© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

habe ich auch ähnliche Fälle gefunden. Die Ansicht, dass die Flüssigkeit von dem Rande, event. in der Nähe des Randes der Mikropyle secerniert wird, ist wahrscheinlich nicht zutreffend, da die Anatomie des Mundteils des Ovulums uns zeigt, dass gerade die Randstelle mit Cuticula überdeckt ist.

Die eingehendere Erörterung dieses Punktes, sowie Näheres über die von mir benutzten Methoden und die individuellen Fälle bei den verschiedenen Pflanzen, die ich untersucht habe, behalte ich für meinen ausführlichen Bericht vor.

Ich vermute, dass die merkwürdige Abweichung der Ergebnisse meiner Untersuchungen von denjenigen SCHUMANN's, die auf sehr sorgfältiger Beobachtung beruhen, auf Verschiedenheit der angewandten Methoden und der Materialien zurückzuführen ist; die Materialien SCHUMANN's befanden sich vielleicht nicht in günstigstem Zustande.

---

29. C. Steinbrinck: Kohäsions- oder „hygroskopischer" Mechanismus?

Bemerkungen zu URSPRUNG's Abhandlung: „Der Öffnungsmechanismus der Pteridophytensporangien."

Eingegangen am 16. April 1903.

In den Jahrb. für wiss. Bot., Bd. XXXVIII, Heft 4 dieses Jahrg., hat URSPRUNG über Untersuchungen berichtet, die er in bezug auf die Öffnungsvorgänge von *Filices*, *Equisetum*, *Lycopodium* und *Psilotum* angestellt hat. Das Resultat dieser Forschungen erscheint ziemlich verwickelt. Zunächst glaubt der Verfasser nämlich mehrfach für dieselben Sporangien zwei verschiedene in ihrer Wandung tätige Mechanismen unterscheiden zu müssen, einen, der das „Öffnen" derselben, und einen anderen, der das (mit dem Fortschleudern der Sporen zusammenhängende) „Springen" ihrer Zellen bewirkt.

Ferner sollen aber auch für den ersten dieser Vorgänge, das Öffnen der Sporangien, die Ursachen oft verschieden sein, und zwar soll die Spaltung dieser Behälter bald allein auf der Hygroskopicität ihrer Wandung beruhen, bald durch Kohäsionszug ihrer Zellen bewirkt sein, bald durch die vereinte Wirkung beider Kräfte zu stande kommen[1]).

1) Vergl. URSPRUNG, l. c., S. 666.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

An sich spricht ja die Kompliziertheit eines Ergebnisses durchaus noch nicht gegen seine Richtigkeit. Andererseits aber ist nicht zu leugnen, dass ein einfacheres und übersichtlicheres Resultat in der erwähnten Frage für jeden Botaniker, der nicht Zeit hat, sich mit diesen Spezialitäten eingehender zu beschäftigen, willkommener gewesen wäre. In den nachfolgenden Zeilen möchte ich nun darlegen, dass (abgesehen von den *Lycopodium*-Sporangien, die ich nicht genauer kenne) jene unbequeme Komplikation in Wirklichkeit gar nicht besteht, sondern der Anschein derselben nur auf Unvollständigkeit des Tatsachenmaterials oder auf einer schiefen Auffassung und gezwungenen Auslegung von Beobachtungen beruht. Es soll der Nachweis erbracht werden, dass jene Aussäungsvorrichtungen in die Kategorie der Kohäsionsmechanismen ohne Einschränkung eingereiht werden, bezw. innerhalb derselben verbleiben müssen. Das sei zunächst für die Sporangien von *Equisetum* auseinandergesetzt.

I. Tatsächliches über den Öffnungsmechanismus der Sporenbehälter von Equisetum arvense.

Die Sporensäcke der Schachtelhalme sind diejenigen vorhererwähnten Organe, bei denen das Öffnen nach URSPRUNG „zugleich durch den hygroskopischen und den Kohäsionsmechanismus bedingt“ sein soll (l. c., S. 666), wohingegen ich mit Bezug auf sie seit 1898 den Standpunkt vertreten habe, dass lediglich ein Kohäsionsmechanismus vorliege. Es ist zunächst von Wichtigkeit hervorzuheben, dass URSPRUNG die wirklichen Vorgänge beim Öffnen dieser Behälter überhaupt nicht beobachtet hat; denn seiner Untersuchung zu grunde gelegen haben nur „reife Sporangien, die etwa einen Monat vorher im Freien gepflückt waren“ (S. 656).

Ausserdem beschränkt sich URSPRUNG auf Beobachtungen, die im wesentlichen nicht über diejenigen hinausgehen, die ich in einer vorläufigen Mitteilung über Kohäsionskontraktion im Bd. XVI, Jahrg. 1898 dieser Berichte (S. 101 und 102) bekannt gegeben habe. Offenbar hat er meinen späteren Veröffentlichungen zur Kohäsionstheorie für seinen Zweck keinen Wert beigelegt. Sonst würde er z. B. durch die Bemerkung in der Festschrift für SCHWENDENER, S. 170, gewarnt worden sein, dass oft „die Kohäsionswirkung an frischem Material weit reiner und präziser zum Vorschein kommt als an älteren“; er würde anderenfalls zur Kontrolle seines Urteils auch wohl noch andere Untersuchungsverfahren herangezogen haben, die in jenen Veröffentlichungen besprochen sind und von denen hier nachher die Rede sein soll.

Sehen wir zunächst zu, auf welchem Wege URSPRUNG zu seinem Urteil gelangt ist. Er hat in Übereinstimmung mit mir gefunden,

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

dass an älterem, aufgeweichtem Material, bei dem sich die Zelllumina mit Wasser wieder völlig gefüllt haben, beim Austrocknen in freier Luft nicht von allen Zellen die Lumina bis zum Schlusse der Kontraktion wassererfüllt bleiben, sondern dass in einer bald grösseren, bald geringeren Anzahl der Zellen der dunkle Blasenraum erheblich früher, bisweilen schon bald nach Beginn der Austrocknung auftritt.

Diese Beobachtung gestattet allein für sich noch keinen sicheren Schluss auf die speziellere Ursache der Kontraktion, sie lässt vielmehr hinsichtlich derselben noch drei Möglichkeiten offen. 1. Dieselbe könnte allein durch den Kohäsionszug der wassererfüllt-gebliebenen Zellen bewirkt sein, so dass durch ihn die blasenhaltigen Elemente zwischen ihnen mit zusammengedrückt und auf diese Weise weit stärker verkürzt würden, als ihrer eignen Membranschrumpfung entspricht. 3. Vielleicht könnte aber auch das umgekehrte Verhalten einen Verteidiger finden, dass nämlich die Kontraktion durch die Membranschrumpfung der wasserleeren Zellen verursacht würde und die übrigen hierdurch eine passive Kompression erlitten. 3. Kohäsionszug und Membranschrumpfung könnten gleichzeitig an jener Gewebsverkürzung partizipieren.

In meiner vorläufigen Mitteilung von 1898 habe ich mich für die unter 1. präzisierte Ansicht entschieden. Hierbei war mir hauptsächlich der Umstand massgebend, dass Sporangiumzellen von *Equisetum*, in denen der Blasenraum beim Wasserverlust sehr früh auftritt, für sich allein infolge von Membranschrumpfung und -quellung auch nicht entfernt so weitgehende Dimensionsänderungen erfahren, wie sie ihnen dann zu Teil werden, wenn sie im Verband mit Zellen geblieben sind, in denen der Kohäsionszug zu stande kommt, und von denen aus die Kompression auf sie übertragen wird. URSPRUNG hat sich dagegen die oben unter 3. angeführte Auffassung zu eigen gemacht, indem er die Prüfung der Frage, ob die Schrumpfungsfähigkeit der Membranen dieser Annahme entspricht, unterlassen hat. Er hat dies anscheinend darum für überflüssig gehalten, weil trockne Stücke der Sporangienwand bei Wasserzusatz „in der Richtung der Längsachse der Zellen eine Verlängerung bis zu 100 pCt." erfahren (S. 657). Er fasst diese Verlängerung nämlich als Produkt von Membranquellung auf und charakterisiert sie demgemäss als „hygroskopische Ausdehnung" (S. 657), also als einen Vorgang, der nach seiner Definition (S. 663) „einzig und allein durch Differenzen in dem Wassergehalt der Membran verursacht" sein soll. Von diesem Standpunkte aus glaubt er nun aus der erwähnten Imbibitionsverlängerung indirekt auf den Grad der Membranverkürzung beim Schrumpfen schliessen zu dürfen. Diese Folgerung leidet aber Schiffbruch an der Tatsache, dass jene 100prozentige Ausdehnung nur zu einem kleinen Bruchteil auf Quellung, zum weitaus grössten

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

auf „elastischer Entfaltung“ beruht, deren Wesen ich seit 1899 in mehreren Mitteilungen erörtert habe, deren Existenz URSPRUNG aber völlig ignoriert. Da sich dieser Irrtum in URSPRUNG's Abhandlung in einem andern Falle wiederholt, so werde ich ihn später bei einer theoretischen Auseinandersetzung über die Differenzen unserer Auffassungen nochmals berühren.

Hier möchte ich, da ich seit 1898 auf *Equisetum* nicht mehr zurückgekommen bin, zunächst einige tatsächliche Beobachtungen, die auf Grund meiner späteren Veröffentlichungen angestellt worden sind, hinsichtlich der Schachtelhalmsporangien nachtragen; nicht als ob es von irgend einem allgemeineren Interesse wäre, ob in einem beliebigen Streitfall URSPRUNG's oder meine Ansicht Siegerin bleibt, sondern nur wegen der Wichtigkeit jener Organe für die „Kohäsionstheorie“ als Ganzes. Denn sie bilden in der Befestigungsanlage derselben gewissermassen ein Bollwerk, dass zur Zeit bedroht und noch nicht genügend geschützt ist, das aber sehr leicht in besten Verteidigungszustand gesetzt werden kann.

A. Nachweise für den Kohäsionszug des gesamten Sporangienwand-Gewebes beim Wasserverlust des frischen Behälters.

a) Man entnehme frischen reifen Fruchtähren von *Equisetum arvense* einige noch nicht aufgesprungene Sporangien, beseitige ihre Sporenmasse einigermassen, breite ihre Wandung auf dem Objektträger flach aus und lasse dieselbe an der Nadel ein wenig abtrocknen, damit sie, wenn sie auf das Glas zurückgebracht ist, nicht daran anklebt, sondern mit flacher Wölbung lose aufliegt. Beobachtet man nun das Objekt während der Wasserabgabe bei schwacher Vergrösserung, so kann man sich direkt überzeugen, dass sich die starke Kontraktion oft vollzieht, ohne dass innerhalb des Gewebes auch nur in einer einzigen Zelle ein Blasenraum aufgetreten ist. Man vermag dabei mit dem Auge zu verfolgen, wie sich an den Spiralzellen die Wandungen der schraubigen Verdickungsleisten bis zur Berührung nähern. Allerdings kommt es auch bei solch frischem Material nicht selten vor, dass sich in vereinzelten Zellen und Zellgruppen die Blasenräume schon während der Kontraktion einstellen. Jedoch vermögen diese Vorkommnisse die Beweiskraft der vorher erwähnten Fälle nicht zu beeinträchtigen; sie liefern vielmehr eine willkommene Kontrolle für die Richtigkeit der erstangegebenen Beobachtung. Denn wenn jene Blasenräume aufgetreten sind, so bleiben sie innerhalb der klaren wassererfüllten Umgebung noch längere Zeit erhalten, nachdem sich die kontrahierten Gewebe bei Wasserzufuhr wieder bis auf die ursprüngliche Grösse ausgedehnt haben. Man kann also einerseits, falls die Blasen auftreten, konstatieren, wie be-

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

schränkt ihr Vorkommen ist, und andererseits bestätigen, dass sie in den ersterwähnten Fällen überhaupt nicht vorhanden sind.

b) Selbst an Sporangien, die, in gewöhnlicher Weise aufgesprungen, ihre Sporenmasse völlig abgegeben haben und in der Breitenrichtung weit klaffen, in der Längsrichtung aber noch nicht viel stärker als um etwa 30 pCt. verkürzt sind, kann man unter dem Mikroskop teils direkt, teils in der angegebenen Weise unter Wasserzusatz feststellen, dass sie oft noch gar keine oder nur eine beschränkte Anzahl von blasenhaltigen Zellen aufweisen, die Membranschrumpfung beim Öffnen also schwerlich mitgewirkt hat[1]).

B. Nachweise für die Unterdrückung der Öffnungsbewegung beim Ausschluss des Kohäsionszuges.

a) Man wähle unter den noch nicht aufgesprungenen Sporangien eines reifen Sporangienstandes solche aus, in deren unmittelbarer Nachbarschaft, sei es an demselben, sei es an anstossenden Sporophyllen, sich bereits entleerte Sporensäcke finden. Man geht dann sicher, völlig ausgereifte Organe zur Verfügung zu haben. Diese werden erst einige Tage in Alc. abs. eingelegt und dann „im Vakuum“ rasch getrocknet. Unter diesen Umständen verdunstet der Alkohol zu rasch, als dass ein durchgreifender Kohäsionszug zu stande kommen könnte: Das Aufspringen unterbleibt, oder die entstandene Spalte, sowie die Gesamtkontraktion ist im Vergleich zu den natürlichen Objekten fast unmerklich.

b) Man durchtränke im Freien aufgesprungene, völlig ausgetrocknete und verschrumpfelte Sporensäcke erst mit Wasser, dann mit Alc. abs. und lasse sie nun ebenfalls im Vakuum wieder austrocknen. Auch diesmal bleibt die Kontraktion geringfügig.

Vielleicht möchte aber jemand gegen die Beweiskraft dieser Versuche den Zweifel geltend machen, ob der Ausfall derselben wirklich durch die Verhinderung des Kohäsionszuges bedingt sei; möglicherweise könne ja dabei die Vernichtung der Turgescenz durch den Alkohol eine Rolle spielen, oder derselbe könne etwa irgendwie einen Starrezustand oder eine sonstige Veränderung der Mem-

1) Aus welchen besonderen Ursachen der Kohäsionszug oft vorzeitig unterbrochen wird, ist noch nicht festgestellt. Es gehört dies zu den noch nicht aufgeklärten Punkten der Kohäsionsphysik. Bei den Farn- und *Selaginella*-Sporangien kommen diese vorzeitigen Unterbrechungen weit seltener vor. Es ist aber wohl begreiflich, dass die Natur die Kohäsionseinrichtungen dieser Schleudermechanismen gewissermassen sorgfältiger gesichert hat. Bei den Sporensäcken der Schachtelhalme hat sie es sozusagen nicht nötig. Denn dieselben schrumpfeln ja bekanntlich weit mehr zusammen, als zur Ausleerung des Sporenstaubes erforderlich ist. Wenn also auch ein Teil der Zellen versagen sollte, so reicht die Kompressionskraft der übrigen weitaus hin, um die Ausstreuung der Sporen zu ermöglichen.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

bran bewirken, infolge deren diese ihrem natürlichen Schrumpfungsbestreben nicht zu folgen vermöge. Um diesen Einwänden entgegenzutreten, führe man noch die folgenden Kontrollversuche aus.

c) Man trockne solche natürlichen Objekte, wie die zu a und b verwendeten, nach der Behandlung mit absolutem Alkohol in der freien Luft, statt im Vakuum. Man wird bemerken, dass sich die Sporensäcke nunmehr ordnungsmässig kontrahieren bezw. öffnen, wenn auch nicht in demselben Masse wie in der Natur.

d) Man benutze Sporangien, wie sie nach Abschluss der bei a und b angegebenen Versuchsanstellung in trockenem, kaum kontrahiertem Zustande resultieren, lege sie in Wasser, bis ihre Lumina wieder gänzlich wassererfüllt sind und betrachte ihr Verhalten bei der Wasserabgabe unter dem Mikroskop. Sie werden nunmehr durch den Kohäsionszug komprimiert wie die natürlichen.

e) Sollte sich ein Gegner endlich noch hinter die Annahme verschanzen wollen, dass hinter den mit Kompression verbundenen Versuchen der Luftdruck als ausschlaggebendes Agens versteckt sei, so stelle er, um sich vom Gegenteil zu überzeugen, noch folgenden Versuch an. Er bringe Sporophylle mit genau gleichartigen Behältern, wie sie zu A a und B a gedient haben, in natürlichem Zustande, oder statt deren aufgesprungene und vertrocknete Sporangien, nachdem sie, wie bei B b mit Wasser von neuem gesättigt sind, (aber ohne nachträgliches Einlegen in Alkohol) in den luftleeren Raum und lasse sie dort austrocknen. Nach dem Wasserverlust sind sie unter diesen Umständen ebenso stark verschrumpfelt bezw. geöffnet, wie ihre Gefährten im Freien.

C. Messung der tatsächlichen Membranschrumpfung.

Die Verkürzung der Spiralzellen des Equiseten-Sporangiums beim Schrumpfeln, d. h. bei ihrer Kompression durch den Kohäsionszug der schwindenden Zellflüssigkeit, geht oft über 50 pCt. hinaus. Selbstverständlich nehmen auch solche in die Gewebe eingesprengten Zellgruppen, in denen der Riss der Zellflüssigkeit vorzeitig eingetreten ist, an dieser Verkürzung passiven Anteil. Sollten sie, wie URSPRUNG meint, durch Membranschrumpfung aktiv bei der Kompression beteiligt sein, so müsste diese doch wenigstens annähernd dem Masse ihrer Verkürzung entsprechen. Von diesem Gesichtspunkte aus ist es von Interesse, den Quellungs- oder Schrumpfungskoeffizienten ihrer Wandung in der Längsrichtung der Zellen auch zahlenmässig zu bestimmen. Hierzu benutze man Produkte der unter B a und b beschriebenen Prozesse. Aus den Wandungen dieser Objekte schneide man rechteckig begrenzte Stücke, deren eines Seitenpaar der Achse der Spiralzellen etwa parallel läuft, messe die Länge dieses Seiten-

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

paares im trockenen Zustande des Gewebes mikroskopisch und wiederhole diese Messung, nachdem unter dem Deckglas Wasser hinzugetreten ist. Die ersten derartigen Bestimmungsversuche für den Quellungskoeffizienten der Membran ergeben gewöhnlich noch ein zu hohes Resultat, denn selbst im luftleeren Raum kommt oft ein beschränkter Kohäsionszug seitens des Alkohols der Zelllumina zustande. Es gelingt aber leicht, den Rest der hierdurch verursachten elastischen Schwellung auszuscheiden, indem man das Gewebsstück, ehe sich seine Lumina wieder gefüllt haben, aus dem Wasser entfernt und zum raschen Abtrocknen etwa zwischen Fliesspapier oder auf Löschkarton bringt oder es, mit absolutem Alkohol betupft, an der Nadel der Luft aussetzt. Wiederholt man nun die Messungen und event. das ganze Verfahren mehrmals, so erhält man kleinere und für dasselbe Objekt konstante Resultate. So reduzierte sich bei einer Probe der Quellungskoeffizient von der scheinbaren Höhe von 15 pCt. auf 12 pCt., an einem anderen von $13^1/_2$ auf 10 pCt. Dies sind Beträge, die gegenüber den von URSPRUNG supponierten von 100 pCt. jedenfalls minimal erscheinen; bei anderen Proben ergaben sich mir aber noch niedrigere Zahlen.

Hiermit halte ich das Problem des Öffnungsmechanismus der Equisetumsporangien für erledigt.

II. Über die logische Berechtigung von Ursprung's Auslegung einiger Tatsachen zu gunsten eines hygroskopischen Öffnungsmechanismus.

In seiner Mitteilung „über den Öffnungsmechanismus der Makrosprorangien von *Selaginella*“ (Sitzgsber. d. Berl. Akad. d. Wiss. XLVII, Jahrg. 1902, S. 1056—1059) sagt SCHWENDENER S. 1058: „STEINBRINCK geht nach meiner Überzeugung viel zu weit, wenn er überall seinen Kohäsionsmechanismus auf Vorgänge zu übertragen versucht, die man bis dahin — und zum guten Teil mit ausreichender Begründung — als hygroskopische anzusehen gewöhnt war. Von den Zuckungen abgesehen, mit welchen die Schrumpfung der Membran überhaupt in keinem Zusammenhang steht, spielt die Kohäsion des flüssigen Zellsaftes bei den verschiedenen Bewegungsmechanismen offenbar nur selten eine massgebende Rolle.“ Mein hochverehrter Gönner, der leider in dieser Frage mein Opponent geworden ist, wird es mir nicht verübeln, wenn ich im Gegensatz zu obigem Zitat in den nachfolgenden Zeilen die Behauptung zu begründen versuche, dass umgekehrt von gegnerischer Seite die Bedeutung der hygroskopischen Kräfte für jene Mechanismen zu ungunsten der Wirkungen von Kohäsion und elastischer Schwellung viel zu weit ausgedehnt wird.

Zum Belege greife ich in Anlehnung an den Schluss des vorigen

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Abschnitts zunächst den ersten Satz von Ursprung's Zusammenfassung seiner Resultate S. 666 heraus: „Das Schliessen geschieht bei allen genannten Sporangien auf rein hygroskopischem Wege.“ Zuzugeben ist dies, wie ich es auch nie bestritten habe, für Sporangien, deren Zellen nach der Kompression durch den Kohäsionszug elastisch zurückspringen, wie z. B. die von *Selaginella*. Es gilt aber, wie ich im vorigen Abschnitt nachgewiesen habe, nicht für *Equisetum*. Der Quellungskoeffizient seiner Spiralzellenmembranen reicht ja, wie (S. 223) gezeigt, bei weitem nicht aus, um die vorhergegangene Kontraktion rückgängig zu machen; den bei weitem grösseren Teil der Arbeit muss die elastische Entfaltung übernehmen, die ja nach der auf S. 219 zitierten Definition der „hygroskopischen“ Vorgänge nicht zu diesen gerechnet werden darf. Das Gleiche gilt nach den Mitteilungen Ursprung's von *Botrychium* (l. c. S. 650 ff.).

Schwerer wiegt aber noch der logische Fehler, der sich nach meiner Ansicht in Ursprung's theoretischer Ausdeutung seiner eigenen Beobachtungen über die Öffnungsvorgänge kundgibt. Ich glaube diesen Fehlschluss am schärfsten charakterisieren zu können, wenn ich einen Kriminalfall als Pendant wähle. Wenn auch die Beleuchtung dabei etwas grell ausfällt, so lässt sie dafür die Differenzpunkte, über die eine Verständigung erforderlich ist, um so klarer hervortreten.

Nehmen wir einmal an, ein Richter habe festzustellen, wer einen Geldschrank erbrochen und beraubt habe. Es stelle sich bei der Untersuchung heraus, dass eine Person A die Tür desselben gewaltsam geöffnet und weit aufgesperrt, sowie den Inhalt grösstenteils ausgeräumt habe. Es ergebe sich aber ferner, dass A hiernach die Türe ungefähr wieder angelehnt habe, dass aber darauf ein Anderer, B, hinzugekommen sei. Dieser hat sich jedoch damit begnügen müssen, die bereits erbrochene Tür nochmals weiter zu öffnen und — (etwa um gemächlich Nachlese zu halten) — in dieser Stellung zu befestigen; selbst davongetragen hat er nichts. — Ich möchte nun im folgenden dartun, dass unser Vergleich in der Frage gipfelt, wer von beiden, A oder B, als der eigentlich Schuldige zu betrachten ist. Leider muss ich gestehen, dass es mir scheint, als ob Ursprung den B in erster Linie verurteilen würde. Wenn der Leser dies unglaublich oder unbegreiflich finden sollte, so muss ich ihn schon bitten, die Auseinandersetzungen des Genannten auf den Seiten 638 und 639, sowie den ersten Absatz von 640 in seiner Abhandlung daraufhin anzusehen. Der Geldschrank unseres Beispiels ist das Sporangium der Schizaeaceen-Gattung *Aneimia*. Nach S. 638 ist unter der Person A der Kohäsionsmechanismus im *Aneimia*-Annulus zu verstehen. Er sprengt den Behälter durch den Zug des Zellsaftes und bewirkt bei der Unterbrechung desselben durch seine „Ruckbewegungen“ nach Ursprung's eigenem Zugeständnis das Ausräumen seines Inhaltes (der

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Sporenmasse). Diese Unterbrechungen ziehen es aber nach sich, dass sich die Spalträndер des Behälters wieder einigermassen aneinanderlegen. Der Herr B unseres Beispiels, der nun dazukommt, wird durch die Membranschrumpfung der Annuluszellen repräsentiert, die den Sporensack nachträglich wieder etwas weiter öffnet und offen hält. Höchst merkwürdigerweise schreibt aber, wie angedeutet, URSPRUNG diesem B das Öffnen des Behälters ausschliesslich zu. Denn er äussert sich darüber S. 640 wörtlich: „Das Öffnen des Schizaeaceensporangiums erfolgt somit auf rein hygroskopischem Wege.“

Wie kommt er nun zu diesem eigentümlichen Urteil? Auf S. 639 bemerkt er (etwa in der Mitte derselben) noch in etwas vorsichtigerer Weise: „Eine Frage ist es, ob der Kohäsionsmechanismus“ [sc. unser Herr A] „einzig und allein für das „Springen“ verantwortlich gemacht werden kann und ob ihm jede Beteiligung am eigentlichen Öffnen . . . abgeht.“ Aber schon diese Fragestellung erregt Verwunderung; man erwartet, sie müsse im Gegenteil etwa lauten: Geht B jede Beteiligung am Öffnen ab? Sollte die Art der Frage aber vielleicht dadurch bedingt sein, dass URSPRUNG unter dem eigentlichen Öffnen etwas anderes verstanden wissen will, als der Sprachgebrauch verlangt? Fast scheint es so, denn er hält es für nötig, das „eigentliche Öffnen“ noch besonders als „die Überführung aus dem stabilen feuchten in den stabilen trockenen Zustand“ zu definieren. Man sollte meinen, wichtiger als diese Nebenbestimmungen der Stabilität, Feuchtigkeit und Trockenheit wäre die, dass der Behälter anfangs organisch geschlossen ist und nachher klafft. Nach URSPRUNG's Definition müsste man ja unter dem Aufbrechen einer Rosenknospe das Verwelken der geöffneten Blüte verstehen, und Antheridien z. B., die ihre Spermatozoiden entlassen haben, müsste man trotzdem geschlossen nennen, solange sie noch nicht trocken sind.

Es bleibt jedoch unklar, ob URSPRUNG auf den Wortlaut jener Definition selbst viel Gewicht gelegt hat; denn gleich darauf braucht er in dieser Hinsicht den sprachlich richtigeren Ausdruck. Er erklärt sich nämlich (am Schluss der S. 639) bereit, dem B (sc. hygroskopischen Mechanismus) das Öffnen ausschliesslich aufzubürden, wenn es nur „gelingt, zu zeigen, dass der hygroskopische Mechanismus allein eine Überführung aus dem geschlossenen in den offenen Zustand herbeiführen kann“. In sachlicher Beziehung ist hierbei auf das Wörtchen „kann“ zu achten. In der Tat fand URSPRUNG nämlich ältere bereits geöffnete *Aneimia*-Annuli, die ihre Ränder infolge von Imbibition genähert hatten, im stande, sich auswärts zu bewegen, wenn sie von neuem trocken wurden.

Diese Beobachtung allein hat ihm nun genügt, um das Verdikt zu fällen, das Öffnen der *Aneimia*-Sporangien werde überhaupt ausschliesslich durch Membranschrumpfung hervorgebracht. In die

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

juristische Praxis übersetzt würde dieses Urteil etwa folgendermassen lauten: Weil eine verdächtige Person B eine angelehnte Türe etwas weiter zu öffnen vermag, so hat sie dieselbe, ohne Zweifel als sie noch geschlossen war, tatsächlich erbrochen! URSPRUNG's Entscheidung ist aber noch sonderbarer, als sie nach diesem Vergleiche aussieht. Man müsste, um die Logik eines solchen Urteils ganz zu charakterisieren, noch hinzufügen, dass es gefällt ist, obwohl für B ein einspruchsfreier Alibibeweis vorliegt. Hören wir in dieser Beziehung zuerst SCHWENDENER als Sachverständigen. Er äussert: „Mit der Folgerung, dass die Wände vermöge ihrer hygroskopischen Eigenschaften die in Rede stehenden Bewegungen herbeiführen, ist selbstverständlich die Annahme, dass in den beteiligten Zellen noch flüssiger Inhalt vorhanden sei, schlechterdings unvereinbar" (Öffnungsmechanismus von *Selaginella*, l. c., S. 658). Nun gibt aber URSPRUNG vollständig zu, dass sogar nach dem Öffnen des *Aneimia*-Sporangiums seine aktiven Ringzellen eine Zeit lang noch wassergefüllt bleiben, sonst könnte ja ihr Kohäsionsmechanismus die Schleuderbewegungen nicht ausführen. Also sind die hygroskopischen Kräfte bis zu diesem Zeitpunkte nach SCHWENDENER „schlechterdings" ausgeschlossen. Dennoch sollen sie vorher das Öffnen des Behälters bewirkt haben? Mein Verständnis reicht nicht aus, um das alles zu begreifen. Am wahrscheinlichsten ist mir aber, dass die Wurzel dieser Unklarheiten auf sprachlichem Boden liegt, d h. dass sie aus der neuen und eigens zurechtgeschnittenen Definition URSPRUNG's über den Begriff des „Öffnens" erwachsen sind, über deren Gewicht und Tragweite wir oben noch im Zweifel waren. Wenn sich nun URSPRUNG wirklich im Ernst zu dieser Begriffsbestimmung bekennen sollte und, auf sie gestützt, einige solcher Öffnungsmechanismen für die hygroskopischen Kräfte zu retten sucht, so mag hier wenigstens klargestellt werden, dass er sich hierbei sowohl mit dem volkstümlichen, als dem wissenschaftlichen Sprachgebrauch in schroffen Gegensatz bringt. Er hätte in diesem Falle doch wohl dem Leser z. B. bei *Aneimia* folgendes verständlicher machen müssen: „Mein Öffnungsmechanismus ist durchaus nicht derselbe, über den du Aufklärung von mir erwartest. Du willst wissen, welche Kraft den Behälter in der Natur sprengt und entleert. Diesen Mechanismus meine ich aber nicht, wenn ich vom Öffnen rede. Meine Behauptungen beziehen sich nur auf das nochmalige Öffnen längst gesprengter Behälter, und zwar auch nur auf den Modus, wie man ihn bei gewissen Vorsichtsmassregeln erzielen kann. Wenn man nämlich bei der Imbibition solcher trockner Behälter die Erfüllung ihrer Zelllumina mit Wasser zu verhindern versteht und somit das Zustandekommen des Kohäsionsmechanismus vermeidet, dann vermag auch die Membranschrumpfung die bereits vorhandene Spalte

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

des Behälters zu erweitern." So müsste nach meiner Auffassung URSPRUNG's Resultat in gewöhnlichem Deutsch lauten; eine Belehrung hierüber wäre mir jedoch sehr willkommen.

Übrigens habe ich die Beteiligung der Membranschrumpfung am Schlusse der betreffenden Austrocknungsvorgänge nie bestritten, vielmehr bei den Farn- und *Selaginella*-Sporangien besonders besprochen, ja bei den Farnen, wie unten gezeigt werden soll, weit sorgfältiger untersucht, als URSPRUNG. Daraus, dass ich aber nicht überall, z. B. bei *Selaginella*, hinsichtlich der hygroskopischen Eigenschaften der Membranen bis ins Minutiöseste gegangen bin, kann mir doch kein Vorwurf gemacht werden. Denn es handelte sich für mich vorzugsweise um die Ergründung der betreffenden Kohäsionsmechanismen, und für diese sind nach SCHWENDENER's oben angeführtem Urteil hygroskopische Kräfte ohne Belang. Obendrein ist es noch sehr die Frage, ob nicht vielfach die hygroskopischen Kräfte, auf die meine Gegner so viel Gewicht legen, lediglich nebensächliche Folgeerscheinungen der speziellen Einrichtungen der Kohäsionsmechanismen sind. Darüber soll in einem besonderen Abschnitt verhandelt werden.

III. Über Membranstrukturen im Dienste von Kohäsionsmechanismen.

Bekanntlich entsprechen gewöhnlich in den Zellmembranen die optischen Elastizitätsachsen, sowie die des Schrumpfungsellipsoids und endlich die Hauptachsen der Festigkeit einander nach Lage und Grössenabstufung[1]). Populär gesprochen heisst dies: Wenn sich eine Membran beim Austrocknen in einer gewissen Richtung nur wenig zusammenzieht, so ist zugleich ihre Festigkeit in dieser Richtung der Regel nach ein Maximum, und umgekehrt: besondere Festigkeit nach einer Richtung bedingt in derselben meist auch ein Schrumpfungsminimum; die Lage jener ausgezeichneten Richtungen ist häufig aus der optischen Reaktion im polarisierten Lichte zu ersehen, die auch über das Mass der betreffenden Differenzen einige Anhaltspunkte liefern kann. Beispielsweise verdanken die mechanischen Zellen SCHWENDENER's ihre hervorragende Festigkeit, sowie auch ihr geringes Schrumpfungsmass in der Längsrichtung einer durch ihre optische Reaktion indirekt und übrigens oft auch durch ihre Porenlage oder Streifung direkt bekundeten Struktur. Offenbar ist hierbei die geringe Schrumpfungsfähigkeit ein nebensächliches und die Festigkeit das Hauptmoment, worauf es ankommt.

1) Über diese kurze Fassung der betreffenden Regel vergl. etwa Bot. Jaarb. der Dodonaea, Gent, VII, 1895, S. 228 nebst Anmerk. 1.

Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Es wird sich empfehlen, diesen Zusammenhang noch an einem anderen Beispiel näher zu erörtern. Wir wählen als solches das Farnsporangium, da hierzu eine längere Diskussion URSPRUNG's über die hygroskopischen Eigenschaften des *Aneimia*-Annulus den Anlass giebt. URSPRUNG ist nämlich in Verlegenheit, wie er die bleibende Einstülpung der Aussenwand dieser Annuluszellen im trocknen Zustande begründen soll. Er möchte sie gern auf eine überwiegende Schrumpfung der Aussenmembran nach der Längsachse dieser Zellen zurückführen, hat aber folgendes Bedenken: „Zieht sich die Aussenwand in ihrer Längsrichtung ansehnlich zusammen, so muss nach allem, was wir bis jetzt über das Verhalten solcher Membranen wissen, die Kontraktion in der Querrichtung mindestens ebenso stark sein“ (S. 641). Dies ist aber ein Irrtum. Bei den Schrumpfungsmechanismen sind die Zellen, die sich vorwiegend nach ihrer Längsachse zusammenziehen, so zahlreich, dass EICHHOLZ sie mit dem besonderen Namen der „spezifisch-dynamischen“ belegt hat. Auch sie sind an ihrer optischen Reaktion gewöhnlich leicht erkennbar. URSPRUNG hat aber ferner meine Auseinandersetzungen im Bot. Jaarboek der Dodonaea, Gent 1895, VII, S. 342—356 nebst den Fig. 45—49 gänzlich übersehen, in denen ich die Aussenwände der Farnannuluszellen infolge ihrer Reaktionen im polarisierten Lichte ebenfalls als solche „spezifisch-dynamische“ Zellhäute charakterisiert habe. Dort kann URSPRUNG die vermisste Ableitung der Schrumpfungsform von Annuluszellen aus dem Aufbau ihrer Wandung finden.

Es fragt sich nur, ob die dort geschilderte Wandstruktur, die höchst auffällig ist und zudem bei allen fünf von mir untersuchten Familien wiederkehrt, eine Anpassung an den hygroskopischen oder an den Kohäsionsmechanismus darstellt. Jener Aufbau der Wandung spricht nämlich nicht bloss für die vorwiegende Schrumpfung in der Längsrichtung der Zellen, sondern deutet nach dem oben Gesagten auch auf eine besonders hohe Festigkeit in ihrer Querrichtung, d. h. in der Richtung, in welcher namentlich die dünne Aussenwand der Annuluszellen, bei ihrer Einstülpung in den Zellraum vermittels des Kohäsionszuges vonseiten des Zellsaftes, auf Zug am stärksten in Anspruch genommen ist. Wir begegnen hier also ähnlichen mechanischen Verhältnissen, wie sie bei SCHWENDENER's Skelettfasern vorliegen. Der Öffnungs- und Schleudermechanismus der Farne ist ja an die Bedingung gebunden, dass die zarte Aussenwand nicht reisst, trotzdem sie sehr stark gedehnt wird, sowie weiter daran, dass sie trotz dieser kräftigen Dehnung ihre Elastizität bewahrt. Andererseits wird aber durch dieselbe Wandstruktur, wie gesagt, auch der hygroskopische Mechanismus beeinflusst.

Wenn wir daher nunmehr die Frage wiederholen, ob jener Wandaufbau in erster Linie im Dienste des Kohäsions- oder des

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

hygroskopischen Mechanismus stehe, d. h. wenn wir die erwähnte Struktur als eine biologische Anpassung betrachten, die der Pflanze von Wert, nämlich der Sporenaussaat förderlich sein soll, so neigt sich die Wagschale sehr zu gunsten des Kohäsionsmechanismus. Denn er ist der Faktor, der das Sporangium aufreisst und die Sporen weit hinausschleudert. Hat er sich abgespielt, so ist das, was die Schrumpfung der Membran nachher noch zustande bringt, nämlich die Herstellung der schliesslichen Trockenform, nur noch von untergeordneter Bedeutung.

Ähnliches gilt von den *Selaginella*-Sporangien, bezüglich deren ich bereits früher auf einen denkbaren Zusammenhang ihrer Wandstruktur mit dem Kohäsionsmechanismus hingewiesen habe (diese Berichte 1902, S. 118, Anmerk. 2). Namentlich für die Makrosporangien ist die endgültige Trockenform nach dem Wegsprengen der Sporen und somit die Tätigkeit des Schrumpfungsmechanismus anscheinend ganz ohne Belang. Es ist also sehr wohl zu verteidigen, wenn man die Auffassung für zulässig hält, dass die hygroskopischen Vorgänge an diesen Organen nur untergeordnete Folgeerscheinungen der Einrichtungen des Kohäsionsmechanismus seien. Doch gebe ich gern zu, dass diese Fragen weiterer Prüfung noch dringend bedürfen[1]).

---

30. F. Czapek: Antifermente im Pflanzenorganismus.

Eingegangen am 17. April 1903.

In einer Mitteilung über Stoffwechselprozesse in geotropisch gereizten Wurzelspitzen und heliotropisch gereizten Keimlingen, welche vor nicht langer Zeit in diesen Berichten erschien[2]), habe ich auf die Wahrscheinlichkeit aufmerksam gemacht, dass die Hemmung der Weiteroxydation der aus dem Tyrosin (vielleicht auch aus Phenylalanin) stammenden Homogentisinsäure in den genannten gereizten Organen durch bestimmte Substanzen bedingt ist, welche in ihrem Verhalten Ähnlichkeit mit Enzymen besitzen und deshalb als „Antioxydase“ schon vorweg bezeichnet wurden.

Im weiteren Verlaufe der Untersuchungen hat sich nun die Richtigkeit dieser Auffassung durchaus bestätigen lassen, und es er-

1) Dem Manuskript waren *Equisetum*-Präparate beigegeben, welche die unter B S. 221 und 222 skizzierten Versuche illustrierten.

2) F. Czapek, Ber. der Deutschen Bot. Gesellsch. **20**, S. 464 (1902).

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft

Jahr/Year: 1903

Band/Volume: 21

Autor(en)/Author(s): Steinbrinck Carl

Artikel/Article: Kohäsions- oder „hygroskopischer" Mechanismus? 217-229