

ÖSTERREICHISCHE BOTANISCHE ZEITSCHRIFT.

Herausgegeben und redigirt von Dr. Richard R. v. Wettstein,
Professor an der k. k. deutschen Universität in Prag.

Verlag von Carl Gerold's Sohn in Wien.

XLIII. Jahrgang, N^o. 7.

Wien, Juli 1893.

Versuch einer Bestimmung der unteren Grenze der heliotropischen Empfindlichkeit nebst Bemerkungen zur Theorie des Heliotropismus.

Von J. Wiesner (Wien).

Gelegentlich meiner Untersuchungen über den Heliotropismus habe ich einen Vergleich angestellt zwischen photometrisch ermittelten Lichtstärken und den durch letztere hervorgerufenen heliotropischen Effecten.

Es ergab sich im Verlaufe dieser Studien ein einfaches Gesetz über den Zusammenhang zwischen Lichtintensität und den heliotropischen Effecten, welches dahin lautet, dass mit abnehmender Lichtintensität die heliotropischen Effecte zuerst zunehmen und nach Erreichung eines maximalen Werthes allmähig abnehmen.

Es ist also eine obere und eine untere Grenze der heliotropischen Empfindlichkeit der Pflanzenorgane zu unterscheiden.

Die untere Grenze der heliotropischen Empfindlichkeit, welche begreiflicherweise ein besonders grosses Interesse beansprucht, da dieselbe am vollkommensten die durch das Licht hervorgerufene Reizbarkeit der Pflanze charakterisirt, habe ich damals bereits für die Organe mehrerer Pflanzen bestimmt und später hat nach analoger Methode Herr Dr. W. Figdor¹⁾ in meinem Laboratorium zahlreiche derartige Bestimmungen ausgeführt.

Er fand, dass heliotropisch sehr empfindliche Pflanzentheile (z. B. die Keimstengel von *Amarantus melancholicus*) sich noch einer Gasflamme zuwenden, deren Lichtstärke gleich 0.0003 Meterkerzen ist, und dass etiolirte Wickenkeimlinge (*Vicia sativa*), bezüglich welcher ich nachwies,²⁾ dass sie zwischen der Helligkeit zweier Flammen besser unterscheiden, als das menschliche mit dem Bun-

¹⁾ Versuche über die heliotropische Empfindlichkeit der Pflanzen. Sitzungsber. d. kais. Akad. d. Wissensch. S. 102 (1893).

²⁾ Heliotropismus, I. Theil, p. 183.

sen'schen Photometer bewaffnete Auge, noch auf eine Lichtstärke von 0.0013 Meterkerzen reagieren.

Die factische Lichtempfindlichkeit eines Pflanzenorgans ist aber erst gefunden, wenn die Intensität jener Strahlen ermittelt wurde, welche den Heliotropismus bedingen.

Es ist nun von mir¹⁾ nachgewiesen worden, dass bei niederen Lichtintensitäten alle Pflanzenorgane, selbst sehr lichtempfindliche, welche bei grösseren Lichtstärken auch auf Roth-Orange reagieren, nur in stark brechbarem Lichte heliotropisch werden. Solche Lichtintensitäten vorausgesetzt, lässt sich die sogenannte chemische Intensität des Lichtes als Mass jener Lichtstärke benutzen, welche den Heliotropismus hervorruft.²⁾

Da nun das Gaslicht, wie bekannt, ausserordentlich arm an sogenannten chemischen Strahlen ist, so lässt sich angesichts der früher genannten Werthe über die untere Grenze der heliotropischen Empfindlichkeit sehr reizbarer Pflanzenorgane erwarten, dass ihre factische Empfindlichkeit ausserordentlich kleinen Intensitätswerthen entsprechen müsse.

Um nun diese factische Empfindlichkeit, wenigstens approximativ, zu bestimmen, wende ich jene Methode an, welche Bunsen und Roscoe angaben, um die chemische Intensität des Tageslichtes zu ermitteln.

Dieselbe besteht, in Kürze gesagt, darin, dass ein in bestimmter Weise präparirtes, mit Chlornatrium durchtränktes und „gesilbertes“ Papier (Normalpapier) der Lichtwirkung ausgesetzt, mit der „Normalfarbe“ (Normalton, Normalschwärze) verglichen, und aus der Zeit, welche zur Erreichung des Normaltons erforderlich ist, die chemische Intensität gerechnet wird.³⁾

Da nun die chemische Intensität einer Gasflamme keineswegs ihrer Leuchtkraft proportional ist, sondern von ihrer specifischen Natur abhängt, je nachdem ein Bunsen-, ein Argand'scher Brenner etc. zur Bildung der Flamme diene, so war es erforderlich, die chemische Intensität jener Flamme zu ermitteln, welche zu den heliotropischen Versuchen diene. Es war dies eine unter constantem Drucke stehende Flamme eines Mikrobrenners.

Das Normalpapier wurde der Flamme so weit genähert, dass die Wirkung noch innerhalb der zulässigen Zeit eintrat (nach 16 bis 22 Stunden gibt das Normalpapier keine verlässliche Anzeige mehr) und auch keine störend wirkende Temperaturerhöhung sich einstellen konnte.

Diese Bedingungen waren erfüllt, wenn das Normalpapier der Flamme bis auf 10 Cm. genähert wurde. Die der Normalschwärze

¹⁾ l. c. I. Theil, p. 190.

²⁾ Wiesner, Photometrische Untersuchungen auf pflanzenphysiologischem Gebiete I (Sitzungsber. d. kais. Akad. d. Wissensch. Mai 1893).

³⁾ Wiesner l. c. Es ist dasselbst dargelegt, in welcher Weise die Bunsen-Roscoe'sche Methode zu pflanzenphysiologischen Zwecken anzuwenden ist.

entsprechende Färbung des Normalpapiers stellte sich nach häufig 7000 Secunden (1 Stunde 36 Min.) ein. Dabei erhöhte sich die Temperatur des Normalpapiers nur um wenige Centigrade und erreichte im extremsten Falle nicht einmal 30°C., während nach den Untersuchungen von Bunsen und Roscoe eine Steigerung der Temperatur bis 50°C. noch zulässig gewesen wäre.

In der Entfernung von 10 Cm. betrug die Lichtstärke der Flamme 1.598 Meterkerzen und die chemische Intensität $\frac{1}{7000} = 0.000143$ der Bunsen-Roscoe'schen Einheit.

Aus diesen Werthen berechnet sich unter Zugrundelegung des Satzes, dass die chemische Lichtintensität im umgekehrt quadratischen Verhältnisse mit der Entfernung von der Lichtquelle abnimmt, als Lichtstärke, auf welche ein etiolirter Wickenkeimling noch reagirt, der Werth

$$I = 0.000000116$$

bezogen auf die Bunsen-Roscoe'sche Einheit.

Als untere Grenze der heliotropischen Empfindlichkeit des etiolirten Keimstengels von *Amaranthus melancholicus* wurde

$$I = 0.000000026$$

gefunden.

Dabei wurde angenommen, dass bis zu der in den Versuchen im äussersten Falle erforderlichen Strecke von 7 M. keine Absorption der chemischen Strahlen in der betreffenden Luftschicht stattgefunden hat. Sollte eine solche stattgefunden haben, so wären die mitgetheilten Zahlen noch zu gross.

Man wird aus den angestellten Beobachtungen den Schluss ziehen dürfen, dass heliotropisch sehr empfindliche Pflanzentheile noch auf Bruchtheile von Millionsteln der Bunsen-Roscoe'schen Einheit reagiren.¹⁾

Diese letztere entspricht allerdings nicht dem Maximum der Sonnenwirkung, aber einem sehr hohen Werthe derselben. Die Intensität = 1 ist erreicht, wenn die Normalschwärzung des Normalpapiers im Zeitraum von 1 Secunde eintritt.

Angesichts dieser ausserordentlich grossen Lichtempfindlichkeit heliotropischer Pflanzentheile wird man vielleicht geneigt sein, im Heliotropismus ein Reizphänomen zu erblicken, welches sich mit der von mir vertretenen Theorie des Heliotropismus nicht verträgt.

Diese Theorie, deren Ausgangspunkt in den Anschauungen De Candolle's zu suchen ist, führt den Heliotropismus auf Unterschiede im Längenwachsthum einseitig beleuchteter Organe zurück. De Candolle hat seine Anschauung blos auf den positiven Heliotropismus ausgedehnt, während meine Theorie zum grossen Theile

¹⁾ Zuerst in meinen „Photometrischen Untersuchungen“ mitgetheilt und hier in Kürze, um eine Basis für die nachfolgenden Betrachtungen zu gewinnen, reproducirt.

auf ganz andere Argumente basirt, sich sowohl auf den positiven, als auf den negativen Heliotropismus erstreckt.

Es lässt sich nun zeigen, dass das Licht auf das Wachsthum heliotropischer Organe in ähnlicher Weise — man darf wohl mit demselben Rechte sagen als Reiz — wirkt, wie bei dem Zustandekommen der heliotropischen Krümmung, indem derartige Organe durch veränderte Wachsthumgrösse auf ausserordentlich kleine Lichtintensitäten antworten. So habe ich beispielsweise constatirt, dass die Internodien wachsender Kartoffeltriebe bei einer durchschnittlich täglichen (chemischen) Maximalintensität von 0.0008 eine Länge erreichen, welche beim Sinken dieses Werthes auf Null noch etwa auf das Doppelte steigt.¹⁾

Es ist nun weiter die starke Absorption des sogenannten chemischen Lichtes in einseitig beleuchteten, wachsenden Pflanzenorganen zu beachten.

Ich fand unter Anwendung der Bunsen-Roscoe'schen Methode, dass ein halbirtter, 2 mm. dicker etiolirter Stengel der Kartoffel die chemischen Strahlen so stark absorbirt, dass auffallendes Licht von 0.088 Intensität beim Durchgange durch die Gewebe nur mehr die Intensität 0.002 besitzt. Also schon in der Mitte des Stengels erscheint die Intensität auf $\frac{1}{100}$ reducirt.

Da nun das Längenwachsthum der Stengel, wie meine Untersuchungen lehrten, infolge des Reizes der chemischen Strahlen durch die Intensität der letzteren streng geregelt ist, so kann es wohl keinem Zweifel unterliegen, dass die ungleiche Wirkung der sogenannten chemischen Strahlen auf Licht- und Schattenseite eines Organes ein ungleichseitiges Längenwachsthum und infolge dessen eine Beugung des Organs zum Lichte hervorrufen muss.

Dass gerade jene Lichtstrahlen, welche zur Wachsthumhemmung der Stengel führen, in den Geweben der letzteren absorbirt werden, ist bisher übersehen worden, indem man, durch die Transparenz solcher Organe irregeleitet, annahm, dass sie auch jenes Licht durchlassen müssten, welches nach meiner Auffassung wachsthumhemmend wirkt.

So weist beispielsweise Sachs auf die Balsamine hin, und leitet aus der Thatsache, dass deren Stengel trotz ihrer grossen Transparenz heliotropisch sind, und aus ähnlichen Thatsachen den Schluss ab, dass die heliotropische Krümmung nicht auf einer Differenz der einwirkenden Kraft auf entgegengesetzten Seiten der Organe beruhe.²⁾

Nun habe ich aber gefunden, dass Stengel dieser Pflanze, welche noch deutlich heliotropisch sind, die chemischen Strahlen des

¹⁾ Photometrische Untersuchungen I. Theil I. c.

²⁾ Vorlesungen, p. 854.

Lichtes beinahe vollständig absorbiren und dass beim Durchgang des Lichtes durch einen halbirten Stengel der Balsamine von 2.5 Mm. die Lichtstärke von 1 auf 0.009 herabgesetzt wird.

Bei der ausserordentlich grossen heliotropischen Empfindlichkeit vieler Pflanzenorgane, und bei dem Umstande, dass solche Organe auf ungemein kleine Lichtintensitäten durch Wachstumsretardation reagiren, kann es nicht gezwungen erscheinen, auch den Heliotropismus der Fruchträger von *Mucor* auf Lichtintensitätsdifferenzen an Licht- und Schattenseite der einseitig beleuchteten Organe zurückzuführen.

Es ist nicht meine Absicht, in diesem kleinen Aufsätze eine Kritik der Theorien des Heliotropismus zu geben. Ich will an dieser Stelle nur dem Einwand begegnen, der erhoben wird, um gewissermassen schlagend darzuthun, dass der Heliotropismus nicht auf Wachstumsunterschieden an der Licht- und Schattenseite der betreffenden Organe beruhen könne. Es wird nämlich gesagt, dass der negative Heliotropismus nicht auf Wachstumsunterschieden an den ungleich beleuchteten Seiten der Organe beruhen könne, weil die betreffenden Organe im Finstern ein vermindertes Wachstum zeigen müssten, während sie, wie positiv heliotropische Organe, im Dunkeln stärker wachsen.

Wie ich schon früher¹⁾ gezeigt habe, so ist diese Behauptung vor Allem zu allgemein gehalten, denn es gibt thatsächlich negativ heliotropische Organe, welche im Finstern gar nicht wachsen (*Hypocotyl* von *Viscum album*).

Ich habe selbst gefunden, dass negativ heliotropische Organe existiren, welche im Finstern verstärkt wachsen, zeigte aber auch — was zumeist übersehen wurde — dass diese Thatsache meiner Auffassung des negativen Heliotropismus keineswegs widerspricht. Die Sache liegt nämlich nicht so einfach, als sie gewöhnlich hingestellt wird. Die Organe reagiren auf das Licht, je nach der Reaction ihrer histologischen Elemente gegen das Licht; diese Elemente sind aber dem Lichte gegenüber nicht gleichwerthig: die einen wachsen im Lichte begünstigt, die andern vermindern unter dem Einflusse des Lichtes ihre Wachstumsfähigkeit.

Auch reagiren diese beiderlei Elemente je nach der Lichtintensität verschieden, die einen (positiv heliotropische Elemente) wachsen im Finstern am stärksten, die anderen (negativ heliotropische Elemente) in einem relativ starken Lichte, bei welchem die ersteren eine starke oder schon eine absolute Hemmung des Wachstumes erfahren.

Je nach dem Verhältniss der an dem Aufbau eines Organes theilnehmenden Elemente und auch nach der Intensität des herrschenden Lichtes wird das Organ positiv, oder negativ heliotropisch,

¹⁾ Heliotropismus, I. Theil, p. 483.

oder neutral sein, und nach diesem Verhältniss wird das Organ im Dunkeln oder im Lichte beschleunigt wachsen, oder es wird sich dem Licht und Dunkel gegenüber gleich verhalten. So habe ich constatirt, dass die Cotylen der Föhre im Licht 2—3 mal so lang werden als im Finstern, während die Cotylen der Fichte (*Abies excelsa*) in Licht und Dunkel etwa die gleiche Länge annehmen; erst durch zahlreiche und genaue Messung zeigt sich, dass sich diese Cotylen gerade umgekehrt wie die der Föhren verhalten, indem sie, gleich gewöhnlichen Stengeln, im Finstern stärker als im Lichte wachsen. Nun sind aber die Cotylen der Fichte stark positiv heliotropisch, wie gewöhnlichen Stengel, während die Cotylen der Föhre sich dem Lichte gegenüber neutral zu verhalten scheinen. Erst bei genaueren Studien erkennt man das Ueberwiegen ihres negativen Heliotropismus bei starker Beleuchtung.

Die mannigfaltigen Combinationen, welche in der histologischen Zusammensetzung der Organe stattfinden, bringen es mit sich, dass ein heliotropisches Organ im Dunkeln bezüglich seines Wachstums ein sehr verschiedenes Verhalten darbieten kann: es wächst entweder im Finstern gar nicht (Hypocotyl von *Viscum album*) oder verstärkt (gewöhnliche positiv heliotropische Organe) oder vermindert (Cotylen von *Pinus silvestris*) oder angenähert gleich stark im Lichte und im Finstern (Cotylen von *Abies excelsa*).

Untersuchungen über Pflanzen der österreichisch-ungarischen Monarchie.

Von R. v. Wettstein (Prag).

II.

Die Arten der Gattung *Euphrasia*.

Mit Tafeln und Karten.

(Fortsetzung.)

6. *Euphrasia Dinarica* Beck¹⁾ in Flora von Südbosnien und der angrenzenden Hercegovina III. S. 158 (Annal. d. naturh. Hofm. II. S. 140 [1887]) pro varietate *E. ramboissimac* Reut. — Murbeck, Beitr. z. Kenntn. d. Flora von Südbosnien und der Hercegovina S. 72 (Lands Univers. Arsskrift XXVII [1891]).

Caulis erectus, simplex vel saepius in parte inferiore ramosus, 1—20 cm. altus atrorubens, pilis albis crispulis reversis eglandulosis pubescens, ramis erectis, plerumque strictis. Folia caulina inferiora opposita, cuneiformi-linearis, obtusa, utrinque

¹⁾ Vergl. Nr. 6, S. 193.

²⁾ Original exemplare sah ich im Herbare des k. k. naturh. Hofmuseums in Wien.

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: 1893

Band/Volume: 043

Autor(en)/Author(s): Wiesner Julius Ritter

Artikel/Article: Versuch einer Bestimmung der unteren Grenze der heliotropischen Empfindlichkeit nebst Bemerkungen zur Theorie des Heliotropismus. 233-238