

75. A. Ursprung: Beitrag zur Erklärung des exzentrischen Dickenwachstums an Krautpflanzen.

Eingegangen am 12. November 1906.

Über das exzentrische Dickenwachstum an Krautpflanzen ist noch verhältnismässig wenig bekannt. Kürzlich erschien nun eine Arbeit von BÜCHER¹⁾, in welcher die Resultate einer grossen Zahl interessanter Versuche über die künstliche Erzeugung exzentrischen Dickenwachstums an krautigen Stengeln niedergelegt sind. Diese Arbeit liefert einmal eine schöne Vermehrung des Tatsachenmaterials, sie zeigt ferner auch, dass eine kausal-mechanische Erklärung zurzeit nicht möglich ist. Die BÜCHER'schen Resultate lassen sich aber auch nach einer Seite hin verwerten, die in der erwähnten Arbeit unberücksichtigt blieb. Eine Frage, die sich ebenso stark aufdrängt als die nach den bewirkenden Ursachen der von BÜCHER konstatierten anatomischen Veränderungen, ist die nach der physiologischen Bedeutung derselben. Im Folgenden werde ich versuchen zu zeigen, inwieweit der veränderte Bau aus der veränderten Funktion zu verstehen ist.

Wir fassen an erster Stelle jene Erscheinungen ins Auge, die BÜCHER als Geotrophismus²⁾ bezeichnet. Es wird hierunter der Reaktionserfolg verstanden, „der bei horizontaler Zwangslage in solchen orthotropen, krautigen Organen auftritt, deren mechanische Gewebe noch nicht die definitive Ausbildung erreicht haben; das Wesen des Geotrophismus besteht darin, dass im Vergleich zum gleichalterigen Normalspross die Kollenchym-, Bast- und Holzzellen der Oberseite stärkere Membranverdickungen und meist geringere Zellweite, diejenigen der Unterseite dagegen geringere Membranverdickungen und relativ grössere Zellweite erhalten.“ Die Versuchsanstellung war so getroffen, dass die Sprosse horizontal gelegt und durch eine in gleicher Richtung wirkende Zugkraft an der geotropischen Aufwärtskrümmung verhindert wurden.

Bei dem in horizontaler Zwangslage gehaltenen Hypokotyl von *Ricinus communis* trat in der geotropisch reaktionsfähigen Zone starkes exzentrisches Dickenwachstum auf der Unterseite ein, wodurch der

1) H. BÜCHER, Anatomische Veränderungen bei gewaltsamer Krümmung und geotropischer Induktion. Jahrb. für wissenschaftliche Botanik, 1906, Bd. 43, S. 271.

2) In bezug auf die Verwendung des Ausdruckes Trophismus kann ich nur das wiederholen, was ich anderswo gesagt habe. Die Erklärungsversuche des exzentrischen Dickenwachstums, S. 271. Biolog. Centralbl. Bd. 26, 1906.

ursprünglich runde Querschnitt elliptische Gestalt erhielt. Auf der Oberseite waren die mechanischen Zellen eng bei dicker Wand, auf der Unterseite besaßen diese Zellen umgekehrt weites Lumen und dünne Membranen. Ähnliche Resultate wurden mit einer grossen Zahl anderer Pflanzen erhalten.

Der horizontal gehaltene Spross hat natürlich das Bestreben sich in der reaktionsfähigen Zone negativ geotropisch aufzurichten. Damit dies möglich ist, muss der Spross auf der Unterseite stärker in die Länge wachsen als auf der Oberseite. Da die Oberseite mit der Unterseite in organischem Zusammenhange steht, so wird sie hierbei notwendig eine Zugspannung erleiden. Um die geotropische Aufkrümmung zu ermöglichen, wird diese Zugkraft um so stärker sein müssen, je stärker die Kraft ist, die den Stengel in der Zwangslage zu halten sucht. Die starke Ausbildung der mechanischen Elemente auf der Zugseite macht es der Pflanze möglich, gegen diese Zugspannung den nötigen Widerstand zu leisten und findet hierin ihre Erklärung. Um den in Zwangslage befindlichen Spross aufrichten zu können, muss nicht nur die Oberseite eine bedeutende Zugfestigkeit besitzen; es ist vor allem auch nötig, dass auf der Unterseite eine starke aktive Druckspannung durch Längenwachstum erzeugt wird. Es ist ferner notwendig, dass dieselbe Unterseite druckfest gebaut ist, da sie sonst infolge des Längsdruckes einknicken würde. Der durch Wachstum erzeugte Gesamtlängsdruck eines Organes ist nun — bei Konstant-erhaltung des Druckes pro Flächeneinheit — um so grösser, je grösser die Querschnittsfläche dieses Organes ist. Um dies deutlicher zu machen, können wir die wachsende Zelle mit einer Winde vergleichen. Wie durch die doppelte Zahl Winden *caeteris paribus* die doppelte Last gehoben werden kann, so wird auch durch die doppelte Zahl Zellen *caeteris paribus* ein doppelt so starker Längsdruck entstehen; hierbei vergrössert sich auch der Querschnitt des Organes um das Doppelte. In gleichem Sinne wie eine Vergrösserung der Zahl der Zellen, wirkt *caeteris paribus* auch eine Vergrösserung der Querschnittsfläche der Zellen. Durch die Vergrösserung des Querschnittes des Stengels auf der Druckseite wird also die Herstellung einer stärkeren Druckspannung ermöglicht und damit der ersten Forderung entsprochen. Zugleich wird aber auch der zweiten Forderung Genüge geleistet, indem eben durch die Vergrösserung des Querschnittes selbstverständlich auch eine druckfeste Konstruktion hergestellt wird.

Es ist nun ohne weiteres klar, dass eine Steigerung der Druckkraft und der Druckfestigkeit auch auf andere Weise als durch Vergrösserung des Organquerschnittes erreicht werden kann; so liesse sich dies z. B. ermöglichen durch Verstärkung des Turgors und durch die Ausbildung von Kollenchym. Die Vergrösserung des Quer-

schnittes scheint mir aber bei gleichem Materialverbrauch das bessere Mittel zu sein, weil durch die Querschnittsvergrößerung Druckkraft und Druckfestigkeit gesteigert und somit gleichzeitig beiden Bedürfnissen genügt wird, während sowohl Turgorerhöhung wie Wandverdickung jeweils nur ein Bedürfnis befriedigt.

Bei der zwangsweisen Verhinderung der heliotropischen Krümmung zeigten sich ähnliche Erscheinungen wie bei der Verhinderung der geotropischen Krümmung. Auf der Lichtseite waren die Wände der mechanischen Elemente stärker verdickt. Die Erklärung ist dieselbe wie im vorigen Fall.

Wurde ein wachstumsfähiger vertikaler Spross rechtwinklig gebogen und durch eine Zugkraft in dieser Stellung gehalten, so zeigten sich in der Krümmungszone die folgenden Veränderungen. Die mechanischen Zellen wurden auf der konvexen Seite bedeutend übernormal ausgebildet, während auf der konkaven Seite die Wandverdickungen zurückblieben, die Zellweiten aber zunahmten. Dieses Verhalten erklärt sich in ähnlicher Weise wie in den früher besprochenen Fällen. Durch die künstliche Krümmung wird auf der konvexen Seite eine Zug-, auf der konkaven eine Druckspannung erzeugt. Durch das exzentrische Dickenwachstum wird die konvexe Seite zugfest, die konkave druckfest gemacht und somit eine zweckmässige Veränderung hervorgerufen. Der gebogene Spross hat aber zudem noch das Bestreben sich in die normale Lage zurückzukrümmen; wir haben also in der Krümmungszone dasselbe exzentrische Dickenwachstum zu erwarten wie bei der horizontalen Zwangslage, und dies trifft auch tatsächlich zu. Es zeigte sich ferner, dass in der Krümmungszone die anatomischen Differenzen zwischen konvexer und konkaver Seite meist grösser sind als in den Teilen der Objekte, in denen nur Geoperzeption stattfindet, oder in denen nur die gewaltsame Krümmung¹⁾ wirkt. Die Zweckmässigkeit dieses Verhaltens leuchtet ein, indem eben die Steigerung der mechanischen Beanspruchung verbunden ist mit einer Steigerung der Einrichtungen zu ihrer Überwindung.²⁾

Was die kausal-mechanische Erklärung der durch Krümmung erzeugten Wachstumsveränderungen betrifft, so ist es interessant, dass BÜCHER ohne meine vor sechs Jahren erschienene Arbeit zu kennen, zu denselben Schlussfolgerungen kam. — Da — nach Untersuchungen von BALL,³⁾ die zum Teil mit denselben Spezies ausgeführt waren — eine Zugkraft allein keinen Einfluss auf die Wand-

1) Die diesbezüglichen Versuche wurden an Klinostaten ausgeführt.

2) Aus dem bisher Mitgeteilten ergibt sich auch von selbst die Erklärung für das Verhalten der *Ricinus*-Sprosse, auf die ein Längsdruck ausgeübt wurde.

3) BALL, Der Einfluss von Zug auf die Ausbildung von Festigungsgewebe. Jahrbuch für wiss. Bot. Bd. 39, 1904, S. 305.

verdickungen der mechanischen Elemente ausübt, so ist es nicht möglich, die Veränderungen der Zug- und Druckseite einfach auf Längszug bzw. Längsdruck zurückzuführen. „Wir müssen daher annehmen,“ schreibt BÜCHER, „dass beim Zustandekommen kamptotrophischer Reaktionen¹⁾ beide Spannungen (Zug- sowohl wie Druckspannung) beteiligt sind, in welcher Weise wissen wir nicht.“

Beim exzentrischen Dickenwachstum von Stämmen und Ästen schrieb man von jeher dem Längsdruck eine grosse Rolle zu. Dass er zur Erklärung nicht ausreicht, habe ich kürzlich bei Besprechung der verschiedenen Erklärungsversuche auseinandergesetzt.²⁾ Bereits vor sechs Jahren war ich zum Schluss gekommen³⁾, dass nicht speziell der Druck oder Zug es ist, welcher stärkeres oder schwächeres Dickenwachstum veranlasst, sondern die mechanische Beanspruchung im allgemeinen, d. h. eben die Biegung, die Vereinigung von Druck und Zug. Ein tieferer Einblick in den Zusammenhang zwischen den bewirkenden Ursachen und dem resultierenden exzentrischen Wachstum fehlt allerdings heute noch ebenso wie vor sechs Jahren, dagegen sehen wir jetzt deutlicher als damals ein, welche physiologische Bedeutung das exzentrische Dickenwachstum hat.

Freiburg (Schweiz), Botanisches Institut.

76. F. E. Weiss: Die Blütenbiologie von *Mercurialis*.

Mit zwei Figuren im Text.

Eingegangen am 12. November 1906.

Im Anfange dieses Jahres besprach MOEBIUS⁴⁾ in diesen Berichten die uns als nutzlos erscheinenden Eigenschaften der Pflanzen und erwähnte in seiner Abhandlung die Bemerkung HILDEBRAND's⁵⁾, dass der Duft der Blüten in einigen Fällen ganz nutzlos zu sein scheint. Als Beispiel hat HILDEBRAND *Mercurialis annua* angeführt, „einen Windblütler, welcher nie von Insekten besucht wird.“

1) D. h. bei Reaktionen, die durch eine gewaltsame Krümmung wachstumsfähiger Krautspresse in der Krümmungszone hervorgerufen werden.

2) URSPRUNG, Die Erklärungsversuche des exzentrischen Dickenwachstums. Biolog. Centralblatt, Bd. 26 (1906), S. 257.

3) URSPRUNG, Beiträge zur Anatomie und Jahresringbildung tropischer Holzarten. Dissert. Basel 1900, S. 80.

4) Diese Berichte Bd. XXIV 1906, S. 5.

5) Über Ähnlichkeiten im Pflanzenreiche. Leipzig 1902, S. 65.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

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

Jahr/Year: 1906

Band/Volume: [24](#)

Autor(en)/Author(s): Ursprung Alfred

Artikel/Article: [Beitrag zur Erklärung des exzentrischen Dickenwachstums an Krautpflanzen. 498-501](#)