

24. E. Bachmann: Hyphae amyloideae bei einigen Flechten.

(Mit 1 Abbildung im Text.)

(Eingegangen am 26. Februar 1926. Vorgetragen in der Märzszung.)

Unter hyphae amyloideae versteht man Flechtenpilzhyphen, die durch wässrige Jodlösung rein blau gefärbt werden. Die Färbung unterscheidet sich von dem mehr violetten Ton der Rinde von *Cetraria islandica* (L.) Ach. und des Markes von *Sphaerophorus coralloides* Pers. deutlich, stimmt aber mit der vieler Asci überein. Die gleiche Farbenveränderung bringt Zinkchlorid-Jodlösung hervor, nur daß es nebenbei die Zellwände der Gonidien weinrot färbt. Hat man Mikrotomschnitte vorher nach dem HEIDENHAINschen Verfahren behandelt, so treten viererlei Färbungen nebeneinander auf: alle Plasmakörper sehen blauschwarz, die Gonidienwände weinrot, die Amyloidhyphen rein blau, gewisse, chemisch veränderte Hyphenwände farblos aus. Auf diese Weise ist es leicht, festzustellen, wie die Amyloidhyphen im Flechtenlager verbreitet sind, denn darüber herrscht keineswegs Klarheit.

TH. FRIES gibt in seiner *Lichenographia scandinavica*, Upsalia 1871—74 (S. 481—495) überhaupt nichts Näheres an, und G. LINDAU, *Die Flechten*, 2. Aufl., Berl. 1923 (S. 60—62) spricht immer nur von Markhyphen als solchen, die sich bläuen, aber wahrscheinlich nur aus praktischen Gründen, weil der Systematiker die Blaufärbung an kleinsten Markteilchen, auch wenn sie bloß aus dem Thallus herausgezupft worden sind, am deutlichsten erkennt. Diese Reaktion dient nämlich als artunterscheidendes Mittel in den Gattungen *Lecidea* und *Rhizocarpon* und wird gewöhnlich durch die Formel med. J + zum Ausdruck gebracht.

Nachdem ich gemerkt hatte, daß die gelegentlich einer anderen Untersuchung studierte *Lecidea athroocarpa* Ach. auf Porphy von Predazzo (Tirol) keineswegs bloß im Mark Amyloidhyphen enthält, habe ich noch folgende Jodflechten untersucht: *Lecidea confluens* (Weber) Kbr. auf Basalt von Altenberg (Erzgeb.), *subconfluens* Th. Fr. von Granit aus der Oberlausitz, *speirea* Ach. auf Porphy von Altenberg, *tessellata* Flrk. auf Porphy von Paneveggio (Tirol), *pantherina* Th. Fr. auf Porphy von Predazzo, *lapicida* (Ach.) Arn. auf Glimmerschiefer aus dem Zillertale (Tirol), aus der Gattung

Rhizocarpon nur *distinctum* Th. Fr. auf Granit von Schönberg (Vogtland).

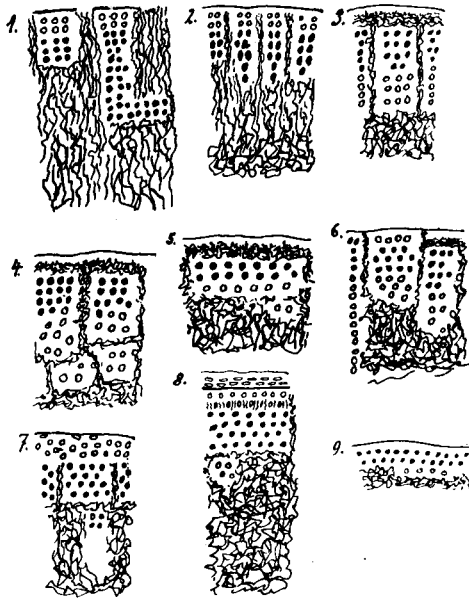
Alle Arten sind in Querschnitten von 10 μ Dicke, der Thallus von *L. pantherina* auch in Schnitten parallel zur Oberfläche geprüft worden, weil sich von ihm wegen seiner beträchtlichen Dicke Stücke abheben ließen, bei denen die Gesteinsplitterchen nicht bis nahe an die Gonidienzone heranreichten. Dabei hat sich einwandfrei feststellen lassen, daß das Amyloidgewebe bei allen *Lecidea*-spezies in Rinde, Gonidienzone und Mark enthalten ist. Die Blaufärbung unterbleibt immer 1. an den sogenannten Umhüllungszellen, d. h. den meist isodiametrischen Zellen des Flechtenpilzes, die in unmittelbarer Berührung mit lebensfähigen Gonidien stehen, 2. an den beiden äußersten Zellschichten der Rinde, 3. an den gelblichen oder bräunlichen Zellen des Fruchthäuses. Die unter 2 und 3 genannten Hyphen haben offenbar eine ihrer Schutzfunktion entsprechende chemische Veränderung erfahren, durch welche die Jodreaktion verhindert wird. Aber auch die Wände der Umhüllungszellen sind chemisch verändert worden, jedoch in einer Richtung, welche den hier erfolgenden Stoffwechselforgängen förderlich ist.

Die Verteilung der verschiedenartigen Gewebe ist nicht gleich, schon deshalb, weil manche Arten nur eine Epinekrals-, andere bloß eine Hyponekralszone besitzen, je nachdem das Absterben der Gonidien an der Außen- oder Innenfläche der Gonidienzone erfolgt. Es können auch beide Nekralzonen vorhanden sein; bei manchen Arten findet man ganze Serien mit bloßer Epinekralschicht, dann wieder andere mit schwach entwickelter Hyponekralschicht neben jener — oder umgekehrt.

Besser als durch umständliche Beschreibungen werden diese Verteilungsarten durch schematische Zeichnungen veranschaulicht werden, in denen die lebenskräftigen Gonidien durch schwarze Punkte, die leeren Gonidienhüllen durch Ringe oder Ellipsen, die Amyloidhyphen durch geschlängelte Linien angedeutet werden.

Die Mächtigkeit der einzelnen Lagerabschnitte ist an 6 um ungefähr 40 μ auseinanderliegenden Punkten eines Lagerquerschnittes gemessen worden. Der aus ihnen berechnete Durchschnitt wird für die Gesamtmächtigkeit durch M, für die Rinde durch Mr, für die Gonidienzone durch Mg, für das Mark durch Mm bezeichnet, während Ms die durchschnittliche Schichtenzahl der Gonidien bedeutet.

Für *Lecidea pantherina* (Fig. 1) sind folgende Werte gefunden worden: $M = 479 \mu$, $Mr = 35,1 \mu$, $Mg = 71 \mu$, $Ms = 8,33$, $Mm = 357,4 \mu$. Die blauen Hyphen ziehen als senkrechte Stränge durch Gonidienzone und Rinde bis an deren Oberfläche, breiten sich aber nie über der Gonidienzone als zusammenhängende Schicht aus. Das Mark tritt als lückenreiches Plektenchym auf, das



Schematische Darstellung des Lagerbaues folgender Flechten bei etwa 60facher Vergrößerung: 1. *Lecidea pantherina*, 2. *L. confluens*, 3. *L. speirea*, 4. *L. subconfluens*, 5. *L. lapicida*, 6. *L. subterluescens*, 7. *L. tessellata*, 8. *L. athrocarpa*, 9. *Rhizocarpon distinctum*. Schwarze Punkte bedeuten lebenskräftige Gonidien, Kreise und Ellipsen = entleerte Gonidienhüllen, geschwängelte Striche = Amyloidhyphen.

unmittelbar unter den Gonidien oft recht dicht wird, nirgends leere Gonidienhüllen erkennen läßt und durchweg aus langgliedrigen Fäden besteht. Sie sind bis $4,5 \mu$ dick und besitzen eine durch Jod färbare Außen-, sowie eine nicht färbare Innenlamelle, jede ungefähr 1μ dick. Ihre Höhlung ist meistens, in den tieferen Markregionen immer leer. Dagegen enthalten die Amyloidhyphen der durch Gonidienzone und Rinde ziehenden Stränge noch Plasma, Auch sind sie viel kurzgliedriger als die Markhyphen, um endlich

zu isodiametrischen Zellen zu werden, die sich gestaltlich von den Rindenzellen gar nicht, von den Umhüllungszellen durch dickere Wände und kleinere Plasmakörper unterscheiden. In Tangential-schnitten überwiegt das blaue Gewebe um so mehr, je näher der Schnitt dem Marke liegt, während inmitten der Gonidienzone die roten Felder der Algengruppen mit ihrem farblosen Saum von Umhüllungszellen den bei weitem größten Raum des Gesichtsfeldes einnehmen.

Ganz ähnlich verhält sich *L. confluens* (Fig. 2) mit den Werten: $M = 338 \mu$, $Mr = 18,4 \mu$, $Mg = 66 \mu$, $Ms = 6,25$, $Mm = 253,2 \mu$. Von *pantherina* unterscheidet sie sich durch die radial gestreckte Form der Gonidien, durch die große Zahl von Amyloidhyphensträngen in Gonidienzone und Rinde und durch die radiaifaserige Beschaffenheit des äußeren Drittels vom Mark. Sein innerster Abschnitt ist filzähnlich und dichter, darum auch dunkler als der äußere, faserige. Über jeder Gonidiengruppe liegt deckelartig ein aus leeren Gonidienhüllen und 4—5 Schichten isodiametrischer Rindenzellen, die durch Jod nicht gebläut werden, zusammengesetzter Gewebekörper.

L. speirea (Fig. 3) besitzt keine Epinekrals-, dafür eine mächtige Hyponekralszone. Ihre Verhältniszahlen sind: $M = 199 \mu$, $Mr = 44,4 \mu$; $Mg = 51 \mu$, $Ms = 4,2$, $Mm = 100,6 \mu$. Sie ist also durch eine auffallend mächtige Rinde ausgezeichnet, die in ihrer inneren Hälfte aus lauter isodiametrischen Amyloidzellen besteht. Von ihr aus gehen Stränge gleicher Zellbeschaffenheit durch die Gonidienzone hindurch und setzen sich in das Mark, zunächst als Stränge fort, soweit die entleerten Gonidien reichen, um sich unter dieser Schicht zu einem dichten Plektenchym zusammenzuschließen, in dem jede Spur von roten Gonidienhüllen fehlt.

Auch *L. subconfluens* (Fig. 4) mit den Verhältniszahlen $M = 278,6 \mu$, $Mr = 47,1 \mu$, $Mg = 56,8 \mu$, $Ms = 7,5$, $Mm = 184 \mu$ hat in der Rinde eine zusammenhängende Schicht von Amyloidzellen und unter der Gonidienzone eine mächtige Hyponekralszone mit nesterartig angeordneten Gonidienhüllen, die an Menge gegenüber den blauen Amyloidsträngen wesentlich vorwiegen. Die Gonidienzone ist ebenfalls durch Mächtigkeit und durch Schichtenreichtum ausgezeichnet; ausnahmsweise findet man Gonidien mit blauschwarzem Inhalte noch in 126μ Tiefe.

Zu den Flechten ohne Epinekralschicht gehört auch *L. lapicida* (Fig. 5). Ihr „wie vertrocknet aussehender Thallus“ zeigte zwar eine Gesamtmächtigkeit von 500μ , war aber infolge unvorsichtigen

Abhebens in den unteren 400 μ so reichlich mit Gesteinsplittern durchsetzt, daß eigentlich nur das oberste Fünftel mit den Thalli der anderen Flechten verglichen werden dürfte. Die farblose Rinde ist bis 34 μ mächtig, bis 8schichtig und im inneren Viertel aus Amyloidzellen zusammengesetzt. Die Gonidienzone ist nur 27—31 μ mächtig, 2—3schichtig und von sehr wenig Schichten leerer Gonidienhüllen unterlagert. Der ganze übrige Teil des Marks besteht aus ziemlich dichtem Amyloidplektenchym.

Mit Epi- und Hyponekralzone sind die folgenden Flechten ausgestattet: *L. subterluescens* (Fig. 6) hat die Verhältniszahlen: $M = 245,2 \mu$, $Mr = 23,8 \mu$, $Mg = 54,3 \mu$, $Ms = 7,3$, $Mm = 163 \mu$. Die beiden äußersten Rindenschichten haben bräunliche Wände und werden darum von Jod nicht gebläut; der innere Rindenabschnitt ist ein Gemenge von leeren Gonidienhüllen und isodiametrischen Amyloidzellen, die entweder in radialen Strängen angeordnet sind oder sich fast deckenartig in 3—6 Schichten über der Gonidienzone ausbreiten. Auch das Mark hat zweierlei Beschaffenheit: normalerweise enthält es entleerte Gonidienhüllen bis an seinen Grund und wenig Amyloidhyphen; in anderen Schnitten wiegt das Plektenchym dieser blauen Hyphen beträchtlich vor.

L. tessellata (Fig. 7) hat folgende Mächtigkeitswerte: $M = 347,8 \mu$, $Mr = 37,9 \mu$, $Mg = 61,6 \mu$, $Ms = 5,5$, $Mm = 248,2 \mu$. Die mächtige Rinde ist mit 3—4 Schichten leerer Gonidienhüllen erfüllt, die stellenweise bis an die Oberfläche heranreichen und dann tangential abgeplattet sind. Zwischen ihnen liegen zahlreiche Rindenzellen, deren Wände von Jod nicht gebläut werden, deren Protoplasten von Hämatoxylin nur grau gefärbt worden sind, nicht blauschwarz, wie die der Umhüllungszellen der Gonidienzone. — Auch die Fortsätze, welche die in der Gonidienzone senkrecht nach außen verlaufenden blauen Hyphenstränge in die Rinde entsenden, sind hier nur an ihrer Anordnung erkennbar; denn statt der blauen haben sie in der Jodlösung eine gelbliche Farbe angenommen. Das alles spricht dafür, daß die Rinde von *L. tessellata* bis an ihren Grund schon im Absterben begriffen ist oder in ihrer ganzen Mächtigkeit die Veränderung erlitten hat, die sie bei anderen Arten bloß in den beiden obersten Schichten zu erfahren pflegt.

Ganz anders verhält es sich mit *L. athroocarpa* (Fig. 8), die vor allen anderen untersuchten Flechten durch den Besitz einer sogenannten „Pseudocuticula“ ausgezeichnet ist, d. h. einer im Mittel 96 μ mächtigen, farblosen, homogenen Schicht. Nach Zusatz von Zinkchloridjodlösung wird sie weinrot gefärbt, ein Beweis, daß sie hauptsächlich aus leeren Gonidienhüllen entstanden ist

deren Umrisse aber ebensowenig erkennbar sind, wie die Umhüllungszellen, die sich vorher in ihrer Umgebung befunden haben müssen. Die darunter befindliche Rinde ist durchschnittlich $49,6 \mu$ mächtig und in ihrer ganzen Dicke mit radial gestreckten Gonidienhüllen erfüllt. Umgeben sind diese in dem äußeren Rindenviertel mit farblosen Umhüllungszellen, im inneren Abschnitt aber mit isodiametrischen Amyloidzellen. Das ist sehr bemerkenswert; denn da die Rinde ein Produkt der Gonidienzone ist, müssen diese Hyphenzellen einige Zeit vorher als Teile der Gonidienzone mit lebenden Algenzellen in Berührung gewesen sein und hatten als solche die Fähigkeit, Jod mit blauer Farbe zu speichern, eingebüßt. Nachdem sie in die Rinde gerückt sind, ohne, wie ihre dunklen Protoplasten erkennen lassen, abzusterben, sind ihre Wände in die Amyloidform, die den *Athroocarpahyphen* an sich eigen ist, übergegangen. Die durch Berührung mit lebenden Algenzellen erfolgte chemische Umwandlung der Hyphenzellwände in Umhüllungszellwände kann nur aus den Stoffwechselfvorgängen erklärt werden, die zwischen diesen beiderlei Flechtenkomponenten stattfinden. Sobald diese Vorgänge aufhören, wie in dem inneren Rindenabschnitt, nehmen die Wände der ehemaligen Umhüllungszellen die ursprüngliche chemische Beschaffenheit wieder an. Dies wird auch durch folgende Tatsache bestätigt: im Thallus von *L. lapicida* sind außerhalb der Gonidienzone einige Cyanophyceenkugeln in unmittelbarer Berührung mit den blauen Amyloidhyphen beobachtet worden. Zwischen beiden besteht keine Symbiose, wie zwischen den Chlorophyceenzellen der Gonidienzone und den *Lapicidahyphen*, darum finden an ihren Berührungsflächen auch nicht die Stoffwechselfvorgänge statt, durch welche die Umwandlung der Amyloidzellwand in Umhüllungszellwand einzig bewirkt werden kann. — Zum Bau des Lagers von *L. athroocarpa* ist noch hinzuzufügen, daß Amyloidhyphenstränge senkrecht durch Gonidienzone und Rinde bis fast an deren Oberfläche dringen. Das Mark, dessen Mächtigkeit bis zu 691μ steigen kann, besteht aus Amyloidplektenchym von stellenweise großer Dunkelheit und mit einigen leeren Gonidienhüllen.

Von all diesen Flechten ist *Rhizocarpon distinctum* (Fig. 9) am einfachsten gebaut: ihr sehr dünnes Lager hat eine $8-10 \mu$ dicke gelbbraunliche Rinde, eine bis 63μ mächtige, 3schichtige Gonidienzone, darunter ein etwa 44μ mächtiges Mark mit entleerten Gonidien in höchstens 1 Schicht. Sein tiefster Abschnitt wird von Jod gebläut; sie ist demnach die einzige, auf welche die Formel med. J + mit Recht angewendet werden darf.

Es wäre von Wert, festzustellen, ob der in der Außenlamelle der Amyloidhyphen enthaltene Stoff mit dem von H. ZIEGENSPECK (diese Berichte, Bd. 42, S. 116) in Flechtenschläuchen anderer Flechten nachgewiesenen Isolichenin identisch ist. Das zu dieser makrochemischen Untersuchung nötige Material würde am leichtesten von den in den Tiroler Bergen weit verbreiteten und durch dicke Thalli ausgezeichneten Arten *L. pantherina* und *L. speirea* zu beschaffen sein.
