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

Zur Anatomie der Flechtengattung *Usnea*.

Von

Fritz Schulte

in Dortmund.

Mit Tafel 1—3 und 8 Abbildungen im Text.

Vorbemerkung.

Was den anatomischen Bau des Thallus anbetrifft, so liegt in der Litteratur nur eine einzige Untersuchung vor, die mustergültige Arbeit S. Schwendeners[1]) über zwei Vertreter der alten Sammelspezies *Usnea barbata*, nämlich *Usnea florida* (L.) und *Usnea hirta* (L.), nebst einigen Andeutungen über *Usnea longissima* Ach.

Doch ist zu erwähnen, daß zuerst Haberlandt[2]) auf die zugfeste Konstruktion des Thallus bei einer *Usnea* aufmerksam machte, Reinke bei gelegentlicher Betrachtung des Querschnittes von *Usnea Taylori*[3]) eine mehr biegungsfeste Konstruktion vorfand.

Was dagegen die Anatomie und Entwickelungsgeschichte der Schlauchfrüchte anbetrifft, so hat diese seither noch keine Berücksichtigung erfahren.

Bezüglich der anatomisch-mikrochemischen Seite ist zu bemerken, daß als Mittel zur systematischen Unterscheidung bereits Wainio[4]) Farbreaktionen mittelst Kalilauge und Jodlösung angab, daß aber noch verschiedene mikrochemische Fragen, die durch die makrochemischen Untersuchungen von Stenhouse, Zopf und Hesse angeregt wurden, bisher ungelöst geblieben sind.

Meine eigene Aufgabe bestand vor allen Dingen darin, etwas zur Ausfüllung der durch obige historische Betrachtung sich ergebenden Lücken in der anatomischen Kenntnis der Gattung beizutragen, besonders aber diejenige Lücke einigermaßen zu schließen, die bezüglich der Anatomie und Entwickelungsgeschichte der Schlauchfrucht besteht.

Da vorläufige Prüfungen der anatomischen Verhältnisse des Thallus von *Usnea scabrata* Nyl., *Schraderi* Dalla Torre et Sarnthein, *plicata* (L.), *microcarpa* Arn. und *dasypoga* Ach. etwas

[1]) Schwendener, S.: „Untersuchungen über den Flechtenthallus". (Nägeli, Beiträge zur wissenschaftlichen Botanik. Bd. 1—4. (1858—1868) Heft 2.

[2]) Haberlandt: Physiologische Pflanzenanatomie. 2. Aufl. S. 174.

[3]) Reinke, I.: Abhandlungen über Flechten. (Pringsh. Jahrb. Bd. 28. S. 396 und 397.

[4]) Etudes sur la classification naturelle et la morphologie des lichens du Brésil.

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

wesentlich Neues gegenüber den Schwendenerschen Resultaten nicht versprechen konnten, so habe ich mich bezüglich der Thallus-Anatomie auf die noch nicht ausführlicher untersuchte *Usnea longissima* beschränkt und dabei die Schwendenerschen Andeutungen bestätigen und erweitern können.

Sodann wurde der anatomische Sitz gewisser bekannter Stoffwechselprodukte auf mikrochemischem Wege festzustellen versucht im Hinblick auf die Möglichkeit, brauchbare Unterscheidungsmerkmale der Spezies aufzufinden. Dabei beschränkte ich mich auf die in Deutschland und in den Alpen vorkommenden *Usnea*arten.

Die nachstehend mitgeteilten Untersuchungen wurden in dem botanischen Institut der Königlichen Universität zu Münster i. W. und unter der Leitung des Herrn Professor Dr. Wilh. Zopf angestellt.

Ich möchte es daher nicht unterlassen, auch an dieser Stelle meinem hochverehrten Lehrer und Förderer meiner Arbeit meinen aufrichtig empfundenen Dank auszusprechen.

I. Untersuchungen am Thallus.

Usnea longissima Ach.

Bekanntermaßen ist diese, Laubbäume und Koniferen bewohnende Flechte vor anderen *Usnea*arten dadurch ausgezeichnet, daß ihre Hauptachse eine außerordentliche Längsentwickelung erreicht, die unter Umständen 6—8 m betragen kann. Nur selten entwickelt sich an der Hauptachse eine oder mehrere Seitenachsen, die dann ebenfalls beträchtlich gestreckt erscheinen. Um so zahlreicher treten an Haupt- und Seitenachsen dünne, borstenförmige Adventivästchen, sog. Fibrillen, auf, welche senkrecht abstehen, eine Länge von 1—5 cm erreichen und der Achse ein höchst charakteristisches Ansehen verleihen, das sich am besten mit einer locker gebundenen Flaschenbürste vergleichen läßt (Fig. 1). Nicht selten findet eine Verzweigung der Fibrillen statt. Das von mir untersuchte Material war Arnolds Lich. exsicc. No. 1685 entnommen.

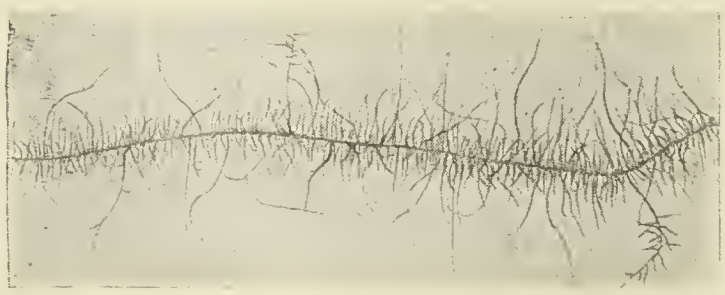


Fig. 1. *Usnea longissima* Ach. Teil einer mit Fibrillen besetzten Hauptachse. $^1/_2$ nat. Größe.

Um eine Einsicht in den anatomischen Bau des Thallus zu gewinnen, geht man am besten von den Fibrillen aus, um dann erst die Hauptachse zu untersuchen.

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

A. Bau der Fibrillen.

Auf Querschnitten bemerkt man zunächst dieselben Gewebesysteme, welche auch andere *Usnea*arten zeigen, nämlich die Rinde, das in seinem äußersten Teile die Algen enthaltende Durchlüftungsgewebe und den Zentralstrang (Taf. I, Fig. 1).

a) Rinde.

Auf Querschnitten[1]) durch den mittleren Teil einer etwa 2 cm langen Fibrille bemerkt man, daß die Rinde in zwei Schichten differenziert ist, eine Außenrinde (Taf. I, Fig. 2 a) und eine Innenrinde (Taf. I, Fig. 2 b).

Die Außenrinde besteht aus nur einer Zelllage.

Die Zellen der Außenrinde sind relativ klein, sie haben nur etwa 5 μ im Durchmesser. Infolge gegenseitigen Druckes erscheinen sie etwa quadratisch bis schwach polygonal und sind mit stark verdickter Wandung versehen. Auf der Außenseite der Wandung wie zwischen den radialen Wänden werden feine Körnchen abgelagert, welche Usninsäure darstellen.

Die Innenrinde dagegen besteht aus 2—3 Lagen von Zellen. Sie sind von meist nicht unerheblich größerem Durchmesser als die der Außenrinde, denn sie messen etwa 9—11 μ. Durch gegenseitigen Druck erscheinen sie polygonal. Ihre Wandungen sind sehr stark verdickt, so daß die Lumina ziemlich klein erscheinen.

Zum weiteren Studium der Außenrinde bedient man sich der Flächenansicht. Sie zeigt uns, daß die Außenrinde aus parallel verlaufenden Hyphen zusammengesetzt ist. Im Scheitel der Fibrille geht dieser Verlauf parallel der Längsachse (Fig. 2). Aber schon in geringer Entfernung vom Scheitel wird der Verlauf zur Längsachse steil spiralig, und noch weiter zurück neigt sich die Spirale zur Horizontalen so stark, daß der Winkel oft nur noch 45 bis 30 ^{0} beträgt. Übrigens läßt sich der spiralige Verlauf der Hyphen bis auf die Basis der Fibrillen verfolgen.

Fig. 2. *Usnea longissima.* Endstück einer Fibrille von der Fläche gesehen, die spiralige Anordnung der Rindenhyphen zeigend. 43fach vergr.

Bei näherem Studium dieser, auch schon von Schwendener[2]) angedeuteten Erscheinung fand ich folgendes: Die Hyphen bestehen in der oberen Hälfte und der Mittelpartie der Fibrille aus gestreckten Zellen (Taf. I, Fig. 3), die $1^1/_2$—2 mal so lang als breit sind. In der Nähe der Scheitelregion erscheinen die Zellen etwas schmäler (Taf. I, Fig. 3), in der unteren Partie der Fibrille dagegen im allgemeinen kürzer und etwas breiter und infolge interkalarer Teilung isodiametrisch, ja zum Teil breiter als lang (Taf. I, Fig. 5. 6). Die Zellen sind, wie schon der

[1]) Zur Herstellung brauchbarer Schnitte wurde in Paraffin vom Schmelzpunkt 55 ^{0} eingebettetes Material mit dem Mikrotom geschnitten.

[2]) Untersuchungen über den Flechtenthallus. l. c.

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

Querschnitt zeigt, mit verdickten Wänden ausgestattet. Diese Verdickung nimmt im allgemeinen vom Scheitel der Fibrille nach ihrer Basis hin zu. Ferner habe ich gefunden, daß die Hyphen sich verzweigen (Taf. I, Fig. 4), doch sind die Verzweigungen spärlich: die Äste scheinen sehr lang werden zu können.

Wie schon Schwendener anführt, erklärt sich die spiralige Lagerung der Hyphen dadurch, daß eine fortgesetzte interkalare Streckung und Teilung der Hyphenelemente stattfindet.

Um die eben geschilderten Verhältnisse deutlich wahrnehmen zu können, empfiehlt es sich, die die Hyphen inkrustierende Usninsäure durch Kalilauge wegzuschaffen, in welcher die Säure leicht löslich ist. Neutralisiert man nun die Kalilauge mit Essigsäure und fügt eine kräftige Jodlösung hinzu, so werden die Lumina der Zellen durch die Rotbraunfärbung des Plasmas sehr deutlich. Gute Resultate erhielt ich auch, wenn ich die zuvor mit Kalilauge behandelte Rinde mit Methylgrünessigsäure färbte.

Eine sehr merkwürdige, bisher noch nicht beobachtete Tatsache ist folgende: Betrachtet man die Außenrinde von der Außenfläche, so sieht man, daß hie und da zwischen den spiralig verlaufenden Hyphen eigentümliche Inselbildungen vorhanden sind (Taf. I, Fig. 7, 6). An dem oberen jüngeren Teil der Fibrille sind sie schmal spindelig (Taf. I, Fig. 7), an dem älteren Teil der Fibrille mehr oder minder breit spindelig. Sie erscheinen in der Flächenansicht der Rinde als rundliche, stark verdickte Zellen (Taf. I, Fig. 6, 7). Welche Bewandnis es mit diesen Bildungen hat, werden wir sehen, wenn wir die Innenrinde in weiteren Betracht gezogen haben. Hier möge nur angedeutet sein, daß diese Inseln vielleicht die Stellen bezeichnen, wo sich später der Durchbruch der Soredien vollziehen wird.

Was nun die Innenrinde betrifft, so besteht auch sie aus parallelen, spiralig verlaufenden Hyphen (Taf. I, Fig. 8), und zwar erfolgt die Spiralrichtung in demselben Sinne, wie die der Außenrindenhyphen, also — im Mikroskop gesehen — im Sinne des Zeigers der Uhr. Man kann sich von dem Gesagten sowohl dadurch überzeugen, daß man die Außenrinde durch Kalilauge durchsichtig macht, als auch dadurch, daß man Tangentialschnitte durch die Rinde anfertigt. Ferner lassen sich an den Hyphen dieser Innenrinde Verzweigungen nachweisen (Taf. I, Fig. 8 und 9), teils kürzere, teils längere, die sich zumeist den Haupthyphen dicht anschmiegen. Im mittleren Teil einer jungen Fibrille sind die Zellen der Hyphen etwas gestreckt zylindrisch (Taf. I, Fig. 9). In den älteren Teilen der Fibrille können sie kürzer werden. Entsprechend dem Querschnittsbilde in Taf. I, Fig. 2 sind die Hyphen der Innenrinde mehr oder minder erheblich dicker, als die der Außenrinde. Ihre Membranen werden relativ sehr dick.

Wir haben bereits oben gesehen, daß die Rinde der Fibrillen, bei ihrer Betrachtung von der Außenfläche her, sehr eigentümliche Inselbildungen zeigt (Taf. I, Fig. 7 und 6), welche die Außenrinde durchbrechen. Man kann deutlich beobachten, daß

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

die Hyphen der Rinde zu beiden Seiten solcher Inseln Ausbiegungen machen, als ob sie zur Seite gedrängt wären (Taf. I, Fig. 7 rechts). Bei Kombination von höherer und tieferer Einstellung gewinnt man den Eindruck, daß die Zellelemente, die diese Inseln zusammensetzen, Köpfe von Seitenzweigen darunter liegender Rindenhyphen sind.

Ich hatte nun diesen Gesichtspunkt zu prüfen gesucht und habe an sehr dünnen Querschnitten, die von in Paraffin eingebetteten jüngeren Fibrillenteilen entnommen waren, hie und da eine Stelle gefunden, wo man sehen konnte, daß Kurzästchen, die von den Hyphen der Innenrinde zu entspringen schienen, sich nach auswärts wandten (Taf. I, Fig. 2 bei d).

Daß von den Hyphen der Innenrinde aus tatsächlich Kurzzweige gebildet werden können, und zwar in dicht gedrängter Stellung, läßt sich aus Hyphenbildern wie Taf. I, Fig. 9 erkennen. In dem dort abgebildeten Falle ließ sich deutlich erkennen, wie in der Anlage befindliche Kurzästchen sich sämtlich nach einer Richtung, und zwar schief nach oben, resp. außen, hinwandten, was ich durch die Zeichnung, so gut es ging, auszudrücken versuchte.

Es dürfte demnach die Vermutung berechtigt sein, daß die Inselbildungen weiter nichts darstellen, als Köpfe durchbrechender Kurzzweige der Innenrinde, und daß an den Stellen, wo sich diese Kurzzweige befinden, späterhin der Durchbruch eines Sorediums erfolgen kann.

b) Das Durchlüftungsgewebe.

Das Durchlüftungsgewebe nimmt im Vergleich mit anderen *Usnea*arten bei *Usnea longissima* einen verhältnismäßig kleinen Teil des Querschnittes ein. Es besteht aus locker verflochtenen Hyphen von 4—5 μ Durchmesser (Taf. I, Fig. 1 und 2). Die Membran selber ist im Vergleich zu den Rindenhyphen nur mäßig stark verdickt und hie und da mit kleinen Kristallen besetzt, auf die ich im folgenden noch zurückkommen werde. In dem peripheren Teil des Durchlüftungsgewebes finden sich in kleineren oder größeren Abständen Algengruppen.

Betrachtet man eine durch Kalilauge aufgehellte und mit Jod gefärbte Fibrille bei schwacher Vergrößerung, so erhält man ein Bild, wie es in Taf. I, Fig. 10 wiedergegeben ist. Dasselbe lehrt, daß die Anordnung der Algengruppen eine spiralige ist, entsprechend dem schon früher erwähnten spiraligen Verlauf der Rindenhyphen. Es liegt hier offenbar eine Zwangsdrehung des ganzen Durchlüftungsgewebes zugrunde, hervorgerufen durch das oben beschriebene Wachstum der Rinde; denn an dem Zentralstrang findet sich, wie ich hier vorweg erwähnen will, diese spiralige Drehung nicht. Wahrscheinlich ist im trockenen Zustande der Fibrille die Spirale weniger steil, als die Zeichnung Taf. I, Fig. 10 darstellt. Denn wenn man eine, an ihrem Ende mit der Pinzette festgehaltene trockene Fibrille in Regenwasser taucht, so beschreibt die Spitze kreisförmige Bewegungen, und

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

die Fibrille streckt sich. Die Streckung betrug bei einer 15 mm langen Fibrille $1^1/_2$ mm, bei einer 5 mm langen $^1/_2$ mm. Viel auffallender ist diese Erscheinung bei Behandlung mit verdünnter Kalilauge.

c) Der Zentralstrang.

Er erscheint auf Querschnitten durch die Fibrillen stark entwickelt und baut sich, wie bei den von Schwendener untersuchten Spezies aus stark verdickten, englumigen, lückenlos aneinander gefügten Zellen auf (Taf. I, Fig. 1 und 2 C). Wie man an Längsschnitten, die am besten erst mit verdünnter Kalilauge gekocht und nach der Neutralisation mit Jodlösung gefärbt werden, feststellen kann, sind die Zellen bedeutend gestreckt und zu sehr langen, spärlich verzweigten und hie und da anastomosierenden Hyphen verbunden. Sie lassen sich auch nach vorheriger Behandlung mit Kalilauge nur durch starken Druck isolieren. Ihre Querwände sind etwa ebenso dick wie die Seitenwände; die Lumina erweitern sich nach den Querwänden zu mehr oder minder auffällig, etwa schenkelknochenartig (Taf. I, Fig. 11 und 12). Wie schon früher angedeutet wurde, ist der Verlauf dieser Hyphen kein spiraliger, sondern im allgemeinen der Achse parallel gehend, hier und da Wellenlinien zeigend. Die Länge der Zellen beträgt etwa 46—52 μ, die Breite 4—5 μ. Hier und da vorhandene Fragmentation des Zellinhaltes kann den irrtümlichen Eindruck hervorrufen, als ob die betreffenden Zellen noch weiter durch Querwände gegliedert seien. Hierbei handelt es sich aber offenbar um Bilder, die durch Eintrocknen des Plasmas im Herbar hervorgerufen sind. Jedenfalls ist dieses Gewebe nach dem Gesagten als ein ausgesprochen mechanisches charakterisiert.

Was nun das Verhältnis der Fibrillen zur Hauptachse anbetrifft, so sind dieselben als Adventiväste aufzufassen. Denn ihre Rinde geht überall da lückenlos in die Hauptachsenrinde über, wo diese überhaupt noch vorhanden ist. Die für die Fibrillen von Schwendener gebrauchte Bezeichnung „Soredialäste“ ist daher nicht zutreffend.

Unter Umständen können die Fibrillen mehrere bis viele Ästchen bilden (Textfig. 1). Entsteht ein Ästchen in unmittelbarer Nähe des Vegetationspunktes, so kann das Ende eine Dichotomie vortäuschen.

Vielfach treten an den Fibrillen Soredien auf.

B. Bau der Hauptachse.

Der anatomische Bau der Hauptachse entspricht im wesentlichen dem der Fibrillen. Jedoch ist die Rinde an den älteren Teilen sorediös, der Zentralzylinder ungleich mächtiger entwickelt und dem entsprechend das Durchlüftungsgewebe an Dicke noch mehr zurücktretend.

Der mächtig entwickelte Zentralstrang mit seinen stark sklerotischen Hyphen deutet zweifellos ohne weiteres auf zugfeste Konstruktion hin. Er besitzt in der Tat einen hohen Grad

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

von Elastizität. Ein Stück einer solchen Hauptachse läßt sich wie eine Gummischnur in die Länge ziehen und geht, wenn dabei die Elastizitätsgrenze nicht überschritten wird, auf sein ursprüngliches Längenmaß zurück. Ein etwa 8 cm langes Stück einer Hauptachse zerriß erst bei einer Belastung von 300 g, und zwar in der Nähe des Aufhängepunktes, wo das Objekt bei dem nur roh ausgeführten Versuche wahrscheinlich durch das Festklemmen schon weniger widerstandsfähig geworden war. Bei frischem Material und geeigneterer Anordnung des Versuches lassen sich zweifellos höhere Werte für die Zugfestigkeit feststellen.

II. Untersuchungen am Apothecium.

Eingehende Untersuchungen über Bau und Entwickelung der Schlauchfrucht liegen meines Wissens bis jetzt nicht vor. Ich habe daher diese Lücke auszufüllen gesucht und mich dabei hauptsächlich an *Usnea microcarpa* gehalten, weil mir zufällig von dieser Spezies reiches und vor allen Dingen frisches Apotheciummaterial zur Verfügung stand, das von W. Zopf im Ampezzotale in Südtyrol gesammelt war. Daneben wurden noch ein paar andere Arten berücksichtigt, jedoch nur auf untergeordnete Gesichtspunkte hin.

1. *Usnea microcarpa* Arn.

Die Apothecien entstehen an den Thallusästen stets seitlich, niemals terminal (Fig. 3).

Im jüngsten Zustande erscheinen sie als winzige, etwa halbkugelige Buckelchen (Taf. II, Fig. 1), die in kürzeren oder weiteren Abständen stehen, bisweilen zu zweien einander gegenüber.

In den nächsten Stadien sieht man diese Buckelbildung etwas breiter und flacher geworden, resp. vom Scheitel her schwach eingedrückt, so daß sie von der Seite gesehen, wie Taf. II, Fig. 1, b und c, und von oben gesehen wie Taf. II, Fig. 1 d erscheinen. Diese Zustände sind noch vollständig geschlossen.

In dem vorgerückteren Zustande bei d Taf. II, Fig. 1 tritt uns das junge Apothecium schon in Form eines kleinen Becherchens entgegen, an dessen Rändern bereits Adventivästchen aufzutreten beginnen.

Während bei den bisherigen Stadien die Thallusachse an der den Apothecien entsprechenden Stelle noch kaum knieförmig eingebogen ist, tritt eine solche Einbiegung nunmehr bereits deutlich hervor (Taf. II, Fig. 2).

In späteren Zuständen zeigen die Apothecien die Form mehr oder minder stark konkaver Schüsselchen, deren Rand

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

meist mit zahlreichen Adventivästchen besetzt erscheint, und deren Durchmesser 3—5 mm betragen kann (Fig. 3).

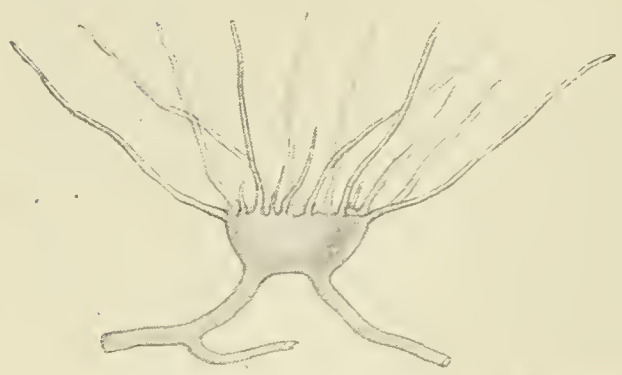


Fig. 3. *Usnea microcarpa.* Reifes Apothecium. 8fach vergr.

An der Insertionsstelle entwickelter Apothecien pflegt die knieförmige Ausbiegung des Thallusastes meist sehr ausgesprochen zu sein (Fig. 3).

So viel über die äußere Morphologie der Schlauchfrucht.

Was nun den anatomischen Bau betrifft, so stellt sich dieser an dem fertigen Apothecium folgendermaßen dar:

Auf einem möglichst vertikalen Medianschnitt kann man unterscheiden (Taf. II, Fig. 3):

1. Das Hymenium (Schlauchschicht).
2. Das subhymeniale Gewebe.
3. Das sklerotische Hypothecium.
4. Das Durchlüftungssystem.
5. Die Rinde.

Der vertikale mediane Querschnitt läßt sich entweder so führen, daß das Knie der Achse, an der das Apothecium entspringt, in Richtung seines Zentralstranges getroffen ist, und so erhält man Bilder wie Taf. II, Fig. 4, oder man führt den Schnitt so, daß die Achse, die das Apothecium trägt, quer getroffen wird (Taf. II, Fig. 5).

In beiden Fällen steht das sklerotische Apothecium in unmittelbarer Verbindung mit dem Zentralstrange (Taf. II. Fig. 3 und 5) der Achse.

Setzt man das Messer so auf die Mitte des Apotheciums, daß der vertikale Schnitt nur den in das Apothecium eintretenden Teil, nicht aber den austretenden trifft, so entstehen Bilder wie Taf. II, Fig. 3, die den Eindruck machen, als ob der Zentralstrang der Achse in der schüsselförmigen Ausbreitung des sklerotischen Hypotheciums sein Ende finde.

1. Das sklerotische Hypothecium.

Es ist gebildet aus kurzgliederigen gekrümmten Hyphen, welche nach allen Richtungen hin lückenlos miteinander verflochten sind (Taf. II, Fig. 6). Ihre Membranen erscheinen relativ stark verdickt, wodurch das Gewebe einen knorpeligen Charakter erhält.

Die Hyphen dieses Hypotheciums bilden eine unmittelbare Fortsetzung der Hyphen des Zentralstranges der Thallusachse.

2. Das Hymenium.

Es besteht aus Paraphysen und Schläuchen (Taf. II, Fig. 6). Die Paraphysen des Hymeniums stellen gabelig verzweigte Hyphen dar, welche aus verzweigten Zellen entstehen und hier

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

und da Anastomosen zeigen. Ihre Membranen sind relativ stark verdickt. Ich habe den Ursprung der Paraphysen an manchen Stellen bestimmt bis auf die Hyphen des Hypotheciums zurück verfolgen können (Taf. II, Fig. 6 und 7).

Im unteren Teil der Paraphysenschicht konnte ich schläucheerzeugende — askogene — Hyphen nachweisen. Bei Behandlung mit Jodlösung treten sie schön hervor (Taf. II, Fig. 6). Ihre Zellen sind viel dicker und plumper und unregelmäßiger geformt als die der Paraphysen, und mit einem, durch Jodlösung sich intensiv rotbraun färbenden, wahrscheinlich glykogenhaltigen Inhalt versehen. Sie bilden Verzweigungssysteme, die sich meist ein wenig schräg gegen die freien Hymenialflächen hinwenden (Taf. II, Fig. 6).

Durch Druck isolierte askogene Hyphen, welche die Unregelmäßigkeit der sie aufbauenden Zellen sehr schön zeigen, habe ich Taf. III, Fig. 9 und 8 abgebildet.

Die Schläuche enthalten 8 Sporen, welche im reifen Zustande ellipsoïdisch sind und 7,1—8,9 μ in der Länge, und 5,4—6,3 μ in der Breite messen. (Arnold gibt 7—8 μ Länge. 5 μ Breite an).

Auf der freien Hymenialfläche findet man eine Schicht von feinen Usninsäurekriställchen abgelagert.

3. Das subhymeniale Gewebe.

Es füllt den Raum zwischen Hymenium und Hypothecium und ist im Vergleich zu diesen Geweben schwächer entwickelt. Es besteht aus englumigen und undeutlichen, wenig stark verdickten und nicht stark verlängerten Zellen, die im allgemeinen horizontal verlaufen.

4. Das Durchlüftungssystem.

Es trägt denselben Charakter wie am Thallus, d. h. es bildet ein lockeres, aus gegliederten, kräftig verdickten Hyphen bestehendes Gewebe, das auf der Grenze gegen die Rinde Algen führt. Die Grenze zwischen Durchlüftungsgewebe und Hypocium ist dagegen algenfrei (Taf. II, Fig. 3).

5. Die Rinde.

Sie hat im ganzen denselben Charakter wie die Rinde des Thallus und zeigt nichts Bemerkenswertes.

Nachdem ich mich über den Bau der entwickelten Schlauchfrucht orientiert hatte, suchte ich alle voraus gehenden Zustände bis zu den jüngsten auf.

Das Studium der jüngsten Anlagen war mit ziemlich großen technischen Schwierigkeiten verbunden, weil die Körperchen sehr klein erschienen und nur sehr feine vertikale Schnitte brauchbar sind.

Man kann letztere nur mit Hilfe des Mikrotoms herstellen nach vorheriger Paraffineinbettung. Ich benutzte zunächst ein höher schmelzendes Paraffin (Schmelzpunkt 58 °), erhielt aber

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

damit insofern keine guten Resultate, als die Schnitte leicht zerbrachen. Es wurde daher später ein Gemisch von zwei Paraffinen verwandt, von denen das eine einen hohen, das andere einen niederen Schmelzpunkt besaß (Schmelzpunkt des Gemisches 50 °), und ich habe damit recht gute Resultate erzielt.

Zunächst ließ sich bestimmt feststellen, daß das Apothecium keine exogene, sondern eine endogene Bildung darstellt.

Es entsteht seinen wesentlichsten Teilen nach zwischen Rinde und Zentralstrang, also im Durchlüftungsgewebe, wahrscheinlich als reiche und dichte Verzweigung von Hyphen desselben, ist also zunächst von der Rinde des Thallus überdeckt (Taf. III, Fig. 1). Auch scheint es gleich von vornherein mit dem Zentralstrang in Konnex zu stehen (Taf. III, Fig. 2).

An dem jüngsten Zustande, den ich auffinden konnte, und der etwa 0,1 mm im Durchmesser hielt, ist, wie Taf. III, Fig. 1 zeigt, eine Differenzierung in Hymenium, Subhymenium und Hypothecium noch nicht deutlich wahrzunehmen, doch kann man an der radiären Richtung der Hyphen wenigstens eine Andeutung des Hymeniums erkennen.

An der inneren Grenze des Hymeniums lassen sich kleine dunkle Ballen wahrnehmen, welche nichts anderes als Ascogone darstellen.

Bei starker Vergrößerung und nach Behandlung des Schnittes mit Jodlösung treten sie in Form von Hyphen entgegen, welche, im Gegensatz zu den übrigen Zellelementen der jungen Anlage, aus dicken, wenig verlängerten Zellen aufgebaut sind, die einen intensiv rotbraunen, daher wohl glykogenhaltigen Inhalt aufweisen und niemals zylindrische, sondern etwas unregelmäßige Form zeigen (Taf. III, Fig. 5, 6).

Diese ascogenen Hyphen sind in allen Fällen stark bogig oder schraubig gekrümmt. Da ihre Biegungen meist in verschiedenen Ebenen liegen, so bekommt man diese Apparate auf den Schnitten vielfach nur teilweise zur Ansicht.

Ich habe nur in einem einzigen Falle gesehen, daß eine solche Hyphe in mehr geradem Verlauf sich nach der Oberfläche der Fruchtanlage hinwandte (Taf. III, Fig. 7). Ob man in einem solchen Falle von einem Trichogyn sprechen kann, sei dahingestellt.

Im nächsten Stadium (Taf. III, Fig. 2) ist die junge Apotheciumanlage zwar auch noch von der Rinde bedeckt, aber Hymenium, Subhymenium und Hypothecium sind schon deutlich differenziert. Die Ascogone liegen auf der Grenze zwischen Hymenium und Subhymenium und sind nicht mehr so dicht gewunden. Das Hypothecium steht im engsten Zusammenhang mit dem Zentralstrang des betreffenden Thallusastes.

Der folgende Zustand (Taf. III, Fig. 3) zeigt die Rinde bereits gesprengt, das Hymenium daher freiliegend. Hymenium, Subhymenium und Hypothecium treten bereits als verschiedene Gewebeschichten scharf hervor.

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

Mittelst Jodlösung kann man die ascogenen Hyphen als verzweigte Systeme nachweisen. Natürlich trifft aber der Schnitt immer nur Fragmente derselben.

Im nächsten Zustande (Taf. III, Fig. 4) hat sich das Apothecium schon bedeutend verbreitert. Von der das Apothecium ehemals bedeckenden Rinde sind keine Reste mehr zu sehen. Das Hypothecium ist als Knorpelschicht völlig ausgebildet und im Zusammenhang mit dem Zentralstrange geblieben (Taf. III, Fig. 4). Auch das Paraphysensystem erscheint bereits wohl entwickelt, vonseiten der ascogenen Hyphen sind aber noch keine Schläuche gebildet.

Sie werden erst in noch etwas älteren Stadien der Frucht angelegt, etwa solchen, wie Taf. II, Fig. 3 und 5. Die Bilder, die man jetzt bei Jodbehandlung erhält, entsprechen denen in Taf. II, Fig. 6 und Taf. III, Fig. 8 und 9.

Einen unmittelbaren genetischen Zusammenhang von Paraphysen und ascogenen Hyphen nachzuweisen, ist mir nicht gelungen.

2. *Usnea scabrata* Nyl.

Bei der Untersuchung der Apothecien dieser Spezies (die von Zopf mir mitgeteilten Exemplare stimmten genau mit Arnold Lich. exsicc. Nr. 907a überein) habe ich eine auffällige Eigentümlichkeit des Hypotheciums wahrgenommen. Dasselbe stellt zunächst wie bei *Usnea microcarpa* eine Knorpelschicht von Schüsselform dar. Der Unterseite dieses Gewebes sind nun eigentümliche Strangbildungen aufgelagert (Taf. II, Fig. 8). Sie entspringen da, wo die Knorpelschicht mit dem Zentralstrang des Thallus in Verbindung steht und gehen von dieser Stelle aus in etwa radiärem Verlaufe nach der Peripherie des Apotheciums (Fig. 4). Bei ihrem Verlaufe können sie sich mehrfach spalten, um sich dann schließlich gegen den Rand des Apotheciums wieder zu vereinigen und nunmehr in dickerer Form mit in die Adventivästchen einzutreten, welche auch bei dieser Spezies den Rand des Apotheciums in großer Anzahl umsäumen. Wie ich in der einen Hälfte der Fig. 4 genauer dargestellt habe, können die Stränge in ihrem Verlaufe ein bald weiteres, bald engeres Maschenwerk bilden.

Ich habe diese Bildungen sehr gut zur Anschauung bringen können, indem ich nach vorheriger Behandlung mit Kalilauge das Hymenium als zusammenhängende Haut abzog und das übrig gebliebene Gewebe durch Druck zwischen zwei Objektträgern flach preßte.

Fig. 4. *Usnea scabrata.* Apothecium nach Entfernung des Hymeniums von der Fläche aus gesehen. 5fach vergr.

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

Auf vertikalen Querschnitten durch die Frucht sieht man die erwähnten Rippenbildungen als mehr oder minder stark hervortretende Vorsprünge an der Unterseite des Hypotheciums (Taf. II, Fig. 8).

Auch bei *Usnea hirta*, *longissima*. *ceratina* und *microcarpa* habe ich eine solche strahlige Rippenbildung an der Unterseite des Hypotheciums beobachten können. Bei *Usnea microcarpa* scheinen die Rippen immer wenig entwickelt zu sein (Taf. II. Fig. 3. Taf. III, Fig. 7).

Als Resultat vorstehender Untersuchungen über Bau und Entwickelung des Apotheciums ergibt sich also folgendes:

Das fertige Apothecium ist differenziert in Hymenium. Subhymenium, Hypothecium, Durchlüftungsgewebe und Rinde.

Das Hypothecium stellt eine relativ dicke Gewebeschicht von sklerotischer Beschaffenheit dar und ist in dieser Form für die Gattung charakteristisch. Es steht in direkter Verbindung mit dem Zentralstrang des Thallus.

Bei gewissen Spezies ist das Hypothecium auf der Unterseite mit rippenartigen Vorsprüngen versehen, welche von der mit dem Zentralstrang des Thallus in Verbindung stehenden Mitte des Hypotheciums nach der Peripherie verlaufen. Sie können in ihrem Verlauf mit benachbarten Rippen sich netzartig verbinden.

In entwickelungsgeschichtlicher Beziehung hat sich folgendes ergeben:

Das Apothecium von *Usnea microcarpa* — und das gilt auch von den anderen *Usnea*arten — entsteht seitlich und endogen.

Es nimmt seinen Ursprung nicht, wie es z. B. bei *Collema* nach Stahl[1]) und Baur,[2]) oder bei *Physcia pulverulenta* nach Darbishire[3]) der Fall ist, von einer einzigen, durch Form. Gliederung und Inhalt ausgezeichneten Hyphe — einem sogenannten Carpogon — sondern es entsteht durch Sprossung und Verflechtung von Hyphen des Durchlüftungsgewebes.

Schon in der jüngsten, von mir untersuchten Anlage des Apotheciums sind eine Anzahl von Ascogonen vorhanden. welche die Gestalt eingerollter, bisweilen spiraliger Fäden zeigen und sich durch Jodlösung intensiv rotbraun färben.

Mit Ausnahme eines zweifelhaften Falles habe ich trichogynartige Apparate an den Ascogonen trotz allen Suchens nicht auffinden können.

Die Differenzierung in Hymenialschicht, Subhymenium und Hypothecium erfolgt in ziemlich frühen Stadien des Apotheciums.

---

1) Beiträge zur Entwickelungsgeschichte der Flechten.

2) Baur. E. Untersuchungen über die Entwickelungsgeschichte der Flechtenapothecien.

3) Die Apotheciumentwickelung der Flechte *Physcia pulverulenta* (Schrbr.) (Nyl. Pringsh. Jahrb. 34.)

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

Das Hypothecium steht, wenn nicht schon im allerjüngsten Stadium der Frucht, so doch in den folgenden Stadien in unmittelbarer engster Verbindung mit dem Zentralstrang des Thallus.

Spermogonien wurden an dem Thallus der *Usnea microcarpa* niemals vorgefunden. Es ist daher höchst zweifelhaft, daß diese Organe bei *microcarpa* überhaupt vorkommen. Demnach würden die Schläuche hier auf asexuellem Wege entstehen. Bekanntlich haben bei anderen Flechten Stahl, Baur und Darbishire (l. c.) ein Herantreten von Spermatien an trichogynartige Carpogon- bezw. Ascogenenden sicher beobachtet.

III. Chemische Untersuchungen.

Es kam mir darauf an, auf mikrochemischen Wege zu prüfen, bei welchen *Usnea*arten und von welchen Geweben des Thallus gewisse Stoffe zur Bildung bezw. Ablagerung kommen.

Ich beschränkte mich hierbei auf folgende drei Substanzen:

Barbatinsäure,
Usnarsäure,
Kalkoxalat.

A. Barbatinsäure.

Diese Flechtensäure, zuerst von Stenhouse und Groves[1]) aus einer nicht näher bestimmten Art der alten Sammelspezies *Usnea barbata* (L.) dargestellt, wurde später von Zopf[2]) aus *Usnea longissima* gewonnen, was O. Hesse[3]) lediglich bestätigte.[4]) Zopf erhielt ferner die Säure aus einer *Usnea*, die ihm von Wainio als echte *Usnea ceratina* (Ach.) bestimmt worden war, und zwar in reichlicher, $4^1/_2$ % betragender Menge.[5]) O. Hesse gibt an, daß er die Barbatinsäure ebenfalls aus *Usnea ceratina* gewonnen hätte,[6]) doch fehlt in den von ihm als Beleg zitierten Annalen der Chemie Bd. 284, S. 159 der Beweis hierfür.

Hesse fand die Barbatinsäure zunächst auch in *Usnea florida* (L) und *Usnea dasypoga* (Ach.) vor.[7]) Bei einer späteren Untersuchung dagegen[8]) hat er aus den genannten beiden Flechten nichts von Barbatinsäure erhalten. Zopf[9]) erhielt aus einer Flechte, die ihm von Wainio als echte *Usnea dasypoga* (Ach.)

---

[1]) Annalen der Chemie. Bd. 203. S. 304.
[2]) Ebenda. Bd. 297. S. 294.
[3]) Journal für praktische Chemie. (2). Bd. 57. S. 235.
[4]) Wenn O. Hesse die Priorität für diesen Nachweis in Anspruch nimmt, so irrt er sich. Denn seine eben zitierte Publikation datiert erst vom Jahre 1898, die von Zopf dagegen schon von 1897.
[5]) Annalen der Chemie. Bd. 324. S. 63.
[6]) Loc. cit. S. 244.
[7]) Journal für praktische Chemie. (2). Bd. 57. S. 240.
[8]) Ebenda. (2). Bd. 62. S. 436.
[9]) Annalen der Chemie. Bd. 324. S. 66.

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

bestimmt worden war. von Barbatinsäure nur äußerst kleine Mengen.

Ich habe nun geprüft, ob sich obige Angaben durch die mikrochemische Untersuchung bestätigen lassen, und ob sich sicher feststellen läßt, in welchen Arten und in welchen Geweben eine Abscheidung der Barbatinsäure erfolgt.

Damit nun meine Resultate nachgeprüft werden können, verwandte ich zur Untersuchung ganz bestimmte Nummern bekannter Exsiccaten. Die Prüfung geschah nach dem von Zopf[1] angegebenen Verfahren. Bringt man nämlich Schnitte, welche durch barbatinsäurehaltige Gewebe gemacht wurden, mit einer kräftigen wässerigen Lösung von Natriumbikarbonat zusammen, so erhält man in diesen Geweben Aggregate von Kriställchen des barbatinsauren Natriums (Fig. 5 und 6).

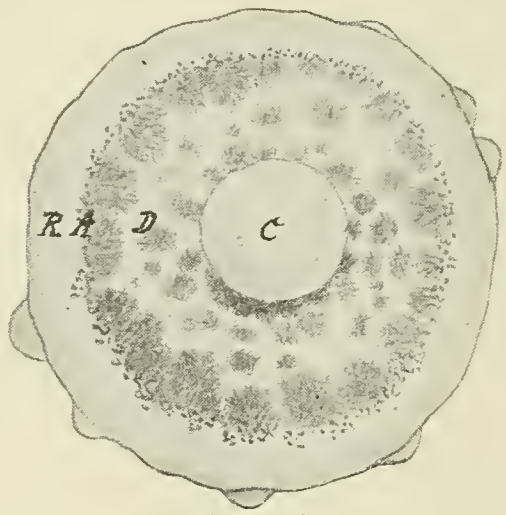


Fig. 5.

Fig. 5. Querschnitt durch den älteren Teil der Hauptachse eines vom Schwarzwald stammenden Exemplars von *Usnea ceratina* (Ach.) nach einstündiger Einwirkung von Natriumbikarbonat-Lösung. Die Krystallgruppen, welche sich im Durchlüftungsgewebe gebildet haben, sind barbatinsaures Natrium. C Zentralzylinder. D Durchlüftungsgewebe, A Algenzone. R Rinde. 20-fach vergr.

Fig. 6. Eine größere Kristallgruppe von barbatinsaurem Natrium aus dem Durchlüftungsgewebe des Apotheciums von *Alectoria ochroleuca*. 43fach vergr.

Diese Aggregate sind sehr eigenartig. Sie stellen nämlich zierliche Büschel dar, welche strahlig um ein Zentrum gruppiert sind und selbst wieder meist federige Struktur zeigen. (Fig. 6 und 7). War an der betreffenden Gewebs-Partie relativ reichlich Barbatinsäure vorhanden, so werden die Aggregate des Natriumsalzes oft so dicht, daß sie etwas Sphärokristallartiges bekommen und man die einzelnen Kriställchen nicht mehr unterscheiden kann (Randpartie des Durchlüftungsgewebes von Fig. 5).

Fig. 7. Hälfte eines Kristall-Aggregates von barbatinsaurem Natrium aus dem Durchlüftungs-Gewebe des Apotheciums von *Alectoria ochroleuca*. 265fach vergr.

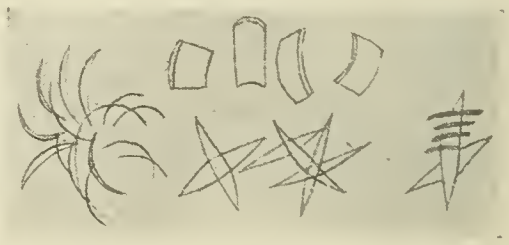


Fig. 8. Kristalle von barbatinsaurem Natrium. 265-fach vergr.

[1]) Annalen der Chemie. Bd. 324. S. 60.

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

Bei stärkerer Vergrößerung erscheinen die diese Aggregate zusammensetzenden Kriställchen als stark gekrümmte Nädelchen (Fig. 7). Da, wo einzelne besonders große Kriställchen isoliert sind, erkennt man, daß sie sehr dünne, stark gekrümmte Flächen darstellen (Fig. 8).

Das eben beschriebene Natriumsalz erhielt ich auch beim Zusammenbringen rein dargestellter Barbatinsäure mit Natriumbikarbonatlösung. Ich hatte solche reine, schön kristallisierte Barbatinsäure, teils aus *Usnea longissima* und *ceratina*, teils aus *Alectoria ochroleuca* stammend, von den Herren Geheimer Rat H. Salkowski und Prof. Zopf erhalten. Alle drei Proben verhielten sich wie folgt: Zertrümmert man einen Kristall der Säure und fügt unter dem Deckglas zu einem Pröbchen des Pulvers Natriumbikarbonatlösung, so sieht man alsbald die dünnen gekrümmten Blättchen des Natriumsalzes anschießen. Sie treten teils in ebenso breiten und stark gekrümmten Formen auf wie in den Geweben, teils sind sie schmäler und an beiden Enden zugespitzt (Fig. 8). Ich habe auch Aggregate erhalten, genau wie Fig. 7.

Neuerdings hat nun O. Hesse[1]) behauptet, daß die Barbatinsäure mit Natriumbikarbonat ein Salz liefere, das keineswegs die von Zopf angegebene Kristallform habe, sondern vielmehr in scharf ausgebildeten rhombisch gestalteten und niemals gebogenen Flächen kristallisiere.

Diese Behauptung erweist sich nach meinen Beobachtungen als gänzlich unrichtig; ich habe vielmehr, wie das vorhin Dargelegte zeigt, die Zopfschen Angaben über die höchst eigentümlichen Kristallformen des barbatinsauren Natriums durchaus bestätigen können. Es ist also mit ziemlicher Sicherheit anzunehmen, daß Hesses Angaben sich überhaupt nicht auf Barbatinsäure beziehen.

Zum Nachweis der Barbatinsäure in den Geweben kann man ferner, wie ich gefunden habe, Kaliumbikarbonatlösung benutzen. Das damit erhaltene barbatinsaure Kalium kristallisiert, da es im Wasser ebenfalls schwer löslich ist, leicht aus, erzeugt aber nicht ganz dieselben Kristallformen, wie barbatinsaures Natrium, wenigstens habe ich es nie in den so charakteristischen stark gekrümmten Blättchen des letzteren auftreten sehen.

Ich habe mich übrigens beim Nachweis der Barbatinsäure in den Geweben immer nur des Natriumsalzes bedient. Es empfiehlt sich dabei, nicht zu dünne Schnitte durch Thallus oder Apothecium zu verwerten, und die Natriumbikarbonatlösung erst nach Auflegen des Deckglases zuzufügen. Im andern Falle kristallisiert evtl. das Salz nicht genau an der Stelle aus, wo die Barbatinsäure sitzt.

Die Prüfung auf Barbatinsäure erstreckte sich auf folgende Arten:

---

[1]) Journal für praktische Chemie. (2). Bd. 68. S. 13.

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

1. *Usnea ceratina* Ach.

Verwendet wurden Exemplare aus Arnold Lich. exsicc. Nr. 905 a und b, von Fichten bei Baierbronn unweit München, sowie eines von den Exemplaren, welche Zopf für seine Untersuchungen verwandte, und welche an Tannen des Schwarzwaldes gewachsen waren.

Alle diese Exemplare zeigten sehr reichliche Abscheidung von barbatinsaurem Natrium und zwar ausschließlich im Durchlüftungsgewebe (Fig. 5). Dieser Befund entspricht der von Zopf[1]) ermittelten Tatsache, daß die Flechte $4^1/_2$—$5^1/_2$ % Säure produziert, also relativ beträchtliche Mengen. Ich habe sämtliche mir zugänglichen Usneaarten durchgeprüft, aber bei keiner einzigen eine so massenhafte Barbatinsäureabscheidung konstatieren können, wie bei *Usnea ceratina*. Die angegebene Reaktion darf daher neben morphologischen Merkmalen mit als ein wesentliches Erkennungsmerkmal der Flechte betrachtet werden.

So ist z. B. *Usnea ceratina* (Ach) forma *incurviscens* Arn., welche Arnold in seinen Lich. excicc. Nr. 906 herausgegeben hat, unbedingt zu *ceratina* gehörig, weil sie sich auf Querschnitten ebenso reich an Barbatinsäure erwies wie die Hauptform. Nur ein sehr kleines Exemplar war dazwischen, welches nichts von Barbatinsäure aufwies, folglich nicht hierher gehörte.

2. *Usnea longissima* Ach.

Von Zopf und Hesse l. c. wurde bereits makrochemisch nachgewiesen, daß auch diese Flechte Barbatinsäure enthält. Ich habe diesen Befund mikrochemisch bestätigen können an Exemplaren von Arnold Lich. exsicc. Nr. 3 und Nr. 1685. Querschnitte durch Fibrillen wie durch Hauptäste gaben aber nur wenige Gruppen von dem Natriumsalz, entsprechend den von Zopf angegebenen geringen Mengen der Säure.

3. *Usnea microcarpa* Arn.

Weder Arnold Lich. exsicc. Nr. 573a und b (von Fichten) und Nr. 822d (von Zirben), noch von Zopf an Fichten im Ampezzotale gesammelte Exemplare gaben irgendwelche Barbatinsäurereaktion.

4. *Usnea articulata* (L) Hoffm.

Ein von mir geprüftes Exemplar von Körber Lich. sel. Nr. 301 zeigte keine Spur von Barbatinsäure. Desgleichen ein Exemplar von Arnold Lich. exsicc. Nr. 34.

5. *Usnea cornuta* Kbr.

Körber Lich. sel. Nr. 181 gab ein negatives Resultat.

6. *Usnea scabrata* Nyl.

Arnold Lich. exsicc. Nr. 907a enthielt nichts von der Säure, ebenso ein frisches, von Zopf aus dem Ampezzotale mitgebrachtes Exemplar.

---

[1]) Annalen der Chemie. Bd. 324. S. 63.

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

7. *Usnea florida* (L).

Ein völlig negatives Ergebnis lieferten E. Fries Lich. Suec. Nr. 120, Rabenhorst Lich. Europ. Nr. 549, Ehrhardt Lich. exsicc. Nr. 148, desgleichen Hampe Vegetabilia cellularia Nr. 51.

8. *Usnea plicata* (L).

Ich habe Exemplare des Herbariums Flörke aus dem Berliner botanischen Museum untersucht und ebenso das Exemplar aus der Schrader'schen Sammlung, habe aber in keinem Falle etwas von Barbatinsäure ausfindig machen können.

9. *Usnea hirta* (L).

Das Exemplar in E. Fries Lich. Sueciae exsicc. Nr. 150, ferner die Exemplare in Arnold Lich. exsicc. Nr. 967 gaben keine Barbatinsäurereaktion. Auch von Zopf an Lärchen bei Ötz in Tyrol gesammelte Exemplare enthielten nichts von der Säure. Hierdurch wird der makrochemische Befund Zopfs[1]) von der Abwesenheit der Barbatinsäure in diesem Material bestätigt.

10. *Usnea Schraderi* Dalla Torre et Sarnthein in Flora von Tirol Bd. Flechten. S. 4.

Da die Autoren ausdrücklich angeben, daß sie unter *Usnea Schraderi* Arnold Lich. exsicc. Nr. 1206 verstehen, so habe ich diese Nummer geprüft, aber nichts von Barbatinsäure gefunden. Wie mir Zopf mündlich mitteilte, hat er bei einer genauen chemischen Untersuchung von Flechtenmaterial, was genau den Charakter des Arnoldschen Exsiccates trug, ebenfalls keine Spur von Barbatinsäure nachweisen können.

11. *Usnea dasypoga* (Ach.)

Rabenhorst Lich. Europ. Nr. 285 unter *Usnea barbata* (L) v. *dasypoga* Fries, sowie Schaerer Lich. Helv. Nr. 402 und Anzi min. rar. Nr. 13 haben mir nichts von Barbatinsäure geliefert. Dasselbe gilt von Arnold Nr. 910.

Durchaus anders dagegen verhielt sich Zwackh Lich. exsicc. Nr. 523. Hier war im Durchlüftungsgewebe ebenso massenhaft Barbatinsäure zu finden, wie bei *Usnea ceratina* Ach. Bereits Arnold (Lichenen des Fränkischen Jura. S. 4) hielt diese Zwackhsche Nummer für echte *Usnea ceratina*. Ich kann mich dieser Auffassung auf Grund der massenhaften Barbatinsäureabscheidung nur anschließen. Die Besitzer der v. Zwackhschen Sammlung dürfen daher ruhig die auf das Etikett gesetzte Bezeichnung *Usnea barbata* f. *dasypoga* streichen und durch *Usnea ceratina* ersetzen.

---

[1]) Annalen der Chemie. Bd. 327. S. 327.

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

Als Resultat vorstehender Prüfung ergibt sich folgendes:

Usnea ceratina	reichlich	Barbatinsäure
„ *longissima*	wenig	„ „
„ *microcarpa*	keine	„ „
„ *articulata*		
„ *cornuta*		
„ *scabrata*		
„ *florida*		
„ *plicata*		
„ *hirta*		
„ *Schraderi*		
„ *dasypoga*.		

B. Usnarsäure.

Diese Säure ist von O. Hesse[1]) aus verschiedenen *Usnea*arten isoliert worden, die aber unsicher bestimmt sind. Zopf[2]) hat die Säure aus *Usnea cornuta* Kbr. gewonnen. Sie gibt nach genannten Autoren charakteristische Farbreaktionen, insofern sie mit starker Kalilauge sowie mit Barytwasser rostrote Verbindungen liefert, die im Wasser schwer resp. garnicht löslich sind.

Man ist daher imstande, mittelst dieser Reagentien den Sitz der Usnarsäure direkt festzustellen.

Ich bediente mich dazu stets des Barytwassers, das ich auf Querschnitte einwirken ließ, die zwischen Objektträger und Deckglas gebracht waren. Es empfiehlt sich hierbei sehr schwaches Erwärmen des Präparates anzuwenden, das die Reaktion beschleunigt. Man kann auf diese Weise nachweisen, daß die Usnarsäure immer im Durchlüftungsgewebe zur Produktion kommt, namentlich in der Region um den Zentralstrang.

Wenn Wainio[3]) mit Kalilauge rostrote oder rostbraune Färbung im Durchlüftungsgewebe verschiedener brasilianischer *Usnea*arten erhielt, so zeigt diese Reaktion sicherlich ebenfalls Usnarsäure an.

Zur Prüfung habe ich eine Reihe von europäischen Spezies untersucht, die wiederum namhaften Exsiccatenwerken entnommen waren.

Die Resultate gestalteten sich folgendermaßen:

1. *Usnea microcarpa* Arn.

In Arn. Lich. exsicc. Nr. 573 war Usnarsäure im Durchlüftungsgewebe sehr reichlich vorhanden, desgleichen in Exemplaren, die von Zopf an Fichten im Ampezzotale bei 1500 m wie bei Sölden im Ötztale bei 1900 m gesammelt waren.

---

[1]) Journal für praktische Chemie. (2). Bd. 62 und folgende.
[2]) Annalen der Chemie. Bd. 324. S. 60.
[3]) Etudes sur la classification naturelle et la morphologie des lichens du Brésil.

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

2. *Usnea ceratina* Ach.

Arnold Lich. exsicc. Nr. 905a und b sowie Exemplare, welche Zopf an *Abies pectinata* im württembergischen Schwarzwald gesammelt hatte, gaben keine Usnarsäurereaktion. Ich will übrigens erwähnen, daß auch Zopf[1]) bei der makrochemischen Untersuchung der Flechte nichts von Usnarsäure erhalten hat.

Usnea ceratina f. *incurviscens* Arn. aus Arn. Lich. exsicc. Nr. 906 war ebenfalls usnarsäurefrei.

3. *Usnea longissima* Ach.

Arnold Lich. exsicc. Nr. 3 und 1685 gaben ebenfalls keine Usnarsäurereaktion, was mit Zopfs[2]) chemischer Untersuchung übereinstimmt.

4. *Usnea articulata* (L) Hoffm.

Körber Lich. sel. Nr. 301 und Arnold Lich. exsicc. Nr. 34 verhielten sich gleichfalls negativ.

5. *Usnea cornuta* Kbr.

Körber Lich. sel. Nr. 181 gab ausgesprochene Usnarsäurereaktion, desgleichen von Zopf bei Tecklenburg gesammelte Materialien, für die Zopf[3]) bereits einen Gehalt von Usnarsäure makrochemisch nachgewiesen hat.

6. *Usnea scabrata* Nyl.

Arnold Lich. exsicc. Nr. 907a gab deutliche Usnarsäurereaktion, desgleichen ein frisches Exemplar aus dem Ampezzotale, das ich von Zopf erhielt.

7. *Usnea florida* (L).

E. Fries Lich. Suec. Nr. 120, Rabenh. Lich. Europ. Nr. 549, Ehrhart Exsicc. Nr. 148 und Hampe Vegetabilia cellularia Nr. 51 gaben mit Barytwasser keine rostrote Färbung im Durchlüftungsgewebe. Die zitronengelbe Färbung, die ich mit diesem Reagens daselbst erhielt, beruht ohne Zweifel auf der Gegenwart von Hirtellsäure.[4])

8. *Usnea plicata* (L) Fries.

Die Exemplare aus der Flörkeschen Sammlung im Berliner botanischen Museum gaben deutliche Usnarsäurereaktion.

9. *Usnea hirta* (L).

Fries Lich. Suec. No. 150, ferner die Exemplare in Arnold Lich. exsicc. No. 967 enthielten nichts von Usnarsäure, was mit

---

[1]) Annalen der Chemie. Bd. 324. S. 62.
[2]) Ebenda. Bd. 297. S. 294.
[3]) Ebenda. Bd. 324. S. 61.
[4]) Vergl. Zopf: Annalen der Chemie. Bd. 327. S. 352.

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

dem Ergebnis Zopfs[1]) übereinstimmt, der Materialien von Lärchen aus dem Ötztal in Tirol sowie von Bretterplanken im Oldenburgischen untersuchte.

10. *Usnea Schraderi* Dalla Torre et Sarnthein in Flora von Tirol Bd. Flechten. S. 4.

Arnold Lich. exsicc. No. 1206, auf die sich die Autoren speziell beziehen, gab ausgesprochene Usnarsäurereaktion.

11. *Usnea dasypoga* (Ach).

Rabenhorst Lich. Europ. No. 285 und Arnold Lich. exsicc. No. 909a und b, die offenbar die echte *Usnea dasypoga* (Ach.) darstellen, gaben Usnarsäurereaktion, während M. Anzi Lich. Ital. super. min. rar. No. 13, Schaerer Lich. Helv. No. 402 und Arnold Lich. exsicc. No. 910 und Zwackh No. 566a, die höchstwahrscheinlich gar nichts mit jener Spezies zu tun haben, diese Reaktion vermissen ließen.

Als Resultat vorstehender Prüfung ergibt sich folgendes:

Usnea microcarpa „ *Schraderi* „ *cornuta* „ *scabrata* „ *plicata* „ *dasypoga*	geben Usnarsäurereaktion
Usnea ceratina u. f. *incurviscens* „ *longissima* „ *articulata* „ *florida* „ *hirta*	geben keine Usnarsäure-reaktion.

C. Kalkoxalat.

Bei der mikroskopischen Betrachtung eines Quer- oder Längsschnittes durch den Thallus oder das Apothecium irgend einer *Usnea*art z. B. *Usnea scabrata* Nyl., bemerkt man auf den Hyphen des Durchlüftungsgewebes Auflagerungen, die teils aus einzelnen Körnchen, teils aus kleineren oder größeren Gruppen solcher Körnchen bestehen. Bei stärkerer Vergrößerung erkennt man diese Körnchen als Kristalle, die bei leichtem Druck auf das Deckglas von den Hyphen herunterfallen. In einigen Fällen ist es sogar möglich, schön ausgebildete Oktaëder zu erkennen.

Dieser letztere Umstand veranlaßte mich, auf mikrochemischem Wege zu prüfen, ob etwa diese Auflagerungen oxalsaurer Kalk seien. In der Tat handelte es sich um dieses Ausscheidungsprodukt. Denn Salzsäure löste die Kristalle auf, während Essigsäure sie unverändert ließ. Fügt man jedoch Schwefelsäure zu den zwischen Objektträger und Deckglas in destilliertem Wasser liegenden Schnitten, so sieht man alsbald die charakte-

[1]) Annalen der Chemie. Bd. 327. S. 327.

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

ristischen Nadeln von schwefelsaurem Kalk allenthalben da anschießen, wo sich die vorbeschriebenen Auflagerungen befinden.

Wenngleich über das Vorkommen von Kalkoxalat bei Flechten überhaupt in der Litteratur mancherlei Angaben sich vorfinden, so konnte ich speziell für die von mir untersuchte Gattung *Usnea* keinerlei Angaben auffinden, insonderheit nicht bei folgenden Autoren:

Gmelin, Handbuch der Chemie. VIII.

Husemann u. Hilger, Die Pflanzenstoffe. 2. Aufl.

De Bary, Vergleichende Morphologie und Biologie der Pilze. S. 439.

Schwendener, Untersuchungen über den Flechtenthallus.

Gelegentlich meiner Untersuchungen auf Barbatinsäure und Usnarsäure prüfte ich die in dem betreffenden Teil meiner Arbeit aufgeführten Exsiccaten und frischen Materialien auch auf Kalkoxalat. Das Ergebnis dieser Untersuchungen war folgendes:

Auf den Hyphen des Durchlüftungsgewebes führen Kalkoxalat, und zwar in wechselnden Mengen:

Usnea microcarpa,	*Schraderi.*	*cornuta.*
scabrata,	*plicata.*	*dasypoga,*
ceratina.	*longissima,*	*articulata,*
florida,	*hirta.*	

Es ist also wohl mit Sicherheit anzunehmen, daß das Vorkommen von Kalkoxalat auf den Hyphen des Durchlüftungsgewebes allen *Usnea*arten eigentümlich ist.

Figuren-Erklärung zu Taf. I.

Usnea longissima Ach.

Fig. 1. Querschnitt durch den mittleren Teil einer Fibrille. 85fach vergr.

„ 2. Teil eines Querschnittes durch eine Fibrille. 525fach vergrößert. a) äußere Rinde, b) innere Rinde. D. Durchlüftungsgewebe. C. Zentralstrang, d) Verästelung von Hyphen der inneren Rinde, die äußere Rinde durchbrechend.

„ 3. Hyphen der Außenrinde in der Nähe des Stammscheitels. 525fach vergrößert.

„ 4. Hyphen der Außenrinde aus dem mittleren Teil einer Fibrille. 525-fach vergrößert.

„ 5. Hyphen der Außenrinde aus dem basalen Teil einer Fibrille. 525-fach vergrößert.

„ 6. Hyphen der Außenrinde (R) aus dem basalen Teil einer Fibrille mit durchbrechenden, nach außen gerichteten Kurzzweigen (D) von Hyphen der Innenrinde. 525fach vergrößert.

„ 7. Hyphen der Außenrinde aus dem mittleren Teil einer Fibrille mit durchbrechenden nach außen gerichteten Kurzzweigen der Hyphen der Innenrinde. 525fach vergrößert.

„ 8. Hyphen der Innenrinde aus dem mittleren Teil einer Fibrille. 525-fach vergrößert.

„ 9. Hyphe der Innenrinde mit nach oben und außen gerichteten Kurzzweigen. 745fach vergrößert.

„ 10. Mittlerer Teil einer Fibrille. die spiralige Anordnung der Algengruppen zeigend. 85fach vergrößert.

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

Fig. 11. Hyphen des Zentralstranges. 525fach vergrößert.
„ 12. Hyphe des Zentralstranges, die schenkelknochenartige Erweiterung der Lumina zweier benachbarten Zellen zeigend. 745fach vergrößert.

Figuren-Erklärung zu Taf. II.

Fig. 1—7. *Usnea microcarpa* Arn.
„ 1. Thallusast mit jungen Apothecienanlagen bei a, b, c und d. 20fach vergrößert.
„ 2. Thallusast mit jungen Apothecienanlagen. 20fach vergrößert.
„ 3. Vertikaler Medianschnitt durch ein nahezu reifes Apothecium. 28-fach vergrößert.
„ 4. Vertikaler Medianschnitt durch ein nahezu reifes Apothecium parallel zur Thallusachse. 28fach vergrößert.
„ 5. Vertikaler Medianschnitt durch ein nahezu reifes Apothecium senkrecht zur Thallusachse. 28fach vergrößert.
„ 6. Stück eines vertikalen Medianschnittes durch das Apothecium von Fig. 3. 525fach vergrößert.
„ 7. Stück eines vertikalen Medianschnittes durch das in Taf. III Fig. 4 abgebildete Apothecium. 525fach vergrößert.
„ 8. *Usnea scabrata* Nyl. Hälfte eines tangentialen Vertikalschnittes durch ein reifes Apothecium. 20fach vergrößert.

Bezeichnungen.

Hym = Hymenium
Subh = Subhymenium
Hyp = Hypothecium
D = Durchlüftungsgewebe
R = Rinde
C = Zentralstrang.

Figuren-Erklärung zu Taf. III.

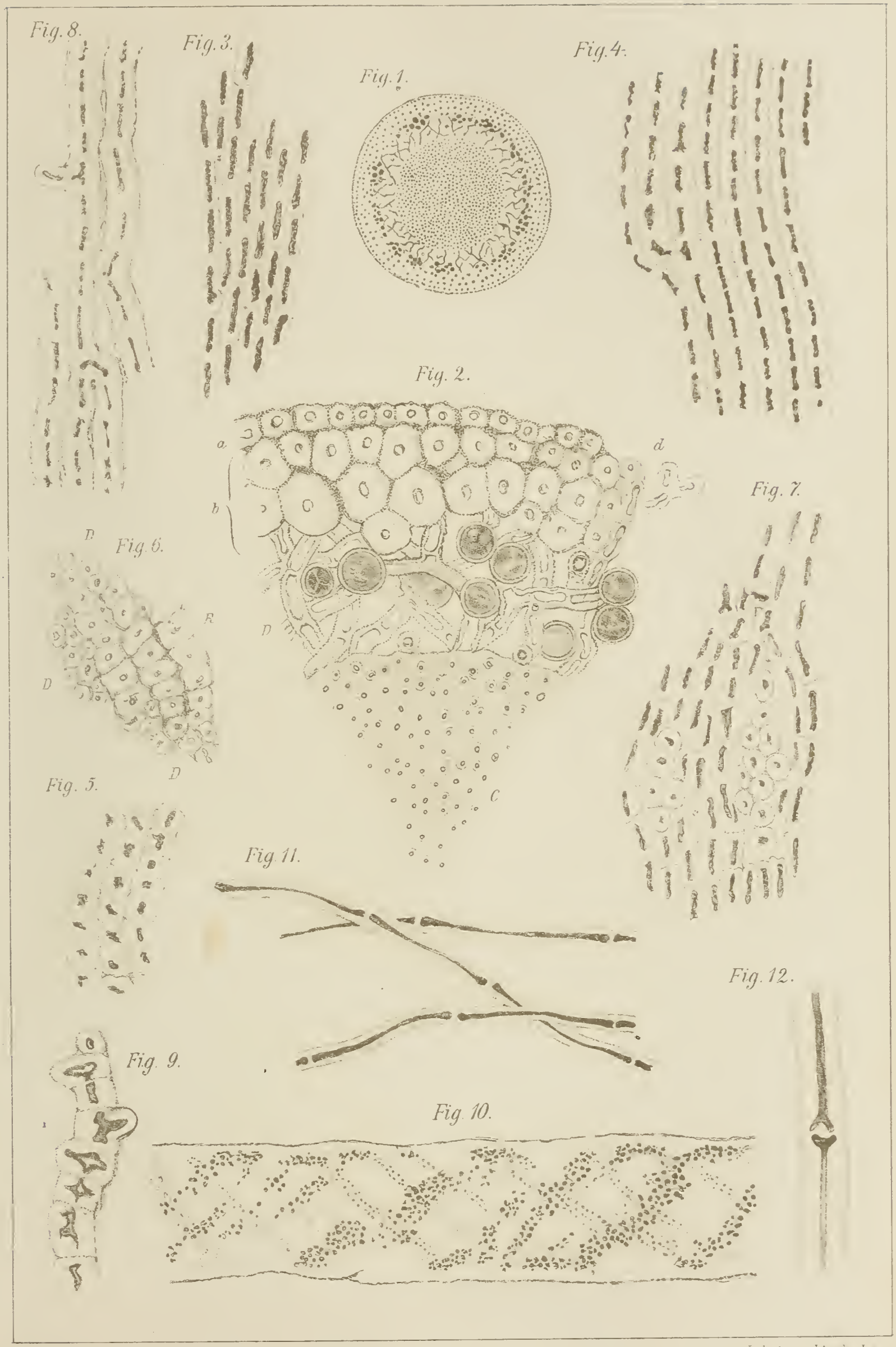
Usnea microcarpa Arn.

Fig. 1. Vertikaler Medianschnitt durch eine sehr junge, etwa 0,1 mm dicke Apothezienanlage. 85fach vergrößert.
„ 2. Vertikaler Medianschnitt durch eine etwa 0,25 mm dicke Apothecienanlage. 85fach vergrößert.
„ 3. Vertikaler Medianschnitt durch eine etwa 0,4 mm dicke Apothecienanlage. 85fach vergrößert.
„ 4. Vertikaler Medianschnitt durch ein Früchtchen von 1 mm Durchmesser. 85fach vergrößert.
„ 5 und 6. Fragmente von ascogenen Hyphen aus dem Präparat von Fig. 1. 745fach vergrößert.
„ 7. Spiralige, askogene Hyphen aus dem Präparat von Fig. 1, mit ihrem freien Ende der Oberfläche der Anlage zugewandt. 745fach vergrößert.
„ 8 und 9. Isolierte, ascogene Hyphen mit Schlauchanlagen aus den Präparaten von Taf. II Fig. 3 und 5. 525fach vergrößert.

Bezeichnungen.

Hym = Hymenium
Asc = Ascogon
Subh = Subhymenium
D = Durchlüftungsgewebe
R = Rinde
C = Zentralstrang.

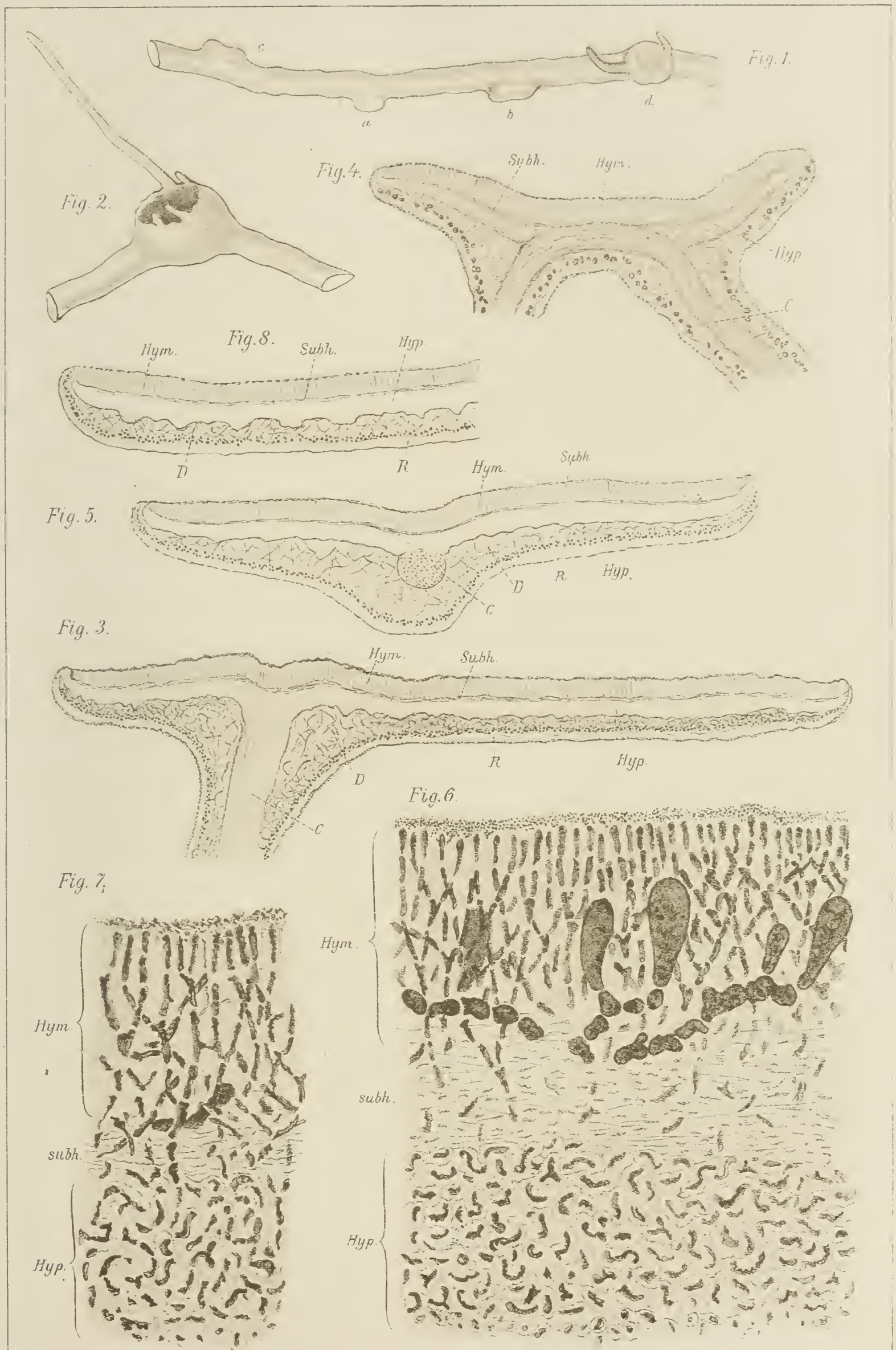
© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at



Schulte gez. Verlag von Georg Thieme in Leipzig. Lith. Anst. v. J. Arnold Jena.

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

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



Schulte gez. Verlag von Georg Thieme in Leipzig. Lith. Inst. v. J. Arndt Jena.

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

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

Schulte gez. Verlag von Georg Thieme in Leipzig. Lith. Anst. v. J. Arndt, Jena.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Botanisches Centralblatt

Jahr/Year: 1905

Band/Volume: BH_18_2

Autor(en)/Author(s): Schulte Fritz

Artikel/Article: Zur Anatomie der Flechtengattung Usnea. 1-22