Die Mycorrhiza-ähnlichen Bildungen der Marchantiaceen.

Von

M. Golenkin.

Hierzu Tafel XI.

In den Berichten d. d. bot. Ges. (Bd. XVII, 1899, pag. 311) ist eine Arbeit von Bohumil Nemec erschienen, in welcher eine Mycorrhiza bei den Jungermanniaceen beschrieben wird. Die höchst eigenthümliche Ausbildung der Hyphen dieser Mycorrhiza und besonders die experimentellen Untersuchungen des Verfassers verleiten dazu zu glauben, dass hier wirklich ein Fall eines Zusammenlebens vor uns liegt. Der Verfasser fand die Mycorrhiza zuerst bei Calypogeia trichomanes, entdeckte sie aber später bei den meisten von ihm untersuchten Jungermanniaceen. Er konnte auch sehr wahrscheinlich machen, dass die Mycorrhiza in näherer Beziehung zu einer Pezizee (Mollisia Jungermanniae) stehe. Noch vor Nemec hat Goebel (III) constante Pilzinfection bei Treubia insignis und einer Lepidozia, sodann Janse (I, pag. 57) eine Mycorrhiza bei den javanischen Jungermanniaceen (Zoopsis u. a.) gefunden, die aber ganz von der europäischen verschieden zu sein scheint.

Es lag für Nemec sehr nahe, nach einer Mycorrhiza auch bei den nahe verwandten Marchantieen zu suchen, jedoch konnte er an den von ihm untersuchten einheimischen Marchantieen eine solche nicht finden. Leider erwähnt Nemec nicht, welche einheimischen Marchantiaceen er untersucht hat.

Dieses verschiedene Verhalten der beiden Lebermoosgruppen zu den Mycorrhizen sucht Stahl (I) für seine theoretischen Vorstellungen über den Sinn der Mycorrhizenbildung zu verwerthen. Nach Stahl's Auffassung des Nutzens der Mycorrhizenbildung muss das Hauptgewicht auf die Concurrenz um die Nährsalze zwischen den mycotrophen und den autotrophen Pflanzen, insbesondere aber den Pilzen, gelegt werden. Stahl hat versucht zu zeigen, dass zu den mycotrophen Pflanzen solche mit geringer Wasserdurchströmung gehören und dass die Pilzsymbiose diesen Pflanzen helfen soll, den Mangel von Nährsalzen durch Ausbeute von nährsalzreichen Hyphen zu ersetzen. Als leichtes Merkmal für Pflanzen mit niedriger Wasserökonomie kann, mit gewissen Ausnahmen, das Fehlen von Stärke in den Blättern verwendet werden, im Gegensatz zu den reich mit Wasser und also mit Nährsalzen versorgten Pflanzen, die grössere Mengen von Stärke im Blattparenchym zu speichern im stande sind. Von diesem Stand-

Universitätsbibliothek Regensburg urn:nbn:de:bvb:355-ubr05173-0213-6

punkte aus stellen die Befunde von Nemec für Stahl sehr erwünschte und beweisliche Beispiele, und er sagt auf pag. 567 seiner Arbeit[1]): „Beim Vergleich der Angaben von Nemec über die Verbreitung der Mycorrhizen bei den Bryophyten — Vorhandensein derselben bei foliösen Jungermanniaceen, ihr Fehlen bei den mit diesen vergesellschafteten Laubmoosen und den Marchantiaceen — mit unseren eigenen Beobachtungen über Vorkommen oder Abwesenheit von Stärke in den assimilirenden Zellen dieser Gewächse, ergibt sich die überraschende Thatsache, dass die Pilzsymbiose bei den zuckerblättrigen Jungermanniaceen sehr verbreitet zu sein scheint, im Gegensatz zu den ‚stärkeblättrigen' Marchantiaceen, bei welchen sie Nemec, wie auch bei Laubmoosen bisher hat nicht nachweisen können. So viel bis jetzt bekannt, sind es also ‚zuckerblättrige' Jungermanniaceen mit geringer Wasserdurchströmung, welche in die Pilzsymbiose eingehen, während die stärker verdunstenden Marchantiaceen mit ihrer hoch entwickelten Wasserökonomie derselben ermangeln".

Es ist mir nicht gelungen, aus den Angaben von Stahl zu ersehen, ob er selbst nach Mycorrhiza bei den Marchantiaceen gesucht hat.

Bei meinen experimentellen Untersuchungen über die Abhängigkeit der inneren Structur der Lebermoose von den äusseren Einflüssen bin ich auf das stetige Vorhandensein von Pilzhyphen bei einigen Marchantiaceen gestossen, die überraschende Aehnlichkeit mit der endotrophen Mycorrhiza einiger höherer Pflanzen zeigten. Zuerst fand ich diese Pilzhyphen bei Preissia commutata, und zwar an Alkoholmaterial, welches von meinem Freunde W. Arnoldi bei München gesammelt und mir liebenswürdig zur Untersuchung übergeben wurde. Ganz dasselbe Verhalten und dieselben Pilzhyphen zeigte die im Moskauer bot. Garten schon seit Jahren cultivirte Preissia[2]) und dann zwei Marchantien — M. palmata und paleacea. Die beiden letzten Formen werden in Moskau schon seit 3—4 Jahren cultivirt und ist M. paleacea, so weit ich mich erinnere, aus München bezogen worden. Die äussere Tracht der drei Formen ist sehr verschieden, die Ausbildung des interstitienlosen Gewebes dagegen vollkommen ähnlich. Dieses Gewebe ist schon von Goebel (I) für Preissia näher beschrieben worden, der hier eigenthümliche sklerenchymatische Zellen fand, die auch bei beiden Marchantien ebenso entwickelt sind. Auch Leitgeb (I, pag. 106) widmete dem interstitienlosen Gewebe

1) l. c.

2) Von wo diese Preissia abstammt, ist mir nicht bekannt, jedenfalls ist die Pflanze jahrelang in Cultur.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05173-0214-2

von Preissia einige Zeilen. Dabei erwähnt Leitgeb, dass schon Gottsche und Schleiden in den Zellen von Preissia Pilzhyphen entdeckt haben, die sie für das Gefässsystem dieser Pflanze hielten. Die Pilznatur dieser Gebilde wurde von Schacht im Jahre 1854 und von Gottsche selbst im Jahre 1858 erkannt. An den nicht publicirten Abbildungen von Gottsche, die Leitgeb zu sehen Gelegenheit hatte, sollen diese Pilzhyphen vollkommen deutlich sein. Weder aus der Beschreibung von Goebel, noch aus den Angaben von Leitgeb konnte ich einsehen, ob sie die eigenthümlichen Zonen mit purpurnen oder rothvioletten Zellen gesehen haben, die in jedem Thallus von Preissia vorhanden sind, und ob sie diese nach meinen Untersuchungen nie fehlenden Pilzhyphen fanden. Goebel erwähnt zwar die auch von Leitgeb citirte Notiz von Gottsche, welcher in seinen anatomisch-physiologischen Untersuchungen über Haplomitrium Hookeri (Nova acta Leopold. Carol. XX, 1843, pag. 291) sagt, in der violetten Zellschicht von Preissia (die Wände der Parenchymzellen der Marchantien sind häufig violett gefärbt) finde sich ein verzweigtes Gefässsystem, das sich mannigfach hin und her schlängele, durch die Zellen und deren Wände gehe und mit grösseren Reservoirs in Verbindung stehe, welche fast eine Zelle ausfüllen und in einer glasartigen Haut eine Menge grösserer und kleinerer Körner enthalten.[1]) Goebel sagt aber, dass diese Notiz von Gottsche absolut nicht in Einklang mit den Thatsachen zu bringen sei und scheint nichts von dem, was Gottsche gesehen zu haben vorbringt, bemerkt zu haben. Dagegen kann ich diese Angabe von Gottsche und auch die über das Verhalten der „Reservoirs", die eine Zeit lang voll von Körnern sind und sich dann entleeren, wie aus meiner Darstellung einzusehen sein wird, nur bestätigen.

Nachdem ich bei den drei genannten Marchantien die Pilzhyphen entdeckt hatte, suchte ich sie auch bei anderen Marchantien und fand sie sehr verbreitet bei Fegatella conica, sowohl in cultivirten, als auch in wilden, bei Moskau wachsenden Lagern, ausserdem, aber nicht so charakteristisch entwickelt, bei Targionia hypophylla (aus Innsbruck) und bei Plagiochasma elongatum (aus Java).

Dagegen erwiesen sich Marchantia polymorpha (wild und cult.), Lunularia (cult.), Fimbriaria Stahliana, Blumeana, Lindenbergiana, Plagiochasma rupestris, Aitonia, italicum, Reboulia hemisphaerica, Dumortiera sp., Grimaldia dichotoma, Clevea Rousseliana, Corsinia marchantioides, Oxymitra pyramidata, Riccia Bischofii, glauca, ciliata,

1) Goebel, I, pag. 533.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05173-0215-7

fluitans-terrestris, Ricciocarpus natans-terrestris (alle cultivirt) vollkommen pilzfrei.

Beachtenswerther Weise ist die Structur der Pilzphyphen, die Art und Weise, wie sie in die Zellen des Gewebes der genannten Marchantiaceen eindringen und wie sie sich in denselben umändern, bei allen Marchantien dieselbe; nur ist die Vertheilung der pilzführenden Zellen bei Fegatella Torgionia und Plagiochasma etwas verschieden von der übrigen. Die Pilzzellen sind streng localisirt und beachtenswerther Weise haben gerade sie rothviolette Zellenwände; sie bilden in den Lagern von Preissia und Marchantia zwei Längsstränge zu beiden Seiten der Mittelrinne, bei Fegatella nur einen Strang. Darum sieht man auf dem Querschnitte durch die ersten Formen zwei annähernd ovale Felder von rothvioletten Zellen (Fig. 1, Taf. XI), in welchen und ausserhalb welcher die oben erwähnten Sklerenchymfasern liegen; auf dem Querschnitte durch die alten Thallustheile von Fegatella sieht man dagegen einen Ring von braunvioletten Zellen um die farblosen Zellen der Mittelrinne, zwischen welchen die sehr grossen Schleimzellen besonders scharf hervortreten. Bei Plagiochasma und Targionia bilden die pilzführenden Zellen eine einzige, der unteren Epidermis parallele Zone.

Am typischsten und am schönsten sind die Pilzhyphen bei Preissia und bei den Marchantieen ausgebildet, weswegen ich zuerst diese Gebilde bei ihnen beschreiben werde.

Der Inhalt der rothvioletten Zellen erscheint bei schwacher Vergrösserung gelblich grau, aber schon bei Zeiss D/2 sieht man vollständig gut. Pilzhyphen, die theils quer durchschnitten sind, theils parallel der Schnittfläche sich schlängeln (Fig. 2). An Längsschnitten durch pilzführendes Gewebe sieht man, dass seine Zellen länglich ausgestreckt sind und mehr oder weniger verdickte und gefärbte Zellwände haben, an welchen man zahlreiche, verschieden grosse, meist ovale Poren erblickt, wie solche für verschiedene Marchantien, z. B. Fegatella, schon längst beschrieben sind (vgl. Goebel, II). Die verdickten und pilzführenden Zellen sind an wachsenden Thallomen von Preissia, Marchantia (und Targionia) ungefähr 3 mm von der Thallusspitze entfernt, bei Fegatella ungefähr 1 cm und mehr. Nach oben geht diese Zellenchicht bis zu den chlorophyllhaltigen Zellen, die den Boden der Luftkammern bilden, und von welchen die assimilirenden Zellfäden derselben ausgehen. In diese chlorophyllhaltigen Zellen gehen die Pilzhyphen niemals hinein, wenigstens konnte ich solches Eindringen niemals beobachten, auch wenn die Zellen absterben. Von

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05173-0216-3

unten und von beiden Seiten sind die Pilzzellen von den Zellen des interstitienlosen Gewebes umschlossen, welche gewöhnlich voll von grossen Stärkekörnern sind und auch Chlorophyllkörner besitzen. Dagegen sind Stärke und Chlorophyllkörner in alten pilzführenden Zellen niemals zu finden; sie enthalten nur Plasma und Zellkerne, die leicht auch an lebenden Zellen mit Hilfe des Weigert'schen Picrocarmin zu constatiren sind. Die oben erwähnten charakteristischen Sklerenchymfasern liegen zerstreut theils in der Pilzchicht, theils ausserhalb derselben. Sie sind, ebenso wie die Schleim- und Oelkörperzellen, stets pilzfrei.

Untersucht man stark wachsende, frische Lager auf der Oberfläche parallelen Längsschitten, die bis zu den jüngsten Theilen gehen, so kann man leicht die Art und Weise, wie der Pilz in noch nicht inficirte Zellen gelangt, finden und Schritt für Schritt die Veränderungen sowohl des Inhaltes der angegriffenen Zellen als auch der Hyphen des Pilzes selbst beobachten. Ungefähr 5 mm von der Thallusspitze sind bei Preissia und Marchantien die Thalluszellen schon vollkommen ausgebildet und man sieht, dass die innersten Schichten des interstitienlosen Gewebes die charakteristischen Verdickungen der Wände erhalten haben und sich dadurch von den übrigen Zellen dieses Gewebes scharf abgrenzen. Sie sind plasmareich und voll mit Stärke gefüllt. Nach einigem Suchen kann man in solchen Zellen einzelne Pilzhyphenenden finden, die zu eins bis zwei stets durch die Poren der Zellen durchdringen. Sehr schöne Bilder bekommt man, wenn man frische Schnitte in sehr verdünnte Hämatoxylinlösung legt, wobei die Hyphenwände sich schön blau färben und so sehr leicht zu beobachten sind. Die Pilzhyphen sind glattwandig, einfach, ohne Querwände, plasmareich und gehen von Zelle zu Zelle, ganz entschieden dem Wachsthum des Thallus folgend. Nicht alle Hyphenenden wachsen aber gerade von Zelle zu Zelle, einige scheinen nicht im Stande zu sein, die Zellwand zu durchbohren; sie bleiben in der besetzten Zelle und fangen an sich zu schlängeln, wodurch am Ende ein mehr oder weniger grosser Pilzknäuel entsteht. An solchen Pilzhyphen ist es mir mehrfach und bei allen Marchantieen gelungen, die Querwände und Zellpfropfen zu finden (Fig. 6 u. 7).

Ganz dieselben Bilder sind auch bei Fegatella und Plagiochasma zu finden, nur dass die inficirten Zellen erst 1 cm vor der Thallusspitze vorkommen.

Betrachtet man die pilzfreien und die vom Pilze besetzten Zellen des Thallus, so bemerkt man zugleich, dass der Inhalt dieser Zellen sich verändert; Stärke verschwindet gänzlich und vom Plasma be-

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05173-0217-9

merkt man auch gar nichts; an fixirten und gefärbten (Picrocarmin, Hämatoxylin) Präparaten kann man jedoch sehen, dass eine dünne und homogene Plasmaschicht an den Wänden der Zelle geblieben ist und in ihr ein Zellkern sich findet. Ausser solchen knäuelbildenden Pilzhyphen findet man auch andere, aus welchen bald nach ihrem Eindringen in die Zellen sehr dünne und dünnwandige Schläuche auswachsen. Dieselben besitzen sich verschleimende Wände und bilden um die grosse Hyphe auch einen Knäuel, in welchem aber zuletzt die einzelnen Hyphen gar nicht zu unterscheiden sind (Fig. 8, 9). Auch in solchen Zellen konnte ich mit Hilfe von Weigert's Picrocarmin wandständiges Plasma und Zellkern finden (Fig. 10). Die Schleimknäuel bleiben nicht unverändert; in den älteren, absterbenden Theilen des Thallus werden sie gelber und glänzender und sterben ganz bestimmt ab, dagegen bleiben Plasma und Zellkern der Lebermooszelle die ganze Zeit erhalten, bis der Thallus ganz abgestorben ist.

Zwischen solchen Zellen mit absterbenden Schleimknäueln bemerkt man Zellen, in welchen die einzelnen Hyphen stark kugelig anschwellen. Der Inhalt der kleineren Anschwellungen ist trübgrau, in den grösseren, welche manchmal den ganzen Zellraum ausfüllen und sehr derbwandig sind, sieht man grosse, gelbe, stark glänzende Kugeln, die sehr an Oeltropfen erinnern und in der That mit Osmiumsäure schwarz werden und leicht in Xylol sich lösen (Fig. 12).

An Längs- und Querschnitten aus alten, schon absterbenden Theilen des Thallus kann man sehen, dass der Pilz grösstentheils zu Grunde geht: die Pilzhyphen sind entweder leer oder mit Plasmaresten erfüllt; von den Schleimknäueln findet man gar nichts und die Anschwellungen sind grösstentheils auch leer (Fig. 13—14). Jedoch bleiben einige Anschwellungen auch in ganz abgestorbenen und braunen Thallustheilen mit Inhalt und müssen also auf die Erde fallen, wenn die Zellen des Lagers verwittern; ihr weiteres Schicksal zu verfolgen, ist mir nicht gelungen.

Aus der Figur 1 sieht man, dass die Zone der pilzhaltigen Zellen nicht bis zu der unteren Epidermis geht; aber sowohl an Quer- als auch an Längsschnitten kann man sehen, dass einige Pilzhyphen gerade nach unten gehen und in viele, jedoch nicht in alle, soweit ich bestimmen konnte, nur in glatte Rhizoiden eindringen (Fig. 15). Um zu bestimmen, ob die Pilzhyphen in den Rhizoiden bleiben oder austreten, habe ich ganze Lager mit Erde in Wasser gelegt und vorsichtig die Erde mit dem Pinsel entfernt. Legt man solche Thallome auf den Objectträger in einen Tropfen Wasser, so findet man ziemlich

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05173-0218-5

leicht noch unversehrte Rhizoidenenden, aus welchen die Pilzhyphen heraustreten (Fig. 16). Interessant ist, dass man gar nicht in den Rhizoiden solche Hyphenknäuel findet, wie sie sowohl von Janse (l. c. Fig. 1 Taf. XV) als auch von Nemec abgebildet und beschrieben sind.

Wie gesagt, dringen die Pilzhyphen niemals in die chlorophyllhaltigen Zellen des Bodens der Kammern ein, obgleich sie dicht bis zu ihnen gehen. Irgendwelche Haustorien oder Fortsätze der Hyphen in diese Zellen habe ich auch nicht bemerken können. Ebenso sah ich die Pilzhyphen niemals weder in die Inflorescenzstiele noch in die Brutknospenbehälter eindringen. Sporogonien, resp. Sporen, und Brutknospen erwiesen sich auch stets pilzfrei. Es ist darum klar, dass die Inficirung mit dem Pilze erst nach der Keimung der Sporen oder Brutknospen stattfinden kann.

Bei den übrigen Lebermoosen scheinen die Pilzhyphen dieselben Formen auszubilden. Bei Fegatella sind die Verhältnisse ganz dieselben, wie bei Preissia und Marchantia, bei Plagiochasma und Targionia habe ich die blasenartigen Gebilde nicht finden können.

Jetzt müssen wir versuchen, die Frage zu beantworten, mit welchem Pilze wir es zu thun haben: mit einem einfachen Parasiten oder mit einem wirklichen Mycorrhizenpilz. Vollkommen gut ausgebildete morphologische Merkmale, welche mit Sicherheit auf die symbiotischen Verhältnisse zeigen würden, liegen hier gewiss nicht vor. Anderseits kann man sterile Pilzhyphen an alten absterbenden Theilen von allen, als pilzfrei genannten Lebermoosen finden. Diese Hyphen dringen aber niemals so weit in das lebendige Gewebe der Lebermoose ein, oder wenn sie eindringen, so veranlassen sie die Bräunung des Zellinhaltes. Dagegen schadet die Anwesenheit der beschriebenen Pilzhyphen den oben genannten Lebermoosen gar nicht. Dies zeigt schon der Umstand, dass ich an wilden, über und über mit Inflorescenzen besetzten Preissia-Lagern keinen einzigen fand, der nicht mit Pilzhyphen inficirt gewesen wäre, und doch waren die Sporangien und Sporen ganz vollkommen entwickelt. Ganz ebensolches Verhalten zeigten Marchantia palmata, Targionia und Fegatella. Pilzfrei waren einige gerade nicht fructificirende Exemplare; dagegen waren die mächtigen oft bis 10 cm langen weiblichen Lager von Fegatella, die an jedem Seitenzweige einen weiblichen Stand trugen, stets pilzhaltig. Marchantia palcacea fructificirte bei uns bis jetzt zwar nicht, aber die verpilzten Lager entwickeltelten viele Antheridienstände und waren über und über mit Brutkörbchen bedeckt. Auch das Aussehen der verpilzten Lager selbst ist gar nicht so, dass man meinen könnte, sie leiden

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05173-0219-3

von einem Parasiten: es waren stets die am stärksten entwickelten und am frischesten aussehenden. Gegen den Parasitismus spricht auch die grosse Verbreitung der verpilzten und doch fructificirenden Lager der genannten Marchantiaceen. Es erwiesen sich alle bei Moskau vorkommenden und vom Kaukasus gebrachten Fegatella-Lager pilzhaltig, ebenso alle Exemplare von Preissia, Fegatella und Targionia aus Gottsche und Rabenhorst „Hepaticae europeae". Dieselben stammen aus verschiedenen Ländern Europas und ist es mir darum ganz unverständlich, wie solch ausgezeichnete Beobachter wie Leitgeb und Goebel und der neueste Monograph Stephani, der so eingehend die anatomischen Verhältnisse der Lebermoose beschreibt, die Anwesenheit der Pilzhyphen übersehen konnten. Vielleicht liegt der Grund davon darin, dass diese Beobachter ihre Aufmerksamkeit hauptsächlich auf die jüngsten Theile der Lager lenkten, wo nur einzelne Hyphen vorkommen.

Man sieht hieraus, dass der Pilz den befallenen Lebermoosen jedenfalls nicht schadet. Schwerer ist zu beantworten, ob und welchen Nutzen die Lebermoose aus diesem Zusammenleben bekommen. Vergleicht man die pilzfreien, wie solche manchmal vorkommen, und die inficirten Lager auf Längsschnitten, so bemerkt man sogleich, dass erstens die Zonen der rothvioletten und porenhaltigen Zellen auch in pilzfreien Lagern entwickelt sind, und zweitens, dass diese Zellen bei pilzfreien Lagern voll mit Stärkekörnern ausgefüllt sind. Man kann also nicht sagen, dass diese rothvioletten Zellen specielle „Pilzzellen" sind, wie solche bei höheren Pflanzen angegeben werden, sondern es sind einfache Reservestoffzellen, in welche der Pilz eindringt und die Reservestoffe vernichtet. Da aber gerade die pilzinficirten Lager reich fructificiren, so muss man annehmen, dass diese Vernichtung von Stärke durch etwas anderes compensirt wird, vielleicht durch die Stoffe, welche beim Absterben des Pilzes sich bilden. Ich bin sehr geneigt, die Knäuel aus Hyphen, sowohl dickwandigen wie dünnwandigen, und die blasenartigen Gebilde als solche zu betrachten, die von Lebermoosen ausgenützt werden. Einen directen Beweis dafür besitze ich jedenfalls nicht.

Wie gesagt dringen die Pilzhyphen weder in die Inflorescenzen, noch in die Brutknospenbecher; es werden also neue Lager der genannten Marchantien, welche in allen Culturkästen neben Lunularia lästig auftreten und pilzhaltig sind, durch Pilzhyphen, welche in der Erde sich befinden, inficirt. Da für die Culturen jährlich neue Rasenerde und gewöhnlich auch neue Kästen gebraucht werden, so muss

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05173-0220-4

der Pilz sehr in der Erde, sowohl bei München als auch bei Moskau und überhaupt in Europa, verbreitet sein. Da die Sporen und Brutknospen der Lebermoose pilzfrei sind, so wurden Versuche gemacht, Lebermoose auf sterilisirtem Boden zu züchten. Es wurden daher Sporen und Brutknospen auf mit kochendem Wasser oder Chloroformdämpfen sterilisirtem Boden ausgesäet. Preissia gab dabei äusserst schmächtige Lager, die sehr bald durch parasitische Pilze (die Cultur stand mit anderen Moosen zusammen) vernichtet wurden. Fegatella entwickelte sich gar nicht, die beiden Marchantien gaben auch schwache, pilzfreie Lager.

Dieser Versuch spricht meiner Meinung nach gar nicht dafür, dass die genannten Pflanzen ohne Mycorrhizenpilz nicht wachsen könnten, da ich zwischen anderen Moosen schön entwickelte und doch pilzfreie Lager von Marchantia palmata und paleacea fand. Sie trugen zwar keine Inflorescenzen, aber bei der Cultur im Glashause fructificiren überhaupt bei weitem nicht alle Lager dieser Lebermoose. Brutknospenbecher trugen die pilzfreien Lager der beiden Marchantien fast ebenso viel wie inficirte. Dies spricht jedenfalls dafür, dass die genannten Lebermoose beinahe normal sich entwickelt haben.

Anderseits zeigt das Verhalten der nicht cultivirten Preissia und Fegatella, bei welchen garade die stärksten und weibliche Inflorescenzen tragenden Thallome verpilzt sind, dass die Anwesenheit des Pilzes nicht ganz ohne Belang ist für die Wirthpflanzen.

Es wurden auch Versuche gemacht, den Pilz selbst zu bestimmen. Versuche, den Pilz zu isoliren, misslangen mir. Ebenso misslangen mir Versuche, die einzeln auftretenden pilzfreien Lager der Marchantien mit stets auf den Culturen auftretenden drei Pilzen — einem Agaricus, Peziza ciliaris und Nidularium zu inficiren. Die von Nemec erwähnte Mollissia Jungermanniae zeigte sich niemals auf dem Culturboden und es ist mir bis jetzt nicht gelungen, sie bei Moskau lebend zu finden.[1])

Wir können also bis jetzt nicht sagen, ob wir es mit einem und demselben Pilze bei allen Marchantien zu thun haben oder ob hier verschiedene Species vorliegen. Das ganz ähnliche Verhalten der Pilzhyphen zu den Zellen der Wirthspflanze, die Bildung der Blasen und der dünnwandigen Hyphen spricht gewiss dafür, dass wir es hier wenn nicht mit einem, so doch mit sehr nahe verwandten Pilzen zu thun haben.

1) Sonderbarerweise fand ich die bei Moskau massenhaft auftretende Calypogeia Trichomanes bis jetzt nur pilzfrei, ebenso auch viele andere Jungermanniaceen. Wenn Pilze sich dort auch fanden, so fehlten die so überaus charakteristischen Haustorien, die von Nemec abgebildet sind.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05173-0221-0

Der einer Mycorrhiza ähnliche Pilz wurde, wie gesagt, nur bei einigen Marchantien gefunden [1]), obgleich im Moskauer Garten schon seit 5—6 Jahren über 25 Marchantiaceen (Ricciaceen incl.) cultivirt werden. Gelegenheit inficirt zu werden, bietet sich allen diesen Pflanzen stets, da sie erstens alle auf demselben Boden cultivirt werden und zweitens auf absolute Reinheit der Culturen nicht sehr geachtet wird, so dass man Thallome von M. palmata und besonders von M. paleacea, dabei erwachsene und pilzhaltige, wie gesagt, fast auf jeder Cultur finden kann. Die Verschleppung der Marchantien geschieht durch Brutknospen und folglich werden sie an Ort und Stelle inficirt.

Wie ist eine solche Neigung des inficirenden Pilzes nur zu den genannten Marchantien zu erklären? Anatomische Verhältnisse spielen hier bestimmt keine Rolle, da ähnliches Gewebe mit Poren und Stärke auch bei anderen Lebermoosen (z. B. Lunularia) sich findet. Leider konnte ich aus Mangel an Material meine Untersuchungen nicht auch auf andere Arten von Marchantia erweitern, um die Verbreitung dieser Mycorrhiza zu studiren. [2])

Was jetzt die Anforderungen aller genannten Marchantien an Wasser und vielleicht auch an Nährsalze betrifft, so scheinen dieselben ziemlich verschieden zu sein. Zwar können sie alle leicht grosse Trockenheit aushalten, wobei die Lager mehr oder weniger welk werden, aber in der Natur kommen Preissia und beide Marchantien (vgl. Gottsche und Lindenberg, I) stets an etwas mehr trockeneren, kalkhaltigen Böden (Wänden, Felsabhängen) vor, wogegen Fegatella, wenigstens bei Moskau, an Hochmooren oder an humusreichen Ufern der Waldbäche oder Quellen massenhaft auftritt. Auf erstgenannten Standorten hält Fegatella bei Moskau nicht selten Wochen lange Dürre aus ohne abzusterben und man kann dabei grosse Polster mit ihr leicht vom Substrat abheben. [3]) Dabei sieht man, dass alle Rhizoiden braun und welk sind. Dagegen hat Fegatella an Ufern von

---

1) Ganz ähnlich wie bei Preissia ausgebildete Pilzhyphen fand ich später bei Pellia epiphylla und calycina. Blasia und Anthoceros erwiesen sich dagegen stets pilzfrei.

2) Besonders interessant wäre es zu untersuchen, ob nicht Pilzhaltigkeit mit der Bildung der Sklerenchymfasern in Verbindung stehe.

3) Kammerling (I) führt Fegatella als Beispiel für die hygrophilen Marchantiaceen und das auf Grund des Vorhandenseins der „schnabelförmigen" Zellen (l. c. pag. 49 und pag. 69) an, die er als speciellen Verdunstungsapparat deutet. Nach dem oben erwähnten Vermögen, mehr oder weniger auszutrocknen, sollte man aber Fegatella eher wenn nicht zu xerophilen, so doch zu Sumpfpflanzen, die ja auch sowohl auf feuchtem als auch auf trockenem Substrat zu wachsen vermögen, rechnen. Typisch hygrophil ist z. B. Dumortiera und auch Marchantia polymorpha.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05173-0222-6

Trockenheit niemals zu leiden und doch sind alle Lager pilzhaltig. Es lässt sich darum gar nichts Bestimmtes über die Rolle der Pilzhyphen in den Lagern einiger Marchantien sagen, besonders auch darum, weil die Untersuchung sogleich lehrt, dass diese Pflanzen nicht minder stärkehaltig sind wie die anderen. Beobachtungen an Ort und Stelle müssen vorerst entscheiden, ob auch die Verpilzung wirklich so constant ist, wie aus dem mir zugänglichen Untersuchungsmaterial hervorgeht. Dann könnte man auch nach den Bedingungen spüren, welche diese Verpilzung bestimmen, wobei die Stahl'sche Auffassung des Sinnes der Mycorrhizenbildung ganz bestimmt besonders wichtige Dienste wird leisten können. Auch sind experimentelle vergleichende Untersuchungen mit mehr verschiedenem Material nöthig, um die aufgeworfene Frage über den Nutzen der Verpilzung zu lösen. Leider ist die Lebermoosflora in den Umgebungen von Moskau äusserst arm (nur Marchantia polymorpha und Fegatella conica nebst einigen Riccien), so dass ich auf directe Beobachtung in der Natur verzichten muss. Es schienen mir aber die geschilderten Verhältnisse interessant genug, um publicirt zu werden.

Nachträgliche Bemerkung.

Nachdem schon meine Arbeit an den Verleger abgesandt wurde, machte ich Bekanntschaft mit den Arbeiten von Werner Magnus (I) und William H. Lang (I). Was die erste Arbeit anbetrifft, so finde ich grosse Aehnlichkeit der Abbildungen der Mycorrhiza von Neottia mit der Mycorrhiza der Lebermoose; dagegen ist es mir nicht gelungen, die Veränderungen der Zellen und der Zellkerne zu constatiren, die Magnus an den Zellen von Neottia beobachtet hat. Da die Grösse der Zellkerne bei den Lebermoosen ganz gering ist, ebenso wie die Structur viel einfacher als bei den Samenpflanzen, so sind überhaupt solche Kernveränderungen bei den Lebermoosen viel schwerer zu beobachten; aber auch nach der erneuerten Untersuchung konnte ich weder die Veränderung der Form, noch die Veränderung der Chromatophilie bemerken. Ebenso ist es mir nicht gelungen, Grössenveränderungen an den inficirten und nicht inficirten Zellen zu constatiren, wie eine Differenzirung in Pilzwirth- und Pilzverdauungszellen. Auch die Abbildungen von Lang zeigen grosse Aehnlichkeit mit meinen.

Das Studium dieser Arbeiten erweckte in mir die Ueberzeugung, dass die Aehnlichkeit der Pilzformen bei so verschiedenen Pflanzen nur dadurch erklärt werden kann, dass erstens nur sehr wenige und nahe verwandte Pilze zu der Mycorrhizabildung befähigt sind, und

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05173-0223-1

und dass zweitens diese Pilze eine sehr grosse Verbreitung haben, wahrscheinlich ubiquist sind. Es war darum interessant, solche tropische mycotrophe Pflanzen zu untersuchen, die aus Samen hier in den Glashäusern erzogen werden. In der That fand ich bei der Untersuchung junger Kaffeepflanzen in vielen Fällen eine schön entwickelte Mycorrhiza, wobei die Structur des Pilzes sehr an die der Lebermoose erinnerte, die Vertheilung der Pilzhyphen in der Wurzel aber und die Bildung der Knäuel vollkommen mit den Angaben von Janse (I) übereinstimmte.

Moskau, Botan. Garten der Universität.

Erklärung der Abbildungen auf Taf. XI.

(Alle Abbildungen sind mit Hilfe von Abbé's Zeichenapparat gezeichnet.)

Fig. 1. Querschnitt durch ein Lager (wild) von Preissia commutata. Die Linien zeigen die Grenzen der Zonen von pilzhaltigen violetten Zellen. Vergr. 16.
„ 2. Marchantia palmata. Querschnitt durch die pilzhaltigen Zellen; man sieht die verschieden gehenden Pilzhyphen und Hyphenknäuel. B/2.
„ 3. Preissia commutata. Junge Zelle mit Pilzhyphe. n Zellkern, a Stärke. D/2.
„ 4. „ „ Zelle mit sich schlängelnden Pilzhyphen. D/2.
„ 5. Marchantia paleacea. Eine ebensolche Zelle. D/3.
„ 6. Preissia commutata. Zelle mit Querwänden. D/3.
„ 7. „ „ Zelle mit Zellpfropfen. D/3.
„ 8. „ „ Zelle mit einer Pilzhyphe, die die dünnwandigen Schläuche treibt. D/2.
„ 9. Preissia commutata. Zelle mit einem Knäuel aus dünnwandigen Hyphen. n Zellkern. D/3.
„ 10. Marchantia palmata. Zelle mit einem Knäuel aus dünnwandigen Hyphen. D/3.
„ 11. Marchantia paleacea. Bildung eines blasenartigen Gebildes auf der Hyphe. D/3.
„ 12. Preissia commutata. Hyphen mit Blasen. n Zellkern, o Oeltropfen.
„ 13. Marchantia paleacea. Alte Zelle mit zwei Blasen nach Einwirkung von Xylol. D/3.
„ 14. Preissia commutata. Zelle mit leerer Blase aus altem Theile des Lagers. D/3.
„ 15. Preissia commutata. Glatte Rhizoiden mit Pilzhyphen. B/2.
„ 16. Marchantia palmata. Rhizoidenende mit zwei austretenden Pilzhyphen. B/2.

Litteratur.

Goebel I, Entwickelungsgeschichte der Pflanzenorgane.
„ II, Zur vergleichenden Anatomie der Marchantien. Arbeiten aus dem Bot. Inst. Würzburg. Bd. II.
„ III, Ueber javanische Lebermoose. Ann. du jardin bot. de Buitenzorg Vol. IX.
Gottsche, Lindenberg and Nees ab Esenbeck (I), Synopsis hepaticarum.
Janse, Les endophytes radicaux de quelques plantes javonaises etc. Ann. du jard. de Buitenzorg. Vol. XIV.
Kammerling, Zur Biologie und Physiologie der Marchantiaceen. Flora 1897.
Lang, W., The prothallus of Lycopodium clavatum. Ann. of Botany. 1899.
Leitgeb, Untersuchungen über die Lebermoose. H. VI. 1881.
Magnus, Werner, Studien an der endotrophen Mycorrhiza von Neottia. Pringsh. Jahrb. Bd. 35. 1900.
B. Nemec, Die Mycorrhiza einiger Lebermoose. Ber. d. deutsch. bot. Ges. Bd. XVII.
Stahl, Der Sinn der Mycorrhizenbildung. Jahrbücher f. wiss. Bot. Bd. XXXIV.
Stephani, Species hepaticarum. 1900.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05173-0224-7

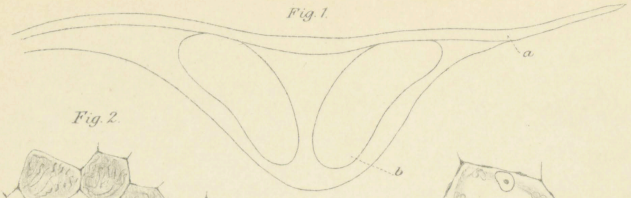

Fig. 1.

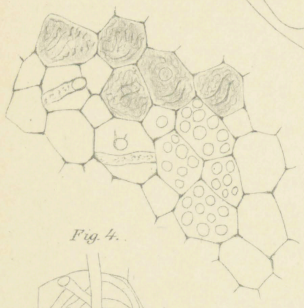
Fig. 2.

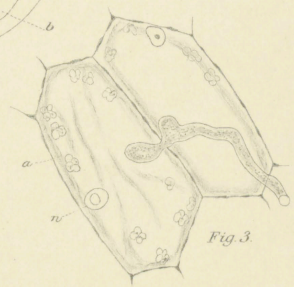

Fig. 3.

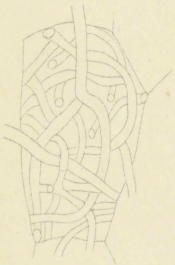
Fig. 4.

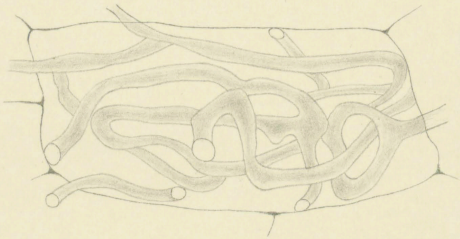
Fig. 5.

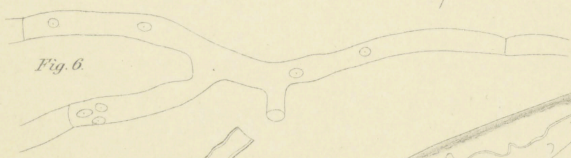
Fig. 6.

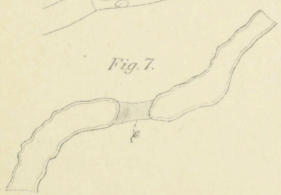

Fig. 7.

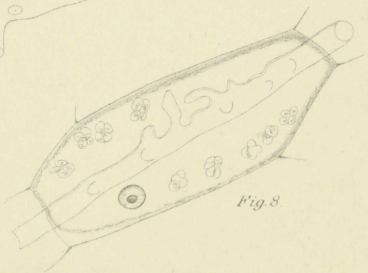
Fig. 8.

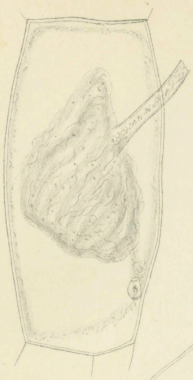
Fig. 9.

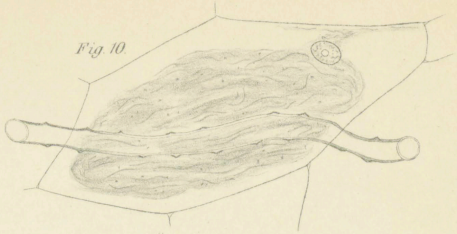
Fig. 10.

Fig. 11.

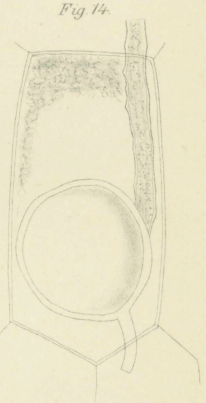
Fig. 14.

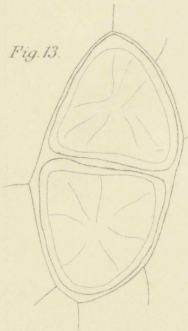
Fig. 13.

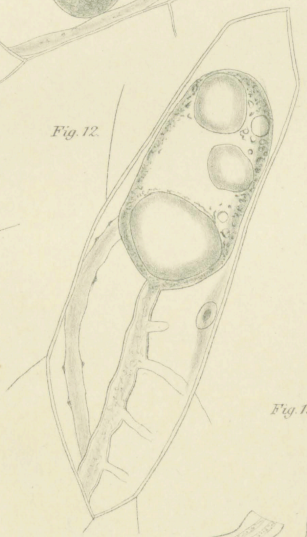
Fig. 12.

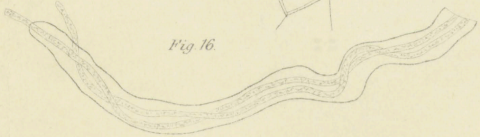
Fig. 16.

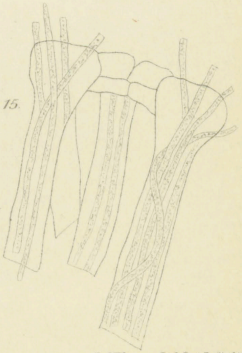
Fig. 15.

L. J. Thomas, Lith. Inst. Berlin S.W.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05173-0488-5

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Flora oder Allgemeine Botanische Zeitung

Jahr/Year: 1902

Band/Volume: 90

Autor(en)/Author(s): Golenkin M.

Artikel/Article: Die Mycorrhiza-ähnlichen Bildungen der Marchantiaceen. 209-220