Folgende Zählungen und Messungen habe ich in Bezug auf die Spaltenanzahl und Blatthöhe ausgeführt:

Höhendifferenz.	Blatthöhe.	Anzahl der Spalten resp. Wülste.
	11 mm.	29
4 —	7 mm.	27
2 —	5 mm.	25
$1^1/_2$ —	$3^1/_2$ mm.	22
1 —	$2^1/_2$ mm.	18
$^1/_2$ —	2 mm.	14
$^1/_2$ —	$1^1/_2$ mm.	10

Diese Tabelle zeigt uns in den Höhendifferenzen, dass das Blatt immer rascher wächst, während das Auftreten neuer Spalten und Wülste mit der Höhe der Blätter abnimmt.

Auf die Angaben früherer Forscher über die Entstehung des *Phoenix*blattes werde ich im „Allgemeinen Theile" meiner Arbeit Bezug nehmen.

(Fortsetzung folgt.)

Neue Beiträge zur Mechanik der Farnsporangien.

Von **J. Schrodt.**

(Schluss.)

Nach diesen Erwägungen und Erfahrungen konnte es sich für mich nur darum handeln, ob sich die Schwierigkeiten, die meiner früher ausgesprochenen Ansicht entgegenstanden, durch geeignete Abänderungen auf der Grundlage bekannter physikalischer Gesetze heben liessen. Zunächst musste die Voraussetzung fallen gelassen werden, dass die Luft innerhalb der Annuluszellen von geringerer Spannung sei als die der Atmosphäre, nachdem es sich durch die Versuche mit der Luftpumpe (S. 187) unzweifelhaft herausgestellt hatte, dass die Membran im Sinne meiner Erklärung schon bei einem Ueberdrucke von 2 mm. für Luft permeabel war. Doch dürfte die richtige Deutung einer anderen schon bekannten Beobachtungsthatsache in Verbindung mit einigen neuen Feststellungen geeignet sein, die dadurch entstehende Lücke auszufüllen und über die Art des Eindringens der Luft von aussen bestimmtere Anschauungen zu gewinnen. Man erinnere sich an die meines Wissens von Leclerc zuerst

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr03552-0204-1

beobachtete Erscheinung, dass Sporangien nach dem plötzlichen Zusammenklappen, wobei sie fast bis in die Anfangsstellung zurückgehen, eine geringe Streckung erfahren, für welche derselbe Autor eine, wie ich früher[1]) nachgewiesen und wie Prantl bestätigt, unhaltbare Erklärung gegeben hatte. Letzterer versucht nun (S. 47) etwas Anderes an die Stelle zu setzen, aber wie es mir scheint ist er damit noch weniger glücklich gewesen. Er stellt den wunderlichen Vergleich an zwischen dem Zusammenklappen des von der Luft zurückgebogenen Sporangiums und etwa einer gespannten Uhrfeder, wenn er auch nicht ausdrücklich davon spricht. Er sagt nämlich (S. 47): „Durch den plötzlichen Anstoss zur Bewegung werden die Ringzellen auf ein grösseres Volumen erweitert, als die Binnenluft bei dem Drucke einer Atmosphäre einnimmt; der äussere Luftdruck verringert nun das Volumen wieder, bis innen und aussen gleiche Spannung der Luft obwaltet." Das ist doch nichts anderes als der obige Vergleich: Wie die plötzlich losgelassene Uhrfeder über ihre endliche Ruhelage hinausgeht und um dieselbe herum schwingt, so sollen die beiden freien Enden des Annulus über den Punkt, in welchem sie zur Ruhe kommen, hinausschiessen, und die dadurch in jeder einzelnen Zelle entstehende Luftverdünnung wäre die Ursache der letzten Streckung. „In Flüssigkeiten wird durch die Reibung das Ueberschreiten des Zieles verhindert." Wie Prantl zu dieser Erklärung gekommen ist, wenn er den Vorgang genau studiert hat, ist mir unerfindlich; denn zwischen einem elastischen Gegenstande, welcher über die Ruhelage hinausspringt, um dann schnell auf dieselbe zurückzugehen und einem Annulus, welcher mit einem Ruck, dem man mit dem Auge kaum zu folgen vermag, in die Anfangsstellung umspringt und dann ganz langsam sich um ein geringes streckt, ist auch nicht die entfernteste Aehnlichkeit. Dazu kommt dreierlei: erstens trägt jeder Annulus an beiden Enden die Reste des Sporenbehälters als zwei tief ausgehölte Kappen, durch welche der Widerstand der Luft gegen das Ueberschreiten des Ruhepunktes unverhältnismässig vermehrt werden muss[2]); zweitens ist bisher von keiner Seite die Richtigkeit meiner Angabe[2]) in Zweifel gezogen worden, dass in der That eine Verkürzung der Deckmembran stattfindet, wie ich am angeschnittenen Annulus, bei welchem jede Wirkung des Luft-

[1]) Berichte d. D. B. Ges. S. 401.

[2]) Man vergleiche meine Zeichnungen in den B. d. D. B. G. S. 403.

Universitätsbibliothek Regensburg urn:nbn:de:bvb:355-ubr03552-0205-7

druckes ausgeschlossen war, festgestellt hatte; drittens ist es nach meinen Beobachtungen nicht richtig, dass in Wasser entziehenden Mitteln — ich habe das käufliche Glycerin angewendet — nach dem Springen eine Streckung nicht mehr eintrete. Bei der Sicherstellung dieses Ergebnisses sind allerdings manche Schwierigkeiten zu überwinden, wie beispielsweise die, dass das Sporangium meist nicht als ganzes schnellt, sondern der Vorgang in den verschiedenen Zellgruppen zu verschiedenen Zeiten sich abspielt, auf welche sich dann auch die nachträgliche Streckung verteilt. Da nun dieselbe schon am ganzen Annulus keine erhebliche ist, so wird sich der auf einzelne Zellgruppen entfallende Betrag nur schwierig erkennen lassen, ja sich in dem häufig eintretenden Falle ganz der Beobachtung entziehen, wenn ein Teil der Zellen gesprungen und in der Endstreckung begriffen ist, während ein anderer noch unter der Einwirkung des Luftdruckes sich nach rückwärts krümmt. Alsdann setzen sich zwei gleichartige in ihren Ursachen durchaus verschiedene Bewegungen zusammen, ohne dass natürlich der Anteil jeder einzelnen deutlich wird. Indessen habe ich bei etwas grösser gewähltem Gesichtsfelde immer Annuli bemerkt, bei denen das Springen in der ganzen Länge zugleich stattgefunden hatte, wie man an den durch die Luftblasen dunkel erscheinenden Zellen genau wahrnehmen konnte; bei allen diesen wurde ausnahmslos, bei dem einem mehr, bei dem andern weniger, die nachträgliche Streckung beobachtet, nicht zum Vorteil des Prantl'schen Erklärungsversuches, dem ich folgenden gegenüberstelle. Ich gehe dabei von der oben erwähnten Thatsache aus, dass die austrocknende Membran sich verkürzt, wofür ich als Beleg ausser dem Versuche mit dem angeschnittenen Annulus noch die Wahrnehmung hinzufügen will, dass auf dem Objektträger liegende trockene Sporangien ganz in der Art hygroscopischer *Geranium*- und *Erodium*-Schnäbel beim Befeuchten durch den Atem des Beobachters sich stärker nach der Anfangsstellung hin krümmen und im nächsten Augenblicke, während des Einatmens, wieder strecken, weil die Feuchtigkeit der ausgestossenen Luft die dünne Decke durchdringt, welche nun, dem Zuge des Bodens folgend, gedehnt wird. Ebendasselbe tritt aber ein, wenn man ein trockenes Sporangium in Wasser legt: die verkürzte Deckmembran verlängert sich und folgt dem Zuge des elastischen Bodens. Jetzt aber, wo das Sporangium von Wasser umgeben ist, tritt durch den Druck der Atmosphäre

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr03552-0206-2

neben gelöster Luft auch Flüssigkeit in das sich vergrössernde Zelllumen ein. Das Sporangium ist jetzt geschlossen und die Zellen des Annulus enthalten neben Luft eine geringe Menge Wasser, welche zunächst die spitzen Winkel am Boden und am oberen Rande der Pfeiler ausfüllen und das Luftvolumen zu einer runden Blase gestalten wird. Von nun an wirkt die Capillarität der entstandenen Menisken verkleinernd auf die Luftblase dergestalt, dass die kapillar verdichteten Gase in grösserer Menge an den Menisken in die Molekular-Interstitien des Wassers aufgenommen werden und von dort durch die Membran hindurch nach aussen zu den Orten geringerer Spannung wandern. Dieser Vorgang muss um so schneller erfolgen, je kleiner die Luftblase, d. h. je stärker die Krümmung des Meniskus wird, eine Thatsache, welche durch die Beobachtung ihre Bestätigung findet. Um ganz sicher zu gehen und die durch die Kapillaranziehung gebotene Stütze zu prüfen, wurden sehr feine Haarröhrchen hergestellt, deren Durchmesser dem Lumen der Annuluszelle ungefähr gleichkam; sodann wurden dieselben in ganz kurze Stücke zerbrochen, um den Weg der Luft von den Orten höheren nach denen geringeren Druckes, wie bei den Sporangien, möglichst zu verkürzen, unter ein Deckglas gebracht und nun Wasser zugesetzt. Es fanden sich darunter stets solche, bei denen das Wasser von beiden Enden zugleich eingedrungen war, die also eine Luftblase zwischen den Menisken einschlossen. Diese verschwand dann ganz genau in derselben Weise, als wenn sie in einer Annuluszelle eingeschlossen wäre. Das ist die Vorstellung über die Wasseraufnahme, welche ich der Prantl'schen entgegenstelle und zu welcher der genannte Forscher selbst gegen das Ende seiner Abhandlung sich bekennt, wenn er sagt, dass in dem engen Raume der verkleinerten Zellen Erscheinungen der Capillarität in höherem Masse auftreten müssen; sie hat zur Voraussetzung: erstens die Permeabilität einer überaus dünnen Membran für Wasser und die darin gelöste Luft; zweitens einen elastischen Zustand der Bodenmembran, für welche als Gleichgewichtslage diejenige angenommen wird, in welcher der Aufbau des Annulus während der Lebensthätigkeit der Pflanze erfolgte. Wie weit diese beiden Annahmen bedenklich sind, was unwahrscheinlicher ist, diese oder der Prantl'sche von niemand bisher gesehene hygroscopische Körper, muss zur Zeit der persönlichen Schätzung des Einzelnen überlassen bleiben.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr03552-0207-8

Zur Veranschaulichung des weiteren Verlaufes der Erscheinungen denke man sich folgendes: Auf einem Objektträger befinde sich unter dem Deckglase eine mit luftgesättigtem Wasser gefüllte einzelne Annuluszelle umgeben von ebensolchem Glycerin, an welches aussen die Atmosphäre angrenzt. Unter dem Einflusse der osmotischen Saugung wird das Wasser aus der Zelle austreten und sich in dem Glycerin verteilen, wobei die Pfeiler durch den Atmosphärendruck sich nähern und die dünne Decke zwischen ihnen sich einstülpt. Im wesentlichen findet also eine andere Verteilung der beiden Flüssigkeiten statt, während für eine intermolekulare Bewegung der Gase kein innerer Grund vorliegt. Dieser Gleichgewichtszustand der Gase ändert sich aber sofort dann, wenn die Deckmembran ihre tiefste Stellung erreicht hat, der Stand des Wassers im Innern der Zelle weiter sinkt und nun zwischen der Oberfläche desselben und der Zellhaut ein luftleerer Raum entsteht. In diesen wird ausser der im Wasserreste gelösten Luft — 0,017 Raumeinheiten des letzteren — von aussen durch die Zellwand hindurch intermolekular gelagerte Luft hineingeschoben und die zusammengepressten Pfeiler springen auseinander. Damit gebe ich allerdings einen in meinen früheren Arbeiten aufgestellten Unterschied zwischen der trocknen und feuchten Deckmembran auf, nach welchem erstere der Luft viel leichter den Durchgang gestatten sollte, wobei ich mich auf Untersuchungen von Wiesner, die sich nicht in allen Fällen zu bestätigen scheinen, stützen durfte. Die oben dargelegte genaue Feststellung des Augenblickes, in welchem für jede einzelne Zelle das Springen stattfindet, sowie die neuere Beobachtung, dass man öfter nach diesem Vorgange in den spitzen Winkeln am Grunde Wasser bemerkt, welches langsam unter Vergrösserung der Luftblase schwindet, endlich ein im folgenden zu erwähnender Versuch machten diese Aenderung meiner früheren Ansicht zu einer unabweisbaren Forderung. Unsere Zelle ist also jetzt erweitert und enthält neben Luft eine geringe Menge Wasser. So lange dieses, vom Glycerin angezogen, die dünne Decke durchwandert, ist letztere natürlich auch davon durchtränkt, wird die Luft im Innern verdünnt und strömt von aussen hinein, ohne dass die Grössenverhältnisse der Zelle dadurch berührt würden. Für letzteres kann man den Beweis dadurch führen, dass man trockene Sporangien in Wasser sich nur teilweise füllen lässt, indem man

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr03552-0208-4

den Vorgang durch zugesetztes Glycerin unterbricht. Dabei macht man die Beobachtung, dass keine Zelle springt, in welcher auch nur die kleinste Luftblase enthalten ist. Wenn die trocknen Zellen mit dem zugesetzten Wasser sich zu füllen beginnen, schliesst sich der Annulus und bleibt in diesem Zustande auch beim Zuströmen des Glycerins, während das eingedrungene Wasser vollständig durch Luft ersetzt wird. Dass dieser Versuch nicht gegen mich gedeutet werden kann, indem man aus meinen Voraussetzungen folgerte, es müssten die Zellen, welche nur noch eine sehr kleine Luftblase enthalten hatten, den Vorgang des Schnellens zeigen, wird aus der obigen Darlegung leicht zu entnehmen sein, freilich nur dann, wenn man mir zugiebt, dass die feuchte Membran für Luft durchlässig ist. Wollte man jedoch bei meiner früheren Anschauung stehen bleiben und den Versuch im Sinne Prantl's in anspruch nehmen, so mag darauf aufmerksam gemacht werden, dass dies nicht angeht. Nach ihm müsste das Ergebnis folgendes sein: Ein trockenes fast gerade gestrecktes Sporangium füllt sich vermöge der osmotischen Saugung mit Wasser, welches die eingeschlossene Luft aufnimmt, die Pfeiler auseinander presst und den Annulus schliesst. Wird jetzt vor Beendigung des Vorganges Glycerin zugesetzt und das Wasser entfernt, so müsste die darin enthaltene Luft wieder frei werden, der Annulus sich allmählich wieder strecken und am Ende ganz dieselben Formverhältnisse zeigen wie vorher, ehe das Wasser zugesetzt wurde, also wieder gerade sein. Davon ist aber durchaus nichts zu beobachten, sondern der Annulus bleibt ganz unbeweglich, während das Wasser nach aussen tritt. Ich kann daher für diesen Versuch eine andere als die oben von mir gegebene Erklärung nicht für richtig halten. Ist endlich aus unserer Zelle alles Wasser durch das Glycerin entfernt und durch Luft ersetzt, so wird schliesslich auch noch der dünnen Deckmembran ihre Feuchtigkeit entzogen, sie verkürzt sich infolge dessen um ein geringes, wobei die Enden der Pfeiler sich nähern. Hierin erkennt man die Erklärung der nachträglichen Streckung, welche bewiesen wird durch die im weiteren Verlaufe des letzten Versuches zu beobachtende Erscheinung, dass, nachdem im Annulus alles Wasser durch Luft ersetzt ist, an demselben in der That stets eine Streckung erfolgt.

Ich bin am Ende und gebe auf Grund der vorstehenden Erörterungen und Versuche für die Vorgänge beim Austrocknen der Sporangien in der Luft die nachstehende zusammenfassende Deutung:

Die Annuluszellen des reifen Sporangiums enthalten Wasser; dasselbe verdunstet durch die dünne Membran der Decke hindurch in die Atmosphäre, wobei durch den Druck derselben jene eingestülpt, die Enden der Pfeiler genähert, der Annulus gestreckt und das Sporangium an der dünnsten Stelle aufgerissen wird. In dem Augen-

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr03552-0209-2

blicke, in welchem in jeder einzelnen Zelle des Annulus die eingestülpte Deckmembran ihren tiefsten Punkt erreicht hat und der sinkenden Oberfläche des eingeschlossenen Wassers nicht weiter zu folgen vermag, entsteht unter ihr ein leerer Raum, in welchen von aussen Luft hineingepresst wird. Dadurch springen in jeder einzelnen Zelle die Pfeiler auseinander, was in den meisten Fällen in vielen oder allen Zellen zugleich geschieht, wodurch in erfolgreicher Weise die anhaftenden Sporen fortgeschleudert werden. Nach dem Zusammenklappen verdunstet der Rest des Wassers ohne Formveränderung des Annulus, wobei dasselbe durch zuströmende Luft ersetzt wird. Ist der Vorrat erschöpft, so wird die dünne Deckmembran trocken und verkürzt sich, wobei mit Hülfe der Pfeiler, welche als Hebel wirken, der dicke Boden gespannt und aus seiner Gleichgewichtslage gebracht wird. Wenn dann die dünne Decke durch Thau oder Regen benetzt wird, so lässt der von ihr ausgehende Zug nach und die Bodenmembran strebt ihre Ruhelage zu erreichen. Dadurch entsteht eine nach dem Zellinnern wirkende Saugkraft, vermöge welcher Luft und Wasser durch die Interstitien der dünnen Decke wandern. Letzteres presst vermittelst der kapillaren Spannung die in den Zellen enthaltene Luft zusammen, welche durch das umgebende Wasser und die Membran hindurch nach den Orten geringeren Druckes d. h. nach aussen strömt. Dadurch füllt sich die Zelle wieder mit Wasser, so dass der eben geschilderte Vorgang von neuem beginnen kann.

Botanisches Institut der Universität.

Berlin, im März 1887.

Corrigenda.

In der vorangegangenen Nr. 12 blieben leider einige sinnstörende Druckfehler stehen, die wir zu verbessern bitten.

Flora Nr. 12:

pag.	181	Zeile	14	von oben:	enthält statt entleert.
„	184	„	18	„ unten:	ausgewaschenen statt ausgewachsenen.
„	187	„	16	„ oben:	Deckmembran statt Druckmembran.
„	188	„	1	„ „	Ueberdruck statt Unberdruck.
„	191	„	6	„ „	Kleinheit statt Reinheit.
„	191	„	2	„ unten:	überwinden statt verhindern.

Anzeige.

Botanisir-Stöcke, -Mappen, -Büchsen, -Spaten, Pflanzenpressen jeder Art, **Loupen**. Gitterpressen M. 3.— (weitgefl. M. 2.25) und Neu! mit Tragriemen M. 4.50; Schutzdecken dafür, Spatentaschen. — Ill. Preisverzeichnis frei.

Friedr. Ganzenmüller in Nürnberg.

Redacteur: **Dr. Singer.** Druck der F. H. Neubauer'schen Buchdruckerei (**F. Huber**) in Regensburg.

Universitätsbibliothek Regensburg

urn:nbn:de:bvb:355-ubr03552-0210-3

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Flora oder Allgemeine Botanische Zeitung

Jahr/Year: 1887

Band/Volume: 70

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

Artikel/Article: Neue Beiträge zur Mechanik der Farnsporangien 202-208