

Sitzung vom 26. Februar 1904.

Vorsitzender: Herr A. ENGLER.

Als ordentliches Mitglied ist vorgeschlagen Herr:

Cavara, Dr. Fridiano, Professor der Botanik und Direktor des botanischen Gartens in **Catania** (durch G. LOPRIORE und L. KNY).

Zu ordentlichen Mitgliedern sind proklamiert die Herren:

Ostenfeld, Dr. C., in **Kopenhagen**,
Fabricius, Dr. Ludwig, in **München**,
von Faber, Dr. F. C., in **Stuttgart**.

Mitteilungen.

12. A. Ursprung: Beiträge zum Bewegungsmechanismus einiger Pteridophytensporangien.

Mit einer Figur im Text.

Eingegangen am 30. Januar 1904.

Meine Arbeit über den Öffnungsmechanismus der Pteridophytensporangien¹⁾ ist von STEINBRINCK²⁾ in einigen Punkten angegriffen worden.

Basierend auf Untersuchungen, die an *Aneimia*-Sporangien angestellt wurden, gelangte ich zu dem folgenden Resultate: „Das eigentliche Öffnen erfolgt auf rein hygroskopischem Wege; Kohäsionsmechanismus ist ebenfalls vorhanden, verursacht aber nur das Springen.“ (Zusammenfassung S. 666.)

1) URSPRUNG, Der Öffnungsmechanismus der Pteridophytensporangien. Jahrb. für wissensch. Bot., Bd. XXXVIII, Heft 4.

2) STEINBRINCK, Kohäsions- oder „hygroskopischer“ Mechanismus? Ber. der Deutschen Bot. Ges. 1903, Heft 4.

Die Untersuchungen an *Equisetum*-Sporangien ergaben: „Das Öffnen wird zugleich durch den hygroskopischen und den Kohäsionsmechanismus bedingt.“

Dies sind die Sätze, die bei STEINBRINCK vor allem Anstoss erregt haben und die er in seinen „Bemerkungen“ zu meiner Arbeit ausführlich bespricht.

Meine Antwort erfolgt etwas später als mir erwünscht ist, weil ich seit dem Tode des Herrn Professor WESTERMAIER mit Amtsgeschäften so überladen bin, dass mir zu eigener Arbeit kaum Zeit übrig bleibt.

Die vorliegenden Untersuchungen erstrecken sich auf den Polypodiaceen-Annulus und das Equiseten-Sporangium; sie verfolgen den Zweck, neue Beiträge zur Kenntnis der betreffenden Bewegungsmechanismen zu liefern und zugleich die erhobenen Einwände ins richtige Licht zu setzen.

1. Der Bewegungsmechanismus des Polypodiaceensporangiums. In erster Linie soll die Beteiligung des hygroskopischen und des Kohäsionsmechanismus beim Öffnen zur Sprache kommen. Wie mir meine Untersuchungen gezeigt hatten, kann das Öffnen bei den Pteridophytensporangien im allgemeinen auf verschiedene Weise erfolgen, entweder nur durch den Kohäsionsmechanismus oder nur durch den hygroskopischen Mechanismus, oder aber es sind beide Mechanismen zugleich aktiv beteiligt. Gegen diesen letzteren Fall, zu dem unter anderm auch das *Aneimia*-Sporangium gehört, polemisiert STEINBRINCK. Da ihm gewisse Stellen meiner Arbeit etwas schwer verständlich zu sein scheinen, so will ich vorerst die wichtigsten, auf die angegriffene Stelle sich beziehenden Sätze kurz wiederholen. Ich schrieb damals S. 639: „Aus dem bisher Mitgeteilten geht hervor, dass sowohl der Kohäsions- als auch der hygroskopische Mechanismus bei der Öffnung des Sporangiums eine Rolle spielen. Den folgenden Beobachtungen lag die Absicht zu Grunde, zu untersuchen, welcher Teil der Bewegung durch den hygroskopischen und welcher Teil durch den Kohäsionsmechanismus bedingt ist.“ „Soviel ist ohne weiteres klar, dass das Springen durch plötzliche Überwindung der Kohäsion erfolgen muss.“ Hieraus dürfte wohl mit ziemlicher Deutlichkeit hervorgehen, dass ich auch dem Kohäsionsmechanismus einen Einfluss beim Öffnen zuschreibe, und es ist daher nicht zu verstehen, wie STEINBRINCK mir zumuten kann, ich mache nur den hygroskopischen Mechanismus für das Öffnen verantwortlich. Es ist übrigens eine äusserst elementare und für jeden, der die betreffenden Erscheinungen einigermaßen kennt, selbstverständliche Sache, dass das Springen erst erfolgen kann, nachdem das Sporangium sich geöffnet hat, und es ist ferner schon längst festgestellt, dass dieses Öffnen durch den Kohäsions-

mechanismus geschieht. Der Öffnungszustand, den die Sporangien hierbei annehmen, ist aber kein stabiler; kaum hat das Sporangium die stärkste Öffnung erreicht, so springt der Annulus sofort wieder zurück. Das trockene Sporangium ist aber dauernd geöffnet. Wir haben daher zwei Öffnungszustände zu unterscheiden, der eine findet sich am trockenen, der andere am feuchten Annulus, der eine ist stabil, der andere nicht. Diese „Nebenbestimmungen der Stabilität, Feuchtigkeit und Trockenheit“ sind also absolut nicht nebensächlich, sondern zu einem vollen Verständnis notwendig; dies ist insbesondere noch deshalb der Fall, weil die Kräfte, welche die verschiedenen Öffnungszustände herbeiführen, nicht dieselben sind. Die dauernde Öffnung des trockenen Sporangiums erfolgt durch den hygroskopischen Mechanismus, die jeweils nur einen Augenblick anhaltende Öffnung des feuchten Sporangiums ist durch den Kohäsionsmechanismus bedingt. Dass der hygroskopische Mechanismus tatsächlich, sowohl was die Qualität als was die Quantität der Bewegung betrifft, den dauernden Öffnungszustand hervorrufen kann, habe ich durch den Versuch gezeigt, und dass er in der Natur diesen Öffnungszustand tatsächlich hervorruft, folgt daraus, dass eine andere Kraft, die das gleiche bewirken könnte, nicht vorhanden ist. Es sei ferner bemerkt, dass ich mir die Aufgabe gestellt hatte, den Mechanismus der Bewegungen zu untersuchen und dass ich daher keine Veranlassung hatte, auf die biologische Bedeutung näher einzugehen. Wenn auch vom biologischen Standpunkt aus die eine Bewegung mehr Interesse bietet als die andere, so ist doch die Zurückführung auf die bedingenden Ursachen in beiden Fällen von gleicher Wichtigkeit.

Ausführlicher auf die Untersuchungen an *Aneimia* zurückzukommen habe ich keine Veranlassung. Dagegen hielt ich es für angebracht, das Polypodiaceen-Sporangium, über das die meisten Untersuchungen vorliegen und dessen Mechanismus daher am besten bekannt sein sollte, einem erneuten Studium zu unterwerfen.

Ich benutzte zu meinen Versuchen Sporangien von *Aspidium Filix mas*. Lässt man Sporangien, deren Annuluszellen mit Wasser gefüllt sind, austrocknen, so öffnen sie sich bekanntlich, um sofort wieder zurückzuspringen. Dieser Vorgang kann sich mehrmals wiederholen, wenn der Riss nicht in allen Annuluszellen zu derselben Zeit erfolgt. Bei dem Springen kehren die einzelnen Zellen in ihre frühere Lage, zurück, und es nimmt auch der Annulus seine vorherige Gestalt wieder an; das Sporangium ist, nach Beendigung der ruckweisen Bewegung, von neuem geschlossen. Dieser Schluss erreicht nicht immer genau dieselbe Grösse; er ist um so vollständiger, je geringer die Zahl der Sprünge war. Setzen wir z. B. voraus, es springen die Annuluszellen nacheinander an der Spitze des Annulus beginnend und gegen die Basis fortschreitend. Wenn dies in ge-

nügend langsamem Tempo geschieht, so werden die an der Spitze gelegenen Zellen ihre Gestalt durch Wasserverlust der Zellwand bereits verändert haben, wenn die letzte Zelle springt, und es wird deshalb der Schluss kein vollständiger mehr sein können, wenn wir auch von der Gestaltsveränderung der zwischen den Annulusenden liegenden dünnwandigen Zellen ganz absehen. Sind dagegen die Zellwände nach Beendigung des Springens noch völlig imbibiert, so wird auch der Annulus ganz in seine frühere Lage zurückkehren. Das Öffnen war bis dahin nur ein momentanes und erfolgte durch den Kohäsionsmechanismus, das Schliessen war durch die Elastizität der dicken Innenwand bedingt. Die Ruhelage der feuchten Innenwand ist die des geschlossenen Sporangiums. Sobald jedoch die Innenwand ausgetrocknet ist, nimmt sie eine andere Ruhelage an, diese entspricht dem Öffnungszustand des völlig ausgetrockneten Sporangiums. Falls jetzt die Krümmung der Innenwand, bei gleichbleibendem Wassergehalt, mechanisch verändert wird, so kehrt dieselbe in die neue Ruhelage zurück, wenn die Elastizitätsgrenze nicht überschritten wurde. Der nach Aufhören der ruckweisen Bewegungen erfolgende Übergang in den dauernden Öffnungszustand erfolgt relativ langsam, er kann durch rasches Austrocknen — z. B. durch gelindes Erwärmen — beschleunigt werden. Diese Bewegungen sind im Vergleich zu den durch den Kohäsionsmechanismus verursachten nicht stark, der Annulus geht nicht einmal bis zur Geradstreckung über, während im anderen Falle ein völliges Zurückkrümmen erfolgt. In diesem Öffnungszustand bleibt nun das Sporangium zeitlebens, wenn es vor Benetzung geschützt ist. Werden die Zellwände dagegen von neuem mit Wasser imbibiert, so schliesst sich das Sporangium, um sich beim Eintrocknen wieder zu öffnen, entweder ohne die Beteiligung des Kohäsionsmechanismus, wenn nur die Wände Wasser enthielten — oder mit seiner Hilfe, wenn zugleich auch die Lumina der Annuluszellen mit Wasser gefüllt waren.

Wenden wir uns nun den Kräften zu, die, nach Beendigung des Springens, das Sporangium in den definitiven Öffnungszustand überführen. Dass wir es hierbei mit einem hygroskopischen Mechanismus zu tun haben, wird allgemein zugegeben, es handelt sich nur noch darum, den Sitz dieses Mechanismus zu ermitteln. Dies sei unsere nächste Aufgabe.

Nach STEINBRINCK¹⁾ findet sich dieser hygroskopische Mechanismus in der dünnen Aussenwand; als Beleg beruft er sich auf Auseinandersetzungen in einer früheren Abhandlung²⁾. Wir finden an

1) C. STEINBRINCK, Der Öffnungs- und Schleudermechanismus des Farnsporangiums. Ber. der Deutschen Bot. Ges. 1897, S. 86.

2) C. STEINBRINCK, Grundzüge der Öffnungsmechanik von Blütenstaub- und einigen Sporenbehältern. Botanisch Jaarboek der Dodonaea VII, 1895.

der betreffenden Stelle theoretische Betrachtungen, welche die angenommene Wirkungsweise der Aussenwand sehr plausibel erscheinen lassen; es werden ferner die Resultate von Untersuchungen über das Verhalten der Membranen im polarisierten Licht mitgeteilt. Leider vermischen wir eine experimentelle Bestätigung der ausgesprochenen Behauptung, denn alle die angestellten Untersuchungen und Beobachtungen vermögen einen Beweis für die angenommene Wirkungsweise der Aussenwand nicht zu erbringen.

A priori sind drei Fälle denkbar. Der eine Fall ist der von STEINBRINCK angenommene: Die dünne Aussenwand kontrahiert sich beim Austrocknen und zwar in der Richtung senkrecht zur Ringebene stärker als in der Ringebene selbst. Während hierbei die verdickte Innenwand völlig passiv ist, lässt sich als zweiter Fall die Annahme machen, dass nur die Innenwand aktiv ist; ihre Krümmung würde auf der verschiedenen Quellungs-fähigkeit der sie zusammensetzenden Verdickungsleisten beruhen. Drittens ist es möglich, dass sowohl die verdünnte Aussenwand als die verdickte Innenwand aktiv an der Bewegung mitwirken.

Die Frage nach dem wirklichen Sitz des hygroskopischen Mechanismus kann endgültig nur durch Beobachtungen über die Quellungs-fähigkeit der in Betracht fallenden Wände entschieden werden. Vor allem handelt es sich um quantitative und nicht nur um qualitative Untersuchungen, d. h. es muss die Stärke der betreffenden Quellungserscheinung gemessen werden, falls ihre Bedeutung für den Mechanismus erkannt werden soll. Versuche über das Verhalten der Membranen im polarisierten Licht können interessante und wertvolle Beiträge liefern, eine definitive Entscheidung ist von ihnen aber nicht zu erwarten.

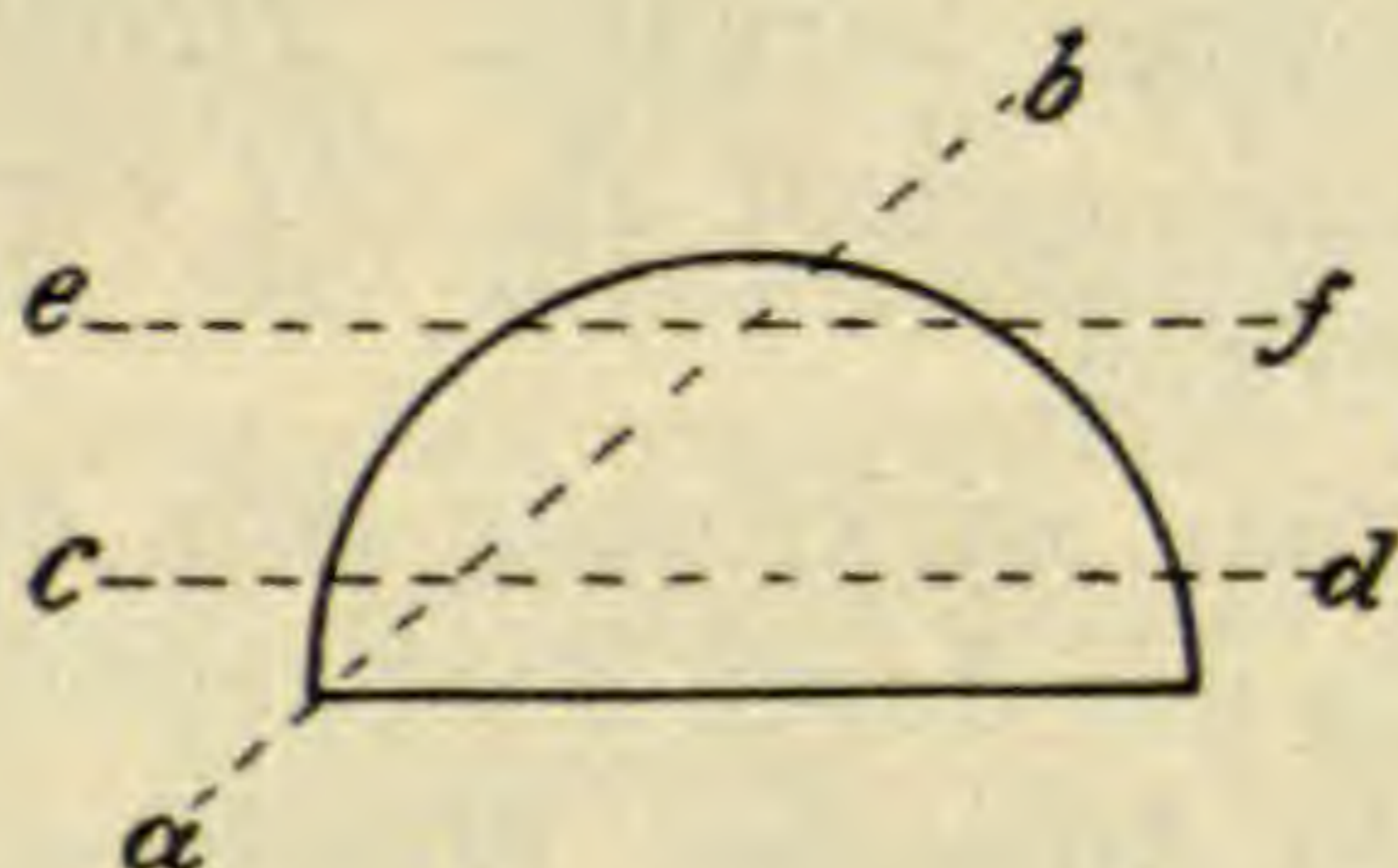
Es sollen nun in erster Linie die Versuche besprochen werden, die angestellt wurden, um das Quellungsvermögen der einzelnen in Betracht kommenden Wände zu ermitteln.

Zur Isolation der Wände wurden Sporangien teils in Gummi, teils in Paraffin eingebettet und mit dem Rasiermesser oder mit dem Mikrotom geschnitten. Es mussten einerseits Annulusstücke erhalten werden, denen die verdickte Innenwand fehlte, und andererseits solche, bei denen die dünne Aussenwand nicht vorhanden war. Die Dicke der Mikrotomschnitte betrug 3—5 μ . Da die Annuluszellen in der Richtung senkrecht zur Ringebene mehr als 50 μ messen, so war es verhältnismässig leicht, Schnitte zu erhalten, die in der Ringebene geführt waren und mehrere Annuluszellen annähernd symmetrisch getroffen hatten. In diesen Fällen war von der Aussenwand nur ein 3—5 μ breiter Streif vorhanden, der zudem oft zerrissen war. Je mehr sich der der Ringebene parallele Schnitt von der Symmetrieebene entfernt, um so breiter werden, bei gleicher Schnittdicke, die

Aussenwandstreifen. Bedeutend schwerer fiel es mir, Annulusstücke herzustellen, denen die Innenwand fehlte, doch gelang auch dies endlich. Bekanntlich sind nicht alle Zellen des Annulus an seinen Krümmungsänderungen gleich stark beteiligt; das Verhalten einer einzelnen Zelle ist somit für dasjenige des Annulus nicht ohne weiteres massgebend. Man ist daher gezwungen, möglichst grosse Annulusstücke zu verwenden oder die Zahl der Versuche entsprechend zu steigern.

Versuche mit Annulusstücken, denen die Innenwand fehlte.

1. Der Schnitt ist ungefähr in der Richtung $a b$ geführt, er besteht aus den calottenförmigen Stücken von vier Zellen und liegt mit der Seite $a b$ dem Objektträger auf. Nachdem das Paraffin mit Xylol entfernt war, setzte ich absoluten Alkohol zu und liess den Schnitt eintrocknen. Hierauf wurde er genau gezeichnet und dann



Wasser zugesetzt; es war keine Dimensionsänderung erkennbar. Da der Schnitt beim Verdunsten des Alkohols an dem Objektträger sehr wahrscheinlich adhäriert, so lag nur für diejenigen Dimensionsänderungen die Möglichkeit einer Beobachtung vor, welche bei der Verdrängung des absoluten Alkohols durch Wasser erfolgen; diese sind aber immer etwas geringer als die Unterschiede zwischen der trockenen und der mit Wasser imbibierten Wand.

2. Der Schnitt ist etwa in den Richtungen $c d$ und $e f$ geführt und umfasst die entsprechenden Stücke von fünf aneinandergrenzenden Zellen. Beim Überführen von absolutem Alkohol in Wasser und Schwefelsäure findet keine Veränderung des Krümmungsradius des Annulusstückes statt¹⁾. Bei Zusatz von konzentrierter Schwefelsäure lässt sich, wie nicht anders zu erwarten, eine messbare Quellung der Wände konstatieren.

3. An einem weiteren Schnitt, der dem vorigen sehr ähnlich war, machte ich dieselben Beobachtungen.

Trotzdem es mir nicht gelang, die Quellungsgrosse der dünnen Wand bei Übergang vom trockenen in den mit Wasser gesättigten Zustand zu messen, so geht aus der Behandlung mit Schwefelsäure

1) Es ist klar, dass diese Tatsache allein gegen eine aktive Betätigung der Aussenwand nichts beweist.

doch hervor, dass eine gewisse Quellungsfähigkeit vorhanden ist. Wenigstens konnte dies für die Richtung senkrecht zur Ringebene festgestellt werden. Eine Quellung der Schnitte 2 und 3 in dieser Richtung ist nämlich ohne starke Deformation der Aussenwand nicht möglich, wenn die Aussenwand nicht selbst quillt, während eine Dimensionsänderung in Richtung der Ringebene einzig auf der Quellung der verdickten Radialwände beruhen kann. Wenn daher die Möglichkeit einer Quellung der dünnen Aussenwand mit Wasser nicht zu bestreiten ist und es vielleicht später auch gelingen sollte die Grösse dieser Quellung zahlenmässig festzustellen, so geht doch aus den vorliegenden Beobachtungen hervor, dass es sich nur um äusserst geringe Dimensionsänderungen handeln kann.

Wir gehen nun dazu über, das Verhalten der Innenwand zu studieren.

1. Der 5μ dicke, in der Annulusebene geführte Schnitt traf mehrere Ringzellen median. Der von der Aussenwand gebildete zarte Streif ist in der Mehrzahl der Zellen zerrissen. Bei der Überführung von absolutem Alkohol in Wasser und Schwefelsäure findet eine starke Krümmung der Innenwand statt. Die Formveränderung der einzelnen Zellschnitte ist dieselbe, ob der Aussenwandstreif zusammenhängend oder zerrissen ist. Hieraus ergibt sich, dass bei der beobachteten Krümmung die Innenwand allein aktiv beteiligt ist. Bei einigen Zellen wurde der Aussenwandstreif beim Einlegen in konzentrierte Schwefelsäure sogar zerrissen, woraus ebenfalls die alleinige Aktivität der Innenwand folgt. Wir sehen somit, dass bei Quellung die Aussenwand in Richtung der Ringebene eine ganz bedeutende passive Spannung erfährt.

2. An einem anderen, ähnlich beschaffenen Schnitt konnten die eben angeführten Beobachtungen bestätigt werden. Die Schnitte 1 und 2 enthielten je fünf Zellen.

3. Der Schnitt traf vier Zellen. Bei zwei derselben sind ausser der Innenwand nur kleine Reste der Radialwände vorhanden, die Aussenwand fehlt ganz; bei den beiden anderen Zellen ist von der Aussenwand je ein schmaler Streif vorhanden. Beim Befeuchten des lufttrockenen Schnittes mit Wasser sinkt der Krümmungsradius der Innenwand von 41 auf 23 Einheiten, d. h. um 44 pCt.

4. Der Schnitt traf fünf Zellen. Bei zwei derselben fehlt die Aussenwand ganz und in den Radialwänden sind nur Spuren vorhanden; bei den übrigen Zellen findet sich von der Aussenwand je ein schmales Band. Der Krümmungsradius der Innenwand beträgt in absolutem Alkohol 93, in konzentrierter Schwefelsäure 37 Einheiten, er nimmt also ab um 60 pCt. Die Krümmung der Innenwand beruht auf der ungleichen Quellbarkeit der verschiedenen Ver-

dickungsschichten. Beim Übertragen von absolutem Alkohol über Wasser in konzentrierte Schwefelsäure quoll die Innenseite (dem Sporenraum zugekehrte Seite der Innenwand) um 19 pCt., die Aussen-
seite (dem Sporenraum abgekehrte Seite der Innenwand) um 33 pCt.¹⁾. Die beim Einlegen in Schwefelsäure erfolgte Zunahme der Krümmung war so stark, dass in einer Zelle, ähnlich wie in Versuch 1, der dünne Aussenwandstreif riss.

5. Der Schnitt enthält 14 Annuluszellen. Die Aussenwand fehlt entweder ganz, oder es ist von ihr nur ein äusserst schmaler Streif vorhanden. In absolutem Alkohol war die Innenwand annähernd gerade, in Wasser betrug der Krümmungsradius 17 Einheiten; die Sehne, die — nebst der Pfeilhöhe — der Berechnung zugrunde lag, hatte eine Länge von 22 Einheiten.

6. Der Schnitt enthält sechs Annuluszellen; der dünne Aussenwandstreif ist in mehreren Zellen zerrissen. Der durch die Innenwand gebildete Bogen hat in absolutem Alkohol eine Pfeilhöhe von drei Einheiten, bei Verdrängen des Alkohols durch Wasser stieg sie auf vier und sank beim Ersetzen des Wassers durch absoluten Alkohol wieder auf drei Einheiten. Die hygroskopische Bewegung der Innenwand erfolgt also, wie nicht anders zu erwarten war, wohl in dem einen als dem anderen Sinne.

Aus den mit der Innen- und Aussenwand ausgeführten Quellungsversuchen geht hervor, dass die Innenwand sehr starke hygroskopische Bewegungen ausführt. Ob die Aussenwand bei Wassergehaltdifferenzen Dimensionsänderungen erfährt, ist noch nicht sicher erwiesen, doch sind dieselben jedenfalls so gering, dass ihnen für die Hervorrufung der Annulusbewegungen keine Bedeutung zukommt. Dies letztere lässt sich schon jetzt auch deshalb mit Sicherheit feststellen, weil die Krümmungsunterschiede zwischen den feuchten und den trockenen Innenwandschnitten tatsächlich ebenso gross sind wie die Differenzen zwischen dem geschlossenen und dem dauernd geöffneten Sporangium.

Die dünnen Aussenwände sind im trockenem Sporangium bekanntlich eingestülpt; man führte dies auf eine beim Eintrocknen in ihnen vor sich gehende Kontraktion senkrecht zur Ringebene zurück. Dieser Erklärungsversuch wurde nicht weiter auf seine Richtigkeit geprüft. Die Einstülpung der Aussenwand sowohl, als auch die

1) Es wurden noch folgende Messungen gemacht:

$\frac{\text{Länge der Aussenseite der Innenwand}}{\text{Länge der Innenseite der Innenwand}}$ in Alc. absol. = 1,03

$\frac{\text{Länge der Aussenseite der Innenwand}}{\text{Länge der Innenseite der Innenwand}}$ in konz. Schwefelsäure = 1,15

Quellung der Innenwand in der Richtung des Krümmungsradius = 75 pCt.

Quellung der Radialwand in tangentialer Richtung = 125 pCt.

hygroskopische Öffnung des Sporangiums schienen in einwandfreier Weise auf die bewirkenden Ursachen zurückgeführt zu sein. Nachdem ich gezeigt habe, dass der auf die Bewegung des ganzen Sporangiums sich beziehende Teil des Erklärungsversuches unrichtig ist, soll auch der andere, für die Einstülpung der Aussenwand in Betracht kommende Teil einer Prüfung unterzogen werden. Für die vorausgesetzte Kontraktion der Aussenwand senkrecht zur Ringebene fehlt die experimentelle Bestätigung. Die angeführte Ursache für die Einstülpung dürfte somit höchstens als eine mögliche, nicht aber, wie das allgemein geschah, als eine tatsächlich vorhandene bezeichnet werden; dies um so weniger, als noch ein anderer Erklärungsversuch ziemlich naheliegt. Wenn wir uns nämlich in einem geschlossenen Sporangium die Aussenwände der Annuluszellen durch Tuchstücke ersetzt denken, so müssen diese Tuchstücke beim Strecken des Annulus gefaltet werden. Diese Faltung besteht entweder in einer einfachen Einstülpung oder in einer mehrfachen Verbiegung. Eine Ausstülpung der ganzen Aussenwand ist bei der Form der Annuluszellen mechanisch unmöglich, da sie eine Vergrößerung des Radius des Zylindermantelstückes verlangt, das durch die Aussenwand dargestellt wird, was nur bei einer Verlängerung des Tuchstückes möglich ist. Eine notwendige Folge der durch die Einstülpung hervorgerufenen Verkürzung des Zylinderradius ist das Auftreten kleiner Querfalten. Wenn nun eine Annuluszelle, deren Wände mit Wasser imbibiert sind, deren Lumen aber kein Wasser enthält, austrocknet, nimmt der Krümmungsradius der verdickten Innenwand etwas zu und die Radialwände nähern sich. Hierbei muss sich die dünne Aussenwand notwendig verbiegen, da sie sich in Richtung der Ringebene nicht entsprechend kontrahiert. Ist diese Verbiegung eine rein passive, so wird sie unregelmässig sein, ist sie dagegen mit einer Kontraktion der Aussenwand in der Richtung senkrecht zur Ringebene verbunden, so wird die Einstülpung eine regelmässige, sattelförmig gekrümmte Fläche darstellen. Aber auch bei einer rein passiven Verbiegung ist eine einfache, wenn auch unregelmässige Einfaltung deshalb wahrscheinlicher als eine komplizierte Faltung, weil die Aussenwand kurz vorher durch den Kohäsionsmechanismus eine einfache Einstülpung erfahren hat. Für ein passives Verhalten der Aussenwand sprechen einmal kleine Querfalten, die ich in der Aussenwand der Annuluszellen geöffneter Sporangien nachweisen konnte und ferner die unregelmässigen Einstülpungen, die an Mikrotomschnitten zu beobachten sind.

Endlich handelt es sich noch darum, das Schliessen eines geöffneten Sporangiums bei Wasserzusatz genauer zu verfolgen. A priori sind drei Fälle denkbar: 1. die Aussenwand ist allein aktiv, 2. die Innenwand ist allein aktiv, 3. Aussen- und Innenwand sind

aktiv. Dass der Schluss nicht auf der Aktivität der zarten Aussenwand beruhen kann, ist ohne weiteres einzusehen, denn wenn auch die isolierte, trockene Aussenwand bei Zusatz von Wasser sich gerade strecken würde, so wäre damit ihre Bedeutung beim Schliessen noch nicht erwiesen. Es ist im Gegenteil klar, dass die Kräfte, die bei einer allfälligen Streckung der Aussenwand auftreten würden, nicht so gross sein könnten, um die bekanntlich sehr starke Elastizität der dicken Innenwand zu überwinden. Dagegen habe ich experimentell durch vergleichende Beobachtungen gefunden, dass die trockene isolierte Innenwand bei Befeuchtung sich krümmt, und zwar in demselben Sinne und mit derselben Intensität wie der trockene Annulus. Hiermit ist erwiesen, dass der hygroskopische Mechanismus, der in der dicken Innenwand seinen Sitz hat, zum Schliessen des geöffneten Sporangiums völlig ausreicht.

Wie eingangs erwähnt wurde, greift STEINBRINCK ferner die Resultate an, die ich bezüglich des Öffnungsmechanismus von *Equisetum* gefunden hatte. Es lagen mir damals Sporangien zur Untersuchung vor, die etwa einen Monat vorher gepflückt worden waren, bei denen daher das erstmalige Öffnen nicht beobachtet werden konnte. Nach STEINBRINCK soll nun die Kohäsionswirkung an frischem Material oft reiner und präziser zum Vorschein kommen als an älterem. Es sind dies Erfahrungen, die sich speziell auf Moosblätter beziehen und die infolgedessen nicht ohne weiteres auf andere Organe ausgedehnt werden dürfen. Immerhin war die Möglichkeit vorhanden, dass bei *Equisetum* jüngere und ältere Sporangien sich etwas verschieden verhalten. Um den wirklichen Sachverhalt festzustellen, untersuchte ich frische, noch nicht geöffnete Sporangien von *Equisetum palustre*. Ich gelangte hierbei zu denselben Resultaten, zu denen ich früher an älteren Sporangien von *Equisetum arvense* gekommen war. Es wurden die betreffenden Sporangien in Wasser gebracht und ganz kleine Wandteile durch Zerzupfen mit der Nadel isoliert. Von diesen aus wenigen Zellen bestehenden Sporangiumstücken wurden solche zur Untersuchung verwertet, die beim Eintrocknen zum Teil am Deckglas adhärirten, zum Teil frei in die Luft ragten. Der frei in die Luft ragende Teil diente zur Beobachtung.

1. Krümmung und Kontraktion finden erst statt, nachdem alle Zellen mit Luft gefüllt sind.

2. Schwache Kontraktion findet statt, während einige Zellen noch Wasser enthalten; nachdem alle Zellen mit Luft gefüllt sind, erfolgt dagegen starke Krümmung und Kontraktion.

3. Kontraktion findet erst statt, nachdem sich sämtliche Zellen mit Luft gefüllt haben.

4. Kontraktion und Krümmung tritt erst ein, nachdem alle Zellen luftgefüllt sind.

5. Schwache Kontraktion erfolgt, bevor alle Zellen Luft enthalten; nachdem sämtliche Zellen luftgefüllt sind, findet starke Kontraktion statt.

Ältere, schon geöffnete Sporangien von *Equisetum palustre* verhielten sich gleich wie die frischen. Um zu entscheiden, ob eine einzelne Sporangiumzelle sich kontrahiert, bevor sie mit Luft gefüllt ist, oder erst nachher, genügen natürlich Untersuchungen an grossen Sporangienstücken nicht. Meine früheren Versuche sowohl als auch die eben angeführten zeigen deutlich, dass viele Zellen sich erst kontrahieren, nachdem sie luftgefüllt sind. Wenn nun in einer Zellreihe *ab ab ab ab* die Zellen *a* infolge des Kohäsionsmechanismus, die Zellen *b* infolge des hygroskopischen Mechanismus sich verkürzen, so ist die Verkürzung der ganzen Zellreihe teilweise durch den hygroskopischen und teilweise durch den Kohäsionsmechanismus bedingt. Je nach der Stärke der beiden komponierenden Kräfte wird ihr Einfluss auf die resultierende Bewegung ein verschiedener sein; es sind aber beide Kräfte so lange an der Bewegung beteiligt, bis die Grösse der einen Kraft gleich Null geworden ist. Wirkt der eine Mechanismus auf mehr Zellen als der andere oder ist die durch ihn verursachte Verkürzung einer einzelnen Zelle grösser, so kommt ihm für die Gestaltsveränderung der ganzen Zellreihe eine höhere Bedeutung zu, ohne dass deshalb der andere Mechanismus seinen Einfluss verlieren würde. Meine neuen Untersuchungen führen mich wiederum zu dem Resultat, dass am Öffnen des *Equisetum*-Sporangiums sowohl der Kohäsions-, als auch der hygroskopische Mechanismus beteiligt ist. Die Versuche STEINBRINCK's über das Verhalten von mit Alc. abs. behandelten Sporangien im Vakuum beweisen nichts. Dass solche Sporangien sich nicht oder nur schwach öffnen, ist eine merkwürdige Erscheinung, die physikalisch noch nicht aufgeklärt ist, die aber weder für noch gegen die Beteiligung des hygroskopischen Mechanismus am Öffnen etwas aussagt. Da die betreffenden Zellwände beim Durchtränken mit Alc. abs. nicht quellen, so können sie sich natürlich beim Verdunsten des Alkohols auch nicht hygroskopisch kontrahieren. Hiermit ist aber selbstverständlich nicht bewiesen, dass die wasserdurchtränkte Wand beim Eintrocknen keine hygroskopische Bewegung ausführt.

In meiner Arbeit schrieb ich ferner, dass das Schliessen bei allen von mir untersuchten Sporangien auf rein hygroskopischem Wege geschieht. Ich gebrauchte die Bezeichnung „hygroskopisch“ in dem allgemein geläufigen Sinn; es sollte damit ausgedrückt sein, dass das Schliessen eine Folge der Durchtränkung der Membran mit Wasser ist. Wenn ich von „rein hygroskopisch“ sprach, so geschah

dies im Hinblick auf den bei der Sporangienbewegung ebenfalls beteiligten Kohäsionsmechanismus.

Dass durch die bisherigen Untersuchungen die Bewegungen der Equiseten-Sporangien als „erledigt“ zu betrachten seien, ist eine Ansicht, die ich nicht teilen kann. Erledigt sind diese Dinge erst dann, wenn es gelungen ist, die Bewegungen sowohl in qualitativer als in quantitativer Hinsicht auf die bewirkenden physikalischen Kräfte in einwandfreier Weise zurückzuführen. Von diesem Ziele sind wir aber zurzeit um eine recht messbare Strecke entfernt. Erwähnt sei beispielsweise die Schliessbewegung. Eine Zurückführung auf die bewirkenden Kräfte ist ja allerdings schon versucht worden, aber niemand wird behaupten wollen, dass eine wirkliche Erklärung vorliegt. Dadurch, dass man eine Bewegung einer Kraft zuschreibt, deren Wesen und Wirkungsweise noch unklar ist, hat man die Bewegung nicht erklärt; dies ist ebensowenig der Fall, wenn von einem hygroskopischen Mechanismus gesprochen wird, dessen Sitz nicht durch exakte Messungen bestimmt ist.

Freiburg (Schweiz), Botanisches Institut.

13. E. Jahn: Myxomycetenstudien.

Mit Tafel VI.

Eingegangen am 7. Februar 1904.

3. Kernteilung und Geisselbildung bei den Schwärmern von *Stemonitis flaccida* Lister.

Vor einigen Jahren hat HENRIQUE PLENGE einige interessante Beobachtungen über den Bau der Myxomycetenschwärmer veröffentlicht (Nr. 5). Er fand sie zufällig bei Gelegenheit anderer Untersuchungen in einem Heuaufguss. Als er einige getötet und gefärbt hatte, fiel ihm schon bei Anwendung schwacher Vergrösserungen auf, dass von der Basis der Geissel aus eine etwa birnförmige Masse sich ins Innere der Schwärmzelle fortsetzt. Eine genaue Untersuchung zeigte ihm, dass unmittelbar unter der Geisselbasis, die durch ein kleines, etwas dickeres Körnchen bezeichnet ist, sich regelmässig ein hellerer Bezirk im Zellkörper findet, der sich sowohl gegen das dunklere, innere und hintere Körnchenplasma, als gegen den helleren umgebenden äusseren Plasmasaum mit einer feinen Kontur scharf

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

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

Jahr/Year: 1904

Band/Volume: [22](#)

Autor(en)/Author(s): Ursprung Alfred

Artikel/Article: [Beiträge zum einiger Pteridophytensporangien 73-84](#)