

19. K. Linsbauer und V. Vouk: Zur Kenntnis des Heliotropismus der Wurzeln.

(Vorläufige Mitteilung.)

(Eingegangen am 10. April 1909.)

Während der positive Heliotropismus zu den beststudierten Reizerscheinungen zählt, ist man bezüglich des negativen Heliotropismus bisher über tastende Versuche kaum hinausgekommen. Er galt lange überhaupt als sehr seltene Erscheinung, bis WIESNER¹⁾ in seiner bekannten „Monographie“ auf Grund reichlicher Erfahrungen die Ansicht vertrat, daß er an Verbreitung dem positiven Heliotropismus keineswegs nachstehe. WIESNER unterschied Pflanzen oder Organe, die unter allen Umständen gegenüber der Lichtrichtung gleichsinnig reagieren und solche, welche sich gewöhnlich positiv heliotropisch verhalten, sich jedoch bei hohen Intensitäten vom Lichte abwenden; für das jeweilige für jedes Organ spezifische Verhalten sind biologische Ursachen maßgebend.

N. J. C. MÜLLER²⁾ und namentlich OLTMANN³⁾ suchten hingegen die Ansicht zu begründen, daß — wenigstens im Prinzip — sämtliche Pflanzen bzw. Pflanzenorgane je nach der Lichtstärke positiv bzw. negativ heliotropisch wären. Die Giltigkeit dieser gesetzmäßigen Beziehung zwischen Lichtstärke und Krümmungsrichtung, welche für verschiedene Pflanzenorgane tatsächlich erwiesen werden konnte, wurde umso eher allgemein anerkannt, als sich verschiedene Erfahrungen auf dem Gebiete des Heliotropismus und verwandter Reizvorgänge (Thermo-, Chemo-, Galvanotropismus usw.) ungezwungen in den Rahmen dieser Theorie einfügen ließen.

Natürlich konnte es nicht übersehen werden, daß gewisse Organe unter allen Umständen nur positiv bzw. nur negativ heliotropisch reagierten. Diese Ausnahmen scheinen jedoch vom Gesichtspunkte der Theorie aus leicht verständlich. Man kann sich vorstellen, daß ausschließlich positiv heliotropische Organe mit zu-

1) Die heliotropischen Erscheinungen im Pflanzenreiche. Denkschr. d. k. Akad. d. Wiss. Wien 1878—1880.

2) Botanische Untersuchungen I (1872)

3) „Über die photometrischen Bewegungen der Pflanzen“, Flora 1892 und „Über pos. und neg. Heliotropismus“, Flora 1897.

nehmender Lichtstärke eher eine Schädigung erfahren als sich eine „heliotropische Umstimmung“ geltend machen kann. In entgegengesetzten Fällen — wie etwa bei *Viscum* — dürfte das Wachstum und mit ihm die Reaktionsfähigkeit bereits sistiert sein, ehe die Lichtintensität tief genug gesunken ist, um einen positiven Heliotropismus auszulösen.

Bezüglich der Wurzeln liegen keine entscheidenden Versuche vor, obgleich gerade ihrem Verhalten vom Standpunkte der MÜLLER-OLTMANNSSchen Theorie besonderes Interesse zukommt.

Wir kennen bisher nur eine große Zahl von Wurzeln, welche sich vom Lichte abwenden, während einigen anderen pos. Heliotropismus zugeschrieben wird, der sich jedoch bisweilen erst bei hoher Intensität geltend machen soll. Die untere Grenze der heliotropischen Empfindlichkeit wurde für einige Wurzeln der ersten Kategorie von WIESNER ermittelt; er fand für Keimwurzeln von *Raphanus* und *Sinapis* sowie für Luftwurzeln von *Hartwegia* (*Chlorophytum*) etwa 6,5 WK.

Da diese Wurzeln demnach im Vergleich zu den oberirdischen Organen einerseits schon auf verhältnismäßig geringe Lichtintensitäten negativ heliotropisch reagieren, andererseits selbst bei völligem Lichtabschlusse zu wachsen befähigt sind, so ließ sich bei ihnen am ehesten die Realisierung der ganzen heliotropischen Reizkurve erwarten. Tatsächlich hat auch OLTMANN¹⁾ die Überzeugung geäußert, daß WIESNER zweifellos auch bei *Hartwegia* positiven Heliotropismus hätte finden können, wenn er nur mit der Lichtstärke entsprechend tief heruntergegangen wäre. JOST²⁾ verweist diesbezüglich auf eine andere Möglichkeit: „Andererseits dürften aber vielleicht die negativ heliotropischen Wurzeln Organe sein, die nur den negativen Teil der Kurve aufweisen: nur bei hohen Lichtintensitäten krümmen sie sich negativ heliotropisch und bei allen schwächeren Intensitäten sind sie im Zustande der Indifferenz.“

Unsere Absicht, den negativen Heliotropismus eingehender zu studieren, verlangte zunächst eine Aufklärung dieses Problems. Mit Rücksicht auf seine prinzipielle Bedeutung entschlossen wir uns zu einer vorläufigen Mitteilung unserer diesbezüglichen Ergebnisse und behalten uns vor, genauere Versuchsdaten später beizubringen, wenn wir über eine vollständigere Analyse des negativen Heliotropismus im Zusammenhange berichten werden.

Unsere Versuche stießen zunächst auf große technische

1) Flora 1892, S. 228.

2) Vorlesungen über Pflanzenphysiologie. II. Aufl. Jena 1908. pg. 550.

Schwierigkeiten, da es einerseits viel Mühe kostete, gerade Wurzeln von *Raphanus* und *Sinapis*, unseren hauptsächlichsten Versuchspflanzen, zu gewinnen, andererseits verschiedenartige Nutationen die Klarheit der Experimente ungemein störend beeinflussten. Schließlich gelang es jedoch, allen Schwierigkeiten zu begegnen. Die Methode war kurz folgende. Als Träger der Keimlinge benutzten wir einen parallelepipedischen Paraffinblock, in dessen Vorderseite eine Anzahl zylindrischer Wachsfüßchen von ca. 1,5 cm Länge eingeschmolzen waren, welche vorne abgeschrägt wurden und eine ringförmige Erweiterung zur Aufnahme der Keimlinge trugen. Um ein Vertrocknen der ungemein empfindlichen Wurzeln zu vermeiden, wurden die Keimlinge im Kulturraume (Warmhaus) aus den Sägespännen gezogen, durch den Wachsring gesteckt und durch einen leichten Druck auf das Wachs in genau vertikaler Lage fixiert. Der so beschickte Paraffinblock wurde auf einer entsprechend hohen Glaskonsole sofort in einen absolut feuchten Raum gebracht. Als Sturz bewährte sich am besten ein parallelepipedisches aus unglasiertem Ton gebranntes Gefäß, in dessen Vorderwand eine Spiegelglasplatte eingeschnitten war. Die übrigen Wände wurden mit schwarzem Filterpapier ausgekleidet. Sollten die Wurzeln in Wasser kultiviert werden, so wurde der die Keimlinge tragende Paraffinblock in eine pneumatische Wanne eingehängt, deren Seiten und Hinterwand mit mattschwarzem Papier beklebt waren.

An dieser Stelle soll nur über das Endergebnis einiger zusammengehöriger Versuchsreihen berichtet werden.

Versuchsserie I.

Am klarsten gestalteten sich die Versuche mit Keimwurzeln von *Raphanus sativus* im feuchten Raume. Als Lichtquellen dienten Glühlampen von 5, 16 und 32 NK. Temperatur 18—20° C. Wurzellänge ca. 1,5—2 cm.

Intensität in NK.	Zahl der Versuchs- reihen	Gesamtzahl der Individuen	Zahl der		
			+	—	nicht gekrümmten
			Wrz in %		
0,5—1,95	4	20	0	0	100
5	3	17	29,4	0	70,6
8,8	2	12	75	0	25
20	4	24	8,3	12,5	79,2
32	1	7	0	28	72
256	3	17	0	64,7	35,3
500—800	4	20	0	80	20
5000	1	5	0	100	0

Versuchsserie II.

Raphanus sativus in Wasser¹⁾. Temp. 18—20 ° C. Länge der Keimwurzeln 1,5—2 cm.

Intensität in NK.	Zahl der Versuchs- reihen	Gesamtzahl der Individuen	Zahl der			Bemerkungen
			+	—	ungekrümmten	
			Wrz. in ‰			
1,5—64	5	31	?	?	?	Starke Nutationen nach versch. Seiten wie im Dunkeln.
100—256	3	21	52,8?	43?		Die Nutationen treten zurück.
400	6	42	69,05	9,5	21,45	"
1111	4	28	64,3	13	22,7	Krümmungen scharf ausgesprochen.
1600	4	28	71,43	14	14,57	"
2500	7	49	59,16	24,5	16,34	"
3200	2	14	42,9	50	7,1	"

Bei höheren Intensitäten werden schließlich sämtliche Wrz. neg. heliotrop²⁾.

Versuchsserie III.

Sinapis alba in Wasser. Temp. 18—22 ° C. Länge der Keimwurzeln 1,5—2 cm.

Intensität in NK.	Zahl der Versuchs- reihen	Gesamtzahl der Individuen	Zahl der			Bemerkungen
			+	—	ungekrümmten	
			Wrz. in ‰			
0,1	2	10	?	?	?	Starke allseitige Nutationen wie im Dunkeln.
0,2	11	54	61,1	29,1	9,8	Die unregelmäßigen Nutationen treten zurück.
0,64	3	24	29,2	62,7		"
16	5	23	8,7	73,9	13	Krümmungen scharf ausgesprochen.
28	5	28	3,6	78,6	17,8	"
64	9	51	7,8	76,4	15,7	"
256	10	50	0	100	0	"

1) Die Intensitäten sind bei den Versuchen insofern etwas zu hoch angegeben, als wir auf die Lichtabsorption durch das Wasser einstweilen keine Rücksicht nahmen.

2) Daß in Serie II das Optimum nicht deutlich erkennbar ist (bei 400

Obgleich die Zahl der hier mitgeteilten Versuche nicht so groß ist, daß die berechneten Prozente an gekrümmten Keimlingen als definitiv gelten können, lassen sich doch den Tabellen mit völliger Sicherheit wichtige Ergebnisse entnehmen.

Vor allem erhellt daraus, daß sich die als negativ heliotropisch bekannten Keimwurzeln von *Raphanus* und *Sinapis* bei entsprechend niedriger Intensität des einseitig einfallenden Lichtes positiv heliotropisch verhalten und somit der MÜLLER-OLTMANNSSchen Theorie entsprechen. Dieser Wechsel im Sinn des Heliotropismus macht sich sowohl bei Kultur im Wasser als auch in feuchter Luft geltend.

Besonders überraschend ist die enge Grenze der Lichtstärken, innerhalb derer sich der positive Heliotropismus einstellt; sie liegt bei *Raphanus* in feuchter Luft zwischen 5 und 20 NK. Bei den Kulturen im Wasser nimmt diese Reaktionsbreite jedoch wesentlich zu, wobei sich gleichzeitig eine starke Verschiebung der Schwellenwerte einstellt. So treten bei *Raphanus* erst bei ca. 100 NK. zweifellose positive Krümmungen auf, die selbst noch bei 3000 NK., wenngleich in geringerer Zahl, zu beobachten sind. Bei *Sinapis* gelangten sie bei gleicher Kultur zwischen 0,2 und 64 NK. zur Beobachtung. Trotz der engen Begrenzung der positiven Kurve läßt sich deutlich ein Optimum erkennen, d. h. eine Intensität, bei welcher die größte Zahl von Wurzeln positiv heliotropisch gekrümmt erscheint. Die im Verhältnis zu positiv heliotropischen Keimlingen auffallend geringe Reaktionsbreite im Verein mit starken individuellen Schwankungen bedingt es offenbar, daß selbst im Optimum des positiven Heliotropismus niemals 100 pCt. positiv gekrümmt erscheinen.

Noch ein anderer auffälliger Unterschied gegenüber dem Heliotropismus der Stengelorgane ist wenigstens teilweise auf den engen Bereich der positiven Kurve zurückzuführen. Bei Keimlingen pflegt die untere (positive) Schwelle nach den Untersuchungen von WIESNER, FIGDOR¹⁾ u. A. bei außerordentlich niedrigen Intensitäten zu liegen; zur Erreichung der negativen Schwelle sind dagegen, wie zuerst die Beobachtungen von OLTMANNSS lehrten,

und 1600 NK. fand sich annähernd derselbe Wert), hängt wohl hauptsächlich mit der geringen Versuchszahl und den bei Versuchen in Wasser so störenden Nutationen zusammen.

1) W. FIGDOR, Vers. üb. die heliotrop. Empfindlichkeit der Pflanzen. Sitzungsber. der k. Akad. d. Wiss. Wien, math. nat. Kl. Bd. 102, Abt. I. 1893.

ungemein hohe Intensitäten erforderlich. Bei weniger empfindlichen Organen, bei welchen also der positive Heliotropismus erst bei höheren Lichtintensitäten einsetzt, ist wegen der gleichzeitigen relativen Erhöhung der negativen Schwelle kaum mehr die Hoffnung vorhanden, einen negativen Heliotropismus erzielen zu können, da eine entsprechende enorme Steigerung der Lichtstärke praktisch nicht erzielbar ist. Tatsächlich hat in letzter Zeit FIGDOR¹⁾ bei verschiedenen Keimlingen trotz Anwendung einer Quarzglasquecksilberlampe keinen negativen Heliotropismus zu erzielen vermocht. Bei den genannten Keimwurzeln hingegen kombiniert sich eine verhältnismäßig hohe positive Schwelle mit einem relativ niedrigen negativen Schwellenwert, was in der engbegrenzten positiven Kurve zum Ausdruck kommt.

Indem wir eine weitere Diskussion der Ergebnisse einer ausführlicheren Mitteilung vorbehalten, wollen wir nur noch in Kürze des heliotropischen Verhaltens der Luftwurzeln von *Hartwegia* gedenken, welche wir in Wasserkultur beobachteten. Unter den von uns eingehaltenen Versuchsbedingungen ergaben sich noch bei 0,6 NK. ungemein schwache negative Krümmungen. Bei einer weiteren Abnahme der Lichtintensität blieben jedoch die Wurzeln durch Tage hindurch andauernd gerade. In Übereinstimmung mit WIESNER war ein positiver Heliotropismus niemals zu beobachten. Die Zahl unserer Versuche erscheint uns noch zu gering, um ein abschließendes Urteil abgeben zu können. Wenn wir jedoch die enge Grenze berücksichtigen, innerhalb der sich bei *Raphanus* und *Sinapis* eine positive Reaktion abspielt, so liegt die Vermutung nahe, daß in extremen Fällen infolge des Zusammenrückens der positiven und negativen Schwelle ein positiver Heliotropismus faktisch nicht mehr zur Geltung kommt.

Wien, pflanzenphysiologisches Institut.

1) Experimentelle Studien über die heliotropische Empfindlichkeit der Pflanzen. WIESNER-Festschrift. Wien, Verl. C. KONEGEN, S. 287.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft](#)

Jahr/Year: 1909

Band/Volume: [27](#)

Autor(en)/Author(s): Linsbauer Karl, Vouk Valentin (Vale)

Artikel/Article: [Zur Kenntnis des Heliotropismus der Wurzeln. 151-156](#)