© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

so, wie wenn sie in negativ gespanntem Zustande erstarrt wären. Polyedrische und kuglige Zellen sind optisch einaxig, Cylinder und Prismen optisch zweiaxig. Die Querdurchschnitte aller entsprechen dem optischen Durchschnitt der Hohlkugelrandschicht.

4. Die Cuticularschicht und die Korkmembran verhalten sich umgekehrt, sie entsprechen einer unter Compression erhärteten Colloidmasse, so dass eine Callotte, welche aus einer Exine-Intinemasse der Epidermis herausgeschnitten ist, sich optisch gerade so verhält, wie der Ringabschnitt aus einem Glasrohr.

5. Alle pflanzlichen Colloide lassen sich zu cylindrischen Zellen modeln, welche in ihrem optischen Verhalten den natürlichen im Innern des Pflanzenkörpers belegenen Cylinder- oder Prismenzellen entsprechen. Nur der künstliche Traganthcylinder verhält sich abweichend, er entspricht der Stammzelle der Caulerpen.

6. Alle feineren Structurverhältnisse, so die Vertiefung in der Membran, Tüpfel, Poren einerseits, vorspringende Masse, Leisten, Schraubenbänder andrerseits, lassen sich künstlich in erstarrenden Colloiden nachahmen.

Die ersteren können auf die Phänomene, welche an Hohlkugeln herrschen, die letzteren auf örtliche Compression oder Dilatation der soeben erstarrenden Masse zurückgeführt werden.

---

9. Georg Firtsch: Ueber einige mechanische Einrichtungen im anatomischen Bau von Polytrichum juniperinum Willd.

(Mit Tafel II).

Eingegangen am 18. Februar 1883.

Seit dem Erscheinen von Schwendener's Werk über „das mechanische Princip im anatomischen Bau der Monocotylen“ ist bereits eine grössere Zahl von Abhandlungen erschienen, welche unsere Kenntnisse über das mechanische System der Pflanzen in verschiedener Hinsicht bereicherten; doch befindet sich meines Wissens keine darunter, welche die mechanischen Einrichtungen der gefässlosen Pflanzen einer näheren Betrachtung unterziehen würde.

Es liegt in dieser Hinsicht vor allem nahe, die höchst entwickelten Vertreter der Laubmoose genauer zu untersuchen. Speciell durfte man

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

von der Gattung Polytrichum von vornherein einige interessante Festigkeitseinrichtungen erwarten; dass diese Vermuthung eine gerechtfertigte war, wird hoffentlich aus meinen nachstehenden Mittheilungen, die sich auf das bei Graz besonders häufig vorkommende *Polytrichum juniperinum* beziehen, deutlich hervorgehen.

Bemerken muss ich, dass ich meine Untersuchungen nicht blos auf das mechanische System beschränkte, sondern die mechanischen Einrichtungen im weiteren Sinne des Wortes ins Auge fasste.

Ausgeführt wurde diese Arbeit im botanischen Laboratorium der technischen Hochschule in Graz, und muss ich mir erlauben, Herrn Professor Dr. G. Haberlandt, der mir mit seinen Erfahrungen auf diesem Gebiete unterstützend zur Seite stand, meinen verbindlichsten Dank auszusprechen.

I. Das mechanische System des Stämmchens und der Seta.

Wie bereits von Schwendener[1]) hervorgehoben wurde, ist das peripherische Rindengewebe der Stämmchen und der Fruchtstiele der Laubmoose nichts anderes, als das biegungsfeste mechanische System. Dasselbe erscheint demnach auch bei Polytrichum als ein continuirlicher Hohlcylinder, der aussen durch die stark verdickten Zellen der Epidermis verstärkt wird und innen allmählig in ein mehr parenchymatisches Gewebe übergeht. Im Stämmchen wird dieser Hohlcylinder durchzogen von den schief abwärts verlaufenden Blattspuren; im Fusse der Seta löst er sich allmählig in isolirte Stränge auf, welche in ziemlich unregelmässigen Abständen und verschiedener Stärke eine periphere Ringlage bilden. (Fig. 9.) Diese letztere Anordnung des mechanischen Systems leuchtet sofort ein, wenn man bedenkt, dass der Fuss der Seta als Organ der Nahrungsaufnahme dient, in welchem natürlich ein ununterbrochener peripherischer Ring von mechanischen Zellen der erwähnten Funktion sehr hinderlich wäre.

Die mechanischen Zellen des Stämmchens und der Seta sind im Allgemeinen übereinstimmend gebaut. Sie erreichen die Länge mancher Phanerogamen-Bastzellen; dieselbe beträgt im Stämmchen durchschnittlich 0,25 *mm*, in der Seta 0,28 *mm*, bei einer durchschnittlichen Breite von 0,012 *mm*, beziehungsweise 0,010 *mm*; hinzuzufügen ist, dass der Durchmesser der Zellen von innen gegen die Peripherie zu immer kleiner wird.

Die Form der Zellen ist eine ausgesprochen prosenchymatische; aus den oft plötzlichen Verengerungen der Zellenden (Fig. 5b), ähnlich wie sie bei Vinca major so schön zu beobachten sind, darf man folgern, dass auch hier ein actives Spitzenwachsthum der Stereiden stattgefunden

1) Schwendener, Das mechanische Princip etc. p. 166.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

hat[1]). Manches Zellende besitzt zwei, ja selbst drei, zwar kurze, aber scharfe Spitzen, ein Vorkommen, wie es Haberlandt auch bei Vinca major (l. c. p. 49) beobachtet hat. (Fig. 5 und 6.)

Die Wandungen der Stereiden sind stark verdickt; man beobachtet auf Querschnitten ausser der sehr deutlichen, in den Zellecken besonders starken Mittellamelle noch zwei scharf gesonderte Verdickungsschichten.

Die Entstehungsweise derselben ist folgende: In ihren frühesten Jugendstadien zeigen die ganz zartwandigen Zellen eine gleichmässige Verdickung ihrer Wände, und alsbald differenzirt sich in der homogenen Membran eine äusserst zarte Mittellamelle, welche in den Zellecken kleine Zwickel bildet. (Fig. 2.) Jede Zelle besitzt nunmehr ihre eigene primäre Verdickungsschicht, welche nun selbständig in die Dicke wächst; ob durch Apposition oder Intussusception muss dahin gestellt bleiben. (Fig. 3.) Gleichzeitig wächst auch die Mittellamelle beträchtlich in die Dicke. Den Schluss der Entwicklung bildet die Anlagerung einer inneren secundären, beziehungsweise tertiären Verdickungsschichte, welche sich leicht von der zuerst gebildeten Schichte abhebt, deren innere Begrenzung gekerbt erscheint, und welche auf dem Querschnitte bisweilen nur einen schmalen Saum bildet (Fig. 4).

Im ausgebildeten Zustande zeigt die Mittellamelle eine bräunlichgelbe Farbe, bei Zusatz von Chlorzinkjod wird sie schon in einem frühen, noch farblosen Jugendzustande gelb gefärbt. In concentrirter Schwefelsäure wird sie nicht gelöst und quillt auch nicht auf. Die äussere Verdickungsschicht der Zellwand ist von bräunlich gelber Farbe aber nicht so intensiv gefärbt wie die Mittellamelle; mit Chlorzinkjod behandelt, färbt sie sich braun-violett, in concentrirter Schwefelsäure löst sie sich unter starkem Aufquellen, wobei ihre lamellöse Struktur sehr deutlich sichtbar wird. Die innere Verdickungsschichte ist auch im ausgebildeten Zustande farblos und färbt sich mit Chlorzinkjod schmutzig blau; concentrirte Schwefelsäure löst sie rasch auf, was gleichfalls auf relativ reine Cellulose schliessen lässt.

Als den mechanisch wirksamsten Theil der Membran haben wir offenbar die äussere Verdickungsschicht aufzufassen, dann dürfte die Mittellamelle und zuletzt die innere Verdickungsschicht folgen.

Von einigen zweifelhaften Fällen abgesehen, in welchen ich vereinzelte, longitudinal spaltenförmige Poren beobachtet zu haben glaube, sind die Wandungen der Stereiden vollständig porenlos.

Die Stereiden enthalten zeitlebens einen plasmatischen Wandbeleg, der Zellkern ist hin und wieder deutlich zu beobachten. Im jugendlichen Zustande führen die mechanischen Zellen ziemlich zahlreiche Chloro-

---

1) G. Haberlandt, Entwicklungsgeschichte des mechanischen Gewebesystems, Leipzig 1879, p. 49.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

phyllkörner; dieselben besitzen bemerkenswerther Weise dasselbe Bewegungsvermögen, wie die Chlorophyllkörner in den Blättern der Laubmoose. An radialen Längsschnitten durch Stämmchen, die sich im diffusen Lichte befanden, sieht man sehr deutlich, wie die Chlorophyllkörner Flächenstellung angenommen, d. h. an den äussern, der Epidermis zugekehrten Wandungsstreifen sich angesammelt haben. Dass sie nicht funktionslos sind, beweisen die in ihnen auftretenden Stärkeeinschlüsse. In ausgewachsenen, gebräunten Stämmchen treten statt der Chlorophyllkörner runde, farblose, ziemlich stark lichtbrechende Körnchen auf, deren Natur fraglich ist, ausserdem beobachtete ich in älteren Zellen Fetttröpfchen.

Was die Anordnung der mechanischen Zellen auf dem Querschnitte des Ringes betrifft, so ist dieselbe im Stämmchen eine irreguläre, in der Seta dagegen eine ausgesprochen radiale, mit häufiger Spaltung der Reihen gegen die Peripherie zu.

Wie bereits oben erwähnt, wird der mechanische Ring im Stämmchen und in der Seta durch die Epidermis verstärkt. Im Stämmchen wird die Epidermis häufig zweischichtig, indem sich die ganz jungen, noch meristematischen Epidermiszellen durch tangentiale Wände teilen (Fig. 1). Die Verdickung der Zellwände ist ringsum eine sehr starke, ihre Färbung eine intensiv karmoisinrothe. Die Aussenwandungen der Epidermiszellen sind in ihren äusseren Schichten cuticularisirt und an die Cuticula setzen sich die radialen Zwischenlamellen unmittelbar an.

Die Epidermis der Seta ist stets einschichtig. Im jugendlichen Zustande der Sporogons sind ihre radialen Seitenwandungen auffallend dünn, obgleich die Aussenwandungen und die Wände der mechanischen Zellen bereits stark verdickt sind. In diesem Entwicklungszustande allein zeigt die Epidermis den Bau der typischen Phanerogamen-Epidermis, die mit ihren zarten Seitenwandungen, wie Westermaier gezeigt hat, einen peripheren Wassergewebemantel darstellt (Fig. 7).

Bald treten aber ringsum noch nachträgliche starke Verdickungen auf, wie bei den mechanischen Zellen, in welchem Stadium sich die Epidermis nur noch durch die Farblosigkeit ihrer Zellwände vom mechanischen Ring abhebt (Fig. 8). Später geht auch dieser Unterschied verloren und von dem Charakter der Epidermiszellen bleibt am Querschnitte nur mehr die Cuticularisirung der Aussenwände übrig.

Am Schlusse dieses Kapitels ist nochmals auf die mechanischen Stränge im Fusse der Seta zurückzukommen. Dieselben sind vom benachbarten Gewebe lange nicht so strenge gesondert, wie etwa in einem Cyperushalme, wohl aber fallen sie gleich durch ihre hellbraune Farbe gegenüber dem farblosen Nachbargewebe auf und ferner durch den Umstand, dass die peripheren Zellen nicht als dünnwandige,

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

papillös vorgewölbte Absorptionszellen, sondern als ringsum stark verdickte Stereiden ausgebildet sind (Fig. 10).

Die mechanischen Stränge des Fusses reichen nicht bis ganz hinab, sondern verlieren sich in einem Ringe von englumigen, zartwandigen Zellen, welche gewissermassen den über die erste Anlage nicht hinausgekommenen mechanischen Ring darstellen. Für das Sporogon ist der vollständige Verlust des mechanischen Systems im unteren Theile der Seta von keiner Bedeutung, da in dieser Höhe die nothwendige Biegungsfestigkeit durch Vaginula und Perichätium hergestellt wird.

II. Die Festigkeit der mechanischen Zellen.

Bei der Untersuchung der Festigkeit der mechanischen Zellen musste ich mich auf die Bestimmung des Festigkeitsmoduls beschränken, da bei der verhältnissmässig rohen Versuchsmethode die untersuchten Organe (Stämmchen und Seten) zu kurz waren, um das Tragvermögen innerhalb der Elasticitätsgrenze mit einiger Sicherheit bestimmen zu können.

Die Versuche werden in folgender Weise durchgeführt: Die beiden Enden des zu untersuchenden Stämmchens oder der Seta wurden zwischen Kork fest eingeklemmt, die obere Klemme wurde in einen Schraubstock gespannt, an die untere eine Wagschale gehängt. Dann liess ich langsam so viel Sand zufliessen, bis das Versuchsobject riss. Durch Abwägen der Wagschale mit Sand und Klemme wurde dann das Zerreissgewicht bestimmt.

Nur jene Fälle fanden Berücksichtigung, in welchen die Rissstelle sich nicht zu nahe einer Klemme befand.

Von den untersuchten Objecten wurden nahe der Rissstelle Querschnitte angefertigt und die Querschnittsfläche des mechanischen Ringes auf folgende Weise ermittelt:

Ich zeichnete mir mittelst des Zeichenprismas genau den Umriss des mechanischen Gewebes auf und der Inhalt der vergrösserten Querschnittsfläche wurde dann nach einer bekannten Methode (durch Wägung des ausgeschnittenen Papiers) bestimmt. Indem ich nun den Flächeninhalt des vergrösserten Querschnittes durch das Quadrat der linearen Vergrösserung dividirte, erhielt ich die wirkliche Querschnittsfläche. Das Verhältniss des Gesammtquerschnittes (Zellwände + Lumina) zu der Querschnittsgrösse der Zellwände bestimmte ich nach der von Ambronn[1]) angegebenen Methode. — Wird die Fläche des Gesammtquerschnittes des mechanischen Ringes gleich 1 gesetzt, so betrug die

1) H. Ambronn, Ueber die Entwicklungsgeschichte und die mechanischen Eigenschaften des Collenchyms. Jahrb. für wissensch. Bot. XII, p. 51 des Separatabdruckes.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Querschnittsgrösse der Zellwandungen im Stämmchen 0,609, in der Seta 0,635.

Schliesslich wurde dann das Zerreissgewicht in Kilogramm pro Quadratmillimeter Zellmembran, d. h. das Festigkeitsmodul, bestimmt.

Die nachstehende Tabelle enthält die Ergebnisse einiger derartiger Versuche; zu bemerken habe ich, dass ich nicht bloss die oberen mit grünen Blättern versehenen Theile des Stämmchens untersuchte, sondern auch die älteren, blattlosen, gebräunten Partien desselben.

Tabelle I.

	No.	Zerreissgewicht in Kilogramm	Querschnitt des mechanischen Ringes in □*mm*	Querschnitt der Zellwandungen in □*mm*	Festigkeitsmodul
Stämmchen grün	I	1,15	0,264	0,161	7,1
	II	1,15	0,251	0,153	7,5
	III	1,00	0,206	0,126	7,9
Stämmchen braun	I	1,30	0,293	0,178	7,3
	II	1,30	0,239	0,145	8,9
	III	1,12	0,271	0,165	6,8
Mittel		1,17	0,254	0,155	7,5
Seta	I	0,75	0,102	0,065	11,6
	II	0,72	0,103	0,066	10,9
	III	0,80	0,104	0,066	12,1
Mittel		0,75	0,103	0,066	11,5

Zum besseren Verständniss dieser Zahlen füge ich einige Angaben von Schwendener[1]) und Weinzierl[2]) über die Festigkeitsverhältnisse des Bastes der Phanerogamen hinzu.

(Siehe Tabelle S. 89.

Man ersieht aus diesen Zahlen, wie bereits von Schwendener betont worden ist, die geringe Differenz zwischen Tragmodul und

1) Schwendener l. c. p. 14.

2) Th. v. Weinzierl, Beiträge zur Lehre von der Festigkeit und Elasticität vegetabilischer Gewebe. Sitzungsberichte d. k. Academie d. Wissensch. Wien 1877. Band 76.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Tabelle II.

	Tragmodul	Festigkeitsmodul
	in Kilogramm	
Lilium auratum	19	—
Phormium tenax.	20	25
Dracaena indivisa	17	22
Dasylirion longifolium . .	17	21,5
Hyacinthus orientalis . .	12	16
Allium Porrum	15	18
Dianthus capitatus. . . .	14,3	—

Festigkeitsmodul und wird keinen grossen Fehler begehen, wenn man das gleiche Verhältniss auch für die mechanischen Zellen von *Polytrichum* annimmt.

Aus der Tabelle I lassen sich nachstehende Folgerungen ableiten:

1. Die Zerreissfestigkeit der mechanischen Zellen von *Polytrichum* ist im Vergleich zu jener der Phanerogamen eine verhältnissmässig geringe, was übrigens mit der geringeren Gewebedifferenzirung der Moose im Einklange steht; blos in der Seta erreichen die mechanischen Zellen eine Festigkeit, welche derjenigen der minderen Phanerogamen-Bastsorten ungefähr gleichkommen dürfte.
2. Die Zerreissfestigkeit der mechanischen Zellen der Seta (11,5) ist bedeutend grösser als die Festigkeit der homologen Elemente des Stämmchens (7,5).

Es entspricht letzteres vollkommen den biologischen Bedürfnissen der Pflanze; ein Zerbrechen des Stämmchens kann in den dichten Polstern nicht so leicht erfolgen als ein Zerknicken der frei herausragenden Seta; ausserdem wird die Biegungsfestigkeit des Stämmchens durch die Blattscheiden erhöht. Ferner kommt auch der Umstand in Betracht, dass ein Abknicken des Stämmchens biologisch lange nicht von jener Bedeutung ist, wie ein Zerbrechen der Seta, wodurch das Reifen und die Aussaat der Sporen gehemmt oder ganz unmöglich gemacht wird.

III. Der Einrollungs- und Aufrichtungsmechanismus der Blätter.

Die Blätter von *Polytrichum* haben eine wohlausgebildete Spreite und eine an den Stengel angeschmiegte Scheide.

Den anatomischen Bau eines Blattes darf ich als bekannt voraussetzen; uns interessirt vor Allem der sogenannte Blattnerv, welcher im Allgemeinen aus zwei Bändern mechanischer Zellen besteht, zwischen

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

welchen sich weitlumige und dünnwandige Elemente befinden, welche der Stoffleitung dienen.

Am frischen Moosstämmchen stehen die Blattspreiten ungefähr unter einem rechten Winkel vom Stämmchen ab (Fig. 12a); lassen wir nun die Pflanze austrocknen, so bemerken wir zwei Bewegungserscheinungen an der Spreite; die auffallendere ist die Aufrichtung der Spreite und das Anschmiegen derselben an das Stämmchen; die zweite weniger auffallende Erscheinung besteht in dem Einrollen des Blattes von den Seiten her (Fig. 13). Beide Bewegungen haben offenbar dieselbe biologische Bedeutung; es handelt sich um einen Schutz der blossliegenden Lamellen des Assimilationsgewebes gegen zu rasche Austrocknung und zu grossen Wasserverlust.

Es könnte auffallend erscheinen, dass wir hier gewisse Schutzeinrichtungen, wie das Einrollen, bei einer feuchte Standorte liebenden Pflanze sehen, welche wir andererseits auch bei verschiedenen Steppengräsern, also Bewohnern sehr trockener Standorte, beobachten können. Dieser scheinbare Widerspruch erklärt sich wohl ungezwungen dadurch, dass den Gräsern schon in der stark verdickten Epidermis, in hypodermalen Bastlagen und sonstigen anatomischen Einrichtungen sehr vollkommene Schutzmittel gegen Austrocknung zu Gebote stehen, sodass nur in extremsten Fällen auch noch die Einrollung der Spreiten als letztes Hülfsmittel hinzutreten muss. Bei *Polytrichum* dagegen ist die Aufrichtung und Einrollung des Blattes das einzige Mittel, um den erwähnten Schutz zu erreichen.

Ich gehe nunmehr zum Mechanismus jener beiden Bewegungserscheinungen über.

Zunächst soll die Aufrichtung des Blattes besprochen werden. Wie bereits erwähnt, schmiegen sich die aufgerichteten Spreiten dem Stämmchen dicht an, indem sie die Gestalt eines langgezogenen *S* annehmen; mit dieser Aufrichtung ist aber noch nicht das Ende der Bewegungsfähigkeit erreicht.

Die Spreite stellt ihre weitere Krümmungsbewegung blos ein, weil das Stämmchen ein Hinderniss bildet; eben dadurch werden aber dem letzteren die Spreiten fest angedrückt. An isolirten Blättern kann man ein Fortschreiten der Krümmungsbewegung beobachten, die so weit geht, dass sich die Spreite ganz nach der andern Seite bogig hinabkrümmt, wie dies Fig. 12c darstellt.

Worin liegt nun die Ursache dieser Bewegung? Man könnte meinen, dass sich beim Austrocknen die wasserreichen Lamellen des Assimilationsgewebes stärker contrahiren, als die Gewebe des Blattnervs und so die Bewegung zu Stande käme. Dass dem nicht so ist, kann durch ein einfaches Experiment leicht gezeigt werden. Ein isolirtes Blatt wird durch vorsichtiges Schaben mit einem Scalpelle von seinem Assimilationsgewebe befreit und dann eintrocknen gelassen; die

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Krümmungsbewegung verläuft genau in derselben Weise wie bei dem Vorhandensein des grünen Gewebes. — Daraus muss aber gefolgert werden, dass die aufrichtenden Kräfte im Blattnerv ihren Sitz haben.

Betrachten wir nun nochmals den Querschnitt des Blattes (Fig. 11 und 14).

Das obere oder innere Band mechanischer Zellen ist stets schwächer und schmäler als das äussere, beziehungsweise untere Band. Beide bestehen aus dickwandigen, langgestreckten und prosenchymatischen Stereiden. Zwischen diesen beiden Bändern verläuft eine weitlumige Zellreihe, die sogenannten „Deuter", nach der Terminologie von Lorentz[1]); im Längsschnitte erscheinen diese Deuter als ziemlich langgestreckte, parenchymatische Zellen; da in ihnen sehr häufig reichliche feinkörnige Wanderstärke nachgewiesen werden kann, so stellen sie sammt der ähnlich gebauten, dem Assimilationsgewebe unmittelbar angrenzenden Zellschicht das Leitparenchym des Blattes vor. Damit nun das obere Band mechanischer Zellen die Zufuhr der Assimilationsprodukte zu den „Deutern" nicht hindere, wird es stellenweise durch weitlumige und verhältnissmässig dünnwandige Durchlasszellen unterbrochen; es sind die in Fig. 14 mit einem × bezeichneten Zellen.[2]) Diese ihre Funktion geht aus ihrem reichlichen Stärkegehalte deutlich hervor. Auch das untere Band wird in seinen inneren Zellenschichten häufig durchzogen von weitlumigen dünnwandigen Zellenzügen, welche wohl gleichfalls als eine Verstärkung des Leitparenchyms aufzufassen sind. Ihre mechanische Funktion soll später erörtert werden.

Nachdem, wie oben gezeigt wurde, das Assimilationsgewebe bei der Aufrichtung des Blattes unbetheiligt ist, so liegt es nahe, in einem verschiedenen Quellungsvermögen der beiden Stereidenbänder die Ursache der Bewegung zu suchen. Zu einer analogen Folgerung sah sich ja auch Tschirch[3]) bei seinen Untersuchungen über den Einrollungsmechanismus der Grasblätter veranlasst. Wenn das innere Band quellungsfähiger ist, als das äussere, so wird es sich bei der Austrocknung stärker contrahiren und so die Aufrichtungsbewegung veranlassen. Diese sehr wahrscheinliche Anschauung wird durch die mikrochemische Untersuchung der beiden Bänder bestätigt. Bei Behandlung mit Chlorzinkjod färbt sich das äussere Band zuerst bräunlich gelb und wird langsam graubraun, die Zwischenlamellen bleiben etwas lichter; das innere Band dagegen wird zuerst rosenroth (sammt den Mittel-

---

1) Lorentz, Grundlinien zu einer vergleichenden Anatomie der Laubmoose. Pringsheim's Jahrb. f. wiss. Bot. VI, p. 374.

2) Vergl auch Göbel, „Die Muscineen" in Schenk's Handbuch der Botanik, II. B. p. 366.

3) A. Tschirch, Beiträge zu der Anatomie und dem Einrollungsmechanismus einiger Grasblätter. Pringsheim's Jahrb. f. wiss. Bot. XIII, Heft 3, 1882.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

lamellen); dann nehmen die Verdickungsschichten der Zellwände eine violette Farbe an, während die Mittellamellen lichter bleiben und einen grauen Farbenton zeigen.

Ich bemerke übrigens ausdrücklich, dass diese Reaction nur dann gelingt, wenn man ganz frisches, unzersetztes Chlorzinkjod verwendet. Aus diesem verschiedenen Verhalten der beiden Stereidenbänder gegenüber dem erwähnten Reagens geht schon deutlich hervor, dass das innere Band aus einer viel reineren Cellulosemodification besteht, als das äussere und demnach auch stärker quellbar ist.

Dieser Unterschied in der chemischen Beschaffenheit der Zellwände zeigt sich auch bei Behandlung mit Kalilauge, durch welche das äussere Band dunkler gelb gefärbt wird als das innere, ferner bei Behandlung mit concentrirter Schwefelsäure, welche das innere Band rascher quellen macht und löst, als das äussere.

Aus der *S*-förmigen Gestalt und der Lage der vollständig ausgetrockneten Blattspreite geht hervor, dass der Unterschied in der Contraction der beiden Stereidenbänder nicht in der ganzen Längenausdehnung ein gleichmässiger ist, sondern dass derselbe im untern Drittel der Spreite sein Maximum erreicht, gegen die Blattspitze zu allmälig kleiner wird und im obersten Drittel gleich Null ist. Dass sich auch das äussere der beiden Stereidenbänder nicht unbeträchtlich verkürzt, geht aus der Contraction der ganzen Blattspreite hervor, welche ungefähr 12 pCt. ihrer Gesammtlänge beträgt. Ich gewann diese Zahl in der Weise, dass ich ein isolirtes Blatt in der Profilansicht, sowohl im frischen ausgestreckten, sowie auch im trockenen eingekrümmten Zustande mittelst des Zeichenprismas bei ungefähr 20maliger Vergrösserung zeichnete und dann die entsprechende Messung vornahm.

Die Blattspitze zeigt beim Austrocknen, wie auch aus der Abbildung hervorgeht, eine hakenförmige Krümmung nach rückwärts, doch habe ich diese mehr nebensächliche Erscheinung nicht näher studirt.

Ich gehe nun zur seitlichen Einrollung der Blattspreite über.

Der Hauptsache nach wird die Einrollung des *Polytrichum*-Blattes, zweifellos durch die ungleiche Contraction der beiden Stereidenbänder in ihrer Breitendimension verursacht. Das innere quellungsfähigere Band contrahirt sich offenbar bei der Austrocknung nicht blos in seiner Längendimension, sondern auch in seiner Breitenausdehnung bedeutend stärker als das der cuticularisirten Epidermis anliegende und in seinen äussern Zellschichten wahrscheinlich selbst cutisirte äussere Band. Wie bereits oben erwähnt wurde, verhält sich die Sache nach den Untersuchungen von Tschirch[1]) bei der Einrollung der Grasblätter ganz ähnlich. Der genannte Autor erklärt diesen Vorgang gleichfalls durch

1) A. Tschirch, l. c. p. 20 des Separatabdruckes.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

das grössere Quellungsvermögen der inneren Bastschichten gegenüber den äusseren, welchen Unterschied er auch mikrochemisch nachwies.

Die Einrollung der Stereidenbänder wird wesentlich erleichtert durch die das äussere Band unterbrechenden Durchlasszellen und die in den innern Schichten des äussern Bandes auftretenden, parenchymatischen Zellenzüge. Neben der oben erwähnten ernährungs-physiologischen Funktion kommt diesen Elementen demnach auch eine mechanische Aufgabe als Gelenkzellen zu. Man kann sie physiologisch mit den epidermoidalen Gelenkzellen, beziehungsweise Gelenkstreifen der Grasblätter als gleichwertig erachten.

Am Schlusse dieses Kapitels möchte ich noch die Festigkeitseinrichtungen der Blattscheiden kurz besprechen. Die beiden Stereidenbänder der Spreite finden in der Scheide ihre Fortsetzung, doch werden dieselben etwas schmäler und das äussere spaltet sich in zwei dicht nebeneinander liegende Hälften. Bemerkenswerth sind die ausserordentlich stark verdickten Aussenwände der einschichtigen Flügel der Scheide (Fig. 15); ein Verhalten, das an die Anordnung des mechanischen Systems in den Scheiden der Grasblätter erinnert und offenbar auch von den gleichen mechanischen Anforderungen bedingt wird.

IV. Die Befestigung des Sporogons im Stämmchen.

Da das Sporogon mit dem Stämmchen nicht verwachsen, sondern mit seinem konisch zulaufenden Fusse in die Vaginula eingescheidet ist, müssen Einrichtungen getroffen sein, welche ein allzuleichtes Herausgleiten des Sporogons, beziehungsweise der Seta, verhindern. Diese mechanischen Einrichtungen sind, je nachdem das Sporogon noch im Wachsthum begriffen ist und der Ernährung bedarf, oder schon ausgewachsen und reif ist, sehr verschieden.

Da der Fuss des jungen Sporogons vor allem das Organ der Nahrungsaufnahme ist, so muss derselbe mit einem dünnwandigen Aufnahmsgewebe versehen sein. Wir beobachten hier in der That statt der Epidermis eine Schichte von papillös sich vorwölbenden Aufnahmszellen, welche am besten mit den jugendlichen Epidermiszellen von Keimlingen phanerogamer Pflanzen verglichen werden können, die ihre Nahrung zunächst aus dem Endosperm beziehen. (Vergleiche Fig. 10.) Der Inhalt der Zellen besteht hauptsächlich aus Plasma. Die Vorwölbung der Aussenwandungen bedingt nicht nur eine Vergrösserung der absorbirenden Oberflächen, sondern erhöht auch die Reibung des Fusses an der Innenfläche der Vaginula. Diese letztere ist gleichfalls mit eigenthümlichen Höckerchen versehen, welche allerdings mehr vereinzelt sind, die aber doch zur Erhöhung des Reibungswiderstandes beitragen dürften. Diese Höckerchen bestehen aus einzelnen grösseren Zellen von birnförmiger Gestalt, welche aus der zweiten oder dritten

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Zellschichte von innen gezählt, gegen den Fuss der Seta zu wachsen, die darüber befindlichen Zellen zur Seite drängen und wahrscheinlich auch resorbiren. (Fig. 16.)

Bisweilen erscheinen diese dünnwandigen, aber stark turgescirenden Höckerzellen gefächert. Ob ihre angedeutete mechanische Function die einzige Aufgabe ist, welche ihnen zukommt, oder ob sie nicht auch in ernährungs-physiologischer Hinsicht eine Rolle spielen, kann hier nicht entschieden werden.

Im Jugendzustand des Sporogons beschränkt sich also die Befestigungsweise desselben auf eine Erhöhung des Reibungswiderstandes, wobei aber besondere mechanische Einrichtungen fehlen, oder mit Rücksicht auf die zweifelhafte Funktion jener Höcker auf der Innenseite der Vaginula fraglich sind.

Zur Zeit der Reife des ausgewachsenen Sporogons werden offenbar an die Befestigungsweise desselben höhere Anforderungen gestellt. Die Pflanze kann denselben um so leichter nachkommen, als jetzt die ernährungs-physiologischen Bedürfnisse ganz in den Hintergrund getreten sind. Das frühere Absorptionsgewebe wird nunmehr dem mechanischen Principe dienstbar gemacht. Dies geschieht in der Weise, dass die eingesunkenen Aussenwandungen der Absorptionszellen sich verdicken, wobei die äussersten Verdickungsschichten sich chemisch verändern und eine schleimige Beschaffenheit annehmen. Bringt man nämlich einen Querschnitt des Fusses in Wasser, so quellen die äussersten Verdickungsschichten ausserordentlich auf, ohne aber vollständig zu zerfliessen. Der äussere Contour jener gequollenen Schichten bleibt als wellig verlaufende zarte Linie (Fig. 17) stets deutlich erhalten und tritt besonders deutlich bei Zusatz von Chlorzinkjod hervor, wobei sich die verschleimten Schichten schmutzig gelb färben, während die ungequollenen Schichten der Aussenwände eine graublaue Färbung annehmen.

Die schleimige Beschaffenheit der in Rede stehenden Verdickungsschichten geht besonders deutlich bei Behandlung mit wässerigem Alkohol hervor. Man sieht nämlich auf dem Querschnitt zwischen Vaginula und Seta, sobald die letzere etwas verschoben wird, zahlreiche gummose oder schleimige Balken und Stränge, welche mit ihren verbreiterten Enden an der Seta entspringen und an der Innenseite der Vaginula festhaften (Fig. 20.). Im trockenen Zustande erscheinen die verschleimten Zellwandschichten als ein schmaler stark lichtbrechender Saum, welcher sich der innersten Zellschichte der Vaginula dicht anschmiegt. Seine Funktion als Kittsubstanz ist demnach nicht zu verkennen. Die Seta ist in das Stämmchen geradezu eingekittet.

Auch die Aussenwandungen der eben genannten Zellschicht der Vaginula zeigen Verdickungen, allerdings ganz anderer Art. Sie bestehen aus ganz kleinen zahlreichen Höckerchen, welche in die verschleimten Aussenwandungen der Seta eingepresst sind. Diese Höcker-

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

chen sind kaum so hoch als die Zellwand dick ist, doch treten sie wie gesagt in grosser Zahl auf. Fast jede Zelle besitzt ein Höckerchen (Fig. 18), doch kommen auch Stellen vor, an welchen dieselben so dicht gedrängt sind, dass drei und noch mehr auf eine Zelle entfallen (Fig. 19.) Begreiflicher Weise wird durch diese Höckerchen die Rauhigkeit der Innenfläche der Vaginula bedeutend erhöht, der Reibungswiderstand vergrössert. Man könnte diese gewiss sehr vollkommene Befestigungsweise mit dem Verfahren eines Tischlers oder Drechslers vergleichen, welcher einen Zapfen in ein Loch leimt, nachdem er um eine möglichst feste Verbindung zu erzielen, die Wandung des Loches mit einer Feile rauh gemacht hat.

V. Der Haarfilz der Calyptra.

Es kann keinem Zweifel unterliegen, dass der Haarfilz der Calyptra eine sehr vollkommene Schutzhülle des im Wachsthum begriffenen Sporogons vorstellt, und zwar gegen mechanische Verletzungen sowohl, wie gegen zu rasche Temperaturschwankungen, zu starke Insolation, Austrocknung, Benetzung etc. Insofern diese Haargebilde der Calyptra ein ungemein festes, unentwirrbares Filzwerk bilden, stellen sie eine mechanische Einrichtung vor und gehören daher in den Rahmen dieser Abhandlung.

Die in Rede stehenden Trichome nehmen ihren Ursprung aus einer verhältnissmässig schmalen Zone unterhalb der trichterförmigen Verengerung der Calyptra. Gewöhnlich wächst die betreffende Epidermiszelle direkt zum Haare aus, doch kommt es häufig vor, dass der in der Epidermis steckende Fuss durch eine Querwand abgegliedert wird. Die Haare selbst sind vielzellig, verzweigt und erreichen die Länge von 8—10 *mm.* Die Verzweigung ist im Allgemeinen eine monopodiale, doch kommt auch falsche Dichotomie zu Stande (Fig. 24); typisch ist, dass der (sich niemals weiter verästelnde) Seitenzweig aus der Mitte der betreffenden Mutterzelle entspringt. (Fig. 23.)

Entsprechend ihrer mechanischen Aufgabe sind die Wandungen der Zellen stark verdickt, mit einer derben, längsgestreiften Cuticula versehen, und im ausgebildeten Zustande von gelbbrauner Färbung. — Die häufig schief gestellten Querwände bleiben unverdickt und auch die Seitenwände sind knapp ober- und unterhalb der ersteren schwächer. Es kommt dadurch eine grössere Flächenausdehnung der Querwände zu Stande, offenbar eine Concession des mechanischen Princips an das ernährungsphysiologische; denn auf diese Weise wird der Stoffverkehr zwischen den einzelnen Zellen erleichtert. Es handelt sich hier augenscheinlich um dasselbe Princip, welches den Bau der Hoftüpfel beherscht.[1])

1) Schwendener, Die Schutzscheiden und ihre Verstärkungen. Abhandlungen d. k. Akademie der Wissenschaften zu Berlin 1882, Separatabdr. p. 19.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Gegen das Ende der Hauptäste zu werden die Zellwandverdickungen immer schwächer und die Endzellen sind sehr zartwandig, oft collabirt. Die dickwandigen Zellen sind an ältern Trichomen oft bandförmig plattgedrückt, und zwar abwechselnd in gekreuzten Ebenen, so dass das ganze Trichom ein kettenartiges Aussehen bekommt.

Die am oberen Rande der betreffenden Zone entspringenden Haare wachsen zum grössten Theile nach aufwärts, und bilden ein die Spitze der Calyptra schützendes Zeltdach (Fig. 21). Die übrigen hängen nach abwärts und bilden nun durch Verschlingung ihrer Seitenzweige das oben erwähnte Filzwerk. Zu diesem Behufe sind die Enden dieser Seitenzweige häufig hakenförmig gekrümmt und in einander eingehäkelt. Ebenso häufig umschlingt ein Seitenzweig in ein bis drei Windungen rankenförmig einen benachbarten geraden Hauptast. (Fig. 29.)

Von besonderem Interesse ist es, dass das gekrümmte Haar an seiner convexen Seite häufig zapfenförmig auswächst, wodurch das Zurückbiegen des Hakens natürlich sehr erschwert wird. (Fig. 25.)

Die Rankennatur dieser Seitenzweige äussert sich auch darin, dass durch entsprechende Krümmungen, welche am besten mit denen der Ranken von *Ampelopsis hederacea* verglichen werden können, ein das Aushaken verhindernder Zug ausgeübt wird. (Fig. 26.)

Wie complicirt und zweckentsprechend diese die Festigkeit des Filzes herstellenden Einrichtungen sind, geht am besten aus den Abbildungen hervor, auf die ich hiermit nochmals verweise. (Fig. 27, 28, 29.)

Erklärung der Abbildungen.

Fig. 1. Partie eines Querschnittes durch das ganz junge Stämmchen; mechanische Zellen im meristematischen Stadium; das Protoderm theilt sich durch tangentiale Wände. (Vergr. = 920).

„ 2. Ganz junge mechanische Zellen des Stämmchens im Querschnitt; die Mittellamelle hat sich soeben differenzirt. (V. = 920).

„ 3. Etwas älteres Stadium. (V. = 810).

„ 4. Theil des mechanischen Ringes des Stämmchens im ausgebildeten Zustande. Die Mittellamelle ist dunkelgelb, die äussere Verdickungsschicht lichtgelb, die innere farblos. (V. 810).

„ 5. a. b. mechanische Zellen aus dem Stämmchen, durch Kochen in Schultze's Macerationsgemisch isolirt. (V. = 110).

„ 6. a. b. c. mechanische Zellen der Seta, in gleicher Weise isolirt wie vorhin. (V. = 110).

„ 7. Peripherischer Theil des Querschnittes durch eine ganz junge Seta. (V. = 920).

„ 8. Desgleichen, älteres Stadium. (V. = 920).

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Fig. 9. Schematischer Querschnitt durch den Fuss der Seta; die mechanischen Stränge sind gelb. (V. = 100).
„ 10. Einzelner mechanischer Strang aus dem Fusse der Seta. (V. = 430).
„ 11. Schematischer Querschnitt durch die Blattspreite; mechanische Bänder gelb. (V. = 50).
„ 12. a. b. c. Schematische Darstellung der Aufrichtung (b) und vollständigen Zurückkrümmung (c) der austrocknenden Spreite (V. = 3).
„ 13. Schematische Darstellung der Einrollung des Blattes beim Austrocknen. (V. = 55).
„ 14. Mittlerer Theil des „Blattnervs" im Querschnitt; d. d. „Deuter"; die mit einem × bezeichneten Zellen sind die Durchlasszellen. (V. = 250).
„ 15. Querschnitt durch einen seitlichen Theil der Blattscheide, mit den stark verdickten Aussenwandungen. (V. = 680).
„ 16. „Höckerzelle" sammt Umgebung von der Innenseite der Vaginula. (V. = 300).
„ 17. Peripherische Zellschichten des Fusses der ausgewachsenen Seta, bei v die im Wasser gequollenen Membranschichten der Aussenwandungen. (V. = 530).
„ 18 und 19. Die innerste Zellschicht der Vaginula mit den höckerartigen Membranverdickungen. (V. 530).
„ 20. Theil des Querschnittes, durch die Vaginula (v) und den eingefügten Fuss der Seta (s), bei a die zu Strängen und Balken ausgezogenen verschleimten Zellwandschichten der Seta. (V. = 320).
„ 21. Längsschnitt durch die Calyptra mit dem Haarfilz. (V. = 120).
„ 22. Einzelnes Haar der Calyptra (V. = 15).
„ 23. Typische Art der Verzweigung eines Haares. (V. = 290).
„ 24. Falsche Dichotomie eines Haares. (V. = 290).
„ 25. Hakenbildung eines Haares. (V. = 290).
„ 26. Verhäkelung zweier Haare. (V. = 290).
„ 27, 28, 29. Rankenartige Verschlingungen der Haare. (V. = 290).

---

10. H. Kurth: Ueber Bacterium Zopfii, eine neue Bacterienart.

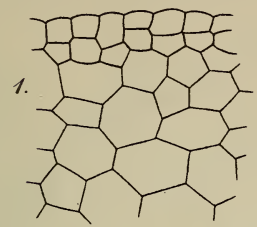
Vorläufige Mittheilung.

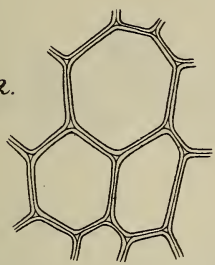
(Mit Tafel III.)

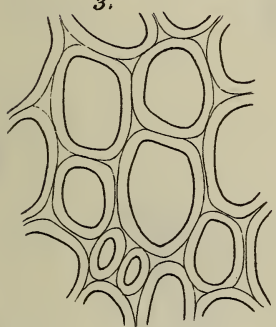
Eingegangen am 22. Februar 1883.

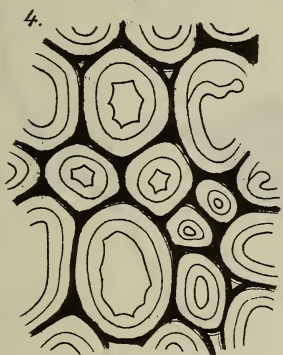
Gelegentlich einer Arbeit über die Formen der Gattung *Sarcina* fand ich im Inhalt der Wurmfortsätze von 2 an epidemischen Krankheiten gestorbenen Hühnern eine Bacterienart, die in morphologischer und physiologischer Beziehung gleich grosses Interesse gewährt, da sie

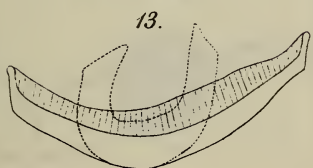
© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

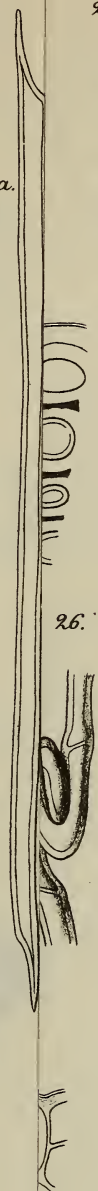


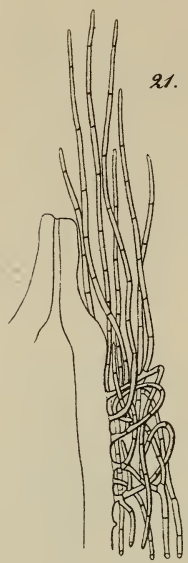


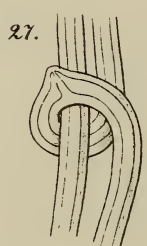






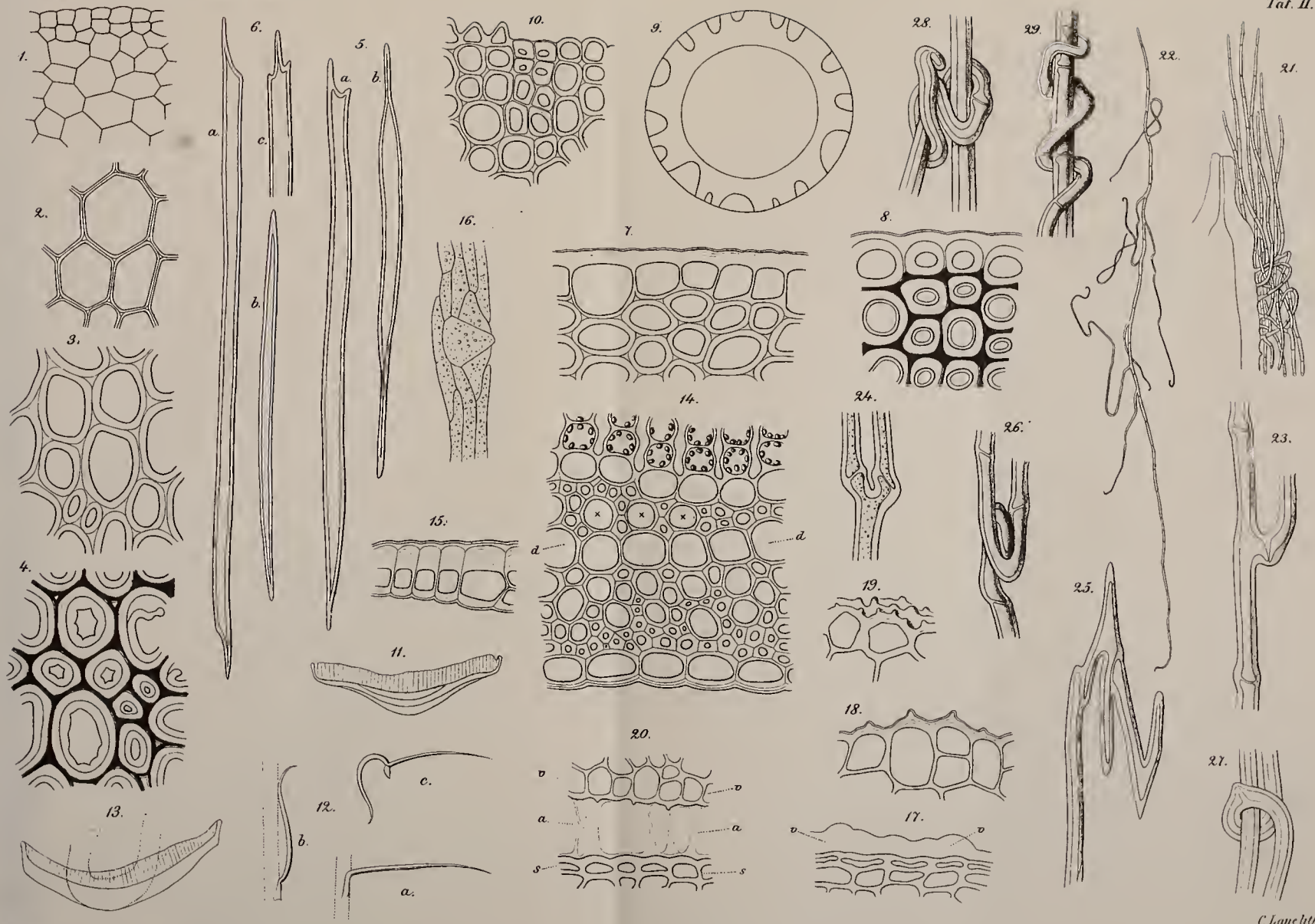






G. Firtsch del. C. Laue lith.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at



G. Firtsch del.

C. Lauelth

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft

Jahr/Year: 1883

Band/Volume: 1

Autor(en)/Author(s): Firtsch Georg

Artikel/Article: Ueber einige mechanische Einrichtungen im anatomischen Bau von Polytrichum juniperinum Willd. 83-97