

Ueber die anatomischen Verhältnisse der Moose (*Musci*), mit besonderer Berücksichtigung der Blätter einiger transsylvanischer Arten.

Mit Tafel I und II.

VON ELVIRA VALENTINI.

Auszug.

In meiner gegenwärtigen Arbeit (p. 1—27 des ungarischen Theiles) befasse ich mich mit den allgemeinen anatomischen Verhältnissen der Moose (*Musci*), besonders aber mit der innern Struktur der Blätter und zwar auf Grund einiger aus dem Bereich des siebenbürgischen Florengebietes genommenen Beispiele. Nachdem ich in der Reihe der dem Vegetationsleben dienenden Lebenswerkzeuge den Bau des unterirdischen und nachher des oberirdischen Stengels kurz skizziert habe, gehe ich auf die Blätter über und spreche zunächst nur im Allgemeinen darüber, worauf ich die im Bereich einiger Familien herrschenden speciellen Verhältnisse bekannt mache.

Unterirdischer Stengel. — Der anatomische Unterschied zwischen dem ober- und unterirdischen Stengel der Moose verschwindet bei denen niederer Ordnung immer mehr, er fällt nur bei höher entwickelten Arten in die Augen und ist daher bei diesen am besten zu studieren. Im Bereiche unserer Flora vertreten die Formen der *Polytrichum*-Gattung die höchststehenden Arten und liefern so zu Untersuchungen in dieser Richtung das geeigneteste Material.

Wenn wir den Querschnitt durch den unterirdischen Stengel irgendeiner zu dieser Gattung gehörigen Art (z. B. *Polytrichum juniperinum*) untersuchen, so können wir daran drei Theile unterscheiden: die Oberhaut, das Rindengewebe und das centrale Bündel (Strang).

Aus einem grossen Teile der die Oberhaut bildenden, ziemlich dickwandigen, viereckartigen Zellen ragen Saug-(Wurzel-) Haare hervor, welche an der ganzen Oberfläche des scheitförmigen, unterirdischen Stengels zu finden sind, am dichtesten aber an den den Kanten entsprechenden Stellen erscheinen und sich so sehr verwickeln können, dass sie um den Stengel eine dichte, Erdkrümmchen und auch andere anorganische Stoffe in sich schliessende Hülle bilden.

Die Entwicklung des Rindenparenchyms ist im Vergleich zu dem des oberirdischen Stengels gering; es besteht aus drei bis vier, nur selten mehr Zellschichten, zwischen denen wir einen äussern, mehr parenchy-

matischen und einen innern Gürtel (Zone) unterscheiden, der in radiärer Richtung gestreckte Zellen aufweist.

Die Zellen des Centralbündels sind im Querschnitte klein, dickwandig, stark verholzt und in folge dieser ihrer Eigenschaften in erster Linie für die Rolle der Festigung geeignet. Sie bilden auch das innere Stereom des unterirdischen Theiles. Zwischen ihnen kommen zerstreut in Zweier- oder Dreiergruppen die Elemente des Wasserleitungssystems vor, welche, ihrer Bestimmung entsprechend, dünnwandiger sind und ein weiteres Lumen haben.

Im Anschluss an den unterirdischen Stengel, so erwähne ich mit ein paar Worten auch die Schuppenhaare, ihre hauptsächlichsten Charaktermerkmale im Folgendem zusammenfassend: Ihre Länge ist bedeutend kleiner als die der gewöhnlichen Blätter, ihre Farbe ist braun; die Spreite ist mit Ausnahme der Ader immer einschichtig, ihre Zellen ziehen sich, von Oben betrachtet, in miteinander parallelen, länglichen Reihen dahin, und aus einem Teile derselben treten die Saug-(Wurzel-) Haare hervor. Ein wichtiges Merkmal der Schuppenblätter, gegenüber den gewöhnlichen Blättern, ist, dass die bei den letztern an der Unterseite vorhandenen assimilirenden Leisten hier immer fehlen, denn sie könnten, da sie grösstenteils von dem Lichte abgeschlossen sind, die Assimilationsarbeit ohnehin nicht verrichten.

Oberirdischer Stengel. — Vom Gesichtspunkte des histologischen Baues des oberirdischen Stengels der Moose, können wir zwei grosse Gruppen aufstellen, wir sprechen nämlich von Formen mit gleichartigem (homogenem) und ungleichartigem (heterogenem) Stengel. Im Bereiche der erstern können wir zwischen den den Stengel aufbauenden Zellen keinen wesentlichen Unterschied wahrnehmen, höchstens nur so viel, dass die gegen die Peripherie liegenden kleiner, englumiger sind, als die in dem Mittelpunkte oder die in der Nähe desselben befindlichen. Die Glieder der zweiten Gruppe weisen, wenn auch nur in Spuren, jedoch immer die Leitungselemente auf und zwar in Gestalt des sogenannten Centralstranges (LOR.). An diesen können wir also auf dem Stengelquerschnitt drei Theile unterscheiden: 1.) die periphere oder oberhautförmige Schichte (stratum periphericum, LOR.), 2.) das Rinden- oder Stengelparenchym (parenchyma caulis, LOR.) und 3.) den Central- oder Achsenstrang (funiculus centralis, LOR.).

Der Centralstrang selbst kann zweiartig sein: gewöhnlich (LORENTZ), oder einfach (HABERLANDT) und polytrichumartig (LOR.), oder zusammengesetzt (HABERL.). Der erstere ist, die *Polytrichaceen* ausgenommen, überall zu finden, wo ein Centralstrang vorkommt; der letztere spielt, wie auch sein Name zeigt, nur bei den höchststehenden Formen, den *Polytrichaceen*, eine Rolle. Der erstere ist eine Gruppe von in der Mitte des Stengels gelagerten, englumigen, aber langgestreckten, dünnwandigen Zellen, der zweite zeigt eine elliptische Struktur, und an ihm können wir einen innern, centralen, und einen äussern, peripherischen Theil unterscheiden.

Die Aufklärung der physiologischen Rolle dieser leitenden Elemente, knüpft sich an HABERLANDT'S Namen, der gezeigt hat, dass der einfache Centralstrang nur den Zwecken der Wasserleitung dient, das zusammengesetzte leitende Bündel dagegen vermittelt die gemeinsame Leitung des

Wassers und der plastischen Stoffe, jedoch in besonderen Bahnen, insoferne nämlich die Wasserleitungswege im centralen Theile des Bündels die Bahnen der plastischen Stoffe im peripheren Theil gelagert sind und diese letztern gehen ohne jede scharfe Grenze in das umgebende Rindengewebe über.

Blätter. -- Der Bau der Blätter weist im ganzen Pflanzenreiche bekanntlich im Bereiche der Moose die einfachsten Typen auf, und so zeigen sie eine einigermaßen höhere Entwicklung und Differenzierung auch nur in deren entwickeltsten Formen. Das Blatt besteht in der überwiegend grossen Zahl der Fälle blos aus der Spreite und nur bei den höchststehenden Formen finden wir noch einen Bestandteil, nämlich die Scheide.

Die Zellen der Blattspreite bewegen sich sowohl hinsichtlich der Grösse, wie auch der Gestalt in den verschiedenen Familien innerhalb weiter Grenzen, aber im Bereiche der einzelnen Arten sind sie ziemlich beständig und charakteristisch, infolge dessen man dem durch sie gebildeten Netz bei systematischen Unterscheidungen schon seit ältern Zeiten Bedeutung beimisst.

Wegen des von den übrigen Moosarten abweichenden Baues der Zellen der Blattspreite erwähne ich die *Sphagnum*-Arten (zusammen mit der Gruppe der *Leucobryaceen*). Zwischen den Spreitenzellen der erstern können wir die an Chlorophyll reichen, die sogenannten Assimilationszellen oder grünen Zellen und die farblosen, glasartigen (hyalinen) Zellen unterscheiden; die letzteren aber entwickeln an der Unterseite des Blattes viele einschichtige, längliche Platten, welche eines der wichtigsten Familienmerkmale bilden.

Der Aufbau der Blattader zeigt die wechselndsten Verhältnisse. Von dem einfachsten sogenannten gleichartigen (homogenen) Typus, wo die Zellen, welche die Blattader bilden, im Grossen und Ganzen gleichförmig sind, bis zu dem die *Polytrichaceen* charakterisierenden höchststehenden Typus, wo wir, sowohl hinsichtlich Gestalt als Grösse, verschiedene Zellen treffen, ist jeder Übergang möglich.

Unter den Zellen der Blattader sind die Elemente des Festigungs- und des Leitungssystems die wichtigsten. Die erstern, die sogenannten Stereiden, sind in vielen Fällen die vollständigen Ebenbilder der speciellen Festigungselemente der höhern Pflanzen, der typischen Bastzellen, insoferne sie langgestreckte, prosenchymatische Zellen mit zugespitzten Enden, mit engem Lumen und mit stark verdickten Wandungen sind. Die letztern, die leitenden Elemente, kommen meistens in zweierlei Gestalt vor, als sogenannte leitende Parenchymzellen (*duces*, LOR.), welche die plastischen Stoffe weiterführen, und als sogenannte Begleitzellen (*comites*, LOR.), welche die Arbeit der Wasserleitung verrichten.

Die ausser den Elementen des Festigungs- und des Leitungssystems (die letztern mit dem gewöhnlichen Namen Charakterzellen) im Aufbau der Blattader theilnehmenden übrigen Zellen nennen wir danach, ob sie an der Ober- oder Unterseite der Ader vorkommen, einfach Zellen der Ober- oder Unterseite, und zwischen diesen können wir wieder Oberhautzellen (*cellulae epidermales*, LOR.) und Füllzellen (*cellulae intercalares*, LOR.) unterscheiden.

Von den französischen Forschern hat MORIN, welcher sich bisher am eingehendsten mit der vergleichenden Anatomie der Blätter beschäftigt hat, die Füllzellen in Hinsicht ihrer Lage unter dem Namen „hypoderme“, die Begleit-, beziehungsweise die Leitungszellen, ihr Lumen vor Augen haltend, unter dem Namen „stenocystes“, beziehungsweise „eurycystes“ beschrieben.

Was die physiologische Rolle der Moosblätter betrifft, so offenbart sich diese hier ebenso, wie sonst im Pflanzenreich, in erster Linie in der Verrichtung der Assimilationsarbeit, aber in einzelnen Fällen erfüllen sie ausserdem auch noch als wasseraufnehmende Lebenswerkzeuge einen wichtigen Dienst im Leben der Moose.

—

Im Folgenden skizziere ich im Bereiche der Familien der *Sphagnaceen*, *Polytrichaceen*, *Mniaceen* und *Funariaceen* ganz kurz die anatomischen Verhältnisse der Blätter und zum Schlusse erwähne ich noch mit ein paar Worten auch den Typus der seitlich fructificierenden Moose.

Sphagnaceae. — Der Bau der Blätter weicht bei den zu dieser Klasse gehörigen Formen von dem der übrigen Laubmoose wesentlich ab, insoferne die Zellen der Blattspreite typische Dimorphie charakterisiert.

Wenn wir das Oberflächenbild eines Blattes, welcher Art immer, z. B. des *Sphagnum cymbifolium* ansehen, fallen uns sofort einerseits die, die Assimilationsarbeit verrichtenden, schmalen, schlauchförmigen sogenannten grünen Zellen, andererseits die weitlumigen, Chlorophyll nicht enthaltenden, glasartigen (hyalinen) Zellen auf. Die einzelnen Augen oder Maschen des durch diese gebildeten Netzwerkes bilden die farblosen Zellen, die Fäden des Netzes jedoch die grünen Zellen. Da die letztern im Vergleich zu den Leucocysten ein überaus schmales, enges Lumen besitzen, so ist es kein Wunder, wenn die alten Forscher (HEDWIG, MOLDENHAWER, MEYEN, u. s. w.) bezüglich des Wesens dieser Zellen überaus irrige Ansichten vertreten. HEDWIG z. B. qualificiert sie als den Gefässen der höherstehenden Pflanzen entsprechende Gebilde, MEYEN einfach als Zellwände.

Im Querschnitt ist die Spreite überall einschichtig, es fehlt also die Ader, und die erwähnten zweierlei Zellelemente wechseln in regelmässiger Anordnung miteinander. Die Form der grünen Zellen ist drei- oder viereckig, die der glasartigen Zellen am häufigsten viereckartig, oder schief viereckig (trapezförmig).

In Hinsicht auf ihre physiologische Rolle, führen die grünen Zellen, wie ihr Chlorophyllinhalt zeigt, in erster Linie die Ernährung der Pflanze, also die Assimilationsarbeit durch, die glasartigen Zellen dagegen dienen auf dem Wege der Kapillarität zur Leitung des Wassers, beziehungsweise seiner Aufspeicherung, wesshalb man sie auch noch Wasserzellen nennt.

Dass diese letztern als tote Zellen, des Plasmainhaltes beraubt, ihre so wichtige Leitungsrolle ohne Hindernis durchführen können, das verdanken sie den in ihrem Innern befindlichen Verdickungsleisten, ohne die sie der Gefahr, zusammengedrückt zu werden, kaum entgehen würden.

Polytrichaceae. — Die entwickeltsten Moosformen, sowohl hinsichtlich der innern, histologischen, wie der äussern morphologischen Ausbildung, weisen die Formen dieser Familie auf, und so finden wir denn auch die höchste Differenzierung der die Blätter aufbauenden Gewebe im Bereiche dieser.

Vom Gesichtspunkte des Blattbaues aus, so weichen sie wesentlich von den übrigen Moosen ab, einerseits durch das Auftreten der, an der Unterseite sich ausbildenden sogenannten Assimilationsleisten, andererseits aber durch die eigenthümliche Anordnung der in der Ader befindlichen Leitungselemente.

Wenn wir an dem Blattquerschnitt von *Polytrichum commune*, einer im Bereich unserer Flora vorkommenden sehr gewöhnlichen Art, die Gruppierung der das Blatt aufbauenden Zellen untersuchen, finden wir, abgesehen von den beiden Oberhäuten, die folgenden drei Gruppen vor: 1.) Die an Ober- und Unterseite befindlichen zwei Stereombündel, 2.) die in der Mitte sich entlang ziehenden Leitungselemente, 3.) die durch Differenzierung der Oberhaut auf der Unterseite entstehenden Assimilationsleisten.

Die Oberhautzellen sind sowohl an der Unter- wie Oberseite einschichtig und die letztern reichen von einem Rande der Spreite bis zum andern und nehmen so auch an dem Aufbau des Saumes (margo) theil, während die andern nicht bis zum Rande der Spreite gelangen, sondern schon früher aufhören.

Die Stereombündel bestehen aus sehr engen, bisweilen beinahe virtuell lumigen Zellen mit verholzten Wandungen, die wir als wahre Bastzellen ansehen können.

Die leitenden Elemente ziehen sich in der Mitte der Ader bogenförmig gebeugt entlang und treten in Gestalt der für diese Familie charakteristischen, aus sechs Zellen bestehenden sogenannten Centralgruppen (LOR.) auf. Ein Teil von ihnen, nämlich die Centralzellen (LOR.) leiten das Wasser, der andere Teil, die leitenden Parenchymzellen, leiten die plastischen Stoffe, und diese letztern umgeben die Centralzellen von allen Seiten, aber LORENTZ nennt von ihnen nur die innern, oder die an der Unterseite befindlichen so (nämlich Leitungszellen, duces), die an der Oberseite Platz nehmenden Zellen nennt er dagegen socii.

Die Assimilationsleisten zeigen sich im Querschnittsbilde in Gestalt von Zellreihen oder Säulchen unter jeder einzelnen Zelle der Oberhaut auf der Blattunterseite, sie fehlen also nur an dem Rand-(Marginal-)theile und fallen durch ihren reichen Gehalt an Chlorophyll sofort auf.

Die Blattscheide zeigt schon bedeutend einfachere Verhältnisse, als die Blattspreite. In erster Linie fehlen die Assimilationsleisten, dann aber hören auch die Oberhautzellen der Blattunterseite bedeutend früher auf, als die an der Spreite befindlichen, denn sie verschwinden schon am Rande der Ader und so wird die Blattscheide, indem ihren grössten Theil (die Ader ausgenommen) die Oberhautzellen der Blattoberseite bilden, einschichtig.

Mniaceae. — Das Blatt der *Mnium*-Arten ist, von anatomischen Gesichtspunkten aus betrachtet, schon viel niedriger entwickelt, als das der *Polytrichaceen*. Wenn wir das Blatt vom *Mnium undulatum*, einer

hierher gehörigen, gewöhnlichen Art betrachten, so ist die Spreite mit Ausnahme der in der Mitte verlaufenden Ader, überall einschichtig und ihre Zellen sind, abgesehen vom Rande des Blattes (*limbus folii*), parenchymatisch.

Im Querschnitt fallen unter den Zellen der Ader sofort die wasserleitenden Elemente auf, die sogenannten Begleitzellen, welche überaus klein und dünnwandig sind. Das durch sie gebildete Bündel zeigt, seine äussern Grenzen betreffend, im Grossen und Ganzen Sternform. Ihnen folgen nach der Unterseite zu die Leitungszellen, welche in zwei Reihen angeordnet sind und die grössten Zellen der Blattader aufweisen. Die ausser den genannten im Aufbau der Ader theilnehmenden übrigen Zellen gehören einestheils in die Gruppe der Füllzellen, andernteils in die der Oberhautzellen.

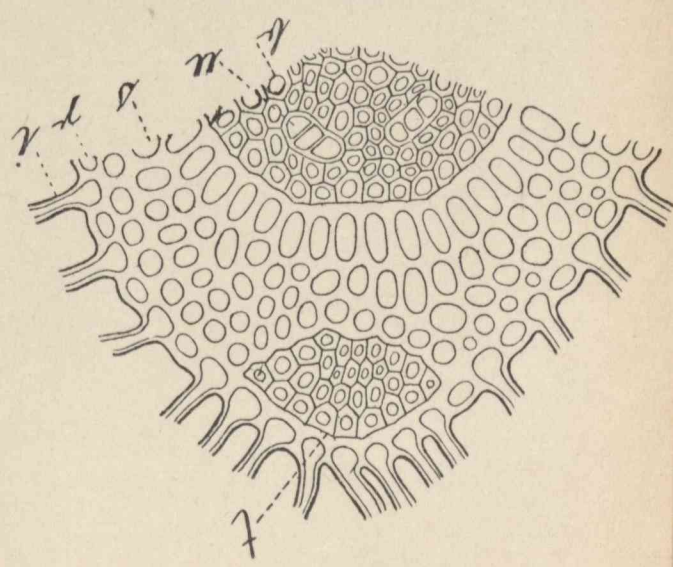
Fumariaceae. — Der anatomische Bau der Blätter von *Fumariaceen* zeigt noch einfachere Verhältnisse, als der der *Mnium*-Arten.

Wenn wir das Blatt von *Fumaria hygrometrica* im Querschnitt betrachten, so fallen uns hier zunächst die weitlumigen Leitungszellen in die Augen, deren Zahl jedoch gering ist, aber ziemlich beständig, nämlich zwei. Wir finden hier auch die Begleitzellen, also auch die leitenden Elemente, deren Querwände oft aufgesogen werden und die sich dann im Querschnitt nur in Gestalt eines einzigen grösseren Zellraumes zeigen. Die Befestigung der Ader vermitteln die Zellen des an der Oberseite befindlichen Stereombündels. Endlich schliessen die Zellschichten gegen die Unterseite hin die Oberhautzellen der Blattunterseite, gegen die Oberseite hin die Oberhautzellen der Blattoberseite ab.

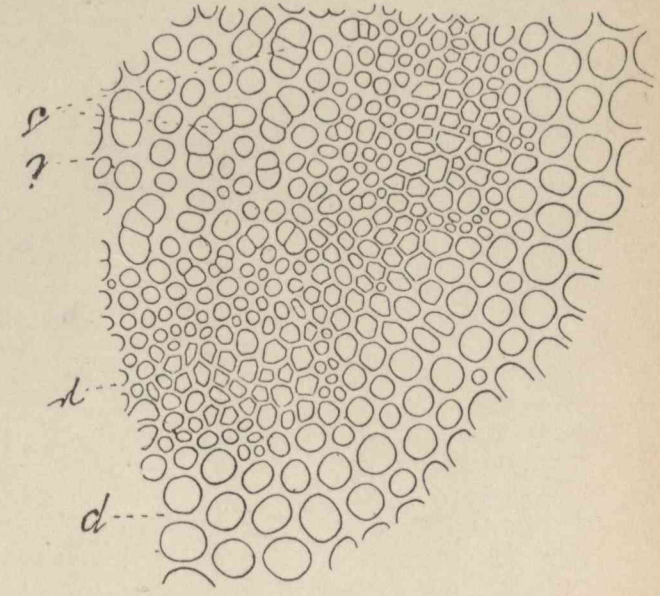
Die Blätter der seitlich fructificierenden Moose, damit ich auch diese kurz erwähne, zeigen die denkbar einfachsten histologischen Verhältnisse unter allen *Bryophyten*, beziehungsweise *Musci*.

Die Blattspreite ist immer einschichtig, die Ader, insoweit sie eben vorkommt, zeigt den allerursprünglichsten Typus, insofern wir zwischen den aufbauenden Zellen, hinsichtlich Gestalt und Grösse, kaum einen Unterschied machen können, höchstens nur so viel, dass die äussersten, der Oberhautschichte entsprechenden Zellen etwas kleiner, englumiger sind, als die in der Mitte der Ader befindlichen. Besondere Wasserleitungsbahnen, nämlich Begleitzellen, fehlen bei den seitlich fructificierenden Moosen vollständig, und auch die Leitungszellen unterscheiden sich, mit Ausnahme einiger Fälle, morphologisch nicht von den übrigen Zellen.

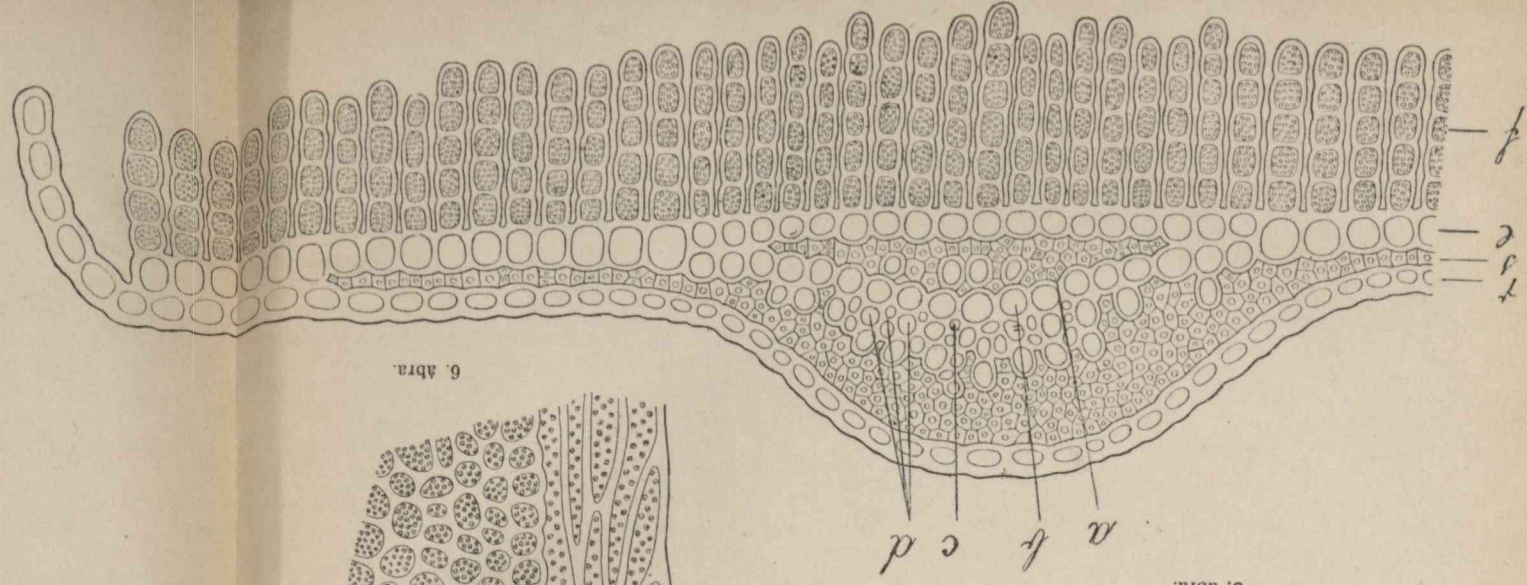
Bei Inachtnahme des Gesagten, behauptet die Eintheilung der Moose in „*Acrocarpi*“ und „*Pleurocarpi*“, auch bei Berücksichtigung der anatomischen Verhältnisse der Blattader, ihren Platz, und dies letztere bestätigt zugleich die Auffassung, dass die seitlich fructificierenden Moose in phylogenetischer Beziehung einen um Vieles niedrigeren Grad repräsentieren.



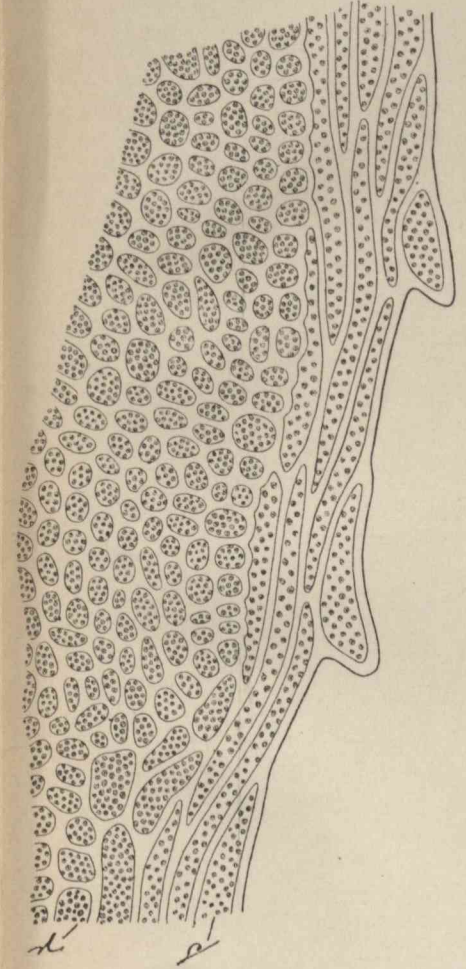
1. ábra.



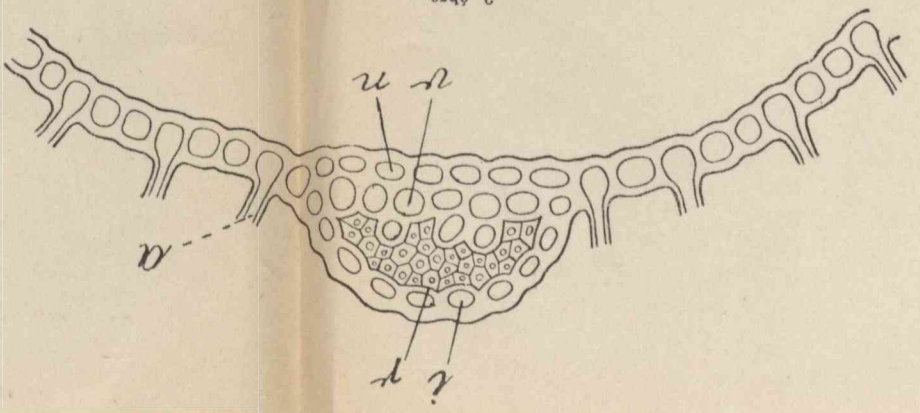
5. ábra.



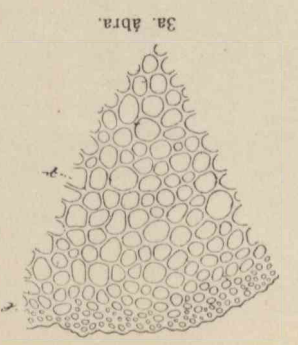
12. ábra



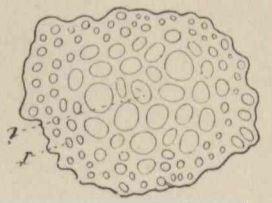
6. ábra.



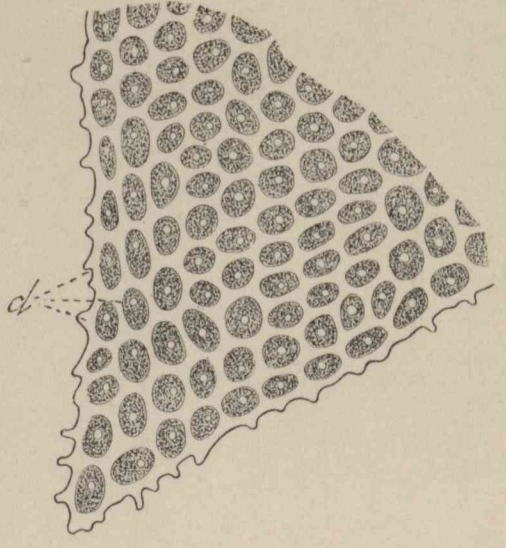
2. ábra.



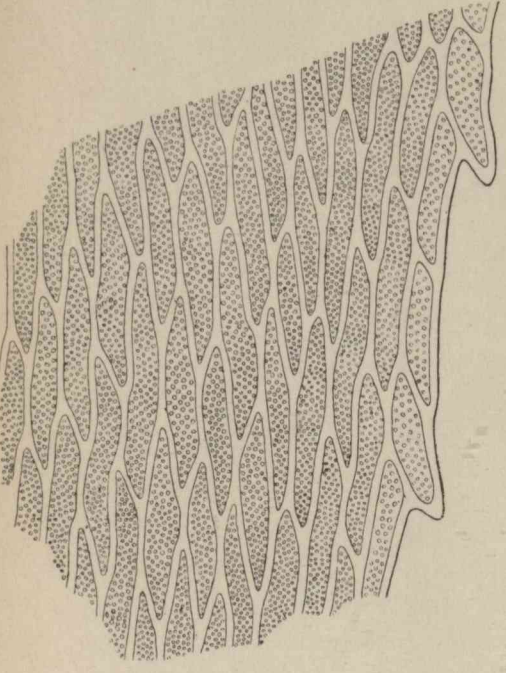
3a. ábra.



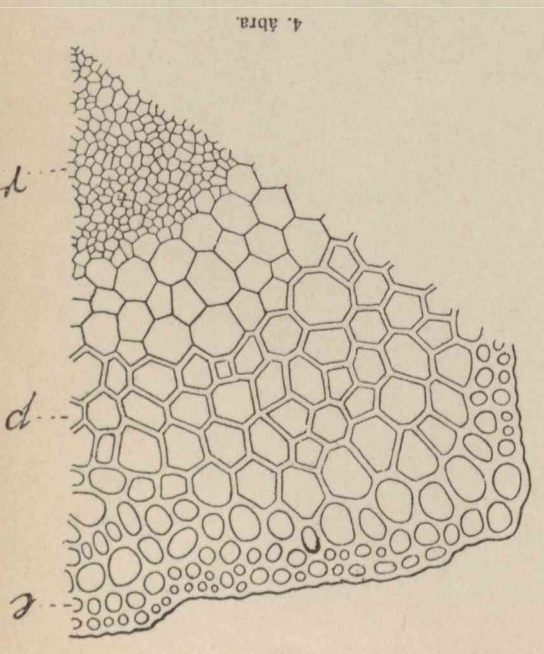
3b. ábra.



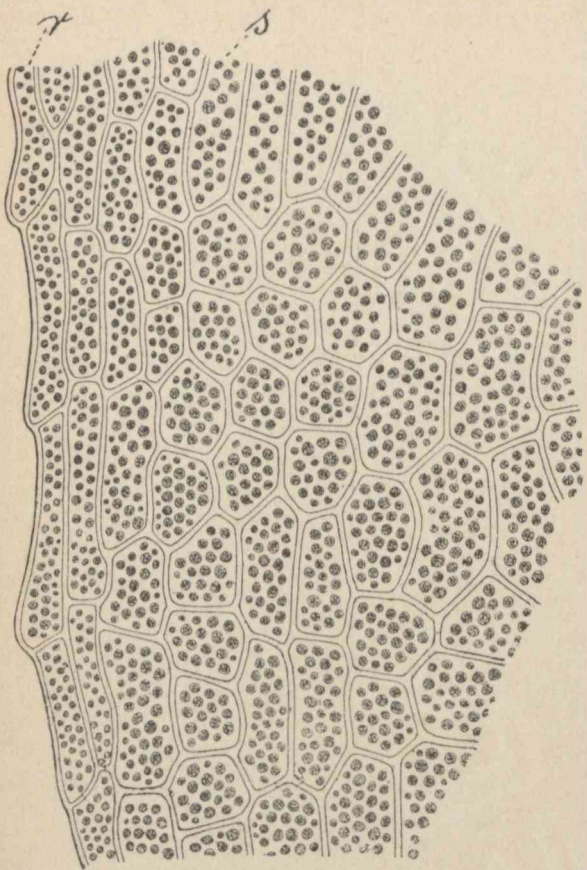
7. ábra.



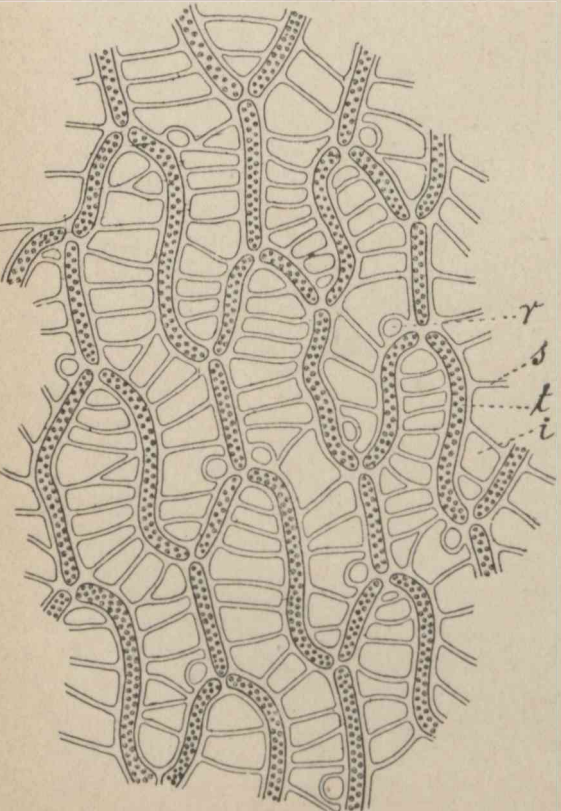
8. ábra.



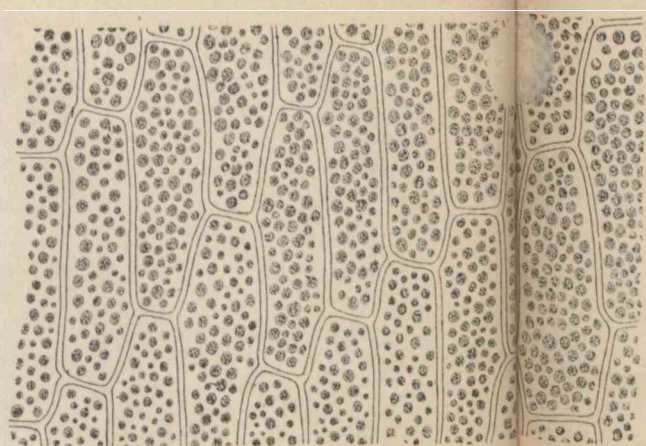
4. ábra.



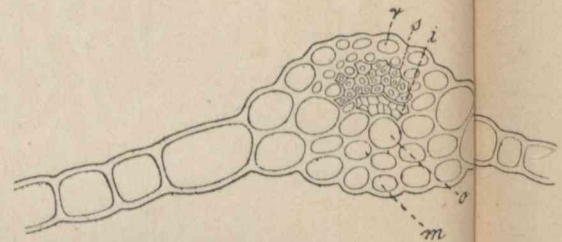
9. ábra.



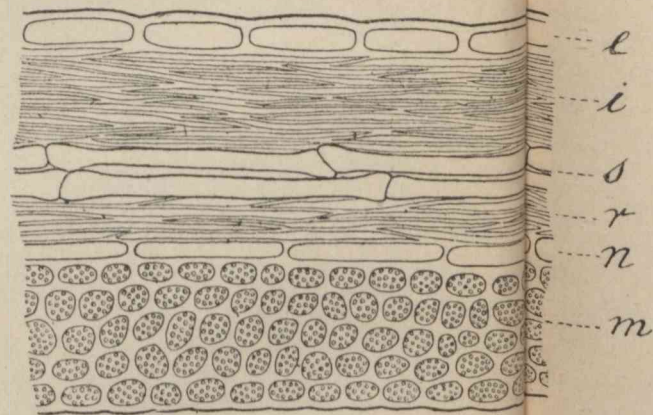
10. ábra.



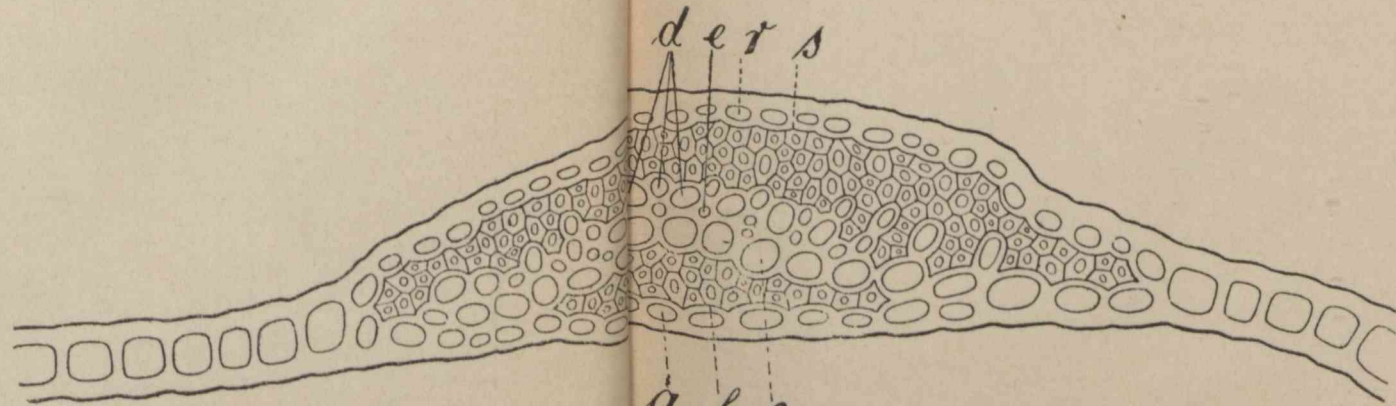
11. ábra.



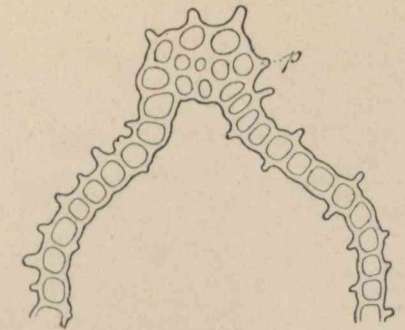
17. ábra.



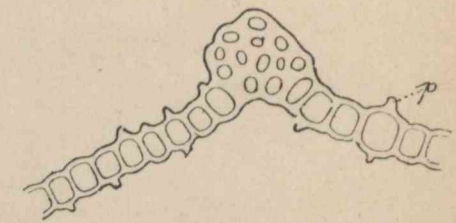
19. ábra.



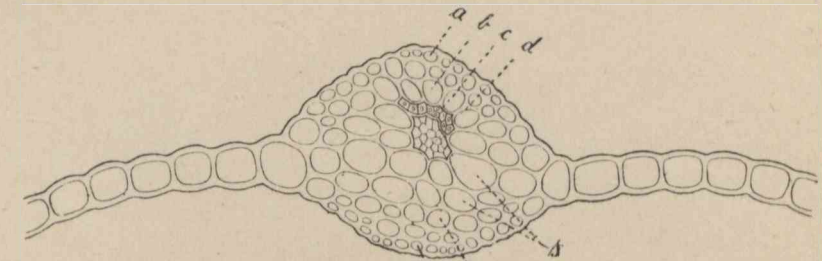
20. ábra.



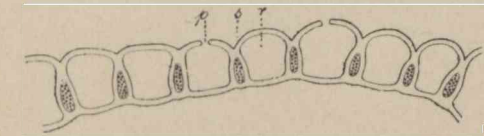
13a. ábra.



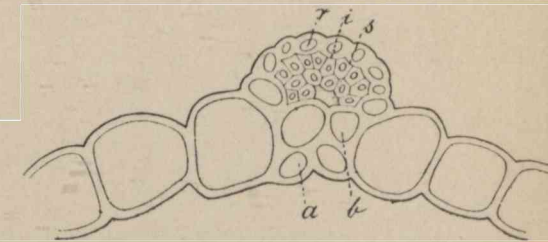
13b. ábra.



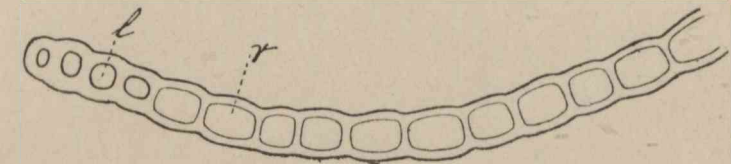
16. ábra.



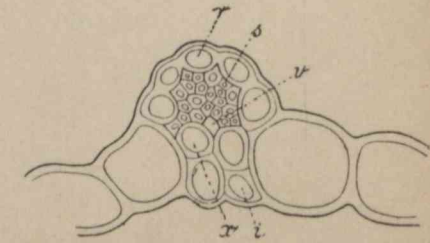
18. ábra.



15a. ábra.



21. ábra.



15b. ábra.