

gefundene und für *T. Majorana* gehaltene Pflanze von *T. capitatum* L. wirklich specifisch verschieden ist, und zu einer eigenen Art erhoben zu werden verdient, wie Porta und Rigo dies gethan haben, indem sie dieselbe *T. Willkommii* nannten, mag hier ununtersucht bleiben. Ich werde Gelegenheit haben, mich darüber in der nächsten (15.) Lieferung meiner „Illustrationes Florae Hispaniae insularumque Balearicum“ auszusprechen, welche die Abbildungen und genauen Beschreibungen der vier hier besprochenen Labiaten enthalten wird.

Ueber das Längenwachsthum und den Geotropismus der Rhizoiden von *Marchantia* und *Lunularia*.

Von G. Haberlandt.

Vor einiger Zeit wurde von mir festgestellt,¹⁾ dass das Längenwachsthum der Wurzelhaare auf Spitzenwachsthum im eigentlichsten Sinne beruht; die diesbezüglichen Versuche wurden mit den Keimpflanzen von *Cucurbita Pepo*, *Pisum sativum*, *Polygonum fagopyrum* und *Helianthus annuus* durchgeführt. Die Untersuchungsmethode bestand darin, dass durch Anblasen von feiner, trockener Reisstärke, deren winzige Theilkörnchen an den Wurzelhaaren leicht haften blieben, künstliche Marken gewonnen wurden, welche dann die Ermittlung der Wachsthumvertheilung ermöglichten. Es ergab sich hierbei, dass ausschliesslich in dem calottenförmig gekrümmten Scheiteltheil des Wurzelhaares das Wachsthum desselben von Statten geht; knapp hinter demselben ist das Längenwachsthum des Haares schon gänzlich erloschen.

Ich habe später nach gleicher Methode auch die Art des Längenwachsthums der Rhizoiden von *Marchantia* und *Lunularia* ermittelt und im Anschlusse daran die geotropischen Reizkrümmungen dieser Organe studirt. Die Ergebnisse dieser Beobachtungen mögen im Nachstehenden mitgetheilt werden.

Die Versuchsanstellung war hiebei die folgende: Brutknospen der genannten Marchantiaceen wurden auf eine innere Seitenfläche des zur Herstellung der feuchten Kammer verwendeten Papprahmens ausgesät. Auf der betreffenden Seite war um den Papprahmen (welcher mit Wasser durchtränkt war) vorher ein Streifen von Filterpapier geschlungen worden, welcher einen Centimeter weit vorragte; durch Benetzung dieses vorragenden Theiles des Papierstreifens wurde die Wasserzufuhr zu den keimenden Brutknospen geregelt. Der Papprahmen befand sich auf einem Objectträger und nach erfolgter Aussaat der Brutknospen wurde zur Herstellung der feuchten Kammer ein Deckglas darüber gelegt. Dann wurden die Objectträger ver-

¹⁾ Ueber die Beziehungen zwischen Function und Lage des Zellkernes bei den Pflanzen. Jena 1886, pag. 54 ff.

tical aufgestellt, und zwar so, dass die mit Brutknospen besäete Seitenfläche des Papprahmens nach oben gekehrt war. Von den auf der erdwärts gekehrten Seite jeder Brutknospe entstehenden Rhizoiden¹⁾ wuchsen so wenigstens einige annähernd parallel zur Oberfläche des Objectträgers in die feuchte Kammer hinein und konnten derart bei schwacher Vergrößerung leicht beobachtet werden. Da die Brutknospen, wie bereits Pfeffer fand, im Dunkeln gar keine oder nur spärliche Rhizoiden entwickeln, andererseits aber die heliotropischen Reizkrümmungen der Rhizoiden auszuschliessen waren, so wurde die die vertical gestellten Objectträger enthaltende Glasschale auf die in der Horizontalebene rotirende Tragscheibe des Klinostaten gestellt, welcher sich in der Nähe eines Laboratoriumfensters befand.

Die Versuchsergebnisse waren die gleichen, ob zur Aussaat Brutknospen von *Marchantia polymorpha* oder von *Lunularia vulgaris* verwendet worden waren. Die Mehrzahl der Versuche wurde mit den Rhizoiden des letztgenannten Lebermooses durchgeführt.

Sobald die in die feuchte Kammer hineinwachsenden Rhizoiden eine Länge erreicht hatten, welche den Längsdurchmesser der Brutknospen um das Zwei- bis Dreifache übertraf, wurde ihre Markirung vorgenommen. Das Deckglas wurde ein wenig gehoben und durch den Spalt Reisstärke an die Rhizoiden geblasen. Nach den bei schwacher Vergrößerung mittelst des Ocularmikrometers vorgenommenen Messungen wurden die Objectträger in jenen Versuchen, durch welche die Art des Längenwachsthums ermittelt werden sollte, in ihrer früheren Stellung wieder auf die Tragscheibe des Klinostaten gebracht. Nach 24 Stunden wurde neuerdings gemessen. Wenn auch die Versuche begreiflicher Weise oft misslangen, indem die sehr empfindlichen Rhizoiden nach der Markirung ihr Längenwachsthum oft vollständig einstellten, so liegt mir doch eine genügende Anzahl gelungener Experimente vor, welche mich berechtigen, den oben für die Wurzelhaare verschiedener Dikotylen ausgesprochenen Satz auch auf die Rhizoiden von *Marchantia* und *Lunularia* auszudehnen. Nur der calottenförmige Scheiteltheil der Rhizoiden ist im Längenwachsthum begriffen. Knapp dahinter findet kein Längenwachsthum mehr statt.

Nachstehend folgen zwei Beispiele:

Rhizoiden von *Lunularia vulgaris*. Dauer des Wachsthums

¹⁾ So wie nach den Untersuchungen Pfeffer's (Arbeiten des botanischen Institutes in Würzburg, I. Bd., pag. 77 ff.) an horizontal gelegten Brutknospen von *Marchantia* blos die auf der erdwärts gekehrten Seite vorhandenen Rhizoid-Initialen thatsächlich auswachsen, so bildet, wie Leitgeb gefunden hat, auch bei den Brutknospen von *Lunularia* jede Initiale blos auf der erdwärts gekehrten Seite ein Rhizoid. In seiner citirten Arbeit hat Pfeffer angegeben, dass auch durch einen Contactreiz die Production von Rhizoiden veranlasst werde. In einer späteren Arbeit (Untersuchungen aus dem botanischen Institut zu Tübingen, I. Bd., pag. 528 ff.) berichtigt Pfeffer diese Angabe dahin, dass die Berührung mit einem festen Körper keine derartige Reizwirkung ausübe. Ich kann diese letztere Angabe nur bestätigen.

24 Stunden. Temperatur 20° C. Die Zonen sind von der Spitze des Rhizoides gegen die Basis zu römisch beziffert.

Länge der einzelnen Zonen in Mikromillimeter:

Zu Beginn des Versuches:		Nach 24 Stunden:
Rhizoid A.	I. 13	120
	II. 20	20
	III. 35	35
	IV. 180	180
Rhizoid B.	I. 10	350
	II. 40	40
	III. 100	100

Es waren also nur die obersten, anfänglich 13, resp. 10 μ langen Zonen der Rhizoiden im Längenwachstum begriffen. Da die Dicke der Rhizoiden durchschnittlich 15 μ betrug, so sieht man, wie strenge das Wachstum auf den Scheiteltheil localisirt war.

Es frug sich jetzt, wie bei einer solchen Art des Längenwachstums die Reizkrümmungen zu Stande kommen. Denn bei allen wachsenden Organen, an welchen die geotropischen und heliotropischen Reizkrümmungen bisher studirt worden sind, findet die Krümmung bekanntlich in der hinter dem Scheitel des Organes befindlichen, mehr oder minder langen Zone statt, welche im Längenwachstum begriffen ist. Bezüglich der Rhizoiden von *Marchantia* liegt blos eine kurze Angabe von Pfeffer¹⁾ vor, wonach die geotropische Krümmung „fast ausschliesslich an einer in einiger Entfernung hinter dem Wurzelhaarende liegenden, jedoch nicht zu beschränkten Zone“ stattfinden soll. Wäre dies richtig, so würde demnach die Reizkrümmung in einer Zone erfolgen, welche, bei dem ausgesprochenen Spitzenwachstum der Rhizoiden, ihr Längenwachstum bei normaler Lage des Organes bereits vollständig eingestellt hat. Dem entgegen haben meine Versuche ergeben, dass die geotropische Reizkrümmung der Rhizoiden sich nicht in der soeben angegebenen Weise, sondern ausschliesslich derart vollzieht, dass die fortwachsende Spitze des Organes unter dem Einflusse der Schwerkraft ihre Wachstumsrichtung ändert.

Die Versuche wurden in der Weise ausgeführt, dass durch Drehung des Papprahmens (in der Verticalebene) um 90 Grade die Rhizoiden in eine andere Lage gebracht wurden. Zur Beobachtung wurden nur solche Rhizoiden ausgewählt, welche annähernd vertical abwärts gewachsen waren. Nach der Drehung des Papprahmens befanden sich demnach diese Rhizoiden in annähernd horizontaler Lage. Die Rhizoiden waren vorher mit Reisstärkekörnchen markirt worden: von kürzeren Rhizoiden wurde zu Beginn des Versuches einfach die Länge genau bestimmt. Nach Pausen von einigen Stunden wurden dann die betreffenden Rhizoiden von Neuem gemessen.

¹⁾ l. c. pag. 89.

Bei diesen Versuchen ergab sich nun, dass die markirten Rhizoiden zwar sehr häufig ihr Wachstum noch eine Zeit lang fortsetzen, dass aber in der Regel keine Aenderung der Wachstumsrichtung eintritt. Die Rhizoiden wachsen noch eine Strecke weit in horizontaler Richtung fort und sistiren dann ihr Wachstum vollständig. Solche Rhizoiden waren also durch die Markirung geschädigt worden; ihr Wachstumsvermögen war zwar noch nicht erloschen, wohl aber war ihre geotropische Sensibilität vernichtet oder doch so weit abgeschwächt, dass sie sich nicht mehr durch Aenderung der Wachstumsrichtung äussern konnte. Brauchbare Versuchsergebnisse erzielte man demnach bloß mit unmarkirten Rhizoiden, deren Länge zu Beginn des Versuches genau bestimmt worden war. Solche Rhizoiden krümmen sich geotropisch abwärts und zeigen hiebei folgendes Verhalten:

1. Die sich abwärts krümmende Partie des Rhizoides gehört stets dem durch sein Spitzenwachstum neu hinzukommenden Theile desselben an. Die zu Beginn des Versuches hinter dem Rhizoidende befindlichen Zonen, deren Längenwachstum vollständig erloschen ist, zeigen nicht die geringste Krümmung. Die geotropische Krümmung kommt also dadurch zu Stande, dass die fortwachsende Spitze des Organs ihre Wachstumsrichtung successive ändert. Der Krümmungsradius ist dabei ein verhältnissmässig ziemlich grosser. — Auch bei den Rhizoiden beruht also die geotropische Reizkrümmung auf einer Modification des Längenwachstums.

2. Die geotropische Krümmung der in horizontale Lage gebrachten Rhizoiden geht nie so weit, dass schliesslich wieder die verticale Wachstumsrichtung erreicht wird. Das Rhizoid wächst vielmehr nach Erreichung eines bestimmten Grenzwinkels (dessen Grösse übrigens individuellen Schwankungen unterworfen ist) geradlinig weiter. Dieser Grenzwinkel (welchen die Rhizoiden mit der Verticalen einschliessen) betrug in den von mir angestellten Versuchen circa 50—70°. Die Rhizoiden der untersuchten Lebermoose verhalten sich also hinsichtlich ihrer geotropischen Empfindlichkeit nicht wie Hauptwurzeln, sondern ähneln in dieser Hinsicht den Seitenwurzeln.¹⁾

Ein merkwürdiges Verhalten der Rhizoiden, welches ich wiederholt, doch nicht an jedem Rhizoide beobachtet habe, besteht darin, dass das nach der geotropischen Krümmung schräg abwärts wachsende Rhizoid nach einiger Zeit in derselben Ebene sich ein zweites

¹⁾ Uebrigens hat schon Pfeffer (l. c. pag. 89) angegeben, dass die Rhizoiden von *Marchantia* nur in geringerem Grade geotropisch sind. — Wenn also die zu den Versuchen ausgewählten Rhizoiden anfänglich vertical abwärts wuchsen, so geschah dies nicht deshalb, weil sie sich hinsichtlich ihrer geotropischen Empfindlichkeit wie Hauptwurzeln verhielten, sondern aus dem Grunde, weil die Wachstumsrichtung der betreffenden Rhizoiden annähernd senkrecht auf den ihren Ursprungsorten angelegten Tangenten stand. Das Vorhandensein einer solchen Eigenrichtung der an den Brutknospen entstehenden Rhizoiden hat bereits Pfeffer hervorgehoben. Uebrigens scheint der Eigenwinkel der Rhizoiden nicht immer ein rechter zu sein.

Mal, eventuell selbst ein drittes Mal abwärts krümmt. Wenn diese zweite, respective dritte Krümmung gleichfalls eine geotropische Reizkrümmung ist, was wohl kaum zu bezweifeln sein dürfte, so zeigen die Rhizoiden eine periodische Aenderung, und zwar eine Steigerung ihrer geotropischen Empfindlichkeit, in Folge welcher ihr Grenzwinkel früher oder später verkleinert wird. Uebrigens sind Aenderungen der geotropischen und heliotropischen Empfindlichkeit auch im Entwicklungsgange anderer Organe bekanntlich keine seltene Erscheinung.

Ueber das Zustandekommen der negativ heliotropischen Krümmungen der Rhizoiden von *Marchantia* und *Lunularia* habe ich keine Untersuchungen angestellt, doch zweifle ich nicht, dass für dieselben mutatis mutandis dasselbe gilt, wie für die geotropischen Reizkrümmungen.

Zum Schlusse möge noch mit einigen Worten darauf hingewiesen werden, dass die vorstehend mitgetheilten Beobachtungen zu Ungunsten der Wortmann'schen Hypothese¹⁾ betreffs des Zustandekommens der geotropischen und heliotropischen Reizkrümmungen sprechen. Der Wortmann'schen Arbeit liegt der schon früher von Sachs ausgesprochene Gedanke zu Grunde, dass die Reizkrümmungen ein- und mehrzelliger Pflanzenorgane auf Reizbewegungen des Protoplasmas zurückzuführen seien. Dieses letztere sammle sich auf der später concav werdenden Seite des betreffenden Organes an und bewirke hier eine stärkere Wandverdickung, in Folge welcher die Dehnbarkeit der Zellwand, respective der Zellwände verringert wird. Der Turgor muss dann natürlich eine Krümmung des ganzen Organes herbeiführen, wobei dieselbe naturgemäss in der Richtung der Plasmabewegung erfolgen wird. — In den Rhizoiden von *Marchantia* und *Lunularia* ist nun nicht blos der ausschliesslich im Längenwachsthum begriffene Scheiteltheil, sondern auch die dahinter liegende mehr oder minder lange Zone des Haares mit Plasma vollkommen erfüllt, so dass von einer der geotropischen Krümmung vorausgehenden Plasmabewegung nicht die Rede sein kann. Etwas Aehnliches hat Wortmann bereits bei den Schläuchen von *Saprolegnia* beobachtet. Er hilft sich hier mit der Annahme²⁾, dass es in solch dichtem Plasma zwar unmöglich sei, besondere Vertheilungen zu erkennen, dass aber eine „Differenz im Plasmabelege“ dennoch vorhanden sein müsse, da in der weiter rückwärts gelegenen gekrümmten Zone, wo das Plasma nur mehr als Wandbeleg auftritt, dieser letztere auf der concaven Seite eine grössere Dicke besitze. Ganz abgesehen davon, dass Wortmann mit dieser Hilfhypothese ein neues Erklärungsprincip herbeizieht, da er in den Schlauchenden von *Saprolegnia* einen qualitativen Unterschied³⁾ in der Plasmaver-

¹⁾ Zur Kenntniss der Reizbewegungen, Botan. Ztg. 1887, Nr. 48—51.

²⁾ l. c. pag. 812.

³⁾ Ein solcher qualitativer Unterschied wäre es bereits, wenn auf concav werdender Seite das Plasma von dichterem Beschaffenheit wäre, als auf der convex werdenden Seite.

theilung annimmt, während er sonst von einem bloß quantitativen Unterschied ausgeht, ganz abgesehen von dieser Inconsequenz ist es natürlich eine ganz willkürliche Annahme, dass der angeblich dickere Plasmabeleg auf der Concavseite der bereits gekrümmten Schlauchzone eine Differenz in der Plasmavertheilung des Schlauchendes anzeige. An den Rhizoiden der untersuchten Lebermoose konnte ich im Scheiteltheile weder eine „Differenz im Plasmabelege“, noch einen Unterschied in der Membrandicke wahrnehmen; ebensowenig aber auch in der bereits ausgewachsenen gekrümmten Zone.

Mit Rücksicht auf die Wortmann'sche Hypothese ist noch die folgende Beobachtung von einigem Interesse: die älteren Rhizoiden von *Lamularia*-Brutknospen, welche auf einer Nährlösung schwimmend cultivirt wurden, zeigten häufig sehr auffallende wellige Krümmungen („undulirende Nutation“). Dieselben waren meist viel schärfer als die geotropischen Krümmungen. Während nun in den dem Rhizoidende benachbarten geschlängelten Zonen die Zellwand auf beiden Seiten gleich dick war, besass dieselbe in den älteren Partien des Rhizoids auf den Concavseiten häufig, aber nicht immer, eine merklich grössere Dicke als auf den Convexseiten. Die Membranverdickung war hier offenbar eine Folge, nicht aber die Ursache der Krümmungen.¹⁾

Notiz über das Verhalten von *Gingko biloba* L. im Finstern.

Von **Hans Molisch**.

Durch die Untersuchungen von Sachs wurde nachgewiesen, dass die Keimlinge verschiedener Coniferen das Vermögen besitzen, selbst in tiefster Finsterniss Chlorophyll zu bilden und daher zu ergrünen.²⁾

Man war und ist seitdem geneigt, diese Eigenthümlichkeit sämtlichen Coniferen, ja allen Gymnospermen zuzuschreiben, ohne aber hiezu auf Grund von Beobachtungen berechtigt zu sein.

Der eigenthümliche, einem Laubholz so ausserordentlich ähnelnde Habitus von *Gingko*, die sonderbare Form der Frucht, der merkwürdige Verlauf des Befruchtungsvorganges und einige andere Eigenschaften lassen den *Gingko*baum eine Art Ausnahmstellung unter den Coniferen einnehmen. Mit Rücksicht darauf schien es nicht unwahrscheinlich, dass die genannte Pflanze auch bezüglich ihres Verhaltens im Finstern eine Ausnahme bildet, d. h. hier nicht zu ergrünen vermag.

¹⁾ Ganz analoge Erscheinungen haben bereits Elfving für *Phycomyces* und Noll (Arbeiten des botanischen Institutes in Würzburg, herausgegeben von Sachs, III. Bd., pag. 500, 504) für *Bryopsis* und *Derbesia* beschrieben und als Beweisgründe gegen die Wortmann'sche Hypothese geltend gemacht.

²⁾ Lotos 1859 und Flora 1864, S. 505.

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: 1889

Band/Volume: [039](#)

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

Artikel/Article: [Ueber das Längenwachsthum und den Geotropismus der Rhizoiden von Marchantia und Lunularia. 93-98](#)