Beiträge zur Anatomie der Laubmoose.

Von Hans Waenker von Dankenschweil.

(Mit Tafel I—III und 9 Abbildungen im Text.)

A. Einleitung.

Die Arbeiten, die sich mit der Untersuchung von Laubmoosen befaßt haben, sind entweder rein anatomisch gehalten, oder es wurden gleichzeitig physiologische Fragen erörtert. Auch die vorliegende Arbeit beschäftigt sich vorwiegend mit dem anatomischen Aufbau einiger Vertreter der Laubmoose wie *Polytrichum formosum*, *Mnium undulatum*, *M. punctatum* und *Funaria hygrometrica*.

Nebenher versuchte ich, die immer noch nicht zur Zufriedenheit aller Forscher entschiedene Frage, welche Wege das Wasser oder in Wasser gelöste Substanzen im Stamme einschlagen, zu lösen. Welche Resultate die Arbeit in dieser Beziehung ergeben hat, davon in einem besondern Kapitel einige Angaben.

Zunächst möchte ich im folgenden eine Aufzählung von allen den Arbeiten vorausschicken, die einerseits ihr Augenmerk auf die Anatomie der Laubmoose richten, andererseits über die Leitung des Wassers im Moosstämmchen berichten.

Um die Mitte des 19. Jahrhunderts gewannen W. Ph. Schimper's (40) „Recherches anatomiques et morphologiques sur les mousses" und die „Synopsis muscorum europaeorum" auf dem Gebiete der Anatomie große Bedeutung, und der hohe Wert ist ihnen bis auf den heutigen Tag geblieben. Allein Schimper's Arbeit war zu umfangreich, um sich eingehender mit der Untersuchung einzelner Arten zu beschäftigen.

1861 erweiterte F. Unger (48) den anatomischen Gesichtskreis mit seinen Angaben über den innern Aufbau des Stammes mehrerer Laubmoosformen. Der Verfasser äußerte sich unter anderem folgendermaßen über die Versorgung des Sprosses mit Wasser: „Er (der Moosstamm) nimmt das Wasser sowohl im flüssigen, als im dunstförmigen Zustande durch seine ganze Oberfläche (die Blätter mitgerechnet) auf." Im weiteren Verlauf der Untersuchung kommt

Unger zu der Scheidung in Moosstämmchen mit und solchen ohne Centralstrang. Auf Grund dieser Feststellung scheint es ihm unzweifelhaft, „daß der Centralteil des Moosstammes ein in seiner Entwicklung zurückgebliebenes Gewebe bildet, welches die ursprüngliche Zartheit behauptet und daher zur Saftleitung ganz vorzugsweise tauglich erscheint, während der übrige Teil des Stammes Veränderungen und einem frühen Altern unterworfen ist. Es wird also von dieser Seite her ganz wohl zu rechtfertigen sein, im Centralteile ein dem Gefäßbündel höherer Pflanzen analoges Gebilde zu erkennen."

Sechs Jahre später 1867/68 bereicherte P. G. Lorentz (28) in seinen „Grundlinien zu einer vergleichenden Anatomie der Laubmoose" unsere Kenntnisse vor allem über die Entstehung und den Bau der Blätter und ihrer Blattspuren im Moosstamm.

Was den Aufbau der wasserleitenden Elemente betrifft, so war J. Sachs (39) in seinem „Lehrbuch der Botanik" der Meinung, daß Fibrovasalstränge bei den Laubmoosen nicht vorhanden seien. Nur in den vollkommensten Vertretern habe sich ein axiler Strang im Stamm sowohl, wie in den Blattnerven ausgebildet, und diesen könne man annähernd mit dem Fibrovasalstrang vergleichen.

Nach Sachs war es Göbel (11), der in den „Muscineen" die Vergleichung des Stammes der Laubmoose mit dem der höheren Gefäßkryptogamen und Phanerogamen zum Ausdruck brachte, indem er sagte: „Jedenfalls zeigt der als Beispiel eines höher organisierten Moosstämmchens herausgegriffene Bau von *Polytrichum*, daß die anatomische Gliederung innerhalb der Laubmoosreihe eine höhere Gliederung erreicht als bei den Lebermoosen, und Formen annimmt, welche unverkennbar auf die der Gefäßkryptogamen und Phanerogamen hinweisen. Finden sich auch nicht die anatomischen Bestandteile der Gefäßbündel, Tracheen (resp. Tracheiden wie bei der Mehrzahl der Farne) und Siebröhren, so sehen wir doch wenigstens gesonderte Zellstränge aus den Blättern sich an ein vom übrigen Stammgewebe different ausgebildetes stammeigenes Zellbündel im Stämmchen ansetzen. Die Bedeutung der einzelnen Gewebesysteme, soweit solche erkennbar sind, für den Haushalt der Moospflanze bedarf freilich noch eingehender Untersuchung, nachdem bisher die Aufmerksamkeit hier fast ausschließlich auf die Morphologie der Zellen und Zellkomplexe gerichtet gewesen ist, während man sich beeilte, den Inhalt zu zerstören. Was das Vorkommen verdickter Zellstränge im Stammzentrum betrifft, wie es für *Polytrichum* usw. hervorgehoben wurde, so ist wohl die Vermutung gestattet, daß die Funktion derselben eine ähnliche sein

könnte, wie die des Holzkörpers phanerogamer Pflanzen, nämlich die der Wasserleitung."

Damit war die Frage nach den Leitungsbahnen für Wasser in den Vordergrund getreten, und so wurde 1884 eine eingehendere Untersuchung darüber angestellt. Es war die Arbeit von Fr. Oltmanns (33) „Über die Wasserbewegung in der Moospflanze und ihren Einfluß auf die Wasserverteilung im Boden". Oltmanns nimmt an, daß die Moose, die nur einen rudimentären oder überhaupt keinen Centralstrang besitzen, ihren Vorrat an Wasser durch Kapillarwirkung außen zwischen den Blättern aufnehmen. *Mnium* und *Polytrichum*, als Formen mit relativ gut entwickeltem Centralstrang, könnten wohl das Wasser auch in diesem leiten, allein die Menge des geleiteten Wassers sei nicht ausreichend, um die Pflanzen in trockener Atmosphäre frisch zu erhalten. Haberlandt's „rudimentärer wasserleitender Hadromstrang", wofür dieser den Centralstrang ansah, diene nicht so sehr der Wasserleitung als anderen Funktionen. Oltmanns fand außerdem in den Zellen des Centralstranges von *Polytrichum commune* häufig Öltropfen und Plasmareste.

Bald darauf (1886) erschien Haberlandt's (15) großes Werk „Beiträge zur Anatomie und Physiologie der Laubmoose". Es war dies seit langem wieder eine weit umfassende Darstellung über den anatomischen Bau vieler Moosarten und einzelner Organe derselben. Haberlandt versuchte in seiner Arbeit ferner auf experimentellem Wege über die Leitung von Wasser mit Hilfe von Farbstofflösungen, die er von den Moosstämmchen aufsaugen ließ, Klarheit zu schaffen. In den anatomischen Untersuchungen weist der Verfasser darauf hin, daß aus den einzelnen Bestandteilen zu erschließen ist, daß wir in den unterirdischen Stengelteilen der *Polytrichaceen* ein Rhizom vor uns haben: „Bloß bei den höchst entwickelten Laubmoosen, den *Polytrichaceen*, zeigen die unterirdischen Stengelteile in bezug auf die Anordnung des Stereoms einen entschieden wurzelähnlichen Bau." An anderer Stelle kommt Haberlandt auf die eingehendere Erörterung von Formen mit „zusammengesetztem Centralstrang" zu sprechen und betont für *Pogonatum aloides* (wo ähnliche Verhältnisse in bezug auf den Bau vorliegen wie bei *Polytrichum* spez.): „Wenn der centrale Strang als rudimentäres Hadrom zu bezeichnen ist, so hat der eben erwähnte Gewebemantel (die Zellen, die den Centralstrang umschließen) als rudimentäres Leptom zu gelten, und ihre Vereinigung repräsentiert uns ein höchst einfach gebautes, konzentrisches Leitbündel." Damit hält er den Centralstrang als das Organ der Wasserleitung, den „Leptomteil", der

ihn umgibt, als Leitbahn für plastische Stoffe. Schließlich stellt Haberlandt „die Beziehungen zwischen der Ausbildung des Centralstranges und den Standorts-Verhältnissen" fest. Er weist in diesem Kapitel darauf hin, wie Formen, die auf dauernd feuchtem Boden leben, gewöhnlich einen mehr oder weniger gut entwickelten Centralstrang besitzen. Dagegen haben Moose trockener Plätze, wie Felsen, Dächer, Baumstämme und die wasserbewohnenden Arten meist nur einen rudimentären oder gar keinen Centralstrang, da sie von dem Wasser, das die ganze Pflanze zeitweise oder dauernd umgibt, abhängig sind.

Eine Untersuchung, die sich eingehend nur mit einer Form der *Polytrichaceen* befaßte, brachte E. Bastit's (1) „Comparaison entre le rhizom et la tige feuillé des Mousses". Die Arbeit behandelt den inneren Aufbau von *Polytrichum juniperinum*, und die gewonnenen Resultate lassen wohl keine Zweifel zu, allein Bastit hat die Übergänge vom Rhizom zum Sproß nur in allgemeinen Zügen dargestellt und auch die physiologische Seite vernachlässigt.

Die Anatomie sowie die Physiologie von *Polytrichum commune*, unter besonderer Berücksichtigung des Inhalts der Zellen, war der Stoff, den Coesfeld (4) für seine Schrift 1892 verwendete. Coesfeld fand in den Zellen des Centralstranges von *Polytrichum commune*, bei im März gesammeltem Material, viel fettes Öl und Stärke. Er behauptet ferner: „Wenn man nun schon notwendig aus dem Vorhandensein dieser Stärke auf lebendes Protoplasma schließen mußte, so läßt sich auch das Vorhandensein eines sehr dünnen Häutchens direkt nachweisen. Dasselbe hob sich bei Plasmolyse von frischem Material in konzentrierter Kalisalpeterlösung und nachheriger Jodbehandlung deutlich gelbgefärbt und eigenartig lichtbrechend von der Zellwand ab. Andere Reaktionen auf Protoplasma gaben wohl wegen der Feinheit des Häutchens kein Resultat." An anderer Stelle kommt Coesfeld zu dem Schlusse, „daß wir im Centralstrange des *Polytrichum*-Stengels ein rudimentäres Gefäßbündelsystem vor uns haben, sofern das Moosgewebe überhaupt mit dem der höheren Pflanzen verglichen werden kann".

Zwei Untersuchungen, die in der Folgezeit Bezug nahmen auf die chemische Zusammensetzung der Mooszellmembranen, sollen erst an anderer Stelle berührt werden, jetzt sei vielmehr an eine bedeutendere anatomische Arbeit erinnert.

Es sind die „Notes on the Conducting Tissue-System in Bryophyta" von A. Tansley und E. Chick (44). Darin werden einige Lebermoose wie auch Vertreter der Laubmoose, vor allem *Polytrichum commune*, einer scharfen Prüfung unterzogen. Tansley

fand, daß der in ein Rhizom umgewandelte untere Teil des Sprosses viel differenzierter ist, als man bisher angenommen hatte; ebenso wurde von ihm das Stück genauer untersucht, das den Übergang vom Rhizom zu dem beblätterten grünen Sproß bildet, und schließlich dieser selbst. Tansley fand so durch eine fortlaufende Erforschung vom Rhizom zum Mittelstück und von da zum Sproß, daß gewisse Elemente, die er nach Potonié „Hydroiden" nennt, durch das ganze Stämmchen hindurch ununterbrochen zu verfolgen sind, daß diese Elemente keinen Inhalt führen und wohl die Wasserleiter darstellen. Auch das Auftreten von Stärke hat er genau berücksichtigt und auf diese Weise, wie er selber betont, die Differenzierung viel leichter bewerkstelligen können. Zum Vergleiche dienten Tansley unter anderem *Polytrichum juniperinum* und *Polytrichum formosum*. Die beiden letzten Formen findet der Verfasser weniger gut differenziert.

Nach Tansley's sehr guter Arbeit mögen nur noch einige Untersuchungen Erwähnung finden, die die anatomische und physiologische Seite der *Polytrichaceen* in bezug auf das Stämmchen weiter beleuchten.

R. Rostock (37) berücksichtigte in seiner Schrift „Über Aufnahme und Leitung des Wassers in der Laubmoospflanze" die Beziehungen der Moospflänzchen zueinander und damit die Entwicklung des Centralstranges. So sind Moose mit entwickeltem Centralstrang meist nicht so eng vergesellschaftet, als solche mit sehr reduziertem oder gar ohne Centralstrang. Außerdem erkannte er wohl die Wechselwirkung, die darin besteht, daß Formen mit vielen Rhizoiden und diese an Standorten, wo der Boden dauernd feucht ist, auch gut entwickelten Centralstrang besitzen. Andererseits wird in Formen mit wenig Rhizoiden meist nur ein schwacher Strang ausgebildet. Die Rhizoiden sind also die Organe für die Wasseraufnahme, und dann obliegt dem Centralstrange einmal die Leitung von Wasser von den Rhizoiden nach oben, außerdem auch die von Nährsalzen.

Im Jahre 1906 stellten El. und Em. Marchall (30) in einer sehr ausführlichen Arbeit die Verteilung der Stärke zu verschiedenen Jahreszeiten fest. Sie fanden, daß besonders im Frühjahr und Herbst die Stärke eine ungemein weite Verbreitung unter den Moosen und in deren Geweben hat.

An letzter Stelle sei endlich die „Untersuchung über die Wasseraufnahme durch Moose und verschiedene andere Pflanzen und Pflanzenteile" von Karl Müller (32) erwähnt. Der Verfasser behauptet darin, daß *Polytrichum commune* und *Atrichum undu-*

latum tropfbar flüssiges Wasser und solches in dampfförmiger Gestalt von außen aufnehmen.

Damit sind kurz die Ergebnisse der letzten Jahrzehnte angeführt, und es lassen sich unter ihnen in physiologischer Hinsicht zwei Richtungen unterscheiden. Auf der einen Seite vertritt man die Ansicht, daß unter den Laubmoosen vor allem bei den *Polytrichaceen* eine Leitung des Wassers nur in geringem Maßstabe im Innern erfolge, die Hauptmenge werde aus der feuchten Atmosphäre durch kapillare Saugung auf der Außenseite der Sprosse aufgenommen. Andererseits hält man den Centralstrang in seiner höchsten Entwicklung, wie es ja bei den *Polytrichaceen* der Fall ist, für ein gut eingerichtetes Wasserleitungssystem.

Was sonst noch an Literatur mit der vorliegenden Arbeit im Zusammenhang steht und hier keine Erwähnung gefunden hat, das ist in das Literaturverzeichnis aufgenommen worden.

In den nächsten Kapiteln soll nun die eingehendere Untersuchung dessen vorgenommen werden, was ich schon eingehends kurz als die Aufgabe angeführt habe, die mir gestellt wurde.

Die Arbeit wurde am alten botanischen Institut zu Freiburg ausgeführt, und es sei mir an dieser Stelle gestattet, Herrn Geheimen Hofrat Prof. Dr. Oltmanns meinen ergebensten Dank auszusprechen für die Anregung, die er mir zu der Arbeit gegeben hat, sowie für das Interesse, das er derselben entgegenbrachte. Außerdem möchte ich Herrn Privatdozent Dr. Tröndle für die Ratschläge, die er mir bei der Ausführung meiner Untersuchungen erteilte, herzlich danken.

B. Eigene Untersuchungen.

I. Das Material, welches zur Untersuchung zugezogen wurde, sowie seine Fixierung und Einbettung in Paraffin.

Das Material, das untersucht wurde, umfaßte Formen wie *Polytrichum formosum*, *Polytrichum commune*, *Atrichum undulatum*, *Mnium undulatum* und *punctatum* und *Funaria hygrometrica*. Von diesen Arten stammte *Polytrichum commune* vorwiegend aus dem Moore von Hinterzarten bei Freiburg i. Br. Die übrigen oben aufgezählten Moose waren in dem in unmittelbarer Nähe von Freiburg gelegenen Tannenwald sehr zahlreich. *Funaria hygrometrica* fand ich außerdem im botanischen Garten als schlimmes Unkraut. Einige der Arten kamen sofort an der Stelle, wo ich sie aufsammelte, in Fixiermittel, die Mehrzahl dagegen wurde in einen Sack gebracht und erst im botanischen Institut fixiert. Als Fixiermittel wandte

ich anfänglich verschiedene Stoffe an, wie Sublimat-Eisessig nach Kaiser, Juelsche Lösung, Pikrineisessig, Pikrinsäure, absoluten Alkohol u. a. Gerade der absolute Alkohol erwies sich aber als nicht besonders geeignet, denn er machte die an und für sich schon ziemlich festen Stämmchen viel zu hart, was für das spätere Schneiden mit dem Mikrotom nachteilig war. Am besten erwies sich im Laufe der Untersuchung Sublimat-Eisessig nach Kaiser, und er kam darum späterhin auch ausschließlich in Anwendung, nur die Vegetationspunkte von *Polytrichum formosum* fixierte ich mit Juel'scher Lösung. Die Behandlung mit Sublimat-Eisessig brachte zwar das Protoplasma, soweit es überhaupt in den Zellen enthalten war, ein wenig zum Schrumpfen, aber dieser Umstand beeinträchtigte die Untersuchung nicht, im Gegenteil in den Fällen, in welchen das Protoplasma nur in geringen Mengen als feiner plasmatischer Wandbeleg ausgebildet war, konnte man es im kontrahierten Zustand bei der nachherigen Färbung besser erkennen. Das fixierte Material wurde in Paraffin eingebettet. Waren die Objekte soweit vorbehandelt, so stellte ich, um den Verlauf der weiter unten zu erwähnenden „Blattspuren" genauer zu verfolgen, Serienschnitte her. Von anderen Partien der Moosstämmchen wurden ab und zu Serienschnitte vorgenommen, sonst nur einzelne Mikrotomschnitte. Bei den Arten, welche wie *Polytrichum commune*, *Atrichum undulatum*, *Mnium undulatum* und *Funaria hygrometrica* nur zur Vergleichung herangezogen worden waren, genügten Dünnschnitte mit dem Rasiermesser. Ich möchte an dieser Stelle nun etwas näher auf die Vorbehandlung des Materials eingehen, weil ich hoffe, damit manchem späteren Untersucher Zeit und Unmut zu ersparen. Es traten nämlich am Anfange während des Mikrotomierens große Übelstände zu Tage. Sehr häufig war das Material in seinen innersten Partien noch nicht vollständig von Paraffin durchtränkt. Alle Lösungen, besonders das gelöste Paraffin, dringen eben nur äußerst langsam bis zu den centralen Partieen vor. Wie sich gegen Ende der Arbeit herausstellte, waren jene Sproßstücke, die mehrere Monate in Paraffin gestanden hatten, am besten geeignet zum Schneiden. Nicht selten waren außerdem die Stücke zu hart, und darum bröckelten sie beim Schneiden aus. Dies rührte vielfach von der Fixierung mit absolutem Alkohol her, wie ich schon eingangs erwähnt habe. Nach längerem Erproben wurde schließlich die im folgenden angegebene Behandlung als die vorteilhafteste gefunden. Sie stellt zwar an die Geduld eine harte Prüfung, aber die Resultate entschädigen auch dafür. Die Moospflänzchen, der Sproß sowie sein Rhizom wurden unter der Wasserleitung abgewaschen. Die so gereinigten Objekte

wurden in kleine zirka 1 cm große Stückchen geschnitten und in kleinen cylindrischen Gläschen mit heißem Sublimat fixiert. Hierauf kamen die Gläschen unter die Saugpumpe gewöhnlich einen halben Tag, um die Luft aus dem Material so gut als möglich auszuziehen. In der Fixierlösung blieben die Stücke 14 Tage bis 3 Wochen. Aus der Lösung wurden die Stammstückchen in die aufsteigende Alkoholreihe übertragen (etwa 50 %, 70 %, 85 %, 90 %, absol.). Auch hier war es gut, mit dem Auswechseln jeweils 8 bis 14 Tage zu warten. Zu dem Material, das sich im absoluten Alkohol befand, wurde etwas Xylol zugesetzt. Zeigte sich hierbei eine schwache Trübung, so mußte die ganze Flüssigkeit abgegossen und durch neuen absoluten Alkohol ersetzt werden. Nach abermaligem Stehenlassen während etwa 8 Tagen wurde wiederum eine Mischung mit Xylol vorgenommen. Wenn keine Trübung mehr eintrat, schüttete ich ungefähr alle 8 Tage etwas von der anfangs gemischten Lösung (absoluter Alkohol und Xylol) weg und fügte dafür reines Xylol zu. War die Vorbereitung soweit gediehen, dann blieben die Gläschen mit dem Material im Xylol ein paar Tage stehen; worauf zuerst geringe Mengen von 45° Paraffin eingefüllt und die Gläschen offen auf den Paraffinschrank gestellt wurden, damit das Xylol langsam verdunsten konnte. Auf diese Weise gelangten die Objekte allmählich in reines 45° Paraffin. Zuletzt wurde im Paraffinschrank mit langsamen Übergängen 52° und schließlich 58° Paraffin in kleinen Stückchen in die Gläser gegeben. Die Objekte konnten nunmehr für das Schneiden mit dem Mikrotom in der üblichen Weise fertiggestellt werden. Die Mikrotomschnitte wurden mit Eiweißlösung aufgeklebt, und zwar hafteten sie am besten, wenn man sie beim Aufkleben mit der Lösung zum Schmelzen des Paraffins brachte, dann kamen die Objektträger nach dem Abkühlen in den Trockenschrank. Die verwendete Eiweißlösung war nach der Apathyschen Methode hergestellt:

1 ccm Eiweißlösung (zu Schnee geschlagen und filtriert)
100 ccm Wasser.

Kleine Kampferstückchen wurden zur Desinfektion in die Lösung gelegt. Die Färbung der fertigen Mikrotomschnitte wurde meist auf zwei Arten vorgenommen. Die erste war eine Doppelfärbung mit Haematoxylin und Eosin-Nelkenöl. Diese Färbung zeigte vor allem in dem grünen Sproß gute Resultate, weil sich die Wände des peripheren Teiles des Centralstranges durch das Eosin schön rosa färbten. Das Haematoxylin seinerseits färbte das Protoplasma violett. Da wo es sich allein um die Untersuchung über den Plasmagehalt handelte, wurde als zweite Art

eine einfache Färbung mit Haematoxylin oder Haemalaun vorgenommen.

Zur Prüfung auf den Stärkegehalt einer Zelle dienten vorzugsweise Mikrotomschnitte, da beim Schneiden frischen Materials mit dem Rasiermesser und beim Einlegen der Schnitte in Jod-Jodkalium die Stärke aus den Zellen sehr häufig herausgeschwemmt wurde. Dagegen wurde die Reaktion auf Öle mit Alkannatinktur oder Osmiumsäure (1 %) besser an Handschnitten vorgenommen, weil durch die Fixierung und Einbettung das Öl leicht in den Mikrotomschnitten verdrängt sein konnte. Nachdem ich mich so über die Vorbehandlung der Laubmoospflanze genauer ausgesprochen habe, sollen im folgenden die Resultate zusammengestellt werden, die durch die Untersuchung gewonnen wurden. Ich arbeitete, wie schon anfangs erwähnt, in erster Linie mit *Polytrichum formosum*, während die übrigen aufgezählten Arten nur zum Vergleiche dienten.

II. Der anatomische Aufbau der untersuchten Laubmoosformen und einige Angaben über die chemische Zusammensetzung ihrer Zellmembranen.

a) Polytrichum formosum.

Polytrichum formosum bildet dunkelgrüne nicht allzu dichte Rasen von 10—20 cm Höhe. Die einzelnen Pflänzchen entwickeln an ihren unteren Teilen, die fest im Boden haften, eine große Menge von feinen Rhizoiden, die zu einem dichten Filze verschlungen sind. Dieser unterirdische Teil des Stämmchens verdient mit Recht die Bezeichnung eines Rhizoms. An dasselbe anschließend folgt mit allmählichem Übergange weiter nach oben ein dunkel rotbraun gefärbter Teil mit deutlich sichtbaren Blattschuppen. Dieses Mittelstück geht endlich wiederum ohne scharfe Grenze in den reich beblätterten grünen Sproß über, dessen oberste Region vom Vegetationspunkte eingenommen wird. Auf der Innenseite — d. i. jene die dem Stamme zugekehrt wird — jedes Blattes sitzen mehrere Reihen von Lamellen. Die Zellen dieser Lamellen sind alle nahezu gleich gebaut, während bei *Polytrichum commune* die Endzellen zwei Höcker tragen. Die Seta des Sporogoniums ist zirka 6 cm lang. Die Kapsel ist 4—6 kantig, und die Apophyse hebt sich nicht so klar ab wie bei *Polytrichum commune*. Das Peristom besteht aus 64 Zähnen ohne Querleisten. Die Kalyptra ist blaßgelb und umhüllt die ganze Kapsel. Nehmen wir nun ein solches Pflänzchen aus einem Rasen, so können daran, wie schon eben kurz angedeutet, 4 Teile unterschieden werden:

1. Das Rhizom.
2. Übergangsteil zwischen Rhizom und beblättertem Sproß.
3. Der stets oberirdische reich beblätterte Sproß.
4. Der Vegetationspunkt.

Dieser zunächst rein äußeren Scheidung entspricht auch ein verschiedener innerer Aufbau.

1. Das Rhizom.

Das Rhizom, welches von Haberlandt und Bastit für *Polytrichum juniperinum*, von Tansley und Chick für *Polytrichum commune* genauer beschrieben wurde, ist meist 4—5 cm tief in den Boden eingesenkt. Ein Querschnitt durch das Rhizom läßt sofort dessen Form und verschiedene Teile erkennen. Das Rhizom ist nahezu kreisrund, und bei nicht allzu starker Vergrößerung treten 3 Bestandteile besonders deutlich in die Erscheinung, wie dies von Tansley für *Polytrichum commune* schon klargelegt ist. (In der Bezeichnung der einzelnen Teile habe ich mich eng an jene von Tansley angeschlossen.)

1. Eine parenchymatische Rinde mit Endodermis (Fig. 1).
2. Der Centralcylinder mit „Hydroiden".
3. Die „Hypodermalstränge", welche die Rinde an drei Stellen durchbrechen, und an sie nach innen anschließend die „Radialstränge", in welche die „Leptoiden" eingebettet sind.

ad 1. Die parenchymatische Rinde (Taf. I Fig. 1).

Ich gehe bei der Betrachtung der einzelnen Schnitte von außen radial nach innen. Das ganze unterirdische Sprößchen von *Polytrichum formosum*, das Rhizom, entbehrt einer Cuticula. Dagegen ist eine Epidermis entwickelt. Sie umgibt das Rhizom vollständig, höchstens an den Stellen, wo sich gerade Blattschuppen vom Stamme loslösen, ist sie weniger regelmäßig gestaltet. In allen übrigen Fällen werden die Zellen der Epidermis außerdem häufig die Träger von Rhizoiden (Fig. 1, und Taf. I Fig. 1 Rhd.).

Die Rhizoiden sind lange fadenartige Ausstülpungen der Epidermis mit dicken Längswänden und sehr dünnen schief gestellten Querwänden. Die Rhizoiden verflechten sich eng miteinander, und so kommt ein dichter Filz zustande, dessen Umfang, wie Tansley schon für *Polytrichum commune* zeigte, oft so groß ist als der halbe Durchmesser des Rhizoms. Einzelne Moospflänzchen erscheinen darum in ihren untersten Teilen sehr dick, da zwischen den Rhizoiden Erdpartikelchen festgehalten werden, ebenso natürlich unter

Umständen auch Wasser. Das Ende der Rhizoiden ist meist halbkugelig oder köpfchenartig. Die Epidermiszellen sind dunkelbraun gefärbt, und die Verdickung der Wände ist eine ungleichmäßige und zwar sind gewöhnlich die tangentialen Außenseiten viel stärker oder allein davon ergriffen, während die radialen und tangentialen

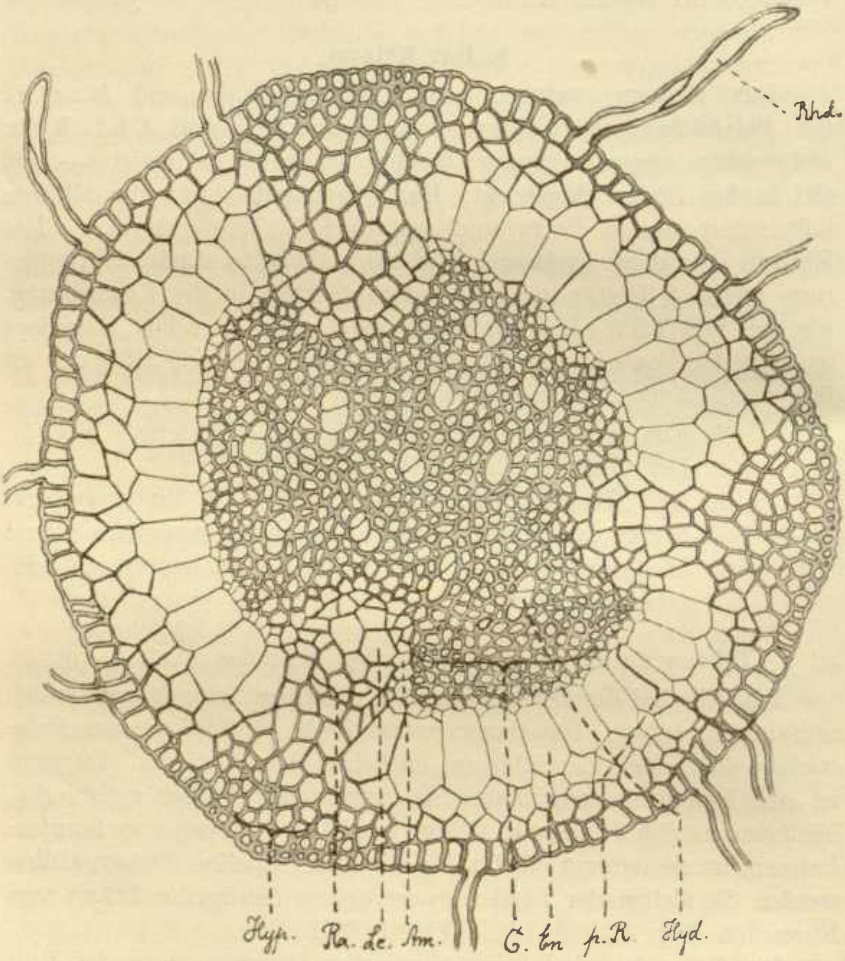


Fig. 1. *Polytrichum formosum.*

Querschnitt durch das Rhizom (schematisiert).

Hyp. = Hypodermalstrang. *Ra.* = Radialstrang. *Le.* = Leptoiden. *Am.* = Amylom. *C.* = Centralcylinder. *En.* = Endodermis. *p. R.* = parenchymatische Rinde. *Hyd.* = Hydroiden. *Rhd.* = Rhizoid.

Innenwände und die Querwände kaum verdickt erscheinen. Auf feineren Querschnitten fällt es außerdem auf, daß die tangentialen

Außenwände mit kleinen schwarzen Punkten bedeckt sind (Taf. I Fig. 1 sp. V.). Betrachtet man die Zellen von der Fläche, so stellen sich diese Punkte als spindelartige Verdickungen dar (Fig. 2).

Auf Längsschnitten durch das Rhizom tritt die parenchymatische Form der Epidermiszellen klar zutage. Bisweilen, besonders in der Nähe der später noch zu besprechenden „Hypodermalstränge", wird sie sogar fast kubisch (Taf. I Fig. 2). Dieser parenchymatischen bis kubischen Gestalt entspricht auf Querschnitten eine runde bis polygonale Form. Sämtliche Epidermiszellen enthalten Protoplasma.

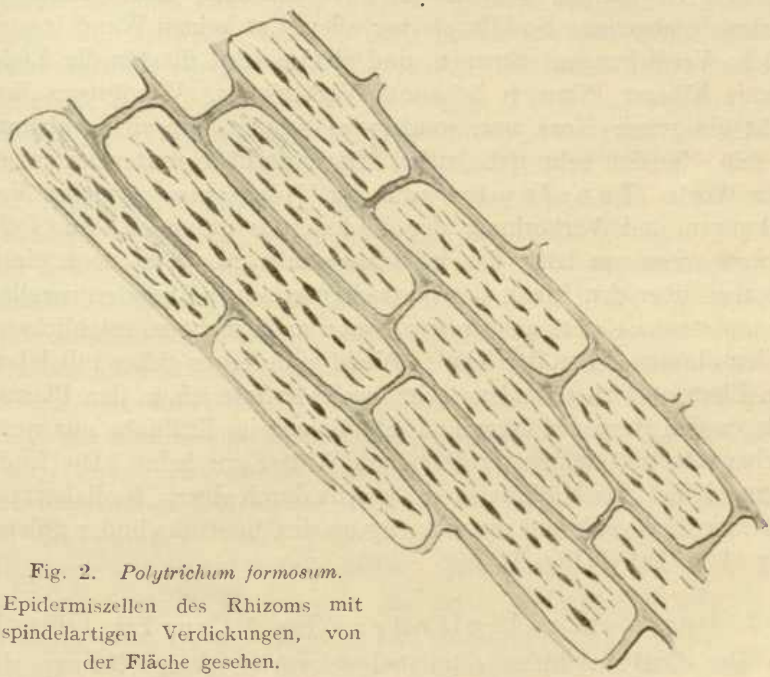


Fig. 2. *Polytrichum formosum.* Epidermiszellen des Rhizoms mit spindelartigen Verdickungen, von der Fläche gesehen.

Unter der Epidermis folgen zwei bis drei Lagen von Zellen, die keinen geschlossenen Ring bilden, sondern an drei annähernd gleichweit voneinander entfernten Stellen von den „Hypodermalsträngen" unterbrochen werden. Die Wandungen dieser Zellen sind unverdickt und braun gefärbt. Ihre Form ist auf Querschnitten als polygonal anzusprechen, auf Längsschnitten parenchymatisch, wenn auch ab und zu eine Querwand schief verläuft. Es sind eben alle Gewebe bei weitem nicht so scharf charakterisiert, wie man das von Geweben höherer Pflanzen erwartet (Taf. I Fig. 1 u. 2). Sämtliche parenchymatischen Rindenzellen sind lebend. Im Frühjahr wird außerdem ziemlich reichlich Stärke gebildet, die im Winter

fast vollständig verschwindet. Der letzte Bestandteil der Rinde ist eine Lage von Zellen sehr auffallender Beschaffenheit (Fig. 1 En. u. Taf. I Fig. 1). Es sind Elemente von untereinander annähernd gleich großer Gestalt, deren radialer Durchmesser den tangentialen vielfach um das Doppelte übertrifft, und meistens ist ihre Form auf Querschnitten die eines gestreckten Sechsecks. Diese Zellschicht ist für das Rhizom typisch und leicht zu erkennen. Auch Tansley, Bastit, Haberlandt u. a. haben das beobachtet. Man kann diese Zellreihe mit der Endodermis höherer Pflanzen vergleichen, wenn ihr auch verschiedene charakteristische Merkmale abgehen. So läßt sie vor allem auf keiner Wand irgendwelche Verdickungen erkennen, und ebenso fehlt die für die Endodermis höherer Pflanzen bekannte Verkorkung. Wenigstens liegt nicht ein reiner Kork vor, sondern es scheint nur eine Substanz zu sein, die ihm sehr nahe steht. Doch darüber weiter unten ein paar Worte. Tansley hat zwar für *Polytrichum commune* Verdickungen und Verkorkung der Endodermis gefunden, für *Polytrichum formosum* trifft das jedenfalls nicht zu. Nun noch einige Angaben über den Inhalt der parenchymatischen Endodermiszellen. Protoplasma ist stets anzutreffen, wenn auch nicht so reichlich wie in den übrigen Zellen der Rinde. Allein man hat es sicher mit lebenden Elementen zu tun, denn sehr häufig konnte ich in den Plasmabelegen den Kern gut erkennen. Stärke war im Frühjahr nur wenig vorhanden, und dementsprechend im Winter gar keine. Die Endodermis bildet drei Halbkreise, die jeweils durch einen „Radialstrang" unterbrochen sind und die sich eng an den Centralcylinder anlegen (Fig. 1 u. Taf. I Fig. 1).

ad 2. Der Centralcylinder. (Fig. 1 C. u. Taf. I Fig. 1.)

Der Centralcylinder zeigt bei schwacher Vergrößerung eine dreilappige Form. In den drei Einbuchtungen sind die „Radialstränge" mit den „Leptoiden", während der übrige Teil, wie oben erwähnt, an die Endodermis stößt. Der Centralcylinder setzt sich der Hauptsache nach aus zwei Elementen von Zellen zusammen, erstens lebenden und zweitens toten. Wenden wir uns zunächst zur Besprechung der lebenden Zellen. Diese müssen wieder in drei Gruppen geschieden werden. Zuerst jene Zellen, die die Hauptmasse des Centralcylinders ausmachen. Sie sind gelb bis rötlich gefärbt und haben stark verdickte Wände. Auf sehr feinen Querschnitten kann man die Mittellamelle gut erkennen und an diese anliegend die Verdickungsschicht. Diese ist so stark, daß die Zellen ein mehr oder weniger abgerundetes Lumen erhalten (Taf. I

Fig. 1 S.). Auf Längsschnitten (Taf. I Fig. 2) nähern sich die Zellen in der Gestalt den prosenchymatischen, wenn auch die Ähnlichkeit keine durchgreifende ist. Diese lebenden Zellen der centralen Grundmasse führen manchmal etwas Stärke. Ihre Funktion besteht vermutlich darin, das Rhizom vor dem Zerreißen zu schützen, darum ihre centrale Anordnung, was von Haberlandt schon betont wurde, und sie mögen nach Tansley als „Stereiden" bezeichnet werden und ihre Gesamtheit, abgesehen von den Hydroiden, als „Stereom". An der Grenze zwischen Centralcylinder und Endodermis ist eine zweite Art lebender Zellen, die bei Färbung mit Eosin eine schwache rote Färbung annehmen und wenig oder gar nicht verdickt sind (Taf. I Fig. 1 P.). In ihren Umrissen haben sie große Ähnlichkeit mit den Stereiden. Diese Zellen könnte man nach Tansley mit einem „rudimentären Pericycel" vergleichen. Die Zellen sind stets lebend und entbehren, soviel ich sehen konnte, der Stärke. Die dritte Gruppe der lebenden Zellen des Centralcylinders umfaßt die innerste Schicht der Einbuchtungen. Es sind das Zellen mit braunen Wänden und meist sehr regelmäßiger polygonaler Ausbildung. Diese Zellschicht nennt Tansley „Amylom", und sie schließt, gerade so wie bei *Polytrichum commune*, ununterbrochen an den „rudimentären Pericycel" an. Sie bildet also mit diesem den äußersten Teil des Centralcylinders. Die Zellen des Amyloms sind immer lebend und im Frühjahr stärkehaltig (Taf. I Fig. 1 Am.). Als zweite größere Gruppe in der Gesamtheit des Centralcylinders komme ich nun auf die toten Zellen zu sprechen. In das „Stereom" des Centralcylinders eingebettet findet man Gruppen von zwei bis vier Zellen. Jede dieser Gruppen hat eine sie umschließende Hauptwand, die stark verdickt und rotgelb gefärbt ist (Taf. I Fig. 1 Hyd.). Die einzelnen Zellen innerhalb einer Gruppe werden durch sehr feine Trennungswände voneinander geschieden. Diese letzteren sind, wie man bei starker Vergrößerung gut wahrnehmen kann, die unverdickten Mittellamellen. Auf Längsschnitten sieht man jene Anordnung, die schon von Haberlandt u. a. skizziert worden ist; dünne Wände innerhalb der Gruppe laufen eine große Strecke fast parallel mit den dicken Wänden, die die ganze Gruppe umfassen, bis sie endlich sehr schräg an diese ansetzen (Taf. I Fig. 2 Hyd.). Die Gruppen fand ich stets frei von Plasma, Stärkekörner konnte ich zu keiner Jahreszeit nachweisen, und Öl war offenbar auch nicht vorhanden. An der Grenze vom Centralcylinder, zwischen den Zellen des rudimentären Pericycels eingestreut, treten ebenfalls ähnliche Zellgruppen oder auch einzelne Zellen auf, ohne Inhalt, allein nicht so stark verdickt, wie die obigen

Zellgruppen. Für alle diese Zellen, die sich auch bei *Polytrichum commune* vorfinden, gilt die Bezeichnung „Hydroiden", von Potonié zum ersten Male gebraucht und von Tansley für diese Elemente im Laubmoosstamm angewandt, denn sie sind wahrscheinlich die Bahnen, die das Wasser oder in Wasser gelöste Substanzen einschlagen. Diese Hydroiden stehen in ununterbrochenem Zusammenhang durch sämtliche Teile hindurch (Rhizom oder Sproß), und zwar sind sie im Stammzentrum zu finden, dabei stets ohne Inhalt. Auch vom innersten Teil abzweigend, allerdings etwas in der Gestalt verändert, werden sie uns in den Blattspuren und endlich in den Blättern wieder begegnen. Zum vollständigen Bau des Rhizoms fehlen nun nur noch jene Stellen, die die dreimalige Durchbrechung der Rinde und Endodermis veranlassen. Es sind die von Tansley als „Hypodermal- und Radialstränge" gekennzeichneten Gewebemassen.

ad 3. Die „Hypodermal- und Radialstränge" (Taf. I Fig. 1 Hyp. und Ra.).

Die soeben erwähnten Gewebemassen haben ungefähr den Umriß je eines Dreiecks, dessen Basis in der Epidermis liegt, während seine Spitze nach der Einbuchtung im Centralcylinder gerichtet ist. Bastit nannte diesen Teil „faisceau scagliaire". Die einzelnen Zellen dieses „Hypodermalstranges" (Tansley) haben braungefärbte, stark verdickte Wände, und an sehr dünnen Schnitten ist die Mittellamelle mit Verdickungsschicht zu sehen (Taf. I Fig. 1 Hyp.). Auf Querschnitten ist das Lumen der Zellen rundlich oder manchmal etwas polygonal, während im Längsschnitt die mehr oder weniger deutlich prosenchymatische Struktur zum Ausdruck gelangt. Auch diese Zellen sind lebend, wenngleich der plasmatische Beleg nicht sehr groß ist; Stärke fand ich nur äußerst wenig vor. An die Spitze des Hypodermaldreiecks anschließend, bis zu der Amylomschicht reichend, folgt eine Gruppe von sehr regelmäßig gebauten, schwach verdickten, deutlich parenchymatischen Zellen mit bräunlichen Wänden. In allen diesen Elementen, besonders den am weitesten nach innen gelegenen, den „Leptoiden", läßt sich reichlich Plasma nachweisen, Stärke war nur in geringem Maße vorhanden. Diese regelmäßig polygonalen Zellen bilden den „Radialstrang". Es wären schließlich ein paar Worte über die schon erwähnten „Leptoiden" zu sagen. Sie sind in die innersten Teile des Radialstranges in der Nähe des „Amyloms" eingebettet und haben tatsächlich ein etwas größeres Lumen und reichlich Plasma. Allein auf Längsschnitten ist die siebröhrenähnliche Erweiterung der Zellen sehr undeutlich. Einen wenn auch zurückgebildeten

Bestandteil des Rhizoms bilden endlich die Blattschuppen. Sie sind es, welche beweisen, daß wir es im unterirdischen Organ von *Polytrichum formosum* nicht mit einer echten Wurzel zu tun haben, sondern mit einem umgewandelten Sproß. Die Blattschuppen bestehen allerdings meist nur noch aus den leeren Zellen, höchstens in ihrem Blattnerv finden sich Plasmareste. Ich glaube, daß in den untersten Partien des Rhizoms die Blattschuppen nicht erhalten bleiben. Sie sterben ab, je weiter man nach unten kommt und

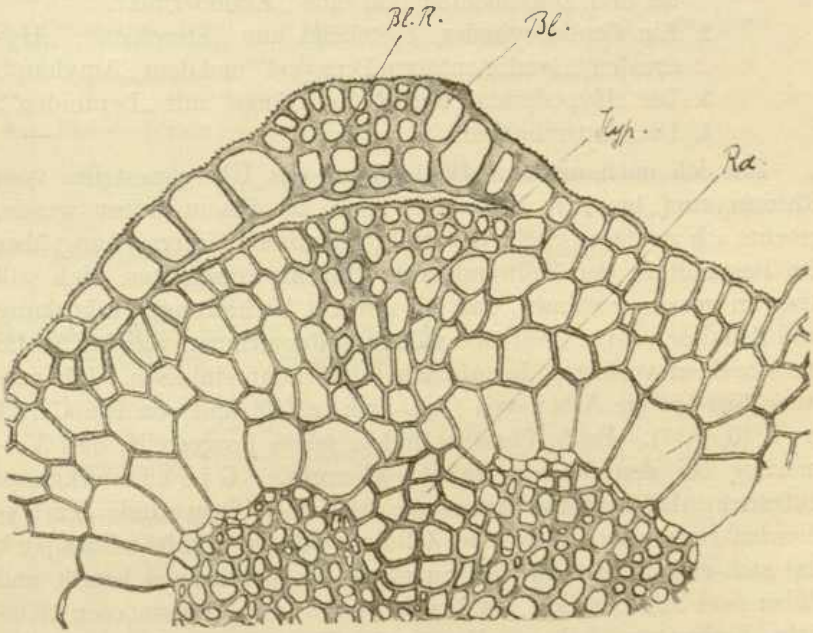


Fig. 3. *Polytrichum formosum.* Blattschuppe.
Bl. = Blattschuppe. *Bl. R.* = Blattrippe. *Hyp.* = Hypodermalstrang. *Ra.* = Radialstrang.

werden schließlich ganz entfernt. Höher oben am Rhizom sind sie besser ausgebildet, und man kann gut erkennen, wie zuerst die äußerste Schicht des Hypodermalstranges sich vom Rhizom loslöst und dann allmählich auch die anliegenden Zellen der Epidermis, bis schließlich die ganze Blattschuppe losgetrennt wird (Fig. 3).

Diese Blattschuppen umfassen dabei oft das Rhizom bis zu $^2/_3$ seines Umfanges. Sie sind wie gesagt sehr einfach gebaut. Man kann da, wo sie vollständig erhalten sind, eine einschichtige Blattspreite unterscheiden und eine aus einer Gruppe von kleineren stärker verdickten Zellen bestehende Rippe. Diese letztere liegt nach der Lostrennung vom Rhizom dem Hypodermalstrang gegenüber, von dem sie auch herstammt (Fig. 3).

Damit habe ich den Bau des typischen Rhizoms von *Polytrichum formosum* in seinen Einzelheiten wiedergegeben, und es geht daraus wohl soviel hervor, daß wir es mit einem Organ zu tun haben von wirklich wurzelähnlichem Aufbau, wenn auch die Merkmale einer Wurzel höherer Pflanzen fehlen oder nur schwach ausgebildet sind. Die gefundenen Kennzeichen seien, der Übersicht halber, hier nochmals kurz zusammengestellt:

1. Eine deutliche Epidermis mit Rhizoiden, darunter zwei bis drei Zellschichten und eine „Endodermis".
2. Ein Centralcylinder, bestehend aus „Stereiden", „Hydroiden", „rudimentärem Pericycel" und dem „Amylom".
3. Die „Hypodermal- und Radialstränge" mit „Leptoiden".
4. Die Blattschuppen.

Ehe ich mich nun zur Besprechung des Übergangsteiles vom Rhizom zum braunen Mittelstück und zu diesem selbst wende, möchte ich an dieser Stelle eine mikrochemische Untersuchung über die Bestandteile der Zellwände des Rhizoms einschalten. Ich will aber im voraus erwähnen, daß ich nur auf Verholzung, Verkorkung und Zellulose prüfte. Auf eine nähere Untersuchung, was für Stoffe im einzelnen vorliegen, konnte ich mich nicht einlassen. Ich verweise hier auf die Arbeit von G. Gjokic (10) und von Fr. Czapek (5, 6, 7). Beide Forscher haben schon festgestellt, daß Verholzung bei den Moosen nicht vorkommt. Gjokic erkannte außerdem, daß man mit Ausnahme der feinen Querwände der Hydroiden stets eine undeutliche Zellulosereaktion erhält. Czapek hat sich eingehender mit der Substanz der Membranen befaßt und dabei zwei Stoffe isoliert, die bei den Laub- und Lebermoosen ziemliche Verbreitung haben. Er nannte den einen „Sphagnol", den anderen „Dicranumgerbsäure".

Polytrichum formosum.

	Rhizom			
	Reagens	Einwirkungszeit	Farbänderung	Lösung
1.	Jod-Jodkalium	5 Minuten	gelb-braun	—
2.	Jod und Schwefelsäure	1 Minute	blau-blaubraun	langsame Lösung, siehe 3
3.	Schwefelsäure, konz.	$^1/_4$ Stunde bis 1 Tag	Rotfärbung	alles gelöst bis auf Endodermis, Hypodermal- und Radialstränge

	Rhizom			
	Reagens	Einwirkungszeit	Farbänderung	Lösung
4.	Chlorzinkjod	5—10 Minuten	Rhizoiden violett, übriges braunviolett	—
5.	Salpetersäure, konz.	1 Tag	Bleichung	—
6.	Chromsäure (1 %)	10 Minuten	—	alles gelöst
7.	Osmiumsäure	1/4 Stunde	dunklere Farbe	—
8.	Eau de Javelle	1 Tag	Bleichung	—
9.	Kupferoxydammoniak	1 Tag	Dunkel-Färbung	—
10.	Kalilauge, kalt, ,, warm	1 Tag	Braunfärbung ,,	— —
11.	Salpetersäure und Schwefelsäure	3 Tage Vorbehandlung	—	Rest gelöst, siehe 5
12.	Salpetersäure und Kupferoxydammoniak	3 Tage Vorbehandlung	—	Rest gelöst, siehe 5
13.	Salpetersäure und Schwefelsäure und Jod	5 Tage Vorbehandlung	mit Jod bläulich, nach Zusatz von Schwefelsäure dunkelblau	Lösung siehe 11
14.	Eau de Javelle und Schwefelsäure	5 Tage Vorbehandlung	—	Rest gelöst, siehe 8
15.	Eau de Javelle und Kupferoxydammoniak	8 Tage Vorbehandlung	—	alles bis auf kleine Spuren der Rhizoide gelöst
16.	Eau de Javelle und Schwefelsäure und Jod	5 Tage Vorbehandlung	Blaufärbung	—
17.	Phloroglucin und Salzsäure	1/4 Stunde	—	—

Um zunächst mit der letzten Kolonne (17) zu beginnen, so besagt diese, daß tatsächlich mit Phloroglucin und Salzsäure, selbst bei längerem Einwirken beider Stoffe, keine Rotfärbung auftrat. Verholzung ist also nicht vorhanden. Die nächste Frage war nun,

ob wir in der Zellmembran eine reine Zellulosereaktion bekommen können, ob also die Zellulose als solche vorhanden ist, oder mit irgend einem andern Stoff vereinigt. Die Tabelle ergibt, daß bei Behandlung mit Jod und Schwefelsäure (2) zwar eine blaue Färbung eintritt, diese aber von vornherein durch einen Farbstoff und zwar einen gelbbraunen mehr oder weniger stark verdeckt wird. Sucht man mit Chlorzinkjod die Reaktion auf Zellulose zu erproben, so ergeben sich auch hier dieselben Schwierigkeiten (4). Die an und für sich blassen Rhizoiden färbten sich intensiv violett, während das übrige Gewebe eine braunviolette Farbe bekam. Nur die sehr feinen Querwände innerhalb der „Hydroiden" waren bei beiden Reaktionen typisch gefärbt. Wie verhält es sich nun mit der Zellmembran gegenüber der Löslichkeit resp. der Unlöslichkeit in Säuren und in Kupferoxydammoniak? In konzentrierter Schwefelsäure (3) wurde alles bis auf die „Endodermis", die „Hypodermal- und Radialstränge" aufgelöst. Diese Teile, vor allem die Endodermis, lassen danach vielleicht auf Verkorkung schließen. 1 % Chromsäurelösung löste innerhalb weniger Minuten die Schnitte vollständig auf (6). Bei der Behandlung mit Kupferoxydammoniak wurden die Objekte zwar etwas dunkler (9), allein von einer Lösung oder etwa einer Quellung konnte ich nichts wahrnehmen. Für eine weitere Untersuchung auf vorhandene Zellulose war es somit nötig, den hemmend auftretenden Farbstoff zu beseitigen und dann den Rest weiter zu prüfen. Wie die Behandlung mit Eau de Javelle ergibt (8), werden die Schnitte darin nach 1 Tag vollständig gebleicht. Die so vorbehandelten Schnitte brachte ich nun teils in Kupferoxydammoniak (15), wo eine langsame Quellung und schließlich allgemeine Auflösung erfolgte, teils setzte ich Jod und Schwefelsäure hinzu (16) und konnte jetzt eine sofort eintretende intensive Blaufärbung feststellen. Freilich wurde der blaugefärbte Rest infolge der Einwirkung der konzentrierten Schwefelsäure unter Entfärbung bald aufgelöst. Völlige Bleichung war ebenso mit konzentrierter Salpetersäure zu erreichen (5). Auch da stellte ich ganz in der gleichen Weise, wie vorher bei Behandlung mit Eau de Javelle, Lösungs- und Färbungsversuche des Restes an. Das Ergebnis war das gleiche (11, 12, 13). Wie diese Reaktionen, vor allem die letzteren, wohl einwandfrei beweisen, haben wir in der Zellwand eine Zellulosegrundlage. Wie ich schon oben erwähnt habe, wurde bei Behandlung mit konzentrierter Schwefelsäure alles bis auf die „Endodermis", die „Radial- und Hypodermalstränge" aufgelöst. Versucht man nun für den braunen Bestandteil die der Verkorkung eigenen Fähigkeiten der Löslichkeit oder Unlöslichkeit in bestimmten Substanzen, so zeigt sich,

daß die typischen Reaktionen nur teilweise stimmen. In konzentrierter Salpetersäure wird zwar ein Auflösen des gelben Stoffes erzielt, dagegen löst sich in 1 % Chromsäure umgekehrt wie beim Korke die ganze Zellwand. Mit kalter wie mit warmer Kalilauge (10) geht keine Veränderung vor, lediglich die Farbe der Wände wird dunkler. Der gelbe Farbstoff ist somit vielleicht eine dem Kork nahestehende Substanz. Sehen wir uns einmal in einer ganz anderen Pflanzengruppe, nämlich bei *Spirogyra* die Bestandteile der Zygotenmembranen an. Hier hat Tröndle in seiner Untersuchung „Über die Kopulation und die Keimung von *Spirogyra*" ganz ähnliche Resultate erhalten. Dieser korkähnliche Stoff besitzt also vielleicht eine bei den Kryptogamen weite Verbreitung.

Nach dieser kurzen Abschweifung vom eigentlichen Thema, kehren wir wieder zu dem anatomischen Bau des Rhizoms zurück. Ich war zuletzt bei der Besprechung des Übergangs vom Rhizom zum Mittelstück angelangt. Schon Bastit und nach ihm Tansley haben in ihren Arbeiten auf die allmähliche Umwandlung vom Rhizom zum oberirdischen grünen Sproß aufmerksam gemacht.

2. Übergangsteil zwischen Rhizom und beblättertem Sproß.

Die erste Veränderung am Rhizom äußert sich darin, daß sich die dreieckigen Hypodermalstränge verflachen. Die an die Epidermis anliegende Basis wird allmählich länger, und Hand in Hand damit rückt die Spitze des Dreiecks näher nach der Basis.

Gleichzeitig werden die Einbuchtungen des Centralcylinders etwas flacher. Die Hydroiden nehmen an Zahl zu, und außerdem zeigen die größeren unter ihnen das Bestreben, sich mehr im Mittelpunkt zu vereinigen. Im übrigen haben wir noch große Ähnlichkeit mit dem Rhizom. Das stereomartige Gewebe des Centralcylinders ist erhalten, ebenso bleiben die „Radialstränge" und die Amylomschicht sichtbar. Die „Endodermis" ist gleichfalls zu erkennen, obwohl die Zellen nicht mehr so stark radial verlängert erscheinen. Nimmt man die Länge des Rhizoms durchschnittlich zu 3 cm an, so beträgt die Länge des besprochenen Stückes ungefähr 2 cm. Auf aufeinander folgenden Schnitten erfolgen jetzt weitere Umwandlungen. Was zunächst den Umriß des ganzen Stämmchens betrifft, so geht der anfangs kreisförmige Querschnitt mehr und mehr in die Gestalt eines Dreiecks über. Die Spitzen des Dreiecks entsprechen den Stellen, wo die Hypodermalstränge gelegen haben. Diese haben sich weiter verflacht und treten nur noch wenig aus der Epidermis und den darunter befindlichen 2—3 Zellschichten hervor, die sie eben gebildet haben. Infolge ständiger Abflachung der

hypodermalen Dreiecke berühren sich diese schließlich gegenseitig und umfassen so das ganze Stämmchen. Die Verdickung greift jetzt in erhöhtem Maße auch auf die Epidermis über, und ihre Zellen nehmen eine bräunliche bis rotbraune Färbung an. Das Lumen wird kleiner und abgerundet, der Inhalt bleibt lebendes Plasma. Die subepidermalen Lagen haben weniger verdickte braune Wandungen und sind meist polygonal und lebend. Abermals ein Stück am Stamm aufwärts weichen die Radialstränge weiter auseinander, und die Endodermis verliert ihren ausgeprägten Charakter. Beide Bestandteile ergeben schließlich die parenchymatische Rinde des Sprosses. Die „Leptoiden" (Tansley, *Polytrichum commune*) sind auf diesem Stadium undeutlich (Tansley), dagegen bleibt das „Amylom" gut erhalten. Am Centralstrang endlich sind verschiedene Veränderungen vor sich gegangen. Das Stereom, das seine Hauptmasse ausmacht, tritt zwar immer noch klar in die Erscheinung, aber die großen Hydroiden sind fast alle in der Mitte vereint. Man sieht zudem, wie Hydroiden, die im Rhizom unter die Zellen des rudimentären Pericycels eingestreut waren, die Randzone des Centralstranges verlassen, sich durch das Stereom durchschieben, um sich zu vereinigen und später den peripheren Centralstrang zu bilden. Verschiedene Zellen des Stereoms haben ihr Plasma verloren, ebenso sind natürlich die Hydroiden ohne Inhalt. Die Farbe des Centralstranges ist durchgehends dieselbe wie im Rhizom, nur weiter nach oben etwas mehr rötlich, vor allem in den Wänden der großen Hydroiden. Auf Längsschnitten sind die Epidermiszellen prosenchymatisch, die darunter befindlichen werden, je näher man dem Centralstrange kommt, desto ausgesprochener parenchymatisch. Die Zellen des Centralstranges haben die gleiche Form wie im Rhizom. Die soeben behandelte Zone ist ungefähr 1 cm lang. Nach einer abermaligen kleinen Umwandlung gelangt man schließlich zu dem eigentlichen Mittelstück. Makroskopisch fällt dieses schon wegen seiner rotbraunen Farbe und der allerdings stark reduzierten Blättchen oder Blattschuppen auf (Fig. 4 A und B).

Das Mittelstück hat eine dreikantige Form. Die drei Kanten entsprechen den Stellen, wo ehedem die Hypodermalstränge lagen. Diese sind nun ganz in der Bildung der subepidermalen Zellschichten aufgegangen. Die Epidermis hebt sich am Mittelstück nur durch ihre intensiv rotbraune Färbung von den subepidermalen Lagen ab, außerdem bezüglich der chemischen Zusammensetzung, wie noch zu zeigen ist. Das Lumen der Zellen wird infolge der außerordentlichen Verdickung sehr verkleinert, oft ist es nur noch als winziger Punkt zu sehen. Bei dünnen Schnitten läßt sich die Schichtung

innerhalb der Wandverdickung feststellen. Unter der Epidermis folgen 2—3 Lagen von Zellen mit gleichfalls stark verdickten Wänden, allein der Grad der Verdickung nimmt nach dem Innern mehr und mehr ab. Die Farbe aller Zellen ist eine intensiv gelbbraune. Auf die subepidermale Zone folgt das parenchymatische Gewebe der Rinde. Seine Zellen sind besonders in der Nähe des Centralstranges durch dünne Wandungen und regelmäßige Umrisse gekennzeichnet. Die Zellen der parenchymatischen Rinde sind stets lebend und führen neben Stärke auch etwas Chlorophyll. In dem Rinden-

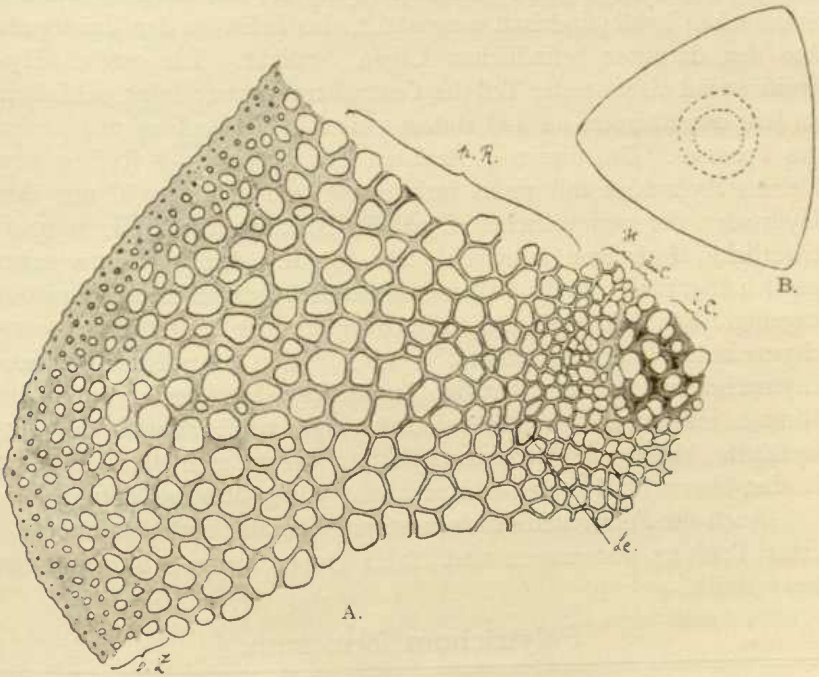


Fig. 4. *Polytrichum formosum.*

A. Teil des Mittelstückes.

e. Z. = epidermale Zone (Epidermis + Hypodermalstränge). *p. R.* = parenchymatische Rinde (Radialstränge + Endodermis). *Le.* = Lage der Leptoiden. *H.* = Hydromscheide (Amylom). *äu. C.* = äußerer Centralstrang. *i. C.* = innerer Centralstrang.

B. Umriß des Mittelstückes.

gewebe fallen an den Stellen, die den Kanten benachbart sind, in der Nähe des Centralstranges je drei Gruppen von Zellen mit stark hellgelb gefärbten Wandungen auf. Dort sind, wie Tansley in seiner Untersuchung angegeben hat, die „Leptoiden" zu suchen. Zur Vervollständigung des Rindengewebes fehlen nur noch die innersten 2—3 Schichten, die sich aus regelmäßig gebauten und

dünnwandigen Zellen zusammensetzen. Sie sind gegenüber den anderen Rindenzellen viel kleiner, hellgelb bis farblos und bilden die „Hydromscheide" (Tansley), die aus dem Amylomgewebe des Rhizoms hervorgegangen ist. Ihre Zellen enthalten Plasma und Stärke. Der innerste Teil des Mittelstücks wird vom Centralstrange eingenommen. Hier hat sich abermals eine Veränderung eingestellt. Das Stereom ist völlig verschwunden. Seine Funktion war ja im Rhizom die der Festigung gegen Zerreißen. Im Mittelstück wird dieser Schutz nicht benötigt, vielmehr kommt es jetzt auf eine Sicherung gegen zu starke Biegung an, und darum wird das Stämmchen hohlcylindrisch ausgesteift, das heißt in der Epidermis und den darunter befindlichen Lagen verdickt. Die großen Hydroiden sind als innerster Teil des Centralstranges vereinigt, schließen an jene des Rhizoms an und stehen weiter in Verbindung mit denen des Sprosses. Um diesen centralsten Teil liegen 2—3 Reihen von kleinen Hydroiden mit meist farblosen Wänden, die wohl mit den Hydroiden der pericyclischen Zone des Rhizoms zusammenhängen. Sämtliche Hydroiden fand ich ohne Inhalt. Einige Worte seien endlich über die Form der Zellen des Mittelstückes auf Längsschnitten zugefügt. Die Epidermis sowie die subepidermale Zone trägt prosenchymatischen Charakter, alles übrige bis auf den Centralstrang parenchymatischen. Letzterer hat den Aufbau bewahrt, der ihm schon im Rhizom eigen war. Das Mittelstück trägt, wie ich schon eingangs erwähnte, kleine stark reduzierte Blätter, die mit den Blattschuppen in den oberen Teilen des Rhizoms fast völlig übereinstimmen.

Auch die Zellwandzusammensetzung des Mittelstückes habe ich einer Prüfung unterzogen und dabei einige kleine Abweichungen festgestellt.

Polytrichum formosum.

	Mittelstück			
	Reagens	Einwirkungszeit	Farbänderung	Lösung
1.	Jod-Jodkalium	5 Minuten	braun	—
2.	Jod und Schwefelsäure	1 Minute	Epidermis rot, übriges braun-blau bis blau	langsame Lösung, siehe 3
3.	Schwefelsäure, konz.	1 Tag	—	Epidermis erhalten, übriges gelöst
4.	Chlorzinkjod	5—10 Minuten	Epidermis rotbraun, übriges violett	—

	Mittelstück			
	Reagens	Einwirkungszeit	Farbänderung	Lösung
5.	Salpetersäure, konz.	4 Tage	Epidermis hellgelb, übriges gebleicht	—
6.	Chromsäure (1 %)	$^1/_2$ Tag	—	Epidermis ungelöst
7.	Osmiumsäure	$^1/_4$ Stunde	dunkle Farbe	—
8.	Eau de Javelle	5 Tage	Bleichung	—
9.	Kupferoxyd-ammoniak	1 Tag	dunkle Farbe	—
10.	Kalilauge, kalt „ warm	1 Tag	Braunfärbung „	— —
11.	Salpetersäure und Schwefelsäure	5 Tage Vorbehandlung	—	Rest gelöst, siehe 5
12.	Salpetersäure und Kupferoxyd-ammoniak	5 Tage Vorbehandlung	—	Rest gelöst, siehe 5
13.	Salpetersäure und Schwefelsäure und Jod	5 Tage Vorbehandlung	mit Jod bläulich, nach Zusatz von Schwefelsäure dunkelblau	—
14.	Eau de Javelle und Schwefelsäure	5 Tage Vorbehandlung	—	Rest gelöst, siehe 8
15.	Eau de Javelle und Kupferoxyd-ammoniak	5 Tage Vorbehandlung	—	alles bis auf kleine Spuren der Epidermis gelöst
16.	Eau de Javelle und Schwefelsäure und Jod	5 Tage Vorbehandlung	Blaufärbung	—
17.	Phloroglucin und Salzsäure	—	—	—

Die Epidermis wurde nämlich weder in konzentrierter Schwefelsäure noch in 1 % Chromsäurelösung gelöst. In Jod und Schwefelsäure nahm sie lediglich eine etwas dunklere Farbe an, gerade so wie in Chlorzinkjod. Die Vermutung liegt somit sehr nahe, hier einen Stoff anzunehmen, der vielleicht dem Cutin ähnlich ist. Damit beschließe ich die Besprechung des Mittelstückes und wende mich im folgenden zum grünen Sproß.

3. Der stets oberirdische reich beblätterte Sproß.

Weiter aufwärts vom Mittelstück geht schon bei makroskopischer Betrachtung äußerlich am Stämmchen eine Wandlung vor. Die anfangs kleinen Blattschuppen werden größer und größer, und schließlich gelangt man zu vollständig ausgebildeten grünen Blättchen. Ebenso wird gleichzeitig die braune Farbe des Stammes mehr gelb und sehr bald grün, der innere Aufbau ändert sich ebenfalls. Alle Gewebezonen werden breiter und stärker. Was neu hinzukommt sind lediglich die Blattspuren und die gut entwickelten Blättchen. Der Durchmesser des grünen Sprosses wird zudem größer, und die dreikantige Form des Mittelstückes hat sich in eine kreisrunde umgewandelt, abgesehen von den Vorwölbungen, die durch die aus dem Stamme austretenden Blättchen hervorgerufen sind. An einem solchen Sproß lassen sich 5 Teile sicher annehmen Bastit und Tansley kamen zu gleichen Resultaten.

1. Die Epidermis (Fig. 5).
2. Die subepidermale Zone.
3. Das parenchymatische Rindengewebe.
4. Der Centralstrang.
5. Die Blattspuren (Taf. I Fig. 4 und Taf. II Fig. 1).

ad 1. Von einer Cuticula, die das grüne Stämmchen überzieht, war abermals nichts zu finden. Die Epidermis ist also die äußerste Schicht und umschließt den Sproß völlig. Sie besteht aus einer Lage von stark verdickten gelb gefärbten Zellen. Bei genügend dünnen Schnitten kann man ganz genau wie in der Epidermis des Mittelstückes die Schichtung der verdickten Wände wahrnehmen. Infolge der starken Verdickung ist natürlich das Zellumen sehr klein, trotzdem läßt sich bei Schnitten, die mit Haematoxylin gefärbt sind, das Protoplasma nachweisen und zwar als vollständiger allerdings dünner Wandbeleg. Unter dieser prosenchymatischen Oberflächenschicht liegen 2—3 Zellreihen, die sich sehr gut von dem übrigen Gewebe abheben.

ad 2. Die subepidermale Zone (Taf. II Fig. 1) führt sehr dunkel gefärbte, relativ stark verdickte und immer noch ziemlich enge Zellen. Neben reichem Plasmagehalt findet man hier besonders im Frühjahr Stärke. Im Winter konnte ich davon fast nichts wahrnehmen, wie überhaupt für das ganze übrige Gewebe die Jodprobe in dieser Jahreszeit nur ganz schwach ausfiel. Öl war offenbar nicht vorhanden, auch nicht im Centralstrang. Die Zellen der Hypodermalzone haben ziemlich unregelmäßig gestellte Querwände, teils schief, teils mehr oder weniger wagrecht, jedoch ist die Wandver-

dickung nach allen Richtungen hin gleich (Taf. I Fig. 3). Die Hypodermalzone ist ziemlich gut gegen das folgende parenchymatische Rindengewebe abgegrenzt, obwohl ihr innerster Teil Übergangsstruktur aufweist.

ad 3. Das parenchymatische Rindengewebe (Taf. II Fig. 1) nimmt den größten Teil des ganzen Stämmchens ein. Darin unterscheidet es sich von der Rinde des Rhizoms, denn dort war diese etwa gerade so stark wie der Centralstrang, während hier die Rinde

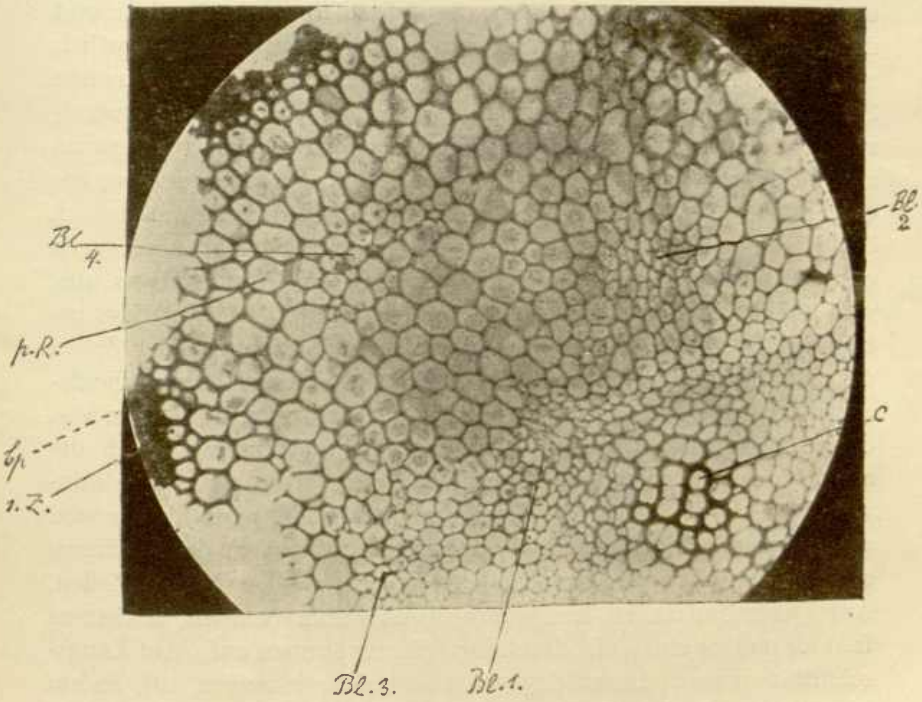


Fig. 5. *Polytrichum formosum.* Querschnitt durch den Sproß.

Ep. = Epidermis. *s. Z.* = subepidermale Zone. *p. R.* = parenchymatisches Rindengewebe. *C.* = Centralstrang. *Bl.* = Blattspur.

ungefähr 1—1½ mal so breit ist als der Durchmesser des Centralstranges. Außerdem befinden sich die größten Zellen der Rinde in deren Mitte, während rechts und links davon, in der Nähe der subepidermalen Zone und gegen den Centralstrang hin die Zellen etwas kleiner sind (Fig. 5). Durchschnittlich ist der Bau der Zellen untereinander gleich, längs sowohl wie quer, und zwar parenchymatisch, ohne auffallende Verdickung der Wände. Die Mittellamelle und die daran anliegende gelbe primäre Verdickungsschicht ist gut zu

erkennen. Alle Zellen erscheinen darum im Querschnitt polygonal, ohne die große Regelmäßigkeit in der Anordnung, wie sie in den Blattspuren auftritt. Die Rindenzellen sind mit Plasma erfüllt; ihr Gehalt an Stärke nimmt von der subepidermalen Zone nach dem Innern ständig zu. Die innersten Schichten der parenchymatischen Rinde muß ich noch etwas eingehender behandeln, da mir für *Polytrichum formosum* eine Scheidung in 3 besondere Lagen, „rudimentären Pericycel", „Leptomscheide" und „Hydromscheide", wie es Tansley für *Polytrichum commune* durchführt, nicht tunlich erscheint. Doch ich will zuerst die Zellschichten beschreiben und daran anschließend auf die Sache noch zurückkommen. Deutlich zu unterscheiden ist auf Querschnitten eigentlich nur die innerste Zellschicht, d. h. jene, welche außen an den peripheren Centralstrang grenzt. Sie ist nach ihrem großen Stärkegehalt (wenigstens im Frühjahr) wohl als die von Tansley für *Polytrichum commune* eingeführte „Hydromscheide" anzusprechen. Ihre Zellen sind nach der Rinde zu ziemlich gradwandig und zwar polygonal, aber gegen den peripheren Centralcylinder biegen sich die Wände etwas aus, was auf den hohen Plasmagehalt zurückzuführen ist; an diese gebogenen Zellwände setzen öfters die dünnen Wandungen der Zellen des peripheren Stranges an (Taf. I Fig. 4). Diese Hydromscheidezellen, die einen Ring bilden um den Centralstrang, abgesehen von den Ausbuchtungen und weiterhin der Durchbrechung durch die austretenden Blattspuren, sind dunkel gefärbt, nur wenig dünnwandiger als die Zellen der angrenzenden Rinde, aber kleiner und parenchymatisch. Betrachten wir jetzt die zwischen der Hydromscheide und dem übrigen Rindengewebe liegenden gelben Zellen. Auf Querschnitten ist hier kaum etwas wahrzunehmen, höchstens fällt ab und zu eine Zelle durch ihr größeres Lumen auf. Auf Längsschnitten (Fig. 6) treten dagegen kleine Abweichungen auf, indem bisweilen tatsächlich die Enden einiger Zellen etwas erweitert werden. An diesen Querwänden haftet der Plasmaschlauch mit einem fußartig verbreiterten Ende fest. Die Querwand selbst ist dünner als die Längswand. Diese Zellen haben wirklich Ähnlichkeit mit Siebröhren, wenn auch keine Siebplatten entwickelt werden. Ein ganzer Ring von solchen Elementen liegt aber nicht vor, und eine weitere Differenzierung kann man für *Polytrichum formosum* nicht annehmen. Ein rudimentärer Pericycel ist meinem Erachten nach nicht festzustellen. Den innersten Teil des Sprosses nimmt der Centralcylinder ein.

ad 4. Wie man schon an genügend dünnen Schnitten von frischem Material sehen kann, zerfällt der Centralstrang in 2 Teile,

in einen peripheren und einen innersten. Bei fixierten und mit Eosin-Nelkenöl gefärbten Schnitten lassen sich die unterscheidenden Merkmale noch leichter auseinanderhalten. Die Wände des peripheren Centralstranges, die gegenüber denen des innersten dünner und außerdem von Natur aus ungefärbt erscheinen, werden nämlich durch diese Behandlung rosa, dagegen nehmen die Zellen des innersten Teiles des Stranges wegen ihrer natürlichen braunen Färbung nunmehr eine rotbraune an. Der periphere Centralstrang

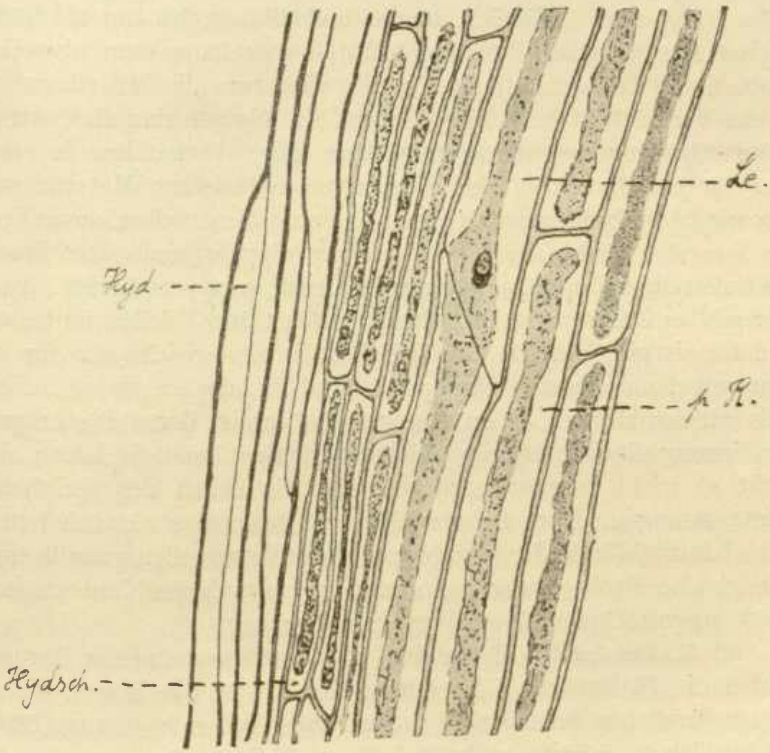


Fig. 6. *Polytrichum formosum.*

Längsschnitt durch den Sproß mit Leptoide.

Hyd. = Hydroide. *Hydsch.* = Hydromscheide. *Le.* = Leptoide.
p. R. = parenchymatische Rinde.

setzt sich entweder aus einzelnen Zellen (Taf. I Fig. 4 a, b, c) zusammen, die ringsum gleichmäßig verdickt sind und deren Mittellamelle stärker rot gefärbt ist als die primär anliegende Verdickungsschicht, oder andere Stellen (Taf. I Fig. 4 d—f) zeigen 3 und mehr solcher Zellen, die zu einer Gruppe vereint sind. Die Gruppe wird von einer gemeinsamen, ebenso wie in dem gerade vorher behandel-

ten Fall, verdickten Wand umschlossen, dagegen bleiben die die einzelnen Zellen voneinander trennenden Wände innerhalb der Gruppe sehr fein, und bei genügend dünn gehaltenen Schnitten kann man sehr wohl erkennen, daß diese feinen Wände nichts anderes sind als unverdickt gebliebene Mittellamellen, die sich von der die Gruppe umschließenden Mittellamelle abzweigen. Auf Längsschnitten kommt das zur Geltung, was von Haberlandt und von Tansley schon beschrieben worden ist (Taf. I Fig. 3, c) und was auch im Rhizom zu beobachten war. Eine anfangs ziemlich dicke Wand wird allmählich dünner und dünner, bis nur noch die unverdickte Mittellamelle übrig bleibt, ferner kann man bisweilen beobachten, daß ganz dünne Wände, wiederum die Mittellamellen an eine verdickte Wand schief ansetzen. Im übrigen sind die Centralzellen sehr lang und immer inhaltlos. „Das Vorhandensein eines sehr dünnen Häutchens" bei Plasmolyse am frischen Material war hier nie zu beobachten. Auf jeden Fall sind diese Zellen, sowie jene des innersten Teiles des Centralstranges abgestorben. Der innere Centralstrang ist im Bau wenig verschieden vom peripheren. Auch hier gibt es Zellgruppen, die allerdings meist nur 3 Zellen umfassen, und für sie gilt, was die Struktur betrifft, das gleiche wie für die Gruppen des peripheren Stranges. Inhaltlich decken sie sich ebenfalls mit den äußeren Zellen, dagegen sind infolge der weit stärkeren Verdickung die Wände viel widerstandsfähiger, und sie lassen sich nicht so leicht zusammendrücken, wie die Zellen des peripheren Centralstranges. Beim fixierten Material kommt es nämlich häufig vor, daß die Wände der peripheren Centralstrangzellen gewellt sind. Die gleiche Beobachtung kann man am peripheren Centralstrang stark ausgetrockneter Moosstämmchen machen.

ad 5. Den letzten Bestandteil im Gewebeverband des Sprosses bilden die Blattspuren. Es erhebt sich zuerst die Frage, wo die ersten Anzeichen derselben zu suchen sind. Wir müssen zur Lösung einen kleinen Schritt nach rückwärts machen, denn zum ersten Male sind Blattspuren da zu finden, wo das Mittelstück in den grünen Sproß übergeht. Die erste Veränderung, die sich dort einstellt, äußert sich darin, daß sich der periphere Centralstrang allmählich an einer Stelle vorwölbt, weiter aufwärts trennt sich bald eine größere Gruppe von Zellen von ihm los. Verfolgen wir diese bisher noch unregelmäßig angeordnete Gruppe weiter, so gelangen wir schließlich an einen Punkt, wo ihre runde Form in eine gestreckte übergeht. Dies ist der Fall etwa in der Mitte zwischen Epidermis und peripherem Centralstrang. Noch höher oben wird endlich die Epidermis von dieser langgestreckten Zellgruppe erreicht, dann nach

außen vorgebogen, und damit steht die Blattspur kurz vor ihrem Verlassen des Sprosses. Zur Ausbildung des Blattes fehlt nun allein die völlige Abtrennung des Gewebes vom Stamme und dann die Anlegung der Blattlamellen. Alle übrigen Teile sind schon vorhanden, wenn das Blatt als Vorwölbung am Stämmchen erscheint. Dies ist kurz geschildert die Ausbildung des Blattes vom inneren Teil des Sprosses bis zu dessen Verlassen. Es ist aber wohl nötig, etwas genauer auf diesen ganzen Vorgang an Hand einer einzelnen Blattspur im grünen Sproß mit Hilfe der beigegebenen Abbildungen einzugehen. Im wesentlichen sind die Wandlungen gerade so bei den untersten Blattspuren und Blättchen an der Grenze vom Mittelstück zum Sproß. Bei schwacher Vergrößerung fällt sofort eine gewisse Regelmäßigkeit in der Verteilung der Blattspuren im Stämmchen auf, und zwar kommt eine analoge Anordnung vor, wie wir sie bei der Stellung der Blätter am Sproß höherer Pflanzen beobachten.

Für *Polytrichum formosum* wie auch *commune* liegt eine typische dreiachtel Stellung vor (siehe Fig. 5).

Im peripheren Centralstrang finden sich an bestimmten Stellen, die der dreiachtel Stellung der Blattspuren entsprechen, Gruppen von mehreren Zellen, die durch dünne Wände voneinander getrennt sind (Taf. I Fig. 4 Bl.). Eine solche Gruppe wird von einer dickeren Wand umschlossen. Die Zellmasse sucht als nächstes den peripheren Centralstrang zu verlassen, und damit entsteht an diesem eine Vorwölbung (Fig. 5 Bl. 1).

Mit dieser Vorwölbung ist notwendigerweise auch eine Ausbiegung der angrenzenden „Hydromscheide" verbunden. Die ausgebogene „Hydromscheide" ihrerseits hebt sich infolge ihrer dunkleren Zellwandungen ziemlich deutlich vom übrigen Rindengewebe ab. Die Blattspur, die anfangs noch aus lauter inhaltlosen Zellen besteht, drängt sich jetzt immer mehr in die Rinde ein (Fig. 5 Bl. 2), die Zellen der Hydromscheide stets vor sich herschiebend. Endlich ist es soweit gekommen, daß infolge weiteren Vorrückens und durch Zusammenschluß der Zellen der „Hydromscheide" hinter der Spur, diese in den inneren Schichten der parenchymatischen Rinde eingebettet ist (Fig. 7).

Die Spur hat durchaus noch den Charakter der Zellen des peripheren Centralstranges. Wie die genauere Untersuchung ergibt, sind denn auch diese Zellen ohne Inhalt.[1]) Diese Gruppe leerer Zellen wird vollständig umschlossen von einer Schicht von Zellen mit dunklen braun gefärbten Wänden, die aus der „Hydromscheide"

[1]) Die Zellen ohne Protoplasma sind auf den Zeichnungen nicht punktiert.

mit der Blattspur mitgegangen sind. Diese Anordnung dauert eine kurze Strecke fort. Allein bald verschwinden die inhaltslosen „Hydroiden" mehr und mehr und schließlich sind nur noch 4 oder 5 von ihnen erhalten.

Bei weiterer Beobachtung sieht man plötzlich die ganze Spur eine regelmäßigere Form annehmen. Die anfangs noch etwas runden Zellen werden geradwandig, die Elemente der ursprünglichen Hydromscheide und größere Zellen, welche man als die „Leptoiden" von Tansley erkennt, beginnen sich um die einzelnen „Hydroiden" zu sammeln (Fig. 5 Bl. 3). Zur vorläufigen Ausgestaltung der Blattspur fehlt jetzt nicht mehr viel. Sie wird gerade gestreckt und erreicht so allmählich die Epidermis (Fig. 5 Bl. 4 u. Fig. 8).

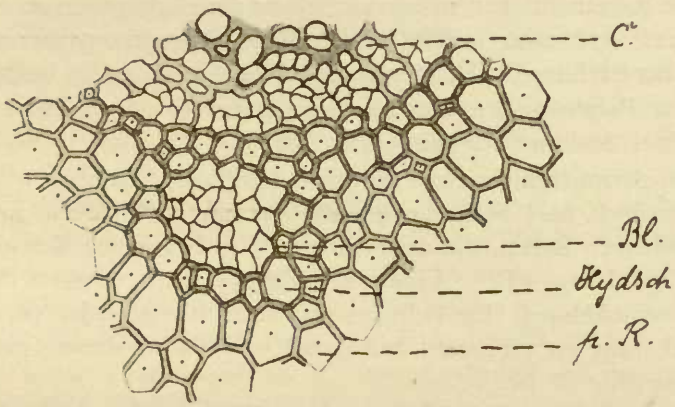


Fig. 7. *Polytrichum formosum.* Blattspur.
C. = Centralstrang. *Bl.* = Blattspur. *Hydsch.* = Hydromscheide.
p. R. = parenchymatische Rinde.

Dann bekommt man ein Bild, wie es in Tafel II Figur 3 vorliegt. Das Stämmchen ist an dieser Stelle stark vorgewölbt. Unter der Epidermis sieht man die hypodermale Zone. Darunter folgt eine Reihe von Zellen, die sehr regelmäßig gebaut sind, die „Comites" von Lorentz. Drei von ihnen umgeben jeweils nach außen eine kleine fünfeckige Zelle, die „Centralzelle" oder „Hydroide" (ohne Inhalt). Die Centralzellen sind wohl die wasserleitenden Elemente der Spur und später des Blattes. Weiter nach innen folgen schließlich ziemlich große und ebenso wie sämtliche Elemente der Blattspur dünnwandige Zellen, an die „Centralzellen" stoßend. Diese „Deuter" nach Lorentz stammen aus den siebröhrenähnlichen Zellen der „Leptoiden". Auf Längsschnitten (Taf. II Fig. 2) kommt dies noch besser zur Geltung. Der Schnitt, dessen Bild uns die Figur 2 der Tafel II wiedergibt, würde etwa dahin zu verlegen sein,

wo auf Tafel II Figur 3 der Querstrich angegeben ist. Auf dem Längsschnitt ist eine große ziemlich weite Zelle zu erkennen, deren plasmatischer Inhalt an der Querwand fußartig aufsitzt, also wirklich eine siebröhrenartige Zelle „der Deuter". Dann folgt rechts auf dem Längsschnitt eine leere Zelle mit etwas schräger Wand, die bei Färbung mit Eosin schwach rosa gefärbt wird, also eine „Hydroide" oder Centralzelle". Links schließt sich an den Deuter eine Reihe kleinerer ebenfalls unverdickter parenchymatischer Zellen an, auch „Deuter". Diese endlich berührt wieder eine leere Zelle, eine „Hydroide" oder Centralzelle" und als äußerstes Element ein „Comes" (Lorentz). Zur Vervollständigung wäre endlich zu erwähnen, daß zwischen der Blattspur und dem eigentlichen paren-

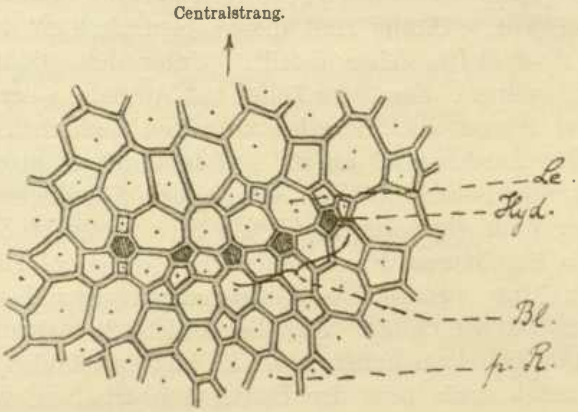


Fig. 8. *Polytrichum formosum.* Blattspur.
Bl. = Blattspur. *Hyd.* = Hydroide (= Centralzelle). *Le.* = Leptoide (= Deuter). *p. R.* = parenchymatische Rinde. (Die schwarz gezeichneten Hydroiden sind ohne Inhalt.)

chymatischen Rindengewebe des Stämmchens eine Masse von dunklen Zellen eingeschoben ist (Taf. II Fig. 3). Dies ist die neu auftretende hypodermale Zone, welche sich immer weiter ausdehnt und so schließlich die Lostrennung des Blattes vom Stamme bewirkt. Damit komme ich kurz auf die Struktur des fertigen Blattes zu sprechen.

Am fertigen Blatt sind 3 Hauptteile zu unterscheiden:

1. Eine epidermale Zone oder Blattunterseite.
2. Die Blattlamellen.
3. Die Blattspur.

1. Die epidermale Zone ist gut zu sehen. Sie setzt sich aus kleinen, ziemlich stark verdickten Zellen zusammen und bildet die Unterseite des Blattes, d. i. die Seite, welche von dem Stamme abgekehrt ist.

2. Weiter nach der Mitte des Blattes zu folgen mehrere säulenartige Gebilde, auf je einer Zelle der epidermalen Zone aufsitzend, meist aus 4 oder 5 Zellen bestehend. Die Säulchen sind die im Querschnitt gesehenen Lamellen. Die Zellen der Lamellen sind annähernd gleich groß, nicht allzu stark verdickt, — bei *Polytrichum commune* tragen die Endzellen 2 Höcker.

3. Im Mittelpunkt des ganzen Blattes liegt seine Spur oder Rippe. Diese wird nach oben, sowie nach unten von sklerenchymatischem Gewebe bedeckt, gegen die Lamellen einerseits und die epidermale Zone andererseits. Von der oberen, d. h. der dem Stamme zugekehrten sklerenchymatischen Schicht, weiter nach innen schreitend kommen relativ große, nicht verdickte Zellen, „die Deuter", dann folgen etwa 5 „Centralzellen" mit dünnen Wänden und ohne Inhalt. Häufig sind diese „Centralzellen" im Innern wieder in 2—3 kleine Zellen geteilt. Unter den „Centralzellen" liegen die „Comites". Sämtliche Zellen mit Ausnahme der „Centralzellen" sind lebend, die Lamellen enthalten außerdem sehr viel Chlorophyll. Anschließend an die soeben durchgeführte Behandlung des anatomischen Aufbaues des grünen Stämmchens schalte ich an dieser Stelle wiederum eine Tabelle der chemischen Zusammensetzung der Membranen des Sprosses ein. Wie wohl zu erwarten war, traten keine wesentlichen Abweichungen gegenüber den Reaktionen im Mittelstück auf. Nur die Löslichkeit in konzentrierter Schwefelsäure fiel etwas anders aus. Es blieben nämlich außer der Epidermis auch noch Teile der Blattspuren erhalten, wenn diese die gestreckte Form angenommen haben. Nach diesen Ergebnissen darf man wohl als sicher annehmen, daß der grüne Sproß fast die gleiche chemische Zusammensetzung haben muß wie das Mittelstück, und zwar, daß eine Zellulosegrundlage vorhanden ist, mehr oder weniger imbibiert mit einem gelben Farbstoff, den man in der Epidermis und in den Blattspuren dem Cutin nahestellen kann.

Polytrichum formosum.

	Sproß			
	Reagens	Einwirkungszeit	Farbänderung	Lösung
1.	Jod-Jodkalium	5 Minuten	braun	—
2.	Jod und Schwefelsäure	1 Minute	Epidermis gelbbraun, übriges braunblau bis reinblau	langsame Lösung, siehe 3

	Sproß			
	Reagens	Einwirkungszeit	Farbänderung	Lösung
3.	Schwefelsäure konz.	10 Tage	Epidermis und Reste der Blattspuren gelbbraun	alles bis auf Epidermis und Reste der Blattspuren gelöst
4.	Chlorzinkjod	5—10 Minuten	Epidermis gelbbraun, übriges braunviolett bis rein-violett	—
5.	Salpetersäure konz.	5 Tage	Bleichung	—
6.	Chromsäure (1 %)	2 Tage	—	Epidermis ungelöst
7.	Osmiumsäure	1/4 Stunde	dunkle Farbe	—
8.	Eau de Javelle	4 Tage	Bleichung	—
9.	Kupferoxydammoniak	1 Tag	dunkle Farbe	—
10.	Kalilauge, kalt „ warm	1 Tag	Braunfärbung —	— —
11.	Salpetersäure und Schwefelsäure	5 Tage Vorbehandlung	—	Rest gelöst, siehe 5, Spuren der Epidermis
12.	Salpetersäure und Kupferoxydammoniak	5 Tage Vorbehandlung	—	Epidermisspuren übrig
13.	Salpetersäure und Schwefelsäure und Jod	5 Tage Vorbehandlung	mit Jod violett, mit Schwefelsäure blau	dann Lösung
14.	Eau de Javelle und Schwefelsäure	5 Tage Vorbehandlung	—	Epidermisspuren erhalten
15.	Eau de Javelle und Kupferoxydammoniak	5 Tage Vorbehandlung	—	Epidermisspuren übrig
16.	Eau de Javelle und Schwefelsäure und Jod	5 Tage Vorbehandlung	Blaufärbung	Reste der Epidermis erhalten
17.	Phloroglucin und Salzsäure	1/4 Stunde	—	—

Ich habe in den vorigen Kapiteln den anatomischen Bau des Stämmchens behandelt und dabei besonders berücksichtigt, welcher Inhalt den einzelnen Zellen und Zellkomplexen zukommt. Die Untersuchung ergab, daß wir erstens ein besonderes Gewebe durch alle Teile des Moospflänzchens hindurch verfolgen können, daß zweitens dieses Gewebe stets ohne Inhalt ist. Die Elemente, die das Gewebe zusammensetzen, sind im Rhizom im Centralstrang zerstreut, schließen sich aber weiter hinauf im Stämmchen zu einem kompakten Zellgewebe zusammen. Es ist jetzt vielleicht angebracht, zu erfahren, welche Entwicklung der Centralstrang vom Vegetationspunkt an nimmt, wie im besonderen sein Gehalt an Plasma sich mit der Entfernung von jenem in den Zellen des Stranges ändert.

4. Der Vegetationspunkt.

In der Nähe des Vegetationspunktes der Laubmoose werden, wie bekannt, neue Wandungen parallel zu den Seiten der tetraëdrischen Scheitelzelle angelegt. Damit kommt es anfänglich zu einer ziemlich regelmäßigen Lagerung der einzelnen Zellen. Weiter und weiter von der Spitze des Stämmchens weg verliert sich diese Regelmäßigkeit, und bald liegt mehr nur eine Masse von kleinen polygonalen Zellen vor. Diese Zellen erscheinen anfangs voneinander nicht verschieden, sie sind alle dünnwandig und reichlich mit Plasma erfüllt. Bald tritt aber eine schwache Andeutung von Differenzierung in der Masse der Zellen ein. Ich habe im folgenden den oberen Teil des Sprosses vom Vegetationspunkt weiter nach unten in mehrere Zonen geteilt. Die erste Zone, welche auf der Zeichnung Tafel II Figur 4, I angegeben ist, liegt in unmittelbarer Nähe des Vegetationspunktes. (Der Vegetationspunkt selbst ist auf diesem Schnitt nicht zu sehen, da er nicht in einer Ebene mit den übrigen Zonen geschnitten worden ist. Er war bei dem Schnitt, den die Figur wiedergibt, etwas nach oben gekrümmt.)

In dieser ersten Zone nun lassen sich vorwiegend 2 Gruppen von Zellen unterscheiden (Taf. II Fig. 4, I). Die erste Gruppe bildet die äußersten Schichten des Vegetationskegels, und hier liegen kleine polygonale Zellen, dünnwandig mit Plasma erfüllt; sie sind diejenigen Teile, die allmählich das ganze Gewebe der Rinde liefern. Im Innern befindet sich eine zweite Gruppe von Zellen anfangs, auch mehr oder weniger parenchymatisch gestaltet. Ihre Querwände sind teilweise schräg gestellt. Dies sind die Vorläufer der späteren Hydroiden des Centralstranges. Die Wandungen der Zellen sind anfangs ebenso dick, wie die der zuerst besprochenen Gruppe, auch ihr Gehalt an Plasma steht dem der übrigen kaum

nach. In der zweiten Zone sind im innersten Teil mehrere Lagen von auffallend anders gestalteten Zellen, meist relativ langgestreckte Elemente mit ziemlich schiefstehenden Querwänden aber noch gleicher Wandverdickung. Das Plasma ist mit seinen Kernen sichtbar, wenn auch nicht mehr so reichlich als in der ersten Zone. Wir haben hier die erste Andeutung der „Hydroiden". Die weiter nach außen liegenden Schichten, die die Rinde bilden, schließe ich von der folgenden Betrachtung aus, da sie ja ihren Plasmagehalt weiterhin nicht ändern und da es mir darauf ankommt, die Wandlungen des Centralstranges zu besprechen. Die Form des Centralteiles wird sehr charakteristisch in der nächsten, der dritten Zone. Die meisten Zellen sind ausgesprochen prosenchymatisch. Außerdem bleiben die schrägstehenden Wände unverdickt, ja öfters erscheinen sie sogar dünner, wie in der zweiten Zone, und häufig kann man sie wegen ihrer Feinheit kaum wahrnehmen. Was endlich den plasmatischen Inhalt betrifft, so hat auch er einige Wandlungen erfahren. Die Plasmaentwicklung hält mit dem starken Längenwachstum der Zellen nicht gleichen Schritt, sie scheint im Gegenteil gering zu bleiben. Infolgedessen wird das Plasma zu einem dünnen Schlauche ausgezogen. Weiterhin setzt eine allgemeine Streckung sämtlicher Zellen ein. In der vierten (Taf. II Fig. 5) Zone haben die Zellen des Centralstranges nur noch wenig Plasma, häufig bleibt überhaupt nur der Zellkern erhalten. Das ganze Stämmchen erfährt außerdem auf diesem Punkte neben dem Längenwachstum eine ziemlich starke Zunahme in die Dicke. Zur Vervollständigung möge noch eine Zone erwähnt werden. Diese liegt etwa 2 mm unterhalb der Spitze. Die Zellen des Centralstranges entbehren nunmehr vollständig des Plasmas, und das Bild, das man erhält, ist nahezu jenes, welches wir auf einem Längsschnitt durch den eigentlichen Sproß bekommen. Wenn auch dort die einzelnen Zellen, besonders die der Rinde und der „Hydromscheide" etwas mehr differenziert sind. Damit ist einwandfrei bewiesen, daß die Zellen des Centralstranges schon sehr früh herausdifferenziert werden, daß sie ferner sehr bald schon ihr Plasma verlieren und dann nur noch tote Elemente darstellen, die wohl der Wasserleitung dienen.

Ich beschließe hiermit die anatomischen Untersuchungen über *Polytrichum formosum* und will in den nächsten Kapiteln eine Vergleichung mit den übrigen am Anfange aufgezählten Arten anstellen.

b) Polytrichum commune.

Polytrichum commune findet sich in großen Polstern vorwiegend an feuchten Standorten, nicht selten in Mooren. Hier ist es viel-

fach eng vergesellschaftet mit *Sphagnum*, und auf diese Weise entstehen ziemlich dichte Rasen, die allerdings zwischen sich Wasser aufspeichern können. *Polytrichum commune* hat einen viel kräftigeren Bau als *Polytrichum formosum*, eine Tatsache, die schon Tansley und andere hervorgehoben haben. Die einzelnen Pflänzchen können die Länge von einem halben Meter und mehr erreichen. Alle Teile, das Rhizom, das Mittelstück und der grüne Sproß, sind dementsprechend bedeutend länger als bei *Polytrichum formosum*, oft kann ein solcher Teil allein fast die Länge eines ganzen Pflänzchens von *Polytrichum formosum* erreichen. Was die anatomische Gliederung von *Polytrichum commune* betrifft, so kann ich mich bei ihrer Besprechung ziemlich kurz fassen, denn sie ist von verschiedenen Autoren, zuletzt von Tansley, eingehend geschildert worden. Die inneren Anlagen sind wie das Äußere weit stärker differenziert. Das Rhizom ist im Querschnitt annähernd rund, reich mit Rhizoiden versehen, und es lassen sich in ihm ganz ähnlich wie bei *Polytrichum formosum* 3 Hauptteile unterscheiden:

1. Die Rinde, bestehend aus der Epidermis, 2—3 subepidermalen Zellschichten und als innerstem Teil der Endodermis (siehe Fig. 9).
2. Der dreilappige Centralteil, der sich aus dem der Zugfestigkeit dienenden Stereom und den dazwischen eingestreuten „Hydroiden" zusammensetzt. An der Grenze vom Centralstrang gegen die Endodermis sieht man außerdem etwas dünnwandigere lebende Zellen, der „Pericycel" (Tansley), allein ich halte diese Zone nicht für so stark ausgedehnt, wie dies von Tansley in dessen Arbeit vorgenommen worden ist. Außerdem findet man auch hier „Hydroiden" in diese Zone eingestreut (Tansley).
3. Auf Schnitten, die man tief genug unten geführt hat, heben sich die „Hypodermal"- und daran anschließend die „Radialstränge" ab. Ihre Form sowie der Inhalt ist von Tansley richtig festgelegt und stimmt mit derjenigen von *Polytrichum formosum* fast völlig überein. Die Zellen, die die Einbuchtung des Centralstranges auskleiden, sind regelmäßig und bilden das „Amylom" (Tansley). Zwischen „Amylom" und „Radialstrang" treten bisweilen etwas größere Zellen auf, für die Tansley die Bezeichnung „Leptoiden" eingeführt hat (Fig. 9).

Das Rhizom geht ganz in derselben Weise, wie ich es im einzelnen für *Polytrichum formosum* besprochen habe, und wie es von

Tansley eingehend verfolgt worden ist, allmählich in das Mittelstück über. Dieses zeigt fast den gleichen Bau wie in *Polytrichum formosum*, nur sind alle Zonen stärker entwickelt. Das Mittelstück wird endlich zum Sproß, der im wesentlichen in seinen Bestandteilen mit jenen von *Polytrichum formosum* übereinstimmt. Ich verweise auf die Abbildungen, die von Tansley seiner Arbeit beigefügt worden sind und die meines Erachtens nach keine Zweifel zulassen, wenn Tansley auch hier wieder mit der Teilung in drei Bestandteile, in einen „rudimentären Pericycel", eine „Leptoiden"- und

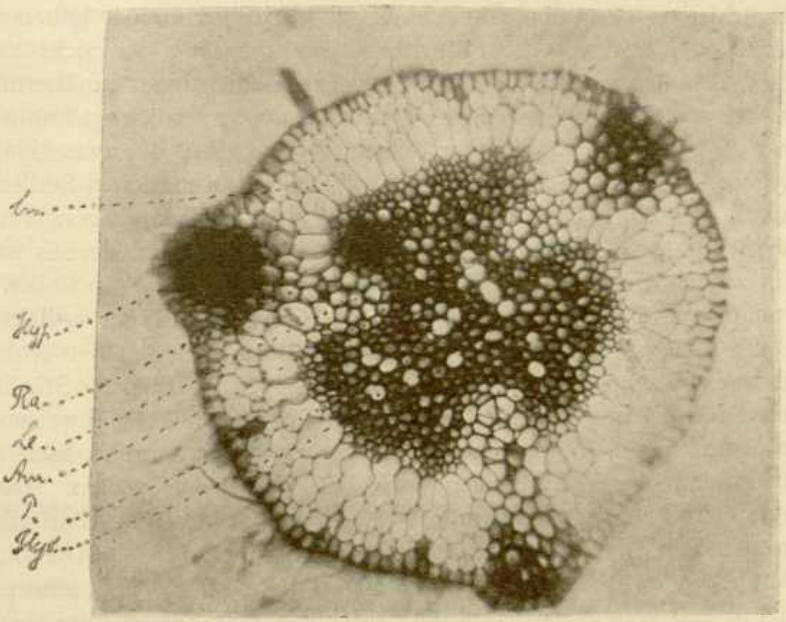


Fig. 9. *Polytrichum commune*. Rhizom.

En. = Endodermis. *Hyp.* = Hypodermalstrang. *Ra.* = Radialstrang. *Le.* = Leptoiden. *Am.* = Amylorn. *P.* = Pericycel. *Hyd.* = Hydroiden.

eine „Hydromscheide" die Differenzierung vielleicht für etwas zu weit fortgeschritten hält. Die Blattspuren machen dieselben Wandlungen durch wie im Stamme von *Polytrichum formosum* (Tansley). Der einzige Unterschied ist der, daß die Blattspuren größer sind, so unter anderem meist 6 Centralzellen aufweisen.

Diese beiden Formen von der Familie der *Polytrichaceen* sind die wohl typischsten, die bei uns vorkommen. Die andern ähneln ihnen bis zu einem gewissen Grade, so zum Beispiel *Atrichum undulatum*.

c) Atrichum undulatum.

Atrichum undulatum bildet meist dichte Rasen, die an relativ luftfeuchten Standorten leben. Die Pflänzchen sind 5—6 cm lang ohne Sporogonium, davon fallen ungefähr 2 cm auf das unterirdische Sprößchen und das Übergangsstück zum grünen Sproß und $3^1/_2$ cm auf diesen selbst. Der anatomische Bau ist kurz von Haberlandt skizziert worden. Er wies schon darauf hin, daß die weiblichen Pflänzchen besser differenziert sind wie die männlichen, und ich habe darum vor allem jene zum Vergleiche beigezogen. Das unterirdische Sprößchen (Taf. III Fig. 1) verdient kaum die Bezeichnung eines Rhizoms, denn eine Ähnlichkeit mit der Wurzel einer höheren Pflanze oder nur mit dem Rhizom von *Polytrichum* ist nicht zu finden. Das Organ wird von einer meist zweischichtigen, annähernd prosenchymatischen Epidermis bedeckt, mit etwas verdickten bräunlichen Wandungen. Darunter folgen 2—3 Lagen dünnwandiger polygonaler Zellen, von ihnen sind die innersten an manchen Stellen etwas enger und entsprechen vielleicht den Radialsträngen von *Polytrichum*, sie enthalten teilweise Plasma. Eine Endodermis ist nicht zu erkennen. Der centrale Teil besteht aus farblosen kollenchymartig verdickten Zellen. Viele Wände bleiben ganz unverdickt, wie dies schon Haberlandt betonte. Diese Zellen bilden wohl den wasserleitenden Teil, denn ich fand sie ohne Inhalt. Stärke konnte ich bei im Winter untersuchten Material nicht nachweisen. Die Wandlungen, die sich beim Übergang von dem unterirdischen zum grünen oberen Sprößchen vollziehen, sind keine großen. Der innerste Teil ist etwas mehr differenziert. Als neue Bestandteile kommen nur die Blattspuren hinzu. An dem grünen beblätterten Stämmchen eines weiblichen Pflänzchens hebt sich die Epidermis nicht so klar vom übrigen Gewebe ab, wie bei *Polytrichum formosum*, nur infolge der schwachen Verdickung der ein bis zwei äußersten Zellschichten und ihrer annähernd prosenchymatischen Gestalt kann man noch von einer epidermalen Zone sprechen (Taf. III Fig. 2). Weiter nach innen folgt ein ziemlich großes parenchymatisches Rindengewebe, mit kaum verdickten Zellen. An die Rinde grenzt als innerster Teil ein Ring von 2—3 Zellagen mit farblosen Wänden.[1])

Seine Elemente sind polygonal, dünnwandig und plasmahaltig. Bei Behandlung mit Jod bleibt diese ganze Zone ungefärbt, während im übrigen Gewebe der Rinde viel Stärke enthalten ist. Es liegt also hier vielleicht der „Leptomteil" von Haberlandt vor.

---

[1]) In der Zeichnung sind die Wände der Übersicht wegen dunkler gehalten.

Der centrale Teil ist bei *Atrichum undulatum* anders zusammengesetzt als bei *Polytrichum formosum.* Neben den prosenchymatischen, inhaltlosen, also wasserführenden Zellen kommen lebende vor. Die leeren Zellen bilden meist kleine Ketten, indem 4 und mehr von ihnen in einer Reihe liegen und untereinander nur durch dünne Wände getrennt sind. Öfters kreuzen sich solche Reihen (Taf. III Fig. 2). Diese wasserleitenden Elemente sind eingebettet in eine Masse von kleinen verdickten Zellen, die neben Plasma Stärke enthalten. Es ist das von Haberlandt als „Leitparenchym" angesehene Gewebe. In der Rinde sind endlich wie bei *Polytrichum formosum* „echte Blattspuren", d. h. solche, die bis in den Centralstrang reichen. Ihre Form gleicht derjenigen von *Polytrichum formosum.* Die fertigen Blattspuren bestehen also aus kleinen „Centralzellen", an diese liegen jeweils 5 Zellen „Leitparenchym" an, „die Deuter" nach innen, „die Comites" nach außen. In der äußeren Rinde auf der Außenseite der Spuren sind Stereidenbänder aufgelegt (Taf. III Fig. 2). Diese verlieren sich, je weiter die Spuren ins Innere der Rinde eindringen. *Atrichum undulatum* ist somit in jeder Beziehung einfacher gebaut, als *Polytrichum formosum* und *commune,* wenn auch dort noch ein relativ großes und zusammenhängendes Gewebe toter Zellen vorhanden ist, deren Funktion wohl in der Wasserleitung zu suchen ist. Als Vertreter eines Laubmooses mit „einfachem Centralstrang" dienen *Mnium undulatum* und *punctatum.*

d) Mnium undulatum und punctatum (Tafel III Fig. 3 und 4).

Mnium undulatum bildet ziemlich lockere Rasen von bäumchenartigen Pflänzchen. Diese erheben sich in gewissen Abständen etwa 10 cm hoch von einem braunen am Boden kriechenden Stämmchen. Letzteres ist etwas einfacher gebaut als der grüne nach oben wachsende Sproß. Ein Rhizom wird überhaupt nicht mehr ausgebildet.

Nur an den Stellen, wo der grüne Sproß vom kriechenden abzweigt, dringen kleine Rhizoide nach unten. *Mnium undulatum* und *punctatum,* das dem ersteren in seinem inneren Bau fast völlig gleicht, kommen beide an Stellen vor, die nicht sonnig liegen, die dagegen von feuchter Atmosphäre umgeben werden. Sie haben also ziemlich viel Wasser von außen her zur Verfügung, sind darum auf eine starke Wasserleitung im Innern nicht angewiesen und bedürfen erstens eines Rhizoms und zweitens eines stark entwickelten Centralstranges nicht mehr. Ich schildere hier zuerst den anatomischen Bau des grünen Sprößchens und komme dann auf den kriechenden Teil zurück. Der Sproß besitzt eine Epidermis, bestehend aus etwas

verdickten, annähernd prosenchymatischen und bräunlich gefärbten Zellen (Taf. III Fig. 3). Darunter befindet sich das große parenchymatische Rindengewebe. Sämtliche Zellen der Epidermis, wie auch der Rinde mit Ausnahme der Blattspuren enthalten Plasma, Chlorophyll und Stärke. Das Innere des Stämmchens wird von dem sehr einfachen Centralstrang eingenommen. Seine Zellen haben braungefärbte Wände, die etwas dicker sind als diejenigen der innersten Rindenschicht. Stärke fand ich keine darin, dagegen ab und zu Plasmareste. In der Rinde fehlt es nicht an Blattspuren, aber diese sind bei *Mnium undulatum* und *punctatum* „unecht", d. h. sie enden blind in der Rinde. Sie bestehen aus denselben Elementen wie der Centralstrang und scheinen ohne Inhalt (Taf. III Fig. 3, Bl). Der kriechende Sproß (Taf. III Fig. 4) gleicht dem eben behandelten Teil. Der Centralstrang ist etwas kleiner an Umfang, ebenso die Rinde. Der einzige Unterschied besteht in der Entwicklung der Epidermis. Ihre Zellen sind nämlich nach außen dünn und nur nach innen verdickt. Es ist das vielleicht eine Vorrichtung zur Aufnahme von Wasser auf der Oberfläche und ein Grund für die blind endenden Blattspuren. Einen ähnlichen Aufbau treffen wir bei dem an letzter Stelle anzuführenden Laubmoos an.

e) Funaria hygrometrica.

Funaria hygrometrica bildet kleine niedrige Rasen. Ein Rhizom wird nicht entwickelt, und das grüne Sprößchen der vegetativen Pflänzchen ist sehr einfach, dagegen kommt es bei Individuen mit Sporogonium zur Ausbildung einer Schutzscheide zwischen dem Centralstrang und der Rinde. Eine Tatsache, die schon in Haberlandt's großer Arbeit dargestellt worden ist. Das grüne Stämmchen hat eine Epidermis, die ähnlich wie im kriechenden Sproß von *Mnium* nach außen unverdickte, nur nach dem Innern verdickte Wände ausbildet (Taf. III Fig. 5). Unter der Epidermis sind zwei Schichten von verhältnismäßig englumigen Zellen mit ziemlich starken Wandverdickungen und von annähernd prosenchymatischer Form. Diese Lagen sind als hypodermale Zone anzusehen. Weiter nach innen folgt ein dünnwandiges, sehr großzelliges, parenchymatisches Rindengewebe, in welches ebenfalls blind endende Blattspuren eingestreut sind (Taf. III Fig. 5). Die bis hierher besprochenen Teile sind mit Ausnahme der Blattspuren lebend. Die innersten Zellen der Rinde sind sehr dünnwandig und wohl noch wasserleitende Elemente. Daran grenzt dann eine sehr regelmäßig gebaute zu einem Ring geschlossene Zellreihe, die radial gestreckt ist und im Unterschied zu den übrigen Zellen der parenchymatischen Rinde sehr regelmäßig

gebaut erscheint. Das ist die Schutzscheide. Sie umschließt die wasserleitenden Bahnen für das Sporogonium. So liegt die Sache in der Nähe des dem Sprößchen eingefügten Sporogoniums. Geht man weiter nach unten, dann verliert sich allmählich die Schutzscheide, und es kommt zur Ausbildung eines Organs, das dem unterirdischen Sprößchen von *Mnium* sehr gleicht. Die Epidermis hat nach außen keine Wandverdickung, sondern nur nach innen, darunter befindet sich eine subepidermale Schicht (Taf. III Fig. 6). Weiterhin gibt es ein Parenchym der Rinde und endlich im Innern einen kleinen dünnwandigen Centralstrang. Die Wasserleitung ist im centralen Teile wohl nur sehr gering, darum das Fehlen eines Rhizoms und die schwache Ausbildung eines Centralstranges. Ein Beweis für die äußere Leitung ist hier ebenso wie bei *Mnium* vielleicht in der eigenartigen Ausgestaltung der Epidermis zu sehen.

III. Zusammenfassung der gewonnenen Resultate.

Polytrichum formosum besitzt ein der Wurzel höherer Pflanzen ähnliches Organ, ein Rhizom.

Sein Aufbau läßt drei Hauptteile erkennen:

1. Eine Rinde. Diese besteht aus der verdickten Epidermis mit Rhizoiden. Darunter folgen 2—3 Lagen von dünnwandigen Zellen und an diese anschließend eine, in drei Abschnitte geteilte, großzellige Schicht, die Endodermis. Alle Zellen der Rinde sind lebend.
2. Ein Centralteil, der etwas größer an Durchmesser ist, als die Breite der Rinde beträgt. Er ist zusammengesetzt aus 2 Elementen, nämlich aus lebenden Zellen und aus toten inhaltlosen. Die lebenden Zellen bilden als Stereom die Hauptmasse des dreilappigen Centralteils und haben darum verdickte Wände. Außerdem kommen lebende unverdickte Zellen an der Grenze des Centralstranges gegen die Endodermis vor. Diese können als ein „rudimentärer Pericycel" aufgefaßt werden. Die toten Zellen bilden Zellgruppen oder „Hydroiden", ohne Inhalt. Sie treten in ziemlich großer Zahl zerstreut im Centralstrang und in dem rudimentären Pericycel auf.
3. Die „Hypodermal- und Radialstränge". Die Rinde wird durch diese an drei Stellen durchbrochen. Ihre Zellen sind lebend, von außen nach innen zu abnehmend verdickt, prosenchymatisch bis parenchymatisch. Außerdem liegen innerhalb der Radialstränge größere Zellen mit etwas erweiterten Enden, die „Leptoiden", und schließlich als Auskleidung der

Einbuchtungen des Centralteils eine Schicht ebenfalls regelmäßiger polygonaler Zellen. Diese bilden das „Amylom". Die oben behandelten Bestandteile sind alle plasmahaltig.

Vereinzelt finden sich am Rhizom Blattschuppen, die sich an die Hypodermalstränge anschließen. Die Umwandlung des Rhizoms in den Sproß vollzieht sich sehr allmählich. Die Epidermis bleibt erhalten, die „Hypodermalstränge" verflachen sich und gehen allmählich in der Bildung einer subepidermalen Schicht auf. Die „Endodermis" verliert ihren großzelligen Charakter und wird mit den Zellen der „Radialstränge" zu der dünnwandigen innern Rindenpartie, „die Leptoiden" sind weiterhin sichtbar, und die Amylomzellen bilden sich zur „Hydromscheide" aus, die den centralen Teil umgibt. Das Mittelstück, das nicht mehr auf Zugfestigkeit Anspruch zu erheben braucht, sondern nur noch auf Biegungsfestigkeit, verliert das Stereom im Innern, dafür wird die Epidermis mit 2—3 darunter folgenden Schichten verdickt. Infolgedessen sind die im Rhizom zerstreut auftretenden Hydroiden zu einer Masse im Mittelpunkt als Centralstrang vereint. Am Centralstrang kann man einen innern und äußern Teil unterscheiden. Der äußere resultiert aus den „Hydroiden", die in dem „rudimentären Pericycel" des Rhizoms eingestreut waren, der innere dagegen stammt von den großen „Hydroiden", die im Rhizom in das Stereom eingebettet waren. Außerdem kommt es zur Bildung deutlicher Blattspuren im Innern der Rinde, und bald erscheinen Blattschuppen. Das Mittelstück geht ohne große Veränderungen langsam in den grünen Sproß über. Der Sproß läßt 5 Teile erkennen.

1. Eine stark verdickte Epidermis.
2. Eine verdickte subepidermale Zone.
3. Ein sehr reichlich entwickeltes Parenchym der Rinde. Dieses besteht im innersten Teil aus der stärkereichen „Hydromscheide", die nächst äußere Schicht von ihr setzt sich aus einzelnen „Leptoiden" zusammen.
4. Ein Centralstrang, der aus dem inneren und dem äußeren Teil gebildet ist. Seine Zellen sind leer, während das übrige Gewebe lebend bleibt.
5. Echte Blattspuren. Diese bestehen aus 4—5 „Centralzellen" vom peripheren Centralstrang stammend, aus „Deutern" von leptoidenähnlicher Gestalt und aus den „Comites".

Der Centralstrang, der bis hierhin stets leer ist, führt in der Nähe des Vegetationspunktes zuerst Plasmareste und endlich wohlausgebildete protoplasmatische Wandbelege. Vom Vegetationspunkt selbst werden die Zellen des Centralstranges schon sehr früh als prosenchymatische Elemente abgesondert.

Polytrichum commune zeigt ganz ähnlichen, nur etwas kräftigeren Bau.

Atrichum undulatum bildet kein Rhizom mehr aus, sondern es ist nur ein sehr einfach gebautes unterirdisches Organ vorhanden, welches dem oberirdischen grünen Sproß sehr ähnlich ist. Eine Rinde und ein Centralteil liegt vor, letzterer ist auch hier ohne Inhalt. Der grüne Sproß besitzt ebenfalls ein Rindengewebe, das in seiner innersten Schicht leptoidenähnlichen Charakter besitzt. Der Centralstrang besteht dagegen sowohl aus lebenden wie toten Elementen. Außerdem treten echte Blattspuren auf mit inhaltlosen, der Wasserleitung dienenden Zellen, aus den toten Teilen des Centralstranges stammend. Die Epidermis des Sprosses ist nicht mehr so ausgeprägt wie bei *Polytrichum* und nicht allzu stark verdickt.

Als Typus eines Laubmooses mit sehr einfachem Centralstrang ist *Mnium* zu erwähnen. Es besitzt zwar im Centralstrange eine Gruppe von vorwiegend leeren Zellen, aber ihre Leitfähigkeit für Wasser ist sicher eine sehr geringe. Die Blattspuren, die nicht genügend Wasser mehr aus dem Centralstrang beziehen können, enden daher blind. Die Epidermis des kriechenden Sprosses ist nach außen verdünnt, nur nach innen verdickt, also wahrscheinlich fähig, Wasser aufzunehmen.

Funaria hygrometrica zeichnet sich durch die Schutzscheide zwischen Centralstrang und Rinde aus. Der Centralstrang ist meist inhaltlos, aber nicht sehr umfangreich. Das übrige Gewebe nimmt seinen Wasservorrat wohl äußerlich auf, denn die Epidermis ist am ganzen Stämmchen nur auf der Innenseite verdickt.

Die Entwicklung eines guten Leitungssystems hängt damit, wie schon öfters betont wurde, mit der Anpassung an den Standort zusammen. *Polytrichum formosum* lebt meist an Stellen, die eine relativ große Bodenfeuchtigkeit besitzen, denen also Wasser im Boden zur Verfügung steht; daher ist ein ununterbrochen zusammenhängendes Leitungssystem vom Rhizom in den Sproß und von da abzweigend in die Blätter entwickelt. Eine äußere Leitung von Wasser scheint mir nur da vielleicht möglich zu sein, wo sich die unverdickten Zellen der Lamellen befinden. Die stark verdickte Epidermis von *Polytrichum* läßt sonst wohl von außen kein Wasser nach innen gelangen. Anders steht es mit jenen Formen, die an einem Orte leben, wo der Feuchtigkeitsgehalt der Luft höher ist. *Atrichum undulatum* gehört dahin. Bei ihm werden die wasserleitenden Elemente weniger stark entwickelt. Auch die Epidermis hat keinen so hohen Grad der Verdickung mehr und das Rhizom verliert seinen Charakter.

Nun noch einen Schritt weiter zu Formen, die auf einen dauernd hohen Feuchtigkeitsgehalt der Luft angewiesen sind, wie *Mnium*. Der Centralstrang ist zwar noch vorhanden, aber er besteht aus durchaus gleichartigen Zellen, und es finden sich öfters Plasmareste in ihnen. Der Umfang des Centralstranges ist außerdem nicht sehr beträchtlich, und zu einer besonderen Ausbildung eines Rhizoms kommt es nicht mehr, sondern das Sprößchen ist in seinen unteren Teilen nur einfacher gebaut, die Epidermis bleibt hier an ihrer Außenseite unverdickt, erlangt also wohl die Fähigkeit, Wasser aufzunehmen. Die Blattspuren im grünen Sprößchen bestehen aus inhaltlosen Zellen, denen des Centralstranges ähnlich, aber da sie von ihm kein Wasser beziehen, reichen sie nicht an ihn heran, sondern enden blind in der Rinde.

Einen ähnlichen Aufbau wie bei *Mnium* treffen wir endlich bei *Funaria*. *Funaria* lebt ja an Orten, an denen zeitweise der Boden sehr trocken ist, z. B. findet es sich vielfach in Mauerritzen oder im Walde an Stellen, wo Kohlenfeuer abgebrannt wurden. Hier muß die Pflanze während des Regens soviel als möglich Wasser aufnehmen. In diesem Falle wird dann wohl nur eine äußere Leitung von Nutzen sein und deshalb vielleicht auch hier die besondere Ausgestaltung der Epidermis.

Wie der anatomische Aufbau besonders von *Polytrichum formosum* ergibt, so haben wir ein wohlausgebildetes Netz von Zellen vor uns, die jeglichen Inhalts entbehren. Daß diese Zellen Wasser führen, scheint wohl kaum zweifelhaft. Allein ob das Wasser nur in den Zellen gespeichert wird, oder ob es auch so gut geleitet wird, daß die Pflänzchen in trockener Luft frisch bleiben, diese Frage wage ich nicht zu beantworten. Es müßte zunächst genauer untersucht werden, wie groß die Durchlässigkeit der Epidermis für Wasser ist, um daraus schließen zu können, ob genügend Wasser von außen nach innen gelangen kann. Endlich müßten auch genauere Messungen angestellt werden, wie hoch die Feuchtigkeit der Luft sein muß, bei welcher die Blätter noch transpirieren.

IV. Figurenerklärungen.

Tafel I.

Figur 1. *Polytrichum formosum*. Querschnitt durch das Rhizom. C. = Centralcylinder; p. R. = parenchymatische Rinde; sp. V. = spindelartige Verdickungen der Epidermis; Ep. = Epidermis; En. = Endodermis; Hyp. = Hypodermalstrang; Ra. = Radialstrang; Le. = Leptoiden; Am. = Amylom; P. = rudimentärer Pericycel; Hyd. = Hydroiden; S. = Stereom; Rhd. = Rhizoid.

Figur 2. *Polytrichum formosum.* Längsschnitt durch das Rhizom in der Nähe des Hypodermalstranges. C. = Centralcylinder; p. R. = parenchymatische Rinde; Ep. = Epidermis; En. = Endodermis; Hyd. = Hydroiden; S. = Stereom.

Figur 3. *Polytrichum formosum.* Längsschnitt durch den grünen Sproß. p. R. = Parenchym der Rinde; C. = Centralstrang; Ep. = Epidermis; s. Z. = subepidermale Zone; Hydsch. = Hydromscheide.

Figur 4. *Polytrichum formosum.* Querschnitt durch den grünen Sproß I. p. R. = Parenchym der Rinde; inn. C. = innerer Centralstrang; äuß. C. = äußerer Centralstrang; Le. = Leptoide; Hydsch. = Hydromscheide; Bl. = Blattspur.

Tafel II.

Figur 1. *Polytrichum formosum.* Querschnitt durch den grünen Sproß II. p. R. = Parenchym der Rinde; Ep. = Epidermis; s. Z. = subepidermale Zone; Bl. = Blattspur; De. = Deuter; Ce. = Centralzelle; Com. = Comes.

Figur 2. *Polytrichum formosum.* Längsschnitt durch eine austretende Blattspur. Vergleiche mit Figur 3. Ep. = Epidermis; Com. = Comes; Ce. = Centralzelle; De. = Deuter.

Figur 3. *Polytrichum formosum.* Blattspur quer im Begriff den Stamm zu verlassen. Ep. = Epidermis; s. Z. = subepidermale Zone; n. s. Z. = neu entstehende subepidermale Zone; Bl. = Blattspur; De. = Deuter; Ce. = Centralzelle; Com. = Comes. Der Strich durch die Spur gibt die ungefähre Lage des Längsschnittes Figur 2 an.

Figur 4. *Polytrichum formosum.* Längsschnitt in unmittelbarer Nähe des Vegetationspunktes 1; I, II, III = erste, zweite und dritte Zone; C. = Centralstrang..

Figur 5. *Polytrichum formosum.* Längsschnitt durch den oberen Teil des Stämmchens 2. IV. Zone; C. = Centralstrang.

Tafel III.

Figur 1. *Atrichum undulatum.* Unterirdisches Stämmchen quer. p. R. = parenchymatische Rinde; Ep. = Epidermis; R. = Stelle, die dem Radialstrang bei *Polytrichum formosum* entsprechen würde; C. = Centralstrang.

Figur 2. *Atrichum undulatum.* Querschnitt durch das grüne Stämmchen. p. R. = parenchymatische Rinde; C. = Centralstrang; e. S. = epidermale Schicht; Lep. = Leptom; Lei. = Leitparenchym; Hyd. = Hydroiden; Bl. = Blattspuren; Sk. = Sklerenchymband.

Figur 3. *Mnium undulatum.* Querschnitt durch das grüne Sprößchen. p. R. = parenchymatische Rinde; C. = Centralstrang; Ep. = Epidermis; Bl. = Blattspur; Bla. = austretendes Blatt.

Figur 4. *Mnium undulatum.* Querschnitt durch das kriechende Sprößchen. p. R. = parenchymatische Rinde; C. = Centralstrang; Ep. = Epidermis.

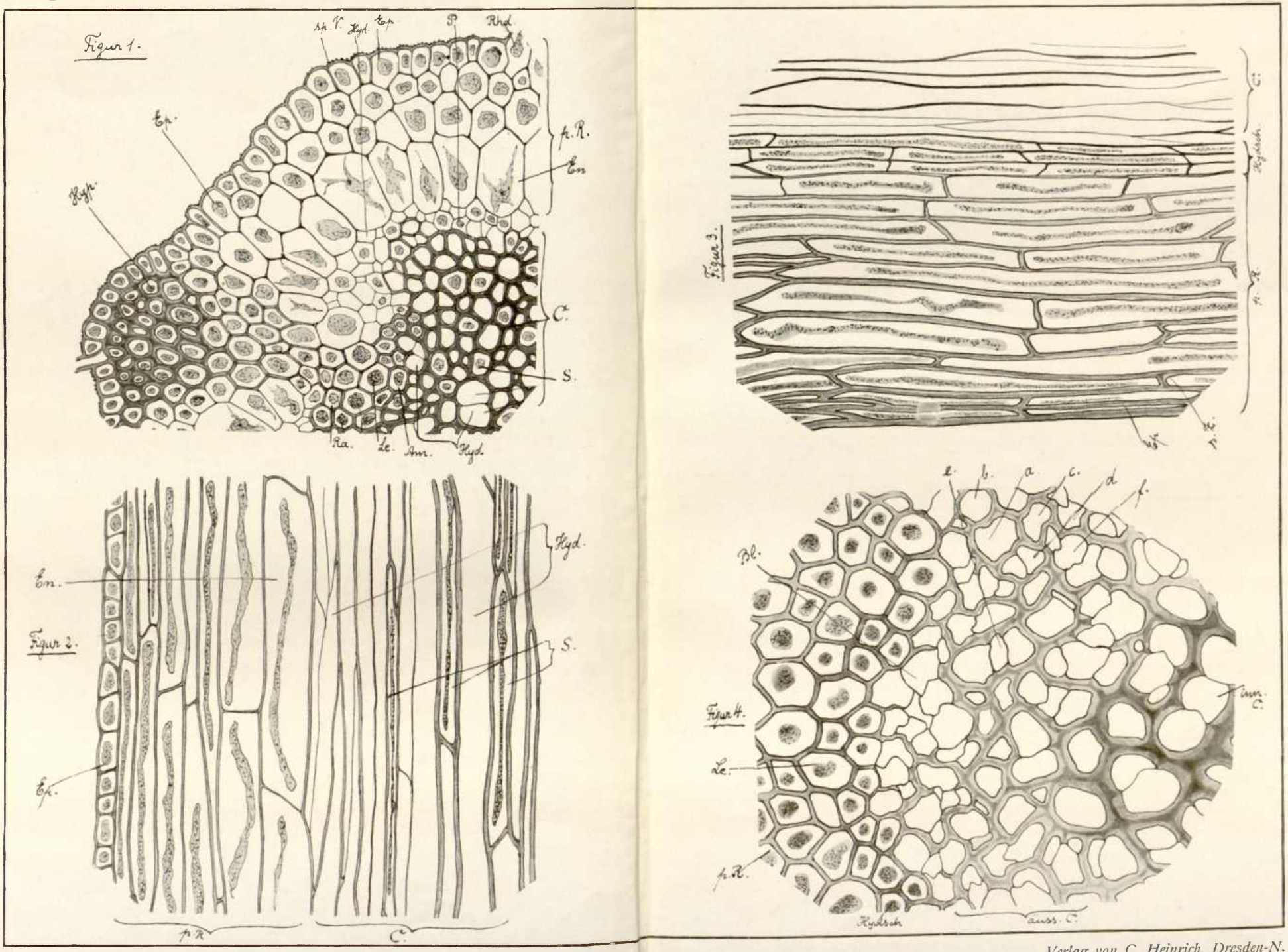
Figur 5. *Funaria hygrometrica.* Querschnitt durch das grüne Stämmchen. p. R. = parenchymatische Rinde; C. = Centralteile; Sch. = Schutzscheide; s. Z. = subepidermale Zone; Bl. = Blattspur.

Figur 6. *Funaria hygrometrica.* Querschnitt durch den unteren Teil des Stämmchens. p. R. = parenchymatische Rinde; C. = Centralstrang; s. Z. = subepidermale Zone; Ep. = Epidermis.

V. Literaturverzeichnis.

1. E. Bastit. „Comparaison entre le rhizom et la tige feuillé des Mousses." Bull. de la Soc. bot. de France. t. 36. S. 295—303. 1889.
2. E. Bastit. „Influence de l'etat hygrometrique de l'air sur la position et les fonctions des feuilles chez les Mousses." Comp. rend. des séances de l'Academie des sciences de Paris. t. 112. S. 314—316. 1891.
3. D. H. Campbell. „The structure and development of the Mosses and Ferns." London. Macmillan and Co. S. 212. 1895.
4. R. Coesfeld. „Beiträge zur Anatomie und Physiologie der Laubmoose." Botan. Zeitung. S. 153—164, 169—176, 185—193. 1892.
5. Fr. Czapek. „Zur Chemie der Zellmembranen bei den Laub- und Lebermoosen." Flora, Band 86. S. 361—381. 1899.
6. Fr. Czapek. „Die chemische Zusammensetzung der Mooszellmembranen." Sitzungsberichte Lotos. N. F. 21. S. 1—2. 1901.
7. Fr. Czapek. „Biochemie der Pflanzen." 1905.
8. Débat. „Anatomie de la tige des Mousses." Bull. mens. de la Soc. Bot. de Lyon. S. 43—44. 1888.
9. G. Firtsch. „Über einige mechanische Einrichtungen im anatomischen Bau von *Polytrichum juniperinum*." Ber. d. Deutsch. Bot. Gesell. Bd. I. S. 83—97. 1883.
10. G. Gjokic. „Über die chemische Beschaffenheit der Zellhäute bei den Moosen." Östr. Botan. Zeitg. Nr. 9. S. 330—334. 1895.
11. K. Goebel. „Die Muscineen." S. 364. 1882.
12. K. Goebel. „Organographie." Jena. 1898.
13. K. Goebel. „Archegoniatenstudien." Flora, Bd. 96. S. 1—45. 1906.
14. G. Haberlandt. „Über die physiologische Funktion des Centralstranges im Laubmoosstämmchen." Ber. d. Deutsch. Bot. Gesell. Bd. I. S. 263—268. 1883.
15. G. Haberlandt. „Beiträge zur Anatomie und Physiologie der Laubmoose." Pringsheim, Jahrb. für wiss. Botanik. Band 17. S. 359—498. 1886.
16. G. Haberlandt. „Die Wasserversorgung der Laubmoose." Humboldt, Band VI. S. 449—453. 1887.
17. G. Haberlandt. „Physiologische Pflanzenanatomie." 1904.
18. Th. Herzog. „Die Laubmoose Badens." Genf. 1906.
19. F. Hy. „De la structure de la tige des mousses de la famille des Polytrichacées." Bull. de la Soc. bot. de France. t. 27. S. 106—112. 1880.
20. B. Joensson. „Recherches sur la respiration et l'assimilation des Muscinées." Comp. rend. des séances de l'Academie des sciences de Paris. t. 119. S. 152. 1894.
21. B. Jönsson und E. Olin. „Der Fettgehalt der Moose." Lunds. Univers. Arsskrift 34. Afdel. II. S. 37. 1898.
22. P. Kummer. „Der Führer in die Mooskunde." Berlin. 1891.
23. W. Lorch. „Beiträge zur Anatomie und Biologie der Laubmoose." Flora, Band 78. S. 424. 1894.
24. W. Lorch. „Beiträge zur Anatomie und Physiologie der Laubmoose." Flora, Bd. 89. Ergzbd. S. 434—454. 1901.
25. W. Lorch. „Einige Bewegungen und Schrumpfungserscheinungen an den Achsen und Blättern mehrerer Laubmoose als Folge des Verlustes von Wasser." Flora, Bd. 97. S. 96—106. 1907.
26. W. Lorch. „Über eine eigenartige Form sklerenchymatischer Zellen in den Stereomen von Polytrichum commune. Bericht der Deutsch. Bot. Ges. Bd. 29. S. 373—394. 1911.

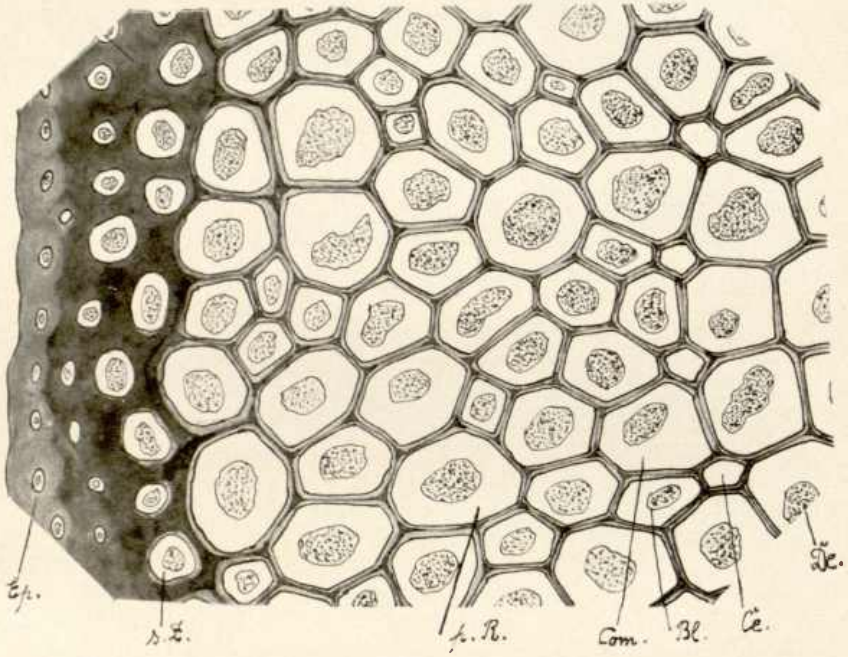
27. W. Lorch. „Kryptogamenflora für Anfänger." Band 5. „Die Laubmoose." 1913.
28. P. G. Lorentz. „Grundlinien zu einer vergleichenden Anatomie der Laubmoose." Pringsheim, Jahrb. für wiss. Botanik. Bd. 6. S. 388. 1867/68. Flora, S. 241 u. 526. 1867.
29. Lotsy. „Botanische Stammesgeschichte." 1909.
30. El. et Em. Marchall. „Recherches physiologiques sur l'Amidon chez les Bryophytes." Bull. Soc. Roy. Bot. Belg. 43. 1906. S. 113—124.
31. W. Migula. „Kryptogamenflora." Band I. Moose. 1904.
32. K. Müller. „Untersuchung über die Wasseraufnahme durch Moose und verschiedene andere Pflanzen und Pflanzenteile." Jahrb. für wiss. Botanik. Bd. 46. S. 587—597. 1909.
33. Fr. Oltmanns. „Über die Wasserbewegung in der Moospflanze und ihren Einfluß auf die Wasserverteilung im Boden." Cohn, Beiträge zur Biologie der Pflanzen. Band IV. S. 1—48. 1884.
34. Fr. Oltmanns. „Zur Frage nach der Wasserleitung im Laubmoosstämmchen." Ber. der Deutsch. Bot. Gesell. S. 58—62. 1885.
35. H. Paul. „Beiträge zur Biologie der Laubmoosrhizoiden." Bot. Jahrb. System. Pflanz. Gesch. Geogr. Bd. 32. S. 231—274. 1903.
36. Rabenhorst. „Kryptogamenflora." IV. Bd. „Die Laubmoose." G. Limpricht. Leipzig. 1895.
37. R. Rostock. „Über Aufnahme und Leitung des Wassers in der Laubmoospflanze." Inaug.-Diss. Jena. 1902.
38. E. Russow. „Betrachtungen über das Leitbündel und Grundgewebe aus vergleichend morphologischem und physiologischen Gesichtspunkt." Dorpat. 1875.
39. J. Sachs. „Lehrbuch der Botanik." S. 363. 1873.
40. W. Ph. Schimper. „Recherches anatomiques et morphologiques sur les mousses." Strasbourg. 1848. „Synopsis muscorum europaeorum." Stuttgart. 1860.
41. W. Ph. Schimper. „Bryologia Europaea seu Genera muscorum europaeorum." 1836—1851.
42. K. Schoene. „Beiträge zur Keimung der Laubmoossporen und zur Biologie der Laubmoosrhizoiden." Inaug.-Diss. Jena. 1905.
43. F. Stolz. „Zur Biologie der Laubmoose." Flora, Bd. 90. S. 305—315. 1902.
44. A. G. Tansley and E. Chick. „Notes on the Conducting Tissue-System in Bryophyta." Annals of Botany. Bd. 15. S. 13—30. 1901.
45. E. Treffner. „Beiträge zur Chemie der Laubmoose." Inaugural-Diss. Dorpat. 1881.
46. A. Tröndle. „Über Copulation und Keimung von Spirogyra." Botan. Zeitg. S. 187—217. 1907.
47. Tunmann. „Pflanzenmikrochemie." 1913.
48. F. Unger. „Über den anatomischen Bau des Moosstammes." Sitzungsberichte der Wiener Akademie. 43. B. S. 497. 1861.
49. J. R. Vaizey. „On the absorption of water and its relation to the constitution of the cell-wall in Mosses." Annals of Botany. I. S. 147—152. 1887.
50. F. Vaupel. „Beiträge zur Kenntnis einiger Bryophyten." Flora, Bd. 92. S. 346—370. 1903.



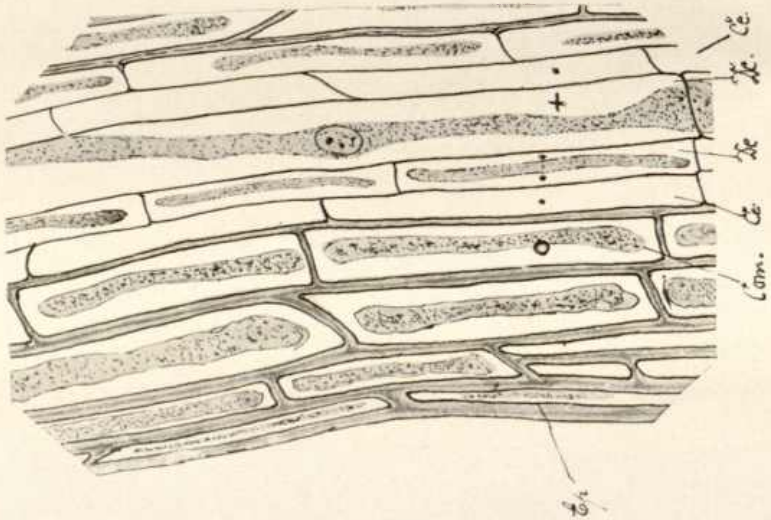
Hans Waenker von Dankenschweil.

Verlag von C. Heinrich, Dresden-N.

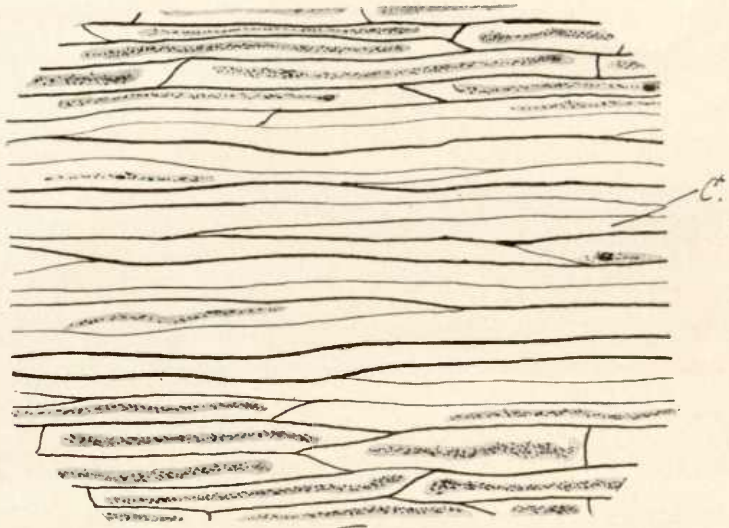
Figur 1.

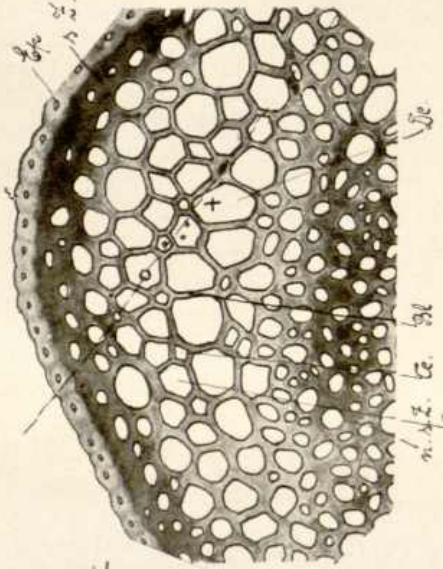


Figur 2.

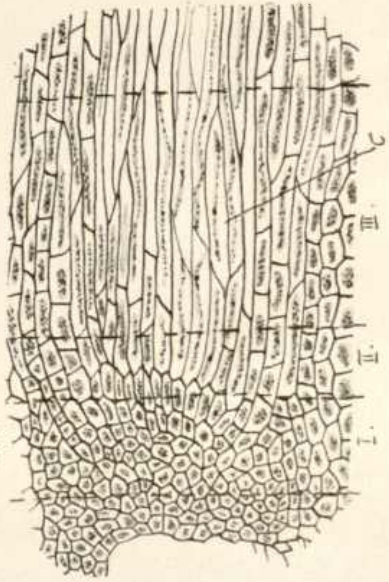


Figur 5.

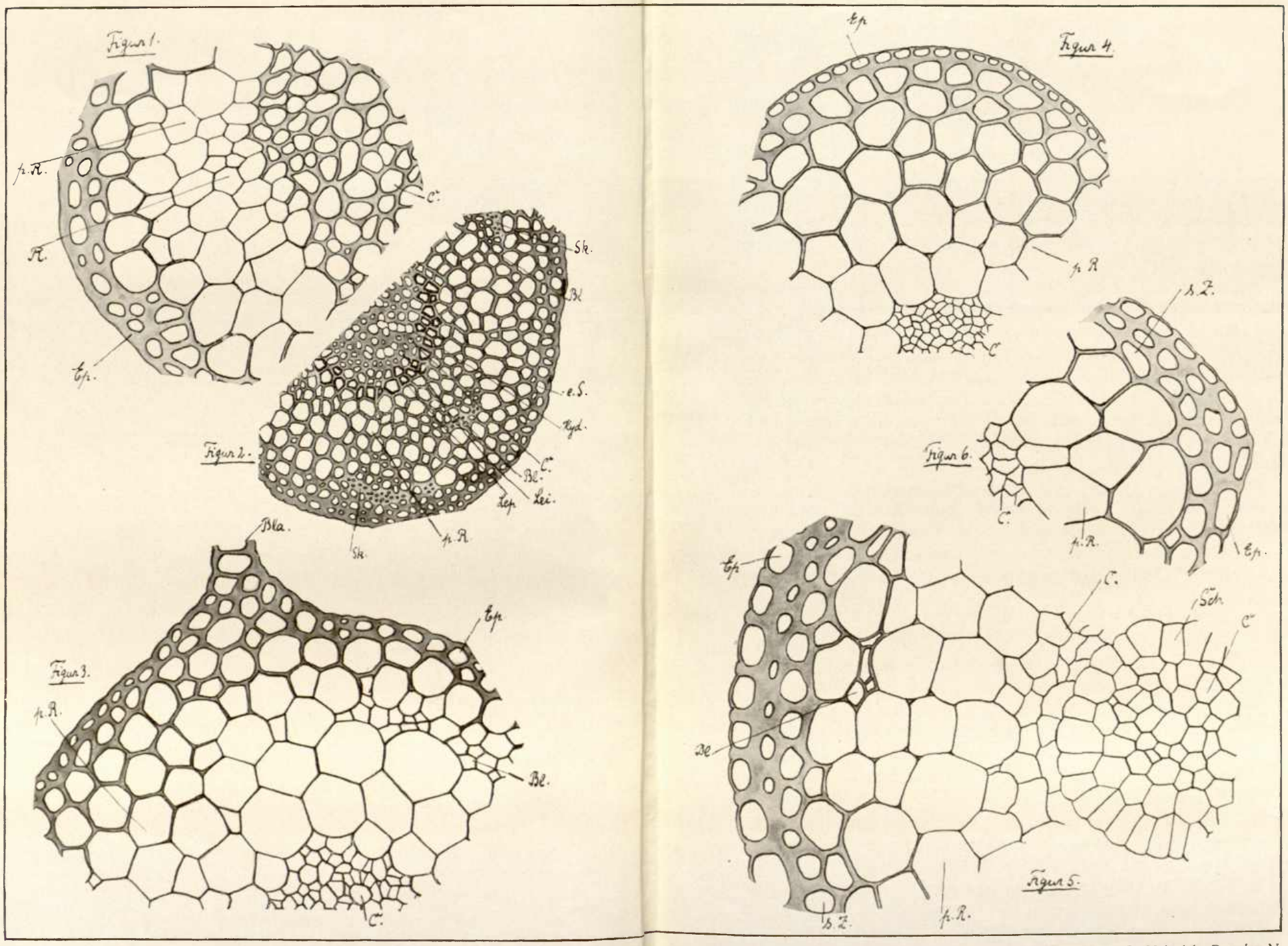




Figur 3.



Figur 4.


Figur 1.
p.R.
R.
C.
tp.
Sk.
Bl.
e.S.
Hyd.
Figur 2.
C.
Bl.
Lep.
Lei.
p.R.
Sk.
Bla.
tp
Figur 3.
p.R.
Bl.
C.
tp
Figur 4
p.R
C
s.Z.
Figur 6.
C.
p.R.
tp.
tp
C.
Sch.
C
Bl
Figur 5.
s.Z.
p.R.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Hedwigia

Jahr/Year: 1916

Band/Volume: 57_1916

Autor(en)/Author(s): Waenker von Dankenschweil Hans

Artikel/Article: Beiträge zur Anatomie der Laubmoose. 14-61