

XIX.

Über eine Beziehung zwischen Licht und Etiolin.

Von

Fredr. Elfving (Helsingfors).

Es ist eine in der Pflanzenphysiologie längst festgestellte Thatsache, dass die Entstehung des Chlorophylls der Angiospermen an das Zusammenreffen von Licht und eine gewisse, für verschiedene Pflanzen verschiedene Temperatur gebunden ist, so dass weder das Licht bei niedriger Temperatur, noch die Wärme ohne Licht im Stande ist, den betreffenden Process hervorzurufen. Bekannte Ausnahmen hiervon sind nur die Coniferenkeimlinge und die Farnwedel, die auch in tiefster Finsterniss Chlorophyll erzeugen, wenn die Temperatur hoch genug ist.

Die Blätter der im Dunkeln gewachsenen Angiospermenkeimlinge sind bekanntlich gelb; sie enthalten einen zum Theil an amorphes, zum Theil an körniges Protoplasma gebundenen gelben Farbstoff, den PRINGSHEIM als Etiolin bezeichnet hat. — Über die Beziehung des Etiolins zum Chlorophyll sind verschiedene Ansichten ausgesprochen, eine Thatsache ist, dass junge etiolirte Keimpflanzen, wenn man sie bei hinreichend hoher Temperatur beleuchtet, grün werden und dass die vorher gelb gefärbten Plasmapartien jetzt durch das Chlorophyll grün erscheinen.

Bei einer Prüfung der Angaben von BATALIN (Bot. Ztg. 1871) über den Einfluss des Lichtes auf das Wachstum der Blätter machte ich im vorigen Herbst einige Wahrnehmungen über eine, wie es scheint, früher nicht beachtete Wirkung des Lichtes auf etiolirte Pflanzen, die ich hier kurz besprechen will.

Es kam für mich darauf an, etiolirte Keimpflanzen ab und zu für kurze Zeit (etwa eine Stunde) zu beleuchten und die so behandelten Exemplare mit anderen, die stets im Dunkeln standen, zu vergleichen. Die Temperatur war eine so niedrige, dass keine Chlorophyllbildung während der Insolation eintrat. Schon in den ersten Tagen fiel es mir auf, dass die Blätter der dem Lichte exponirten Pflanzen viel gelber aussahen, als die im Dunkeln gewachsenen. Ich richtete meine Aufmerksamkeit auf diesen Punkt und konnte bald feststellen, dass die Erscheinung eine ganz allgemeine ist.

Die Versuche wurden in folgender Weise gemacht. Von zwei Töpfen *A* und *B* mit gleich alten Keimpflanzen, deren Primordialblätter, resp. Cotyledonen genau dieselbe Farbe hatten, wurde *A* an einem Ostfenster dem diffusen Tageslichte ausgesetzt. An dasselbe Fenster wurde auch der Topf *B* gestellt, nachdem die darin wachsenden Pflanzen durch einen übergestülpten, schwarzen Pappeeylinder in vollkommene Dunkelheit versetzt waren. Ein Thermometer war neben den freistehenden Pflanzen, ein anderes im Inneren des Cylinders aufgehängt; da es aber beim Verlauf der Untersuchung sich bald zeigte, dass die Temperatur im Innern des Cylinders höchstens um einige Grade, meist nur um Bruchtheile von Graden von der im Freien differirte, beobachtete ich später nur an dem ersten Thermometer.

Wenn bei einer derartigen Versuchseinrichtung die Pflanzen in dem Topf *A* irgend eine Verschiedenheit von denen im *B* zeigen, so muss diese eine Wirkung der Beleuchtung sein.

Ich benutzte Keimpflanzen von verschiedenen Arten: *Phaseolus vulgaris*, *Ph. multiflorus*, *Cucurbita pepo*, *Helianthus annuus*, *Cynara scolymus*, *Avena sativa*, *Zea mays*, *Raphanus sativus*, und bekam bei allen in der Hauptsache dieselben Resultate; die günstigsten Objecte waren jedoch die beiden *Phaseoli* und *Cucurbita*.

Es zeigte sich somit, dass die Primordialblätter, resp. Cotyledonen bei einer Temperatur, die lange nicht zur Chlorophyllbildung hinreicht, durch die Einwirkung des Lichtes eine eigenthümliche gelbe Färbung annehmen. Diese Farbe ist ein tief gesättigtes Gelb, zuweilen mit einem Stich in Orange, im Vergleich mit welchem die im Dunkeln gewachsenen Blätter viel heller, fast grünlichgelb aussehen. Zu diesen Versuchen muss man junge Keimpflanzen nehmen, denn die Farbenreaction tritt nicht mehr ein, wenn die Pflanzen ein gewisses Alter erreicht haben, in ähnlicher Weise wie sie mit zunehmendem Alter auch ihr Vermögen, Chlorophyll zu bilden, verlieren.

Es mögen einige Beispiele angeführt werden.

Keimpflanzen von *Phaseolus vulgaris*, bei 9° dem diffusen Vormittagslichte am Ostfenster ausgesetzt, zeigten nach 1¼ Stunde einen deutlichen Farbenunterschied von den im Dunkeln stehenden Pflanzen.

Einige Keimlinge von *Cucurbita pepo* wurden dem directen Sonnenlichte bei einer Lufttemperatur von 40° exponirt. Nach einer Stunde waren die Cotyledonen prachttvoll gelb, fast orange gefärbt, die im Finstern gewachsenen sahen viel heller aus. — Keine Spur von Grünwerden war nach sechsständiger Exposition merkbar.

Avenapflanzen wurden durch sechsständige trübe Beleuchtung bei 2—4° viel gelber als vor dem Versuch.

Bei *Cynara* und *Helianthus* war die tiefgelbe Färbung merkbar nach sechsständiger Exposition bei 6—10°.

Sehr schwach hatten sich die Cotyledonen von *Raphanus* gefärbt nach fünfständiger Beleuchtung bei $4-6^{\circ}$.

Eine Zwiebel von *Allium cepa* hatte im Finstern mehrere, etwa 10 cm lange Blätter getrieben. Eines von diesen wurde abgeschnitten und im Dunkeln gehalten. Die übrigen wurden bei $4-9^{\circ}$ im trüben Tageslichte exponirt. Als ich nach sechs Stunden nachsah, hatten diese Blätter eine viel intensivere gelbe Farbe als das abgeschnittene Blatt.

Versuche mit im Finstern getriebenen Blättern von *Aesculus hippocastanum* gaben dasselbe Resultat.

Es fragt sich nun, was die Ursache dieser gelben Färbung war. Die Vermuthung, dass sie von einer Wanderung der Etiolinkörner unter dem Einfluss des Lichtes herrühre, wird entkräftigt durch die Thatsache, dass diese tiefgelbe Färbung der Blätter im Dunkeln nicht verschwindet. Es sind dann wohl nur zwei Annahmen möglich, dass in den Blättern unter dem Einfluss des Lichtes entweder Etiolin neugebildet oder ein anderer Farbstoff erzeugt wird.

Die einzige Methode, die für die Entscheidung dieser Frage einige Sicherheit bot, war die spektroskopische Prüfung der Farbstofflösungen. Zu diesem Zwecke wurden größere Mengen von Haferkeimlingen cultivirt. Einige Töpfe mit solchen wurden bei $0-5^{\circ}$ an das Ostfenster gestellt. Nach sechs Stunden hatten die Cotyledonen eine schöne gelbe Farbe: sie wurden sämmtlich abgeschnitten, mehrmals mit Wasser ausgekocht und getrocknet (*a*). In derselben Weise behandelte ich die Cotyledonen von anderen, gleichalten Keimpflanzen, die stets im Finstern gestanden hatten (*b*). Diese hatten auch im getrockneten Zustande eine viel hellere Farbe als jene. Von den trocknen Blättern wurden je 4 Decigramm abgewogen und daraus sämmtlicher Farbstoff mit Alkohol (98 %) extrahirt. Bei gleichen Volumina war die Lösung von *a* tiefer gelb, fast orange gefärbt, als die von *b*. Durch Concentration bekam aber die *b*-Lösung absolut dieselbe Farbe wie die andere ¹⁾. Die Volumina der äusserst concentrirten Lösungen waren dann: von *a* 50 ccm, von *b* 27 ccm.

Bei der spektroskopischen Untersuchung, die mit Schichten von verschiedener Dicke vorgenommen wurde, erwiesen sich die beiden Flüssigkeiten als vollkommen identisch. Beide zeigten das für das Etiolin charakteristische Spectrum ²⁾. Daraus geht also hervor, dass in den Blättern bei niedriger Temperatur und im Licht kein Farbstoff gebildet wird, der ein von dem des Etiolins verschiedenes Spectrum besitzt. Mehr als wahrscheinlich war es also, dass eine Neubildung von Etiolin stattfindet, wie schon die oben angeführten Volumina vermuthen lassen, denn es leuchtet

¹⁾ Über die Vergleichung der Farbe von zwei Etiolinlösungen siehe WIESNER, Die Entstehung des Chlorophylls, pag. 30.

²⁾ PRINGSHEIM, Untersuchungen über das Chlorophyll. Monatsberichte der Berliner Akademie der Wissenschaften. 1874.

ja ein, dass 50 ccm mehr Farbstoff enthalten als 27 ccm, wenn die Färbung und folglich auch die Concentration annähernd dieselbe ist. Dass es in der That so ist, fand ich bei folgenden genauen Versuchen bestätigt.

Es ist zwar keine Methode für die quantitative Bestimmung des Etiolins bekannt, aber annähernd kann man doch die in einer Pflanze enthaltene Menge mit der in einer anderen vorkommenden vergleichen, wenn man den Farbstoff von beiden mit Alkohol extrahirt und die Volumina der gleichfarbigen Lösungen misst. Eine Pflanze, die viel Etiolin enthält, muss mehr Lösung liefern als eine, die daran ärmer ist.

Eine größere Menge gleichalter Keimlinge von *Phaseolus vulgaris* wurden in zwei Reihen getheilt. Die Pflanzen der einen Reihe (a) standen stets im Finstern bei einer Zimmertemperatur von etwa 15°. Die anderen (b) wurden während einer Woche etwa sechs Stunden täglich dem diffusen und trüben Tageslichte (im December) vor einem Ostfenster ausgesetzt. Die Temperatur während der Beleuchtung betrug im Durchschnitt 6—8°. nie war sie höher als 11°. In den Zeiten zwischen den Insolationen standen die Pflanzen im Dunkeln neben denen der ersten Reihe. Nach dem Verlauf der angegebenen Zeit wurden von jeder Reihe 34 Primordialblätter abgeschnitten, mit Wasser ausgekocht und getrocknet. Die lufttrocknen Blätter wogen: von a 0,404 g, von b 0,417 g. Jene lieferten 42 ccm. diese 28 ccm Lösung von derselben hellgelben Farbe. Die Spectra der beiden Lösungen waren vollkommen identisch.

In ähnlicher Weise wurde gleichzeitig ein Versuch mit *Phaseolus multiflorus* gemacht. Von je 0,25 g getrockneter Blattsubstanz erhielt ich von a 38 ccm, von b 78 ccm Etiolinlösung.

Vierundzwanzig Cotyledonen von *Cucurbita pepo* (Gewicht 8,07 Gr. lieferten, nach sechsständiger Beleuchtung im diffusen Lichte am Südfenster bei 3—8°, 79 ccm Etiolinlösung, während ich von ebensovielen im Dunkeln gestandenen Cotyledonen derselben Aussaat (Gewicht 8,85 g. nur 46 ccm bekam.

Haferkeimlinge wurden bei trübem Wetter und einer Temperatur von 2—4° exponirt. Nach sechs Stunden wurden von jenen und von anderen im Dunkeln gewachsenen gleichalten Pflanzen eine gleiche Menge Keimlinge von demselben Entwicklungsstadium äußerst genau ausgewählt und in angegebener Weise behandelt. Jene lieferten 79 ccm, diese 46 ccm Etiolinlösung.

Durch diese Versuche scheint es mir bewiesen, dass in Blättern von etiolirten Keimlingen und Sprossen, vorausgesetzt dass sie nicht zu alt sind. bei einer Temperatur, die nicht zur Chlorophyllbildung hinreicht, unter der Einwirkung der Lichtstrahlen Etiolin gebildet wird.

Aus den angegebenen Gradzahlen geht hervor, dass die Reaction noch ganz in der Nähe der unteren Temperaturgrenze der Vegetation stattfindet. Dass hierbei auch die Intensität des Lichtes von Bedeutung ist, kann man

wohl a priori annehmen. Genaue Versuche habe ich darüber nicht vorgenommen, doch die folgende Beobachtung will ich erwähnen.

Ich hatte einige Cucurbitapflanzen bei sehr trübem Wetter an ein Nordfenster, wo die Temperatur 12—15° war, gestellt. Aber nach fünf Stunden war keine Farbenveränderung merkbar. Am folgenden Tage stellte ich die Pflanzen ins Freie vor ein Südfenster, wo sie ab und zu von directem Sonnenlichte getroffen wurden, die Temperatur war 8—14°. Jetzt waren die Blätter nach fünf Stunden prachtvoll gelb gefärbt.

Ich suchte weiter zu ermitteln, welche Lichtstrahlen bei diesem Process die wirksamen sind, ob die stärker oder die schwächer brechbaren Strahlen des Spectrums. Die Versuche wurden in ähnlicher Weise wie vorher angestellt, nur mit der Abänderung, dass ich die Pflanzen nicht ins Freie, dem Tageslichte ausgesetzt, stellte, sondern in zwei geräumige Kästen von Eisenblech, an denen die Vorderwand durch eine mit farbiger Flüssigkeit gefüllte Glascuvette ersetzt war. In dem einen Kasten bekamen die Pflanzen Licht, welches durch eine Lösung von Kaliumbichromat gegangen war und, wie die spektroskopische Prüfung zeigte, nur die rothen, orangen, gelben und einige grüne Strahlen des Spectrums enthielt. In die Cuvette des anderen Kastens war eine Lösung von Kupferoxydammoniak eingefüllt, welche nur die violetten, blauen und einige grüne Strahlen durchließ. In jenem Kasten waren also die Pflanzen den schwächer, in diesem den stärker brechbaren Strahlen ausgesetzt.

Es zeigte sich, dass nur die schwächer brechbaren Lichtstrahlen im Stande sind, die erwähnte gelbe Färbung hervorzurufen. So waren z. B. an einigen Pflanzen von *Phaseolus vulgaris* nach vierstündiger Beleuchtung in roth-gelbem Lichte bei 5—6° die Blätter viel tiefer gefärbt, als vor dem Versuche, während diejenigen Pflanzen derselben Aussaat, welche gleichzeitig und bei derselben Temperatur dem blau-violetten Lichte ausgesetzt waren, absolut keine Farbenverschiedenheit von den im Dunkeln gewachsenen zeigten.

Dass im blauen und violetten Lichte absolut keine Bildung von Etiolin stattfindet, kann natürlich nicht behauptet werden; dafür ist die Untersuchungsmethode zu grob. Wohl aber geht aus den Versuchen mit Sicherheit hervor, dass die schwächer brechbaren Strahlen bei der Etiolinbildung bei weitem wirksamer sind als die stärker brechbaren, wie es ja auch bei anderen, vom Licht abhängigen chemischen Processen in der Pflanze der Fall ist.

Helsingfors, October 1879.