältnisse ihres Standortes, beziehungsweise der Zeit, in

welcher sie vegetiren, nicht ausreichen. Solche Gewächse zeigen entweder im ganzen Verlaufe des Lebens ihrer grünen Organe oder eine gewisse Zeit hindurch eine ihren Habitus mitbestimmende Färbung, welche auf Mangel oder gänzliche Abwesenheit von Chlorophyll zurückzuführen ist. Sehr lehrreiche Beispiele dieser Erscheinung bieten die Sommertriebe vieler unserer Laubgewächse, z. B. der Weiden, Pappeln, Eichen u. A. dar. Während das im Frühlinge entstandene Laub dieser Gewächse gewöhnlich normal ergrünt, lassen die Sommertriebe eine auffallende Bleichsucht erkennen. Durch künstliche Abdämpfung des Lichtes ergrünen auch diese Triebe normal. Auch lassen die an relativ schwach beleuchteten Standorten zur Entwicklung gelangten Sommertriebe das Verblassen nicht mit jener Schärfe hervortreten, wie jene Sprosse, welche der Sonne stark ausgesetzt sind.

Ich habe früher gesagt, dass zur Chlorophyllbildung eine sehr geringe Helligkeit ausreicht, wogegen die Zerstörung dieses Farbstoffes viel grössere Helligkeiten erfordert. Es hat sich nun durch die von Wiesner in jüngster Zeit gemachten Versuche, welche den Zweck verfolgten, die zur Chlorophyllbildung nöthigen Intensitäten zu prüfen, die bemerkenswerthe Thatsache ergeben, dass bei allen jenen Pflanzentheilen, welche die Fähigkeit zu raschem und lebhaftem Ergrünen besitzen, und welche in der Weise frei dem Lichte exponirt sind, dass die chlorophyllführenden Gewebe nur durch eine zarte, für Licht fast völlig durch-

lässige Oberhaut gedeckt sind, die chlorophyllerzeugende Kraft bei einem und demselben Minimum der Lichtintensität erlischt, beziehungsweise anhebt. Man kann also sagen, dass zur Bildung des Chlorophylls bei allen solchen Pflanzen ein und dieselbe geringste Lichtmenge nothwendig ist. Mit diesem Ergebniss scheint nun die Thatsache im Widerspruche zu stehen, dass doch verschiedene Organe einer und derselben Pflanze und ebenso die gleichnamigen Organe verschiedener Pflanzen eine sehr ungleiche Helligkeit des äusseren Lichtes zum Ergrünen bedürfen. Dieser scheinbare Widerspruch löst sich leicht auf folgende Weise: Die beiden Fragen, welche geringste Lichtintensität ist zur Entstehung des Chlorophylls als solchen nothwendig, und welche geringste Helligkeit bedarf eine Pflanze, um unserem Auge grün zu erscheinen, sind nicht dieselben. Würden alle Pflanzen gleich organisirt sein, wären alle vegetabilischen Organe mit einer völlig durchsichtigen Oberhaut versehen, würden alle Gewächse unter denselben äusseren Bedingungen leben, dann würden sie wahrscheinlich auch bei demselben Minimum des Lichtes ergrünen. Und die Thatsache, dass verschiedene Pflanzen bei verschiedenen Helligkeiten des äusseren Lichtes ergrünen, obwohl das Chlorophyll als solches bei derselben Intensität entsteht, findet oben ihre Erklärung in den mannigfaltigen Organisationsverhältnissen der Pflanzen, in der Erscheinung, dass im Lichte von bestimmter Helligkeit angefangen auch Chlorophyll zerstört wird,

in den diversen natürlichen Schutzeinrichtungen für das Chlorophyll und noch in anderen Momenten.

Bei dieser Gelegenheit möchte ich bemerken, dass das Chlorophyll in den Pflanzen viel früher auftritt, ehe es für ein noch so empfindliches Auge erkennbar wird. Es gibt jedoch Wege, auf denen man im Stande ist, die ersten Spuren des Chlorophylls in irgend einem Pflanzentheile nachzuweisen. — Lässt man nämlich in eine Chlorophylllösung durch eine Sammellinse concentrirtes Sonnenlicht eintreten, so entsteht in der Flüssigkeit ein Lichtkegel, der eine blutrothe Farbe hat. Derselbe tritt selbst dann auf, wenn die Lösung so weit verdünnt ist, dass sie dem freien Auge gar nicht mehr grün erscheint. Eine zweite noch feinere Methode beruht auf der spectroscopischen Prüfung der zu untersuchenden Flüssigkeit. Ist in letzterer auch nur eine Spur von Chlorophyll enthalten, so erblickt man, indem man dieselbe durch ein Spectroskop ansieht, im rothen Theile des Spectrums einen schwarzen Absorptionsstreifen. (Es ist dies der erste von den sieben Absorptionsstreifen, welche das Chlorophyllspectrum charakterisiren, und auf welche ich noch später zurückkommen werde.)

Bevor ich das Capitel über die Beziehungen des Lichtes zum Chlorophyll verlasse, möchte ich noch eine hieher gehörige Erscheinung kurz berühren. Schon vor beinahe vierzig Jahren hatte der ausgezeichnete deutsche Botaniker Hugo von Mohl die Beobachtung gemacht, dass die Blätter mancher Pflanzen im Sommer zwar

grün sind, bei Beginn des Winters jedoch braun oder roth werden, und bei Wiederkehr des Frühjahres wieder ihre grüne Farbe bekommen. In der That erleiden zahlreiche „immergrüne“ Gewächse mit dem Eintritt der kalten Jahreszeit einen eigenthümlichen Farbenwechsel, der, wenn man die Gesammtheit der winterlichen Verfärbungserscheinungen berücksichtigt, alle Uebergänge vom reinsten Gelb bis zum dunkelsten Braun und intensivsten Roth umfasst. Was speciell die Gelbfärbung betrifft, die man namentlich an unseren Nadelhölzern leicht beobachten kann, so beginnt dieses Phänomen bereits im Spätherbste, oft lange vor dem Eintritt des Frostes. Betrachtet man nun die Blätter solcher Pflanzen, welche die in Rede stehende Erscheinung zeigen etwas genauer, so bemerkt man, dass die dem Lichte zugewendete Seite des Blattes entweder allein, oder doch um vieles rascher sich verfärbt, als die vom Lichte abgewendete, also beschattete Seite. Sehr auffallend kommen diese Verhältnisse an den Zweigen der sogenannten Lebensbäume oder Thujen (*Thuja occidentalis*) zur Geltung, die vermöge ihrer Gestalt und Lage den grösstmöglichen Gegensatz zwischen Beleuchtung und Beschattung zulassen. Während die eine Seite fast goldgelb gefärbt ist, behält die andere den ganzen Winter hindurch ihre grasgrüne Farbe. Bringt man einen derartig einseitig vergilbten Zweig dieser Pflanze in eine solche Lage, dass nun die frühere Schattenseite dem Lichte ausgesetzt ist, so färbt sich nach einiger Zeit auch diese gelb. Der ganze Process

der Gelbfärbung „immergrüner“ Gewächse beruht nach neueren Untersuchungen von Dr. Haberlandt auf einer Zerstörung des vorhandenen Chlorophylls bei mangelnder Neubildung desselben. Die Ursache dieser Zerstörung ist aber das Licht, wie sich auch aus dem obigen Beispiele ergibt. Ueber die Braun- und Rothfärbung ausdauernder Blätter werde ich später sprechen.

Neben dem Lichte ist es noch ein anderer Factor, welcher die Chlorophyllbildung bedingt und beeinflusst, nämlich die Temperatur. Was die Beziehungen der Temperatur zum Pflanzenleben überhaupt betrifft, so muss ich Folgendes vorausschicken. Durch die Bemühungen der Physiologen hat sich die Thatsache herausgestellt, dass jede Lebenserscheinung der Pflanze, z. B. die Keimung, das Wachstum, die Protoplasmaströmung etc. innerhalb bestimmter Temperatursgrenzen eingeschlossen ist, innerhalb deren sie stattfindet. Mit anderen Worten: Jede Function beginnt erst dann, wenn die Temperatur der Pflanze oder des betreffenden Pflanzentheiles einen bestimmten Temperatursgrad erreicht, und sie hört auf, wenn eine bestimmte höchste Temperatur eintritt, wobei noch hinzugefügt werden kann, dass gleichnamige Functionen bei verschiedenen Pflanzen sehr verschiedene Grenzwerte haben können, und dass dasselbe für verschiedene Functionen derselben Pflanze gilt. Für die Entstehung des Chlorophylls wurde dieses Gesetz bereits von Prof. Sachs für einige Pflanzen erkannt, in neuester Zeit jedoch von Prof. Wiesner auf

Grund zahlreicher, sorgfältig ausgeführter Versuche als ein allgemein geltendes aufgestellt. Letzterer fand, dass die Geschwindigkeit der Chlorophyllbildung nicht einfach mit der Temperatur des umgebenden Mediums wächst, sondern dass für das Ergrünen der Pflanzen drei Fixpunkte der Temperatur zu unterscheiden sind: Ein unterer Nullpunkt, d. i. jener Temperatursgrad, bei welchem die Chlorophyllbildung anhebt, ein sogenanntes Optimum, d. i. jener Wärmegrad, bei welchem die Geschwindigkeit der Chlorophyllentstehung ihr Maximum erreicht, und endlich ein oberer Nullpunkt, d. h. jener Temperatursgrad, oberhalb welchem kein Ergrünen mehr eintritt. Die Versuche des genannten Forschers lehrten ferner, dass die Geschwindigkeit der Chlorophyllbildung vom unteren Nullpunkt bis zum Optimum continuirlich steigt, und von hier bis zum oberen Nullpunkt continuirlich fällt. Zur Veranschauung des eben ausgesprochenen Gesetzes will ich ein Beispiel anführen. Werden vollkommen etiolirte Gerstenkeimlinge dem Lichte einer unter einem constanten Drucke (entsprechend einer Wassersäule von $13\frac{1}{2}$ Millimeter) brennenden Gasflamme in einer Entfernung von $1\frac{1}{2}$ Meter ausgesetzt, so ergibt der Versuch folgendes Resultat: Bei einer Temperatur unter $+ 3^{\circ}$ Cels. tritt kein Ergrünen ein; bei einer Temperatur von 4° Cels. ist Chlorophyll nach 20 Minuten durch das Spectroscop nachweisbar (unterer Nullpunkt); bei 35° Cels. nach 5 Minuten (Optimum); bei 50° Cels. nach 25 Minuten (oberer Nullpunkt); bei Temperaturen über 50° tritt kein Ergrünen mehr ein.

Ich habe vorher von der winterlichen Gelbfärbung ausdauernder Blätter gesprochen. Eine ebenso häufige Erscheinung ist die, dass Blätter, welche den Sommer über normal grün sind, während der kalten Jahreszeit eine braune Farbe annehmen. Diese Braunfärbung, die an unseren Nadelhölzern leicht beobachtet werden kann, wird hervorgerufen durch die Bildung eines aus dem Chlorophyll hervorgehenden gelbbraunen Farbstoffes. — Die unmittelbare Ursache der Verfärbung ist die Kälte, und das Auftreten derselben ist strenge an den Eintritt des Frostes gebunden. Weil aber das Licht schon im Sommer und Herbste die Vorbedingungen der winterlichen Braunfärbung schafft, so tritt auch diese Verfärbungsweise blos einseitig auf. Die Rothfärbung endlich ist auf die Entstehung eines rothen Farbstoffes (Anthokyan) zurückzuführen, der in verschiedenen Geweben vorzugsweise in der Oberhaut der Blätter sich bildet. Sein Auftreten erfolgt bald abhängig, bald unabhängig vom Lichte, und wird im Wesentlichen durch den Eintritt der Vegetationsruhe bedingt.

Ich gelange jetzt zu einem sehr wichtigen Capitel meiner Besprechung, indem ich Ihnen geehrte Anwesende auseinandersetzen werde, welche fundamentale physiologische Rolle dem Chlorophyll in der Pflanze zukömmt. Aus einer grossen Zahl chemischer Untersuchungen hat sich die Thatsache herausgestellt, dass zum Aufbau des Pflanzenkörpers verhältnissmässig wenige Grundstoffe oder Elemente nothwendig sind. So

besteht der Zellstoff oder die sogenannte Cellulose, d. i. jenes Materiale, aus welchem die Zellwände der vegetabilischen Gewebe aufgebaut sind, ferner das Stärkemehl, welches eine so grosse Verbreitung im Pflanzenreiche hat, ich erinnere an die Kartoffelknollen, an die Samen der Hülsenfrüchte und Getreidearten, welche der Hauptmasse nach aus dieser Substanz bestehen, ferner die verschiedenen Zuckerarten und andere organische Pflanzenbestandtheile, nämlich alle „Kohlenhydrate“ blos aus drei Grundstoffen: Kohlenstoff, Sauerstoff und Wasserstoff. Dasselbe gilt im Allgemeinen von den Pflanzensäuren, von den verschiedenen fetten- und manchen ätherischen Oelen, welche letzteren so vielen Pflanzen den ihnen zukommenden angenehmen Geruch verleihen. An der Zusammensetzung des Protoplasmas und der Eiweisskörper überhaupt nehmen nebst den genannten drei Grundstoffen noch Stickstoff und Schwefel Antheil. Ausserdem hat man in den Pflanzenaschen noch einige andere nie fehlende Elemente gefunden, welche zwar in der Regel in geringer Menge vorkommen, jedoch zur normalen Vegetation nothwendig sind, wie das Kalium, das Calcium, das Magnesium, der Phosphor und das Eisen.

Es frägt sich, woraus entstehen diese verschiedenen Pflanzenstoffe, die Kohlenhydrate, die Fette, die Eiweisskörper? Man weiss heute auf das Bestimmteste, dass die genannten Bestandtheile der pflanzlichen Organismen aus unorganischen Stoffen, aus Mineralstoffen entstehen, welche letzteren in bestimmten Verbindungen von den Pflanzen auf-

genommen werden. Diese Verbindungen bilden die Nährstoffe der Pflanzen, und zu ihnen zählt das Wasser, die Kohlensäure, das Ammoniak, ferner mehrere salpetersaure, schwefelsaure und phosphorsaure Salze. Allein, und das muss ich hier besonders betonen, nur die chlorophyllführende, grüne Pflanze hat die Fähigkeit, die genannten Mineralstoffe aufzunehmen, und sie in integrirende Bestandtheile ihres eigenen Leibes umzuwandeln. Man bezeichnet diesen Process der Ueberführung der unorganischen Nährstoffverbindungen in die organische Pflanzen-substanz mit dem Namen der Assimilation. Einer Assimilation ist nur die chlorophyllhaltige Pflanze fähig, und da jene im grünen Chlorophyllkorn stattfindet, so ist eben in den Blättern der Hauptsitz der assimilatorischen Thätigkeit zu suchen. Eine chlorophylllose Pflanze ist, wie schon der berühmte französische Naturforscher Theodor de Saussure zeigte, nicht im Stande zu assimiliren. Eine solche Pflanze muss die ganze organische Substanz, die sie zum Aufbau ihres Körpers bedarf, einer anderen Pflanze entziehen, und zwar einer chlorophyllhaltigen, welche schon früher diese organischen Bestandtheile auf dem Wege der Assimilation producirt hat, kurz, das Leben und die Existenz einer solchen Pflanze, die des Chlorophylls ermangelt, ist an eine grüne Pflanze gebunden. Wie jeder organische Process, so ist auch die Assimilation von äusseren Bedingungen abhängig. So namentlich vom Einfluss des Lichtes. Es ist eine durch zahlreiche Unter-

suchungen älterer und neuerer Forscher erhärtete Thatsache, dass die Assimilation nur unter dem Einflusse des Lichtes und zwar von bestimmter und zugleich ziemlich hoher Intensität stattfindet. Es sind zur Assimilation viel grössere Helligkeiten erforderlich als etwa zur Bildung des Chlorophylls.

Vergleicht man die chemische Zusammensetzung der von der Pflanze aufgenommenen Nährstoffe mit den durch den Lebensprocess gewonnenen assimilirten Stoffen, so ergibt sich, dass die ersteren sehr reich, die letzteren aber arm an Sauerstoff sind. Es folgt daraus, dass die Ueberführung der sauerstoffreichen Nährstoffverbindungen in der sauerstoffarmen Pflanzensubstanz mit einer Abscheidung von Sauerstoff verbunden sein muss.

Dass nur die grüne Pflanze und diese nur unter dem Einflusse des Sonnenlichtes unter Abgabe von Sauerstoff die Kohlensäure zu zerlegen im Stande ist, und die Sauerstoffabscheidung ist eben das sichtbare Zeichen der Assimilation, lehrt folgender Versuch: Gibt man in ein cylindrisches Glasgefäss einen beblätterten Zweig einer grünen Pflanze, füllt dann den Glascylinder mit einem Kohlensäure enthaltenden Wasser (wie dies beispielsweise bei dem bekannten Sodawasser der Fall ist) und stellt denselben so unter Quecksilber auf, dass seine Oeffnung sich unter dem Quecksilberniveau befindet, so sieht man, wenn nun der ganze Apparat dem directen Sonnenlichte ausgesetzt ist, aus den Blättern der Pflanze Gasblasen aufsteigen, welche sich im oberen

Theile des Gefässes ansammeln, während in demselben Maasse das Flüssigkeitsniveau im Glaszylinder sinkt. Die Untersuchung des ausgeschiedenen Gases lehrt, dass es Sauerstoff ist. Ist aber im Glaszylinder eine chlorophyllose Pflanze, z. B. ein Pilz enthalten, so wird selbst bei stärkster Beleuchtung keine Sauerstoffentwicklung stattfinden, und ebenso wird dieselbe unterbleiben, wenn zum Versuch zwar eine grüne Pflanze genommen wurde, der Apparat sich jedoch im Finstern oder in einem Lichte von sehr geringer Helligkeit befindet. Ist der Glaszylinder mit einer Theilung versehen (cubicirt), so kann man den gebildeten Sauerstoff auch quantitativ bestimmen und eruiren, in welchem Grade die assimilatorische Thätigkeit sich bei verschiedenen Temperaturen, bei verschiedenen Lichtintensitäten und Lichtfarben ändert. Ueber den letzten Punkt, der den Einfluss der Lichtfarbe auf die Assimilation betrifft, muss ich bemerken, dass es die am meisten leuchtenden, also vorzugsweise die gelben Strahlen des Sonnenlichtes sind, welche die grösste Assimilationskraft besitzen, während die sogenannten chemischen, nämlich die blauen, violetten und ultravioletten Strahlen nur einen höchst unbedeutenden Effect hervorbringen. Die früher erwähnte Thatsache, dass die Assimilation nur im Lichte, und zwar im grünen Chlorophyllkorn vor sich geht, wird auch durch folgende, von Professor Sachs gefundene Thatsache unterstützt: Eines der häufigsten und wichtigsten Assimilationsproducte ist das Stärkemehl. Setzt man etiolirte Keimlinge, bei denen

alle disponiblen Reservestoffe die im Samen enthalten waren schon verbraucht sind, einem Lichte von geringer Intensität aus, so entsteht zwar Chlorophyll, aber man findet keine Stärke. Steigert sich aber die Lichtintensität um ein Bedeutendes, setzt man z. B. die Pflanzen, die bisher im Gaslichte ergrünt, dem directen Sonnenlichte aus, so treten, wie man sich auf mikrochemischem Wege leicht überzeugen kann, zuerst sehr kleine, dann immer grösser werdende Stärkekörner im Chlorophyll auf. Diese nur unter dem Einfluss des Lichtes in den Chlorophyllkörnern der Blätter gebildete Stärke verschwindet wieder, wenn man der Pflanze das Licht durch einige Tage entzieht. Da sich die Stärke später auch in solchen Geweben vorfindet, deren Zellen kein Chlorophyll enthalten und in welche das Licht nur schwer einzudringen vermag, wie in den Markstrahlen der Bäume oder in den oft ziemlich tief im Boden befindlichen Kartoffelknollen, so muss man nach dem Obigen wohl schliessen, dass die ganze in solchen Pflanzentheilen als Reservestoff auftretende Stärke nicht dort entstanden sein kann, sondern aus dem Chlorophyll der dem Sonnenlichte ausgesetzten Blätter stammt. Auf welche Weise nun die Stärke aus den Blättern in die Samen, Knollen und Markstrahlen gelangt, ob sie als Stärke oder, was vielleicht wahrscheinlicher ist, als ein anderes Kohlenhydrat wandert, ist eine bisher noch nicht erledigte Frage.

Während es durch die Untersuchungen französischer und deutscher Forscher schon lange bekannt ist,

dass dem Chlorophyll eine wichtige physiologische Rolle bei der Assimilation zukömmt, indem nur die grüne Pflanze im Stande ist, unter dem Einflusse des Lichtes aus rein unorganischen Stoffen jene verbrennliche Substanz zu erzeugen, welche sie zur Bildung neuer und zur Vergrösserung schon gebildeter Organe benöthigt und verwendet, wurde in neuester Zeit die Beziehung des Chlorophylls zu einer andern Lebenserscheinung der Pflanze gefunden, nämlich zu der der Transspiration.

Die früher genannten Nährstoffsalze können von den Pflanzen nur in gelöster Form aufgenommen werden. Diese Lösungen aber, welche die Pflanze aus dem Boden mittelst ihrer Wurzeln aufnimmt, und welche sie durch den Stamm leitet, um sie den assimilirenden Laubblättern zuzuführen, sind ausserordentlich verdünnt. Es gelangt daher mit einer relativ geringen Menge von Mineralstoffen eine verhältnissmässig grosse Menge von Wasser in die Pflanze. Von diesem grossen in die Pflanze getretenen Wasserquantum wird zwar ein Theil zur Bildung organischer Substanz verwendet, und bleibt daher in der Pflanze zurück, der weitaus grösste Theil aber wird in Gasform durch die Blätter an das die Pflanze umgebende Medium wieder abgegeben. Diese Abgabe von Wasserdunst bezeichnet man mit dem Namen der Transspiration.

Schon die ältesten Physiologen (Mariotte, Hales) haben die Thatsache constatirt, dass die Gewächse auf dem Wege der Transspiration täglich sehr beträchtliche Mengen von Wasser verlieren, und ebenso ist es schon

ziemlich lange bekannt, dass dieser Process durch das Licht in hohem Grade beeinflusst wird, dass die Pflanzen in der Sonne weitaus mehr verdunsten, als im diffusen Lichte oder gar im Finstern. Zugleich wurde allgemein ausgesprochen, dass hiebei die Sonne nicht durch vermehrte Wärme, sondern durch den Reiz des Lichtes die Ausdünstung befördere, dass, mit andern Worten, die Wirkung des Lichts bei der Transspiration auf der leuchtenden, und nicht auf der wärmenden Kraft der Lichtstrahlen beruhe. Nach den Untersuchungen von Dehérain und Risler sollen es vorzugsweise die gelben Strahlen sein, welche die Transspiration am meisten begünstigen. Die in neuester Zeit von Wiesner über diesen Gegenstand gemachten Versuche haben jedoch gerade das Gegentheil gelehrt. Und zwar:

Wie andere Farbstoffe, lässt auch der grüne Chlorophyllfarbstoff nicht alles Licht hindurchtreten, sondern er besitzt die Eigenschaft, gewisse Lichtstrahlen bei ihrem Durchgange zu absorbiren. Betrachtet man das Licht, welches eine Chlorophylllösung passirt hat, durch einen Spectralapparat, so sieht man an verschiedenen Stellen im Spectrum mehr oder weniger breite Streifen von schwarzer Farbe. Sie rühren eben daher, dass die betreffenden Lichtstrahlen bei ihrem Durchgang durch die Chlorophylllösung ausgelöscht (absorbirt) wurden. Das Spectrum einer weingeistigen Chlorophylllösung zeigt sieben solche schwarze Absorptionsbänder. Von diesen liegen nach den Untersuchungen von G. Kraus vier schmale Streifen in der ersten Spectralhälfte,

nämlich je einer in roth, orange, gelb und grün, während drei breite Bänder in der zweiten Spectralhälfte, also im blau-violetten Theile auftreten.

Das erste dieser dunklen Absorptionsbänder, im rothen Theile des Spectrums gelegen, ist am schärfsten begrenzt und zeigt eine totale Absorption. Es ist selbst in ausserordentlich verdünnten Chlorophylllösungen noch deutlich sichtbar, und dieser Umstand gibt uns wie ich schon früher sagte ein Mittel an die Hand, um Spuren von Chlorophyll in einem Organe beziehungsweise in einer Lösung nachzuweisen. Das Spectrum einer Chlorophylllösung stimmt im Wesentlichen mit dem eines lebenden Blattes überein.

Das Etiolin, d. i. wie schon früher erwähnt wurde der gelbe Farbstoff nicht ergrünter (etiolerter) Blätter, zeigt in der schwächer brechbaren Hälfte des Spectrums keine Absorption, sondern besitzt blos drei breite Bänder im Blau und Violett. Seine Absorption ist also geringer als die des Chlorophylls.

Es fragt sich nun, welche Bedeutung, welchen physiologischen Zweck hat diese Lichtabsorption im Chlorophyll? Man hat angenommen, dass jene Lichtstrahlen, welche im Chlorophyll ausgelöscht, also als Absorptionsstreifen erscheinen, vorzüglich zu chemischer Arbeit verwendet werden. Nun wissen wir aber heute auf das Bestimmteste, und ich habe darauf zu wiederholtenmalen aufmerksam gemacht, dass die wichtigsten chemischen Vorgänge in der Pflanze, nämlich die Entstehung und Zerstörung des Chloro-

phylls, sowie die Assimilation nicht durch die sogenannten chemischen (photographischen), das sind bekanntlich die blauen, violetten und ultravioletten Strahlen, sondern durch die am meisten leuchtenden also vorzugsweise durch die gelben Strahlen des Lichtes bewirkt und beeinflusst werden. Da nun das Chlorophyllspectrum gerade in diesen Strahlen die kleinste Absorption, in dem blauen und violetten Theile, der für den Chemismus der Pflanze nur eine untergeordnete Bedeutung hat, aber die ausgedehnteste Absorption aufweist, so muss die obige Annahme über den Zweck der Lichtabsorption im Chlorophyll fallen gelassen werden.

Nach den neuesten Untersuchungen von Wiesner bedeutet die in Rede stehende Absorption einen Umsatz von Licht in Wärme. Es erfolgt dadurch eine innere Erwärmung der Gewebe, in Folge welcher die Spannung der Wasserdämpfe in der Pflanze sich steigert, womit nothwendigerweise eine Verstärkung der Verdunstung (Transspiration) verbunden sein muss. Ist nun dieser, von dem genannten Forscher ausgesprochene Satz, dass die Lichtabsorption im Chlorophyll einen Umsatz gewisser Lichtstrahlen in Wärmestrahlen bedeutet richtig, so müssten sich unter Anderm folgende Thatsachen ergeben:

1. Da die Absorption im Chlorophyll eine stärkere ist als im Etiolin, so müsste unter übrigens gleichen Bedingungen eine ergrünte Pflanze im Lichte mehr transspiriren als eine etiolirte.

2. Da die ausgedehnteste Absorption im blauviolettten, die geringste Absorption im gelben Theile des Chlorophyllspectrums stattfindet, so müsste eine Pflanze unter sonst gleichen Verhältnissen im Lichte beispielsweise hinter der früher charakterisirten Lösung von schwefelsaurem Kupferoxydammoniak mehr Wasserdunst durch Transspiration abgeben, als hinter der Lösung von saurem chromsaurem Kali.

3. Eine Pflanze, die mit einer doppelwandigen Glocke bedeckt wird, welche mit einer Chlorophylllösung gefüllt ist, müsste noch weniger transspiriren, sie müsste sich im Lichte etwa so wie im Dunklen verhalten. Denn in diesem Falle werden ja jene Lichtantheile, welche die Verdunstung besonders begünstigen, bei ihrem Durchgange durch die Chlorophylllösung der Glasglocke absorbirt, und fehlen daher in dem zur Versuchspflanze gelangenden Lichte.

Die von Professor Wiesner und theilweise auch von mir angestellten diessbezüglichen Untersuchungen haben diese Annahmen vollkommen bestätigt. Die genannte Function des Chlorophylls, durch Umsatz von Licht in Wärme die Transspiration in kräftiger Weise zu erhöhen, hat insofern eine physiologische Bedeutung, als durch die verstärkte Wasserverdunstung in den Blättern eine gesteigerte Flüssigkeitsbewegung in der Pflanze erfolgt, wodurch eine vermehrte Zufuhr roher Nahrungsstoffe in die chlorophyllhaltigen Organe gerade unter Umständen eintritt, welche die Assimilation am meisten begünstigen.

Mit diesen Betrachtungen ist die Physiologie des Chlorophylls noch nicht abgeschlossen. Die Zahl der Arbeiten und Publicationen, welche diesen Gegenstand betreffen, ist heute schon eine sehr grosse geworden, der Umfang, den die Chlorophyllliteratur aufzuweisen hat, ist bereits ein bedeutender. Ich konnte mich selbstverständlich nicht darauf einlassen, auf alle hiehergehörigen Fragen einzugehen, oder gar den Gegenstand erschöpfend zu behandeln. — So viel aber dürfte Ihnen geehrte Anwesende aus diesen Auseinandersetzungen klar geworden sein, dass dem Chlorophyll für das Leben jener ungezählten Menge von Pflanzen, in welchen es vorkommt, und denen es die grüne Farbe verleiht, eine wichtige Aufgabe zukömmt, und dass die Entstehung und der jeweilige Zustand dieses Farbstoffes abhängig ist von dem vereinigten Einflusse verschiedener Kräfte, unter denen jener des Lichtes und der Wärme in erster Linie zu nennen sind.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Schriften des Vereins zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse Wien](#)

Jahr/Year: 1877

Band/Volume: [17](#)

Autor(en)/Author(s): Burgerstein Alfred

Artikel/Article: [Das Chlorophyll. 591-626](#)