„beipflichten“ und „bestätigen“ macht, kann ich nicht als berechtigt anerkennen.

Die vorstehend erörterten Fragen habe ich eingehender behandeln müssen, weil den Zoologen meine Arbeiten über die Ortsbewegung der Bacillariaceen kaum bekannt sein dürften. Das LAUTERBORN'sche Werk dagegen, dessen vorwiegender Inhalt, die Kerntheilung der Diatomeen, sicherlich das grösste Interesse verdient, hat den Vortheil, unter der stolzen Flagge des Heidelberger Zoologischen Instituts zu segeln.

In meinen Arbeiten über die Ortsbewegung sind nach und nach eine grössere Zahl von Einzelbeobachtungen und Schlussfolgerungen mitgetheilt worden. Neue Untersuchungen werden vielleicht manche derselben als irrig erweisen oder modificiren. Jede begründete Berichtigung, die einen tieferen Einblick in das Wesen der Ortsbewegung gewährt, wird willkommen sein. Immer aber wird billigerweise vorausgesetzt werden müssen, dass, wer fremde Arbeiten mit vermeintlich überlegener Sachkenntniss aburtheilen will, sie zuvor nach Sinn und Wortlaut aufmerksam prüfe und dass dabei der Antheil nicht verkümmert werde, den andere an der Lösung solcher Fragen zu beanspruchen haben.

---

9. C. Steinbrinck: Der Oeffnungs- und Schleudermechanismus des Farnsporangiums.

Eingegangen am 24. Januar 1897.

Die Bewegungen, durch welche die Ausstreuung der Sporen bei den Farnen bewerkstelligt wird, sind bekanntlich ziemlich verwickelt, und ihre mechanische Erklärung ist bisher noch nicht gelungen. Es liegt nicht im Plane dieser kurzen Mittheilung, auf die Controversen und Specialuntersuchungen über diesen Gegenstand näher einzugehen. Die folgenden Zeilen sollen sich vielmehr darauf beschränken, jene Vorgänge von einem neuen Gesichtspunkte aus zu beleuchten, der meines Erachtens zu einer physikalisch einwandfreien Deutung derselben führt und die bisher vorhandenen Schwierigkeiten ohne Zwang beseitigt.

In meiner Abhandlung: „Grundzüge der Oeffnungsmechanik von

Blüthenstaub- und einigen Sporenbehältern¹⁾ habe ich bereits auf die Bedenken hingewiesen, die der „Luftdruckhypothese“, wie sie namentlich von SCHRODT entwickelt worden ist, entgegenstehen, konnte aber selbst damals eine bessere Erklärung nicht liefern. Nun sind aber inzwischen die Abhandlungen von DIXON und JOLY, sowie von ASKENASY über das Saftsteigen der Pflanzen erschienen, in welchen u. a. als neues, bisher noch gänzlich unbeachtetes Moment die Cohäsion der Wasserfäden in den Gefäss- und Tracheidenzügen eingeführt wird, um den Hub des Nahrungssaftes bis zu den Gipfeln hoher Bäume verständlich zu machen. Den Arbeiten der genannten drei Forscher verdanke ich nun die Anregung zu der Erwägung, ob nicht auch bei den Annuluszellen der Farne die „Luftdruckhypothese“ durch Heranziehung der Cohäsion ihres Füllwassers, bezw. der plötzlichen Ueberwindung derselben durch die elastischen Widerstände der Membranen überflüssig gemacht werden könnte. Dies ist aber, wie im Nachfolgenden auseinandergesetzt werden soll, ohne Zweifel der Fall.

Die Wände der einzelnen Zellen des Ringes haben bekanntlich ungleiche Dicke; die nach aussen gewendete Membran steht den Seitenwänden und der Innenwand an Mächtigkeit bedeutend nach. Das Oeffnen der reifen Kapsel wird nun, äusserlich betrachtet, dadurch bewirkt, dass die dünne Decke der einzelnen Ringzellen bei der Verdunstung ihres Füllwassers, der Abnahme der Flüssigkeit entsprechend, nach innen eingestülpt und der Gesamtcomplex dieser Zellen somit gestreckt wird.

Nach den Versuchsergebnissen, die in den Mittheilungen der drei genannten Forscher niedergelegt sind, bietet sich für dieses Phänomen eine sehr einfache Erklärung dar: Würde die Deckmembran in ihrer ursprünglichen Lage beharren, so würde sich die ihr anhängende Wasserschicht von der übrigen Wassermenge des Zellraumes losreißen müssen. Dies wird aber durch die Cohäsion des Füllwassers verhindert. Die Membran wird erst freigegeben, wenn in dem den Zellraum erfüllenden Wasser der Riss eintritt.²⁾

Um nun die Vorgänge beim Aufspringen der Farnkapseln im Einzelnen zu erörtern, wählen wir als Beispiel ein Polypodiaceen-Sporangium und stellen uns vor, dasselbe werde, noch geschlossen, in wasserdurchtränktem Zustande unter dem Mikroskop beobachtet. Beim Verdunsten des Wassers nimmt man drei wesentlich verschiedene auf einander folgende Erscheinungen wahr.

1. Vorgang: Das Oeffnen der Kapsel unter Einfaltung der Deckmembran, wobei sich der Ring erst streckt und dann auswärts krümmt.

1) Botanisch Jaarboek der Dodonaea, Gent 1895. S. 365.

2) Nach den bisherigen Erfahrungen ist die Cohäsion des Wassers geringer als seine Adhäsion an der Membran.

Von dieser Formveränderung der Annuluszellen war oben schon die Rede. Sie vollzieht sich allmählich, indem sich die Membranfalte, die von aussen in den Zellraum hineinragt, mehr und mehr vertieft und an den Boden heranrückt. Die dicken Seitenpfeiler der Ringzellen, die durch deren Radialwände gebildet werden, nähern gleichzeitig ihre Aussenkanten einander bis zu deren gegenseitiger Berührung. Dabei bleibt die eingestülpte Decke stets in innigstem Contact mit der gekrümmten Oberfläche des Füllwassers. Die Auswärtskrümmung des Ringes kann soweit gehen, dass seine freien Enden wiederum nahezu zusammenstossen, und der Ring eine der ursprünglichen entgegengesetzte Form darbietet, bei der seine Aussenseite von den Innen- (Boden-) Wänden der Elemente gebildet wird.

Ueber die Ursache dieser Erscheinungen brauchen wir kein weiteres Wort zu verlieren: die wachsende Einfaltung hängt mit dem steigenden Wasserverlust der Zellräume bei fortschreitender Verdunstung zusammen; die Zugkraft wird von der Cohäsion des Wassers geliefert, welches infolge des elastischen Widerstands der Deckmembran und besonders der dicken Innenwandung nicht unbeträchtlich gedehnt sein muss. Das Stadium der äussersten Rückwärtskrümmung bezeichnet nun die Grenze, bei welcher die Cohäsion des Füllwassers den elastischen Widerständen vorübergehend noch das Gleichgewicht zu halten vermag.

2. Vorgang: Das Springen der Farnkapsel unter Rückkehr des Ringes in eine der ursprünglichen nahestehende Form.

Wird bei der fortschreitenden Verdunstung das Volum des Füllwassers noch mehr verringert, sein Dehnungszustand mithin ein Weniges über das Mass erhöht, das die Cohäsion zulässt, so tritt plötzlich an irgend einer Stelle der Riss desselben ein. Damit verschwindet der Zug, der bisher auf die Membran ausgeübt wurde, momentan. Die Seitenwände und die Decke schnellen sofort elastisch zurück. Der Wasserrest breitet sich vermöge der leichten Verschiebbarkeit seiner Theilchen ohne weiteren Widerstand an der Innenfläche des vergrösserten Raumes aus und sammelt sich vorzugsweise in den Ecken. In der freien Atmosphäre tritt in diesen Raum gleichzeitig Luft von aussen ein.

War die Wasserabnahme in allen Zellen des Annulus eine gleichmässige, so werden diese sämmtlich in der geschilderten Weise gleichzeitig „springen“. Dabei muss sich aber der ganze Ring mit einem Ruck und grosser Energie wieder einwärts krümmen. Es ist also verständlich, dass in diesem Falle das Sporangium durch das Aufschlagen seines Ringes auf die Unterlage um mehrere Centimeter auf- und seitwärts geschleudert, und die demselben noch anhaftende Sporen-

masse noch beträchtlich weiter ausgestreut werden kann. Bei ungleichmässiger Verdunstung tritt auch das Schnellen einzelner Zellcomplexe successive ein; somit kann dann das Sporangium mehrere Male auf und ab hüpfen.

3. Vorgang: Die Herstellung der endgiltigen Schrumpungsform in Folge vollständiger Verdunstung des Wassergehaltes.

In Folge des Schnellens ist der Zellraum im Vergleich zu dem vorhergehenden Zustande ganz beträchtlich vergrössert worden. Daher ist es wohl zu begreifen, dass die Verdunstung der Flüssigkeit in den soeben frei gewordenen Raum hinein eine lebhaftere ist und auch die dünne Decke theils nach innen, theils nach aussen einen Theil ihres Imbibitionswassers abgibt, ohne raschen Ersatz zu erhalten. So erklärt es sich, dass der Ring, wenn er nach dem Springen zur Ruhe gekommen ist, nicht mehr genau dieselbe Form zeigt, die er in dem geschlossenen Käpselschen besass, sondern mehr gestreckt (weniger gekrümmt) ist. Unter dem Mikroskop sieht man diese Streckung in mässigem Grade noch fortschreiten, wenn die letzte Wasserhaut der Wände verschwindet. Mit dieser Formänderung sind die Bewegungen des Ringes abgeschlossen, bis sich etwa seine Zellen bei Wasserzutritt unter Vertreibung der Binnenluft von Neuem füllen, und das Spiel des Mechanismus von der ursprünglichen Form des Ringes aus wiederum beginnt.

Für die letzte geringfügige Streckung desselben, also für die Herstellung seiner stationären Trockenform ist nun, wie in der früher citirten Abhandlung: „Grundzüge der Oeffnungsmechanik von Blütenstaub- und einigen Sporenbehältern“, Seite 350, auseinander gesetzt worden ist, die Structur der Zellwände ausschlaggebend. Dort ist nämlich gezeigt worden, dass die „Micellarreihen“ der Seiten- und Tangentialwände in fortlaufendem Zuge derart streichen, dass sie auf jenen vom Boden zur Decke (radial nach aussen), auf diesen quer von einer Seitenwand zur anderen verlaufen. Diese Structur wird vermuthlich in erster Linie dadurch bedingt sein, dass die bezeichneten Wandungen während des Vorganges 1. bei der Biegung resp. Streckung hauptsächlich in den angegebenen Richtungen auf Zug in Anspruch genommen werden. Derselbe Wandaufbau bringt es ferner aber auch mit sich, dass das Gewölbe der Decke beim Austrocknen vorzugsweise in der Querrichtung des Ringes (senkrecht zu seiner Ebene) schrumpft und sich somit dem Boden, über dem es im Bogen ausgespannt ist, mit grosser Kraft zu nähern strebt. Dieser Annäherung widerstreben jedoch die Seitenwände, da ihre Höhe nicht entsprechend abnimmt. Das Resultat ist, dass sich die Oberkanten dieser letzteren ähnlich wie im Vorgange 1 wiederum auf einander zu bewegen, diesmal jedoch unter dem Zuge der verkürzten Decke, nicht

unter dem des Wassers. Damit ist auch die letzte Streckung des Annulus in ihrem ursächlichen Zusammenhange klargestellt, und somit das ganze Spiel des Mechanismus widerspruchsfrei auf einfache physikalische Thatsachen zurückgeführt.

Schlussbemerkung. Ein Vergleich zwischen den ersten Bewegungen, die der Wasserverlust bei dem Farnsporangium hervorbringt, mit dem Schrumpfungsvorgange der meisten Antheren wird von Interesse sein. Die Auswärtskrümmung, die sich an den bezeichneten Organen vollzieht, ist beide Male bedingt durch die ungleichen Biegungswiderstände, welche die nach aussen und die nach innen gelegenen Wandpartieen des dynamischen Zellcomplexes leisten. Der Widerstand der äusseren ist nämlich beträchtlich kleiner. Die Zugkraft wird aber in dem einen Falle, bei den Antheren, durch den Wasserverlust der Zellwandung, bei dem Farnsporangium dagegen durch die Abnahme des Füllwassers der Zellräume geliefert, durch dessen Molecularanziehung zu den festen Theilchen der Zellwand und zwischen den eigenen Theilchen das Volum des Zellraumes verringert wird.

10. W. Zopf: Ueber Nebensymbiose (Parasymbiose).

Eingegangen am 25. Januar 1897.

Bei meinen letztjährigen Studien über solche Pilze, welche Flechten bewohnen und gewöhnlich als „Flechtenparasiten“ bezeichnet werden, fiel es mir auf, dass diese Ansiedler den Flechten gegenüber sich sehr ungleich verhalten. Während nämlich die einen derart auf die Wirthspflanze einwirken, dass die befallenen Theile mehr oder minder stark beschädigt bzw. getödtet werden, rufen andere solche Schädigungen nicht hervor, selbst dann nicht, wenn sie ausschliesslich endophytisch vegetiren. Die betreffende Flechte zeigt vielmehr ein eben so frisches und gesundes Aussehen, wie nicht befallene Exemplare, vegetirt und fructificirt auch augenscheinlich durchaus unbehindert weiter. Genauere mikroskopische Untersuchung lässt ebenfalls keinerlei Schädigung erkennen.

Insbesondere fällt es auf, dass die Algengruppen stets schön grün bleiben, auch wenn sie in unmittelbarster Nachbarschaft des Eindringlings liegen.

In Anlehnung an solche Befunde lässt sich die Frage aufwerfen, ob nicht etwa der Eindringling in symbiotischen Beziehungen zu der Flechten-Alge steht.

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): Steinbrinck Carl

Artikel/Article: [Der Oeffnungs- und Schleudermechanismus des Farnsporangiums. 86-90](#)