

Vergleichende vegetabilische Chromatologie.

Von H. C. Sorby.

Mitgetheilt von Alfred Burgerstein,

Assistent am pflanzenphysiologischen Institute der k. k. Wiener Universität.

In den Proceedings of the Royal Society (1873 Nr. 146 vol. XXI. pag. 442—483) ist unter dem Titel „On comparative vegetable chromatology“ eine Arbeit von H. C. Sorby erschienen, welche sich mit Untersuchungen der Pflanzenfarbstoffe beschäftigt. Da diese zweifellos sehr wichtige Arbeit in deutschen wissenschaftlichen Journalen nur in sehr dürftigen Auszügen erschien (Vergl. Bot. Ztg. 1873, p. 395; Naturforscher 1873 Nov. pag. 450; Botan. Jahresbericht von Prof. Dr. Just I. Abth. 1. Halbbd. pag. 182), so glaube ich nur im Interesse unseres botanischen Publikums zu handeln, wenn ich in den nachfolgenden Blättern einen genaueren, alle wichtigen Beobachtungen und Ergebnisse Sorby's enthaltenden Auszug der Oeffentlichkeit übergebe.

Die Zahl der in verschiedenen Organen verschiedener Pflanzen vorkommenden Farbstoffe ist eine sehr bedeutende. In der vorliegenden Arbeit beschäftigte sich jedoch Sorby bloss mit der Untersuchung jener Farbstoffe, welche in den Blättern der höheren und im Thallus der Lagerpflanzen vorkommen. Es ist vor Allem wichtig, hier einen Unterschied zu machen zwischen solchen Farbstoffen, welche für das normale Wachstum einer Pflanze nothwendig und wesentlich sind, und in Folge dessen ziemlich allgemein vorkommen, und solchen, welche zwar viel zahlreicher, aber meist nur als zufällige Produkte erscheinen, und für das Leben der Pflanze eine weitaus geringere Bedeutung haben. Die Farbstoffe der ersteren Art sind charakterisirt durch ihre Löslichkeit in Schwefelkohlenstoff und in fetten Oelen (Fixed oils) und Unlöslichkeit in Wasser. Hieher gehört die Gruppe der Chlorophylle, Xanthophylle, Lichnoxanthine, sowie das Fucoxanthin; dagegen zeigen die Farbstoffe der letzteren Art bezüglich ihrer Löslichkeitsverhältnisse ein gerade entgegengesetztes Verhalten und umfassen die Phycocyan-, Phycoerythrin-, Erythrophyll- und Chryso-tannin-Gruppen.

Die Trennung der Farbstoffe geschah theils auf chemischem Wege, theils durch die zersetzende Wirkung der Sonne, welche letztere Methode Sorby als photochemische Analyse (photochemical analysis) bezeichnet.

Die Trennung der einzelnen Farbstoffe durch chemische Mittel wurde vorzugsweise durch Schwefelkohlenstoff, absoluten Alkohol, gewöhnlichen Weingeist, Benzol und Wasser bewirkt. Es zeigte sich, dass verschiedene Lösungsmittel einen Einfluss haben einerseits auf die Stellung der Absorptionsbänder, welche beispielsweise bei Lösungen in Schwefelkohlenstoff viel näher dem rothen Ende des Spektrums liegen, als bei Lösungen in Benzol oder absolutem Alkohol, und andererseits auf die Breite der Absorptionsbänder. Letztere Er-

scheinung hängt jedoch auch von anderen Umständen ab, so von der Natur der Substanz, ferner davon, ob dieselbe in fester oder flüssiger Form vorhanden ist, ob sie sich in einem freien Zustande befindet, oder in einem Oele, Wachs u. dgl. gelöst ist. Bis jetzt ist es nicht gelungen, zwischen dieser handvergrößernden Kraft (absorption-band-raising power) und irgend einer anderen physikalischen Eigenschaft einen einfachen Zusammenhang zu finden.

In solchen Fällen, in welchen die Trennung der Farbstoffe auf rein chemischem Wege eine sehr umständliche Prozedur erfordern und dennoch kein befriedigendes Resultat liefern würde, kann mit grossem Vortheil die sogenannte photochemische Analyse angewendet werden. Das Prinzip derselben beruht auf dem schon lange bekannten Faktum, dass weisses Licht auf verschiedene Farbstoffe und verschieden gefärbtes Licht auf einen und denselben Farbstoff eine ungleiche zersetzende Kraft ausübt.

Indem nun Sorby entweder alle oder mit Benützung verschiedenen gefärbter Gläser bestimmte Strahlen des Sonnenspektrums als Reagens auf eine gemischte Lösung von Farbstoffen einwirken liess, konnte er oft in ganz kurzer Zeit und auf eine sehr einfache Weise einzelne Farbstoffe in fast reinem Zustande erhalten.

Nach dieser Methode ist es z. B. leicht, das Xanthophyll vom Orange-Xanthophyll zu trennen (was bei einigen Algen auf rein chemischem Wege unmöglich ist), indem das Orange-Xanthophyll im Sonnenlichte viel schneller zersetzt wird als das Xanthophyll. In anderen Fällen ist es sehr schwer, das Gelb-Xanthophyll vom Lichnoxanthin zu trennen; durch Aussetzen der Mischung an die Sonne wird aber der erstere Farbstoff bald zerstört, wie man sich durch das Verschwinden der Absorptionsbänder überzeugen kann, während das Lichnoxanthin zurückbleibt. Eine Verwendung bestimmter Lichtstrahlen haben wir in folgendem Beispiele: Wird eine gemischte Lösung von Phycoxanthin mit Orange-Xanthophyll in Schwefelkohlenstoff, wie man sie aus gewissen Algen und Flechten erhält, der Sonne ausgesetzt, so werden beide Substanzen zerstört, die eine schneller, die andere langsamer, und es ist schwer im richtigen Augenblicke den Versuch zu unterbrechen. Stellt man aber vor diese gemischte Lösung ein tiefgrünes Glas, so verschwindet das sich zersetzende Phycoxanthin, während das Lichnoxanthin intakt bleibt.

Sorby findet ferner, dass Farbstoffe weder durch Licht noch durch Luft allein, sondern nur durch die verbundene Gegenwart beider zersetzt werden. Die Schnelligkeit der Zersetzung hängt, abgesehen von diesen beiden Faktoren, von der Natur verschiedener hinzugefügter Substanzen ab. Am raschesten erfolgt die Zerstörung des Farbstoffes bei Lösungen in Terpentinöl, am langsamsten dann, wenn die Lösung durch Citronellöl (oil of citronelle *) geschützt ist.

*) Ein ätherisches Oel, welches aus der Wurzel einiger indischer *Andropogon*-Arten gewonnen wird.

Oft ist es wünschenswerth, die relative Menge jedes einzelnen Farbstoffes in verschiedenen Pflanzen, oder in einer Pflanze, die unter verschiedenen Bedingungen wuchs, zu konstatiren. Um eine solche vergleichende Analyse durchzuführen, gibt man die zu prüfenden Lösungen in Eprovetten von gleichem Lumen und verdünnt die eine oder beide so lange, bis die Intensitäten der Farbe genau gleich sind, oder um exaktere Resultate zu erhalten, bis die charakteristischen Absorptionsbänder in beiden Fällen gleich sind. Die relativen Längen der Flüssigkeitssäulen geben dann offenbar die relative Menge des Farbstoffes an.

Bevor Sorby auf die Beschreibung der einzelnen Farbstoffe übergeht, gedenkt er einer diessbezüglichen Arbeit von Prof. Stokes (Proceedings of the Roy. Soc. 1864, vol. XIII, p. 144), welcher, ohne die Untersuchungsmethode anzugeben, zu folgenden mit den Sorby'schen Ergebnissen im Wesentlichen übereinstimmenden Resultaten gekommen ist. Er fand, dass das Chlorophyll der Landpflanzen eine Mischung von vier Substanzen sei, zwei grünen und zwei gelben. Alle Lösungen der grünen Substanzen zeigen eine starke rothe Fluorescenz, die der gelben nicht. Die grünen Seetange stimmen im Wesentlichen mit den Landpflanzen überein. In den olivengrünen Algen dagegen ist die zweite grüne Substanz durch eine dritte grüne ersetzt, und die erste gelbe durch eine dritte gelbe Substanz, deren Anwesenheit die trübe Farbe dieser Pflanze bedingt*).

Dieses vorausschickend, bemerkt nun Sorby: „Die erste grüne Substanz des Autors (Stokes) ist offenbar mein blaues Chlorophyll; seine zweite grüne Substanz mein gelbes Chlorophyll und seine dritte grüne Substanz mein Chlorofucin, daher seine dritte gelbe Substanz, die in olivengrünen Algen gefunden wird, mein Fucoxanthin sein muss. Seine anderen zwei gelben Substanzen müssen auf die eine oder die andere Art die vier von mir als Orange-Xanthophyll, Xanthophyll, Gelb-Xanthophyll und Lichnoxanthin vielleicht mit ein wenig von meinem Orange-Lichnoxanthin beschriebenen gelben Substanzen repräsentiren.“

Sorby geht nun zur Besprechung der einzelnen Farbstoffgruppen über.

I. Chlorophyllgruppe.

Dieselbe umfasst drei verschiedene Substanzen, ausgezeichnet durch Löslichkeit in Schwefelkohlenstoff und Unlöslichkeit in Wasser. Alle werden durch Säuren mehr oder weniger leicht in neue Produkte zerlegt, welche mit den Originalfarbstoffen einigermaßen analoge, aber doch von jenen verschiedene Spektren zeigen. Ebenso wirkt Sonnenlicht bei Gegenwart von Luft zerstörend auf dieselben ein. Zu dieser Gruppe gehören:

*) Diese Stelle wäre hiernach im botan. Jahresberichte (pag. 182) zu verbessern.

1. Das blaue Chlorophyll. Dasselbe kommt mit anderen Farbstoffen gemischt in olivengrünen Algen (*Fucus*, *Laminaria*) vor, und kann in fast reinem Zustande auf folgende Weise erhalten werden: die in Rede stehenden Algen werden gequetscht, schwach getrocknet und mit Weingeist erhitzt. Ist die Lösung erkaltet, so wird sie mit so viel Schwefelkohlenstoff geschüttelt, bis ein Theil desselben in der Epruvette zu Boden fällt, mit sich führend das ganze Orange-Xanthophyll und den grössten Theil des blauen Chlorophylls, während ein Theil des letzteren mit anderen Farbstoffen im Alkohol zurückbleibt. Wird nun die Schwefelkohlenstoff-Lösung zu wiederholten Malen mit frischem Alkohol geschüttelt, und ist zugleich immer ein Ueberschuss von Schwefelkohlenstoff vorhanden, so wird beim Hinzufügen von etwas Wasser das ganze Chlorophyll im Schwefelkohlenstoff gefällt.

Das blaue Chlorophyll zeigt drei Absorptionsbänder am rothen Ende des Spektrums, wobei das dem äussersten Roth zunächst stehende das intensivste ist. Seine Farbe ist ein solches Blaugrün, dass der Name „blaues Chlorophyll“ passend erscheint. Ein Absorptionsband in Grün ist der Beweis für die Gegenwart eines Produktes einer Säurewirkung, und kann dasselbe dadurch beseitigt werden, dass man beim Quetschen saurer Pflanzen etwas doppeltkohlensaures Ammoniak zusetzt.

2. Das gelbe Chlorophyll. Dieser Farbstoff kann am besten aus *Ulva latissima* erhalten werden. Dieselbe wird zuerst in Wasser, dann in Weingeist gekocht, die tiefgrüne alkoholische Lösung sodann mit Schwefelkohlenstoff geschüttelt, wenn nöthig, etwas Wasser zugesetzt, wobei sich der gesammte grüne Farbstoff niederschlägt, während fast alle Xanthophylle in der Lösung zurückbleiben. Entfernt man diese und schüttelt den Niederschlag des Schwefelkohlenstoffs mit frischem Weingeist, gibt etwas Wasser dazu, trennt hierauf den verdünnten Alkohol, dampft den gefällten Schwefelkohlenstoff bis zum Eintrocknen ein und behandelt ihn mit Benzol, so erhält man schliesslich das gelbe Chlorophyll in Benzol gelöst.

Es besitzt ein sehr dunkles und scharf begrenztes schmales Absorptionsband in Roth, welches weiter vom rothen Ende des Spektrums entfernt ist, als das entsprechende Band des blauen Chlorophylls, und ausserdem ein breites Band in der Mitte des Blau. Die Farbe der Lösung ist gelbgrün.

Der dritte Farbstoff dieser Gruppe, von Sorby Chlorofucin genannt, bildet einen Hauptbestandtheil der olivengrünen Algen. Um es möglichst rein zu erhalten, werden die betreffenden Algen zerquetscht, etwas getrocknet und mit Alkohol behandelt. Durch wiederholtes Schütteln mit Schwefelkohlenstoff wird das ganze blaue Chlorophyll entfernt, und die alkoholische Lösung enthält sehr viel Fucoxanthin und das Chlorofucin. Wird sie nun mit einer gleichen Menge von Wasser verdünnt, 1—2 Tropfen Ammoniak hinzugegeben, und wiederum mehrmals mit frischem Schwefelkohlenstoff geschüttelt, so wird das Fucoxanthin in letzterem gefällt, während das ganze

Chlorofucin mit einer gelben, in Wasser löslichen Substanz in der Lösung zurückbleibt, durch deren Entfernung man fast reines Chlorofucin erhalten kann.

Es zeigt dann eine gelbgrüne Farbe und im Spektrum zwei dunkle Absorptionsbänder, eines zwischen Roth und Orange und ein anderes zwischen Orange und Gelb. Das ganze Blau ist absorbirt.

Sorby erhielt diesen Farbstoff zuerst aus einer Actinie, und zwar aus *Anthea cereus* var. *smaragdina*.

Dass alle Glieder der Chlorophyllgruppe eine starke, rothe Fluorescenz besitzen, wurde schon erwähnt. Sorby gibt eine bequeme Methode an, um zu bestimmen, ob eine Substanz eine echte oder eine unechte Fluorescenz hat. Er beleuchtet nämlich mit einem Lichte, welches durch eine Lösung von Didymsulfat gegangen ist. Ist die Fluorescenz der zu untersuchenden Substanz eine unechte, so zeigt das Spektrum alle Absorptionsbänder des Didymiums. Hat man es dagegen mit einer wahren und echten Fluorescenz zu thun, so ist keine Spur von Didymbändern zu sehen.

II. Xanthophyll-Gruppe.

Aus derselben werden fünf der am häufigsten vorkommenden Farbstoffe beschrieben. Ihre Löslichkeitsverhältnisse wurden schon oben angegeben. Sie liefern Spektren mit zwei Absorptionsbändern, deren Stellung je nach der Substanz variirt. Sind drei Absorptionsbänder zu sehen, so kann man durch chemische und photochemische Mittel leicht nachweisen, dass das dritte Band einer zweiten Substanz angehört. Zu dieser Gruppe gehören:

4. Das Phycoxanthin. Im reinsten Zustande kann es aus *Peltigera canina*, welche an einem feuchten und schattigen Orte wuchs, erhalten werden; ebenso aus Oscillatorien. Die verschiedenen gefärbten Substanzen werden durch heissen Weingeist getrennt und die erkaltete Lösung mehrere Male mit Schwefelkohlenstoff geschüttelt. Nach Abdampfen der alkoholischen Lösung und Wiederbehandlung mit Schwefelkohlenstoff erhält man eine rothe Flüssigkeit, welche ein Spektrum mit zwei ausgezeichneten Absorptionsbändern in Grün gibt. In absolutem Alkohol gelöst wird die Farbe ein hinlängliches Gelb, um den Namen Phycoxanthin zu rechtfertigen. Diese Bezeichnung wurde zuerst von Kraus für eine Substanz (nach Sorby war es ohne Zweifel eine Mischung mehrerer Farbstoffe) vorgeschlagen, welche er aus Oscillatorien erhielt.

5. Pezizaxanthin. Diess ist ein orangegelber Farbstoff, der in *Peziza aurantia* und einigen anderen Pilzen vorkommt. Dem Phycoxanthin ähnlich, unterscheidet es sich von demselben in der Stellung der Absorptionsbänder, welche weiter entfernt vom rothen Ende liegen.

6. Orange-Xanthophyll. Dieser Farbstoff hat die grösste Verbreitung, da er in grösseren oder geringeren Quantitäten in allen Pflanzenklassen vorkommt. Im reinsten Zustande kann er aus den orangegefärbten Antherozoïden (antherozoids) von *Fucus serratus*

erhalten werden, wenn man deren Farbstoff in starkem, heissem Alkohol löst und hierauf mit Schwefelkohlenstoff schüttelt, wobei man das Orange-Xanthophyll im Niederschlag bekommt. Ebenso kann man es aus *Peltigera canina* oder Oscillatorien darstellen, nur ist es in diesem Falle nöthig, sehr oft mit frischem Alkohol und Schwefelkohlenstoff zu schütteln. Ist das Orange-Xanthophyll in Schwefelkohlenstoff gelöst, so hat es eine schwach orangerothe (pink orange) Farbe, welche durch Zusatz von etwas Salzsäure und Terpentinöl allmählig verschwindet, und zeigt zwei dunkle Absorptionsbänder am blauen Ende des Grün und am grünen Ende des Blau.

7. Xanthophyll. Dieser Name wurde bekanntlich für jenen Farbstoff gebraucht, welcher zurückbleibt, wenn man aus einer alkoholischen Chlorophylllösung (Rohchlorophylllösung Wiesner) das Kyanophyll (Kraus) (Chlorophyll Wiesner) durch Schütteln mit Benzol entfernt. Dieses Xanthophyll der Autoren ist aber nach den Untersuchungen von Sorby ein Gemenge dreier Farbstoffe, nämlich seines Xanthophylls, Gelb-Xanthophylls und Lichnoxanthins. — Das Xanthophyll im Sinne Sorby's kann am einfachsten aus *Porphyra vulgaris* erhalten werden. Nach Entfernung des blauen Chlorophylls durch Schütteln mit Schwefelkohlenstoff wird zur alkoholischen Lösung etwas Wasser gegeben, welches den Schwefelkohlenstoff zugleich mit dem Xanthophyll fällt. In diesem Zustande hat es eine schwach orangegelbe Farbe und gibt ein Spektrum mit zwei Absorptionsbändern zwischen Grün und Blau. Ein anderes Material zur Xanthophyllbereitung geben die dunkelgefärbten Varietäten von *Cheiranthus Cheiri*.

Der letzte Farbstoff dieser Gruppe

8. das gelbe Xanthophyll kann aus gelben Blüten verschiedener Pflanzen, z. B. aus denen des gelben *Chrysanthemum* (*Chrysanth. segetum*?) erhalten werden. Seine Lösung in Schwefelkohlenstoff ist citrongelb gefärbt und zeigt zwei Absorptionsbänder im grünen Ende des Blau. In unreinem Zustande kann dieser Farbstoff auch aus gewöhnlichen grünen Blättern erhalten werden, und zwar im Wesentlichen auf dieselbe Weise, wie es oben für die Gewinnung des Xanthophylls aus *Porphyra* beschrieben wurde.

Interessant ist das Verhalten der Farbstoffe der Xanthophyllgruppe im Lichte. Setzt man nämlich eine in Schwefelkohlenstoff gelöste Mischung zweier dieser Substanzen der Sonne aus, so wird jene, welche ihre Absorption über einen weiteren Raum ausgedehnt hat, und deren Absorptionsbänder näher dem rothen Ende des Spektrums liegen, viel schneller zersetzt als diejenige, deren Absorption über einen kleineren Raum sich erstreckt, und deren Absorptionsbänder näher dem blauen Ende liegen.

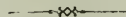
Werden zwei nahestehende Farbstoffarten der in Rede stehenden Gruppe mit einander vermischt und der Sonne ausgesetzt, so werden sie fast gleichschnell zerstört. Thut man diess aber mit zwei von einander sehr entfernten Gliedern dieser Gruppe, so ist nach einiger Zeit von dem einen noch eine beträchtliche Quantität vor-

handen, während das andere bereits ganz zersetzt ist. Einen eigenthümlichen Einfluss auf die Schnelligkeit der Zersetzung übt die Anwesenheit von Chlorophyll.

Setzt man nämlich beispielsweise eine in Alkohol oder in Schwefelkohlenstoff gelöste Mischung von Phycoxanthin und Orange-Xanthophyll dem direkten Sonnenlichte aus, so wird das Erstere viel rascher zersetzt als das Letztere. Befindet sich aber in dieser Mischung zugleich eine grössere Quantität von blauem Chlorophyll, (welches für sich allein unter allen Substanzen am schnellsten zerstört wird) so erhält man ein gerade entgegengesetztes Resultat. Diese Erscheinung lässt nach Sorby zwei Erklärungen zu. Entweder man nimmt an, dass während der energischen Zersetzung des Chlorophylls jene Lichtstrahlen verbraucht wurden, welche in seiner Abwesenheit auf das Phycoxanthin gewirkt hätten, oder man sucht die Ursache in einer durch die Gegenwart des sich verändernden Chlorophylls ausgeübten chemischen Wirkung auf die oben genannten Farbstoffe. Jedenfalls folgt daraus, dass das Chlorophyll von grosser Wichtigkeit für das Leben der Pflanzen sein muss. „Sowohl diese als auch mancherlei andere Thatsachen,“ sagt Sorby, „scheinen zu beweisen, dass die Eine von den in den Pflanzen auftretenden Substanzen durch Absorbirung der aktiven Lichtstrahlen oder durch Verbrauch des Sauerstoffes die Andere schützen mag, welche letzterer in der Abwesenheit jener diese zersetzen würde.“

III. 9. Fucoxanthin. Diese Substanz bildet den hauptsächlichsten Farbstoff der *Fucus*-Arten und anderer olivengrüner Algen und kann aus diesen durch folgende Behandlung gewonnen werden. Die zerquetschten Algen werden mit gewöhnlichem Weingeist erhitzt, die erkaltete Lösung wird sodann mit Schwefelkohlenstoff geschüttelt, wobei das ganze Orange-Xanthophyll und der grösste Theil des blauen Chlorophylls im Schwefelkohlenstoff gefällt wird, während ein Theil des letzteren mit fast allem Fucoxanthin und Chlorofucin im Alkohol zurückbleibt. Gibt man zu dieser Lösung einige Tropfen Ammoniak, etwas Wasser und schüttelt das Ganze wiederum mit Schwefelkohlenstoff, so bleibt fast alles Chlorofucin in dem verdünnten Alkohol zurück, während das Fucoxanthin in Schwefelkohlenstoff gelöst ist. In diesem Zustande hat es eine schöne bernsteingelbe Farbe und zeigt ein Spektrum mit zwei dunklen Absorptionsbändern mitten zwischen denen des Orange-Xanthophylls und Xanthophylls, so dass eine Mischung dieser beiden Farbstoffe fast dasselbe Spektrum gibt. Die dunkelgrüne Farbe jener Algen, in denen das Fucoxanthin so häufig vorkommt, deutet auf einen freien Zustand und nicht auf eine Lösung desselben in Oel hin.

(Schluss folgt.)



ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Österreichische Botanische Zeitschrift = Plant Systematics and Evolution](#)

Jahr/Year: 1875

Band/Volume: [025](#)

Autor(en)/Author(s): Sorby Henry Clifton

Artikel/Article: [Vergleichende vegetabilische Chromatologie. 50-56](#)