

**43. F. Czapek: Die plagiotrope Stellung der Seitenwurzeln.**

(Vorläufige Mittheilung.)

Eingegangen am 5. Juli 1895.

Dass nicht nur Hauptwurzeln, sondern auch Seitenwurzeln erster Ordnung mit positiv geotropischen Eigenschaften begabt sind, konnte bereits seit Langem, besonders seit den Untersuchungen von J. SACHS<sup>1)</sup> als feststehende Thatsache betrachtet werden. Dagegen muss die Frage, warum die Seitenwurzeln trotz ihres positiven Geotropismus stets eine Winkelstellung zum Loth einnehmen und sich niemals gleich den Hauptwurzeln vertical stellen, auch heute als controvers angesehen werden. SACHS hat hierüber die Meinung ausgesprochen, dass die krümmende Wirkung der Schwerkraft an den Nebenwurzeln bereits unter einem beträchtlichen Neigungswinkel zur Lothlinie erlösche, und nicht, sowie an den Hauptwurzeln, erst in der Verticalen. Es wären demnach Seitenwurzeln schwächer geotropisch als Hauptwurzeln. Dieser Erklärungsversuch (welchen übrigens SACHS selbst nur als wahrscheinlich hingestellt hat) ist aber nicht haltbar. Ihm widerspricht bereits die leicht zu beobachtende Erscheinung, dass Seitenwurzeln, welche man in eine vertical abwärtsgerichtete Stellung brachte, aus dieser Lage sich nach aufwärts krümmen, bis sie wieder in die früher eingehaltene Winkelstellung (geotropischer Grenzwinkel SACHS) zurückgelangt sind. Wäre die genannte Anschauung richtig, so müssten die Wurzeln in der Verticallage verbleiben. Ihr Aufwärtskrümmen beweist des Weiteren, dass die geotropischen Eigenschaften mit jenen der Hauptwurzeln nicht identisch sein können.

Von F. NOLL<sup>2)</sup> ist der Versuch gemacht worden, die Plagiotropie der Seitenwurzeln mit Zuhülfenahme anderer Richtkräfte, als des Geotropismus allein, zu erklären. Nach NOLL soll ein autonomer Richtungsimpuls, welcher in Bezug zur Hauptwurzel radial an den Nebenwurzeln wirksam ist, im Verein mit dem positiven Geotropismus die schräge Lage der Seitenwurzeln bedingen. Dass aber ein derartiger Richtungsimpuls (von NOLL Exotropie benannt) in Wirklichkeit nicht existirt,

1) J. SACHS. Das Wachsthum der Haupt- und Nebenwurzeln. II. Abhandl. Arbeiten des botan. Institutes zu Würzburg, Bd. I, Heft IV (1874).

2) F. NOLL, Ueber eine neue Eigenschaft des Wurzelsystems. Botan. Centralblatt Bd. 60 (1894) p. 129. (Originalbericht aus Sitzungsber. d. Niederrhein. Gesellsch. für Natur- u. Heilkunde zu Bonn. Sitzung vom 5. März 1894).

lässt sich durch Versuche mittels Klinostat mit Sicherheit erweisen. Dreht man ein Wurzelsystem, aus Hauptwurzel und Seitenwurzeln erster Ordnung bestehend, am Klinostaten um eine horizontale, der Hauptwurzel parallele Achse, so verlieren die Nebenwurzeln vollständig ihre normale Orientirung ihrer Längsachse in Bezug auf das Mutterorgan, und man hat es in der Hand, durch vorgelegte Hindernisse beliebig die Wurzeln abzulenken, ohne dass die letzteren nach Umwachsung des Hindernisses ihre frühere Orientirung wieder zu erreichen trachten. Die in normalem Zustand die bestimmte plagiotrope Stellung bedingenden Richtungsursachen können unter den angegebenen Versuchsbedingungen somit nicht mehr vorhanden sein, woraus sich als directe Schlussfolgerung ergibt, dass die Grenzwinkelstellung der Seitenwurzeln ausschliesslich geotropischer Natur sein muss.

Ich selbst habe es früher nicht als ausgeschlossen betrachtet, dass die plagiotrope Schräglage der Nebenwurzeln erster Ordnung eine selbstständige, den genannten Pflanzentheilen eigenthümliche geotropische Gleichgewichtsstellung darstellt, welche jenen Organen vermöge ihrer specifischen geotropischen Reactionsweise ebenso als primäre geotropische Stellung zukommt, wie die Verticallage den orthotropen Hauptwurzeln. Diese Anschauungsweise setzt nun voraus, dass der Impuls, in den Grenzwinkel wieder zurückzukehren, vollkommen gleiche Reaction auslöst, sobald ich die Seitenwurzeln um den gleichen Winkelbetrag das eine Mal nach oben, das andere Mal nach unten aus der Gleichgewichtslage herausdrehe. Es lässt sich aber auf mehrfache Weise zeigen, dass diese Folgerung mit den thatsächlich vorhandenen Verhältnissen nicht übereinstimmt, sondern dass die geotropischen Richtungsimpulse bei gleicher Ablenkung nach oben und unten hin verschieden sind.

Vergleicht man die Geschwindigkeit des Eintretens geotropischer Krümmung in zwei Ablenkungslagen, welche von der Grenzwinkelstellung nach oben und unten hin um den gleichen Winkelbetrag entfernt sind, so ergibt sich ein bedeutend rascher erfolgendes Abwärtskrümmen aus der oberen Lage, im Vergleich zur Aufwärtskrümmung aus der unteren Lage. Die „Zeit der latenten Reizung“ ist somit für den Impuls zur Abwärtskrümmung kleiner als für den Impuls zur Aufwärtskrümmung.

Ganz das gleiche Resultat ergibt sich aus einem anderen Versuch. Erzieht man Seitenwurzeln am Klinostaten und bringt sie sodann in die normale Grenzwinkellage, so beobachtet man eine leichte vorübergehende Abwärtskrümmung an ihnen, worauf sie in die ihnen ertheilte Lage endgültig zurückkehren. Auch diese Erscheinung lässt sich in dem Sinne deuten, dass die Zeit vom Beginne einer geotropischen Reizung bis zum Krümmungseintritt für den Impuls zur Abwärtskrümmung eine geringere ist, als für die Aufwärtsbewegung.

Ein weiterer Versuch geht von der Thatsache aus, dass Hauptwurzeln, denen man in rhythmischer Weise durch gleich lange Zeiten hindurch abwechselnd gleiche aber entgegengesetzte geotropische Inductionen ertheilt, nur sehr kleine Krümmungserfolge aufweisen, vorausgesetzt dass man die einzelnen Inductionszeiten so gering als möglich gewählt hat. Der analoge Versuch mit Nebenwurzeln ausgeführt, welche man abwechselnd gleiche Zeiten hindurch um den gleichen Winkelbetrag nach oben und unten aus der Grenzwinkelstellung entfernt, giebt ein vollkommen verschiedenes Resultat. Die Seitenwurzeln krümmen sich energisch nach abwärts. Damit ist bewiesen, dass der Impuls zur Abwärtskrümmung stärker sein musste, als der zur Aufwärtskrümmung.

Da durch diese Beobachtungen sichergestellt erscheint, dass bei Nebenwurzeln nicht gleiche geotropische Impulse ausgeübt werden, wenn man sie um gleiche Winkel nach oben und unten hin aus der plagiotropen Gleichgewichtslage entfernt, so kann auch die Grenzwinkelstellung nicht als eine primäre geotropische Gleichgewichtsstellung betrachtet werden. Sie muss vielmehr durch zweierlei geotropische, von einander verschiedene Impulse bedingt sein.

Die Natur des Impulses zur Abwärtskrümmung kann nicht zweifelhaft sein, nachdem positiver Geotropismus bereits für die Seitenwurzeln seit längerer Zeit sicher bekannt ist. Dass die Seitenwurzeln wirklich denselben positiven Geotropismus wie die Hauptwurzeln besitzen, geht auch daraus hervor, dass sich die Abwärtskrümmung an horizontalgestellten Seitenwurzeln trotz der kleinen Ablenkung aus der Grenzwinkellage fast ebenso intensiv und rasch einstellt, wie die Krümmung an horizontalgestellten Hauptwurzeln derselben Pflanzenart, die also eine Ablenkung von  $90^\circ$  erlitten haben. Auch die Grösse der an horizontalgestellten Seitenwurzeln erzielbaren geotropischen Nachwirkung entspricht der ausgesprochenen Meinung.

Dass der Impuls zur Aufwärtskrümmung an vertical abwärts gestellten Seitenwurzeln nicht etwa mit negativem Geotropismus identificirt werden kann, geht daraus hervor, dass die Nachwirkungsgrösse in diesem Falle viel kleiner ist, als es sein müsste, wenn negativer Geotropismus vorhanden wäre. Auch spricht dagegen, dass sich Seitenwurzeln in Ablenkungslagen von  $60-90^\circ$  über der Grenzwinkelstellung rascher krümmen, als in der Horizontalstellung. Daraus ist viel eher zu schliessen, dass oberhalb der Horizontalen ein Impuls zur Aufwärtskrümmung überhaupt nicht mehr vorhanden ist, sondern dass es sich um einen Geotropismus handelt, welcher eine Horizontalstellung der Seitenwurzeln anstrebt. Wir hätten den Nebenwurzeln erster Ordnung somit transversalgeotropische und positivgeotropische Eigenschaften zuzuertheilen, und fassen die plagiotrope Gleichgewichtsstellung der Seitenwurzeln auf als bedingt durch ein Zusammenwirken der genannten geotropischen Richtungsimpulse.

Auch die Ergebnisse an Seitenwurzeln, welche unter dem richtenden Einflusse verschieden starker Centrifugalkräfte stehen, lassen sich unter Zugrundelegung der eben geäußerten Auffassung gut verstehen. Die von SACHS gemachte Beobachtung, dass mit zunehmender Grösse einer wirksamen Centrifugalkraft der Grenzwinkel sich immer mehr verkleinert, veranlasste PFEFFER<sup>1)</sup> bereits die Vermuthung auszusprechen, dass es sich beim geotropischen Grenzwinkel der Seitenwurzeln möglicherweise um den Ausdruck einer resultirenden Wirkung handeln dürfte. Thatsächlich ist dies auch jene Auffassung, welche am ungezwungensten die bezüglichen Verhältnisse zurechtlegt. Die krümmende Wirkung des Transversalgeotropismus nimmt langsamer zu, als die des positiven Geotropismus. Sie bleibt aber stets in der resultirenden Stellung ausgedrückt; soweit die bisherigen Versuche reichen, stellen sich die Seitenwurzeln auch bei den stärksten angewendeten Fliehkräften nicht in die Richtung des Rotationsradius vollständig ein. Unter dem Einfluss sehr schwacher Centrifugalkraft (bis 0,1 *g*) stellen sich die Seitenwurzeln senkrecht zur Krafrichtung, und kehren nach gewaltsamer Ablenkung immer wieder durch Umwachsen des hindernden Gegenstandes in die Transversalstellung zurück. Positiver Geotropismus drückt sich somit in dieser Gleichgewichtslage nicht aus. Unter diesen Verhältnissen benehmen sich die Nebenwurzeln überhaupt genau so, wie sonst die horizontalen unterirdischen Ausläufer von *Adoxa*, *Circaea* und anderer Pflanzen.

Die ausführliche Arbeit wird darlegen, dass auch den horizontalen Rhizomen und unterirdischen Ausläufern positivgeotropische neben transversalgeotropischen Eigenschaften zukommen, obwohl in der Gleichgewichtsstellung sich der positive Geotropismus nicht ausdrückt. Es ist dies ein ganz analoges Vorkommniss, wie es etwa Fruchträger von *Phycomyces* darbieten, wenn sie auf ein vertical von unten oder seitlich horizontal einfallendes Licht gerade zuwachsen, als ob sie gar nicht geotropisch wären. Ganz Aehnliches gilt von manchen oberirdischen Organen, wie z. B. die horizontalen Ausläufer von *Fragaria* negativ geotropisch sind.

Wien, Pflanzenphysiologisches Institut der Universität.

1) W. PFEFFER, Pflanzenphysiologie II, p. 339. Leipzig 1881.

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

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

Jahr/Year: 1895

Band/Volume: [13](#)

Autor(en)/Author(s): Czapek Friedrich

Artikel/Article: [Die plagiotope Stellung der Seitenwurzeln 298-302](#)