FLORA.

№ 14.

Regensburg. Ausgegeben den 1. Mai. **1862.**

Inhalt. Dr. Julius Sachs, Uebersicht der Ergebnisse der neueren Untersuchungen über das Chlorophyll. (Schluss). — Dr. Ernst Stizenberger: Schweizerische Kryptogamen.

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

(Schluss.)

V. Die optischen Eigenschaften des Chlorophylls.

Die Aenderungen, welche die Lichtstrahlen bei ihrem Durchgang durch das Chlorophyll oder bei ihrer Reflexion von demselben erfahren, sind vorzüglich von Stockes, Angström und Harting studirt worden. Die Fluorescenz und die Absorption gewisser Lichtstrahlen durch den grünen Farbstoff, sind die hervorragendsten Eigenschaften des Chlorophylls in optischer Hinsicht.

Bekanntlich erscheint ein alkoholischer oder ätherischer Extract von Blattgrün im durchfallenden Licht grün, im reflektirten blutroth. Das Letztere ist eine Fluorescenzerscheinung, deren wahre Ursache zuerst G. G. Stockes[1]) entdeckte, indem er zeigte, dass dabei das Licht von bestimmter Brechbarkeit oder Farbe in Licht einer niederigeren, geringeren Brechbarkeit und anderer Farbe umgewandelt wird, eine Metamorphose, welche die Lichtstrahlen schon an der Oberfläche der fluorescirenden Substanzen erleiden. Schon Brewster zeigte 1833, dass die

[1]) Poggend. Ann. Ergänzung IV. und Philos. transact. 1852. II. p. 403.

Universitätsbibliothek Regensburg urn:nbn:de:bvb:355-ubr05977-0245-6

Fähigkeit, auffallendes Licht in geändeter Farbe zu reflektiren den allermeisten vegetabilischen Extrakten gemeinsam ist und dass dabei eine grosse Mannigfaltigkeit im Einzelnen stattfindet. Zu den Substanzen, welche das Phänomen der Fluoreszenz in seiner ganzen Pracht zeigen, gehört das Chlorophyll oder zunächst der alkoholische und ätherische Extrakt desselben, also der grüne Farbstoff, ohne die Grundmasse, welche in der Pflanze zurückbleibt. Stockes benützte zu seinen Untersuchungen den alkoholischen Extrakt von vorher in Wasser abgekochten Nesselblättern, um eine reinere Lösung zu erhalten. Wenn man durch eine Linse einen Kegel weissen Sonnenlichts auf die Oberfläche der Lösung leitet, und dann das schön rothe, zurück geworfene Licht mit einem Prisma betrachtet, so besteht das Spektrum desselben aus einem hellen rothen Streifen, dem ein dunkler Raum folgt, sodann einem viel breiteren grünen Streifen, der nicht so hell ist. Stockes weiset auf einen Zusammenhang dieses hellrothen Streifens im Spektrum des dispergirten Lichtes und dem dunklen Streifen des Spectrums des durchfallenden Lichtes hin.

Wird die Lösung nach und nach vom Rothen beginnend, den Spektralfarben ausgesetzt, so zeigt sich, dass der brechbare Theil des äussersten Rothes, welchen eine dünnere Schicht unabsorbirt lässt (s. unten) in der Flüssigkeit dispergirt wird, und nach der Dispersion als helles reines Roth erscheint. Dem im Roth liegenden Absorptionsstreifen selbst entsprach ein heller dispergirter Lichtstreif auf der Oberfläche, wo das Licht einfiel. Im grünen, einfallenden Licht wurde Roth dispergirt, mit schwachem Stich in das Orange; blaues und violettes Licht wurden roth zurückgeworfen, etwas in's Braune fallend. Nach Stockes wird das einfallende Licht in dem Masse verbraucht, als es zur Dispersion verwendet wird, demnach können die Strahlen, welche in Fluorescenz übergehen, im durchfallenden Licht nicht mehr enthalten sein.

Der gelöste Chlorophyllfarbstoff hat also die Fähigkeit die ihn treffenden violetten, blauen, grünen Strahlen in rothe umzuwandeln und als solche zurückzuwerfen. Es liegt die Frage nahe, ob auch das Chlorophyll in den lebenden Zellen diese Eigenschaft besitzt. Man scheint sich diese Frage bisher nicht gestellt zu haben. Da aber durch die Fluorescenz die chemischen Wirkungen des Lichtes geändert werden, so hat die Frage in der That ein weitgreifenedes Interesse wenn man bedenkt, dass die wichtigsten Lichtwirkungen auf Pflanzen durch das Chlorophyll

Universitätsbibliothek Regensburg urn:nbn:de:bvb:355-ubr05977-0246-2

vermittelt werden, welches nach Stockes so stark verändernd auf das Licht einwirkt.

Es ist wohl hier der Ort an, eine Beobachtuug zu erinnern, die vielleicht nicht mehr neu ist. Wenn man nämlich durch eine dunkelblaue Scheibe von Cobaltglas auf grüne Pflanzenblätter hinsieht, welche von der Sonne beschienen werden, so erblickt man die Blätter in einer eigenthümlich purpurrothen Färbung. Zunächst lässt sich dieses Phänomen dahin erklären, dass die Blätter von dem auffallenden Sonnenlicht grüne und rothe Strahlen so reflektiren, dass diese für das freie Auge zusammen grün bilden. Durch die blaue Glasscheibe werden die reflektirten grünen Strahlen absorbirt, bevor sie das dahinter liegende Auge treffen. Die rothen, vom Blatt reflektirten Strahlen aber gehen durch das Cobaltglas zum Auge allein hin, (denn das Cobaltglas lässt in der That rothes Licht durch) und so erscheint das grüne Blatt roth. Ob nun aber dieses reflektirte Roth eine Fluorescenzfarbe ist, muss noch untersucht werden. Wenn das Chlorophyll in den Blättern sich in der That so verhält, wie der Auszug, so muss dabei doch hervorgehoben werden, dass noch modificirende Einflüsse stattfinden, indem die Chlorophyllösung im reflektirten Licht roth aussieht, die Blätter aber sowohl im durchfallenden als reflektirten Licht grün erscheinen. Das letztere bedarf einer besonderen Erklärung, aber man darf daraus nicht etwa sogleich folgern, dass das Chlorophyll in den Blättern keine Fluorescenz bewirken. Denn die Absorptionserscheinungen, welche in grünen Blättern stattfinden, sind, wie ich nachgewiesen habe, dieselben wie die Absorptionserscheinungen in einer Chlorophylllösung, und da die letzteren mit der Fluorescenz innig zusammenhängen, so muss man als wahrscheinlich annehmen, dass auch im lebendigen grünen Blatt Fluorescenz stattfindet.

Die Absorption, welche gewisse Strahlen des Sonnenlichts bei ihrem Durchgang durch eine Chlorophyllösung erleiden, hat soviel Eigenthümliches, dass man diese Eigenschaft ohne Weiteres als Erkennungsmittel des Chlorophylls statt einer chemischen Analyse anwenden kann. Harting[1]) zeigte, dass das Chlorophyll der verschiedensten Pflanzen, wenn es gehörig gereinigt ist, dieselben Absorptionserscheinungen darbietet. Eine dünne Schicht der Lösung, oder ebenso eine dickere Schicht

[1]) Poggend Ann. Bd, 96. p. 513.

Universitätsbibliothek Regensburg urn:nbn:de:bvb:355-ubr05977-0247-7

von verdünnter Lösung, lässt beinahe sämmtliche Strahlen durch, mit Ausnahme einer Stelle im Roth, welche zwischen den Frauenhoferschen Linien B und C liegt. Eine dickere, oder intensiver gefärbte Schicht zeigt in dem Spektrum des durchgegangenen Lichtes einen breiten, schwarzen Streifen zwischen den fixen Linien B und D, einen schmalen Absorptionsstreifen bei E, während zugleich das Blau und Violett vollständig verschwindet. Bei zunehmender Dicke oder Concentration der Lösung werden die genannten Absorptionsstreifen immer breiter, und es bleibt zuletzt nur ein Streifen äusserst dunklen Roths übrig. Harting (a. a. O.) hat diese charakterischen Eigenschaften in einer Zeichnung kurz versinnlicht.

Ueber die Veränderungen, welche das Licht bei seinem Eindringen und seinem Durchgang durch grüne Blätter erfährt, habe ich in meiner Abhandlung „Ueber die Durchleuchtung der Pflanzentheile“ [1]) Untersuchungen bekannt gemacht. Indem ich wegen des dazu von mir construirten analysirenden Diaphanoskops und wegen der Untersuchungsmethode überhaupt auf diese Abhandlung verweise, hebe ich nur das wichtigste Resultat hervor, dass das Licht, wenn es durch grüne Blätter fällt, dieselben Absorptionen erleidet wie wenn es durch Chlorophylllösungen hindurchgeht. Ein grünes Blatt verhält sich dabei wie eine dünne Lösungschicht, 2—6 Blätter verhalten sich wie dickere Lösungsschichten in Bezug auf die Absorption gewisser Strahlen. Wenn nun die Fluorescenz, wie Stockes angiebt mit diesen Absorptionserscheinungen genetisch verbunden ist, so folgt ohne Weiteres, dass die entsprechenden Fluorescenzphänomene auch in den grünen Blättern auftreten müssen.

VI. Einfluss des Lichtes auf Entstehung und Umänderungen des Chlorophylls.

Es ist bekannt, dass das Licht zur Erzeugung der grünen Pflanzenfarbe im Allgemeinen unentbehrlich ist. Doch finden hierbei einige scheinbare, und einige wirkliche Ausnahmen statt.

Eine nur scheinbare Ausnahme ist es, wenn viele Embryonen oder die Endosperme innerhalb der Fruchthüllen grün werden; weil hier in der That das Ergrünen eine Folge des Lichteinflusses ist, denn ich habe in meiner oben genannten Abhandlung

[1]) Sitzungsberichte der kais. Akad. d. Wiss. Wien 1861 XLIII. Vorgelegt am 6. Dezember 1860.

Universitätsbibliothek Regensburg urn:nbn:de:bvb:355-ubr05977-0248-3

über die Durchleuchtung der Pflanzentheile gezeigt, dass das Licht mit namhafter Stärke tief in Pflanzentheile eindringt und es ist anderseits bekannt, dass auch sehr wenig intensives Licht zum Ergrünen hinreicht. Hierher gehört auch die Chlorophyllbildung in den dem Licht ausgesetzten Kartoffelknollen.

Eine wirkliche Ausnahme von der allgemeinen Regel machen aber die Keime von *Pinus Pinea*, *sylvestris* und *Thuja orientalis*. Wie oben erwähnt, werden die Cotyledonen dieser Keime schon grün, noch lange bevor sie an das Licht kommen, und dieser Fall unterscheidet sich ganz wesentlich von den grünen Embryonen, welche sich so häufig in reifen Früchten finden. Dieser wesentliche Unterschied geht aus einem Versuche[1]) Böhms hervor, den derselbe freilich selbst falsch gedeutet hat. Er brachte Zweige von *Acer*, *Raphanus*, *Astragacus*, *Celtis* in das Finstere, wo die Samen sich ausbildeten. Die sonst grünen Embryonen bleiben hier farblos und die von *Raphanus* und *Acer* keimten sogar. Daraus folgt, dass das Ergrünen dieser Embryonen sonst von dem Licht herrührt, welches sie durch die dünnen Carpelle erhalten, dass also dieser Fall mit dem von *Pinus Pinea* nicht verglichen werden kann.

Auch das Auftreten grünlicher Blätter bei vegetirenden (nicht keimenden) Pflanzen, die man in das Finstere stellte, kann nicht zu den wirklichen Ausnahmen gerechnet werden; denn die jüngsten in den Knospen vorgebildeten Blätter der vegetirenden Pflanzen sind schon grün und wenn sie sich dann im Finstern entfalten, so ist es ganz natürlich, dass sie einen grünlichen Ton beibehalten. Lässt man die Pflanze dagegen so lange im Finstern dass sich ganz neue Blätter bilden, so sind diese bei ihrer Entfaltung völlig farblos (Tabak). Es ist allerdings nicht unmöglich, dass es auch hier Fälle geben könnte, welche sich den Keimen von *Pinus* anschliessen, allein constatirt ist kein solcher, denn die älteren Angaben von A. v. Humboldt, auf welche sich Böhm beruft, sind nichts weniger als vorwurfsfrei und müssten mit besonderen Vorsichtsmassregeln wiederholt werden. Sehr auffallend muss es erscheinen, dass die Entstehung der grünen Färbung der Blätter weit schneller erfolgt in einem gemässigten,

---

[1]) **Ueber den Einfluss der Sonnenstrahlen auf die Chlorophyllbildung. Wien. 1859. Sitzungsber. d. k Akad. der Wiss. Die ganz ungehörige Polemik, welche Böhm in dieser Arbeit gegen mich führt und seine zahlreichen Irrthümer habe ich in der botan. Zeitung 1860 zurückgewiesen.**

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05977-0249-1

als in einem sehr intensiven Licht, eine Erscheinung die man bisher noch zu wenig berücksichtigt hat, und welche besonders bei Experimenten beachtet werden muss. An *Zea Mais* erhielt ich folgende Resultate.

Ich liess Maiskörner im Finstern keimen und als sie die ersten beiden Blätter völlig gelb entfaltet hatten, stellte ich die Töpfe mit den Pflanzen in eine Reihe neben einander an das sonnige Fenster. Die Pflanzen des einen Topfes blieben unbedeckt der direkten Sonne ausgesetzt. Die Pflanzen des zweiten Topfes wurden mit einer Glocke bedeckt, welche aus einem einfachen Bogen weissen Papiers gebildet war, die des dritten Topfes mit einer Glocke, welche aus dreifach liegendem Papier gemacht war. Als nach 2—3 Stunden die unbedeckten Pflanzen noch keine Spur von grüner Färbung zeigten begannen die mit der einfachen Papierglocke schon zu grünen, die unter der dreifachen Papierglocke aber waren schon sehr merklich grün, obgleich sie offenbar am wenigsten Licht erhalten hatten. Dieser Versuch wurde öfter wiederholt und dasselbe Verhalten bei *Phaseolus vulgaris* beobachtet. Noch viel überraschender ist folgende Beobachtung. Ich bedeckte einzelne Stellen der vergeilten Blätter von Maiskeimen mit Stanniolbändern, die ziemlich locker auflagen. Die Pflanzen wurden damit an die Sonne gestellt. Nach 1—2 Stunden waren alle freien Stellen noch gelb, ohne eine Spur von grün. Die Stellen aber, welche von den Stanniolbändern bedeckt waren, zeigten sich dunkelgrün und stellten Schattenbilder des Stanniolblättchen dar. Dass auch in diesem Falle das Ergrünen durch die Verdunklung, aber nicht durch völligen Lichtmangel erzeugt wird, geht daraus hervor, dass das grüne Schattenbild sich nicht bildet, wenn man ein dünnes Bleiband (welches sich besser anlegt) recht sorgfältig auf dem vergeilten Blatte befestigt, so dass seitlich kein Licht zwischen Band und Blatt eindringen kann. Derselbe Versuch mit *Phaseolus* ergab noch kein ähnliches Resultat, doch ist hier noch weiter zu experimentiren.

Dass übrigens das zerstreute Tageslicht das Ergrünen rascher bewirkt als direktes Sonnenlicht ist längst bekannt. Dem gegenüber ist es nun eine sehr auffallende Thatsache, dass dennoch die im vollen Sonnenlicht sich bildenden Blätter im allgemeinen weit dunkler grün werden als die im zerstreuten Tageslicht; so sind z. B. die Blätter von Zimmerpflanzen immer heller gefärbt

Universitätsbibliothek Regensburg urn:nbn:de:bvb:355-ubr05977-0250-2

als die Blätter von Pflanzen gleicher Art im Freien. Hier liegen noch ganz unerklärte Verhältnisse vor.

Das Quantum von Licht, welches verschiedene Pflanzen zum Ergrünen brauchen ist gewiss verschieden und weiset auf specifische Unterschiede hin. Schon P. De Candolle machte darauf aufmerksam (Physiologie II. p. 704), und ich möchte nur an die in tiefem Waldesschatten, an die in Brunnen und Felsschluchten wachsenden Pflanzen erinnern, welche mit einem kleinen Bruchtheil des Tageslichtes dunkelgrün werden, während die Pflanzen auf Wiesen und Feldern das volle Tageslicht nöthig haben.

Die Wirkung verschiedener Lichtquellen hatten schon Tessier 1783 zu untersuchen angefangen.[1]) Er giebt an, dass Lampenlicht und Mondlicht das Ergrünen ebenfalls herbeiführen. Neuerlich wurde von Hervé Mangon[2]) mit Hilfe grossartiger elektrischer Apparate gezeigt, dass das an den Kohlenspitzen einer elektrischen Lampe ausstrahlende Licht, im Stande ist Roggenpflanzen intensiv grün zu färben.

Die einzelnen Bestandtheile des Sonnenlichtes wurden in neuerer Zeit von Gardner in Virgien und von Guillemin studirt. Ich übergehe hier die älteren Versuche, wo man Pflanzen hinter farbigen Glasscheiben wachsen liess, weil theils keine hinreichend genauen Angaben über die verschiedenen Strahlen, welche die Gläser durchliessen veröffentlicht sind, und weil überhaupt die farbigen Gläser immer sehr verschiedene Strahlen durchlassen[3]); wodurch das Resultat in seiner Deutung sehr complicirt wird. Doch soll damit den älteren Beobachtungen z. B. denen von Martius keineswegs ihr Werth geschmälert sein: nur sind sie nicht geeignet, die Grundphänomene klar hinzustellen.

Besser als Gläser haben manche Salzlösungen die Eigenschaft, Licht von bestimmtem Character durchzulassen, wenn auch nicht streng monochromes Licht. Mit Hülfe solcher zeigte

---

[1]) Citirt bei Guillemin aus Mém. de l'acad. des sciences p. l. 1783. p. 133.

[2]) Comptes rendus 1861. 5. August p. 243.

[3]) Selbst dunkelrothes Rubinglas lässt neben Roth auch noch Gelb und Spuren von Grün durch, Cobaltglas auch etwas roth; alle anderen Gläser lassen fast alle Farben durch.

Universitätsbibliothek Regensburg urn:nbn:de:bvb:355-ubr05977-0251-8

Gardner[1]) zuerst die überaus merkwürdige Thatsache, dass ein Licht, welches seinen photochemischen Wirkungen auf Metallsalze (photographische Platten) vollständig verloren hat, dennoch im Stande ist, diejenigen chemischen Wirkungen zu erzeugen, welche zur Entstehung des grünen Farbstoffs der Pflanzen nöthig sind. Die Auflösungen von doppelt chromsaurem Kali und Eisenpersulfocyanür absorbiren die brechbarsten Strahlen des Sonnenlichtes in dem Grade, dass das durch sie gegangene Licht seine photographischen Wirkungen völlig verliert und dennoch wurden Pflanzen durch so verändertes Licht grün.

In dieser Richtung habe ich 1861 einige Experimente gemacht, die ich hier einstweilen kurz erwähnen will. Zwei hinreichend geräumige Glascylinder wurden am Boden innerhalb mit Erde bedeckt und in diese Samen von *Linum grandiflorum* und *Brassica oleracea* gesteckt. Jeder Cylinder war mit durchbohrten Kautschukpfropfen versehen, die mit Kautschukröhren zusammenhingen um frische Luft einleiten zu können. Jeder dieser Cylinder wurde in einen grösseren Cylinder gestellt, so dass zwischen beiden ein Raum von ein Ctm. Dicke blieb, der bei dem einen Apparat mit gesättigter Lösung von doppelt chromsauren Kali, bei dem anderen mit einer dunkelblauen Lösung von Kupferoxydammoniak bis oben hinauf gefüllt wurde. Die Apparate waren so eingerichtet, dass zu dem inneren Cylinder nur solches Licht gelangen konnte, welches zuvor durch die den inneren Cylinder umgebende Lösung gegangen war. Das doppelt chromsaure Kali liess neben Roth und Orange auch Gelb und eine Spur Grün durch. Das Kupferoxydammonik lies fast alle chemischen (ultravioletten) die violetten, blauen und eine Spur grüner Strahlen durch. Demnach war das Tageslicht in zwei Hälften getheilt; das chromsaure Salz liess die ganze rothe Hälfte, das blaue Salz die ganze blaue Hälfte des Spektrums zu den aufkeimenden Pflänzchen hingelangen. Diese Letzteren wurden in beiden Fällen ntensiv grün.[2]) Es hatten also die Strahlen der rothen Hälfte

---

[1]) Citirt bei Guillemin aus London, Edinburgh und Dublin. Philos. Magazin 1844.

[2]) Die Vegetation zeigte trotzdem grosse Unterschiede. Im rothen Licht wuchsen die Stengel senkrecht ohne die geringste Lichtkrümmung, wie im Finstern, im Blauen waren sie halbkreisförmig dem Fenster zugekrümmt. Im rothen Licht schossen sie hoch auf, im blauen blieben sie kurz; im rothen krümmten sich die Blätter rückwärts, im blauen breiteten sie sich aus.

Universitätsbibliothek Regensburg urn:nbn:de:bvb:355-ubr05977-0252-4

des Spektrums ebenso gut Chlorophyll gebildet wie die sogenannten chemischen Strahlen der blauen Hälfte.

Gardner liess auch die einzelnen Farben des Sonnenspektrums unter den hier nöthigen Vorsichtsmassregeln auf die vergeilten Keimpflanzen von Rüben, Kohl, Senf, Erbsen, Buffbohnen einwirken, und fand, dass das Ergrünen stets im gelben Lichte am schnellsten erfolgte, langsamer war es im Orange, noch langsamer im grünen Strahl und vielmal langsamer im violetten Licht (Froriep s Notizen Bd. XXX. Nr. 11. 1844).

Demnach erweisen sich also die sogenannten chemischen Strahlen, welche bei den gewöhnlichen photochemischen Prozessen die grosse Rolle spielen, hier bei der Chlorophyllbildung, also ebenfalls bei einem photochemischen Prozess, weit weniger wirksam, als die des anderen Spektrumendes.

Guillemin,[1]) der diese Versuche mit besonderer Vorsicht wiederholte, fand Gardners Resultate nicht nur bestättigt, sondern fügt noch hinzu, dass die Fähigkeit der einzelnen Theile des Spektrums, Chlorophyll zu bilden, mit der Leuchtkraft derselben parallel laufe, dass aber nicht bloss die leuchtenden, sichtbaren Strahlen diese Eigenschaft besitzen, sondern dass auch die ultravioletten sowie die ultrarothen in geringem Grade Ergrünen zu Stande bringen. Die gelben Strahlen des Spektrums, also nur ein kleiner Theil des Lichtbündels, den das Prisma zerlegte, färbte die Pflanzen ebenso schnell grün, als diess das diffuse Licht der nördlichen Himmelsfläche that; schon binnen einer halben Stunde war eine grüne Färbung zu erkennen. Die ultravioletten Strahlen, welche durch Fluorescenz sichtbar gemacht und dann durch Linsen concentrirt wurden, übten auf das Ergrünen eine bedeutend geringere Wirkung als dieselben Strahlen vor der Fluorescenz, als dieselben sich noch in ihrem ursprünglichen unsichtbaren Zustande befanden.

Auch hierbei muss ich wieder auf ein ungelöstes Räthsel aufmerksam machen. Während es nämlich feststeht, dass das diffuse, also geminderte Licht stärker wirkt als das sehr helle direkte Sonnenlicht, zeigten Gardners und Guillemin's Versuche, dass die Spektralfarben nach Massgabe ihrer Helligkeit wirken, was offenbar einen wenigstens scheinbaren Widerspruch enthält.

---

[1]) Annales des sciences naturelles 1857. VII. p. 160.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05977-0253-0

Die mikroskopisch wahrnehmbaren Vorgänge im Innern der Zellen, in denen sich durch Lichteinfluss Chlorophyll bildet und in denen es umgekehrt durch Lichtmangel zerstört wird, hat Gris (a. a. O.) durch mehrere Beobachtungen erläutert. Er fand in den Zellen eines jungen vergeilten Blattes von *Vicia Faba* ein Netz von gelber Gallert, welche leicht granulirt war. Am Licht nahm diese Gallert binnen 16 Stunden eine intensiv grüne Färbung an und schien in gewissen Zellen etwas körnig. In den gelben, vergeilten Primordialblättern einer im Finstern gekeimten Bohne fand er innerhalb der Zellen unter der Epidermis eine Gallert, welche sich an der Zellwand verbreitete, und einzelne rundliche Stellen derselben frei liess (ich fand es ebenso und muss hinzusetzen, dass das Protoplasma diese Form in diesen Zellen schon zu der Zeit besitzt, wo der Keim noch nicht angefangen hat zu keimen). In den entsprechenden Zellen eines grünen Keimes war diese Gallert lebhaft grün, körnig und in derselben Form abgelagert (diese Vertheilungsweise, mit Freilassung einzelner Wandstellen zeigen auch die vollkommen ausgebildeten Chlorophyllkörner noch). In einem noch weiter ergrünten Blatte fand er in dem Chlorophyllkörnern auch Amylum. An einem vergeilten Stengel von *Erythrina* fand er in den Zellen unter der Epidermis der Blätter einen Wandbeleg von gelblicher granulirter Gallert (Taf. V. fig. 8 a. a. O.). Aehnlich war es auch bei *Oxalis*. Ich habe dagegen auch den umgekehrten Fall kennen gelernt, dass die Bildung der Chloropkyllkörner oder das Zerfallen des Plasmas in Körner oder Ballen schon vor dem Ergrünen eintritt, nämlich bei *Zea* und *Helianthus*, wo ich in den Zellen der vergeilten Blätter gelbe Chlorophyllkörner fand. Es kann also der Gestaltungsprozess der Erzeugung des Farbstoffes, oder diese jenem vorausgehen, während sonst wie es scheint unter normalen Verhältnissen beide Akte zusammenfallen.

Wenn grüne, chlorophyllhaltige Pflanzen im Finsteren längere Zeit verweilen, so findet ein Schwinden und endliches Verschwinden der Chlorophyllkörner statt, wie aus Gris's Beobachtungen hervorgeht.

Bei *Sempervivum tectorum* wurden nach längerer Verdunkelung die Basaltheile der Blätter farblos während die Blattspitzen noch grün bleiben. Die Vergleichung der Chlorophyllkörner von der grünen Spitze gegen die Basis fortschreitend, zeigte eine sehr auffallende Volumenabnahme während auch die darin enthaltenen

Universitätsbibliothek Regensburg urn:nbn:de:bvb:355-ubr05977-0254-6

Stärkekörner schwanden. Bei *Sedum Haworthii* nahmen die Chlorophyllkörner bis zum völligen Verschwinden ab und es blieb eine granulose Masse übrig. Bei *Sedum dendroideum* beginnt das Erbleichen der grünen Blätter im Finstern an den Spitzen und schreitet gegen die Basis hinab. Auch hier sind die Chlorophyllkörner in den entfärbten Theilen kleiner geworden, sammt den darin eingeschlossenen Stärkekörnern. (Weitere Beob. an *Aloe obliqua* a. a. O). Gris schliesst mit dem Satze: „Die Destruktion betrifft sowohl die eiweissartige Substanz der Chlorophyllkörner, die sich in dem Masse verringert, als das Blatt heller wird, als auch das Amylum, welches darin enthalten sein kann, endlich ebenso den eigentlichen grünen Farbstoff selbst."

Bei dem Ergrünen der im Finstern gebildeten Blätter habe ich, wenn sie dann an das Licht gestellt wurden, immer wahrgenommen, dass es zuerst in den jüngeren Blättern, dann in den jüngeren Theilen älterer Blätter eintritt. Dabei beginnt immer das Auftreten der grünen Farbe zuerst in den Winkeln der grösseren Nerven und verbreitet sich von dort aus in das Parenchym, welches von kleineren Nerven durchzogen ist. Haben die Blätter zu lange im Dunkeln gelebt, so gehen sie dann am Licht zu Grunde, sie bekommen stellenweise braune Flecken, oft zahlreiche Löcher (besonders bei *Phaseolus*).

Eine eigenthümliche Wirkung des Sonnenlichtes auf die grüne Färbung der Blätter lernte ich 1859 kennen und beschrieb dieselbe unter dem Titel: „Ueber das abwechselnde Erbleichen und Dunklerwerden der Blätter bei wechselnder Beleuchtung." [1]) Ich zeigte in dieser Abhandlung, dass die lebenden grünen Blätter unter dem Einfluss des Sonnenscheins eine heller grüne Farbe annehmen um dann im Schatten dunkelgrün zu werden, ein Farbenwechsel, den man beliebig oft wiederholen kann.

Man kann dieses Phänomen sehr leicht sichtbar machen, wenn man sehr dünne, recht biegsame Bleiplatten (etwa 1 Ctm. breit und 5—10 Ctm. lang) quer über die Blätter befestigt und besonders die Ränder genau andrückt. Nachdem die so vorbereiteten Blätter 10—20 (höchstens 30) Minuten dem Sonnenschein ausgesetzt waren, nimmt man das Bleiband ab und be-

---

[1]) Berichte der math. phys. Klasse der kgl Sächs. Gesellschaft der Wissenschaft. 1859.

Universitätsbibliothek Regensburg urn:nbn:de:bvb:355-ubr05977-0255-1

trachtet das Blatt bald im durchfallenden bald im reflektirten Licht, besser im Schatten als im Sonnenschein, und man nimmt dann das Schattenbild des Bleibandes als dunkelgrüne Figur auf dem hellgrünen Blatte wahr. Ich habe in der genannten Abhandlung gezeigt, dass dieses Erbleichen der grünen Blätter nur durch die Strahlen des blauen (am stärksten brechbaren) Theiles des Spektrums bewirkt wird, während sich die rothen und gelben Strahlen wie Dunkelheit verhalten. Legt man statt des Bleibandes einen Streifen rothen Rubinglases auf ein von der Sonne beschienenes Blatt, so erhält man ebenfalls ein Schattenbild des Rubinglases, dieses wirkt also wie ein undurchsichtiger Körper. Legt man dagegen einen Streifen dunkelblaues Cobaltglas auf ein von der Sonne beschienes Blatt, so erhält man kein Schattenbild, weil die blauen (und violetten und ultravioletten) Strahlen, welche das Cobaltglas zu dem Blatte gelangen lässt, ebenso wirken, wie das weisse Licht; d. h. also: im weissen Licht sind es diese Strahlen, welche die Entfärbung des Chlorophylls bewirken. Bringt man die Blätter, auf denen durch Erbleichen der insolirten Stellen Schattenbilder entstanden sind in den Schatten, so verschwinden die Bilder vollständig nach 5—20 Minuten, weil die vorher heller gewordenen Theile nun wieder Dunkelgrün werden, so wie das Schattenbild selbst, also von diesem nicht mehr unterschieden werden können. Ich habe diese Erscheinungen bis jetzt an folgenden Pflanzen beobachtet: *Nicotiana*, *Zea Mais*, *Lamium purpureum*, *Sambucus nigra*, *Urtica dioica*, *Orobus vernus*, *Oxalis acetosella*, *Hieracium sylvaticum*, *Bunias orientalis*, *Vicia Faba*, *Armoracia officinalis*, *Ipomaea*, *Fuchsia*, *Galeobdolon luteum*, *Phaseolus*, *Brassica*, *Pelargonium*, d. h. überall wo der Versuch an frischen lebenskräftigen Blättern gemacht wurde. Ich habe seit der Veröffentlichung der genannten Arbeit mich noch mit Bestimmtheit überzeugt, dass Blätter von Waldpflanzen weit empfindlicher gegen das Licht sind, als die von Wiesen- und Feldpflanzen, überhaupt solchen, die in voller Sonne wachsen. Ebenso sind die im Zimmer gewachsenen Pflanzen zu diesen Versuchen weit geeigneter als die im Freien vegetirenden. Endlich kann man unempfindlich scheinende Pflanzen dadurch empfindlich machen, dass man sie 1—2 Tage in den Schatten stellt, und dann den Versuch mit dem Bleibande macht.

Die Erklärungen, welche ich in der genannten Abhandlung von den Erscheinungen zu geben suchte sind mir zum Theil zweifelhaft geworden, dafür muss ich aber nach vielfach wieder-

Universitätsbibliothek Regensburg urn:nbn:de:bvb:355-ubr05977-0256-7

holten Versuchen alle Einzelnheiten der dort beschriebenen Beobachtungen von Neuem bestättigen.

Endlich schliesst sich hier die allgemein bekannte Thatsache an, dass alkoholische uud ätherische Chlorophyllgrünlösungen durch Sonnenlicht in kurzer Zeit entfärbt werden, d. h. die grüne Farbe verschwindet vollständig und die Lösung wird gelb. Auch Papier, welches mit Chlorophyllextrakt getränkt und grün gefärbt ist, verbleicht am Licht, und wenn man es zum Theil beschattet, so erhält man ein grünes Schattenbild auf hellem Grunde, eine Erscheinung, welche lebhaft an die eben beschriebenen Vorgänge in lebenden Blättern erinnert, nur mit dem Unterschiede, dass die am Licht hellgrün gewordenen Blätter im Schatten wieder dunkelgrün werden, was bei dem mit Chlorophyll gefärbten Papier nicht stattfindet.

Bonn, den 28. Januar 1862.

Schweizerische Kryptogamen,

unter Mitwirkung mehrerer Botaniker gesammelt und herausgegeben von Dr. B. Wartmann, Professor in St. Gallen und B. Schenk, Kunstgärtner in Schaffhausen Fasc. I. und II. St. Gallen 1862. Besprochen von Dr. Ernst Stizenberger in Constanz.

Zum besondern Vergnügen gereicht es dem Berichterstatter, den Freunden der Kryptogamen das Erscheinen einer Sammlung ankündigen zu können, welche sich zur Aufgabe macht, ihnen die blüthenlosen Gewächse eines trotz seiner Zugänglichkeit in dieser Beziehung nur lückenhaft gekannten und doch so beachtenswerthen Landes vorzuführen. Ausser im Gebiete der Lichenen ist für die Kryptogamen der Schweiz noch wenig geschehen und selbst an den rühmlich bekannten Rabenhorst'schen Sammlungen haben sich verhältnissmässig nur wenige Schweizer betheiliget. Der Name unsers Freundes Wartmann, der ungewöhnliche Fleiss seines Mitherausgebers, so wie der Fortschritt, der sich, angeregt durch Herausgabe dieser Sammlung, im Studium der Kryptogamen unter den schweizerischen Botanikern sofort kundgeben muss, bürgen uns dafür, dass im vorliegenden

Universitätsbibliothek Regensburg urn:nbn:de:bvb:355-ubr05977-0257-3

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Flora oder Allgemeine Botanische Zeitung

Jahr/Year: 1862

Band/Volume: 45

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

Artikel/Article: Uebersicht der Ergebnisse der neueren Untersuchungen über das Chlorophyll 209-221