loren, und indem das Cambium unmittelbar oberhalb und unterhalb der Wunde aufhört zu wachsen, erlangt die Wundstelle bald mehr oder weniger die Form einer Ellipse, deren längere Achse der Zweigachse parallel läuft und welche seitlich von zwei Holzwülsten begrenzt wird.

Die specielleren Vorgänge bei der Bildung des secundären Wundholzes sind gleich den in den früheren Fällen beschriebenen; hier sollten nur die Abweichungen von jenen hervorgehoben werden.

(Fortsetzung folgt.)

Ueber Heliotropismus

von Dr. H. Müller (Thurgau).

(Schluss.)

6. Die Krümmungsgeschwindigkeit ist Anfangs gering, nimmt allmälig zu, erreicht ein Optimum, um dann wieder abzunehmen.

Die Grösse der gesammten heliotropischen Krümmung eines Stengels lässt sich auch ausdrücken durch den Winkel, den die obersten Stengeltheile mit den untern nicht gekrümmten bilden. Wenn wir nun an der Spitze des Stengels einen langen Zeiger befestigen, der bei der Krümmung an einem in Grade eingetheilten Bogen vorbeigleitet, so lässt sich mit ziemlicher Genauigkeit der Gang der Krümmung ablesen. Folgender Versuch möge als Beispiel für die Sätze 5 und 6 dienen.

Eine treibende *Fritillaria imperialis* wird um 9Uhr einseitig beeuchtet, der Zeiger auf 0° am Bogen eingestellt. Um 9 Uhr 30 Min. liess sich noch keine Krümmung beobachten.

9 Uhr	der Zeiger auf	0°	0,2 per Stunde.
10 „		0,2°	0,4°
11 „		0,6°	0,5°
12 „		1,1°	0,75°
2 „		2,6°	1,1°
3 „		3,7°	1,7°
4 „		5,4°	2,3°
5 „		7,7°	**2,6**
6 „		10,3°	

Universitätsbibliothek Regensburg urn:nbn:de:bvb:355-ubr03643-0090-6

7 Uhr der Zeiger auf	12,7°	2,4° per Stunde.
8 „	14,7°	2,0°
9 „	16,1°	1,4°
10 „	16,9°	0,8°
12 „	17,7°	0,4°

Nach 7 Uhr war es schon Nacht, dennoch war die Krümmungsgeschwindigkeit um diese Zeit noch ganz bedeutend. Die ganze Bewegung, von da an bis um 12 Uhr, wo die letzte Beobachtung gemacht wurde, ist eine Nachwirkung der vorhergehenden einseitigen Beleuchtung. Aus anderen Versuchen geht hervor, dass in dem angeführten Beispiel die Steigerung der Krümmung um 12 Uhr nicht aufhörte, sondern mit abnehmender Intensität bis gegen Morgen andauerte.

Dass die Curve der Krümmungsgeschwindigkeit, die nach den vorigen Angaben leicht zu construiren ist, anfangs ansteigt, ist erklärlich; man braucht sich bloss daran zu erinnern, dass immer einige Zeit vergeht, bis sich der Einfluss einseitiger Beleuchtung geltend macht und dass derselbe ziemlich lange anhält Die Krümmungszunahme in einer gewissen Zeit ist also Folge der Summe von Lichtwirkungen in den vorangehenden Zeiten; es wird demnach z. B. in der zweiten Stunde die Krümmungszunahme nicht so bedeutend sein, wie in der vierten, da die Zeit der Einwirkung des Lichtes eine kürzere ist. — Ebenso ist das Absteigen der Curve aus mehreren auf der Hand liegenden Ursachen zu erklären.

Wenn wir Pflanzen senkrecht auf der horizontalen rotirenden Achse befestigen und das Licht parallel mit dieser einfallen lassen, wenn zudem die Nutation in angeführter Weise berücksichtigt wird, so hat die erste Krümmung so ziemlich die Form eines regelmässigen flachen, in der Mitte am stärksten gekrümmten Bogens. Unterbrechen wir den Versuch nicht, sondern lassen das Licht noch weiter auf die rotirende Pflanze einwirken, so zeigt sich, dass

7. bei zunehmender Krümmung die Form derselben sich fortwährend ändert; die stärkste Krümmung bleibt nicht an derselben Stelle, sondern rückt allmälig gegen das untere Ende des wachsthumsfähigen Stengeltheils vor. Bei der ersten Krümmung kommen nämlich die oberen Theile des wachsenden Stengelstücks in eine für die Einwirkung des Lichtes ungünstige Lage, indem

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr03643-0091-2

sie nun mit den anfangs senkrecht einfallenden Lichtstrahlen einen spitzen Winkel bilden. Dadurch fällt aber auf ein bestimmtes Stück der Stengeloberfläche eine geringere Lichtmenge, als vorher, ein Umstand, der, wie aus zahlreichen Versuchen hervorgeht, verzögernd auf die Krümmungssteigerung einwirkt (siehe Satz 10). Andere Versuche haben zudem ergeben, dass

8. auch dann, wenn auf ein bestimmtes Stück der Vorderfläche eines Stengels dieselbe Lichtmenge auffällt, die Wirkung doch geringer wird, je kleiner der Winkel ist, den die Lichtstrahlen mit der Längsachse des Stengels bilden. Die beiden angeführten Umstände wirken, nun in gleichem Sinne, nämlich verzögernd auf die Krümmung der oberen Theile. Da hier ganz ähnliche Verhältnisse in Betracht kommen, wie sie Sachs für die geotropischen Krümmungen in den oben angeführten Abhandlungen weiter ausgeführt, so weise ich auf diese hin, besonders auch auf die Abbildungen auf S. 454 d. Arb. d. bot. Instit. in Würzb. Bd. I.

Die der Stengelspitze genäherten Theile gelangen durch die Krümmung der weiter unten befindlichen in immer ungünstigere Lagen und nach einiger Zeit sind die obern mit den einfallenden Lichtstrahlen parallel. Da nun aber die tiefer liegenden Theile sich noch weiter krümmen, so werden zuerst die obersten und allmälig auch tiefer liegende Theile sogar über diese Richtung hinaus gerückt und also nun auf derjenigen Seite beleuchtet, die vorher vom Lichte abgewendet war. Sie erfahren eine wenn auch schwächere Krümmung im gegentheiligen Sinne, die, ebenfalls von oben nach unten fortschreitend, sich jedoch allmälig ausgleicht. Am Ende des Versuchs steht alsdann der schon Anfangs ausgewachsene Theil des Stengels noch senkrecht auf der rotirenden Achse, an der Stelle, wo Anfangs die untere Grenze des wachsthumsfähigen Stückes sich befand, zeigt sich eine scharfe Krümmung, während die weiter oben befindlichen Stengeltheile entweder ziemlich gerade oder in seichtem Bogen dem Lichte zustreben, also parallel der Achse sind.

So einfach, wie in dem angeführten Beispiel sind nun die Verhältnisse nicht immer, es können weitere Complicationen hinzukommen; so kann z. B. die Vertheilung des Längenwachsthums am Stengel eine andere sein (siehe Sachs in Flora 1873 p. 322), oder es kann der Stengel weniger empfindlich gegen einseitige Beleuchtung sein etc. Ebenso werden die Verhältnisse bedeutend complicirter, wenn der Stengel nicht wie in unserem Beispiel cy-

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr03643-0092-8

lindrisch, sondern nach oben conisch zugespitzt ist. Alsdann findet sich zwar wieder im Anfang die grösste Wachsthumsdifferenz der Hinter- und Vorderseite an der Stelle, wo die Wachsthumsgeschwindigkeit ihr Maximum erreicht, allein eine einfache Betrachtung zeigt, dass die grösste Wachsthumsdifferenz nicht nothwendig die stärkste Krümmung ergeben muss, sondern dass weiter oben, wo der Stengel dünner ist, aus einer kleineren Differenz eine bedeutendere Krümmung resultiren kann, was auch wirklich bei stark conischen Stengeln sich hie und da constatiren lässt.

9. Eine heliotropische Krümmung lässt sich, solange der betreffende Stengeltheil nicht ausgewachsen ist, durch Beleuchtung von der entgegengesetzten Seite oder durch Einwirkung des Geotropismus wieder ausgleichen. So werden z. B. Keimpflanzen, die durch mehrstündige einseitige Beleuchtung sich fast rechtwinklig gekrümmt haben, im Dunkeln durch Einwirkung des Geotropismus wieder gerade; dauert aber die Einwirkung des Lichtes so lange, bis die Hauptkrümmung an der Grenze des wachsthumsfähigen Stengeltheils angekommen ist, so bleibt bei nachheriger Einwirkung des Geotropismus der untere Theil der heliotropischen Krümmung bestehen.

10. Die heliotropische Krümmung ist unter sonst gleichen Umständen eine um so ausgiebigere, je grösser die Intensität des einfallenden Lichtes ist.

Die Grenzen, innerhalb der sich die hier berücksichtigten Versuche bewegten, sind einerseits diffuse Tageshelle in einem Zimmer, andererseits das von der geschliffenen Glasglocke einer 10 Meter von der Pflanze entfernten Petroleumlampe ausgehende Licht. Ueber die Art und Weise, wie sich wachsende Pflanzentheile einer intensiveren einseitigen Beleuchtung gegenüber verhalten, werde ich in der ausführlichen Publication berichten.

11. Die Art der vorherigen Beleuchtung beeinflusst die Krümmungsfähigkeit in der Weise, dass Stengel, die vor dem Experimente einige Zeit im Dunkeln standen, empfindlicher gegen einseitige Beleuchtung sind, als solche, die vorher allseitig beleuchtet waren.

Diese Erscheinung wird ihren Grund zum Theil darin haben, dass die Exemplare, die vor dem Versuche im Dunkeln standen, nun eine grössere Wachsthumsgeschwindigkeit besitzen, wodurch

Universitätsbibliothek Regensburg urn:nbn:de:bvb:355-ubr03643-0093-3

nachgewiesenermassen die Krümmungsintensität gesteigert wird. Es scheint aber, dass auch ohnedies die betreffenden Stengeltheile gegen einseitige Beleuchtung empfindlicher sind, als diejenigen der vorher allseitig beleuchteten Pflanzen.

12. Die heliotropische Krümmung ist begleitet von einer Wachsthumsdifferenz der beleuchteten und der von der Lichtquelle abgewendeten Seite, und zwar habe ich auf alle Fälle constatirt, dass die concave Seite weniger rasch wächst, als bei gleich intensiver allseitiger Beleuchtung. Dass dagegen das Wachsthum der convexen Seite bei einseitiger Beleuchtung beschleunigt wird, ist zwar sehr wahrscheinlich, konnte aber bis jetzt nicht experimentell festgestellt werden.

Die Hemmung, welche die beleuchtete Seite in ihrem Wachsthum erfährt, kann sogar als Verkürzung auftreten, wenn nämlich die Wachsthumsgeschwindigkeit der sich krümmenden Stengelzone schon vor dem Versuch eine geringe, die Krümmung durch günstige Umstände doch eine bedeutende ist. Doch betrugen die Verkürzungen nie mehr als 1,5% der ursprünglichen Länge.

Die hier mitgetheilten Thatsachen zeigen, dass die heliotropischen Erscheinungen in ihren wesentlichen Momenten, wie ich sie festgestellt, mit den geotropischen Krümmungen übereinstimmen. Obwohl einzelne Fragen, welche noch beantwortet werden müssen, einer weiteren Untersuchung bedürfen, ist mit der Feststellung dieser Uebereinstimmung von Heliotropismus und Geotropismus die im Eingang erwähnte Vermuthung, dass es sich beim Heliotropismus weniger um die Lichtdifferenz, als um die Lichtrichtung handle, wenn auch noch nicht definitiv bewiesen, so doch zu hohem Grade von Wahrscheinlichkeit gediehen. Es würde damit auch die alte von De Candolle aufgestellte Theorie über das Zustandekommen der heliotropischen Krümmungen abgewiesen sein.

Für einige Pflanzenorgane, die im Bisherigen nicht berücksichtigt wurden, ist ebenfalls bekannt, dass sie sich vom Lichte wegkrümmen, so die Stengel von *Hedera Helix* und *Tropaeolum*, sowie die Ranken von *Ampelopsis* und *Vitis*. Diese Erscheinung, die einstweilen zweckmässigerweise vom eigentlichen negativen Heliotropismus, wie ihn die Wurzeln von *Aroideen* und *Chloro-*

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr03643-0094-9

phytum, sowie das hypocotyle Glied von *Viscum* zeigen, zu trennen ist, lässt sich sehr schön an den wachsenden Trieben von *Tecoma radicans* beobachten.

13. Sowohl bei diesen, als auch den oben in erster Linie angeführten Pflanzenorganen, findet die Krümmung von der Lichtquelle weg nicht wie beim eigentlichen negativen Heliotropismus auf der ganzen wachsthumsfähigen Zone statt, sondern nur im untern Theil derselben, und die krümmungsfähigste Zone fällt nicht mit der Stelle des stärksten Wachsthums zusammen.

Der Stengel von *Tecoma* ist bilateral und legt sich, wenn er in der Nähe einer Wand wächst, mit seiner Unterseite derselben innig an, wobei aus seinen Knoten zahlreiche Haftwurzeln hervortreten. Der obere Theil ist positiv heliotropisch und zwar ganz so, wie bei anderen Stengeln, nur mit dem Unterschied, dass diese positiv heliotropische Krümmung sich nicht über die ganze wachsende Zone ausbreitet, denn im untern Stück derselben krümmt sich der Stengel vom Lichte weg. Während also die Stengelspitze von der Wand sich wegneigt, tritt weiter unten eine gegentheilige Krümmung auf, wodurch ein Anpressen an die Mauer zu Stande kommt. Man hätte sich übrigens immer noch denken können, dass hier das Licht gar nicht oder doch nur theilweise die wirkende Ursache sei, allein durch folgenden Versuch kann man sich leicht vom Gegentheil überzeugen. Man lässt ein Exemplar dieser Pflanze an einer Glaswand emporranken, die von derjenigen Seite beleuchtet ist, auf welcher sich die Pflanze befindet. Dieselbe nimmt ganz die gleiche Lage ein, wie an der undurchsichtigen Mauer; beleuchtet man aber die Glaswand von der entgegengesetzten Seite, so dass also das Licht auf die Berührungsfläche der Pflanze auffällt, so führt diese gleichzeitig zwei Bewegungen aus; der obere Theil des wachsenden Stengelstücks krümmt sich concav gegen die Glasplatte, der untere Theil convex von derselben weg, und zwar ist diese letztere Krümmung ausgiebiger, als die positive heliotropische. Schon nach wenigen Stunden hat der obere Theil des Stengels die Form eines flachen S.

Auch bei schon ziemlich ausgebildeten Ranken von *Ampelopsis* ist die Streckung doch noch auf die ganze Ranke vertheilt; an der Basis derselben ist sie am geringsten und hört hier auch zuerst auf. Gerade an der Basis findet nun die Krümmung vom

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr03643-0095-5

Lichte statt, allein nach den bisherigen Versuchen auch nur dann, wenn das Wachsthum in dem betreffenden Stück noch nicht vollständig aufgehört hat. Ist die Basis ausgewachsen, so kann allenfalls noch der darüber liegende Theil eine Krümmung ausführen, allein es sind doch nur die untersten Theile der Ranke, welche diese Eigenschaft besitzen. Haben sie ihre Streckung vollendet, so kann sich die Ranke nicht mehr vom Lichte wegwenden.

14. Bei gleichzeitiger Einwirkung des Heliotropismus und des Geotropismus macht sich letztere schon beim ersten Auftreten der heliotropischen Krümmung bemerkbar, indem diese unter sonst gleichen Umständen schneller eintritt, wenn der Geotropismus ausgeschlossen ist.

15. Der Geotropismus wirkt bei verschiedenen Pflanzen in verschieden starkem Grade der heliotropischen Krümmung entgegen.

Manche Pflanzen, die gegen Einwirkung der Schwerkraft sehr empfindlich sind, zeigen, wenn sie in aufrechter Stellung von horizontal einfallenden Lichtstrahlen einseitig getroffen werden, fast gar keine heliotropische Krümmung; werden sie dagegen an der rotirenden Achse befestigt und nun einseitig beleuchtet, so ist die heliotropische Krümmung bedeutend. Bei anderen Pflanzentheilen, besonders bei Keimstengeln, überwiegt die Wirkung des Lichts über die der Schwerkraft. Vom Licht horizontal getroffene aufrechtstehende Keimstengel krümmen sich rasch und bis die obern Stengeltheile mit der Lichtwirkung nur noch einen kleinen Winkel bilden. Ausschluss des Geotropismus hat auf die Krümmungsintensität wenigstens anfangs keinen so grossen Einfluss.—

Wenn man horizontal liegende Stengel von unten beleuchtet, was ich in einem besondern Apparat mit Hilfe eines Spiegels vornehme, so sucht der Geotropismus dieselben nach oben, der Heliotropismus nach unten zu krümmen. Bei Pflanzen wie *Helianthus*, die gegen die Einwirkung der Schwerkraft empfindlicher sind, krümmt sich der Stengel nach oben, der Stengel von *Fritillaria* dagegen blieb fast den ganzen Tag gerade, erfuhr dagegen Nachts eine starke geotropische Krümmung. Bei den meisten Keimpflanzen endlich überwiegt die Einwirkung des Lichts über diejenige der Schwerkraft, sie krümmen sich nach unten.

16. Es gibt also Stengeltheile, die empfindlicher gegen den Einfluss des Lichts, und andere, die empfindlicher gegen den Einfluss der Schwerkraft sind.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr03643-0096-1

Die angeführte Methode, Geotropismus und Heliotropismus in entgegengesetzter Richtung auf Pflanzentheile einwirken zu lassen, zeigte sich sehr zweckmässig bei Beantwortung zahlreicher anderer Fragen. So lässt sich z. B. auf diese Weise sehr schön der Einfluss erkennen, den die Intensität der Beleuchtung auf die Stärke der heliotropischen Krümmung ausübt; indem man bei solchen Pflanzen, bei denen der Einfluss des Lichts über den der Schwerkraft überwiegt, dadurch dieses Verhältniss stufenweise abändern kann, dass man weniger Licht auf den Spiegel und somit auf die Unterseite der Pflanze wirft.

17. Die negativ heliotropischen Wurzeln von *Chlorophytum* und *Monstera Lennea* werden durch allseitige Beleuchtung ebenso in ihrem Längenwachsthum gehemmt, wie dies für die positiv heliotropischen Stengel und Wurzeln nachgewiesen ist.

Ganz unabhängig von dem schon früher Angeführten ist dies wieder ein Beweis gegen die De Candolle'sche Theorie, denn nach derselben müssten diese Organe, die im Dunkeln schneller wachsen, als im Lichte, sich positiv heliotropisch krümmen.

Würzburg, Dezember 1875.

Botanische Notizen aus Griechenland

von **X. Landerer** in Athen.

Ueber den Gebrauch der Maulbeer-Früchte.

In Griechenland findet sich eine Maulbeerbaum-Species, deren Früchte sehr gross werden, einen sehr angenehm säuerlichen Geschmack besitzen und mit oder ohne Zucker gegessen eine prächtige Zuspeise bilden. Man nennt selbe ihres säuerlichen Geschmackes halber Xynomora — eigentlich und richtiger Oxynomora zu nennen von oxy=sauer und Moron=Maulbeere — indem der Baum Morus Morca heisst. Der Name Morus ist aus dem Griechischen Worte Mor und bedeutet schwarz in Bezug auf die Farbe seiner Früchte. Aus diesen grossen, säuerlich schmeckenden Früchten wird der Syrup bereitet, nachdem der Saft während einiger Tage gegährt haben muss, um nicht zu verderben und durch die sich entwickelnden Säuren eine schönere rothe Farbe zu erhalten. Würde dieser Syrup im Grossen bereitet werden oder

Universitätsbibliothek Regensburg urn:nbn:de:bvb:355-ubr03643-0097-7

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Flora oder Allgemeine Botanische Zeitung

Jahr/Year: 1876

Band/Volume: 59

Autor(en)/Author(s): Müller Hermann

Artikel/Article: Ueber Heliotropismus 88-95