

## 6. K. Prantl: Die Mechanik des Rings am Farnsporangium.

Eingegangen am 15. Februar 1886.

Der Aufsatz des Herrn J. Schrodts: „Der mechanische Apparat zur Verbreitung der Farnsporen“ in diesen Berichten III., S. 396 bis 405, veranlasst mich, auf diesen Gegenstand zurückzukommen, welchen ich vor sieben Jahren einer Untersuchung unterzogen habe. Die Resultate jener Untersuchung habe ich in einem Vortrage in der botanischen Sektion der Naturforscherversammlung zu Baden-Baden 1879 mitgetheilt und die kurze im Tageblatte S. 213 gegebene Notiz, welche die wesentlichen Punkte enthält, im Botanischen Jahresbericht VII., 1879, 1. Abthlg., S. 417 f. unverändert zum Abdruck gebracht. Dieselbe lautet (unter Hinweglassung des auf andere sich anschliessende Fragen bezüglichen Schlusses):

„Die Dehiscenzvorgänge am Farnsporangium treten am deutlichsten hervor an entleerten Sporangien, welche dieselben in beliebiger Wiederholung zeigen. Legt man ein entleertes sonst unverletztes Sporangium eines Farn aus den Familien der Polypodiaceen, Cyatheaceen oder Hymenophyllaceen in Wasser, so sieht man das in trockenem Zustande mehr oder minder weit klaffende Sporangium sich völlig schliessen, während die in den Ringzellen vorhandenen Luftblasen allmählich kleiner werden und schliesslich verschwinden. Setzt man nun wasserentziehende Mittel zu (z. B. Glycerin, Alkohol, oder auch starke Kalilauge, Chlorzink), oder lässt das Wasser verdunsten, so sieht man, wie das Sporangium sich langsam öffnet unter Verkleinerung des Volumens der Ringzellen, deren freie Aussenwand sich dabei nach innen faltet. Indem der Ring sich gerade streckt, oder rückwärts umbiegt, werden die nach bestimmter Regel aufgerissenen Seitenflächen weit auseinander gezogen; die verholzten dicken Radialwände der Ringzellen berühren sich beinahe; nun erfolgt mit einem plötzlichen Rucke das Zusammenklappen des Sporangiums bis in die wenig klaffende Trockenstellung, von der wir ausgingen; jede Ringzelle enthält jetzt eine sie fast völlig ausfüllende Luftblase. So lange diese Luftblasen durch erneute Wasseraufnahme nicht wieder verschwunden sind, lässt sich eine erneute Oeffnung nicht herbeiführen. Die Erklärung ist einfach folgende: die Ringzellen enthalten einen Stoff, welcher mit grosser Begier Wasser anzieht; durch diesen endosmotischen Druck wird die Luft in den Ringzellen zur Absorption gebracht, bei Wasserentziehung von

aussen jedoch bei einem gewissen, geringen Druck gewöhnlich in allen Ringzellen gleichzeitig wieder frei und hierdurch erfolgt das elastische plötzliche Zusammenklappen des Sporangiums. Man sieht dies am deutlichsten an einzelnen Individuen, bei welchen die Luft in den einzelnen Zellen ungleichzeitig auftritt und die einzelnen Zellen ungleichzeitig gedehnt werden. Ebenso erfolgt das Aufspringen des reifen Sporangiums an der Pflanze, nur dass hier der erste Effekt des Austrocknens die Spaltung einer dünnen Radialwand des Stomiums ist.“

Später hat Schinz<sup>1)</sup>, ohne von dieser Notiz Kenntniss zu besitzen, sich mit der gleichen Frage beschäftigt, ist aber vollständig auf Irrwege gerathen, so dass seine Arbeit hier unberücksichtigt bleiben kann.

Das nämliche Stillschweigen könnte ich der früheren Arbeit des Herrn J. Schrodt: „Das Farnsporangium und die Anthere“<sup>2)</sup> zu Theil werden lassen, wenn derselbe in seiner neueren Publikation in diesen Berichten nicht ausdrücklich hierauf Bezug nehmen würde.

In vortheilhaftem Gegensatze zu diesen beiden Publikationen steht die Abhandlung von Leclerc du Sablon<sup>3)</sup> durch die sorgfältige Beobachtung des Vorganges, um dessen Erklärung es sich handelt. Wollte ich einen kurzen Auszug aus dieser Abhandlung geben, so müsste ich (von einigen unwesentlichen Kleinigkeiten abgesehen) das mit denselben Worten thun, mit welchen ich oben über meine Untersuchungen berichtet habe, welche letztere auch Herr Leclerc nicht bekannt waren.

Zudem hat Herr Schrodt den Inhalt von Leclerc's Arbeit angegeben und ich kann es getrost der Beurtheilung des Lesers anheimgeben, ob Herr Schrodt zu der Behauptung berechtigt ist, dass „ein so leicht zu beobachtender Vorgang allen Forschern bisher entgangen war,“ dass ich „das plötzliche Auftreten von Luftblasen in den Zellen des Annulus beim Austrocknen desselben beobachtet habe, ohne dadurch zu einer befriedigenden Lösung des Problems zu gelangen, wie es bei der Lückenhaftigkeit der damals bekannten Beobachtungen nicht anders zu erwarten war.“

Die Thatsachen, welche ich nunmehr hier mittheile, dürften zu einer befriedigenden Lösung des Problems genügen, welche aber in ganz anderem Sinne ausfällt, als Herr Schrodt dies in seinem zweiten Versuche erreicht zu haben vermeint. Diese Thatsachen sind ein Theil dessen, was ich schon vor sieben Jahren beobachtet habe und bilden die Basis meiner damals gegebenen Erklärung; nur einige Ver-

1) Untersuchungen über den Mechanismus des Aufspringens der Sporangien und Pollensäcke. Dissertation Zürich 1883.

2) Flora 68. 1885. S. 455 ff.

3) Recherches sur la dissémination des spores chez les Cryptogames vasculaires: Ann. des Sc. natur. 7. Ser. T. II. p. 5 ff.

suche waren erst durch den Gedankengang des Herrn Schrodts veranlasst.<sup>1)</sup>

1. Die erste Aufgabe ist die nähere Untersuchung der Ringzellen nach Vollendung des Dehiscenzvorganges. Hier ist zunächst die wichtige, von Anderen übersehene Thatsache hervorzuheben, dass der Raum zwischen der Luftblase und der Wandung von Protoplasma ausgefüllt wird. Dies ist am leichtesten an solchen Sporangien zu beobachten, welche trocken in concentrirte Chlorzinklösung gelegt werden; hier erhärtet das Protoplasma und erscheint nach der Absorption der Luft durch Wasser gegen den vorher luftgefüllten Raum hin scharf abgegrenzt; der erst luftgefüllte, nach der Absorption Wasser enthaltende Raum erweist sich als eine Vacuole, welche ringsum von einer zusammenhängenden Protoplasmaschichte mit eingeschlossenem Zellkern umgeben wird. Dieser Beleg ist an der planen Innenwand am dicksten, verdünnt sich an den Radialwänden und der halbcylindrischen Deckmembran nach aussen zu und überkleidet deren Scheitel in Form einer sehr dünnen, zuweilen nur mit Mühe nachweisbaren Schichte. Auch durch Behandlung mit Pikrinsäure oder Säurefuchsin lässt sich dieser Protoplasma-beleg unzweifelhaft darthun; hat man ihn unter Zuhilfenahme dieser Reagentien kennen gelernt, so ist es nicht schwierig, ihn auch an einfach in Wasser liegenden Sporangien wahrzunehmen. Die Anwesenheit eines geschlossenen Protoplasma-beleges darf bei Beurtheilung der Veränderungen im übrigen Inhalte der Zellen nicht unberücksichtigt bleiben, wiewohl diese Veränderungen nicht als die Funktion des lebenden Protoplasmas aufgefasst werden können; denn die Vorgänge vollziehen sich in beliebiger Wiederholung an längst trockenen Sporangien aus altem Herbarmaterial, auch nach anhaltendem Kochen der Sporangien, sowie nach der Einwirkung von Giften, wie Chlorzink, Pikrinsäure u. a.

Herr Schrodts hat den (von ihm selbst als unwahrscheinlich hingestellten) Gedanken geäußert, die in den trockenen Ringzellen vorhandenen Blasen könnten vielleicht nicht luftgefüllte, sondern leere Räume sein. Um den weiteren Versuchen und Erwägungen eine sichere Basis zu geben, habe ich nunmehr experimentell festgestellt, dass die Blasen in der That Luftblasen, keine leeren Räume sind. In Glycerin liegende Sporangien wurden unter dem Mikroskope durch Radialschnitte verletzt. Wurde dabei eine Ringzelle geöffnet, so hätte, wenn die Blasen leere Räume wären, sofort das Glycerin an ihre Stelle treten müssen; dies geschah aber nicht; in den sechs Fällen, in welchen das Experiment vollständig gelang (es ist begreiflich, dass manchmal die

---

1) Als Material dienten früher vorwiegend, neuerdings ausschliesslich Sporangien von *Polypodium vulgare*.

Luftblase oder das ganze Sporangienfragment an der Nadel hängen bleibt) blieben die Blasen erhalten; an einem Objekt ragte noch nach 15 Stunden die Blase völlig unverändert frei in die umgebende Flüssigkeit vor.

Wegen der später zu besprechenden Absorptionserscheinungen war es von Interesse, etwas über die stoffliche Qualität dieser „Luft“ zu erfahren, insbesondere die Frage zu prüfen, ob sie nicht, wenigstens überwiegend, aus Kohlensäure bestehe, eine Möglichkeit die durch das Auftreten in chlorophyllfreien, wenigstens kurz vorher lebensfähigen Zellen nahe lag.

Dadurch waren folgende Versuche veranlasst:

Trockene Sporangien wurden in frische verdünnte Kalilauge gelegt: Die Luft wurde ebenso wie von Wasser absorbiert, kam aber nach Wiederholung des Dehiscenzvorganges nicht mehr zum Vorschein. Es lag nahe, sie hiernach für Kohlensäure zu halten; doch sprechen dagegen die beiden folgenden Versuche und es wird dieser Kaliversuch unten seine richtige Erklärung finden.

Barytwasser verhält sich wie reines Wasser, d. h. es absorbiert die Luft; ein etwaiger Niederschlag von kohlen-saurem Baryt könnte in Betracht der zu erwartenden geringen Menge und der Anwesenheit Körnchenführenden Plasmas nicht sicher zur Beobachtung gelangen. Aber bei Wiederholung des Dehiscenzvorganges erscheint die Luft wieder in normaler Weise. Diess könnte nicht der Fall sein, wenn sie als Kohlensäure chemisch gebunden worden wäre; man müsste denn annehmen, dass der Baryt nicht durch das Plasma hindurch eingetreten wäre (durch die Membran dringt er, wie deren dunklere Färbung beweist), und der Versuch deswegen keine Beweiskraft hätte.

Hingegen dürfte folgendes dritte Experiment vollständige Beweiskraft besitzen. Sporangien wurden unter frischer Kalilauge zerdrückt; die in den verletzten Ringzellen noch vorhandene Luft wurde ebenso wenig, beziehungsweise ebenso langsam absorbiert, wie von reinem Wasser. Kohlensäure hätte in der frischen Kalilauge sofort verschwinden müssen.

Es wird sonach die eingeschlossene „Luft“ kaum etwas anderes sein, als atmosphärische Luft oder ein ähnliches sauerstoffärmeres Gemenge.

2. Woher stammt die beim Schnellen des Sporangiums in den Ringzellen auftretende Luft? Herr Schrodts meint, dass die von mir und ebenso von Herrn Leclerc angegebene Entstehung aus dem in den Zellen noch vorhandenen Wasser aus physikalischen Gründen unmöglich sei. Ich trete hiermit den Beweis an, dass ein Eintreten der Luft von aussen bei richtiger Versuchsanstellung unmöglich ist.

Arbeitet man in Luft, indem man die Dehiscenz durch Verdunstung einleitet, so ist eine thatsächliche Feststellung der Herkunft der Luft unmöglich. Es ist daher die nächstliegende Methode, die Dehiscenz durch wasserentziehende Flüssigkeiten herbeizuführen, wie ich dies in ausgedehntester Masse gethan habe. Das Schnellen unter Auftreten der Luft erfolgt hierin ausnahmslos, gleichgiltig ob als wasserentziehendes Mittel Glycerin, Alkohol, concentrirte Schwefelsäure oder Chlorzink verwendet wird. Zugegeben, diese Medien enthielten sämmtlich in genügendem Masse absorbirte Luft, so wäre doch die Fähigkeit der durch Wasserentzug geschrumpften Ringzellen, plötzlich aus der umgebenden Flüssigkeit nicht etwa diese selbst, sondern die in derselben absorbirte Luft ausschliesslich in sich aufzunehmen, geradezu wunderbar und bedurfte vor allen Dingen einer Erklärung. Wenn nun aber in dem Medium zufällig Luft in Blasenform vorhanden ist und eine solche Luftblase liegt dicht neben dem schnellenden Sporangium, so sollte man doch meinen, diese Luftblase müsste durch die stattfindende Aenderung im Gehalte der Flüssigkeit an absorbirter Luft in Mitleidenschaft gezogen werden, müsste von der Flüssigkeit absorbirt werden, nachdem diese eben erst ein grösseres Volumen Luft an die Ringzellen abgegeben hätte.

Nun kann man aber aus den anzuwendenden Flüssigkeiten die etwa vorhandene Luft durch Kochen entfernen. Ich habe diesen Versuch in verschiedenen Modifikationen wiederholt angestellt, folgende Art dürfte ebenso einfach als einwurfsfrei sein. Auf dem Objektträger werden trockene Sporangien unter Deckglas mit Wasser gekocht. Ist das geschehen, so wird in einige Entfernung auf den gleichen Objektträger ein grosser Tropfen Glycerin gesetzt, mit Deckglas bedeckt und ebenfalls zum Sieden erhitzt; während des Siedens wird das Deckglas an das andere geschoben; das Glycerin tritt zu den Sporangien, diese dehisciren und schnellen in normaler Weise unter Auftreten der Luftblasen. Will man einwenden, die Flüssigkeiten hätten inzwischen wieder Luft aufgenommen, so müsste diese dann durch eben diesen Vorgang an die zuerst an die Reihe kommenden Sporangien abgegeben werden und es könnte dann für die folgenden in der Mitte des Präparates liegenden Sporangien keine Luft mehr vorhanden sein; diese mittleren erhalten aber ebenso gut ihre Luftblasen, auch wenn das Glycerin schon eine dichte Reihe passirt hat. Dazu ist noch daran zu erinnern, dass Glycerin überhaupt nur wenig Luft zu absorbiren im Stande ist.

Da die Luftblasen somit in ausgekochten Medien ebensogut erscheinen, wie in Luft, so können sie nicht von aussen stammen, sondern müssen aus dem Zellinnern entwickelt werden.

Eine zweite Methode, dies zu beweisen, bietet das Vacuum, ich konnte diese aus äusseren Gründen nicht anwenden, wenngleich mir in

den Geissler'schen Kammern ein Mittel bekannt ist, um auch im Vacuum mikroskopische Beobachtungen anzustellen.

Herr Schrodtt theilt aber mit, dass die Sporangien bei einem Drucke von 2 *cm* Quecksilber, sowie im Torricelli'schen Raume ebenso energisch herumspringen, wie unter gewöhnlichen Druckverhältnissen. Wenn nun hier das Herumspringen nicht eine ganz andere Erscheinung ist, als jenes an der Luft (und zur Annahme einer Verschiedenheit liegt nicht der geringste Grund vor), so treten die Luftblasen auch auf, wenn die Zellen sich im Vacuum befinden, müssen folglich aus deren Innerem stammen. Dies hat Herr Schrodtt nicht bedacht, wenn er im Schlusspassus sagt: „Die Membran erreicht denjenigen Grad der Trockenheit, in welchem sie unter dem Drucke von einer Atmosphäre für Luft permeabel wird.“

Ausser diesen beiden Thatsachen, dass die Luftblasen sowohl in ausgekochten Flüssigkeiten, als im Vacuum auftreten, will ich noch darauf hinweisen, dass dieselben innerhalb des Protoplasmabeleges erscheinen.

3. Welche Spannung hat die im Inneren der Zellen auftretende Luft?

Herr Schrodtt giebt zu, dass das Auftreten der Luft die Ursache des Schnellens ist. Aus der Thatsache, dass durch die sich entwickelnde Luft dieselben Ringzellen ausgedehnt werden, welche vorher durch Verdunstung unter dem Drucke der Atmosphäre zusammengefallen waren, ziehe ich den Schluss, dass diese Luft annähernd die Spannung der Atmosphäre besitzen muss.

Wie Leclerc richtig beschreibt, ist bei der Dehiscenz in Luft die plötzliche Dehnung der Ringzellen eine grössere, als die schliesslich durch eine geringe Zusammenziehung bedingte bleibende. In Flüssigkeiten wird hingegen sofort die bleibende Grösse der Ringzellen herbeigeführt. Der nicht stichhaltigen Erklärung Leclerc's stelle ich folgende gegenüber. 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. In Flüssigkeit wird durch die Reibung das Ueberschreiten des Zieles verhindert. — Hätte die Luft im Inneren der Ringzellen eine geringere Spannung als die einer Atmosphäre, so müsste unter der Annahme, dass die trockene Membran für Luft nicht permeabel ist, der Atmosphärendruck die Zellen soweit zusammendrücken, bis eben innen Atmosphärendruck vorhanden ist; wäre aber, was kaum anzunehmen ist, die trockene Membran für Luft permeabel, so müsste die Spannungsdifferenz sich durch Diffusion ausgleichen; in beiden Fällen, mag die Membran für Luft permeabel sein oder nicht, kann im stationären Trockenzustande im Inneren kein ge-

ringerer Luftdruck vorhanden sein. Der Satz des Herrn Schrod t: „Die eingedrungene Luft hat aber nicht die Spannung der Atmosphäre, da mit ihrer Aufnahme in das Lumen der Zellen die Kraft des äusseren Druckes so weit vermindert wird, dass sie den Widerstand der lufttrockenen Membran nicht zu überwinden vermag,“ ist mir unverständlich geblieben.

4. Wodurch wird die Absorption dieser unverdünnten Luft in einer kleinen Flüssigkeitsmenge ermöglicht? Legt man ein trockenes Sporangium in Wasser, so werden in demselben Masse, als Wasser in die Ringzellen eintritt, die Luftblasen zusehends kleiner und verschwinden schliesslich, d. h. sie werden absorbiert von einer Quantität Wasser, welche ihr Volumen nur wenig übertrifft. Da Kohlensäure, welche bei gewöhnlichem Drucke bei gewöhnlicher Temperatur ungefähr im gleichen Volumen absorbiert wird, nach Obigem nicht in Betracht kommt, muss ein gesteigerter Druck vorhanden sein, welcher die Absorption ermöglicht. Dieser muss durch Endosmose zu Stande kommen; die physikalische Thatsache, dass unter dem Drucke des endosmotisch eingesogenen Wassers ein grösseres Luftquantum absorbiert werden kann, steht unzweifelhaft fest. Herr Schrod t stellt die Forderung, die Endosmose müsse dadurch bewiesen werden, dass man den endosmotisch wirksamen Stoff sehe. Dieser Forderung kann ich ebensowenig genügen, als ich ihn den Stoff sehen lassen kann, durch dessen Wasseranziehung der Turgor einer Parenchymzelle zu Stande kommt; dass in dem direct sichtbaren Protoplasma der betreffende Stoff vorhanden ist, dürfte nicht zu bezweifeln sein. Die Existenz der Endosmose und die dadurch bedingte Absorption beweise ich durch folgenden Versuch. Gelingt es eine lufthaltige Ringzelle, eben in Wasser gelegt, so zu verletzen, dass die Luft oder wenigstens ein Theil derselben in ihr erhalten bleibt, so muss, wenn keine Endosmose bei der Absorption mitwirkt, die Luft in der verletzten Zelle rascher absorbiert werden, als in der unverletzten, weil sie sich in einer grossen Wassermenge vertheilen kann. Ist aber endosmotischer Druck im Spiele, so muss die Luft in den unverletzten Zellen eben unter diesem Drucke rascher zur Absorption gelangen, als in der verletzten. Nach vielen vergeblichen Versuchen gelang es mir wiederholt, in unzweifelhafter Weise festzustellen, dass die Luftblase in der verletzten Zelle noch vorhanden war, nachdem die Luft in sämtlichen unverletzten Zellen des Sporangiums unter meinen Augen absorbiert worden war. Dabei zeigte sich auch, dass die Absorption in den an die verletzten unmittelbar angrenzenden Zellen ausserordentlich rasch von Statten ging, offenbar wegen der vergrösserten Oberfläche für den Wassereintritt.

Leichter gelingt der Versuch, wenn man trockene Sporangien in kleine Fragmente zerdrückt und nun erst in Wasser bringt. Wenn

letzteres in sämtlichen unverletzt gebliebenen Ringzellen die Luft absorbiert hat, findet man leicht eine grössere Anzahl von verletzten Ringzellen, welche noch Luftblasen enthalten; dass auch verletzte Zellen vorkommen, deren Luft sich inzwischen entfernt hat, stört das Resultat nicht. Dieser Versuch ist erst dadurch beweiskräftig, dass die Binnenluft als unverdünnt nachgewiesen ist; er zeigt, dass Luft von gleicher Spannung in den geschlossenen Zellen absorbiert wird, in den verletzten Zellen nicht oder wenigstens erst nach unvergleichlich viel längerer Zeit.

Einen weiteren Beweis für die endosmotische Wasseraufnahme sehe ich darin, dass verdünnte Salzlösungen nicht im Stande sind, die Zellen mit Wasser zu füllen. Eine grössere Versuchsreihe hierüber habe ich mit Lösungen von (geschmolzenem) Chlorcalcium von bestimmter Konzentration ausgeführt. Eine 30prozentige Lösung verhält sich trockenen Sporangien gegenüber gerade wie Glycerin: der Ring bleibt in aufrechter Stellung mit unveränderten Luftblasen. In 10-, ebenso auch in 5prozentiger Lösung, schliesst sich das Sporangium, während die Luftblasen etwas verkleinert zu werden scheinen, ohne gelöst zu werden. In 3prozentiger Lösung endlich werden die Luftblasen absorbiert, wie von Wasser. Daraus folgt, dass die wasseranziehende Kraft des Zellinhalts grösser ist, als die einer Chlorcalciumlösung von 3 pCt., aber kleiner, als einer solchen von 5 pCt. Die Schliessung des Sporangiums in der Lösung von 5 pCt. ohne Absorption der Luftblasen zeigt, dass aus dieser etwas (ob Wasser oder Lösung, bleibe dahingestellt) in die Membran eindringt. Es ist möglich, dass die Schliessung des Sporangiums ausschliesslich durch eine Quellung und Verlängerung der Membran erfolgt, wobei die Luftblasen lediglich in Folge der Dehnung der Ringzellen ihre Gestalt, aber in Wirklichkeit nicht ihr Volumen verändern, und etwas Flüssigkeit in den Zellraum eindringt; es ist aber auch denkbar, dass die durchlässige Membran einer Flüssigkeit Eintritt in das Zellinnere gestattet, welche wohl eine kleine Quantität Luft, aber wegen Mangels eines höheren Druckes nicht die ganze vorhandene Menge absorbieren kann. Welche dieser beiden Möglichkeiten man annehmen will, ist gleichgiltig; die Hauptsache bleibt immer, dass bei dieser Konzentration zwar etwas Flüssigkeit eintreten, aber kein endosmotischer Druck zu Stande kommen kann. Aus verdünnterer Lösung oder Wasser saugt indess der Zellinhalt soviel Wasser auf, dass die Zelle in einen turgescirenden Zustand geräth; dies wird dadurch ermöglicht, dass deren Umhüllung, sei dies nun der Plasmabeleg oder die Membran, dem wasseranziehenden Stoffe den Austritt verweigert und die Membran eine sehr geringe Dehnbarkeit besitzt. Es muss hervorgehoben werden, dass dieser Zustand auch an solchen Zellen hervorgerufen wird, deren Protoplasma-körper getötet ist.



5. Welche Folgen treten ein, wenn dieser turgescirenden Zelle das Wasser entzogen wird? Mag dies nun durch Verdunstung oder durch wasserentziehende Mittel geschehen, so äussert sich die Wirkung zunächst in einer Volumverminderung der ganzen Zelle, indem die dünne Aussenwand sich nach innen faltet und die starren Radialwände näher an einander rücken. Während in einer lebenden turgescirenden Zelle Plasmolyse eintritt, folgt hier die Membran vollständig der Volumenverminderung, weil sie für das wasserentziehende Mittel nicht durchgängig ist. Aetzkali (aber nicht kohlen-saures Kali, mit welchem ich früher gearbeitet habe) verhält sich etwas abweichend; dies bewirkt nur in geringerem Masse eine Volumenverringernng, alsdann erfolgt sogar wieder Schliessung des Sporangiums. Offenbar dringt Kali durch die Membran, welche sogar nachträglich quillt und dadurch das Sporangium schliesst. Dadurch wird aber meine Auffassung nicht im Mindesten alterirt, dass das normale Oeffnen bei Wasserentzug wesentlich durch Verringerung des Binnenraumes, nicht durch Kontraktion der Membran bedingt wird; denn die Annäherung der Radialwände unterbleibt, wie ja Hr. Schrod t selbst nachweist, nach Verletzen der Zellen.

Warum tritt nach der Volumverminderung plötzlich Luft in den Zellen auf und dehnt diese aus? Wir haben oben festgestellt, dass beim Uebergang der Zelle in den turgescirenden Zustand Luft absorhirt wird. Wenn nun die Membran wohl das Wasser durch Exosmose austreten lässt, für die darin gelöste Luft aber nicht permeabel ist, so muss in Folge Aufhörens des Druckes die durch diesen Druck absorbirte Luft wieder frei werden; da nun diese faktisch frei wird, so schliesse ich umgekehrt auf diese Impermeabilität der Membran für gelöste Luft. Aetzkali verändert offenbar hierin die Membran; denn nach Einwirkung dieses Reagens erscheint die Luft nicht mehr wieder; sie ist inzwischen in die Umgebung hinausdiffundirt, womit die schon oben bei der Prüfung auf Kohlensäure erwähnte Thatsache ihre Erklärung finden dürfte.

Eine Schwierigkeit liegt allerdings darin, dass diese Luft nicht sofort proportional der Druckverminderung frei wird, sondern erst verhältnissmässig spät und dann mit einem Schlage. Zeitliche Differenzen zwischen den einzelnen Zellen eines Ringes kommen nicht gerade selten vor; besonders sind jene Zellen, welche an verletzte Ringzellen unmittelbar anstossen, jedesmal die ersten, in denen die Luft auftritt, und zwar bei einer geringeren Volumverminderung der Zellen, als an intacten Ringen.

Die Thatsache, dass unter Druck absorbirte Luft nach Erniedrigung des Druckes länger absorhirt bleibt, steht nicht vereinzelt; in jeder entkorkten Flasche Sodawasser oder Schaumwein wird ein Theil der Kohlensäure erst allmählich abgegeben, bleibt noch eine Weile

gelöst. Was unsere in Rede stehende Erscheinung auszeichnet, ist nur der Umstand, dass alle Luft nach eingetretener Druckverminderung noch eine Weile gelöst bleibt. Hr. Schrodts spricht zu einem anderen Zwecke davon, dass Wasser in Folge von Capillarspannung grössere Mengen Luft zu absorbiren vermag, ein Satz, über welchen ich nichts Näheres in Erfahrung zu bringen vermag. Ist er aber richtig, so müssen in dem engen Raum der verkleinerten Zellen Erscheinungen der Capillarität in noch viel höherem Maasse auftreten, als zwischen Objektträger und Deckglas.

Ferner erinnere ich an die Anwesenheit von Protoplasma, welches, wenn auch todt, doch die Vorgänge in einer Weise beeinflussen kann, dass deren Erklärung auf unübersteigbare Schranken stösst. Dinge, die man nicht erklären kann, sind aber deswegen nicht unmöglich.

Ich habe hiermit Folgendes bewiesen:

1. Die Ringzellen des dehiscirten Sporangiums besitzen einen Plasmabeleg, welcher eine Blase von Luft von atmosphärischer Spannung umschliesst.
2. Diese Luft dringt nicht von aussen ein, sondern wird im Inneren der Zellen frei.
3. Diese Luft wird durch Wasser in Folge von endosmotischem Drucke absorbirt und wird
4. bei Wasserentzug wieder frei.

Ich halte demnach die von mir zuerst gegebene Erklärung des Dehiscenzvorganges in allen Stücken aufrecht.

---

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

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

Jahr/Year: 1886

Band/Volume: [4](#)

Autor(en)/Author(s): Prantl Karl Anton Eugen

Artikel/Article: [Die Mechanik des Rings am Farnsporangium. 42-51](#)