

fach mit systematischen sehr wenig, weil einzelne biologische Eigenthümlichkeiten sporadisch in den letzteren auftreten. Ebenso setzen sich ja auch die biologischen Gruppen der Windepflanzen, Rankenpflanzen, Stammsucculenten, Blattsucculenten und andere aus Angehörigen sehr von einander abweichender systematischer Abtheilungen zusammen.

12. J. Schrodt: Die Bewegung der Farnsporangien, von neuen Gesichtspunkten aus betrachtet.

Eingegangen am 28. Januar 1897.

Für den Bewegungsmechanismus der Farnsporangien, insbesondere der der Polypodiaceen, sind bisher drei Erklärungsversuche gemacht worden, die ich als den PRANTL-LECLERC'schen, den SCHRODT'schen und den STEINBRINCK'schen bezeichnen möchte. Bevor ich an dieselben in ihren wesentlichsten Punkten erinnere, sei es mir gestattet, der Vollständigkeit halber jenen zur Ausstreuung der Sporen dienenden Vorgang selbst mit wenigen Worten zu schildern:

Die reifen Sporangien bestehen bekanntlich aus einem sehr zartwandigen, ellipsoidischen, kurz gestielten Säckchen, in welchem vom Stiele über den Scheitel hinweg und auf der anderen Seite wieder fast bis zum Stiele herunter der sogenannte Annulus verläuft, gebildet aus einer Reihe dickwandiger Zellen, die man passend mit senkrecht zu ihrer ebenen Oberfläche halbirtten runden Pappschachteln verglichen hat. Die halbkreisförmigen Seitenwände und der bandförmige Boden, dem sie senkrecht aufsitzen, sind ausserordentlich verdickt, während die halbcylindrische Decke als ein feines Häutchen darüber gespannt ist. Diese Zellen sind zur Zeit der Reife mit Wasser gefüllt. Indem dieses bei trockener Luft in wenigen Secunden schwindet, streckt sich der Ring unter Zerreissung des Sporenbehälters gerade und krümmt sich vollständig zurück, bis seine Enden wieder fast zur Berührung kommen, so dass also die dünne Decke jetzt im Innern des Ringes, der Boden aussen liegt, wobei sich erstere tief in das Lumen einstülpt. Hat der Annulus diese Lage angenommen, so springt er plötzlich in die Anfangsstellung zurück und schleudert durch diesen kräftigen Ruck die im Sporangium enthaltenen Sporen theilweise heraus. Hierauf beobachtet man eine abermalige Streckung, welche aber nur so weit geht,

dass der Ring jetzt annähernd eine gerade Linie bildet. Werden die Sporangien durch Thau oder Regen befeuchtet, so schliessen sie sich auf's Neue, bei eintretender Trockenheit spielt sich der oben geschilderte Vorgang in derselben Weise ab und kann durch Befechten mit Wasser und Wasser entziehenden Mitteln beliebig oft mit denselben Sporangien wiederholt werden. Benutzt man dazu von ihrem Stiele abgerissene, welche man etwa auf einen Objectträger gelegt hat, so springen dieselben bis zu 1 *cm* und mehr in die Höhe in Folge des Widerstandes der Luft gegen die kappenförmige Reste des Sporensäckchens an den beiden Enden des Annulus.

Da ich auf diese Bewegungserscheinungen öfters Bezug zu nehmen habe, so sei es zur Abkürzung gestattet, die Lage des geschlossenen Sporangiums als J-Stellung, die Lage des zurück gekrümmten Sporangiums als C-Stellung und die Lage des zur geraden Linie gestreckten trockenen Sporangiums als E-Stellung zu bezeichnen.

Der Streit der Meinungen besteht nun hauptsächlich in der Erklärung des Ueberganges aus der C- in die J-Stellung, wozu die Annahme von Spannungsänderungen der Membranen in Folge von Wasserverlust nicht ausreicht; denn wenn durch solchen das Sporangium in die C-Stellung gezwungen wird, so kann unmöglich bei Fortbestehen dieser Ursache der Uebergang zur J-Stellung damit vereinbar sein. An dieser Schwierigkeit scheitert der (3.) STEINBRINCK'sche Erklärungsversuch, wie der Autor auch selber zuzugeben scheint, indem er (S. 456) bemerkt, dass der Process schwerlich, „als ein Product der Austrocknung“ angesprochen werden könne.

Daher blieben bis jetzt nur die PRANTL-LECLERCQ'sche und meine Erklärung bestehen, deren grundsätzliche Verschiedenheit einerseits, deren Lücken und Mängel andererseits im Folgenden aus einander gesetzt werden sollen. Der Grundgedanke, in welchem beide sich vereinigen, ist die Inanspruchnahme des Luftdruckes beim Uebergang aus der C- in die J-Stellung. Während PRANTL wahrscheinlich zu machen sucht, dass dieser Druck von derjenigen Luft herrührt, welche man im Innern der Annuluszellen als runde Blase in dem Augenblick auftreten sieht, in welchem die Deckmembran ihre tief in's Innere der Zellen hinabgehende Falte glättet und das Sporangium springt, habe ich die Ansicht vertreten, dass im Momente des Springens die atmosphärische Luft von aussen durch die dünne Deckmembran in das Innere der Zellen eindringt. Hiermit hängt nothwendig zusammen, dass bei PRANTL diese Membran absolut undurchlässig für Luft, bei meiner Auffassung das Gegentheil der Fall sein muss. Welche Unterschiede im Einzelnen noch vorhanden sind, wird sich am ungezwungensten ergeben, wenn ich die Hauptmomente des Dehiscenzvorganges der Reihe nach durchgehe und die dabei auftretenden Fragen nach den Ursachen aufstelle bezw. zu beantworten versuche.

1. Ich gehe von einem gerade gestreckten, also in der E-Stellung zur Ruhe gekommenen Sporangium aus, welches sich zwischen Objectträger und Deckglas befindet und von Wasser benetzt wird. Dasselbe geht in wenigen Secunden in die J-Stellung über; dabei sind in den Zellen (des Annulus) grosse Luftblasen vorhanden, die allmählich kleiner werden und endlich ganz schwinden. Hier nimmt PRANTL an, dass die Luftblasen ihrem Drucke und ihrer chemischen Zusammensetzung nach mit der Atmosphäre übereinstimmen und dass in den Zellen ein Wasser anziehender Stoff vorhanden sei, stark genug, um den Gegen- druck der durch den Wassereintritt zusammengepressten Luft zu überwinden; denn die Membran ist für Luft impermeabel, letztere löst sich ganz in dem eingedrungenen Wasser auf.

Ich nehme an, dass beim trockenen Sporangium die halbcylindrische Deckmembran sich verkürzt, die Querwände (quer zur Längsrichtung des Annulus) einander nähert und den bandförmigen Boden gerade streckt. Bei Zutritt von Wasser wird die Spannung aufgehoben, die Lumina der Zellen vergrössern sich, und es entsteht eine schwache Luftverdünnung in ihnen, durch welche etwas Wasser in das Innere hineingesaugt wird; in demselben rundet sich die Luft zu einer Blase ab, deren Oberflächenspannung die noch vorhandene Luft nach den Orten geringeren Druckes, also durch die Membran nach aussen treibt.

2. Lässt man ein mit Wasser gefülltes Sporangium trocknen, so geht es aus der J- in die C-Stellung über, während sich die Querwände nähern und die halbcylindrische Decke tief in's Innere eingestülpt wird. Dazu bemerkt PRANTL ganz allgemein, dass dieser Uebergang, also auch das normale Oeffnen eines Farnsporangiums, „durch Verringerung des Binnenraumes“, durch eine „Volumverminderung der ganzen Zelle“ zu Stande komme. Das ist offenbar keine Erklärung, sondern nur eine andere Art der Beschreibung, da ja bei der Volumenverminderung die dünne Deckmembran ebenso gut nach aussen wie nach innen gepresst werden könnte. In der Deutung, welche ich dem Vorgange gegeben habe, nahm ich, wie es mir scheint, mit Unrecht, den Luftdruck in Anspruch, der die Membran einfallen sollte. Das dürfte darum nicht annehmbar sein, weil in diesem ganzen zweiten Abschnitte des Mechanismus zwischen dem Wasser im Innern und der eingestülpten Decke kein Luftraum vorhanden ist, also auch aussen kein Ueberdruck sein kann. Wenn aber diese Vorstellung nicht haltbar ist, so giebt es meiner Ansicht nach nur ein Drittes, was zur Erklärung herangezogen werden kann, nämlich die Adhäsion der Decke am Wasser und die Cohäsion der Wassertheilchen unter einander. Beide Kräfte müssen stark genug sein, um die dünne Decke nach innen zu ziehen, wenn das Wasser aus dem Innern der Zellen verdunstet. Um von vorn herein Missverständnissen zu begegnen, bemerke ich ausdrücklich, dass ich mit dieser Erklärung keine neuen Thatsachen beigebracht zu

haben glaube, derselben vielmehr nur eine hypothetische Bedeutung von einiger Wahrscheinlichkeit beilege und den Beweis dafür vorläufig schuldig bleibe.

3. Ein in der C-Stellung befindliches Sporangium springt plötzlich mit einem Ruck in die J-Stellung, die Querwände treten aus einander, die eingestülpte Decke spannt sich zwischen ihnen annähernd gerade (sie bleibt immer ein Wenig nach aussen concav) und in den Zellen befinden sich runde Luftblasen, in den Ecken der ersteren Wasser. Hierzu bemerkt PRANTL folgendes: In dem Momente, in welchem die Zellen sich auf ihr Volumen in der J-Stellung ausdehnen (PRANTL drückt sich anders aus: er sagt „bei einem gewissen geringen Druck wird die Luft gewöhnlich in allen Ringzellen gleichzeitig wieder frei“ oder an anderer Stelle: „in Folge des Aufhörens des Druckes muss die durch diesen Druck absorbirte Luft wieder frei werden“, wobei er offenbar den Druck im Auge hat, welchen das eingesogene Wasser auf die eingesperrte Luft ausübt) wird die im Wasser gelöste Luft plötzlich entbunden, prallt mit dem Drucke einer Atmosphäre gegen die Zellwände und treibt sie aus einander. Nach meiner Vorstellung dringt in dem Augenblicke, in welchem die Zellen ihr ursprüngliches Volumen wieder annehmen, in den luftleeren oder doch sehr verdünnten Raum durch den Ueberdruck von aussen Luft ein, deren Druck, verbunden mit der elastischen Spannung des Bodens, die Wände aus einander treibt. Hierin liegt, wie schon Eingangs bemerkt, der grundlegende Gegensatz unserer Auffassungen, da in dem Schnellen das wichtigste Moment des ganzen Vorganges beruht, dessen Erklärung die meisten Schwierigkeiten verursacht. Ich hatte daher auch in meiner letzten Arbeit mein Hauptaugenmerk darauf gerichtet, diese Wirkung des Ueberdruckes von aussen nachzuweisen und dazu folgende Versuche angestellt: Ich liess feuchte Sporangien in den luftleeren Raum einer Barometerröhre aufsteigen und beobachtete, dass sie wie an der Luft sprangen. Da jedoch das Vacuum nicht ausgekocht worden war, so konnte angenommen werden, dass immer noch ein geringer Druck vorhanden war, zu dem noch der nicht unbeträchtliche des Wasserdampfes aus den feuchten Sporangien zu addiren war, so dass man immerhin annehmen konnte, dass bei so ausserordentlich kleinen Objecten der Kraftvorrath ausreichte, das Springen der Sporangien zu bewirken. Es wurden deshalb die feuchten Sporangien in kleine viereckige Kammern eingeschlossen, letztere mittelst Bleiröhren an die Luftpumpe angeschraubt, bis auf 2 mm evacuirt und nun mittelst eines Hahnes die Kammer plötzlich dem Vacuum ausgesetzt. Auch jetzt war der Erfolg derselbe: die Sporangien sprangen. Doch war auch dieser Versuch aus den oben schon angegebenen Gründen nicht einwurfsfrei. Zu den 2 mm Druck kam noch der, welcher von der Luft in der Kammer herrührte, der darum nicht gering zu veranschlagen

war, weil das Verhältniss des Kammerraumes zu dem evacuirten nicht klein genug und der Druck des Wasserdampfes überdies noch zuzählen war. Indessen musste man doch soviel zugeben, dass diese Versuche besser zur PRANTL'schen als zu meiner Auffassung passten, und wenn die Frage so gelegen hätte: entweder PRANTL oder SCHRODT, so würden diese Versuche sehr zu meinen Ungunsten in's Gewicht gefallen sein. Zu einem solchen Entweder—Oder lag aber damals und wie ich glaube, liegt auch heute noch kein Anlass vor. Die Aufnahme der eingeschlossenen Luft in das eindringende Wasser und das urplötzliche Entbundenwerden derselben aus den vorhandenen Wasserresten bieten der Auffassung so erhebliche Schwierigkeiten, dass mir die Erklärung von PRANTL unannehmbar erscheint, so lange diese Schwierigkeiten sich nicht beseitigen lassen. Das hat mich aber nicht veranlassen können, den Bedenken meinen Anschauungen gegenüber mich zu verschliessen. Die oben kurz angeführten Versuche mit dem luftverdünnten Raum sind mir immer bedenklich gewesen und würden längst von mir wiederholt worden sein, wenn mir geeignete Apparate zur völligen Ausschliessung des Luftdruckes zur Hand gewesen wären. Ich habe daher mit Freuden die Gelegenheit ergriffen, welche durch den von Dr. KOLKWITZ construirten und in diesem Hefte genauer beschriebenen Apparat, sowie durch die Mittel der hiesigen landwirthschaftlichen Hochschule geboten wurde, um die Frage von Neuem zu prüfen. Es ergab sich bei drei Versuchen, welche mit grösster Sorgfalt angestellt wurden, dasselbe. Nachdem durch die Quecksilberpumpe die Luft aus einem über 2 Liter fassenden Glasgefäss bis auf so geringe Mengen entfernt worden war, dass die im stark verdünnten Raume durch die Quecksilberröhre übergehenden Blasen nicht mehr als erbsengross erschienen, wurden eine Nadelspitze voll in Wasser eingeweichte Sporangien mit diesem Raume in Verbindung gebracht, jedesmal mit demselben Erfolge: die Sporangien sprangen auch in einem fast luftleeren Raume.¹⁾ Hiernach lässt sich die Deutung des Vorganges durch Eindringen der Luft von aussen nicht länger aufrecht erhalten. Da ich aber auch die von PRANTL gegebene nicht für anwendbar halte, so erlaube ich mir die nachfolgende dem Urtheile und der Prüfung der Fachgenossen vorzulegen als eine vorläufige Hypothese, mit deren Begründung ich noch beschäftigt bin.

Benetzt man den gerade gestreckten Annulus mit Wasser, so wird die Contraction der dünnen Deckmembran aufgehoben und die verdickte Bodenmembran sucht ihre ursprüngliche Gleichgewichtslage, die J-Stellung, anzunehmen, wobei das Lumen der Annuluszellen erweitert, die in ihnen enthaltene Luft demnach verdünnt wird. Dadurch

1) Genaueres über die Grössen- und Druckverhältnisse in dem Apparate wolle man in der in diesem Hefte enthaltenen Arbeit von KOLKWITZ nachlesen.

entsteht eine Saugwirkung nach dem Zellinnern, vermöge welcher dort etwas Wasser eindringt. Indem dasselbe sich zu einer Blase abrundet, entstehen capillare Spannungen, durch welche das in der Luftblase enthaltene Wasser zusammengepresst wird und intramolecular nach Orten geringeren Druckes, d. h. nach aussen wandert. Lässt man ein mit Wasser gefülltes Sporangium in der Luft trocknen, so verdunstet durch die Zellmembran das Wasser. Dem sinkenden Niveau im Innern folgt durch Adhäsion der dünnen Deckmembran an das Wasser und durch Cohäsion der Wassermoleküle die dünne Decke so lange als möglich, d. i. in den meisten Fällen fast bis zur Berührung der Querwände in ihren höchsten Punkten. Geht nun die Verdunstung des Wassers weiter und vermag die dünne Decke dem sinkenden Niveau nicht mehr zu folgen, so reisst sie ab. Nun kommt die Elasticität der aus ihrer Gleichgewichtslage, der J-Stellung, in die C-Stellung gebogenen Bodenmembran zur Geltung, durch deren Wirkung das Sporangium in die J-Stellung zurückspringt. „Hierauf verdunstet der Rest des Wassers ohne Formveränderung des Annulus, wobei dasselbe durch zuströmende Luft ersetzt wird. Ist der Vorrath erschöpft, so wird die dünne Deckmembran trocken und verkürzt sich, wobei mit Hilfe der Pfeiler (der Querwände), welche als Hebel wirken, der dicke Boden gespannt und aus seiner Gleichgewichtslage gebracht wird.“²⁾ Mit dieser Volumverminderung der Annuluszellen erfolgt gleichzeitig ein entsprechendes Ausströmen der im Innern enthaltenen Luft durch die dünne Deckmembran, so dass im gestreckten, trocknen Sporangium der Boden von der Decke gespannt ist und im Innern der Annuluszellen sich Luft von der Spannung und Zusammensetzung der Atmosphäre befindet.

Zum Schluss ist es mir eine angenehme Pflicht, den Herren Dr. Dr. BOERNSTEIN und KNY, Professoren an der landwirthschaftlichen Hochschule, zu danken für die Bereitwilligkeit, mit welcher sie mir alle Hilfsmittel ihres Institutes freundlichst zur Verfügung gestellt haben.

Die auf die Frage bezügliche Litteratur ist, soweit ich sie kenne, in folgenden Arbeiten enthalten:

1. PRANTL: Tageblatt der 52. Versammlung deutscher Naturforscher und Aerzte. Baden-Baden. 1879.

2. SCHINZ: Untersuchungen über den Mechanismus des Aufspringens der Sporangien und Pollensäcke. Dissertation. Zürich, ZÜRCHER und FURBER. 1883.

3. SCHRODT: Das Farnsporangium und die Anthere. Flora. Regensburg. 1885.

1) Wörtlich aus der Flora 1885.

4. LECLERC DU SABLON: Recherches sur le dissémination des spores chez les cryptogames vasc. Ann. d. sc. nat. VII. sér., Tom. II, No. 1.
5. SCHRODT: Der mechanische Apparat zur Verbreitung der Farnsporangien. Diese Berichte 1885, 10.
6. PRANTL: Die Mechanik des Ringes am Farnsporangium. Diese Berichte 1886, 2.
7. SCHRODT: Neue Beiträge zur Mechanik der Farnsporangien. Flora. Regensburg 1887.
8. STEINBRINCK: Grundzüge der Oeffnungsmechanik von Blütenstaub und einigen Sporenbehältern. Botanisch Jaarboek kruitkundig Genootschap Dodonaea te Gent. 1895, 7.

13. R. Kolkwitz: Ein Experiment mit Mooskapseln zur Prüfung der Bütschli'schen Schrumpfungstheorie.

Mit 2 Figuren in Holzschnitt.

Eingegangen am 28. Januar 1897.

Meine durch Herrn Prof. STEINBRINCK im letzten Heft des 14. Bandes (1896) dieser Berichte in Aussicht gestellten Versuche seien im Folgenden mitgeteilt.

Es handelte sich darum zu entscheiden, ob z. B. bei der Bewegung der Zähne des Aussenperistoms an der Kapsel von *Orthotrichum diaphanum* der atmosphärische Luftdruck beteiligt ist. Die Kapselzähne dieses Mooses bestehen bekanntlich nur aus Membran und nicht aus Zellen (wie etwa bei *Polytrichum*) und sind gross genug, um bei Lupenvergrösserung deutlich gesehen werden zu können.

Geben diese hygroskopischen Häute ihr Wasser im luftleeren Raum ab, ohne dass ihre Bewegung dadurch beeinträchtigt wird, so kann naturgemäss, wie STEINBRINCK ausführte, der Luftdruck nicht die Ursache ihres Spreizens sein.

Um diese Bedingung zu verwirklichen, setzte ich einen Raum von etwa 2 Liter Inhalt mit einem solchen von ca. $\frac{1}{4}$ ccm in Verbindung. Ein Glashahn (*a* in der Figur) gestattete, beide Räume gegen einander abzuschliessen, so dass der grosse mittels einer Quecksilberluftpumpe vollkommen evacuirt werden konnte, während der kleine unter normalem Druck verblieb. In diesem kleinen Raum nun befand sich ein

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

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

Jahr/Year: 1897

Band/Volume: [15](#)

Autor(en)/Author(s): Schrodtt J.

Artikel/Article: [Die Bewegung der Farnsporangien, von neuen Gesichtspunkten aus betrachtet. 100-106](#)