Ueber die Sporenausschleuderung bei den Torfmoosen.

Von
S. Nawaschin.

(Hierzu Tafel IV.)

Im siebten Abschnitt seiner „Archegoniatenstudien“ [1]) erwähnt Goebel die völlig in Vergessenheit gerathenen Beobachtungen der älteren Autoren über die Explosion der Kapseln bei Sphagnum: „In den Lehrbüchern“, sagt er, „wird bezüglich des Oeffnens der Sphagnumkapseln nur angegeben, dass sich ein oberes Stück als Deckel loslöse, wornach dann die Sporen allmählich herausgeschüttelt werden müssten. Indess wussten schon die älteren Autoren, dass eine wirkliche Ausschleuderung der Sporen stattfindet. Bridel sagt: „Theca cum crepitu desiliens“. Wovon das mit hörbarem Geräusch begleitete Aufspringen der Kapseln bedingt ist, wäre näher zu untersuchen. Denn Lindberg's Vermuthung, dass durch Zusammenschrumpfen der Columella ein luftverdünnter Raum im Innern der Kapsel entstehe, und der Atmosphärendruck das Wegschleudern des Deckels bedinge, ist durch keinerlei Experimente gestützt und desshalb unwahrscheinlich, weil die Kapselwand zahlreiche Spaltöffnungen besitzt. Schimper .... meint im Gegentheil, dass durch die Contraction der Kapselwand im Innern die Luft verdichtet werde und dadurch die Explosion erfolge. Es könnten ja auch die Spannungsdifferenzen in den verschiedenen Theilen der Kapselwand allein in Betracht kommen“.

Diese Bemerkungen, die den gegenwärtigen Stand der wichtigen Frage in der Biologie der ganzen Moosfamilie darlegen, veranlassen mich jetzt, meine schon vor Jahren [2]) ausgeführten Beobachtungen hier mitzutheilen. Obgleich damals nicht ganz abgeschlossen, genügen dieselben doch, die von Goebel angeregte Frage zur Entscheidung zu bringen.

Man kann die Torfmoose zur Reifezeit ihrer „Früchte“ eine recht lange Zeit während eines düsteren Wetters beobachten, ohne

1) K. Goebel, Ueber die Sporenausstreuung bei den Laubmoosen. Flora, 1895, H. 3, pag. 465.

2) Vorgetragen von mir in der Sitzung (1890) der botan. Sect. d. Gesell. der Freunde d. Naturwiss. in Moskau (die Berichte wurden nicht publicirt).

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05157-0157-6

die geringste Veränderung und noch weniger das Aufspringen der Kapseln wahrnehmen zu können. Wählt man dagegen einen klaren Tag aus und fasst ein reichlich fructificirendes Sphagnum-Polster auf einem sonnigen Torfmoose ins Auge, so wird das Bild ein vollständig anderes sein.

Zum ersten Male wurde ich auf die Erscheinung des Aufspringens der Sphagnumkapseln ganz zufällig aufmerksam gemacht. Während des Sammelns der Moose fand ich einst ein Moor, welches mit grossen, schönsten Polstern von Sphagnum acutifolium bedeckt war. Das Moos fructificirte so reich, dass die Oberfläche durch die Unmenge der Früchte stellenweise ganz braun erschien. Der Tag war klar und es liess sich auf der ganzen Ausdehnung des Moores ein unaufhörliches Geräusch vernehmen, welches ich als durch das Platzen von Gasbläschen an der Oberfläche des Wassers im Moore verursacht erklären zu dürfen glaubte. Bald aber habe ich, zu meinem grossen Erstaunen, bemerkt, dass sich über die meisten Sphagnumpolster röthlichgelbe Wölkchen von Zeit zu Zeit emporheben, und dass ein Geräusch die Erscheinung jedes einzelnen Wölkchens begleitet. Die vom Geräusch begleiteten Wölkchen wurden, wie ich mich sofort überzeugen konnte, durch Salven von zahlreichen berstenden Sphagnumkapseln verursacht. Die Salven folgten aber so rasch aufeinander, dass jenes unaufhörliche Geräusch verursacht wurde, dessen Quelle ich der todten Natur anfangs zuschrieb.

Die Erscheinung war für mich damals ganz neu — weil in der sämmtlichen neuen Litteratur von Schimper allein gelegentlich erwähnt — und so nett, dass ich mich eine gute Stunde an einem Sphagnumpolster aufgehalten habe, bis dessen letztes Moospflänzchen seine sämmtlichen reifen Kapseln nach zahlreichen Salven entladen hatte. Bei dieser Gelegenheit konnte ich mich überzeugen, dass die reifen Kapseln erst nach dem vollständigen Austrocknen aufspringen. Die ausgeschleuderten Sporen bilden, wie oben erwähnt, sofort ein gelbliches Wölkchen, welches von dem Sphagnumpolster durch die Luftbewegung mehr oder weniger weit getrieben, event. zerstreut wird. Wären die Sporen im Innern der Kapsel etwas feucht, so würden sie als eine compacte Masse insgesammt mit dem Deckel in die Höhe geworfen werden, ohne ein Wölkchen zu bilden und auf den Boden event. auf denselben Polster wieder fallen. Die Torfmoose sind also, nach dem bereits Geschilderten allein zu urtheilen, für die Verbreitung ihrer Sporen vorzüglich ausgerüstet.

Was die Höhe betrifft, auf welche der Kapseldeckel abgeschleudert

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05157-0158-2

wird und welche die Kraft der Explosion der Kapseln gewissermaassen beurtheilen lässt, so ist diese Höhe meistens eine nicht unbedeutende. Als ich mich nämlich bei der Beobachtung über den Sphagnumpolster bückte, fühlte ich manchmal, dass hinaufgeworfene Deckel mein Gesicht trafen.

Um die Schilderung dieser interessanten Erscheinung in gröberen Zügen abzuschliessen, möchte ich hier noch die Aufmerksamkeit des Lesers auf eine Thatsache lenken, die mir ebenfalls zum ersten Mal auffiel, als ich die während der eben erwähnten Excursion gesammelten Torfmoose für das Herbarium präparirte. Lässt man die Räschen der Torfmoose, die reife Früchte tragen, in Löschpapier unter der Pflanzenpresse trocknen, so springen die Kapsel meistens (wenn der Druck nur nicht zu stark ist) in der normalen Weise auf. Die Sporen werden dabei ausgeschleudert und deren pulverige Masse bildet auf dem Papierbogen breite, gelbe (bis röthlichgelbe, je nach der Sphagnumspecies) Streifen, die von den Kapselmündungen bis an den Rand des Papierbogens reichen, woselbst auch meist die abgeworfenen Deckel liegen bleiben. Demnach soll die Explosion der Kapsel eine wirklich bedeutende Kraft entwickeln, welche sogar hinreicht, das Sporenpulver und die Deckel zwischen den zusammengepressten Papierbogen auf die Strecke bis 10 cm abzuschleudern. Später habe ich beim Präpariren der Torfmoose so oft Gelegenheit gehabt, die eben erwähnte Thatsache zu beobachten, dass ich mich wirklich wundere, wie es geschehen konnte, dass alle Torfmoossammler, so weit es mir wenigstens bekannt, so ein auffallendes Phänomene mit Stillschweigen übergehen.

Mit einem reichen Vorrath von reifen, frischen Kapseln von Sphagnum squarrosum habe ich später eine Reihe von Versuchen im Laboratorium angestellt in der Absicht, den höchst auffallenden Vorgang der Sporenausschleuderung näher zu prüfen. Was die Ursache der Explosion der Kapsel eigentlich anbelangt, so war mir darüber damals die Meinung Schimper's bekannt, welche in der oben citirten Goebel'schen Abhandlung angeführt wird, dass die Explosion durch die in der Kapsel verdichtete Luft erfolge. Es handelte zunächst sich darum, diese Erklärung zu prüfen, vor allem dann noch zu beweisen, ob im Innern der Kapsel überhaupt Luft da ist, weil sogar dies ja von Schimper durch keinerlei Versuche bewiesen wurde.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05157-0159-1

Werden die völlig reifen, ziemlich ausgetrockneten Kapseln in Alcohol gebracht, so schwimmen sie in demselben, was schon allein darauf hindeutet, dass im Innern der Kapsel entweder eine Luftmenge eingeschlossen sei, oder, was kaum wahrscheinlich, ein Vacuum existire. Die Anwesenheit der Luft in den Kapseln lässt sich nun folgendermaassen leicht veranschaulichen. Nachdem die Kapseln eine Zeit im Alcohol verweilt haben, fangen sie an zu bersten, was offenbar dadurch bedingt wird, dass dieselben in diesem Medium, ebenso wie in der trockenen Luft, an Wassergehalt immer verlieren, wodurch die Contraction der Kapselwand verursacht wird. Bringt man dann über die schwimmenden Kapseln einen mit Alcohol gefüllten umgeworfenen Probircylinder — wie man zum Sammeln der Gase zu verfahren pflegt —, so steigen die Kapseln innerhalb des Cylinders langsam nach oben; dabei geschieht es nicht selten, dass manche aufsteigende Kapseln unterwegs bersten. Man sieht dann je ein Luftbläschen aus den geborstenen Kapseln entweichen und nach oben steigen, während die entdeckelten Kapseln selbst untersinken.

Die weitere Frage, ob die in der zum Bersten fertigen Kapsel durch den vorstehenden Versuch nachgewiesene Luft in der That comprimirt sein kann, lässt sich durch Vergleichen der Räume entscheiden, welche die Luft in den frischen, feuchten Kapseln einerseits und den angetrockneten contrahirten anderseits einnimmt. Zu diesem Zwecke habe ich eine Anzahl von ungefähr gleichgrossen Kapseln ausgewählt und eine Portion der Kapseln aus diesem Vorrath im frischen Zustande mit dem Rasirmesser der Länge nach halbirt. Von diesen halbirten Kapseln wurden zahlreiche Skizzen bei einer ganz schwachen Vergrösserung entworfen; mit Hilfe eines mit derselben Vergrösserung entworfenen Maassstabes (Fig. 5) wurden die Kapsel-Skizzen direct gemessen. Es stellte sich heraus, dass der an der Stelle der zusammengeschrumpften Columella entstandene Luftraum in allen untersuchten Kapseln ein nahezu gleiches Volum besass. Der Einfachheit wegen nahm ich den fraglichen Raum für eine regelmässige Sphäre an, indem ich den unteren, die Columella umgebenden Theil des wirklichen Raums ausser Acht liess (Fig. 1). Der Radius der erwähnten Sphäre betrug durchschnittlich 0,85 mm, so dass ihr Volum sich nach der Formel $V = \frac{4\pi r^3}{3}$ berechnet, 2,57 cbmm gleich erwies, welche Grösse selbstverständlich nur einem grösseren Theile des wirklichen Luftraumes entspricht.

Der in den angetrockneten contrahirten Kapseln befindliche Luft-

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05157-0160-2

aum liess sich nicht direct bestimmen, da das eben besprochene Verahren sich mit den angetrockneten Kapseln als unthunlich erwies. Wird nämlich eine solche Kapsel mit dem Rasirmesser getroffen, so erstet sie augenblicklich und die erhaltenen Präparate erweisen sich ls völlig unbrauchbar. Ich begnügte mich daher, mehrere unverletzte Kapseln (aus demselben Vorrathe von gleich grossen Exemlaren) in verschiedenen Zuständen des Eintrocknens bei derselben Vergrösserung wie früher zu skizziren und vermittelst desselben Maasstabes zu messen. Um eine gewisse Vorstellung über die im Innern ler Kapsel während des Eintrocknens vor sich gehenden Veränderungen zu gewinnen, habe ich auch einige halbvertrocknete Kapseln ıalbirt und aufgezeichnet.

Bei dieser Gelegenheit habe ich eine Erscheinung kennen gelernt, die das plötzliche Bersten der Kapsel gut charakterisirt und laher nicht unerwähnt bleiben mag. Als ich nämlich eine schon iemlich stark angetrocknete Kapsel aufzeichnen wollte, entflog mit einem kurzen Knall mein Untersuchungsobject vom Tische des Zeichenapparates. Daraus ergibt sich, dass die Kapsel bei der Sporenausschleuderung einen „Zurückschlag" erfährt, auf die ganz ınaloge Weise, wie es bei einem Gewehrschuss zu geschehen pflegt. Ich musste desshalb bei meinen folgenden Versuchen die Kapseln an len Objectträger vermittelst Tröpfchens von Canadabalsam ankleben, ım dieselben auch nach dem Bersten im geöffneten Zustande aufzeichnen zu können.

Die Vergleichung der Skizzen von zahlreichen Kapseln in verschiedenen Zuständen des Austrocknens zeigte mir, dass der Längsdurchmesser der Kapsel während des Austrocknens der letzteren unveränderlich bleibt. Die ursprüngliche, fast regelmässig sphärische Gestalt der Kapsel wandelt sich dabei auf allbekannte Weise in eine beinahe cylindrische um, was also lediglich infolge der Verringerung des Querdurchmessers der Kapsel geschieht (Fig. 2). Dies lässt schon vermuthen, dass auch im Innern der Kapsel eine Verschiebung der festen Theile in der verticalen Richtung kaum zu finden sei, so dass z. B. die untere Grenze des Sporensackes auf der ursprünglichen Höhe liegen bleibe. Dem ist auch in der That so, wovon ich mich aus dem Vergleich der Skizzen von mehreren halbirten halbvertrockneten Kapseln überzeugen konnte. Die letzteren sind eiförmig; ihr oberer Theil erscheint stärker zusammengezogen und enthält den zusammengedrückten Sporensack, dessen innere Membrane, offenbar infolge des Vertrocknens, ganz flach aufgespannt erscheint und den halb-

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05157-0161-7

sphärischen Luftraum des unteren Theiles der Kapsel von oben abschliesst (Fig. 3). Wie diese Figur zeigt, bleibt dennoch die Ansatzstelle der inneren Sporensackmembrane auf der ursprünglichen Höhe liegen; die obere Grenze des Luftraumes in einer vertrockneten Kapsel lässt sich daher auf den Skizzen von unverletzten Kapseln gewissermaassen ermitteln, wie ich es auf der Zeichnung (Fig. 2) ausgeführt habe. Wenn wir den in der contrahirten Kapsel befindlichen Luftraum für einen regelmässigen Cylinder, welcher übrigens das wirkliche Volum des Raumes nicht unbedeutend übertrifft, annehmen, so lässt sich dessen Volum nach der Formel $v = \pi r^2 h$, worin $r = 0{,}5$ und $h = 1{,}0$ mm bestimmen und zwar beträgt es 0,78 cbmm.

Es zeigt nun das Verhältniss der Volume der Lufträume in der feuchten und angetrockneten Kapsel

$$\frac{V}{v} = \frac{2{,}57}{0{,}78} = 3{,}3,$$

dass die in den zum Bersten fertigen Kapseln eingeschlossene Luft wirklich comprimirt sein kann. Es war von Wichtigkeit, dieses Ergebniss experimentel zu prüfen, d. h. die aus der aufgesprungenen Kapsel ausgeschiedene Luft unter gewöhnlichem Druck zu messen.

Zum Messen der Luftbläschen, die, wie erwähnt, aus den in Alcohol berstenden Kapseln entweichen, ev. in dieser Flüssigkeit gefangen werden können, bediente ich mich des „Mikroeudiometers" von Timirjaseff[1]). Den Apparat habe ich mit Quecksilber nach Wägungsmethode calibrirt und eine Theilung dessen Capillarrohres einem Volume von 0,075 cbmm entsprechend gefunden. Für den Versuch füllte ich den ganzen Apparat mit Alcohol und liess einzelne Kapseln innerhalb des unteren trichterartig erweiterten Theiles des Apparates bersten; die auf diese Weise gefangenen Luftbläschen wurden einzeln im Capillartheile des Eudiometers gemessen.

Nach den zahlreichen Versuchen stellte es sich heraus, dass das Volum der Luftbläschen ziemlich inconstant ist. Ich habe nämlich eine Reihe von Zahlen gefunden, die zwischen 2,85 und 5,25 cbmm standen. Ich glaube diese Thatsache dadurch erklären zu dürfen, dass die untersuchten Kapseln nicht alle gleich ausgetrocknet und daher nicht gleiches Luftquantum enthaltend zum Versuche verwendet wurden. Die gefundene Minimalgrösse für das Volum der Luftbläschen, wie zu ersehen ist, übertrifft etwas die Grösse, welche

1) Timirjaseff, L'état actuel de nos connaissances sur la fonction chlorophylliene. Bulletin du congrès international de botanique e d'horticulture, réuni a St. Petersbourg 1884, pag. 117. S. auch Ann. des sc. nat. VII. Sér. Bot. T. II. p. 112 (1885).

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05157-0162-3

m Vorstehenden für den Luftraum in der feuchten Kapsel annähernd ıngenommen ist. Ich verweise hier aber darauf, dass die letztere Grösse absichtlich zu klein bestimmt wurde.

Stellen wir nun alle erhaltenen Resultate zusammen, so ergeben ıich etwa folgende Verhältnisse:

V, das Volum der in der feuchten Kapsel enthaltenen Luft kann nicht geringer sein als . . . . . 2,57 cbmm

V_1, das Volum der ausgeschiedenen Luftbläschen beträgt durchschnittlich . . . . $\left(\frac{2{,}85 + 5{,}25}{2}\right) = 4{,}05$ „

v, das Volum der in der trockenen Kapsel enthaltenen Luft kann nicht grösser sein als . . . . . 0,78 „

Eine mittlere Grösse für den Druck, unter welchem die Luft in ler contrahirten Kapsel comprimirt wird, ergibt sich also aus dem Verhältnisse

$$V_1 : v = 4{,}05 : 0{,}78,$$

ıngefähr gleich mit 5 Atmosphären. Nach dem Verhältnisse aber

$$V : v = 2{,}57 : 0{,}78$$

ıann dieser Druck jedenfalls nicht geringer als 3 Atmosphären sein.

Wollen wir jetzt versuchen, den oben auseinandergesetzten Vorgang der Sporenausschleuderung uns im Ganzen vorzustellen.

Da wir in der völlig reifen Kapsel die bereits geschrumpfte Columella stets finden, so dürfen wir annehmen, dass der an der Stelle ler letzteren entstehende Raum sich während des Reifens der Kapsel ıllmählich mit Luft füllt. Dies geschieht aber nicht infolge eines freien Luftzutritts durch die Spaltöffnungen der Kapselwand, wie man wohl denken könnte, sondern vielmehr infolge der Gasdiffusion, denn die Spaltöffnungen der Sphagnumkapsel entbehren thatsächlich vollständig der Spalte. Dies zeigen ohne Weiteres meine Abbildungen (Fig. 6—8 Tafel IV), an denen man freilich die lifferenzirten Spaltöffnungen ihren zärteren Zellmembranen nach zwischen den übrigen starkwandigen Epidermiszellen leicht erkennt, zugleich aber sich überzeugt, dass die Schliesszellen keinen Intercellulargang zwischen sich ausbilden. Es ist bekannt, dass feuchte Membranen für verschiedene Gase leicht permeabel sind, in trockenem Zustande aber diese Fähigkeit mehr oder weniger einbüssen. Daher erscheint es ganz zulässig, dass die Luft, einmal in die feuchte Kapsel

Universitätsbibliothek Regensburg urn:nbn:de:bvb:355-ubr05157-0163-9

eingedrungen, im Innern der letzteren nach dem Eintrocknen der Kapselwand eingesperrt wird, bezw. innerhalb der contrahirten Kapsel comprimirt werden kann. Das Eintrocknen der Kapsel hat ferner auch eine andere Erscheinung zur Folge. Erstens ziehen sich die Epidermiszellen der Kapselwand stark zusammen und zwar hauptsächlich in der transversalen Richtung (Fig. 9), was die oben erwähnte Verringerung des entsprechenden Durchmessers der Kapsel selbst, beim unverändert bleibenden longitudinalen, zur Genüge erklärt; zweitens zieht sich auch die innere Sporensackmembrane zusammen, was in der zu dieser Zeit cylindrisch gewordenen Kapsel eine vollständige innere Umgestaltung verursacht: die Sporen erfüllen jetzt als eine compacte Masse den ganzen oberen Theil der Kapsel und bieten sozusagen die Schrotladung einer Patrone dar, in deren unterem Theile stark comprimirte Luft die Rolle der Pulverladung spielt.

Es bleiben uns endlich einige mechanische Momente der Ausladung selbst des pneumatischen Gewehres — die Kapsel der Torfmoose als solches aufgefasst — zu berücksichtigen. Es ist nämlich einleuchtend, dass eine Bedingung hier absolut unentbehrlich ist, dass die plötzliche Explosion der Kapsel erfolgen könnte. Und in der That wird diese Bedingung in der Verschiedenheit des Baues des Deckels und der der Kapselwand gegeben, wodurch das plötzliche Abwerfen des Deckels ermöglicht wird. Wie bekannt, besteht die ganze Kapselwand aus einer einschichtigen Epidermis und mehreren Schichten von zarten Parenchymzellen; der Deckel erscheint dagegen von mehreren Schichten eines kleinzelligen, dickwandigen Parenchyms inwendig austapezirt. Dies hat zur Folge, dass, während die ganze Kapselwand sich beim Eintrocknen zusammenzieht, der Deckel seine Form, dank seiner festeren Struktur, so gut wie gar nicht verändert. Es kommt dabei offenbar eine Spannungsdifferenz in den verschiedenen Theilen der Kapselwand zu Stande, indem der Deckel die Contraction der Randzone der Kapselwand hindert; infolge dessen biegt sich diese Zone stark aus, was aus der Abbildung (Fig. 2) zu ersehen ist. Ausserdem werden die zusammengefügten Ränder des Deckels und der Kapselwand von einem besonders kleinzelligen Gewebe, nach der Art eines Annulus einiger Laubmoose, gebildet, welches wenig biegsam und daher brüchig zu sein scheint. Diese Einzelheiten, in manchen Abbildungen der Schimper'schen Monographie dargestellt, erklären genügend, auf welche Art und Weise das plötzliche Losbrechen, bezw. Abschleudern des Deckels vor sich gehen muss, worauf eigentlich erst die Explosion der Luftladung,

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05157-0164-5

bezw. das Ausschleudern der Sporen folgen kann. Dass bei der Explosion die Ränder der Kapselwand sich gerade richten und die aufgespannte innere Sporensackmembrane sich zerreisst, liegt auf der Hand (Fig. 4).

Nachdem ich nun im Vorstehenden die Resultate meiner Untersuchung zusammengefasst, glaube ich zu diesen Schlussfolgerungen berechtigt zu sein:

1. Die Sporenausschleuderung bei den Torfmoosen erfolgt durch die Explosion der innerhalb der Kapsel stark comprimirten Luft.
2. Die Spannungsdifferenzen in den oberen Theilen der Kapselwand sind auch von Belang, doch spielen dieselben bei dem Vorgange der Kapselexplosion eine mehr untergeordnete Rolle, indem sie bloss das Abwerfen des Deckels bewirken.
3. Die merkwürdige Erscheinung der Reduction der Spaltöffnungen stimmt mit den übrigen Anpassungen für die Sporenausschleuderung bei den Torfmoosen überein.
4. In ihrer Ausrüstung für die Verbreitung der Sporen steht die Gattung Sphagnum, soweit bis jetzt bekannt, nicht nur in der Moos-, sondern in der ganzen Pflanzenwelt einzig da.

Kiew, Dezember 1896.

Figuren-Erklärung.

Fig. 1 u. 2. Eine und dieselbe Kapsel, im frischen (Fig. 1) und im trockenen Zustande (Fig. 2) abgebildet. Die Conturen von inneren Theilen sind nach den zahlreichen Skizzen von halbirten frischen, bezw. halbangetrockneten Exemplaren (vgl. den Text) ausgeführt. Sp. = Sporensack, L. = Luftraum, c = Columella. Vergr. 13:1.

„ 3. Halbangetrocknete Kapsel, nach einem halbirten Exemplar. Vergr. 13:1.

„ 4. Entdeckelte Kapsel, nach einem halbirten Exemplar. Vergr. 13:1.

„ 5. Maassstab: 5 mm, in 10 Th. getheilt, bei Vergr. 13:1 entworfen.

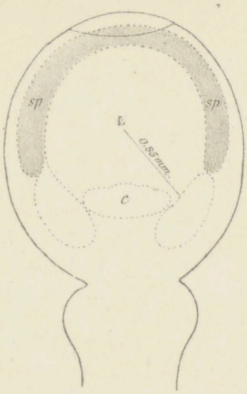
„ 6. Theil eines Querschnittes durch die Kapselwand. St. = Spaltöffnung. Vergr. ca. 450:1.

„ 7. Epidermis der Kapselwand von Aussen gesehen. StSt. = Spaltöffnungen. Vergr. ca. 360:1.

„ 8. Epidermis der Kapselwand von Innen gesehen. St. = Spaltöffnung. Vergr. ca. 360:1.

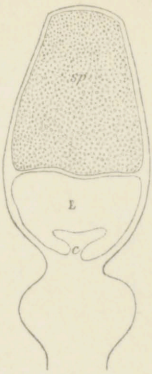
„ 9. Theil eines Querschnittes durch Epidermis der vertrockneten Kapselwand; wurde das Präparat in concentrirtem Glycerin beobachtet. Vergr. 360:1.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05157-0165-1

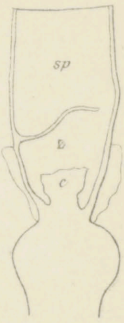


1.

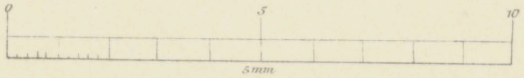
2.



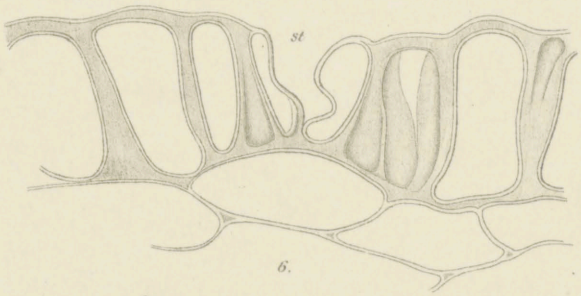
3.



4.

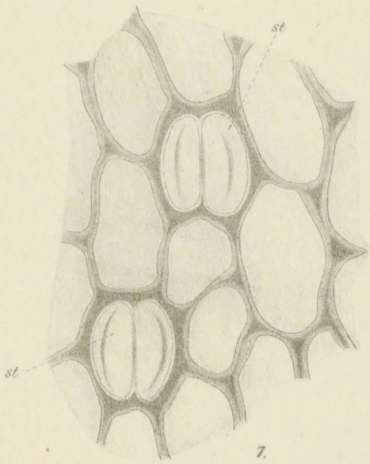


5.

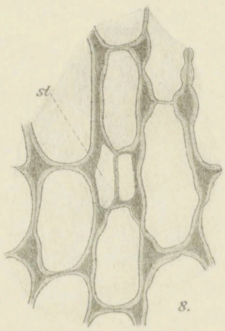


6.

9.



7.



8.

Ad. nat. del. S. Navaschin. W.A. Mayn, Lith. Inst. Berlin S.

Universitätsbibliothek Regensburg urn:nbn:de:bvb:355-ubr05157-0364-6

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Flora oder Allgemeine Botanische Zeitung

Jahr/Year: 1897

Band/Volume: 83

Autor(en)/Author(s): Nawaschin Sergei Gawrilowitsch

Artikel/Article: Ueber die Sporenausschleuderung bei den Torfmoosen. 151-159