Über die vergleichenden anatomischen Verhältnisse von Physcomitrella patens (Hedw.) Br. et Sch., Physcomitrium pyriforme (L.) Brid., Physcomitrium sphaericum (Ludw.) Brid. und Physcomitrella Hampei Limpr.

(Physcomitrella patens [Hedw.] ♀ × Physcomitrium sphaericum [Ludw.] ♂, resp.: Physcomitrella patens [Hedw.] ♀ × Physcomitrium pyriforme [L.] ♂.)

Von Dr. István Győrffy (Makó in Ungarn).

Mit 23 Original-Abbildungen im Texte.

Dem Andenken K. Gustav Limprichts
(geb. am 11. Juli 1834, gest. am 20. Oktober 1902)
des verdienstvollen Bryologen
vom Verfasser gewidmet.

Inhaltsübersicht.

	Seite
A. Allgemeiner Teil	1— 4
B. Spezieller Teil	4—56
I. Anatomische Verhältnisse von Physcomitrella patens	5—16
a) Blattstruktur	6— 9
b) Struktur des Stengels	9—13
c) Struktur der Seta	13—14
d) Bau der Kapsel	14—16
II. Anatomische Verhältnisse von Physcomitrium pyriforme	16—33
a) Blattstruktur	19—21
b) Struktur des Stengels	21—26
c) Struktur der Seta	26
d) Bau der Kapsel	26—31
III. Anatomische Verhältnisse von Physcomitrium sphaericum	33—44
a) Blattstruktur	33—36
b) Struktur des Stengels	36—37
c) Struktur der Seta	37—39
d) Bau der Kapsel	39—44
IV. Anatomische Verhältnisse von Physcomitrella Hampei I. (Physcomitrella patens × Physcomitrium sphaericum)	44—51
a) Blattstruktur	45
b) Struktur des Stengels	45
c) Struktur der Seta	45—47
d) Bau der Kapsel	47—51
V. Anatomische Verhältnisse von Physcomitrella Hampei III. (Physcomitrella patens × Physcomitrium pyriforme)	51—56
a) Blattstruktur	52
b) Struktur des Stengels	52—53
c) Struktur der Seta	53—54
d) Bau der Kapsel	54—56
C. Vergleichender Teil	56—59

A. Allgemeiner Teil.

Unter den Gliedern der Mooswelt sind zweifellos jene Formen die interessantesten, die als Bastarde bekannt sind; diese entstehen folgendermaßen: auf das weibliche (♀) Geschlechtsorgan, welches sich auf der Spitze der geschlechtlichen Generation befindet, auf das Archegonium gelangen die Spermatozoïden eines anderen, daneben vegetierenden Mooses, und durch ihre Befruchtung wird so verhindert, daß auf der geschlechtlichen Generation die normale, ungeschlechtliche Generation (= Sporogonium) entsteht. Eine solche Bastardierung zwischen *Leptotrichum subulatum* × *Pleuridium subulatum* beschrieb Venturi in der »Revue Bryologique« (Jahrg. 1881, pp. 20–21); auch teilt Philibert eine Bastardierung im 1883. Jahrgang derselben Zeitschrift mit, die er zwischen *Orthotrichum Sprucei* und *Orthotr. diaphanum* auf Weiden bei Brouailles (départ. Saône et Loire) fand. Philibert beschreibt ferner eine Form zwischen *Bryum pallescens* × *Bryum pendulum* (Rev. Bryol. 1891. Jahrg.). Ganz sichere Bastarde sind *Funaria hybrida* (= *Enthostodon fasciculare* ♀ × *Funaria hygrometrica* ♂) von R. Ruthe (Limpricht: Laubmoose. II. Bd., pp. 200—202), *Ditrichum Breidleri* (= *Sporledera palustris* × *Ditrichum pallidum*), *Ditrichum astomoïdes* (= *Ditrichum pallidum* × *Pleuridium subulatum*) und endlich *Physcomitrella Hampei* (= *Physcomitrella patens* × *Physcomitrium sphaericum*) von Limpricht.

Dagegen ist *Grimmia alpestris* forma *hybrida* (= Grimmia alpestris × Gr. Donniana), die Chalubinski beschrieben (Grimmieae Tatrenses. Varsaviae 1882, p. 68) und teils abgebildet hat (l. c. Tab. IX. XV. 22., 23.) nichts anderes als *Grimmia sessitana* De Notaris (Limpricht, I. Bd., p. 755).

Einer dieser Bastarde, nämlich *Physcomitrella Hampei* Limpr., deren Morphologie wie Anatomie hochinteressant und lehrreich ist, bildet den Gegenstand meiner Arbeit.

Bisher kennen wir zweierlei Kombinationen von *Physcomitrella Hampei*, bei der einen entwickelt sich auf der geschlechtlichen Generation von *Physcomitrella patens* die ungeschlechtliche Generation von *Physcomitrium sphaericum*; diese war zuerst bekannt, ich nenne sie kurzweg *Physcomitrella Hampei* I. Eine andere Kombination beschrieb Amann (in Vierteljahrschrift der Naturf. Ges. Zürich 1893, p. 382) zwischen *Physcomitrella patens* × *Physcomitrium eurystomum*, die ich mit II. bezeichnen will.

Ferner befasse ich mich in meiner Arbeit auch noch mit einer dritten Kombination, die ich der Kürze halber als *Physcomitrella Hampei* III. erwähne und die ein Bastard zwischen *Physcomitrella patens* × *Physcomitrium pyriforme* ist.

Damit wir die interessante anatomische Struktur von *Physcomitrella Hampei* I. und III. auch recht auffassen können, beschreibe ich zuerst ihre Eltern; erst wenn wir die anatomische Struktur der letzteren kennen, können wir einen richtigen Begriff von dem entstandenen Bastard haben, der von diesen oder jenen der Eltern Eigenschaften erbte.

Die Beschreibung der Moose, die den Gegenstand meiner Arbeit bilden, entnahm ich hauptsächlich den Werken Limpricht's, G. Roth's und Juratzka's.

Bei meinen Untersuchungen gebrauchte ich teils frisches, teils in Alkohol konserviertes Material, und teils entsprechend aufgeweichte Herbarium-Exemplare. Und zwar sammelte ich *Physcomitrella patens* in der Umgebung der Hohen Tátra bei Szepesbéla (am 3. Juni 1905), in Déva (am 4. Juli 1905) und in Makó; *Physcomitrium pyriforme* konservierte ich aus der Gegend der Hohen Tátra; das Material von *Physcomitrium sphaericum* stammt teils aus der in der Pflanzensammlung des Kolozsvárer Siebenbürger Museum-Vereins befindlichen J. Breidler'schen Sammlung (Fundort: Steiermark, Teiche bei St. Erhard nächst Leoben), teils von Déva (aus der Sammlung Péterfi's); der Fundort des Herbarium-Materials von *Physcomitrella Hampei* I. ist: Siebenbürgen: Tonboden bei Déva, 200 m, leg. am 13. März 1899, M. Péterfi (s. Limpricht: Laubmoose III. Bnd. p. 635); die Exemplare von *Physcomitrella Hampei* III. sammelte gleichfalls mein lieber Freund Péterfi und sandte mir sie als Untersuchungsmaterial.

Weder meine Verhältnisse, noch mein Untersuchungsmaterial erlaubten es, daß ich den Entwickelungsgang der behandelten Moose vollständig studierte. So kann ich freilich kein vollständiges Bild geben, und muß mich — den Entwickelungsgang der geschlechtlichen und ungeschlechtlichen Generation weglassend — auf die Mitteilung der Anatomie der bereits entwickelten Pflanze beschränken.

Ich halte es für meine angenehme Pflicht, dem Herrn Dr. Aladár Richter, ord. öff. Universitätsprofessor zu Kolozsvár, Direktor der botanischen Abteilung des Siebenbürger Museum-Vereins, für seine Freundlichkeit, mit der er mir mehrmals sowohl literarische Werke, als auch Vergleichsmaterial aus dem Herbarium des unter seiner Leitung stehenden Institutes zur Verfügung stellte, meinen innigsten Dank auszuspreechen. Meinem lieben Freund Martin Péterfi (in Kolozsvár) schulde ich ebenfalls viel Dank für seine Freundlichkeit, mit der er mir Untersuchungsmaterial, und zwar Exemplare von *Physcomitrella Hampei* III. sandte und die Mitteilung darüber mir überließ.

Unter den Werken, die sich mit der anatomischen Struktur der Moose befassen, können wir nach W. Ph. Schimper's »Recherches anatomiques et morphologiques sur les Mousses« (av. 9 planches. Strasb. 1848. 4 cart. (Dr. P. G. Lorentz's »Grundlinien zu einer vergleichenden Anatomie der Laubmoose« (Jahrbücher für wiss. Bot., VI. Bd. Mit Taf. XXI—XXVIII, pp. 362—466) als solches erwähnen, das infolge seines Inhalts von größerer Bedeutung ist. Wie Lorentz in seinem Vorwort sagt (p. 363), haben die Anatomen schon vor ihm vergleichende anatomische Untersuchungen vollführt, »aber meist waren es doch andere Gesichtspunkte, welche die Anatomen leiteten, der rechte Gedanke der vergleichenden Anatomie ist nur in sehr wenigen Botanikern lebendig geworden. Am reinsten aufgefaßt hat ihn, so viel mir erinnerlich ist, nur Chatin, teilweise haben aber auch Hartig, Sanio u. a. in dieser Richtung gearbeitet«.

Ein fundamentales Werk in dieser Hinsicht ist Dr. G. Haberlandt's »Beiträge zur Anatomie und Physiologie der Laubmoose« (Jahrbüch. für wiss. Bot., Bd. XVII, Heft 3. Mit Taf. XXI—XXVII pp. 359—498), welches sich bloß mit einigen auserwählten Beispielen der Laubmoose befaßt, um die große Lücke, die bis dahin in den Kenntnissen vorhanden war, auszufüllen und die Richtung anzugeben, welcher man bei derartigen Untersuchungen folgen muß. Denn Lorentz's zweifellos ansehnliches und bahnbrechendes Werk ist »eine Arbeit, welche zwar eine große Anzahl neuer und vielfach auch interessanter Einzeltatsachen zur Mitteilung bringt, die aber deshalb, weil sie sich bloß auf die Querschnitts-Anatomie des Stengels, Fruchtstiels und Blattnerv beschränkt, nicht alles zu halten vermag, was sie im Titel verspricht« (Haberlandt: Beiträge usw. p. 359).

Die übrigen wichtigen literarischen Daten zitiere ich weiter unten stets.

Bei der anatomischen Beschreibung der Moose muß ich vom Haberlandtschen physiologisch-anatomischen System abweichen, denn wollte ich die einzelnen Gewebearten des Mooskörpers in der Reihenfolge dieses Systems beschreiben, so müßte ich die einzelnen Organe zu sehr zerstückeln und könnte so keine vollkommene und leicht verständliche Übersicht bieten. Deshalb will ich jedes Organ einzeln behandeln, und zwar zuerst die Blattstruktur, dann die Struktur des Stengels und der Seta und endlich den Bau der Kapsel.

B. Spezieller Teil.

I. Über die anatomischen Verhältnisse von Physcomitrella patens (Hedw.) Br. et Sch.

(Hierzu Fig. 1—6.)

Nach dem natürlichen System[1]) gehört in die Funarieae-Gruppe der Funariaceen:

Physcomitrella patens (Hedw.) Bruch et Schimper: Bryologia europaea, 1849, I. t. 3.; Limpricht, I. Bd. pp. 174—175; Engler-Prantl, Nat. Pflnfam. p. 516; Roth, I. Bd. pp. 121—122; Juratzka p. 236.

Syn. Phascum patens Hedwig,
Ephemerum patens Hampe,
Aphanorrhegma patens Lindberg.

Nach Lindberg und seinen Nachfolgern, die die praktische Richtung noch immer aufrecht erhalten, weil derart die Bestimmungen viel leichter und schneller vollführbar sind, gehört *Physcomitrella patens* in die Gruppe der Cleistocarpen, und zwar in die der Familie *Ephemeraceae* nächst verwandte Familie *Physcomitrellaceae*. Zur Gattung Physcomitrella gehört außerdem nur noch eine Art, nämlich der Bastard: *Physcomitrella Hampei* Limpr.

Physcomitrella patens[2]) ist ein kleines, niedriges, etwa 5 mm hohes Moos, mit einem in der Regel unverzweigten Stengel, auf dem die verkehrt-eiförmigen, ein wenig länglichen Blätter sitzen. Und zwar stehen die oberen, größeren Blätter dichter nebeneinander und umgeben so die Kapsel ganz, während die unteren kleineren weiter entfernt sind. Wir haben es hier also mit Anisophyllie zu tun.[3]) Die unteren Blätter sind größtenteils nervlos. So beschränkt sich die Leitung der Assimilaten selbstverständlich auf die mit Leitbündeln versehenen Blätter.

Die Blätter sind am Rand flach oder ein wenig zurückgebogen; ihr Rand ist »stumpf gezähnt«. Die Zellen der Blattspreite sind in der Richtung der organischen Achse gestreckt und enthalten sehr viele Chloroplasten. Die Randzellen des Blattes bilden die Zähne der Spreite. Dieselben sind sehr abgeplattet, ihr Breitendurchmesser ist viel kleiner, wie der der übrigen Zellen; auf einer Seite, und zwar auf dem gegen die Blattspitze gelegenen Ende erheben sie sich mamillös, während sie gegen die Basis immer dünner werden, und so ihren kleinsten Durchmesser eben dort erreichen,

[1]) Engler-Prantl: Die natürlichen Pflanzenfamilien, I. Teil 3. Abt. 216. l.icf. p. 515.

[2]) Limpricht: Die Laubmoose Deutschlands, Österreichs und der Schweiz, I. Bd. p. 173; G. Roth: Die europäischen Laubmoose. Leipzig 1904, I. Bd. pp. 121—122.

[3]) Goebel: Organographie der Pflanzen usw. Jena 1898. II. T. 1. Heft, p. 85.

wo die benachbarte untere Zelle am dicksten, höchsten ist. Die Blattzähne entstehen also nicht infolge der Teilung der Blattspreite, sondern so, daß sich die Randzellen auf einer Seite erheben. Doch ist dies nur bei den in der oberen Hälfte des Blattes befindlichen Randzellen der Fall, auf der unteren Hälfte finden wir bloß tafelförmig abgeplattete Randzellen.

Der Blattnerv endigt unter der Spitze, er tritt aus der Spreite nicht aus.

Auf kurzer Seta[1]) sitzt die kugelförmige, im jungen Stadium ein wenig länglich-runde Kapsel, am oberen Ende mit einer kleinen Spitze versehen; ein Hals ist nicht vorhanden. Die kleine Spitze am oberen Ende des Sporogons ist mit der ganzrandigen Haube = calyptra[2]) mitraeformis bedeckt, welche leicht abfällt. Es entstehen sehr viele rundliche, rostbraune Sporen, deren Exosporium kleine spitzige, nadelförmige Stacheln zeigt. Sie sind 24—32 μ groß.

a) Die Anatomie des Blattes.

Fig. 1 zeigt uns das mikroskopische Querschnittsbild, an dem wir folgendes bemerken können.

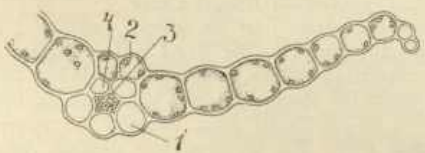

Fig. 1. **Physcomitrella patens.** Querschnitt des Blattes. Einschichtige Blattspreite, deren Zellen nicht gleich sind, die gegen den Rand gelegenen sind kleiner, die gegen den Blattnerv größer, sämtlich enthalten sie viele Chlorophyllkörperchen; der Rand ist zurückgebogen. Das gegen die Blattober- und -unterseite gewölbte Leitbündel ist auf der Blattoberseite von zwei Bauchzellen (2) und zwei Deutern (4), auf der Unterseite von drei Rückenzellen (1) bedeckt. Die Zellen des Leitbündels (3) sind unten von einer aus Bastzellen gebildeten Stereomsichel umgeben.

Die Blattspreite ist einschichtig, ihre Zellen sind weitlumig mit mitteldünnen Wänden, beinahe kreisförmig, gegen die Blattober- und -unterseite gewölbt. Diese Zellen sind untereinander nicht gleich groß, je näher sie nach dem Rande zu liegen, um so kleiner sind sie, am größten sind die mit dem Blattnerv benachbarten Zellen. Wie es auch unsere Abbildung zeigt, ist der Rand des Blattes ein wenig zurückgebogen. An den mit der Athmosphäre in Berührung stehen-

[1]) syn.: setula, cladopodium, podogynum, thecaphorum (Ehrhart), pedunculus (Bridel).

[2]) syn.: mitra, perisporangium (Web. et Mohr).

den Zellwänden sehen wir keine Auswölbungen oder cuticulare Verdickung. Schon dieser Umstand beweist, daß wir es mit einem hygrophilen[1]) Moos zu tun haben. Die übrigen schopfartig gruppierten Blätter sind zum Bewahren der Tautropfen sehr geeignet. Chloroplasten sind in den Blattzellen in großer Zahl vorhanden (Fig. 1), besonders in ihrem oberen Teil. Der untere, zur Basis näher liegende Teil ist an Chloroplasten viel ärmer, was selbstverständlich ist, weil hier ein Blatt vom anderen sozusagen bedeckt wird. Die Chloroplasten sind länglich, gegen ihre Enden verschmälert.

Vom Querschnitt des Blattnerves können wir folgendes sagen: Der Blattnerv, das Leitbündel, ist sowohl gegen die Blattoberseite wie gegen die Unterseite gewölbt, gegen letztere aber stärker entwickelt. Auf der Blattoberseite sehen wir zwei große, weitlumige, gewölbte, Chloroplasten enthaltende Zellen, die »Basal-« oder »Bauchzellen« (= ventrales)[2]) (Fig. 1); gegen die Blattunterseite ist das Leitbündel von drei gleichfalls weitlumigen, ziemlich dünnwandigen »Dorsal-« oder »Rückenzellen bedeckt[2]) (Fig. 1, 1). Zwischen den »Bauch-« und »Dorsalzellen« befindet sich das Leitbündel und über diesem (nämlich zwischen dem Leitbündel und den »Bauchzellen«) zwei größere Zellen, die sogenannten »Deuter« = duces,[3]) welche das Leitparenchym bilden.[4]) Bei einem entwickelten Gefäßbündel fallen also gegen die Blattoberseite zwei ventrale oder mit der Atmosphäre in Berührung stehende Epidermiszellen und zwei Deuter, d. h. Leitparenchymzellen — gegen die Blattunterseite drei dorsale oder Epidermiszellen. Das aus kleinen Elementen bestehende Mestom ist also im ganzen von sieben Zellen umgeben. Ich betone dies deshalb, weil die diesbezüglichen literarischen Daten ein wenig abweichen.

Bei Limpricht[5]) lesen wir über den Blattnerv folgendes: »Rippe . . . . . mit weitlichtigen (oben zwei, unten drei) Außenzellen und einer Gruppe gelber substereïder Innenzellen«; bei G. Roth[6]): ». . . mit zwei lockeren Bauchzellen, drei weiten Rückenzellen . . . und einigen substereïden gelblichen Innenzellen«.

Den größten Teil des wasserleitenden Mestoms bildet die unter den wasserleitenden Zellen liegende, aus mechanischen echten Bast-(Liber-)zellen bestehende Stereomsichel. Die Bastzellen sind sehr englumig, ein Strang besteht aus sechs bis sieben Zellen. Dieses

[1]) Goebel l. c. II. J. 1. H. p. 364.

[2]) Lorentz: Grundlinien zu einer vergleichenden Anatomie der Laubmoose pp. 371—372.

[3]) Lorentz l. c. p. 374.

[4]) Haberlandt: Beiträge zur Anatomie und Physiologie der Laubmoose p. 370.

[5]) Limpricht l. c. I. Bd. p. 174.

[6]) Roth l. c. I. Bd. p. 121.

Stereom umgibt die Leitzellen nur von unten, denn oben, d. h. gegen die Blattoberseite, sind keine mechanischen Zellen entwickelt. Über dieser Stereomsichel befinden sich die »Begleiter« = comites,[1]) eine fünf- bis sechszellige Gruppe bildend (Fig. 1, 3).

Wie wir aus den oben zitierten Daten ersehen, erwähnt weder Limpricht, noch Roth die Begleiter. Man kann diese »comites« auf den ersten Blick sogleich erkennen, freilich muß man vorsichtig sein, denn ihre Wände sind so dünn, daß wir bei oberflächlicher Beobachtung an ihrer Stelle infolge starker Lichtbrechung der benachbarten gelben, dickwandigen Bastzellen nur eine Lücke sehen können.

Viel einfacher ist der Bau des jungen Blattnerves, wie wir es am Querschnittsbild Fig. 4 sehen; durch weitere Teilung der vier Zellen, die aus der ersten Zelle infolge des Auftretens einer Quer- und Längswand entstanden, entwickelt sich der Blattnerv derart, daß aus den zwei inneren Zellen die zwei »Bauchzellen« und zwei »Deuter«, aus den zwei unteren oder äußeren Zellen die Dorsalzellen und die durch das Stereom geschützten Comites entstehen.

Die Tatsache, daß weder Limpricht (!!), noch andere diese Begleiterzellen erblicken, bestärken mich in meinem Glauben, daß einige Resultate von Lorentz's Untersuchungen auf falschen Beobachtungen beruhen. Nach ihm wurden nämlich bei einigen Moosen die Wände dieser Leitzellen vielleicht resorbiert, so daß an ihrer Stelle bloß eine Lücke blieb. Lorentz sagt: »Zuweilen fehlen sogar diese zarten Wände, wir sehen bei manchen Schnitten bloß Hohlräume, denen ähnlich, in denen sich bei anderen Schnitten von derselben Moosart diese zarten Wände befinden, sei es nun, daß dieselben durch den Schnitt oder durch Resorption zerstört sind, oder daß sie gar nicht zur Ausbildung kamen; bei einzelnen Moosarten gelang es mir noch gar nicht, mehr als jene Hohlräume zu erblicken, und ich konnte in diesen Fällen bloß durch Analogie das Vorhandensein jener zarten Zellen erschließen.«[2]) Und dies ist nach ihm bei sehr vielen Moosen der Fall, wie wir es auf seinen Figuren sehen, z. B. bei: *Pottia Heimii* (Taf. XXII. Fig. 21 β, η, ϑ), *Anacalypta latifolia* (Taf. XXII Fig. 22 β, γ, ε, ζ, ϑ), *Barbula mucronifolia* (Taf. XXII Fig. 35 β), *Trichostomum tophaceum* (Taf. XXIII Fig. 26 γ), *Grimmia Sinaica* (Taf. XXIII Fig. 35 ε, ι), *Webera polymorpha* (Taf. XXVI Fig. 61 ε), *W. cruda* (Taf. XXVI Fig. 62 ε) usw. usw.

Wie wir es aus dem obigen Zitat von Lorentz sehen, gab er auch keinen sicheren Grund an, der das Fehlen dieser Zellen verursacht. Deshalb zitiert auch Haberlandt in seinem fundamentalen

[1]) Lorentz l. c. p. 878.
[2]) Lorentz l. c. p. 378.

Werke falsch, indem er von den Begleitern sagt: »Von Interesse ist, daß ihre Zellwände bei manchen Arten vollständig resorbiert werden, so daß an Stelle des Leitbündels ein entsprechend geformter Hohlraum auftritt (Lorentz)«.[1])

In meiner Meinung, daß sich Lorentz jedenfalls geirrt hat, bestärkt mich übrigens auch das, daß Limpricht in seinem monumentalen Werke bei einigen der zitierten Moose die Entwickelung der Leitelemente in ihre Diagnose aufnimmt. So ist diese Begleitergruppe vorhanden bei: *Pottia Heimii* (I. Bd. p. 539), *Anacalypta latifolia*[2]) (I. Bd. p. 541), bei *Trichostomum tophaceum*[3]) observiert weder Limpricht (I. Bd. p. 552), noch Roth (I. Bd. p. 300) (»Begleiter fehlen«) die Entwickelung dieser Begleiter. Wie die Sache bei der »auf Sinai und in Persien« heimischen[4]) *Grimmia Sinaica* steht, konnte ich in der mir zur Verfügung stehenden Literatur nicht nachsehen, doch bei europäischen Grimmien entwickeln sich diese Begleiter nicht.[5]) Überhaupt sind bei den Blattnerven der Grimmien »alle Zellen homogen«. Wir finden hier keine große Mannigfaltigkeit, siehe z. B. das Werk von Chalubinski.[6]) Bei den *Webera*-Arten sehen wir »deutliche Begleiter«.[7])

Kehren wir zur *Physcomitrella patens* zurück.

Am Längsschnitt des Blattes sehen wir (Fig. 2), daß sowohl die Rücken- wie die Bauchzellen der Länge nach gestreckt sind, ebenso auch die innerhalb dieser befindlichen Zellen in der Richtung der organischen Achse. Bei einem Blatt geht die Schnittfläche durch das Stereom, dort können wir die ohne Interzellularraum aneinander grenzenden, dickwandigen Bastzellen sehen.

b) Die Anatomie des Stengels.

Bei der Struktur des Stengels ist es am zweckmäßigsten, wenn wir mit der Detaillierung seines Längsschnittes beginnen. Dieses Längsschnittbild des oft 5 mm langen Stengels zeigt uns Fig. 2. Von außen ist der Stengel mit ziegelförmig abgeplatteten, aber deshalb in der Länge gestreckten Epidermiszellen bedeckt (1); innerhalb dieser befindet sich das aus nicht besonders differenzierten Zellen bestehende Leitparenchym (2). In der Mitte des Stengels finden wir im Längsschnitt (!) keine abweichend konstruierten Zellen. Nur an den Ursprungszellen der Blätter sehen wir solche abweichend

[1]) Haberlandt l. c. p. 384.
[2]) Jetzt schon: Pottia latifolia (Schwägr.) C. Müll.
[3]) Richtiger: Didymodon tophaceus (Brid.) Jur.
[4]) Nat. Pflanzenfamilien I. T. 3. Abt. 215. Lief. p. 449.
[5]) Limpricht l. c. I. Bd. p. 723, Roth l. c. I. Bd. p. 404.
[6]) Grimmieae Tatrenses. Varsaviae 1882. Tab. I, III—X.
[7]) Limpricht l. c. II. Bd. p. 231.

geformte Zellen, wie es unsere Figur ziemlich deutlich zeigt. An dem aus dem untersten Teil des Stengels verfertigten Querschnitt sehen wir, daß das innerhalb der Epidermis befindliche Gewebe nicht mehr ganz homogen ist. In der Mitte des Stengels sind nämlich

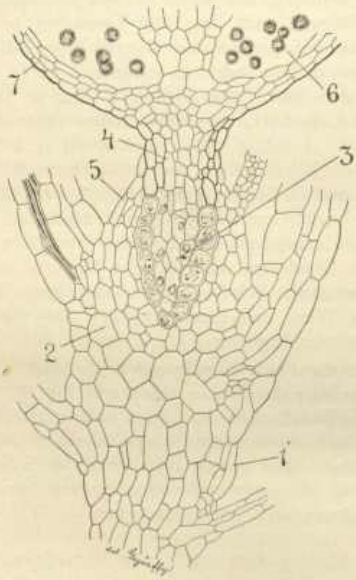

Fig. 2. **Ph. patens.** Längsschnitt aus dem Stengel, der Seta und der Basis der Kapsel. [1] = Epidermis, unter welcher sich das Leitparenchym ([2]) befindet. In das obere Ende des Stengels ist der kegelförmig verschmälerte, eiförmige Fuß ([3]) eingebettet, welcher durch dickwandige Zellen scharf begrenzt ist; [4] = die kurze Seta, unten vom Scheidchen ([5]) bedeckt. An der Spitze der Seta die kugelige, die schon reifen Sporen ([6]) enthaltende Kapsel, samt der Columella; [7] = dreischichtige Kapselwand; [8] = Bauchteil des Archegoniums.

einige kleinere, dünnwandigere Zellen vorhanden, welche die benachbarten Leitparenchymzellen durch bogenförmig gekrümmte Zellwände absondern. Die äußeren Wände der Epidermiszellen sind sehr mannigfaltig bald hin- und hergebogen, bald ausgestülpt, viele werden später durch schiefe Querwände in mehr Zellen geteilt und bilden so dickere oder dünnere Rhizoïden; diese Rhizoïden sind wie gewöhnlich auch hier braunfarbig, mit Plasma gefüllt, sehr reich an größeren und kleineren Granula.

Nach der Diagnose Limpricht's fehlt der Zentralstrang.[1])

[1]) Limpricht l. c. I. Bd. p. 173.

Wenn wir den Querschnitt (Fig. 3) vom mittleren Teil des Stengels betrachten, sehen wir, daß die Angabe LIMPRICHT's der Wirklichkeit nicht entspricht.

Der Stengel ist auch hier von einer einschichtigen Epidermis begrenzt (Fig. 3, 1), deren Zellwände ein wenig dicker sind als die des unter ihr gelegenen, aus ziemlich gleichförmigen Zellen bestehenden Leitparenchyms (2), dessen Zellwände lichtgelblich-braun sind. In der Mitte des Stengels sehen wir einige Zellen mit ganz lichten, dünnen Wänden, die aneinander mit wellenförmig gekrümmten Wänden grenzen, und deren Gruppe auch hier von den bogenförmig gekrümmten Wänden der benachbarten Leitparenchymzellen umgeben ist. Diese wenigen, weitlumigen Zellen bilden den »Zentralstrang«[1]), das heißt das axiale Leitbündel.

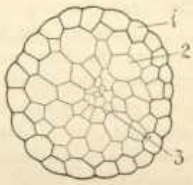

Fig. 3. **Ph. patens.** Querschnitt aus der Mitte des Stengels; von außen die einschichtige Epidermis (1), unter ihr das Leitparenchym (2) und in der Mitte der Zentralstrang

Wenn auch dieser Zentralstrang nicht sehr deutlich differenziert ist, können wir sein Vorhandensein, seine Differenzierung doch nicht leugnen.

Aus den Untersuchungen HABERLANDT's wissen wir, daß diese Zellen Wasser leiten;[2]) weil der Zentralstrang bloß aus homogenen Zellen besteht, deshalb ist er ein »einfaches Leitbündel«.[3])

Sehr interessant ist der obere Teil des Stengels gebaut. Der untere Teil der kurzen Seta, dessen Gewebe sich von dem die Seta umgebenden Gewebe unterscheidet, ist in den oberen Teil des Stengels eingebettet, und zwar folgendermaßen (Fig. 2):

Der untere Teil der Seta verschmälert sich kegelförmig. Dieses kegelförmige, ein wenig verdickte Ende der Seta wird in der Bryologie »Fuß« genannt (Fig. 2, 3); dieser Fuß ist im oberen Teil des Stengels eingebettet, »ohne mit demselben zu verwachsen«.[4])

Wir können auf den ersten Blick erkennen, wo dieser »Fuß« der Seta beginnt. Den äußersten Teil des Fußes bilden nämlich sehr dickwandige, parenchymatische Zellen, welche sich gegen die Peripherie auswölben und mit den parenchymatischen, viel dünnwandigeren Zellen des Stengels in Berührung stehen. Auf unserer Figur sehen wir den reichen Plasmainhalt dieser Zellen kollabiert; dieser gelblich-braune Plasmainhalt ist voll von kleineren oder größeren

[1]) Lorentz l. c. p. 388.
[2]) Haberlandt: Beiträge p. 373.
[3]) Haberlandt l. c. p. 375.
[4]) Limpricht l. c. I. Bd. p. 41; Roth l. c. I. Bd. p. 28.

Körnchen. Innerhalb dieser dickwandigen Zellschicht des Fußes befinden sich polygonale, der Länge nach ein wenig gestreckte Zellen. Daß diese Zellen in der aktiven Tätigkeit von großer Bedeutung sind, daß sie die wichtige Arbeit der Wasserleitung vollführen, beweisen die in ihrem körnigen Plasma in großer Zahl vorhandenen Zellkerne.

Limpricht und Roth erklären die Erscheinung, daß bei einigen Moosen die Seta mit dem »Fuß« aus dem Stengel leicht herauszuziehen geht, falsch.

Limpricht sagt diesbezüglich: ». . . Fuß . . . Teil der Seta, womit das Sporogon in das Stammgewebe eingekittet ist, ohne mit demselben zu verwachsen, deshalb es sich bei vielen Arten[1]) sehr leicht herausziehen läßt.«[2]) Bei Roth lesen wir folgendes: »Es läßt sich daher auch bei vielen Moosen noch vor der Reife des Sporogons leicht aus dem Gewebe der Mutterpflanze abtrennen.«[3])

Die äußersten Zellen des Fußes sind mit den Zellen des Rindenparenchyms ebenso »verwachsen«, wie die Rindenparenchymzellen untereinander.

Dieser Fußteil ist nicht in einem Hohlraum, wie es z. B. in den Nat. Pflanzenfam.[4]) auf Fig. 137 H abgebildet ist, welches Bild von *Sphagnum acutifolium* jedenfalls falsch gezeichnet ist. Daß die äußeren Zellen des Fußes mit dem Rindenparenchym durch Zellwände zusammenhängen, zeigt schon in demselben Werk Fig. 140 A. Daß sich der Fuß mit der Seta herausziehen läßt, hat eine ganz andere Ursache, von einer vielleicht falsch aufgefaßten biologischen Tatsache kann gar keine Rede sein, ihre Erklärung beruht auf seiner einfachen anatomischen Struktur.

Die Seta besteht aus dickwandigeren, dichter aneinander gereihten Zellen (Fig. 2, 4), die mit dem Fußteil, das heißt mit dessen Zellen, stark verwachsen sind; bei einem oberflächlichen Blick auf die zitierte Figur sehen wir, daß, wenn wir das Sporogon herausziehen wollen, dies nur so geschehen kann, daß die mit dem Fuß verwachsenen Zellwände des Rindenparenchyms zerreißen und mit der Seta auch der Fuß herauskommt, denn der Zusammenhang zwischen den Zellen der Seta und des Fußes ist ein viel stärkerer, als der zwischen den Fußzellen und den viel lockereren, dünnwandigeren Rindenparenchymzellen.

Die Ursache dieser Erscheinung sind also einfach die Zellen der Gewebe und die verschiedene Verdickung ihrer Wände.

[1]) Sphagnum, Archidium und einige Musci Cleistocarpi.
[2]) Limpricht l. c. I. Bd. p. 41.
[3]) Roth I. Bd. p. 28.
[4]) I. Teil, 3. Abteil., 196. Lief. p. 224.

Dieser »Fuß« ist, wenn ich mich so gewöhnlich ausdrücken darf, gleichsam das Fundament der Kapsel, er dient dazu, daß das lockere Gewebe des Stengels die verhältnismäßig schwere Kapsel ertragen kann, und außerdem spielt er auch bei der Stoffeleitung eine Rolle.

Wenn wir vom Stengel einen Querschnitt verfertigen, so daß auch der »Fuß« hineinfällt, wie es unsere Fig. 4 zeigt, sehen wir folgendes: Von außen die aus radial abgeplatteten Zellen bestehende Epidermis, unter ihr das Rindenparenchym, dessen Zellen mit der äußeren Schicht des Fußes, mit den dickwandigen Zellen, deren kollabierter Plasmainhalt auch hier sehr gut sichtbar ist, in Berührung stehen. Diese Zellen des Fußes sind radial gestreckt, bilden einen geschlossenen Ring, doch sind ihre Zellwände farblos!; in der Mitte befinden sich die das Leitgewebe bildenden dünnwandigen, parenchymatischen Zellen.

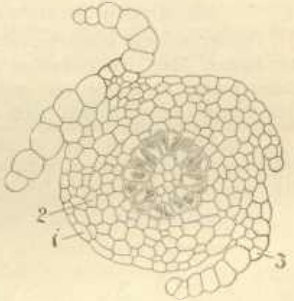

Fig. 4. **Ph. patens.** Querschnitt des Stengels, in welchem auch der Querschnitt des Fußes fällt; ^{1} = Epidermis; ^{2} = Leitparenchym; ^{3} = Querschnitt der Blattinsertion. In der Mitte das von dickwandigen Elementen begrenzte Gewebe des Fußes.

Auf diesem Querschnitt sehen wir noch Anschwellungspunkte der Blattspreite, das heißt Insertionsstellen der bereits entwickelten Blätter, im Querschnitt.

Zweifellos spielen diese dickwandigen Zellen auch dabei eine sehr wichtige Rolle, die darin besteht, daß das schon einmal aufgenommene Wasser womöglich ohne Stoffverlust zum Sporogon gelange, aber mit Rücksicht darauf, daß bei so einem kurzen Stengel und kurzer Seta die Kapsel verhältnismäßig so groß ist, dient der Fuß doch mehr zur Befestigung derselben. Daß wir die auffallende Verdickung der äußeren Zellen des Fußes so erklären müssen, beweist auch die anatomische Struktur der Seta.

Auf unserer Figur ist auch noch der Bauchteil eines Archegoniums sichtbar.

c) Die Anatomie der Seta.

Die kurze Seta ist unten mit dem Scheidchen (vaginula) bedeckt, während sie oben ganz frei ist. Die äußere Schicht, die Epidermis der Seta, besteht aus etwas dickwandigeren Zellen, innerhalb deren wir parenchymatische, aber polyedrische Zellen sehen, die das Fehlen der Mannigfaltigkeit charakterisiert. In der Mitte der Seta finden wir keine abweichend geformten und dünnwandigen Zellen, das heißt

keinen Zentralstrang. Durch die kurze Seta können die Stoffe ohne jeden Verlust zum Sporogon gelangen, ihre Bahn ist kurz, deshalb ist auch keine Schutzscheide und kein Zentralstrang entwickelt. So dient der äußere Teil des Fußes nicht so sehr der Konservierung der Stoffe, daß diese nämlich womöglich ohne Verlust zum wichtigsten Teil der Moospflanze, dem Sporogon, gelangen mögen, sondern ist vielmehr, wie wir erwähnten, ein mechanisch befestigendes Gewebe.

d) Die Anatomie des Sporogons.

Bei der anfangs länglich-ovalen, später kugeligen Kapsel können wir keinen Hals unterscheiden (Fig. 5). Auf ihrem oberen Ende unterscheiden wir eine aus größeren Zellen gebildete Spitze, die dem Operculum entspricht, sich aber nicht zum Deckel entwickelte.

Das Rostrum ist nur bei der reifen Kapsel »stumpf«.[1]) Bei der jungen Kapsel ist es ziemlich groß, bildet beinahe die Hälfte der Kapsellänge.

Die anatomische Struktur der Kapsel ist folgende:

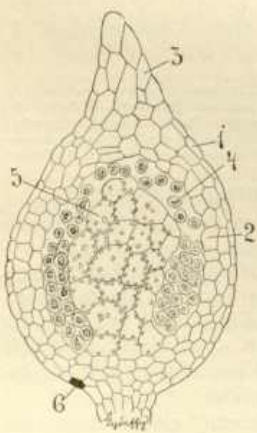

Fig. 5. **Ph. patens.** Längsschnitt eines jungen Sporogons, an dessen Spitze ein langer Schnabel (8) ist; die Basis der Kapsel ist abgerundet, Hals nicht vorhanden. 1 = Epidermis; 2 = dreischichtige Kapselwand; 4 = Sporenmutterzellen, deren Plasmainhalt sich zu Sporen zusammenzieht; 5 = Columella; 6 = die eine Spaltöffnung bezeichnende schwarze Zelle.

Von außen ist das Sporogon von der ziegelförmig abgeplatteten Epidermis umgeben (Fig. 5, 1), deren Wände eher dünn sind. Unter ihr sehen wir zwei Schichten (2), die samt der Epidermis die dreischichtige Wand der Kapsel bilden. Im jungen Zustand finden wir auch in diesen Zellen Chloroplasten (= Grana), aber nur in geringer Zahl.

Ein eigentümlich konstruiertes Assimilationssystem besitzt die Kapsel nicht. Der größte Teil der Assimilation beschränkt sich auf die Blätter. Daß auch die Kapsel an der Assimilation teilnimmt, beweist das Vorhandensein der Spaltöffnungen an der Basis des Sporogons. In der Mitte sehen wir die aus mächtig großen Zellen gebildete Columella, in deren Zellen sehr viele größere und kleinere Grana, Chlorophyllkörner, vorhanden sind, deshalb ist das junge Sporogon so durchsichtig, lichtgrün.

[1]) Roth l. c. I. Bd. p. 121.

Das Gewebe der Columella hängt mit dem Gewebe des basalen Teiles der Kapsel auch noch dann zusammen, wenn sich am oberen Teil der Columella die Sporen-Mutterzellen schon abgerundet haben (Fig. 5), sogar auch dann noch, wenn wir an den Sporen schon die charakteristische Skulptur sehen können (Fig. 2, 6).

Es ist ein Irrtum,[1]) den in der *Bryol. eur.* abgebildeten Längsschnitt der Kapsel von *Physcomitrella patens* so aufzufassen, daß bei ihr »die Ausbildung der Sporen unterblieben sei«. Im Gegenteil ist dies das Normale! — Im späteren Laufe der Entwickelung »werden Columella und Sporensack ganz resorbiert und der Innenraum der reifen Kapsel wird völlig von den sehr zahlreichen und großen, dichtstacheligen Sporen erfüllt«.[2])

Die zwischen der Columella und der dreischichtigen Kapselwand gelegene Schicht ist die sporenbildende Schicht. Die in diese Zone fallenden Zellen runden sich nämlich ab, werden ganz kreisförmig, der Plasmainhalt einer jeden Zelle konzentriert sich in der Mitte derselben und bildet dort als ein kleinere und größere Körnchen enthaltender Plasmakörper auffallende und auf den ersten Blick wahrnehmbare Formen. Das sind die Sporen-Mutterzellen. Aus jeder Zelle entsteht je eine Spore. Das Exosporium der schon ganz ausgewachsenen Spore zeigt eine sehr schöne Skulptur (Fig. 2, 6), es ist nämlich mit spitzen Stacheln bedeckt.

Die vielen großen Sporen werden durch unregelmäßiges Aufplatzen der Kapselwand — da dies ein kleistokarpes Moos ist — entleert; »schon Hedwig bemerkte dieses ‚plötzliche' Aufplatzen«.[3])

Nur am untersten Teil der Kapsel finden wir einige, die Durchlüftung der Gewebe der Kapsel vollführende Spaltöffnungen. Von oben gesehen ist die Spaltöffnung polyedrisch, einzellig, in ihrer Mitte befindet sich die Zentralspalte. Schon dieser Umstand, daß die Spaltöffnung einzellig ist, bestimmt die systematische Zugehörigkeit dieses kleinen kleistokarpen Mooses, da die einzellige Spaltöffnung für die Funariaceen charakteristisch ist.[4])

Viel charakteristischer ist der Querschnitt der Spaltöffnung (Fig. 6). Die Spaltöffnung liegt ein wenig unter dem Niveau der Epidermis. Nebenzellen sind nicht entwickelt, die benachbarten Zellen sind ganz normale Epidermiszellen. Die Form der Schließzelle ist mehr viereckig, sie ist ziemlich weitlumig. Sowohl der epi- wie der hypobasale Cuticularleisten ist vorhanden, doch ist der epibasale mehr entwickelt und ragt deshalb wie ein kurzer, stumpfer, kleiner Kegel heraus.

[1]) Limpricht l. c. I. Bd. p. 175.
[2]) Natürl. Pflanzenfam. I. Teil, 3. Abt., 216. Lief., p. 516.
[3]) Limpricht l. c. III. Bd. p. 635.
[4]) Limpricht l. c. II. p. 176.

Unter der Spaltöffnung sehen wir eine große innere Atemhöhle (Fig. 6).

Das von oben gesehene Bild dieser Spaltöffnungen finden wir

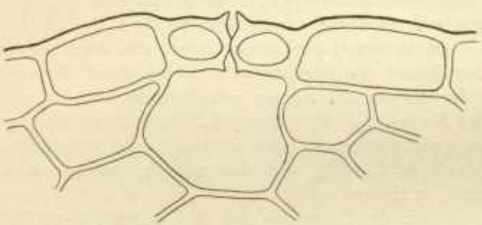

Fig. 6. **Ph. patens.** Querschnittsbild der Spaltöffnung mit den epi- und hypobasalen Cuticularleisten und der inneren Atemhöhle.

in mehreren bryologischen Werken,[1]) aber von ihrem Querschnitt finden wir überhaupt keine Daten.

II. Die anatomische Struktur von Physcomitrium pyriforme (L.) Brid.

(Hierzu Fig. 7—13.)

Die Gattung *Physcomitrium*[2]) gehört in die Familie *Funariaceae*,[3]) das heißt nach den Natürl. Pflanzenfam.[4]) in die dritte Gruppe *Funarieae* der Familie Funariaceae; die erste Gruppe ist nämlich *Gigaspermeae* mit den Gattungen *Lorentziella*[5]) (die Heimat der hierher gehörenden fünf Arten ist: Argentina, Paraguay, Uruguay) und *Gigaspermum*[6]) (die Heimat der hierher gehörenden vier Arten ist: Ost- und Westaustralien, Tasmanien, Neuseeland, Südafrika), die zweite Gruppe ist *Ephemereae*, welche z. B. Limpricht in seinem Werk[7]) in die Gruppe der *Cleistocarpi* einteilt, er gebraucht die allgemein unter den Bryologen mehr verbreitete Einteilung, ebenso auch Roth,[8]) indem er in die Familien der *Funariaceae* die Gattungen *Physcomitrium*, *Pyramidula*, *Entosthodon*,[9]) und *Funaria* stellt.

[1]) Limpricht l. c. I. p. 158, Fig. 59; Roth l. c. I. Bd., Taf. II, Fig. 11.

[2]) Physcomitrium (Brid.) Bruch et Schimp. in litt.; Fürnrohr in Flora XIII. P. II. Ergänz. p. 9 (1829).

[3]) Limpricht l. c. II. pp. 176—77.

[4]) 216. Lief. p. 515.

[5]) C. Müller in Linnaea XLII (1879) p. 229.

[6]) Lindberg in Öfversigt af Kongl. Vetensk. Akad. Förhandl. (1864) p. 599.

[7]) Limpricht l. c. I. Bd. p. 164.

[8]) Roth l. c. I. Bd. pp. 541—42.

[9]) Ganz nebenbei will ich bemerken, daß Limpricht und Roth in ihrem Werk das von unserem Landsmann Dr. Karl Demeter beschriebene, aber in eine ganz

Die Gattung *Physcomitrium* (ihren Namen erhielt sie davon, daß die in vier bis fünf Falten gelegte Calyptra im jungen Stadium der Kapsel aufgeblasen ist) besteht im ganzen aus 63 Arten,[1]) unter diesen kommen in Europa nur vier Spezies vor,[2]) von denen in Ungarn das »im allgemeinen seltene«,[3]) von Schleicher entdeckte (beim Lago Maggiore) *Physcomitrium acuminatum* (Schleich.) Br. eur.[4]) fehlt.

Eine sehr gemeine und von vielen Orten bekannte Art dieser auch in Ungarn[5]) vorkommenden[6]) Physcomitrium ist:

Physcomitrium pyriforme (L.) Bridel, S. E.: Bryologia universa. Lipsiae, II. 1827, p. 815; Limpricht II. Bd., p. 184—86; Engler-Prantl, Natürl. Pflanzenfam. p. 519; Roth[7]) I. Bd., pp. 541—42; Juratzka p. 239.

Syn. Bryum pyriforme L. Species Plantarum (1753) p. 1116.
Gymnostomum pyriforme Hedw.[8])
Pottia pyriformis Ehrhart Beitr. (1787) I. p. 188.

Dieses in nassen Wiesengräben, an Ufern, auf torfigem Boden vorkommende Moos ist 6 mm, oft 10 mm hoch. Sein Stengel ist sehr klein, den größten Teil der erwähnten Länge des Mooses bildet die Seta. Die oberen Blätter sind größer; der Rand der verkehrteiförmigen, rundlichen oder schaufelförmig gekrümmten Blätter ist flach, ihre Enden sind spitz und am Rand sind sie ungefähr bis zur Mitte der Spreite gesägt. Der Blattnerv verschwindet unter der Spitze. — Die Seta ist rötlich-gelblich-braun. Der ganze Stengel ist sehr klein und samt der Seta sogenannt »orthotrop«, was auch die Kapsel beweist, die radial-symetrisch ausgebildet ist. Orthotrop

andere (nämlich ordo: Hypnaceae, I. fam. Cylindrothecieae) Familie gehörende, jedoch ziemlich ähnlich benannte Moos, nämlich *Entodon transsylvanicus* Demeter, Hedwigia 1884 p. 81 (Frau Demeter entdeckte es in Maros Vásárhely auf Holzdächern am 10. Februar 1883, Kanitz's Ungarische Botanische Blätter X. Jahrg. [1886] p. 112) nur als das Synonym von *E. cladorrhizans* (Hedw.) C. Müll. aufnehmen. Infolge seines isolierten Vorkommens (Limpr. III. p. 29, Roth II. p. 391) (»auf Holzdächern in Siebenbürgen, vorzugsweise aber aus Nordamerika bekannt«) ist es jedoch sehr wahrscheinlich, daß Roth und Limpricht nicht richtig handelten. Übrigens davon bei einer anderen Gelegenheit entweder in dieser Zeitschrift oder in einer anderen.

[1]) Natürl. Pflanzenfam., Lief. 216, p. 518.

[2]) Und zwar: Physc. sphaericum (Ludw.) Brid., Physc. eurystomum (Nees) Sendtn., Physc. acuminatum (Schleich.) Bryol. eur. und Physc. pyriforme (L.) Brid. (Roth I. Bd. pp. 539—42).

[3]) Roth I. Bd. p. 541.

[4]) Welches übrigens nur aus Algier, Illinois, Kaukasus, Texas (Nordamerika) und aus dem Kaukasus bekannt ist.

[5]) Hazslinszky: Magyar birodalom mohflórája Budapest 1885, p. 167.

[6]) Degen: Ung. Bot. Blätter, II. Jahrg. (1903) p. 158; Növénytani Közlemények IV. Bd. 1905, I. Heft, p. 30 usw. usw.

[7]) I. Bd. Taf. XLIV. Fig. 8a—f.

[8]) Hedwig, J.: Fundamentum hist. nat. musc. frondos. Lipsiae 1782, II. p. 87.

nennen wir ein Organ, »wenn es unter gewöhnlichen Lebensverhältnissen auf horizontaler Erdoberfläche bei allseitig gleicher Beleuchtung senkrecht aufwärts oder abwärts wächst«,[1]) im Gegenteil mit den sogenannten plagiothropen, z. B. *Hypnum Crista castrensis* L., *Amblystegium serpens*, *Radula complanata* usw. usw.

Die »Orthotropie« kommt im allgemeinen mit der »Isophyllie« vereint vor; doch kennen wir auch sehr viel Moose, welche »Anisophyllie« zeigen, z. B. *Mnium undulatum*;[2]) doch während hier die oberen Blätter kleiner sind, ist es bei unserem Fall gerade umgekehrt, nämlich die unteren, mit dem Boden in Berührung stehenden sind kleiner, die oberen größer! Bei den unteren ist der Blattnerv auch nicht in solchem Maße entwickelt, ihre Aufgabe ist nicht so sehr die Assimilation, als vielmehr die Beschützung der übrigen Blätter.[3])

Die Kapsel ist im unreifen Zustande grün, länglich-eiförmig, später birnenförmig; wenn sie reif wird oder zusammentrocknet, ist sie folgendermaßen deformiert: der Halsteil[4]) der Kapsel zieht sich zusammen, er wird runzelig, gefurcht, die Apophyse erhält so eine Form, wie z. B. bei *Physcomitrium megalocarpum* Kindb.;[5]) ebenso verengt sich der obere Teil der Kapsel unter dem Operculum und wird so becherförmig. Peristomzähne sind nicht vorhanden. Das Operculum ist langschnabelig und ebenso auch die Calyptra, die eine sogenannte calyptra mitraeformis ist.

Die Sporen sind bräunlich-gelb, ihr Exosporium ist mit kurzen, spitzen Stacheln bedeckt, bei meinen Exemplaren waren sie 36 bis 40 μ groß.

Nach Roth[6]) und Limpricht[7]) reifen die Sporen im Mai; nach den sehr gründlichen Beobachtungen A. Grimme[8]) hingegen erst im Juni.

Im Bezug auf die gesägten Blätter halte ich es für notwendig, folgendes kurz zu erwähnen.

Der Rand ist nicht infolge der Teilung der Lamina gezähnt, sondern darum, weil sich diejenigen Zellen des Blattes, welche den Blattrand bilden, papillös auswölben, und zwar nicht in der Mitte des axialen Teiles der Zelle, sondern einseitig auf der gegen den Hauptnerv gelegenen Seite. Auf diese Art wölben sich die Randzellen aber nur

[1]) Goebel l. c. I. Teil, p. 55.
[2]) Goebel l. c. I. Teil, p. 86, Fig. 28, 29.
[3]) Goebel l. c. II. p. 354.
[4]) Hals = collum, apophysis.
[5]) Natürl. Pflanzenfam. 216 Lief., p. 519, Fig. 374c.
[6]) Roth l. c. I. Bd. p. 542.
[7]) Limpricht l. c. II. Bd. p. 185.
[8]) Arnold Grimme: Über die Blütezeit deutscher Laubmoose und die Entwickelungsdauer ihrer Sporogone. Mit I. Taf. — Hedwigia XLII. Bd. (1903) Heft 2, p. 38.

im oberen Drittel des Blattes aus, bis unter die Krümmung oder sogar bis zur Mitte erstreckt sich diese Zähnung nie. So kann man es vielleicht auch als *forma integrifolia* (?) unterscheiden. Auf Roth's Abbildungen (Taf. XLIV, Fig. 8a—b) sind die Blätter länglich-eiförmig, bei meinen Exemplaren mehr rundlich-eiförmig; ferner ragt bei den von mir gesammelten Exemplaren die Spitzzelle des Blattes mehr, länger heraus. Jede Zelle der Blattspreite ist mit kleinen Chloroplasten erfüllt.

a) Die Anatomie des Blattes.

Am mikroskopischen Bild des Blattquerschnittes können wir folgendes sehen. Die Blattspreite besteht aus einer Zellschicht, deren Zellen sehr dünnwandig, sehr weitlumig sind und sich sowohl gegen die morphologische Blattoberseite wie gegen die Blattunterseite auswölben. In den Zellen der Spreite sehen wir Chloroplasten, aber nicht sehr massenhaft, und zwar darum, weil die Assimilation auf die geringzähligen Blätter und das Assimilationsgewebe der Kapsel verteilt ist. Der größere Teil der Assimilation fällt sowieso auf die Kapsel.

Der Blattnerv oder, mit dem Wort Lorentz's, der »Mittelnerv«[1]) wölbt sich gegen die Blattunterseite mehr aus als gegen die Ober-

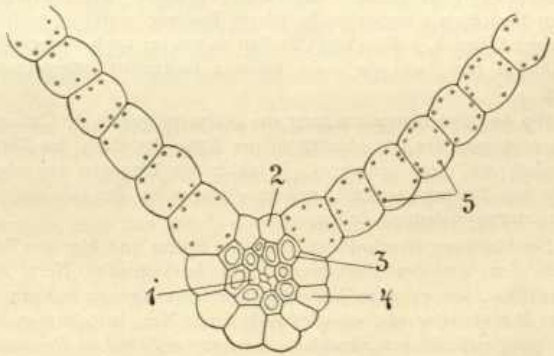

Fig. 7. **Physcomitrium pyriforme.** Querschnitt aus dem unteren Teil des Blattes; die mit Chlorophyllkörperchen (⁶) gefüllten Zellen der Blattspreite bilden eine Schicht. Der Blattnerv von der Blattoberseite mit zwei Bauchzellen (²), von der Unterseite mit viel mehr Rückenzellen (⁴) bedeckt, denn hier ist er viel stärker entwickelt, stärker ausgewölbt. Die Leitzellen, Begleiter, sind auch hier von einem Bastring (³) geschützt.

seite, besonders das entwickelte Gefäßbündel (Fig. 7), denn übrigens wölbt er sich gegen beide Seiten sehr gleichförmig aus, so z. B. gegen die Spitze des Blattes.

[1]) Lorentz l. c. p. 369.

Der »heterogene«[1]) Blattnerv ist von beiden Seiten des Blattes mit dünnwandiger, weitlumiger Epidermis bedeckt, deren Zellen mit denen der Blattspreite ganz gleichgeformt, nur etwas kleiner und übrigens auch untereinander nicht gleich groß sind. Die auf der Blattoberseite gelegenen Epidermiszellen oder wie sie LORENTZ nennt, die Deuter sind größer als die auf der Blattunterseite (Fig. 7). HABERLANDT faßt in seinem Werk[2]) mit Rücksicht auf die Untersuchungen von Lorentz die Blatt-Typen in Gruppen zusammen. *Physcomitrium pyriforme* gehört in die dritte Gruppe; die Blattquerschnitte sind denen von *Bryum turbinatum* sehr ähnlich.[3])

In einem von mechanischen Zellen gebildeten geschlossenen Ring sehen wir nämlich eine Gruppe von einigen dünnwandigen, kleinlumigen Zellen, welche von den Liberzellen ganz umgeben ist. Diese mittleren Zellen sind die »Begleiter«[4]) oder »comites«, sie sind im Verhältnis zu den sie umgebenden Bastzellen sogenannte »comites communes = gewöhnliche Begleiter«.[5]) Die die »comites« umgebenden gelblich-braunen, dickwandigen, englumigen Zellen grenzen ohne jeden Intercellularraum aneinander; das sind die Moos-Stereïden, Liber- oder Bastzellen, sie sind also mit einer der spezifisch mechanischen Zellen der höher organisierten Phanerogamen (= Embryophyta siphonogama) ganz gleich. Schon SCHWENDENER[6]) hat sie mit den echten Bastzellen identifiziert.[7]) Dieser Bastring besteht gewöhnlich aus einer Zellreihe, auf manchen Stellen ist er aber auch zweischichtig, gewöhnlich dort, wo wir mehr kleinere Bastzellen nebeneinander sehen.

Wo bei dem Blattquerschnitt der Blattnerv gegen die Unterseite mehr herausgewölbt ist, nämlich in der Nähe der Basis des Blattes, da sehen wir mehr »comites«; je näher wir hingegen zur oberen Hälfte des Blattes kommen, um so geringer ist die Zahl der den Zentralstrang bildenden Zellen.

Der Blattnerv verschwindet unter der Spitze und hier am Ende bilden den aus der Blattspreite nicht auslaufenden Nerv bloß Stereïden, wie es auch bei einigen anderen Moosen bekannt ist; so bei *Barbula recurvata*, wo »der auslaufende Nerv besteht manchmal ganz aus gleichmäßigen Stereïden«,[8]) ferner bei *Spiridens Reinwardtii*, für welches es charakteristisch ist: »Nach der Spitze hin verschwinden

[1]) Lorentz l. c. p. 395.
[2]) Haberlandt l. c. pp. 370—71.
[3]) Lorentz l. c. Taf. XXIV, Fig. 67 *d*.
[4]) Lorentz l. c. p. 396.
[5]) Lorentz l. c. p. 396.
[6]) Haberlandt: Beiträge usw. p. 360.
[7]) Haberlandt: Beiträge p. 360.
[8]) Lorentz l. c. p. 419.

die Deuter und der Nerv zeigt einen auf der Bauch- und Rückenseite von einer undeutlichen Epidermis umgeben, aus Stereïden bestehenden Zellkörper.«[1]) Ähnliche Verhältnisse fand ich bei der farblosen, aus der Blattspreite von *Grimmia leucophaea* var. *latifolia* auslaufenden Spitze.[2])

Die Ursache dessen, daß die große, breite, rundlich-eiförmige Blattspreite schaufel- oder kahnförmig ist, ist der Umstand, daß sich ihre Insertion auf eine sehr kleine Fläche beschränkt. An der Seite des Stengels sehen wir ein aus parenchymatischen, aber polyedrischen Zellen bestehendes, dichtes, kleines, kugeliges Gewebe, in welches das ganze Blatt einläuft.

Daß bei den Zellwänden der Blätter jede Ausstülpung, Papille oder Mamille fehlt, daß sie nämlich ganz glatt sind, beweist die Hygrophilie dieses kleinen Mooses. Das für die Moospflanze so wichtige Wasser wird von diesem Moos derart festgehalten, wie es z. B. auch bei *Encalypta*, *Rhacomitrium* und *Hedwigia* der Fall ist,[3]) daß es sich wie Tautropfen infolge der Kapillarität in den schaufelförmig gebogenen Blättern ansammelt. Bei Moosen, die auf wasserreichem Substrat leben, sind die Zellwände immer glatt. Also schon aus der anatomischen Struktur des Blattes können wir sogleich wissen, unter welchen Verhältnissen das Moos lebt. Sind z. B. bei einem Moos sehr kleine Papillen oder kleine cuticulare Warzen entwickelt mit deren Hülfe es das Wasser festhält wie bei *Hymenostylium curvirostre* var. *scabrum* Lindb., oder bildet es dichte Rasen, wodurch die Kapillarität der dicht nebeneinander stehenden kleinen Zweigchen und Blätter erhöht wird, so können wir aus diesen Tatsachen schließen, daß es auf einem trockenen Ort vegetierte. Um die Niederschläge zu bewahren, »kommen zwar bei den Laubmoosen keine so mannigfaltigen Anpassungen, wie sie zum Festhalten von Wasser bei den Lebermoosen sich finden, vor, immerhin aber beeinflussen sie auch hier die Gestaltung in erheblichstem Maße«.[4])

b) Die Anatomie des Stengels.

Am mikroskopischen Querschnittsbild des kurzen zylindrischen, im Querschnitt also kreisförmigen Stengels sehen wir folgendes: Von außen umgibt ihn die braune, einschichtige Epidermis (Fig. 8, 1), deren Zellwände ein wenig verdickt sind, besonders ihre von der Atmosphäre begrenzte Seite, welche sich zugleich auswölbt; die einzelnen Zellen sind größtenteils flach, ihr radialer Durchmesser besitzt die kleinste Dimension, sie sind also ziegelförmig. Unter der

[1]) Lorentz l. c. p. 436.
[2]) Hedwigia XLV. Bd. pp. 16—21.
[3]) Goebel l. c. II. Teil, I. II. pp. 363—64.
[4]) Goebel l. c. II. pp. 361—62.

Epidermis sehen wir ohne jeden Intercellularraum aneinanderschließende, also polyedrische, gleichfalls bräunlich-wandige Parenchymzellen (Fig. 8 2) und in ihrem Lumen im wandlagerigen Plasma zerstreute kleine Granula.

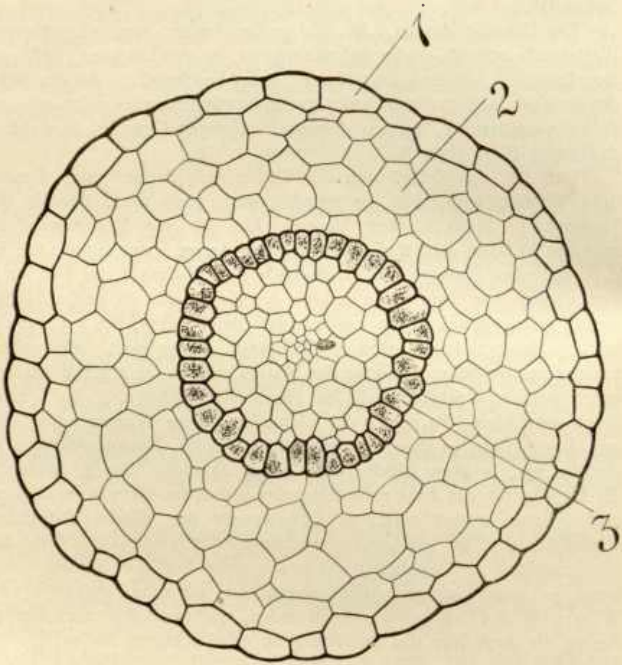

Fig. 8. **Physc. pyriforme.** Querschnitt des Stengels. 1 = Epidermis, unter ihr das aus polyedrischen, dünnwandigeren Elementen gebildete Leitparenchym (2). Inmitten dieses die Zone der dickwandigen, die Grenze des Fußes bildenden Zellen und im Zentrum das axile Leitbündel.

Die Mitte des Stengels bildet ein durch einen sehr auffallenden Ring abgesonderter axiler Teil, das ist der »Fuß«, der den »Zentralstrang« umgibt.

Dieser Fuß ist einschichtig (Fig. 8 3), seine Zellen sind dickwandig, farblos und bilden so einen deutlichen Gegensatz zu den dünnwandigen, aber braunen Zellen des Leitparenchyms Schon bei geringer Vergrößerung fällt der vom »Fuß« begrenzte innere Kreis auf. Die Zellen des Fußes sind kubisch, an beiden Polen abgerundet und sehen so z. B. den Zellen des bei den Leguminosen vorhandenen

sogenannten Palisadensklerenchyms ähnlich.[1]) Am axilen Teil hängen sie mit ihrem abgerundeten Ende mit den Leit- (Rinden-) Parenchymzellen zusammen, am basalen Teil hingegen sind sie schon ein wenig eckig. Infolge ihres gelblichen, reichen und in größere und kleinere Klumpen kollabierten, dicht körnerigen Plasmainhaltes sind sie kaum durchsichtig.

Unter den Zellen dieses Fußes sehen wir einen mehrschichtigen, aber aus gleichfalls ein wenig dickwandigen, polyedrischen Zellen bestehenden Teil und nur in dessen Mitte befindet sich der »Zentralstrang«, dessen farblose Zellwände sehr dünn sind und welcher von diesem inneren, farbig-wandigen Parenchym, durch bogenartig gekrümmte Wandteile begrenzt, abgesondert wird. Unter den Zellen dieses axilen Bündels sind die äußeren größer und in einigen davon sehen wir einen großen Zellkern; die mittleren sind schon ein wenig kleiner.

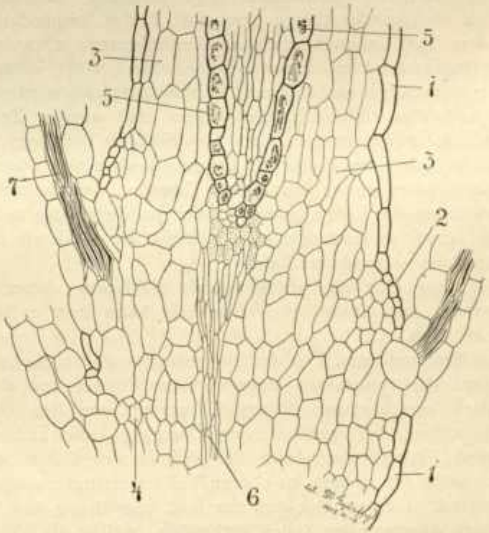

Fig. 9. **Physc. pyriforme.** Längsschnitt des Stengels. [1] = in der Länge gestreckte, einschichtige Epidermis; [2] = über der Insertion gelegene kleinere Epidermiszellen; [3] = Rindenparenchym; [4] = Insertion; [5] = die Grenze des kegelförmigen Fußes bildende, dickwandige Zellen mit kollabiertem, körnerigem Plasmainhalt; [6] = Zentralstrang; [7] = Längsschnitt des Blattes, die Schnittfläche geht durch den Bastring des Blattes.

Sehr interessante anatomische Verhältnisse finden wir beim Längsschnitt des Stengels, welchen Fig. 9 darstellt.

[1]) Haberlandt: Physiologische Pflanzenanatomie, II. Aufl. p. 142.

An den Insertionsstellen der Blätter ist der zylindrische, gleichmäßig dicke Stengel, im Längsschnitt gesehen, ein wenig dicker. Von außen sehen wir die in der Richtung der organischen Achse gestreckte, aber gleichfalls radial abgeplattete Epidermis (1), deren Zellen so ziemlich konform sind; bloß über der Blattinsertion sehen wir einige kleinere Epidermiszellen (2). Unter der einschichtigen Epidermis befindet sich das im Querschnitt aus polyedrischen, im Längsschnitt schon ein wenig gestreckten Zellen bestehende Leitparenchym (3), dessen Zellen von sehr mannigfaltiger Gestalt sind und sich besonders an den Blattinsertionspunkten charakteristisch gruppieren (4).

In der Mitte des Stengels sehen wir das vom langen kegelförmigen »Fuß« umgebene axile Leitbündel, und zwar in sehr charakteristischer Ausbildung. Im Längsschnitt gesehen sind die Zellen des Fußes ein wenig längsgestreckt. In ihrem Lumen findet sich kollabiertes, dunkles, dichtkörneriges Plasma (5). Innerhalb dieser Fußzellen sind in der Länge gestreckte Zellen vorhanden. Auch unter dem Fuß sehen wir einen »Zentralstrang« (6), welcher aus einigen längsgestreckten, dünnwandigen Zellen besteht; dieser Strang ist unter dem Kegel am dicksten, verschmälert sich nach unten zu, indem an seiner Bildung immer weniger und weniger Zellen teilnehmen, bis er am unteren Ende des Stengels ganz verschwindet.

An der Spitze des Fußkegels bemerken wir einige dünnwandige Zellen und unter diesen ein kleines Gewebe, welches sich sowohl von den Zellen des Leitparenchyms, wie von denen des axilen Leitbündels scharf unterscheidet und welches ich — damit es besser ins Auge falle — punktiert habe.

Was mag jetzt die physiologische Erklärung dieser überaus interessanten Ausbildung sein? Vielleicht kann man es folgendermaßen erklären.

Aus dem untersten Teil des Stengels entspringen die zahlreichen Rhizoïden; das von diesen aufgenommene Wasser und die in ihm aufgelösten verschiedenen Nährstoffe werden von den Zellen des Zentralstranges, bei welchen der Übergang, die Diffusion der nährenden Flüssigkeiten durch die Wände der Zellen leicht geschehen kann, bis zu den im oberen Teil des Stengels ausgebildeten Fuß geleitet; doch verengt sich der Fuß kegelförmig und hier sind nur einige dünnwandige Zellen vorhanden, welche als offene Übergänge dienen. Nur durch diesen Eingang kann die Osmosis der nährenden Flüssigkeiten geschehen und damit dies der untere dünne Zentralstrang des Moospflänzchens um so mehr fördere und unterstütze, fungieren diese wenigen Zellen am oberen Ende des Leitbündels gleichsam wie ein übergebendes respektive vermittelndes Gewebe. Das von diesem in den geschlossenen Zylinder des Fußes gelangte Wasser wird in die Zellen des Rinden-

parenchyms schon weniger diffundieren, es muß ja womöglich ohne Stoffverlust durch die ziemlich lange Seta zum Sporogon, zum wichtigsten Teil des Mooses geleitet werden, wo wir später ein so großartig eingerichtetes Assimilationssystem sehen werden. Plötzlich kann das axile Leitbündel an der Basis des Stengels nicht enden, es muß das Wasser stufenweise leiten, von jeder Seite sammeln, und nur das von vielen Seiten erhaltene Wasser kann dann in den geschlossenen Zylinder herauf zur chlorophyllreichen Kapsel geleitet werden. Dies alles ist mit der größten Pünktlichkeit nur so erreichbar.

Auf Fig. 9 sehen wir noch die Längsschnitte einiger am unteren Teil des Stengels befindlichen, wie schon früher erwähnt, kleineren Blätter, welche die Schnittfläche nicht in der Mitte traf, sondern

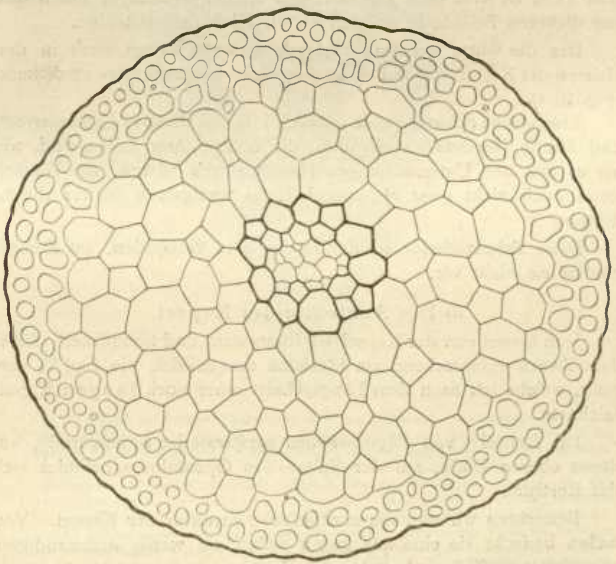

Fig. 10. **Physc. pyriforme.** Querschnitt der Seta, von außen die aus englumigen, dickwandigen Zellen bestehende mehrschichtige Epidermis, unter dieser das aus polyedrischen Zellen gebildete Leitparenchym. In der Mitte die das Leitbündel bildenden dünnwandigen Zellen, welche von der einschichtigen, mit stark verdickten Wänden versehenen Schutzscheide umgeben sind.

derart, daß sie die Bastzellen durchschnitt, welche oben mit größeren, unten mit kleineren Zellen bedeckt sind. Die Bastzellen sind charakteristisch ausgebildet, sie sind, keinen Interzellular-

raum bildend, ineinander gekeilt, übrigens nicht sehr lang. Ihr Lumen ist klein (7).

c) Die Anatomie der Seta.

Am Querschnitt der Seta[1]) sehen wir von außen ein mehrschichtiges, aus dickwandigen, englumigen Zellen gebildetes Schutzgewebe (Fig. 10). Diese peripheriale äußere Zone ist die Epidermis. Unter der Schicht der subepidermalen Zellen sehen wir das aus polyedrischen, parenchymatischen Zellen bestehende Leitparenchym. Dieses umgibt den in der Mitte der Seta befindlichen Zentralstrang, dessen Zellen auch hier sehr dünnwandig sind, und der von einer einschichtigen, stellenweise infolge späterer Zellteilung zweischichtigen »Schutzscheide« umgeben ist. Die Schutzscheide ist rötlich-braun. Man kann sie von dem gleichfarbigen Rindenparenchym durch ihre viel dickeren Zellwände auf den ersten Blick unterscheiden.

Das die Mitte der Seta bildende Gewebe dringt auch in den Halsteil der Kapsel ein und endet dort, sich »keulenförmig« verdickend (Fig. 10, 7).

Eine solche Schutzscheide ist auch z. B. bei *Funaria hygrometrica*[2]) und *Meesia longiseta*[3]) vorhanden; die Wände ihrer Zellen sind, wie wir es aus den Untersuchungen Haberlandt's wissen, für Wasser, wenn auch nicht ganz impermeabel, so wenigstens schwer durchdringbar.[4])

Diese Schutzscheide ist nur in der Seta vorhanden, im Stengel kommt sie nicht vor.

d) Die Anatomie der Kapsel.

Jede Gewebeart der Kapsel ist interessant und kompliziert, dabei dem Zweck entsprechend am idealsten ausgebildet, wie Fig. 11 darstellt, welche ich nach dem Längsschnitt einer noch jungen Kapsel zeichnete.

Die Kapsel[5]) von *Physcomitrium pyriforme* ist birnenförmig, auf ihrem oberen Ende, auf der Spitze des Operculums befindet sich das Rostrum.

Betrachten wir nun die anatomische Struktur der Kapsel. Von außen bedeckt sie eine aus gegen außen ein wenig dickwandigen, abgeplatteten Zellen bestehende Epidermis (1),[6]) welche bis zum

[1]) Syn. thecaphorum, pedunculus, pedicellus.
[2]) Haberlandt: Beiträge, Taf. XXII, Fig. 4—5.
[3]) Haberlandt: Beiträge, Taf. XXII, Fig. 11.
[4]) Haberlandt: Beiträge p. 384.
[5]) Syn. = capsula (Linné), sporogonium (Wallroth), pyxidium oder amphora (Ehrhart), theca oder ovarium (Hedwig), sporogonium (Sachs), Büchse (Juratzka).
[6]) Syn. epicarpium de Notaris.

untersten Teil des Halses einschichtig ist. Diese einschichtige Epidermis bedeckt auch den Schnabel der Kapsel, welcher aus längs-

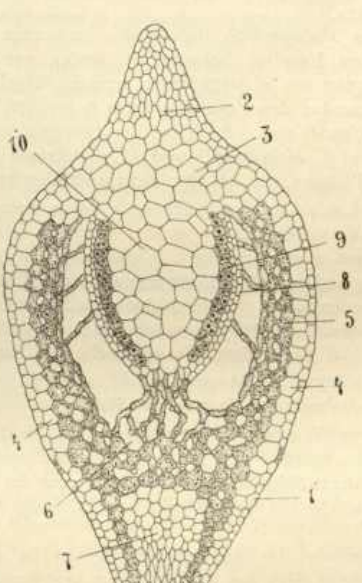

Fig. 11. **Physc. pyriforme.** Längsschnitt einer jungen Kapsel. [1] = Epidermis; [2] = das den Schnabel bildende, aus längsgestreckten Zellen bestehende Gewebe; [3] = das Gewebe des Deckels; [4] = das aus weitlumigen, dünnwandigen, farblosen Zellen bestehende Wassergewebe, welches immer einschichtig ist; [5] = von mächtigen Intercellularräumen durchwebtes Assimilationsgewebe, in dessen körnerigem Zellinhalt sehr viel Chlorophyll vorhanden ist. Das Assimilationsgewebe bildet am Hals der Kapsel das Schwammparenchym ([6]), hier sind auch die Spaltöffnungen vorhanden. Aus diesem Schwammparenchym führen dünnere, prosenchymatisch gestreckte, hin- und hergebogene und verzweigte, säulenförmige Zellen zur Basis des Sporen erzeugenden Endotheciums. Den Luftraum durchsetzen auf beiden Seiten je drei, aus dem Assimilationsgewebe entspringende, nach oben verlaufende Zellreihen, verbindende Zellfäden, »Leitzellen«, welche die Assimilation indirekt zum Sporensack leiten; [7] = das keulenförmig verbreiterte obere Ende der Seta; [8] = Wand des Endotheciums; [9] = Sporensack; [10] = Columella.

gestreckten Zellen besteht (2) und dessen Gewebe mit dem Gewebe der innerhalb der sporenbildenden Schicht gelegenen sogenannten Columella ganz übereinstimmt (3). Unter dem Schnabel sehen wir das Operculum. Unter dessen aus großen parenchymatischen Zellen

bestehenden Epidermis finden wir eine Schicht weitlumiger, dünnwandiger, ganz leerer, parenchymatischer Zellen (4), das sogenannte »Wassergewebe«.[1])

Unter den *Embryophyta siphonogama* ist dieses Wassergewebe bei sehr vielen Familien bekannt, so finden wir z. B. bei den *Begoniaceen* unter der Blattepidermis typisch ausgebildetes »Hypoderma«;[2]) ferner bei den *Peperomia*-Arten,[3]) bei den *Bromeliaceen*,[4]) einigen *Cupuliferen*[5]) usw. Auch bei den *Cecropia*-Arten kennen wir es, so z. B. bei *C. scabrifolia*[6]) und *C. Bureauiana*[7]) und bei sehr viel anderen Pflanzen, die ich hier nicht aufzählen kann.

Von den Laubmoosen sagt Haberlandt in Bezug auf die Topographie des Wassergewebes folgendes: »Als das Wassergewebe der Laubmooskapsel ist anzusprechen: 1. das zwischen der Epidermis im engeren Sinne und dem Assimilationsgewebe der Kapselwand befindliche farblose oder doch sehr chlorophyllarme Parenchym; 2. das Gewebe der Columella, abgesehen vom inneren Sporensack. Dazu kommt eventuell noch 3. das äußere Wassergewebe des Kapselhalses.«[8])

Das Wassergewebe ist gewöhnlich mehrschichtig, nur »selten eine Zelllage«[9]) stark, wie in unserem Fall.

Unter dem Wassergewebe befindet sich gleichsam die dritte Wand des Sporogons — wenn wir uns anders ausdrücken wollen, die innerste, dritte Schicht der Kapselwand oder des Amphitheciums, welche selbst wieder aus drei Zelllagen besteht, — das Assimilationsgewebe (5).

Die Verteilung des Assimilationsgewebes ist sehr interessant. Es beginnt unter dem aus großen Zellen bestehenden Gewebe des Operculums, läuft mit der Epidermis parallel; ist von innen von einem mit Luft erfüllten Raum begrenzt. Seine wesentlichste Ausbildung erlangt das Assimilationsgewebe dort, wo der Hals der Kapsel beginnt, das heißt unter der sporenbildenden Schicht und über jenem Gewebe der Seta, wo es, sich keulenförmig verdickend, in den Halsteil der Kapsel eindringt (7). Die Assimilation beschränkt

[1]) Wassergewebe W. Pfitzer (Haberlandt, Physiol. Pflanzenanat. p. 347).

[2]) Dr. Hans Solereder: Systematische Anatomie der Dicotyledonen. Stuttgart 1899. p. 450.

[3]) Haberlandt: Physiol. Pflanzenanat. p. 347.

[4]) Haberlandt: Physiol. Pflanzenanat. p. 423.

[5]) Solereder l. c. p. 890; nämlich bei Alnus acuminata, elliptica, firma, glutinosa, Jorulensis, nepalensis, oblongifolia, pubescens, rhombifolia.

[6]) Über die Blattstruktur der Gattung Cecropia, insbesondere einiger bisher unbekannter Imbauba-Bäume des tropischen Amerika von Dr. A. Richter. Bibliotheca Botanica H. 43, Taf. VI, Fig. 1.

[7]) Ebendort, Taf. VIII, Fig. 20.

[8]) Haberlandt: Beiträge p. 424.

[9]) Haberlandt: Beiträge p. 424.

sich hauptsächlich auf diese Zone, was auch der Umstand beweist, daß die größten durchlüftenden Intercellularräume und die mit diesen im Zusammenhange stehenden Spaltöffnungen gleichfalls hier zu finden sind, was uns ein Blick auf unsere Abbildung sogleich lehrt.

Die innere Grenze des Assimilationsgewebes bilden in einer Richtung gestreckte, mehr säulenförmige Zellen, aus welchen bei der Kapselwand jederseits drei (drei im Längsschnitt!) Fäden, zu der die sporenbildende Schicht bedeckenden, die innere Wand bildenden Zellreihe führen; zum basalen Teil des sich unten verengenden Exotheciums führen sehr charakteristisch ausgebildete Zellen.

Zwischen den unter dem Wassergewebe befindlichen Zellen sehen wir einige, den bei den Phanerogamen vorkommenden »Trichterzellen« ähnliche Zellen, unter welchen »Trichterzellen« man aber solche Zellen verstehen muß, »welche mit ihrem weiteren Ende fast immer der Epidermis aufsitzen, während das schlankere Ende mit den Zellen des Schwammparenchyms in Verbindung tritt«;[1]) in ihrem dicht-körnerigen Plasma sehen wir die Granula, die Chloroplasten verteilt. Unter diesen Zellen sehen wir ein vielarmiges, von mächtigen Intercellularräumen durchwebtes, gleichfalls chlorophyllreiches Gewebe, welches dem Schwammparenchym der Blätter der höher organisierten Pflanzen entspricht, welches zwar assimiliert, aber auch die Durchlüftung besorgt. Der größte Teil des Kapselhalses besteht aus Schwammparenchym (Fig. 11, 6).

Von diesem, die innere Wand der Kapsel bildenden Assimilationsgewebe führen drei — drei Zellfäden, welche wir Leitzellen nennen könnten, durch den mit Luft erfüllten Teil zum Sporensack schief hinauf.

Aus dem über dem Gewebe der keulenartig verdickten Seta liegenden Schwammparenchym entspringt aus breiter Basis eine Gruppe der gestreckten, vielarmigen, hin- und hergebogenen Leitzellen, welche, radial zusammenlaufend einen flachen Kegel bildend, zum basalen Teil des Exotheciums führen. Diese Zellen laufen nicht so parallel hinauf, wie es auf der Figur[2]) von Haberlandt sichtbar ist, wie wir es z. B. bei *Funaria hygrometrica* sehen können[3]); sie bilden auch eine viel kürzere Zone und neigen sich, wie gesagt, kegelförmig zusammen.

Der Sporensack des Endotheciums ist zweischichtig (Fig. 11, 8), unter ihm befindet sich die sporenbildende Schicht (9), deren Zellen in Sporen zerfallen. Auch die Ausbildung der sporenbildenden Schicht finde ich von der auf Haberlandt's Abbildung dargestellten ein wenig abweichend.

[1]) Haberlandt: Physiol. Pflanzenanat. p. 228.
[2]) Haberlandt: Beiträge, Taf. XXIV, Fig. 3.
[3]) Ebendort: Fig. 5.

In der Mitte befindet sich die aus großen, dünnwandigen Zellen bestehende Columella (10).

Den zwischen dem Endothecium und Amphithecium liegenden mächtigen Luftraum, welcher nur von den Leitzellen durchsetzt ist, könnte man mit einem nach oben verschmälerten, nach unten zu verbreiterten, mit beinahe flacher Basis versehenen Mondviertel vergleichen. Im unteren Teil dieses Luftraumes sehen wir **keine** schiefen Zellfäden, also nicht so, wie es HABERLANDT's Schema zeigt![1]) Auch das Rostrum ist ein wenig länger, wie auf dem Schema.[1])

Daß das Sporogon nicht birnenförmig dargestellt ist,[1]) kann man schließlich nicht sehr tadeln, denn die Gestalt der Kapsel kann veränderlich sein, obgleich es eben charakteristisch ist, daß die »Kapsel . . . birnenförmig«[2]) ist.

Wie groß der Chlorophyllinhalt dieser assimilierenden Zellen ist, wissen wir aus den Untersuchungen HABERLANDT's, nämlich der Chlorophyllinhalt einer Kapsel = 1,3 qmm großen Blattteil von *Helianthus!!*[3])

Am Halsteil der Kapsel in der Durchlüftungszone finden wir die ausführenden Apparate des Durchlüftungssystems, die Spaltöffnungen, welche sich immer über dem oberen Ende des eindringenden Gewebes der Seta befinden, nie unter diesem.

Die Spaltöffnung ist von oben gesehen (Fig. 12) elliptisch-eiförmig. Eine einzige Zelle bildet die Schließzelle. Die in ihrer Mitte befindliche spaltenförmige Öffnung bildet die »Zentralspalte«, was die Funariaceen und Polytrichaceen charakterisiert.

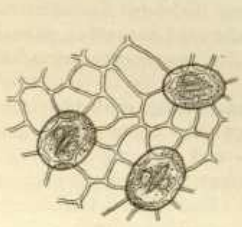

Fig. 12. **Physc. pyriforme.** Die am Hals der Kapsel befindlichen, einzelligen Spaltöffnungen von oben gesehen, mit ihren organischen Achsen in verschiedenen Richtungen zerstreut gelagert.

Bei HABERLANDT finden wir auf die Spaltöffnungen von *Physcomitrium pyriforme* bezüglich nur, daß er auf ihre Entwickelung hinweist, sie entstehen nämlich ebenso wie die bei Funaria hygrometrica: » . . . daß der einzelne Spaltöffnungsapparat von Funaria hygrometrica in entwickelungsgeschichtlicher Hinsicht eine Zellfusion vorstellt, hervorgegangen aus der Verschmelzung der beiden ursprünglich getrennt angelegten Schließzellen; diese Verschmelzung wird durch die Resorption der beiderseitigen, die Enden der jungen Schließzellen voneinander trennenden Wandungsstücke vermittelt . . .

[1]) Haberlandt: Beiträge, Taf. XXIV, Fig. 3.
[2]) Roth l. c. I. Bd. p. 542.
[3]) Haberlandt: Beiträge p. 444.

Ganz ähnlich verhalten sich meinen Beobachtungen zufolge auch die Spaltöffnungen von Physcomitrium pyriforme usw.«[1]) Die neben der Zentralspalte vorhandenen beiden Zellkerne beweisen dessen Richtigkeit; um den Zellkern sehen wir infolge der schlechten Fixierung kein Plasmagerüst, die Chloroplasten und Granula sind in größere und kleinere Gruppen zusammengedrängt. Die Grenzlinie der benachbarten epidermalen Zellen habe ich mit dünneren Strichen gezeichnet.

Die Spaltöffnungen bilden überhaupt keine Reihen, sondern sie kommen nur in der erwähnten Zone vor und sind dort mit ihren organischen Achsen, in verschiedenen Richtungen liegend, zerstreut. Unterhalb der erwähnten Zone finden wir keine Spaltöffnungen!

Das Querschnittbild der Stoma zeigt Fig. 13. Die Schließzellen sind radial abgeplattete, längliche Zellen mit ziemlich großem Lumen,

Fig. 13. **Physc. pyriforme**. Querschnitt der Spaltöffnung; die epi- und hypobasalen Cuticularleisten der abgeplatteten ziegelförmigen Schließzellen sind gleichmäßig ausgebildet, unter ihnen die innere Atemhöhle.

sie sind ein wenig herausgewölbt. Ihre mit der benachbarten Epidermiszelle in Berührung stehenden Seiten sind sehr schief, noch schiefer wie bei *Funaria*.[2]) Ihre Cuticularleisten sind zwar entwickelt, aber nur gering; die Schließzellen berühren sich auch in der Mitte, sie bilden also eine Zentralspalte, das heißt sie gehören nach den von Haberlandt unterschiedenen Gruppen in die Gruppe der »Spaltöffnungen mit Zentralspalte«.[3]) Die oberen Cuticularleisten sind abgerundet, die basalen hingegen sind spitzig. — Unter der Spaltöffnung sehen wir die innere Atemhöhle, welche mit den Zellen des Schwammparenchyms in Verbindung steht.

Fassen wir jetzt das von den anatomischen Verhältnissen dieses Mooses Gesagte kurz zusammen, so gelangen wir zu dem Resultat,

[1]) Haberlandt: Beiträge p. 464.
[2]) Haberlandt: Beiträge, Taf. XXVI, Fig. 9.
[3]) Haberlandt: Beiträge p. 466.

daß wir bei diesem scheinbar so sehr einfach organisierten kleinen Moos sehr große Differenzierung der Gewebe, überhaupt sehr große Arbeitsteilung finden.

Das System des Schutzgewebes bilden teils die Epidermis (Stengel, Kapsel), teils jene mehrschichtigen, dickwandigen Zellen, welche die Seta von außen bedecken, welch letzteres mehrschichtiges und peripherial gelagertes Gewebe zweifellos auch dem Prinzip der Biegungsfestigkeit vollkommen entspricht. Im Hauptnerv des Blattes verlaufen Bastzellen, welche zum Schutze der Leitungselemente, respektive zur Sicherung der Biegungsfestigkeit dienen. Daß der äußere Teil der Seta aus so dickwandigen, dazu noch mehrschichtigen Zellen besteht, verrät uns sogleich — wenn wir *Physcomitrium pyriforme* in der Natur auch nicht gesehen hätten —, daß die einzelnen kleinen Individuen isoliert stehen, voneinander abgesondert leben, also keine Rasen bilden.

Der in der Mitte des Stengel- und Seta-Querschnittes befindliche »Zentralstrang« beweist, daß es beständig auf nassem Boden vegetiert, zum wichtigsten Teil, zur Kapsel, beständig Wasser leiten kann. Daß dieses Moos in der Tat nicht »auf die sozusagen momentane Ausnutzung der Regenfälle und des Taues angewiesen«[1]) ist, sondern die ihm nötigen Stoffe aus dem Boden aufnimmt, beweist auch das gänzliche Fehlen der Papillen, Mamillen, cuticularer Ausstülpungen auf der Blattspreite.

Auf den ersten Blick fällt die Schutzscheide am Querschnitt der Seta auf; diese Schutzscheide läßt uns erkennen, daß das Moos die mit Hilfe der Rhizoïden aufgesaugte Nahrung zur Kapsel auf einem längeren Weg führen muß. Die dicken Zellwände der Schutzscheide sind für die flüssigen Stoffe wenn auch nicht total impermeabel, so doch schwerer permeabel, als wenn sie nicht verdickt wären. So gelangt die aufgenommene Nährflüssigkeit nur mit geringem Stoffverlust zu den Geweben der Kapsel.

Damit beim Austrocknen des Bodens das Sporogon, der wichtigste Teil des Mooses, der Gefahr des Austrocknens entgehe, ist dieses Moos mit dem, das Wasser gut konservierenden, gewissermaßen als Wasserreservoir dienenden Wassergewebe versehen, welches die Moospflanze vor dem Austrocknen bewahrt.

Die Produkte des unter den die Kapselwand von außen bedeckenden Zellschichten und am Halsteil entwickelten Assimilationsgewebes, die Assimilaten gelangen auf möglichst kürzestem Weg durch einige Leitzellen zur sporenbildenden Schicht. Diese Leitzellen sammeln quasi die Assimilaten und leiten sie weiter. Besonders auffallend ist dies an jener Stelle, wo sie die aus großer Oberfläche,

[1]) Haberlandt: Beiträge p. 390.

aus dem ganzen Schwammparenchym zusammengesammelten Assimilaten in den basalen Teil des Endotheciums, also auf eine kleine Oberfläche überführen. Die ganze Einrichtung der Kapsel, jedes ihrer Gewebe steht im Dienste der sporenbildenden Schicht, ist dieser untergeordnet. Daß die lebhafteste Assimilation und zugleich die wichtigste Arbeit tatsächlich hier ihren Verlauf nimmt, beweist die außerordentliche Durchlüftung teils durch Intercellularräume, teils durch große Lufträume und teils durch nach außen führende Öffnungen, die sogenannten Spaltöffnungen. Spaltöffnungen, überhaupt Durchlüftung finden wir nur hier. Und daß die Assimilation auch wirklich groß ist, beweist die starke Entwickelung der mit dieser im gleichen Verhältnisse stehenden großen Luftgänge.

Die mit den Epidermiszellen in gleichem Niveau liegenden Spaltöffnungen beweisen gleichfalls, daß dieses Moos zwischen mittelmäßigen Verhältnissen lebt, nämlich auf nicht zu nassem Boden.

Seine innere Struktur ist den äußeren Verhältnissen angepaßt und aus ihr können wir immer auf seine Lebensverhältnisse folgern. Die Anpassung zu den gegebenen Verhältnissen kann man auch hier im größten Maße sehen.

III. Über den anatomischen Bau von Physcomitrium sphaericum (Ludw.) Brid.

(Hierzu Fig. 14—17.)

Eine andere gemeine Art der Gattung Physcomitrium ist:

Physcomitrium sphaericum (Ludw.) Brid. Bryol. univ. II. p. 815 (1827); Limpricht II. Bd. pp. 180—181; Engler-Prantl, Natürl. Pflanzenfam. p. 518; Roth I. Bd. pp. 539—540; Juratzka pp. 237—238.

Syn. Gymnostomum sphaericum Ludw.[1])
G. Physcomitrium sphaericum Brid.
Anoectangium sphaericum Spreng.

Seine kurze Charakteristik ist: Die unteren eiförmigen Blätter sind kleiner als die oberen elliptischen; übrigens sind sie ganzrandig. Der Blattnerv verschwindet unter der Spitze. Seine beinahe kugelige, mit kurzem Hals versehene Kapsel ist mit der drei- bis fünflappigen Calyptra bedeckt, welche auch hier, wie es für die Gattung Physcomitrium charakteristisch ist, »mützenförmig« ist. Die Seta ist 2—5 mm hoch, aufrecht stehend und nach links gedreht.

Über die Größe und Skulptur der Sporen später.

a) Die Anatomie des Blattes.

Den Querschnitt der Blätter, welche »abstehend, schlaff, die unteren kleiner und eiförmig, die oberen rosettenartig, verkehrt-ei-

[1]) Ludwig Mscr., Schkuhr: Deutschlands kryptogamische Gewächse. II. Abt. Leipzig 1810, p. 26, t. 11 b.

länglich bis spatelförmig, stumpf oder stumpflich zugespitzt, fast kappenförmig, hohl, am Rande flach bis schwach eingebogen, ganzrandig bis undeutlich stumpf gezähnt«[1]) sind, zeigt die Fig. 14. Die Blattspreite besteht aus einer Zelllage, ihre Zellen sind sehr dünnwandig, weitlumig, gegen die Blattober- und Unterseite gewölbt, beinahe kreisförmig. Der Querschnitt des Blattnerves ist — weil der

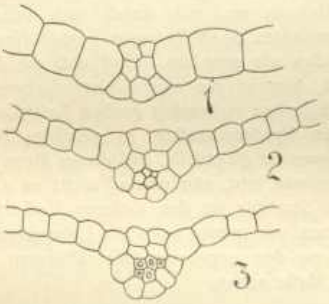

Fig. 14. **Physc. sphaericum.** Querschnitte aus verschiedenen Höhen des Blattes: 1 = Querschnitt aus dem gegen die Spitze gelegenen Teil, einschichtige Blattspreite mit kaum erhobenem Blattnerv; auf der Blattoberseite bedecken ihn zwei Deuter, auf der Unterseite drei Rückenzellen, sie schließen zwei mit ihnen in allem übereinstimmende Zellen ein. 2 = Querschnitt aus der Mitte des Blattes; einschichtige Lamina mit gegen die Unterseite schon gewölbtem Blattnerv. Auf der Blattoberseite bedecken vier Deuter, auf der Unterseite auch schon mehr Bauchzellen den in der Mitte befindlichen, aus polyedrischen, kleinen, dickwandigeren Zellen bestehenden Blattnerv. 3 = Blattquerschnitt aus der Nähe der Basis. Einschichtige Blattspreite mit einem gegen die Blattunterseite schon stark ausgewölbten Blattnerv. Gegen die Blattoberseite befinden sich vier farblose Deuter, gegen die Unterseite mehr Bauchzellen; die Deuter und Bauchzellen umgeben die gelblichen, stark dickwandigen »inneren stereïden Zellen«.

Nerv unter der Spitze verschwindet,[2]) — je nachdem in welcher Höhe ihn die Schnittfläche traf, verschieden, übrigens ist er schwach entwickelt.

Der Blattnerv wölbt sich auf der morphologischen Blattoberseite kaum, auf der Unterseite aber stark heraus. Er ist von außen, und zwar auf der gegen den Stengel gewendeten Seite, das heißt auf der Blattoberseite, von zwei großlumigen, dünnwandigen sogenannten »Deutern«,[3]) am Rücken (= dorsum)[4]) des Blattes hingegen von zwei bis fünf schon etwas kleineren, aber deshalb gleichfalls ziemlich großen, weitlumigen und dünnwandigen Zellen, den sogenannten Rückenzellen = dorsales[5]) bedeckt; diese auf der Blattober- und

[1]) Limpricht l. c. II. Bd. p. 180.
[2]) Roth l. c. I. Bd., Taf. XLIV, Fig. 9.
[3]) Lorentz l. c. Abdruck aus dem Jahrb. f. wiss. Bot. VI. 1867. p. 12.
[4]) Lorentz l. c. Abdr. p. 33.
[5]) Lorentz l. c. Abdr. p. 34.

Unterseite befindlichen Zellen können wir — weil sie untereinander ganz gleich sind — mit Lorentz als »homogen«[1]) bezeichnen.

Das Querschnittsbild des Blattes ist nicht in jeder Höhe desselben dasselbe.

Bereiten wir den Querschnitt aus dem gegen die Spitze gelegenen Teil des Blattes (Fig. 14, 1), so können wir folgendes sehen: Eine Schicht der dünnwandigen, weitlumigen Zellen bildet die Blattspreite; der Blattnerv ist gegen die Unterseite ein wenig gewölbt und besteht aus gleichförmigen Zellen, er ist also »homogen«. Auf der Blattoberseite sehen wir zwei Deuter, auf der Unterseite drei Dorsales, diese umgeben zwei, mit ihnen in allem ganz gleich konstruierte Zellen. — Wo der Blattnerv schon stärker entwickelt ist, also gegen die Mitte des Blattes, finden wir schon ganz andere Verhältnisse (Fig. 14, 2). Hier wölbt sich das Leitbündel gegen die Blattunterseite schon stark aus, gegen die Oberseite erhebt es sich aber auch hier nur ein wenig. Die Blattspreite ist auch hier einschichtig. Auf der Blattunterseite ist das Leitbündel mit vier ziemlich großen, übrigens dünnwandigen weitlumigen Zellen bedeckt, das sind die »Rückenzellen«. Auf der Blattoberseite sehen wir zwei größere, ein wenig bogenförmig emporgehobene, gleichfalls dünnwandige Zellen, die Deuter, welche das Leitbündel von außen umgeben. Unter ihnen befinden sich noch zwei durch das Auftreten einer sekundären, tangentialen Wand, also durch Querteilung entstandene Deuter.

Bei ein- und demselben Blatt sehen wir also gegen die Spitze zwei, gegen die Mitte vier Deuter; hier ist also nicht von einem selten vorkommenden Fall die Rede, wie wir es in sehr vielen Werken unrichtig angegeben finden,[2]) sondern in dem Maße, als der Blattnerv gegen die Spitze des Blattes verschwindet, nehmen an seiner Bildung immer weniger Zellen teil, ihre Zahl, folglich auch die Deuter, werden reduziert.

In der Mitte des Blattnerves sehen wir drei bis vier von den Rückenzellen und den Deutern umschlossene, dickwandigere Zellen von kleinem Volumen, welche dicht nebeneinander liegen und polyedrisch sind.

An dem Querschnitt des basalen Teils des Blattes, an welchem das Leitbündel bereits stark entwickelt ist, sehen wir einen gegen die Blattunterseite stark ausgewölbten Blattnerv (Fig. 14, 3). Auf der Blattunterseite umgeben fünf große Rückenzellen, auf der Oberseite vier Deuter die sehr dickwandigen, aber übrigens kleinen, polyedrischen sogenannten »Innenzellen«.

---

[1]) Ebendort p. 33.

[2]) Limpricht l. c. II. Bd. p. 180; Roth l. c. I. Bd. p. 540.

An den aus diesen drei verschiedenen Stellen des Blattes bereiteten Querschnitten sehen wir also im Grunde genommen zwar übereinstimmende, aber doch abweichende Verhältnisse.

b) Die Anatomie des Stengels.

Am Längsschnitt des Stengels sehen wir folgenden anatomischen Bau: Der nicht sehr lange Stengel ist von außen mit tangential abgeplatteter, einschichtiger Epidermis bedeckt, deren Zellen polyedrisch sind und sich nur auf der freien Oberfläche auswölben. Diese Epidermiszellen sind sehr weitlumig, ihre Konformität wird nur an den Blattinsertionspunkten gestört, respektive beim Übergang in das Scheidchen, wo sie kleiner sind. Innerhalb der Epidermis sehen wir mächtige, ohne jeden Intercellularraum aneinander grenzende Leitparenchymzellen. Sehr auffallend ist der in größere und kleinere Gruppen kollabierte, gelbliche Plasmainhalt dieser Zellen, in welchem wir viele Körnchen sehen. Diesen reichen, zufolge der Plasmolysis zusammengefallenen Plasmainhalt können wir auf dem Quer- und Längsschnitt des Stengels auf den ersten Blick erkennen. Am Querschnitt der Seta finden wir schon keinen solchen plasmolysierten Zellinhalt.

An den Stellen der Blattinsertionspunkte ist der Stengel ein wenig konvex erhoben, und auf diesen emporgehobenen Teilen bilden sehr viele kleine Zellen eigentümliche und auf den ersten Blick erkennbare, zwar nicht beständige Bildungen. Aus diesen entspringen dann die blattbildenden Zellen; die Zellen, welche den Blattnerv bilden, sind im Stengel nicht vorhanden, sie differenzieren sich nur — wie wir wissen — in der Blattspreite selbst.

Der übrigens ziemlich kurze Stengel verdünnt sich sowohl am oberen wie am unteren Ende ganz. Gegen unten beginnt er dort dünner zu werden, wo sich einige der Epidermiszellen an ihrem apikalen Pole zu langen, schlauchförmigen Gebilden, den bekannten Rhizoïden ausstülpen. Diesen Teil bezeichnet auch die höchst eigentümliche Anordnung des Leitparenchyms. Wir sehen nämlich, daß sich die mächtigen Leitparenchymzellen dort, wo sich der Stengel auf einmal zu verdünnen beginnt, kegelförmig verengen. Weiter nach unten bilden schon mit einer viel kleineren organischen Achse parallel gelagerte Zellen den unteren Teil des Stengels.

Der obere Teil des Stengels verdünnt sich gleichfalls, und bildet das Scheidchen, welches »kegelig-zylindrisch«[1]) ist. Das Gewebe der

[1]) Limpricht l. c. II. Bd. p. 180. Irrtümlich steht dort (von unten in der 7. Reihe): »Seta kegelig-zylindrisch«, worauf P. Janzen in Freiburg i. B. in seiner Abhandlung »Bemerkungen zur Limprichtschen Laubmoosflora«, Hedwigia Bd. XLIII, Heft 4, die Aufmerksamkeit lenkte.

Vaginula[1]) ist schon viel kleiner, besteht aber gleichfalls aus parenchymatischen Zellen, in welchen wir gleichfalls kollabierten körnerigen Plasmainhalt sehen. In der Mitte der Vaginula befindet sich der untere Teil der Seta, der sogenannte »Fuß«, der sich von den Zellen des Scheidchens scharf absondert. Der »Fuß« ist länglich-kegelförmig, seine Zellen sind prosenchymatisch längsgestreckt, plasmareich, was der infolge Plasmolysis (bei dem in Alkohol konservierten Material) kollabierte Zellinhalt beweist. Unter den fußbildenden Zellen sind bei den peripherial gelagerten die gegen außen gelegenen, das heißt die mit den Zellen des Scheidchens benachbarten Zellwände verdickt und schwärzlich-braun und bilden eine ausgesprochene Scheidewand, so daß wir den »Fuß« auf den ersten Blick sehr gut wahrnehmen können. Die den »Fuß« begrenzenden Zellen sind zwar verdickt, aber nicht in so großem Maße, wie wir es z. B. bei *Physcomitrella patens* gesehen haben (p. 10, Fig. 2), wo er ganz anders geformt und auch viel kürzer ist, und wo er sich gegen unten nicht gleichmäßig verdünnte, sondern in der Mitte ausgebuchtet war, sich dann wieder verschmälerte, also eiförmig war.

Am mikroskopischen Querschnittsbild des Stengels sehen wir von außen eine einschichtige, aus mittelgroßen, nicht sehr dickwandigen, in der Richtung des Radius ein wenig abgeplatteten Zellen bestehende Epidermis, unter welcher sich die plasmareichen, großen Zellen des Leitparenchyms befinden, die den »Zentralstrang« umgeben. Obgleich man am Querschnitt des Stengels einen Zentralstrang unterscheiden kann, so ist er doch nicht sehr differenziert, er ist nicht so scharf abgesondert, wie z. B. bei der Seta (Fig. 15). Trifft die Schnittfläche auch den Fuß, so sehen wir dort einen von schwärzlich-braunen, dickwandigeren, die Grenze des Fußes bezeichnenden Zellen umgebenen inneren Teil, der sich auch im Querschnitt von den ihn umgebenden, mit dünnen und lichtbraunen Wänden versehenen Zellen sehr scharf absondert.

c) Die Anatomie der Seta.

Die anatomische Struktur der gerade emporstehenden, nach links gedrehten, bleichrötlichen, 2—5 mm hohen Seta[2]) ist folgende: Die beinahe kreisförmige Seta ist von außen mit einer einschichtigen, mitteldickwandigen Epidermis (Fig. 15) bedeckt, deren Zellen nicht weitlumig sind, überhaupt kleiner als die Zellen des unterhalb befindlichen Leitparenchyms. Sie sind quadratisch, in der Richtung des Radius ein wenig abgeplattet, ziemlich einförmig polyedrisch, nur ihre mit der Atmosphäre in Berührung stehende Oberfläche ist

[1]) = peripodium.

[2]) Cfr. Engler, Natürl. Pflanzenfam., 216. Lief. p. 518; Limpricht II. Bd. p. 180; Roth I. Bd. p. 540; Juratzka p. 237.

ein wenig ausgewölbt. Obgleich ihre Zellwand nicht sehr verdickt ist, so dienen sie doch, weil sie klein sind und einen geschlossenen Ring bilden, diesem Organ zum sicheren Schutz gegen äußere, mechanische Einflüsse. Unter der Epidermis finden wir die polyedrischen Zellen des Leitparenchyms, welche ein geschlossenes, ziemlich kompaktes Gewebe bilden und dadurch zur Vergrößerung des Tragvermögens der Seta beitragen. Die Zellen des Leitparenchyms sind gleichfalls ziemlich dickwandig, aber schon viel weniger als die der Epidermis; und je mehr wir uns dem Zentrum nähern, um so dünnwandiger werden sie. Sonst kann man nichts Wichtiges bei der Ausbildung der Seta bemerken. Überhaupt weist die Seta in ihrer anatomischen Struktur sehr wenig Mannigfaltigkeit auf.[1])

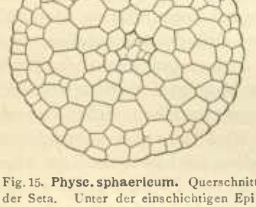

Fig. 15. **Physc. sphaericum.** Querschnitt der Seta. Unter der einschichtigen Epidermis das ziemlich dichte Gewebe des Leitparenchyms, in der Mitte der Zentralstrang.

In der Mitte der Seta sehen wir den »Zentralstrang«, dessen Zellen klein, dünnwandig und gleichgroß sind. Sie sind von den nach innen gelegenen, mehr verdickten Zellwänden des Leitparenchyms ausdrücklich abgesondert und sogleich leicht erkennbar.

Das Sporogon sitzt auf langer Seta, welche ganz glatt und haarlos ist, folglich kann — mit den Worten Oltmanns[2]) — von einer sogenannten »Äußeren Leitung« des Wassers keine Rede sein, wie wir sie, nach Oltmanns Untersuchungen, bei sehr viel anderen Moosen finden.[3]) Da dieses Moos auf ziemlich nassem Boden lebt,[4]) wo also eine länger dauernde Wasserleitung möglich ist, so besitzt es ein axiles Leitbündel, denn der »entwickelte Zentralstrang kommt nur in den Stämmchen solcher Laubmoose vor, welche auf mehr oder minder feuchtem Boden leben«.[5])

[1]) Lorentz l. c. Abdr. p. 31.

[2]) Über die Wasserbewegung in der Moospflanze und ihren Einfluß auf die Wasserverteilung im Boden. Inaug.-Dissert. Breslau 1884. p. 18.

[3]) So z. B. bei Hylocomium loreum, H. splendens, Hypnum Crista castrensis, H. purum, Thuidium tamariscinum, Climacium dendroïdes, Neckera crispa, Plagiothecium undulatum; bei verschiedenen Dicranum-Arten: D. undulatum, D. scoparium usw. und noch bei vielen anderen (s. Oltmanns l. c. pp. 18—32); diese äußere Wasserleitung ist — zufolge ihres thallösen, weniger differenzierten Körpers — bei den Lebermoosen viel mannigfaltiger entwickelt, viel mehr verbreitet, bei welchen wir diesbezüglich sehr viele interessante Beispiele sehen können (Goebel: Organographie usw. II. T. pp. 278—290).

[4]) Cfr. cum autoribus: Juratzka l. c. p. 238; Limpricht l. c. II. Bd. p. 181; Roth l. c. I. Bd. p. 540 usw.

[5]) Haberlandt: Beiträge pp. 388—89.

Dieser Zentralstrang und das ihn umgebende Leitparenchym[1]) führt das nötige Wasserquantum zum Sporogon hinauf.

d) Die Anatomie des Sporogons.

Zwar ist mein Untersuchungsmaterial nicht dazu geeignet, daß ich von *Physcomitrium sphaericum* entwickelungsgeschichtliche Daten mitteilen könnte, jedoch glaube ich, daß es nicht überflüssig ist, wenn ich auch nur die Struktur seines Archegoniums beschreibe. Ich hatte Gelegenheit, ein schon ganz entwickeltes, auf die Befruchtung wartendes Archegonium zu untersuchen und beschreibe es, ohne — wie ich sage — daß ich den nach der Befruchtung folgenden Prozeß aus Mangel an gutem Material beobachten konnte.

Der Bauchteil[2]) des Archegoniums[3]) ist eiförmig und besteht aus polyedrischen, kleinen Zellen. Aus diesem Bauchteil erhebt sich der Hals,[4]) dessen größere, mit der organischen Achse parallel ein wenig gestreckte Zellen eine von links nach rechts gedrehte Reihe bilden. Diese von außen eine Schicht bildenden Zellen umgeben die in ihrer Mitte liegenden Kanalzellen. Diese zentrale Reihe wird aufgesaugt, respektive sie verschleimt, es öffnet sich die Spitze des Halses, der schleimige Zellinhalt quillt heraus und bildet am oberen Ende des Halses die »Narbe«.

Auf diese Weise können die Spermatozoïden zu der im Bauchteil befindlichen nackten Eizelle gelangen. Bei *Physcomitrium sphaericum* ist die Eizelle kugelig.

Betrachten wir nun den Bau des Sporogons. Mein Material war geeignet, sowohl mit ganz jungem, wie auch schon mit ganz reifem Sporogon versehene Exemplare zu untersuchen. So erhielt ich über die Gestalt der Kapsel und den in ihrem Innern vorgehenden Veränderungen der Gewebe eine ziemlich klare Vorstellung.

Ganz andere Verhältnisse sehen wir bei den noch jungen Exemplaren, wie bei den älteren, bei welchen die Sporen schon abgerundet sind oder die Kapsel schon ganz reif ist. Auch die äußere Form der Kapsel verändert sich. Doch betrachten wir dies ausführlicher.

Den Längsschnitt des noch ganz jungen Sporogons zeigt Fig. 16. Die Kapsel verschmälert sich auf beiden Enden gleichförmig, sie sieht einer Ellipse mit gewellter Wand ähnlich. Auf den ersten Blick fällt es auf, daß der Deckel (1) sozusagen den größten Teil der Kapsel bildet. Doch gehen wir der Reihe nach. Die aus prosenchymatisch ein wenig gestreckten Zellen bestehende Seta (2) verbreitert sich am oberen Ende und bildet den entschieden großen Hals (3) der Kapsel.

[1]) Oltmanns l. c. pp. 34—35.
[2]) = germen.
[3]) = pistilla Hedw.
[4]) stilidium.

Von außen ist die ganze Kapsel, also auch der Hals, mit der einschichtigen Epidermis bedeckt, deren Zellen meist quadratisch und

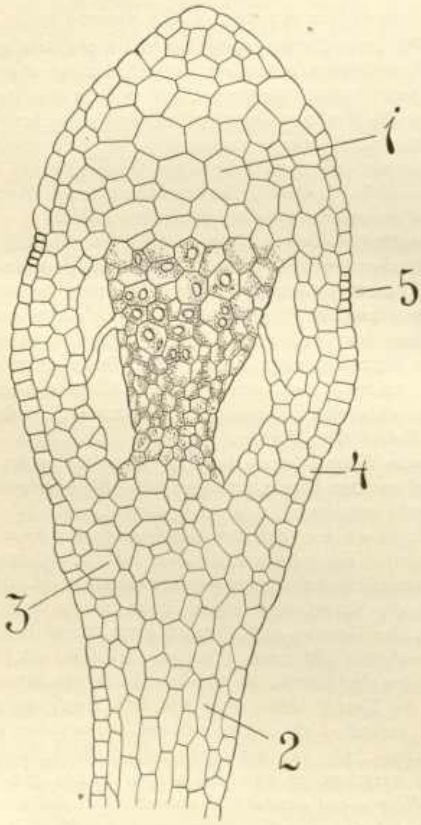

Fig. 16. **Physc. sphaericum.** Längsschnitt einer jungen Kapsel. [1] = der auffallend große Deckel; [2] = das Gewebe der Seta; [3] = der Hals, ohne Schwammparenchym; [4] = Epidermis der Kapsel, oben eigentümlich differentiert ([5]), die Trennungslinie des später abfallenden Deckels bezeichnend. Unter der Kapselwand der große, die Durchlüftung vollziehende Luftraum, durch welchen je eine, aus den inneren Zellen der Kapselwand ausgehende, schief heraufführende Zellreihe geht. Innerhalb des Luftraumes befindet sich das Endothecium.

an den meisten Stellen kaum verdickt sind, nur die die Kapselwand (urna) bildenden Epidermiszellen haben stärker verdickte Wände. Der Hals besteht aus polyedrischen, nicht sehr großen, aber sehr

dünnwandigen, chlorophyllreichen Zellen, zwischen welchen wir keine Intercellularräume, also kein Durchlüftungssystem sehen, so kann man hier auch nicht von Schwammparenchym sprechen, da ein viel dichteres Gewebe gebildet wird. Am oberen Ende verengt sich der Hals ein wenig und hier beginnt der innerhalb der Kapselwand befindliche Luftraum und das aus Sporenmutterzellen gebildete sogenannte Endothecium. Das Amphithecium ist von außen mit der Epidermis bedeckt, deren Zellen denen der den Hals bedeckenden Epidermis gleichförmig sind, ihre Wände sind verdickt; die äußeren Wände der quadratischen Zellen sind konvex erhoben, ihr basaler Teil hingegen flach; sie liegen also in einer Linie und die Grenze der Epidermis bildet eine gerade Linie. Die Epidermiszellen werden am oberen Ende des Amphitheciums kleiner, und zwar in vier übereinander gelegenen Reihen, wodurch die Kapsel auf dieser Stelle ringsherum ein wenig eingeschnürt ist; diese kreisförmige Furche bezeichnet die Trennungslinie des abfallenden Deckels. Die den Deckel von außen bedeckenden Zellen sind schon polyedrisch und nicht so konform wie beim Amphithecium. Das Operculum besteht aus großen polyedrischen, weitlumigen Zellen, welche ein dichtes, massives Gewebe bilden, an dessen unterem Teil, das heißt an dem die Grenze des Deckels bildenden Teil wir keine eigenartig ausgebildete, von den übrigen abweichende Zellen sehen.

Unter dem Deckel sehen wir unter der die Kapselwand bedeckenden Epidermis das schon aus kleineren, dünnwandigen Zellen gebildete Assimilationsgewebe, welches aus zwei bis drei Reihen besteht und sehr chlorophyllreich ist. Innerhalb dieses sehen wir einen die Kapselwand und das Endothecium voneinander trennenden, unten ein wenig breiteren, nach oben zu sich verschmälernden Luftraum, durch welchen in der Mitte ein aus ein bis zwei langen Zellen bestehender, aus dem Assimilationsgewebe der Kapselwand ausgehender Zellfaden schief emporläuft, welcher den Luftraum überbrückt, ebenso wie wir es bei *Physcomitrium pyriforme* gesehen haben. Der basale, verengte Teil des Endotheciums hängt mit dem Gewebe des Halses zusammen.

Das Endothecium bilden am unteren Teil in Längsreihen geordnete Zellen, am oberen Teil größere, polyedrische, parenchymatische Zellen, welche sehr plasmareich sind.

Bei der jungen Kapsel ist also zwischen der Kapselwand: dem Amphithecium und dem Endothecium, ein Luftraum, und diese sind durch einen von dem Assimilationsgewebe ausgehenden, aus ein bis zwei Zellen bestehenden Zellfaden verbunden.

Mit der weiteren Entwickelung des Sporogons treten sehr interessante Veränderungen auf. Entwickelt sich das Sporogon weiter, so fällt das Maximum des Wachstums natürlich auf das Endothecium,

welches, sich vergrößernd, auch die Stelle des Luftraumes einnimmt, so sehr, daß wir nur über dem Hals, wo dieser mit dem basalen Teil des Endotheciums zusammenhängt, zwei ganz schmale Lufträume finden.

In diesem Stadium der Entwickelung liegt also das Endothecium, das heißt das die Sporen bildende Gewebe, ganz der Kapselwand an.

»Sporensack der Kapselwand anliegend«[1]) — sagt LIMPRICHT, ferner »am Grunde durch wenige kurze Fäden mit der Seta verbunden«.[2])

Seiner Beschreibung liegt also dieses Entwickelungsstadium zu Grunde, da er das Vorhandensein des Luftraumes nicht erwähnt. Ein so monumentales Werk, wie das LIMPRICHT's, nahm so viel Zeit und Mühe in Anspruch, daß er, wenn auch sich mit anatomischen Verhältnissen befassend, doch entwickelungsgeschichtliche Vorgänge ausführlich nicht beobachten konnte. Das Aufarbeiten der Einzelheiten wartet auf die Hände vieler Fachkundigen.

Sind die Sporen reif, so weist das Innere der Kapsel wieder andere Verhältnisse auf. Hauptsächlich ist hier der Luftraum schon vollkommen verschwunden; innerhalb der Kapsel sehen wir nur Sporen, aber auch das aus dem Hals emporgehende Gewebe, nämlich die Columella, fehlt, bloß ihre zerfetzten, vom Deckel herunterhängenden Überbleibsel sind vorhanden. Übrigens spricht bei dieser im letzten Stadium der Entwickelung stehenden Kapsel nichts dafür, daß hier jemals auch nur eine Spur von einem Luftraum gewesen. Die anatomische Struktur dieser reifen Kapsel ist folgende:

Die birnenförmige Kapsel ist mit der aus viereckigen Zellen bestehenden einschichtigen Epidermis bedeckt; der basale Teil ihrer Zellen liegt in einer Linie und bezeichnet so die Grenze der Epidermis sehr scharf.

Den Hals, welcher kurz und oben breit, unten plötzlich verengt ist, bilden dünnwandige, weitlumige, mit Chloroplasten erfüllte Zellen. Unter der dreischichtigen Wand der Kapsel sehen wir gleich die Masse der Sporen. Die Grenze der Kapselwand, an welcher sich nämlich der Deckel von der Urne ablöst, bezeichnen vier kleinere, stark verdickte Zellen sehr scharf; hier ist die Kapsel auch ringsherum eingeschnürt. Nach der Trennung dieser Zellen fällt der Deckel ab. Diese Zellen liegen aber tiefer als der untere Teil des Operculums, deshalb können die Sporen nach der Abschnürung des Deckels sogleich aus der flachen, nicht tiefen, schalenförmigen Urne ausgestreut werden.

[1]) Limpricht l. c. II. Bd. p. 181.
[2]) Ebendort.

Im Querschnitt der Kapselwand besteht die Epidermis gleichfalls aus viereckigen Zellen und unter ihr sehen wir zwei Reihen radial abgeplatteter Zellen.

Die Columella ist bloß durch die vom unteren Teil des Deckels herunterhängenden Fetzen angedeutet. Im übrigen ist der innerhalb der dreischichtigen Kapselwand befindliche kreisförmige Raum ganz mit den reifen Sporen ausgefüllt.

Die Sporen sind, nach meiner Messung, 26—27 μ groß, braun, ihr Exosporium zeigt eine feine körnerige Skulptur.

Der Hals ist sehr kurz, folglich kann sich hier ein schwammiges, lacunoses, von Intercellularräumen durchwebtes Assimilationsgewebe, wie wir es bei *Physcomitrium pyriforme* sahen, nicht entwickeln. Das Assimilationsgewebe ist hier nur von kleinem Umfang, weshalb bei diesem Moos auch der Chlorophyllinhalt des Sporogons ein bedeutend kleinerer ist.

Selbstverständlich ist nun bei *Physcomitrium sphaericum* auch die Assimilations-Energie der Kapsel eine viel kleinere, wie z. B. bei *Physcomitrium pyriforme*, weshalb wir auch weniger Spaltöffnungen finden. Diese Spaltöffnungen sind, von oben betrachtet, vieleckig, und haben keine »Nebenzellen«; auch hier ist es, wie bei allen Funariaceen charakteristisch, daß sie aus einer Zelle bestehen.

Die in der Mitte der Zelle befindliche Spalte ist die herausführende Öffnung, durch welche der Gaswechsel zwischen dem Assimilationsgewebe, überhaupt dem inneren Gewebe des Sporogons und der äußeren Atmosphäre erfolgt. Die Oberflächenansicht der Spaltöffnungen stimmt mit der Oberflächenansicht der Stomata von *Physcomitrella patens* in allem überein, so daß ich ihre Abbildung nicht für notwendig finde. Interessanter und mühevoller ist der Querschnitt der Spaltöffnungen.

Die Spaltöffnung liegt, im Querschnitt gesehen (Fig. 17), mit den Epidermiszellen im gleichen Niveau, sie erhebt sich nicht über diese.[1]) Die Schließzellen sind gleichfalls radial abgeplattet, ziemlich groß, ihre Wände sind nicht sehr verdickt, so sind sie auch weitlumig. Sowohl die epibasalen wie die hypobasalen Cuticularleisten der Schließzellen sind vorhanden; der epibasale Leisten, welcher einem hervorgebogenen kleinen Haken ähnlich sieht, ist besser entwickelt. Diese Leisten sind aber überhaupt nicht sehr entwickelt. Beim Schließen berühren sich die Schließzellen in der Mitte und bei den epibasalen Leisten, den eisodialen Hof auf diese Art einschließend.

[1]) Sie sind also nicht »etwas vortretend«, wie Limpricht (l. c. II. Bd. p. 181) sagt. Zufolge der Konvexität der Schließzellen ragen sie ein wenig empor, aber so unscheinbar, daß man das nicht in Betracht zu nehmen pflegt. Wenn Limpricht dieses gemeint hat, so hat er in diesem Sinne recht.

So gehört die Spaltöffnung von *Physcomitrium sphaericum* zu der Gruppe der »Spaltöffnungen mit Zentralspalte«.[1])

Unter der Spaltöffnung sehen wir die innere Atemhöhle und unter dieser die das Assimilationsgewebe bildenden Zellen.

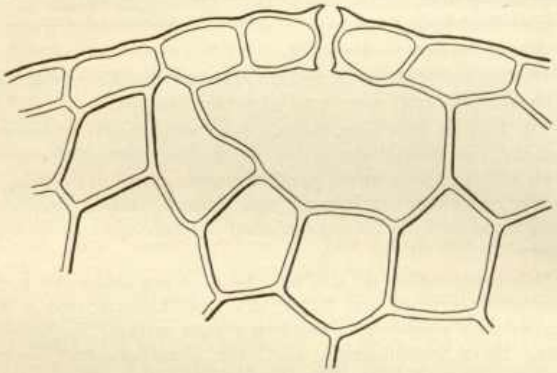

Fig. 17. **Physc. sphaericum.** Querschnitt der Spaltöffnung. Die Schließzellen sind eher abgeplattet, sowohl die epi- wie die hypobasalen Cuticularleisten sind entwickelt. Die epibasalen sind stärker entwickelt und bilden, als kleine Hacken gegen innen gekrümmt, den eisodialen Hof, der opistiale Hof ist viel kleiner. Unter der Spaltöffnung ist die große innere Atemhöhle.

Die Gestalt der Schließzellen sieht im allgemeinen denen von *Physcomitrella patens* viel ähnlicher, wie denen von *Physcomitrium pyriforme.*

IV. Die anatomischen Verhältnisse von Physcomitrella Hampei Limpr. I.

(= Physcomitrella patens [Hdw.] ♀ × Physcomitrium sphaericum [Ldw.] ♂).

(Hierzu Fig. 18—20.)

Ein von Limpricht beschriebener, sehr interessanter, zwischen den schon behandelten *Physcomitrella patens* und *Physcomitrium sphaericum* stehender Bastard ist:

Physcomitrella Hampei Limpricht (Physcomitrium sphaericum × Physcomitrella patens) in Laubmoose I. Bd. pp. 175—76; Engler-Prantl, Natürl. Pflanzenfam. I. T. 3. Abt. p. 516; Roth I. Bd. p. 122.

Syn. Physcomitrella patens var. γ pedicellata Bryol. cur.[2])
Ephemerum patens γ anomalum Hampe in sched.
Aphanorrhegma Hampei (Limpr.) Kindb.

[1]) Haberlandt: Beiträge p. 466.

[2]) Br. eur. fasc. 2. (1849) p. 2. tab. II. (III.) fig. γ 1—3 var. γ pedicellatum, capsula in pedicella longiore emersa. — Habit. ... in humidioribus.

Ihre vegetativen Teile stimmen mit denen von *Physcomitrella patens* überein; die ungeschlechtliche Generation hingegen mit der von *Physcomitrium sphaericum*. Auf 2–4 mm langer,[1]) nach links gedrehten Seta sitzt das birnenförmige Sporogon mit kurzem Hals und Deckel. Seine Calyptra ist kegel-mützenförmig und gelappt.

Ihre übrigen Eigenschaften erwähne ich im Laufe der anatomischen Abhandlung.

a) Über die Anatomie des Blattes

habe ich nichts Ausführlicheres zu sagen. Sowohl die Form des Blattes, wie seine Struktur stimmen mit dem von *Physcomitrella patens* ganz überein (siehe auf Seite 6—9).

b) Die Anatomie des Stengels.

Auch darüber ist nicht viel zu bemerken; wir finden dieselben Verhältnisse, wie wir sie bei *Physcomitrella patens* (siehe auch Seite 9—13) erwähnten; der Zentralstrang des Stengels ist auch hier kaum differenziert. Auch im übrigen stimmt er ganz mit *Physcomitrella patens* überein. Vom Scheidchen und dem »Fuß« werde ich bei der Seta ausführlicher sprechen.

c) Die Anatomie der Seta.

Das mikroskopische Querschnittsbild (Fig. 18) der nach oben zu immer breiteren Seta ist kreisförmig; von außen bedeckt sie die ein-

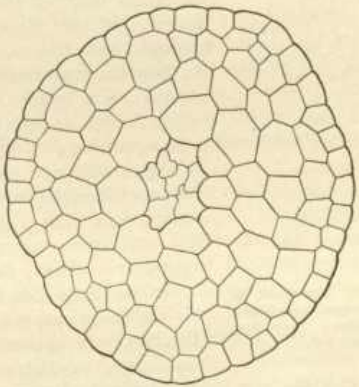

Fig. 18. **Physcomitrella Hampei I.** Querschnitt der Seta. Die beinahe kreisförmige Seta ist von außen mit der einschichtigen Epidermis bedeckt, unter dieser befindet sich das Leitparenchym und in der Mitte der aus einigen dünnwandigen Zellen bestehende Zentralstrang.

[1]) Ungarische Botanische Blätter. Jahrg. 1902. p. 259.

schichtige, aus mittelmäßigen Zellen bestehende Epidermis; nur ihre äußeren Zellwände sind gewölbt, sonst sind sie polyedrisch. Unter der Epidermis sehen wir das aus polyedrischen, parenchymatischen Zellen gebildete, ziemlich dichte Gewebe des Leitparenchyms, dessen größere Zellen dem Zentrum des Organs näher liegen, dessen kleinere hingegen mehr peripherial gelagert sind. Innerhalb des Leitparenchyms, im Zentrum der Seta, befindet sich der Zentralstrang. Die mit dem Zentralstrang benachbarten Zellen des Leitparenchyms trennen mit ihren bogenförmig gekrümmten, ein wenig verdickten Zellwänden das äußere Leitparenchym vom inneren Leitbündel. Der Zentralstrang besteht im ganzen aus sechs bis sieben größeren dünnwandigen Zellen, deren Wände wellig hin- und hergekrümmt sind.

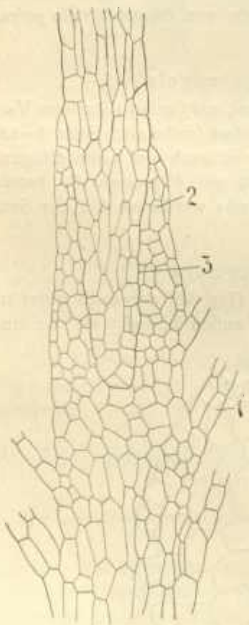

Fig. 19. Ph. Hampei l. Längsschnitt des Stengels. 1 = Insertionspunkte der Blätter; 2 = Zellen des Scheidchens; 3 = der lange kegelförmige Fuß.

Wenn auch der Zentralstrang nicht sehr auffallend ist, kann man ihn doch auf den ersten Blick gut unterscheiden.

Dieses Moos lebt auf feuchtem Boden, es muß das von den Rhizoïden aufgesaugte Wasser und die in ihm aufgelösten Nährstoffe durch die Seta auf einem längeren Weg zum wichtigsten Teil der Moospflanze, zum Sporogon heraufleiten, weshalb auch ein Zentralstrang entwickelt ist. Wir können daraus ersehen, daß das Leitbündel nichts anderes als ein »Anpassungsmerkmal«[1]) ist.

Fig. 19 stellt den aus dem oberen Teil des Stengels bereiteten Längsschnitt samt dem Längsschnitt der Seta und deren unteren Teil, den sogenannten »Fuß«, dar.

An der Seite des Stengels sehen wir die Insertionspunkte der Blätter (Fig. 19, 1), am oberen Teil hingegen das lange, »zylindrische«[2]) Scheidchen, das aus drei bis vier Reihen bildenden kleineren, parenchymatischen, polyedrischen Zellen besteht. Die das Scheidchen von außen bedeckenden Epidermiszellen sind abgeplattet und liegen mit

[1]) Haberlandt: Beiträge p. 389.
[2]) Limpricht l. c. I. Bd. p. 176.

ihrem längeren Durchmesser in der Richtung der organischen Achse. Das Scheidchen verengt sich gegen oben gleichmäßig und ist auch unten nicht aufgedunsen, sondern von ziemlich gleichem Durchmesser. Dieses lange Scheidchen ist eine sehr auffallende Eigenschaft der *Physcomitrella Hampei I.*

Diese lange Vaginula umgibt das untere Ende der Seta, den sogenannten Fuß (Fig. 19, 3).

Die aus längsgestreckten Zellen bestehende Seta verengt sich vom oberen Teil des Scheidchens gegen unten zu immer mehr und bildet den Fußteil. Nach oben zu hingegen verbreitert sich die Seta — wie wir schon erwähnt haben — gleichmäßig. Die Zellen des Fußes stimmen in Form und Größe mit jenen Zellen überein, welche den freien, über dem Scheidchen befindlichen Teil der Seta bilden; bloß die die Reihe der Epidermiszellen fortsetzenden Zellen sind nicht so sehr abgeplattet. Den gleichmäßig verengten Kegel dieses in das Gewebe des Scheidchens eingekeilten, eingebetteten Fußes kann man von den Zellen der Vaginula durch die ein wenig stärker verdickten und nach außen gegen das Gewebe des Scheidchens gewölbten Zellwände der den »Fuß« von außen bedeckenden Zellen sehr gut und scharf unterscheiden.

Den Fuß von *Physcomitrella Hampei I* charakterisieren die nach unten gleichmäßig verschmälerte Kegelform und der Umstand, daß die an das Scheidchen grenzenden Zellen nicht sehr verdickt sind.

d) Die Anatomie des Sporogons.

Werfen wir bloß einen flüchtigen Blick auf den Längsschnitt (Fig. 20) des Sporogons, so fällt uns seine Form sogleich auf, es verbreitert sich nämlich vom Hals (1) nach oben zu und verengt sich nachher auf einmal, so daß die Kapsel birnenförmig ist; am Halsteil ist sie enger, kleiner als am oberen Ende, wo der Deckel (= operculum) (2) sitzt, der operculare Teil ist also breiter — wenigstens an jenen Exemplaren, welche ich untersuchte, aus welchen ich die Schnitte bereitete, welche übrigens auch Limpricht selbst gesehen hatte.[1]) Nach der originalen Beschreibung[2]) und Abbildung[3]) Limpricht's und auch in der von hier übernommenen Beschreibung und Zeichnung G. Roth's[4]) ist die Kapsel oval, sowohl am collaren wie am opercularen Pol gleichförmig verengt. Bei den von mir untersuchten Exemplaren ist sie so geformt, wie es Fig. 20 darstellt.

Die anatomische Struktur des sehr interessanten Sporogons ist folgende:

[1]) Limpricht l. c. III. Bd. p. 635.
[2]) Limpricht l. c. I. Bd. p. 176.
[3]) Ebendort Fig. 64.
[4]) Roth l. c. I. Bd. p. 122 und Taf. V, Fig. 9c.

Die Kapsel ist von außen mit einer einschichtigen Epidermis bedeckt, deren Zellen aber von den anderen nicht sehr verschieden sind. Man kann die Epidermiszellen nicht als konform bezeichnen, insofern sie bald ziegelförmig, in der Richtung des Radius abgeplattet, bald eben in der Richtung des Radius mehr gestreckt, vielmals beinahe parenchymatisch sind. Ihre Gestalt ist polyedrisch und ihre

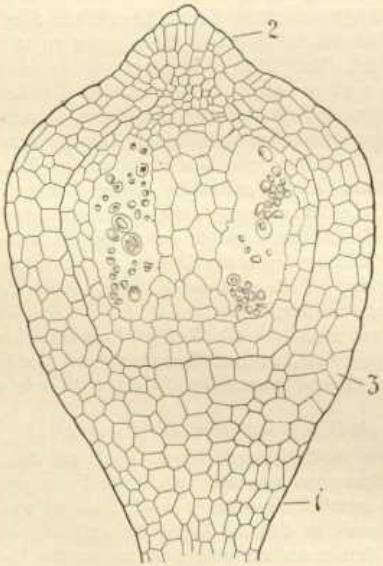

Fig. 20. **Ph. Hampei 1.** Längsschnitt einer jungen Kapsel. 1 = Hals; 2 = der differentierte, aber nicht abfallende Deckel, seine Trennungsrichtung bezeichnen die im Bogen gelagerten Zellen; in der Mitte hängt der Deckel mit einem kleinen dichten Gewebe, dem obersten Teil der Columella zusammen; 3 = Epidermis. Innerhalb der Kapselwand das unvollkommene Sporen bildende Gewebe, dessen Zellinhalt sich zu Sporen abrundet.

mit der Atmosphäre in Berührung stehenden Zellwände sind mittelmäßig verdickt. Übrigens sind sie eher dünnwandig und weitlumig. Wo das Sporogon in den Hals, später in die Seta übergeht, dort sehen wir schon radial abgeplattete, konforme Epidermiszellen. Den opercularen Pol der Kapsel lassen wir vor der Hand außer acht.

Zur Bildung der Kapselwand tragen noch drei, stellenweise vier Zellreihen bei, die Epidermis dazu gerechnet. Die innerhalb der Epidermis befindlichen Zellen sind polyedrisch, kleinere und größere wechseln miteinander, indem sie bald mehr parenchymatisch, bald ein wenig

prosenchymatisch gestreckt sind. Sie bilden eine ziemlich gleichmäßig dicke Wand; bloß nach unten zu, gegen den Hals beginnen sie ein wenig breiter zu werden und nach oben zu, gegen den opercularen Pol, bilden sie, sich verengend, eine dünnere Schicht.

Eine sehr auffallende Grenze der dreischichtigen Kapselwand bildet die infolge der starken Verdickung der Wände der innersten Zellreihe auftretende Linie, welche als ausdrückliche Grenzwand auf den ersten Blick unsere Aufmerksamkeit erregt. Diese verdickten Zellen bilden einen offenen Becher, indem sie am opercularen Pol unter dem Deckel beginnen (im Längsschnitt!), von hier mit den äußeren Konturen des Sporogons bis zum Hals parallel laufen; hier bilden sie auf einmal eine wagerechte, gerade Linie, das Gewebe der Columella von dem Hals und dem in diesen eindringenden, in sogleich zu beschreibender Weise ausgebildeten Gewebe der Seta trennend, sie isolieren mit einem Wort das Assimilationsgewebe des Sporogons, wie wir es auf Fig. 20 sehen können. Diese Scheidewand teilt also das Gewebe des Sporogons in zwei verschiedene Teile, in einen äußeren und einen inneren. Doch sind — wie wir sagten — oben, mit dem Deckel parallel, keine solche verdickten Zellwandteile vorhanden, dort ist die Scheidewand offen. — Betrachten wir jetzt den Hals, der gleichfalls zum »äußeren« Teil (wenn ich so sagen darf) gehört. Der Hals ist mit abgeplatteten Zellen bedeckt, unter welchen wir die zum Assimilationsgewebe gehörenden polygonalen Zellen sehen, deren Chlorophyllinhalt ziemlich groß ist. Die das Assimilationsgewebe bildenden Zellen werden nach oben zu immer größer und am oberen Ende des Halses sind sie ungefähr am größten. In die Mitte des Assimilationsgewebes dringt der obere, ein wenig keulenartig ausgebreitete Teil der Seta ein; auf der Abbildung habe ich ihn nicht extra bezeichnet, und wenn er auch nicht sehr auffallend ist, bemerkt ihn doch ein in der bryologischen Anatomie auch nur wenig bewandtes Auge sogleich. Um so auffallender ist das Gewebe der Seta am Querschnitt des Halses. Die aus radial abgeplatteten Zellen bestehende Epidermis ist einschichtig, stellenweise infolge des Auftretens tangentialer Teilungswände zweischichtig. Übrigens nimmt die Epidermis eine ziemlich schmale Zone ein. Unter ihr sehen wir ein aus dünnwandigen, sehr weitlumigen Zellen gebildetes lockeres Gewebe, in dessen körnerigem Plasma sehr viel Chlorophyll vorhanden ist. In der Mitte befindet sich das Gewebe der Seta, welches, im Längsschnitt (Fig. 20) gesehen, aus aufeinander gelagerten Zellreihen in der Längsrichtung abgeplatteter, also ziegelförmiger Zellen besteht, im Querschnitt hingegen aus parenchymatischen Zellen.

Zum Längsschnitt des Sporogons zurückkehrend, betrachten wir seine weitere Struktur. Innerhalb der aus verdickten Zellwandteilen

Mo.Bot.Garden

zusammengesetzten, die innere Grenze der Kapselwand, das heißt des das Amphithecium bildenden Gewebes bezeichnenden Linie, welche das Exothecium begrenzt, sehen wir an der Seite des Sporogons und gegen den Hals, also gegen das Assimilationsgewebe zu, eine einschichtige, respektive zweischichtige Zellreihe polygonaler Zellen, welche gegen den Deckel immer kleiner, gegen den Hals hingegen ein wenig größer werden. Diese innerhalb der Grenzlinie liegenden Zellschichten entsprechen dem Endothecium. Von der Seite des Halses, aus der Mitte des unten wagerechten Endotheciums erhebt sich in einer Linie mit der Eindringungsrichtung der Seta die Columella, welche aus großen, weitlumigen, dünnwandigen polygonalen Zellen besteht. Die zwischen die Columella und das Endothecium fallenden Zellen werden alle resorbiert, und zwar wird ihre Zellwand aufgesaugt, während ihr Zellinhalt, sich schon vorher zusammenziehend, abrundend, die Sporen bildet, welche rundlich oder dreieckig sind. Wie es unsere Abbildung zeigt, bilden sich nur aus einem sehr kleinen Teil der Kapsel Sporen. Die Sporen — und das will ich betonen — entstehen also aus dem Inhalt der durch Resorption zusammenziehenden Zellen!

Auf unserer Figur sind mehr solche abgerundete Sporenmutterzellen sichtbar, in deren Lumen man den zu ein oder zwei Sporen kontrahierten körnigen Plasmainhalt sehen kann. Jede Kapsel enthält aber nur wenig Sporen.

Am oberen Ende des Sporogons erhebt sich eine Spitze, welche nichts anderes als das Operculum, der Deckel, ist.

Der Deckel ist klein, er bedeckt bloß den spitzigen oberen Teil der Kapsel und ist im ganzen nur ein Drittel so breit wie die größte Breitendimension der Kapsel. Seine Peripherie ist ungefähr so groß, wie die Basis des Halses.

Dieser Deckel ist ein dichtes, massives Gebilde. An seinem Längsschnitt sehen wir von außen in der auf die organische Achse der Kapsel senkrechten Richtung gestreckte Zellen, deren Gestalt und Größe sehr verschieden ist. Unter diesen sehen wir ganz unten am Deckel zwei bis drei mehr abgeplattete und in der Richtung des Radius auch kürzere Zellen, deren äußere, von der Atmosphäre begrenzte Wände dünn bleiben. Diese bezeichnen die Richtung, in welcher sich der Deckel von der Kapsel ablöst.

Von diesen wenigen, dünn bleibenden Zellen ausgehend, bilden mehrere flache, ziegelförmige, polyedrische Zellen einen ausgesprochenen Bogen, welcher, die Basis des Deckels bildend, das obere Ende der Columella, ferner die das Amphi- und Endothecium voneinander trennende Verdickungslinie berührt. In der Mitte dieses Bogens, also in der Linie der organischen Achse sind diese Zellen interessant ausgebildet.

Das in der Mitte des unteren Teils des Deckels befindliche, aus kleinen Zellen bestehende dichte Gewebe ist mit den den oberen Teil der Columella bildenden, kleinen Zellen in der Richtung, in welcher sich der Deckel ablöst, stark verbunden. Von diesem kleinen dichten Gewebskörper ausgehend, wird die Verbindung der Zellen in jeder Richtung mit der Entfernung lockerer, die Zellen werden immer größer.

Der Deckel ist also ausdrücklich differenziert, auch die Trennungsrichtung des Operculums ist vorhanden, ganz gut bestimmbar, wir können den Trennungsbogen deutlich wahrnehmen; doch das in der Mitte befindliche untere dichte Gewebe des Deckels hängt mit dem oberen Teil der Columella so stark zusammen, daß sich der Deckel der Kapsel nicht abzulösen pflegt; so können wir *Physcomitrella Hampei I.* gleichsam als ein »subkleistokarpes« Moos betrachten. Drücken wir auf das Deckglas, so löst sich, wie wir wissen, der Deckel leicht ab. Infolge des mechanischen Drucks zerreißen wir dieses dichte, in der Mitte befindliche Gewebe, welches gegen derartige äußere Einflüsse keinen großen Widerstand leisten kann, sehr leicht, weil die bogenförmige Trennungslinie des Deckels schon präformiert ist. Dieses kleine, dichte Gewebe ist aber doch stark genug dazu, daß das Operculum von der Kapsel spontan, ohne äußere Einflüsse nicht abfalle.

V. Über die anatomische Struktur von Physcomitrella Hampei Limpr. III.

(= Physcomitrella patens [Hedw.] ♀ × Physcomitrium pyriforme [L.] ♂.)

(Hierzu Fig. 21—23.)

Das folgende, im Laufe meiner Arbeit schließlich zu behandelnde Moos, über dessen anatomische Verhältnisse ich wegen weiter unten erwähnter Ursachen nur kurz sprechen werde, ist gleichfalls eine *Physcomitrella Hampei* Limpr., welche aber vermutlich so entstand daß auf das Archegonium von *Physcomitrella patens* (Hedw.) die Spermatozoïden des in ihrer Nähe in großer Zahl lebenden *Physcomitrium pyriforme* (L.) gelangten und die Ausbildung der normalen ungeschlechtlichen Generation von *Physcomitrella patens* verhinderten. Dieses Moos ist also:

Physcomitrella Hampei Limpr. III. (Physcomitrella patens [Hedw.] ♀ × Physcomitrium pyriforme [L.] ♂.)

Die vegetativen Organe dieses Mooses sind dieselben wie bei *Physcomitrella patens.* Das obere Ende der geschlechtlichen Generation stülpt sich keulenförmig aus und aus dieser entspringt die 1—4 mm hohe, gegen oben sich gleichfalls verbreiternde, rötlich-braune Seta, welche gleichfalls »trocken links gedreht« ist.

Die birnenförmige Kapsel ist 1 mm lang, manchmal etwas länger; sie hat einen Hals, welcher kaum größer ist wie bei *Physcomitrella Hampei I.*, hier befinden sich in zwei bis drei Reihen die, von oben gesehen, polyedrischen, einzelligen Spaltöffnungen; der Deckel des Sporogons ist gleichfalls differenziert, er fällt aber nicht ab. Die Calyptra ist wie bei *Physcomitrella Hampei I.* Der operculare Pol der Kapsel ist breiter als der collare. Die braunen Sporen sind eiförmig, an mehreren Seiten ein wenig eingedrückt; das Exosporium zeigt eine feinkörnerige Skulptur; die Größe der Sporen wechselt zwischen 16—22 μ.

Gesammelt hat sie mein lieber Freund Martin Péterfi am 8. Juni 1905 in Déva (Ungarn) am schlammigen, nassen Ufer des »Cserna«-Baches zwischen *Physcomitrium pyriforme* und *Physcomitrella patens*.

Diesen Ort habe ich voriges Jahr anfangs Juli selbst aufgesucht, doch fanden wir bei dem hier massenhaft vegetierenden *Physcomitrium pyriforme* und *Physcomitrella patens* keine *Physcomitrella Hampei III.*

Die europäischen *Physcomitrium*-Arten sind — wie es die bisher bekannten Daten[1]) zeigen — zur Bastardbildung sehr geeignet. Bis jetzt kennen wir bloß von *Physc. acuminatum* keine Hybridation. Von *Physcomitrium pyriforme* ist sogar schon eine andere Bastardform bekannt,[2]) was übrigens eine noch nicht ganz sichere Sache ist.

Betrachten wir nun die anatomischen Verhältnisse.

a) Die Anatomie des Blattes.

Wie bei *Physcomitrella Hampei I*, so ist es auch hier ganz überflüssig, über die Einzelheiten zu sprechen, denn die vegetativen Teile, die Blätter, sind von ganz gleicher Ausbildung wie die von *Physcomitrella patens* (siehe pp. 6—9).

b) Die Anatomie des Stengels.

Dieses Moos vegetiert auf einem lockeren, feinsandigen Ufer, deshalb ist sein Stengel sehr lang, was als eine einfache Anpassungserscheinung und bei weitem nicht vielleicht als ein eigenartiger Charakterzug zu betrachten ist. Am untersten Teil ist der Stengel wulstig dick, aber nicht deshalb, als wenn hier sein Gewebe wirklich dicker wäre, sondern weil hier sehr viel Rhizoïden entspringen, deren basaler Teil sich sehr verbreitert. Im übrigen ist die anatomische Struktur des Stengels dieselbe wie bei *Physcomitrella patens*.

Am Längsschnitt (Fig. 21) des Stengels sehen wir im allgemeinen mit der organischen Achse parallel gestreckte, konforme Zellen. Rechts

[1]) Limpricht l. c. I. Bd. p. 175; II. Bd. p. 202; III. Bd. p. 635.

[2]) Physcomitrium pyriforme × Funaria hygrometrica.

und links, wo die Blätter entspringen, ist der Stengel ein wenig ausgestülpt. Die den Stengel der ganzen Länge nach von außen bedeckende Zellschicht, die Epidermis, ist radial abgeplattet. Bei mehreren Exemplaren sah ich, daß sich der Stengel am oberen Ende ganz einseitig, eigentümlich ausstülpt, dort, wo das Scheidchen, also der Fuß, beginnt.

Unsere Abbildung (Fig. 21) erklärt diese eigenartige Verdickung ziemlich gut. Meiner Ansicht nach wurde nicht das an der Spitze vorhandene Archegonium befruchtet, sondern ein zwar an der Spitze des Stengels, aber ein wenig seitwärts gelegenes ♀ Organ. Die auf dieser Stelle sich entwickelnde ungeschlechtliche Generation, das heißt die aus der Eizelle entstandenen Zellen — nachher Gewebskörper — behalten die geerbte Polarität und dringen deshalb so schief in den oberen Teil des Stengels, weil das Archegonium, also die Eizelle, in schiefer Lage war (nämlich ihre organische Achse). Wenn das auf Fig. 21 abgebildete Archegonium befruchtet worden wäre, hätten wir ein normale Verhältnisse darstellendes Bild erhalten.

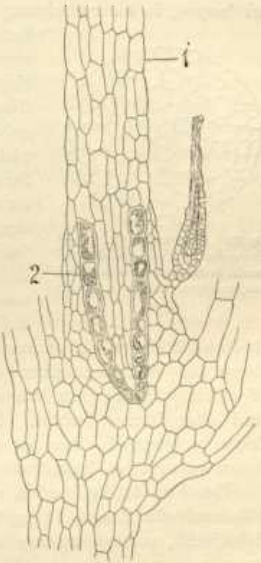

Fig. 21. **Ph. Hampel III.** Längsschnitt aus dem einseitig ausgestülpten oberen Ende des Stengels. ^{1} = Seta; ^{2} = der lange, kegelförmige, mit sehr dickwandigen und plasmareichen Zellen bedeckte Fuß. Am Scheidchen ein unbefruchtetes Archegonium.

Das am Ende des Stengels vorhandene Scheidchen und den die Basis der Seta bildenden Fuß werde ich bei der Beschreibung der Seta erwähnen.

c) Die Anatomie der Seta.

Das mikroskopische Querschnittsbild der 1—4 mm langen, nach oben verbreiterten, nach links gedrehten Seta zeigt Fig. 22. Von außen bedeckt sie eine einschichtige, aus viereckigen, mitteldickwandigen Zellen bestehende Epidermis, welche eine ausdrücklich abgesonderte Zellschicht bildet. Unter der Epidermis befindet sich das aus polyedrischen, nicht sehr großen Zellen bestehende Leitparenchym, dessen mit dem Zentralstrang begrenzte Zellwandteile ein wenig stärker verdickt sind und gegen innen, sich bogenförmig krümmend, eine scharfe

Grenze bilden. Der Zentralstrang besteht im ganzen aus einigen sehr dünnwandigen Zellen, deren Wände stellenweise gewellt sind.

Den Längsschnitt der Seta sehen wir auf Fig. 21. Sie besteht aus langen, in einer Richtung gestreckten (1), ziemlich dickwandigen braunen Zellen. Die Seta endigt unten in einer abgerundeten Spitze, sich in eine Kegelform verengend. Dort, wo sie in das vom oberen Ende des Stengels heraufgehende, aus kleinen, tafelförmig abgeplatteten, dünnwandigen Zellen bestehende Scheidchen eindringt, beginnt sie schmäler zu werden, und von diesem Punkt an bedecken sie bis ganz hinunter schon farblose Zellen. Dieser Teil ist, wie wir wissen, der Fuß (2). Der Fuß besteht von außen aus sehr dickwandigen, quadratischen Zellen, deren Wände nach außen gewölbt sind und in denen ein reicher, körneriger Plasmainhalt vorhanden ist. Diese den Fuß von außen bedeckenden Zellen sind gegen unten allgemein kleiner, ihre Wände, die aus reiner Zellulose bestehen, sind aber immer farblos. Nach innen sind diese dickwandigen Zellen polyedrisch, ihre an die das Zentrum des Fußes bildenden Zellen grenzenden Zellwände sind also gerade.

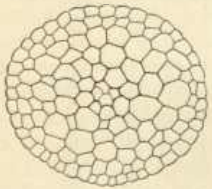

Fig. 22. **Ph. Hampei III.** Querschnitt der Seta; einschichtige Epidermis, in der Mitte der vom dichten Leitparenchym umgebene Zentralstrang.

Der Fuß ist im großen auch hier länglich-kegelförmig, wie bei *Physcomitrella Hampei I* (Fig. 19); doch von seiner sehr dickwandigen Zellschicht, zufolge welcher dieser Fuß natürlich sehr auffallend ist, kann man auf den ersten flüchtigen Blick erkennen, daß wir es mit *Physcomitrella Hampei III* zu tun haben.

Bei mehreren Exemplaren war an der Seite des Stengelendes, das heißt an der des Scheidchens, ein zu Grunde gegangenes, unbefruchtetes Archegonium (Fig. 21), welches auf einem aus wenig Zellen gebildeten kleinen Stielchen sitzt. Von unten nach oben verschmälert es sich stufenweise, der Bauchteil ist nicht sehr ausgewölbt. Die die Eizelle enthaltende Bauchhöhle ist auch länglich und geht langsam in den Kanal des Halses über, wie es unsere Abbildung zeigt. Die den Halsteil des Archegoniums bildenden Zellen sind ganz zusammengefallen, so sehr, daß ich sie gar nicht aufweichen konnte; dieser Halsteil ist übrigens ziemlich lang.

Die Seta verbreitert sich am oberen Ende immer mehr, so wie wir es bei *Physcomitrella Hampei I* sahen.

d) Die Anatomie des Sporogons.

Vom Sporogon haben wir nicht viel zu sagen, weil es — von einigen unwesentlichen Eigenschaften abgesehen — sowohl in seiner

äußeren Gestalt wie in der Differenzierung der inneren Gewebe vollkommen mit dem Sporogon von *Physcomitrella Hampei I* übereinstimmt.

Das Sporogon ist etwas länger als 1 mm, gleichfalls birnenförmig, und zwar so, daß der Durchmesser des beim Hals gelegenen Teils kleiner ist wie der des opercularen Poles. Der Hals ist nur um weniges größer als bei *Physcomitrella Hampei I*; an der Spitze der Kapsel ist der Deckel auch äußerlich differenziert, er fällt aber nicht ab. So kann man es als ein subkleistokarpes Moos betrachten. Am Längsschnitt der Kapsel können wir ganz dieselben Ausbildungen, dieselben Gewebe in derselben Lagerung sehen. Auch hier sind die an der inneren Seite der dreischichtigen Kapselwand gelegenen Zellen verdickt und bilden eine ausgesprochene Scheidewand. Die Columella bleibt stehen und die Sporen entstehen aus dem abgerundeten Zellinhalt der resorbierten Zellen. Den Deckel bezeichnet am Rande, an seiner Peripherie, gleichfalls eine zweireihige, bogenförmige Zellschicht, während er in der Mitte mit dem Gewebe der Columella so stark zusammenhängt, daß er von selbst nicht abfallen kann. Freilich infolge eines auf das Deckglas verübten Druckes, also eines äußeren mechanischen Einflusses, zerreißt dieses Gewebe und der Deckel löst sich ab.

Den ein wenig größeren Hals bilden mehr Zellen, sein Chlorophyllinhalt ist natürlich größer und so auch seine Assimilationsenergie. Das beweisen auch die zahlreichen Assimilationsprodukte, wir sehen nämlich hier sehr viel Amylum. Die das unter der radial abgeplatteten Epidermis befindliche Assimilationsgewebe bildenden polyedrischen Zellen, zwischen welchen wir auch kleine Interzellularräume sehen, nicht so wie bei *Physcomitrella Hampei I*, sind voll von kleinen, rundlichen, in kleinere und größere Gruppen geordneten farblosen Amylumkörnchen.

In den Hals dringt das verbreiterte Ende der Seta ein, dessen Zellen wir — weil sie kein Chlorophyll und Amylum erhalten — auf den ersten Blick erkennen können.

Mit der Assimilation, dem Stoffwechsel, hängt die Durchlüftung des Organs zusammen. Diesen Gaswechsel besorgen, wie wir wissen, besonders die Intercellularräume und die ihre herausführenden Ausgänge bildenden Spaltöffnungen.

Auch bei *Physcomitrella Hampei III* finden wir die Spaltöffnungen am Hals, in einer sehr schmalen Zone zerstreut. Die Spaltöffnungen sind im Oberflächenschnitt sehr auffallend. Die den Hals bedeckenden epidermalen Zellen sind nämlich in der Richtung der organischen Achse gestreckte Zellen (Fig. 23), deren konforme Kette von den im allgemeinen rundlichen, einzelligen Spaltöffnungen unterbrochen wird. Der Längen- und Breitendurchmesser der Spaltöffnungen sind von

gleicher Dimension, daher sind diese polyedrisch. In ihrer Mitte befindet sich die Luftspalte. Sie gehören also in die Gruppe der »Spaltöffnungen mit Zentralspalte«.[1]) Sie stimmen mit den Spaltöffnungen von *Physcomitrella patens* vollkommen überein.

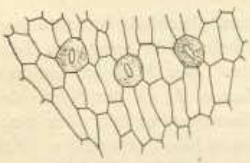

Fig. 23. **Ph. Hampei III.** Oberflächenansicht der am Hals befindlichen einzelligen Spaltöffnungen.

Es stand mir so wenig Untersuchungsmaterial zur Verfügung, daß ich das Querschnittsbild — der Querschnitt der Spaltöffnungen pflegt überhaupt sehr schwer zu gelingen — der Spaltöffnung nicht geben kann. Übrigens kann es ja nicht sehr eigentümlich und nicht sehr abweichend sein, denn die Querschnittsbilder von Spaltöffnungen sind bei diesen Moosen ziemlich gleich.

C. Vergleichender Teil.

Das Gesagte zusammenfassend, ist es jetzt sehr interessant, zu bestimmen, was die aus der Bastardierung entstandenen *Physcomitrella Hampei I* und *III* von dem einen und dem anderen Moosindividuum geerbt haben. Dies geschieht nämlich nicht so einfach, daß *Physcomitrella Hampei I* und *III* z. B. in Bezug auf ihre vegetativen Teile mit *Physcomitrella patens* übereinstimmen, ihre ungeschlechtliche Generation hingegen mit den die Spermatozoïden liefernden Moospflanzen.

Damit der Leser im Laufe unserer Abhandlung die Tatsachen nicht verwechsle, betrachten wir — des leichteren Verständnisses halber — zuerst *Physcomitrella Hampei I.*

Die Blätter von *Physcomitrella Hampei I* sind ganz so geformt und gebaut wie die bei *Physcomitrella patens.* Die sich am oberen Ende des Stengels erhebende Seta hat es schon von *Physcomitrium sphaericum* geerbt, nicht nur weil sie länger ist, sondern auch weil sie einen Zentralstrang hat. Denn, wie wir sahen, war bei *Physcomitrella patens* kein Leitbündel vorhanden. Dieser Umstand beweist die Richtigkeit jener, zuerst von HABERLANDT betonten Wahrheit, »daß der Zentralstrang keineswegs ein Kennzeichen höherer phylogenetischer Ausbildung, sondern ein Anpassungsmerkmal ist usw.«[2])

Sehr interessant sind meine, auf den »Fuß« bezüglichen Beobachtungen.

Der Fuß von *Physcomitrella patens* ist kurz elliptisch, mit stark verdickten Zellen begrenzt. Bei *Physcomitrium sphaericum* ist er

[1]) Haberlandt: Beiträge p. 466.
[2]) Haberlandt: Beiträge p. 389.

länglich-kegelförmig, seinen Rand bilden zwar dickwandigere Zellen als die anderen sind, aber doch nicht sehr verdickte Zellen. Der Fuß von *Physcomitrella Hampei I* stimmt mit dem von *Physcomitrium sphaericum* überein, er ist sehr länglich-kegelförmig und seine Randzellen sind nicht sehr dickwandig.

Die äußere Gestalt des Sporogons von *Physcomitrella Hampei I* ist mehr dem von *Physcomitrium sphaericum* ähnlich, doch in seinem inneren Bau finden wir mehr Charakterzüge, welche es von *Physcomitrella patens* erbte.

Der Hals des Sporogons von *Physcomitrella Hampei I* stammt von *Physcomitrium sphaericum*, denn bei der Kapsel von *Physcomitrella patens* ist kein Hals vorhanden, aber auch kein Deckel; nicht einmal die Spuren davon sieht man auf der Kapsel, bloß die kleine Gewebespitze am oberen Ende deutet seine Stelle an. Bei *Physcomitrella Hampei I* hingegen kann man den Deckel gut unterscheiden, auch die Ablösungslinie ist durch die Entwickelung solcher Zellen bezeichnet, wie wir es bei der jungen Kapsel von *Physcomitrium sphaericum* gesehen haben, nämlich durch einige stärker dickwandige Zellen. Die allgemeine äußere Gestalt, die Konturen des Deckels sind hingegen dem apikalen Pol des Sporogons von *Physcomitrella patens* ähnlich. Aber der äußerlich differenzierte Deckel von *Physcomitrella Hampei I* fällt nicht ab! — das ist wieder eine Eigenschaft, die uns an die kleistokarpe *Physcomitrella patens* erinnert.

In Bezug auf das Amphi- oder Exothecium können wir nichts Charakteristisches erwähnen, denn beide Eltern haben ja eine dreischichtige Kapselwand.

Bei dem noch ganz jungen Sporogon von *Physcomitrium sphaericum* ist zwischen dem Amphi- und dem Endothecium ein mächtiger Luftraum vorhanden, welcher von einigen schief herauflaufenden Zellfäden durchsetzt ist. Innerhalb der Wand des Endotheciums kontrahiert sich der Inhalt der den Sporensack bildenden Zellen zu Sporen; später verschwindet auch die Columella. Bei *Physcomitrella patens* werden sämtliche Zellen, welche sich in der Mitte der Kapsel, das heißt innerhalb der äußeren drei Zellschichten (= Kapselwand) befinden, resorbiert und aus ihrem Inhalt Sporen gebildet. Auch bei dem noch im ganz jungen Entwickelungsstadium stehenden Sporogonium sehen wir keinen Luftraum ausgebildet. Das ist ja selbstverständlich! Bei *Physcomitrella patens* sitzt die Kapsel inmitten der Blätter, die Assimilation besorgen hauptsächlich die Blätter; auch die Kapsel assimiliert, aber nur im geringeren Maße, was das Fehlen des Halses beweist. Nur bei solchen Moosen beschränkt sich die Assimilation hauptsächlich auf die Kapsel, bei welchen sich das Sporogon auf längerer Seta zwischen den Blättern emporhebt, freisteht, so daß es das Sonnenlicht von allen Seiten erreichen kann. Bei

Physcomitrella patens hingegen fällt das Sonnenlicht zuerst auf die schopfartig gegeneinander geneigten Blätter!

Was für eine Ausbildung sehen wir jetzt bei *Physcomitrella Hampei I*: ein charakteristisches Merkmal, welches dieses Moos von *Physcomitrella patens* erhielt, ist das vollkommene Fehlen des zur Durchlüftung dienenden Luftraumes; aber die stärkere Verdickung der innersten Zellwände der die dreischichtige Kapselwand bildenden Zellen bezeichnet die Grenze zwischen dem Amphithecium und dem Endothecium, welches Merkmal es wieder von *Physcomitrium sphaericum* geerbt hat. Von dieser verdickten Linie werden bei *Physcomitrella Hampei I* ein bis zwei Zellschichten nicht resorbiert, sondern die innerhalb dieser befindlichen Zellen runden sich ab, ihr Inhalt zieht sich zu Sporen zusammen. Betrachten wir nun, welch interessante Tatsachen diese wenigen Worte bedeuten! Die unter den verdickten Zellwänden befindliche Zellschicht, welche unversehrt stehen bleibt, erinnert an das Endothecium von *Physcomitrium sphaericum*, die Art der Sporenbildung hingegen stimmt mit der von *Physcomitrella patens* überein. Die unvollkommene, im kleinen Maße geschehende Sporenbildung beweist seinen Bastardursprung.

Die übereinstimmenden Eigenschaften so gegeneinander stellend, haben wir ungefähr auch beschrieben, was *Physcomitrella Hampei I* von der einen und der anderen Moospflanze geerbt hat.

Obzwar im großen die Mehrzahl der Eigenschaften und die wichtigeren Partien — auf das Sporogon bezüglich — denen von *Physcomitrium sphaericum* ähnlich sind, so finden wir immer auch solche Merkmale, welche auch für *Physcomitrella patens* charakteristisch sind.

Betrachten wir jetzt *Physcomitrella Hampei III.*

Ihre Blätter gleichen denen von *Physcomitrella patens.* Ihre lange, emporragende Seta ist ein an *Physcomitrium pyriforme* erinnerndes Merkmal. Der Fuß ist schon anders gebaut wie bei *Physcomitrella Hampei I*, er ist nämlich mit stark dickwandigen Zellen begrenzt, übrigens auch länglich-kegelförmig. Dieser Charakter erinnert uns sogleich an *Physcomitrium pyriforme*, und zwar deshalb, weil das Moos den Fuß väterlicherseits zu erben pflegt, wie wir es bei *Physcomitrella Hampei I* sahen; hätte es ihn mütterlicherseits geerbt, so müßte er gleichfalls von dünnwandigen Zellen umgeben sein! Das ist aber nicht der Fall.

Die Form der Kapsel ist wie die bei *Physcomitrella Hampei I*; der Deckel, die Wand des Sporogons usw. sind ganz dieselben. Bloß der Hals ist ein wenig größer als bei *Physcomitrella Hampei I*, was keine besondere Abweichung, sondern eine selbstverständliche Anpassung ist! *Physcomitrella patens* hat, wie wir wissen, keinen Hals, sie kann ihn nur von *Physcomitrium pyriforme* geerbt haben.

Auch das wissen wir, daß *Physcomitrium pyriforme* ein sehr gut entwickeltes Assimilationsgewebe besitzt, welches von mächtigen Intercellularräumen durchwebt ist, mit einem Wort: viel stärker entwickelt ist als bei *Physcomitrium sphaericum*. So ist natürlich auch bei *Physcomitrella Hampei III* der Hals stärker entwickelt und zwischen den assimilierenden Zellen finden wir auch kleinere Intercellularräume. Alles dies sind solche Erscheinungen, welche an *Physcomitrium pyriforme* erinnern, von ihm geerbt wurden. Übrigens finden wir dieselben Verhältnisse, den einen Fuß ausgenommen, wie bei *Physcomitrella Hampei I*; ich will diese nicht zum wiederholten Male erwähnen, es wäre auch überflüssig, so weise ich nur auf das vorher Gesagte hin.

Ich hatte nur Gelegenheit, die aus diesen beiden Kombinationen entstandenen *Physcomitrella Hampei I* und *III* zu untersuchen, aus deren mit den Stammeltern verglichenen anatomischen Verhältnissen wir deutlich ersehen können, daß bei der Hybridierung kein Unterschied (Limpricht l. c. III. Bd. p. 637) ist, ob die Eizelle im Archegonium der geschlechtlichen Generation von den Spermatozoïden des einen — die ungeschlechtliche Generation liefernden — Mooses oder von den Spermatozoïden einer anderen in dieselbe Gattung gehörenden Art befruchtet wird. Das heißt, es ist alles eins, ob die Eizelle von *Physcomitrella patens* durch die Spermatozoïden von *Physcomitrium sphaericum*, oder die von *Physcomitrium eurystomum*, oder von *Physcomitrium pyriforme* befruchtet wird, der entstandene Bastard bleibt immer *Physcomitrella Hampei*, in deren Struktur zwar — wie wir es bei *Physcomitrella Hampei I* und *III* gesehen haben — bei der ungeschlechtlichen Generation neben den von väterlicher Seite geerbten Eigenschaften wir auch einige Eigenschaften erkennen, welche von der normalen ungeschlechtlichen Generation der geschlechtlichen Generation stammen, aber im allgemeinen stimmen sie in den wichtigsten Punkten — kleinere selbstverständliche Unterschiede unbeachtend — miteinander vollkommen überein.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Hedwigia

Jahr/Year: 1908

Band/Volume: 47_1908

Autor(en)/Author(s): Györffy Stephan [István]

Artikel/Article: Über die vergleichenden anatomischen Verhältnisse von Physcomitrella patens (Hedw.) Br. et Sen., Physcomitrium pyriforme (L.) Brid., Physcomitrium sphaericum (Ludw.) Brid. und Physcomitrella Hampei Limpr. 1-59