

Experimente an Sporophyten von *Funaria hygrometrica*.

Von Helene Herzfelder.

Mit 3 Abbildungen im Text.

A. Eines Tages zeigte sich unter den als Unkraut auftretenden Funarien meiner Mooskulturen ein junges Pflänzchen, das mir durch seinen außergewöhnlichen Habitus auffiel. Das Veränderte lag in einer Verdickung der Seta, die sich über den größten Teil der Pflanze erstreckte. Fig. 1 A stellt ein Habitusbild derselben dar. (Diese Pflanze führt im folgenden die Bezeichnung A.) An der Stelle, an der die Anschwellung der Seta begann, war die Membran leicht rötlich, von stärkerem Rot durchlaufen. Außerdem war auffallend, daß die junge Pflanze, deren Kapsel von der Seta noch nicht abgegrenzt war, keine Haube besaß.

Beide Tatsachen führten zu der Vermutung, daß die Form der *Funaria* durch Verletzung und zwar durch Entfernung der Haube hervorgerufen war. Dies konnte leicht zufällig erfolgt sein, als einige Tage zuvor Unkraut aus der Kultur entfernt wurde. Diese Vermutung konnte jedoch nur experimentell bewiesen werden.

B. Zunächst sei darauf hingewiesen, daß F. Zielinski⁴⁾ Entlaubungen an Moosporogonen im Jahre 1909 vorgenommen hatte und dabei häufig unförmiges Anschwellen der Kapsel, im ganzen ein Streben zur Notreife beobachtet hatte. Meist entwickelten seine entlaubten Exemplare keine keimfähigen Sporen. Er hat also bei seinen Experimenten wohl Veränderungen der Sporogone, nie aber der Seten beobachtet, bzw. beschrieben.

Die Frage, die experimentell beantwortet werden sollte, lautete also: Ist die anormale Anschwellung der jungen Seta tatsächlich durch Entlaubung bedingt?

Ich entfernte daher wiederholt an den verschiedensten Entwicklungsstadien von *Funariasporophyten* die Hauben, teils durch Abstreifen mit der Hand, teils durch vorsichtiges Fassen mit der Pinzette. Es zeigte sich zunächst, daß das Entfernen der Haube an jungen Stadien nur dann gut möglich war, wenn sich die Pflanzen zuvor in feuchter Atmosphäre befunden hatten, d. h. mit einer Glasglocke überdeckt und ziemlich feucht gehalten waren. Ich brachte daher späterhin die Pflanzen vor Beginn der Versuche 1—2 Tage in entsprechende Feuchtigkeitsverhältnisse. Für die späteren Erfolge des Enthaubens war es dann gleichgültig, ob die Töpfe bedeckt oder unbedeckt waren, solange sie nur hinreichend feucht gehalten wurden und nicht übermäßig besonnt waren.

Das Enthauben ging auch unter den angegebenen Bedingungen nur bei einem geringen Prozentsatz ohne zu weitgehende Verletzung ab; denn schon der angewandte leichte Druck auf die Seta schien häufig dem jungen Pflänzchen unerträglich zu sein. Allerdings trat dann, wenn nicht der Vegetationspunkt selbst verletzt war, der Stillstand des Wachstums meist erst nach Tagen, oft erst nach Wochen ein.

Die erste Reaktion, die dem Enthauben folgte, bestand in einer sehr starken Anschwellung der Seta, ganz analog der in Fig. 1A abgebildeten und war meist nach 1—3 Tagen schon zu sehen. Es war gleichgültig, ob die Operation an ganz niederen oder 2 und mehr Zentimeter hochsetigen Pflanzen ausgeführt wurde, immer vorausgesetzt, daß die Kapsel vom Stiel noch nicht abgesetzt und der Vegetationspunkt unverletzt war.

Ich beobachtete die gleiche Setaveränderung als Folge von Enthaubung auch gelegentlich bei *Tortula muralis*, einem Versuchsobjekt Zielinskis, der aber wohl infolge seiner anderen Fragestellung nur auf Veränderungen des Sporogons geachtet zu haben schien, wie oben bereits erwähnt.

Hierdurch war erwiesen, daß die oben angeführte auffallende Form des *Funariasporophyten* (Pflanze A) durch eine entsprechende, durch Entfernung der Haube hervorgerufene Abänderung der äußeren und inneren Wachstumsfaktoren entstanden war.

Nach einigen Tagen wurde stets ein großer Teil der erst noch gesunden angeschwellenen *Funarien* an der Spitze rotbraun, was immer ein Zeichen beginnenden Absterbens war. Die Farbe beruhte auf Gerbstoffbildung und Oxydation desselben in Zellinhalt und -wänden.

Die Bildung einer roten Ringzone an der Stelle, wo ursprünglich die Haube aufgehört hatte, trat sehr häufig, aber nicht regelmäßig ein.

Ihr entsprach die rote Zone von Pflanze A. Hier war zwar auch der Gerbstoff oxydiert zu einer Entwicklungszeit, bei der die normalen Seten noch rein grün sind, aber die dazu führende innere Schädigung war nicht von weiterer Bedeutung.

An Pflanzen, die im Oktober der Haube beraubt worden waren und nach ca. 8 Tagen in der Anschwellung eine intensiv rote Zone sehr nahe der Spitze aufwiesen, konnte ich dagegen beobachten, daß trotz intakter Spitze nur ein ganz geringer Prozentsatz lebensfähig blieb. —

Ich fand sowohl bei *Funaria hygrometrica*, als gelegentlich auch bei *Pohlia nutans* var. *longiseta* Pflänzchen, die ohne künstlichen Eingriff derartige Setaanschwellungen aufwiesen. Sie stellten aber natürlich auch Abnormitäten dar, die dadurch entstanden waren, daß der Sporophyt die Haube durch sein Wachstum nicht abgerissen und mit sich hochgehoben, sondern nahe der Spitze seitlich durchbrochen hatte. —

Durch Schlitzen des bauchigen Teiles der Haube konnte eine Formabänderung der Seta nicht bewirkt werden. Dagegen zeigten Pflanzen, bei denen die Hauben ca. 1½ mm über die Sporogonspitze hochgezogen und dies Stück abgeschnitten worden war, ganz analoge Anschwellungen wie die vollkommen enthaubten, natürlich nur das über den Haubenrand ragende Stück. Während des Wachstums war bei diesen Versuchspflanzen ein deutliches Zurückbleiben in der Höhe gegenüber den unverletzten Kontrollpflanzen zu konstatieren. Schließlich stellten sie ihr Wachstum vor Ausbildung der Kapsel ein. —

Es handelte sich also bei den experimentell erzeugten Veränderungen nur um eine Beeinflussung des Vegetationspunktes. Zur Beurteilung, ob es sich dabei um Abänderung der Außenbedingungen oder um eine inner Beeinflussung handelt, wurden noch folgende Experimente ausgeführt:

An einer Reihe von Pflanzen wurden die Hauben 2—3 mm über die Sporogonspitzen emporgezogen, aber über der Pflanze gelassen. Auch diese Pflanzen, die doch den Schutz der Hauben gegen Licht und Feuchtigkeit annähernd wie im normalen Zustand genossen, zeigten wenigstens zum Teil die anormalen Setaanschwellungen. Es spricht dies dafür, daß Faktoren wie Licht und Feuchtigkeit beim Zustandekommen der Anomalie nicht mitspielen. Die Schwellung ist hingegen wahrscheinlich auf den Berührungs- resp. Verletzungsreiz, der seinerseits wiederum einen chemischen Reiz veranlaßt, zurückzuführen. — Bei der oben erwähnten Anomalie infolge seitlicher Durchbrechung der Haube dürfte dieser Reiz beim Durchstoßen erfolgt sein.

Die Annahme, daß es sich beim Enthauben und den gleichwertigen Reaktionen nicht um einen Reiz, sondern um die Aufhebung einer Ent-

wicklungshemmung handeln könne, scheint mir unwahrscheinlich. Sie würde eventuell eine Beschleunigung der Entwicklung, nicht aber eine Abänderung erklären.

Für die erste Annahme spricht auch ein Vergleich der Querschnitte durch eine normale und eine anormale Seta. Sie erweisen sich außer in der Größe hauptsächlich darin verschieden, daß bei normalen Seten die Zellen lückenlos aneinanderschließen, während bei anormalen häufig ein großer Interzellularraum gebildet ist. Dieser ist vielleicht gerbstoffführend, da die umgebenden Zellwände oft vollkommen von Gerbstoff gebräunt sind; er scheint die Folge einer Verletzung zu sein. — Außerdem ist der Unterschied in der Zellwandverdickung sehr auffallend. So zeigen Mikrotomschnitte durch Setenanschwellungen sporenreifer Pflanzen nur sehr wenige und schwach verdickte Zellreihen, etwa die zweite und dritte von außen, während bei normalen Seten schon ziemlich frühzeitig eine sehr ansehnliche Wandverdickung auftritt. Die enorme Zellvermehrung bedingt eben ein Zurückbleiben der Wandverdickungen. (An Mikrotomschnitten durch die Setaanschwellung von Pflanze A z. B. zählte ich 40 Zellen im Durchmesser, gegenüber ca. 16 Zellen im Durchmesser normaler, ausgewachsener Seten.) Damit mag auch die größere Empfindlichkeit der anormalen Seten gegen zu starke Feuchtigkeit usw. im Zusammenhang stehen.

Das weitere Schicksal der anormalen Pflanzen soll nun an Hand der Entwicklung von Pflanze A geschildert werden, da sie zur völligen Reife gelangte und überdies einen der wenigen beobachteten Fälle extremer Abweichung vom Typus darstellte. Nach 6 Tagen war die Seta noch etwas stärker geschwellt und die Kapsel hatte sich bereits deutlich von ihr gesondert. Nach weiteren 5 Tagen war die Kapsel mächtig vergrößert, noch rein orthotrop, und der Deckel lag in einer Grube der Kapsel genau zentriert. Als bald sah man den Annulus als rötlichen Ring durchschimmern und schließlich Annulus und Peristomzähne ihre endgültige Färbung annehmen. Das Außergewöhnliche der Kapsel bestand sodann in zwei Punkten. Die Kapsel war 1. aufrecht, 2. vollkommen radiär, im Gegensatz zu den sonst typisch dorsiventralen, hängenden *Funariasporogonen*.

Da das Zustandekommen dieser Pflanze trotz der freilich sehr begründeten Vermutung nicht mit aller Sicherheit festgelegt werden kann, muß noch auf die experimentell erzeugten Kapselveränderungen eingegangen werden. Obwohl ein hoher Prozentsatz der enthaubten Pflanzen schon vor der Kapseldifferenzierung zugrunde geht, habe ich eine große Anzahl von enthaubten Pflanzen beobachtet, die zur Kapsel-

reife gelangten. Viele davon stellten freilich Mißbildungen mit grotesken Auswüchsen oder Verkrümmungen dar, ein Zeichen, daß der Verletzungsreiz große Störungen hervorgerufen hatte. Meist war auch an ihnen die Dorsiventralität abgeändert und gemindert; wo sie unverändert auftrat, war die Enthaubung wahrscheinlich in einem verhältnismäßig späten Stadium ausgeführt. — Ein anderer Teil der behandelten Sporogone blieb zwar aufrecht und ohne Mißbildungen, zeigte

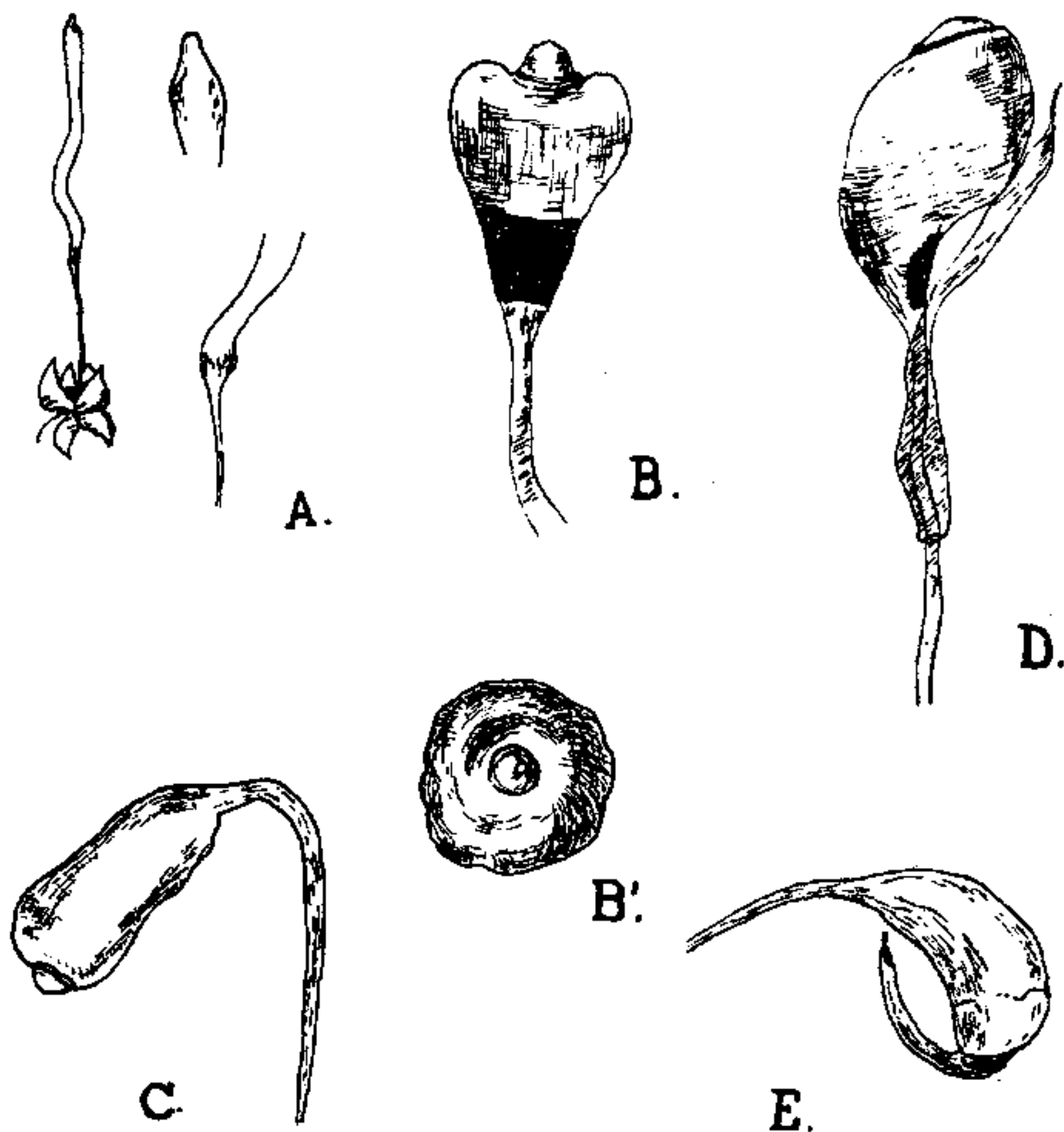


Fig. 1 A—E. E gibt eine normale Kapsel wieder zum Vergleich mit den anormalen.

aber doch noch deutliche Dorsiventralität der Kapsel und damit meist exzentrische Lage des Deckels.

Nur in den günstigsten Fällen trat eine vollkommen radiäre Ausbildung wie bei Pflanze A auf. Unter vielen Dutzenden von Versuchspflanzen habe ich nur ca. 6 rein radiäre Formen erhalten, von denen eine — sie heiße Pflanze B — in Fig. 1 B. von der Seite, in Fig. 1 B'. von oben wiedergegeben ist.

Die Resultate der Versuche sprechen dafür, daß die Dorsiventralität bei *Funaria* in weitem Maße von der Haube bedingt ist.

Man darf freilich nicht vergessen, daß sich auch Pflanzen finden, die bei ganz geschlossener, also noch nicht einseitig geschlitzter Haube dorsiventral sind. Sie sind es merkwürdigerweise im entgegengesetzten Sinn zur späteren Dorsiventralität, d. h. die später geförderte Seite ist weniger stark entwickelt als die Gegenseite, wie das auch bei Janzen¹⁾ in Abb. 17 E deutlich hervortritt.

Der unmittelbare Einfluß der Haube ist also noch nicht ganz klar zu erkennen, da von der durch das Enthauben hervorgerufenen Begleiterscheinung, der Setaanschwellung in den oben beschriebenen Fällen nicht zu abstrahieren ist. Fig. 1 C. möge darüber Aufschluß geben, daß häufig auch in Fällen, wo sich trotz des Enthaubens und schwacher Setaschwellung eine starke, der normalen gleichende Krümmung eingestellt hatte, die Kapsel kaum mehr dorsiventral zu bezeichnen war.

Ich möchte hier auch noch folgende Beobachtung anführen, da sie zu der Beurteilung der Dorsiventralität in engster Beziehung steht. Ich fand in einer Kultur gleichzeitig zwei Pflanzen, bei denen die Haube anscheinend zu eng gewesen war und daher auf anormale, bei beiden Pflanzen gleiche Weise von der Kapsel durchbrochen wurde. Fig. 1 D. stellt eine davon dar. Man sieht, daß die Haube nicht wie sonst in diesem Entwicklungsstadium der oberen Hälfte des Sporogons aufsitzt, sondern vielmehr zur Hälfte die Seta bekleidet, im übrigen durchbrochen und zur Seite geschoben ist. Das Merkwürdige an der Kapsel ist ihr aufrechter Wuchs und ihre eigentümlich verschobene Dorsiventralität. Hier also Dorsiventralität ohne Krümmung, oben (Fig. 1 C.) Krümmung ohne Dorsiventralität. —

Daß freilich noch andere Faktoren als die Beeinflussung durch die Haube für die Dorsiventralität in Anspruch genommen werden müssen, das zeigt z. B. die Tatsache, daß nur eine geringe Zahl der haubenlosen, zur Reife gelangenden Pflanzen wirklich radiär blieb, viele dagegen schon bald nach der Verletzung, vielleicht durch diese bedingt, Krümmungen ihrer geschwellten Seten ausführten. Je stärker eine solche Setakrümmung, um so größer war dann gewöhnlich auch die Abweichung vom radiären Typ bei der Kapsel, so daß hier offenbar dem Licht oder der Schwerkraft eine Rolle an der Gestaltung zuzuschreiben ist. —

Die abnorm ausgebildeten Funariasporogone wurden auch anatomisch untersucht. In den meisten Fällen war auf Handschnitten bei den radiären Kapseln außer dem rein radiären Aufbau der inneren Schichten keine Veränderung wahrzunehmen. In Kapseln, die durch die Verletzung stark mißbildet waren, konnte manchmal auch eine Mißbildung im Inneren beobachtet werden, eine einseitige Verlagerung oder Verkümmern

des Archespors und ähnliches. Mikrotomschnitte mißlingen fast regelmäßig, da die Sporogone dabei meist zerfetzten, so leider auch dasjenige von Pflanze A. —

Nur in einem Falle, und zwar von Pflanze B, gelang es, gute Mikrotomschnitte zu erhalten; diese wiesen eine Besonderheit auf, nämlich eine anormale Vergrößerung des Archespors. —

Fig. 2 stellt einen Schnitt aus der Mitte des Sporogons in Mikrophotographie dar. Normalerweise ist die Archesporschicht bei *Funaria*,

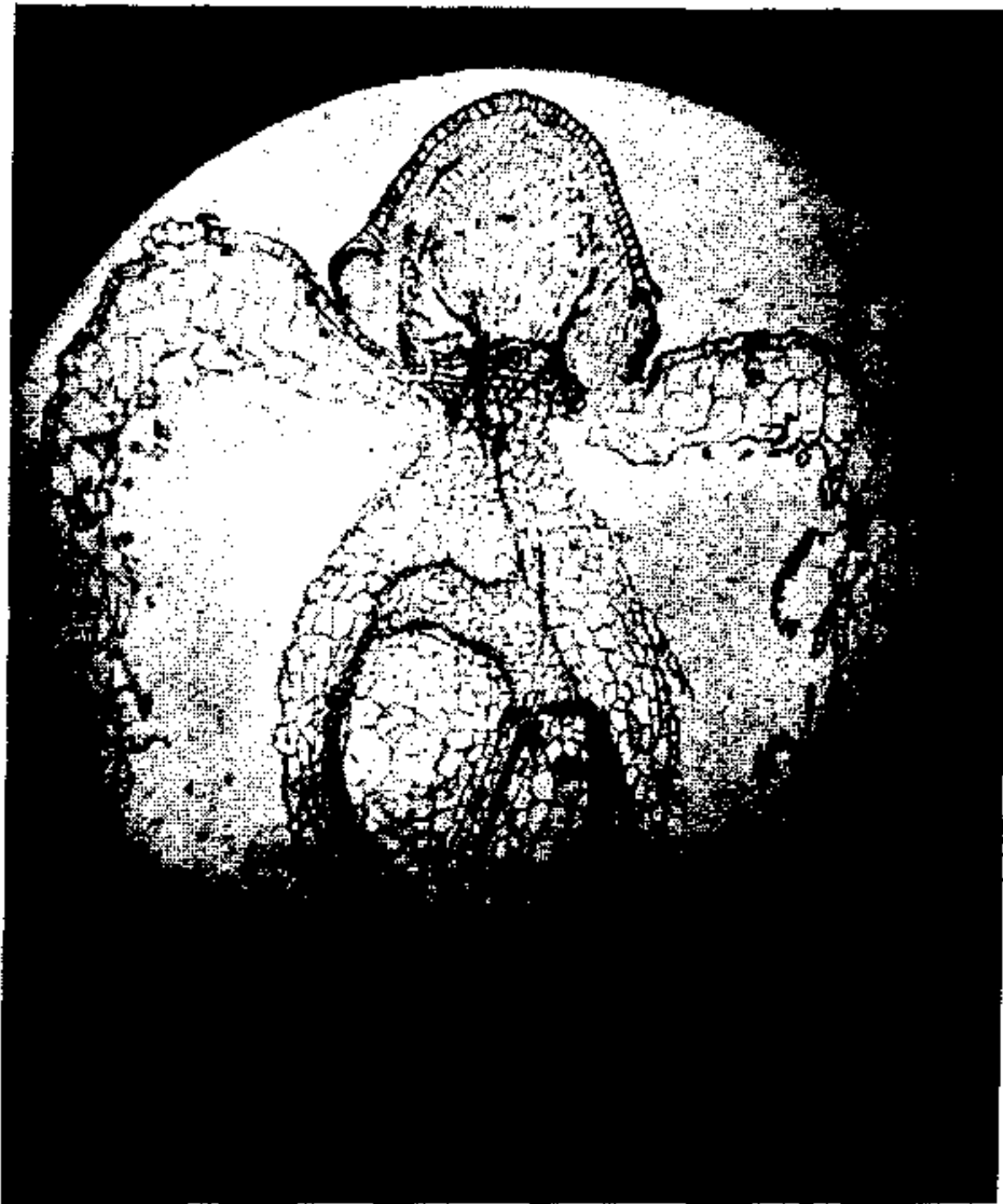


Fig. 2. Mikrotomschnitt durch Pflanze B.

wie bei anderen Laubmoosen ein gleichmäßig starker Zylinder in der Columella, aus einer einzigen Zellschicht hervorgehend, oben und unten offen. Hier hat das Archespor nicht nur an einigen Stellen eine Verbreiterung ins Innere erfahren, sondern es ist oben nahezu durch eine Archesporbrücke geschlossen und hat von da auch ins Zentrum sporenbildende Zellen vorgeschickt. Man sieht diesen mittleren Archesporstreifen einem Geweberiß folgen. Durch das Deckelgewebe hindurch zieht ein anscheinend inhaltführender Interzellulargang, der sich über dem Archespor gabelt. Fig. 3 A—D, die vier mit Überspringung von Zwischenstadien aufeinanderfolgende Schnitte durch die Kapsel darstellt, läßt erkennen,

daß diese Interzellulargänge ein zusammenhängendes System bilden. Außerdem sollen diese Umrißzeichnungen die starke Anomalie und Eigenartigkeit der Archesporausbildung dieser Pflanze, die mikrophotographische Aufnahme ergänzend, erläutern. (Fig. 3 B entspricht der Mikrophotographie Fig. 2.)

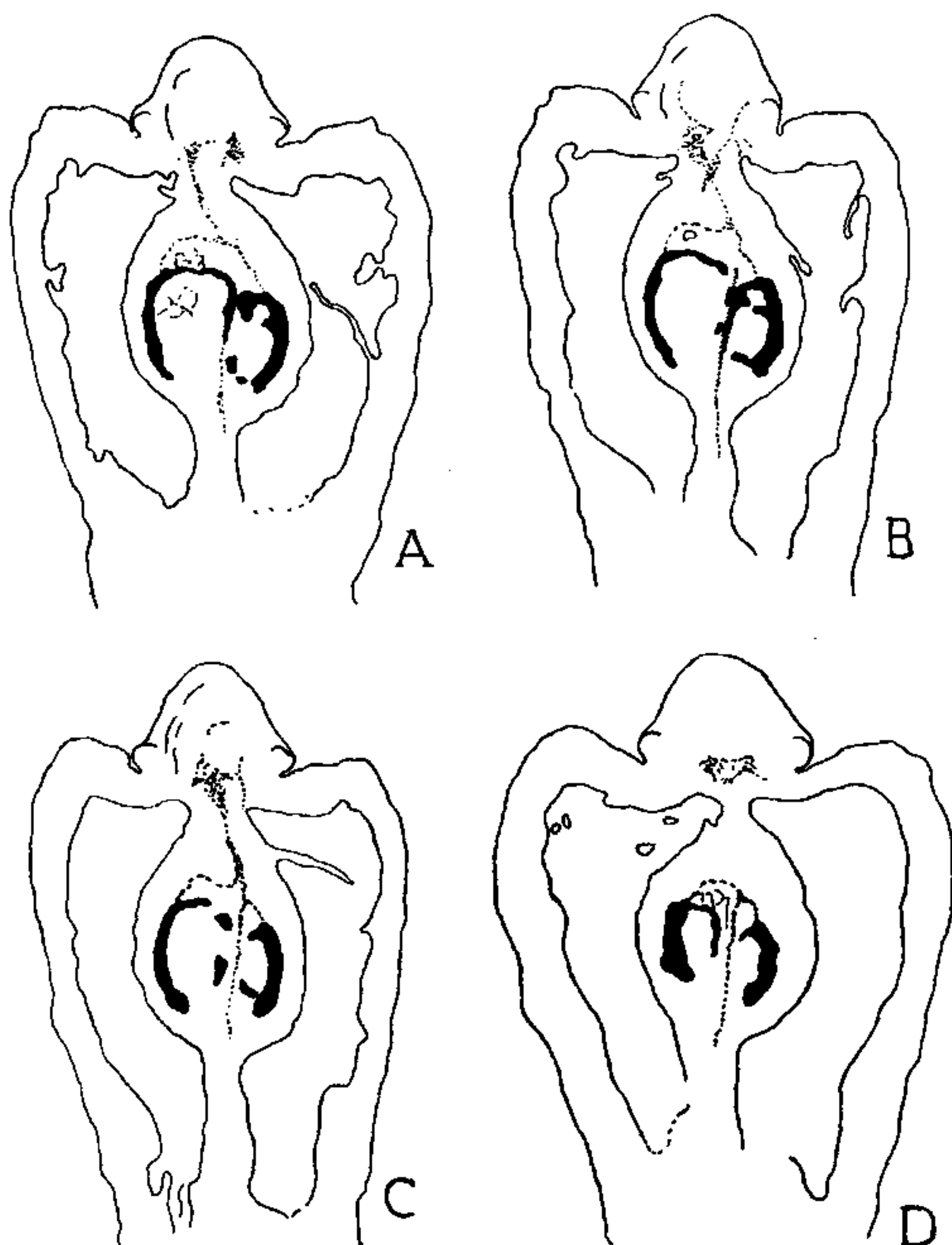


Fig. 3. Die Linie gibt den Verlauf des Interzellularganges an.

Während sonst das Archespor nahezu an den Deckel reicht, ist es hier in der Höhenausdehnung sehr zurückgedämmt. Auch ist es nach dem Luftraum zu von einer breiteren sterilen Schicht umgeben als bei normaler Ausbildung. Ein Einfluß des sekret- oder luftführenden Ganges

ist unverkennbar. Es müssen von ihm ausgehende chemische Reize irgendwelcher Art zur Gewebeumbildung Anlaß gegeben haben.

„Daß sich die Zellen der Columella unter Umständen in fertiles Gewebe umzuwandeln vermögen“, stellte schon im Jahre 1878 Kienitz-Gerloff²⁾ auf Grund einer eigenen Beobachtung an *Bryum* und einem älteren in der Literatur³⁾ aufgeführten Vorkommnis von Archesporanomalie bei *Syntrichia* (= *Tortula*) *subulata* fest. Der vorliegende Fall macht es durch das an dem Objekt verübte Experiment und das zweifellos dadurch hervorgerufene Auftreten des Interzellularganges wahrscheinlich, daß mechanische und im Gefolge stehende chemische Reize diese „Umstände“ darstellen können.

Zusammenfassung.

1. Die Entfernung der Haube an jungen Seten von *Funaria hygrometrica* hat eine starke Anschwellung derselben zur Folge, die durch den mechanischen Reiz bedingt sein dürfte.
2. So veränderte Sporophyte bilden aufrechte, mehr oder minder radiäre Kapseln. Es wurden mehrere rein radiäre beobachtet.
3. Der mechanische resp. im Gefolge stehende chemische Reiz erzeugte in einem Falle eine Anomalie der Archesporausbildung.

Weitere Untersuchungen müssen zeigen, inwieweit eine Abänderung des ausgeübten mechanischen Reizes eine Abänderung und Ergänzung dieser Resultate erzielen läßt und ob ferner eine direkte Beeinflussung durch chemische Reize möglich ist. Außerdem ist noch der Einfluß von Licht und Schwerkraft auf die Ausbildung unverletzter *Funaria*-sporogone zu studieren, um die hier formbestimmenden Faktoren in ihrem Zusammenhang kennen zu lernen.

Literatur.

- 1) Janzen, *Funaria hygrometrica*. Schriften der Naturforschenden Gesellschaft in Danzig, Bd. XII, Heft 3, N. F. Danzig 1909.
- 2) Kienitz-Gerloff, Untersuchungen über die Entwicklungsgeschichte der Laubmooskapsel usw. Botan. Zeitung 1878, 36. Jahrg., Nr. 3.
- 3) Lantzius-Beninga, Beiträge zur Kenntnis des inneren Baues der ausgewachsenen Mooskapsel usw. (Aus: Acta Acad. Leopold. Breslau 1850.)
- 4) Zielinski, F., Beiträge zur Biologie des Archegoniums usw. Flora, Bd. 100, Heft 1.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Flora oder Allgemeine Botanische Zeitung](#)

Jahr/Year: 1921

Band/Volume: [114](#)

Autor(en)/Author(s): Herzfelder Helene

Artikel/Article: [Experimente an Sporophyten von Funaria hygrometrica 385-393](#)