

- B) Die inkonstante Deckung, bei welcher die Blätter verschieden gelagert sind, ist die imbricate; ihre Ursache liegt in der simultanen Entstehung der Glieder und ihrem gleichförmigen Wachsthum.

## 9. E. Bachmann: Botanisch-chemische Untersuchungen über Pilzfarbstoffe.

Eingegangen am 19. Februar 1886.

Auf Grund einer mehrjährigen Beschäftigung mit den Farbstoffen der Pilze (ausschliesslich der Bakterien) werde ich demnächst als wissenschaftliche Beilage zum Schulprogramm des Realgymnasiums zu Plauen i. V. eine Arbeit publiciren, aus welcher ich einige Resultate von allgemeiner Bedeutung herausgreifen und für diese Berichte als vorläufige Mittheilung zusammenstellen möchte. Meine Untersuchungen waren theils botanisch-mikroskopische, theils chemisch-spektroskopische. Einerseits habe ich die Frage zu beantworten gesucht, in welchem Theil der Pilzzelle die färbende Substanz ihren Sitz hat und woran sie mikrochemisch zu erkennen ist, andererseits, ob die Classe der Pilze, gleich anderen Abtheilungen des Pflanzenreichs, Farbstoffe von allgemeiner Verbreitung besitzt, ob sie vielleicht sogar das eine oder andere Pigment mit den chlorophyllführenden Pflanzen gemein hat.

Eine Zusammenstellung alles dessen, was bisher durch mikroskopische Untersuchung der Pilze über deren Farbstoffe bekannt geworden ist, findet sich in de Bary, Vergleichende Morphologie und Biologie der Pilze, Mycetozen und Bacterien. Das Resultat zu dem der Verfasser dieses berühmten Werkes kommt, lässt sich kurz dahin zusammenfassen, dass die den Pilzen eigenen Pigmente, wenn nicht ausschliesslich, so doch ganz vorherrschend entweder Inhaltsbestandtheile bilden oder in die Membranen eingelagert sind. Im ersten Falle sind sie, wie die Sporen der Rostpilze zeigen, an Fette oder fettähnliche Inhaltskörper gebunden. Dieser Satz bedarf jedoch in mehrfacher Hinsicht einer Vervollständigung, denn 1. rührt die charakteristische Färbung einiger Pilze von einem Excret her, welches nicht in, sondern auf der Zellhaut zur Ablagerung ge-

kommen ist, 2. tritt der Farbstoff als Inhaltsbestandtheil nicht nur in den von de Bary<sup>1)</sup> (l. c. p. 8) angeführten Pilzen auf, sondern auch bei den Polyporeen und Agaricineen, denen man bisher nur Membranfarbstoffe zugeschrieben hat. Vor allem aber ist der Farbstoff in den hierher gehörigen Pilzen nicht, wie bei den Uredineen, Tremellinen, Pezizen u. s. w. an einen Fettkörper gebunden. Als Excret findet sich das Pigment bei *Paxillus atrotomentosus* Batsch. und *Agaricus armillatus* Fries. Das des Sammetfusses ist kein Harz, sondern, wie Thörner<sup>2)</sup> gezeigt hat, ein Dioxychinon und findet sich sowohl in dem Fleische als auch in dem sammetartigen Ueberzuge des Stieles. Dieser Ueberzug wird aus Haaren gebildet, deren jedes aus zahlreichen, büschelweise verbundenen langen, farblosen Hyphen besteht. Unter dem Mikroskop erscheinen die Hyphenbüschel von Farbstoffkrystallen braun gefärbt, die den Membranen äusserlich aufliegen, die Hyphen allem Anschein nach miteinander verkleben und im dunkeln Gesichtsfeld des Polarisationsmikroskopes leuchten. Innerhalb des Fleisches erfüllt der Farbstoff zahlreiche rundliche Intercellularräume. Auch *Agaricus armillatus* führt einen krystallisirten Farbstoff, der die zinnberrothen Ringe um den Stiel bildet, um derentwillen der Pilz den deutschen Namen „geschmückter Gürtelfuss“ erhalten hat. Das Pigment liegt den farblosen Wänden der nicht allzu engen Hyphen in Form von unregelmässig gestalteten Splitterchen und Blättchen auf und ist höchst wahrscheinlich ein Anthracenderivat. Diese dritte Art des Auftretens der Pilzfarbstoffe ist bei den Flechten schon längst bekannt; denn alle diejenigen Flechten, welche ihre Färbung einer sogenannten Flechtensäure verdanken, enthalten diese nicht im Lumen oder in der Zellwand, sondern der letzteren auf der Aussenwand angelagert. Auch de Bary (l. c. p. 11) spricht hiervon und erwähnt sogar noch harzartige Ausscheidungen und Calciumoxalat als solche Körper, welche der Membran aufgelagert oder in die Interstitien von Hyphengeflechten eingelagert sind. Nun ist aber der Begriff „harzartige Körper“ so unbestimmt, dass die chemisch wohl charakterisirten Farbstoffe von *Pax. atrotomentosus* und *Ag. armillatus* ganz gut mit in diese Kategorie gebracht werden könnten. Empfehlenswerther dürfte es jedoch sein, nur solche Ausscheidungen, wie sie *Polyporus officinalis* und nach meinen Untersuchungen *Lenzites saepiaria* besitzen, als Harze, resp. harzartige Körper zu bezeichnen, für die Pilzfarbstoffe aber drei Arten des Auftretens in der Zelle

1) Angeführt werden „Uredineen, Tremellinen, *Stereum hirsutum*, *Sphaerobolus*, *Pilobolus*, viele Pezizen, wie *P. aurantia*, *fulgens* etc. etc.“ In den beiden etc. können zwar noch viele Pilze stecken, doch dürften gerade Polyporeen und Agaricineen nicht mit darin zu suchen sein.

2) Thörner, Ueber einen in einer *Agaricus*-Art vorkommenden chinonartigen Körper (Ber. d. deutsch. chem. Gesellsch. XI. Jahrg. p. 533).

anzunehmen. Ich zweifle nicht, dass es umfassenderen Untersuchungen gelingen wird, noch mehr echte Pilze aufzufinden, deren Pigment den Hyphenwänden aufgelagert ist.

Bei folgenden Pilzen ist der Farbstoff Inhaltsbestandtheil, ohne an Fette oder fettartige Substanzen gebunden zu sein: *Boletus scaber*, *Hygrophorus hypothejus*, *Russula consobrina*, *Peziza sanguinea*. Die gelbe Haut des Hutes vom Birkenpilz enthält ziemlich weite Hyphen, deren Wände unter dem Mikroskop farblos erscheinen, während der Inhalt gelbe Färbung zeigt. Letzterer contrahirt sich auf Zusatz concentrirten Alkohols und lässt jetzt noch deutlicher erkennen, als vorher, dass er und nicht die Membran Träger des Pigments ist; ob dasselbe aber direkt an das Plasma gebunden oder im Zellsaft gelöst ist, konnte ich nicht entscheiden. Mit Wasser lässt es sich leicht ausziehen, kann demnach weder zu den Fetten gehören, noch an ein solches gebunden sein. Genau so verhält es sich mit den braunen Farbstoffen von *Russula consobrina* und *Hygrophorus hypothejus*. Auch bei ihnen tritt der dunkle Inhalt, indem er sich contrahirt, sehr deutlich von den farblosen Wänden zurück und giebt sein Pigment an Wasser ab. Von *Peziza sanguinea* stand mir nur das Mycelium, von welchem morsches Kiefernholz stark durchwuchert war, zu Gebote. Der rothe Farbstoff erfüllt nicht allein das Lumen der Hyphen gänzlich, sondern durchtränkt auch die Wände der Pilzfäden und Holzzellen. Er ist in Wasser schwer, in Alkohol und verdünnten Alkalien leicht löslich und scheint ein chinonartiger Körper mit Säureeigenschaften zu sein, steht aber zu den Fetten in keinerlei Beziehung.

Mehr als die mikroskopische hat mich die chemische, speciell spektroskopische Untersuchung der Pilzfarbstoffe beschäftigt. In mehr als dreissig untersuchten Species konnte ich 7 rothe, 2 violette und mindestens 5 gelbe Pigmente nachweisen. Nimmt man hierzu noch die, welche von anderen Forschern hergestellt und chemisch untersucht worden sind, so dürfte wohl der Schluss nicht ganz unberechtigt erscheinen, dass die Pilze durch eine weit grössere Anzahl von Farbstoffen ausgezeichnet sind, als die Blütenpflanzen. Viele Pilzarten besitzen spezifische Farbstoffe, manche Pigmente aber treten in mehreren Species ein und derselben Gattung auf. So findet sich der rothe Farbstoff, dem *Russula integra* L. seine Färbung verdankt, auch noch in den Hüten von *R. emetica* Fries, *R. alutacea* Pers. und *R. aurata* With. *Gomphidius viscidus* L. führt zwei Pigmente, ein rothes, alkohollösliches und ein gelbes, wasserlösliches; beide sind auch in *G. glutinosus* Schöff. enthalten. Die gelbe bis scharlachrothe Färbung der Hüte dreier *Hygrophorus*species, auf die ich unten nochmals zurückkomme, rührt von ein und demselben Pigment her. Aber auch in Pilzen, welche zwei verschiedenen Gattungen angehören, kann derselbe Farbstoff auftreten: so giebt der violette Farbstoff von *Agaricus laccatu*s Scop. genau das-

selbe Spektrum wie der von *Cortinarius violaceus* L. In die Gattung *Cortinarius* gehören noch viele Arten von violetter Färbung; durch weitere Untersuchungen müsste festgestellt werden, ob ihr Pigment mit dem der beiden genannten Species identisch ist. — Der gelbe Farbstoff in den Sporen der Uredineen, den Bechern mancher Pezizen und den Köpfchen von *Baeomyces roseus* Pers. zeigt in allen Eigenschaften völlige Uebereinstimmung mit dem sogenannten Anthoxanthin oder den Blütenlipochromen; denn er ist in Aether, Benzol Alkohol, Schwefelkohlenstoff, Petroläther löslich. Bei Behandlung mit Schwefel- oder Salpetersäure geht er in Blau über, durch Jodjodkalium wird er grün gefärbt. Ferner ist er verseifbar und weist im Spektroskop zwei Absorptionsbänder auf, die an denselben Stellen liegen, wie die des gelben Farbstoffs vieler Blüten und Früchte. Möglicherweise aber besitzen wir in dem wasserlöslichen Pigment der gelben *Dahliablüthen*, dem sogenannten Anthochlor, mit dem nach Hansen<sup>1)</sup> das Aethalioflavin, der gelbe Farbstoff von *Aethalium septicum* Fr. grosse Aehnlichkeit hat, noch ein zweites den Samen- und Sporenpflanzen gemeinsames Pigment. — Die bisher untersuchten rothen und violetten Pilzfarbstoffe hingegen unterscheiden sich allesammt von den entsprechenden Blütenpigmenten.

Wie bei den Blüten, so ist auch bei den Pilzen die Zahl der Färbungen noch grösser als die der färbenden Substanzen. Dies wird hier wie dort durch dieselben Mittel erreicht, durch Combination mehrerer Farbstoffe in einem Pilze und durch verschiedene Concentration ein und desselben Pigments. Für letzteren Fall bieten drei Arten der Gattung *Hygrophorus* das beste Beispiel. Der Hut von *H. conicus* Scop. ist in der Regel gelb, seltener scharlachroth, häufiger gelb und roth gefleckt; dagegen sehen die Hüte von *H. puniceus* Fries und *H. coccineus* Schöff. stets tief scharlachroth aus. Trotzdem enthalten alle drei den gleichen Farbstoff, einen gelben, wasserlöslichen, mit einseitiger Absorption des blauen Endes. Mehr oder weniger reichliche Imprägnation der Zellwand mit demselben bringt das eine Mal die gelbe Färbung der Hüte von *H. conicus*, das andere Mal die scharlachrothe der beiden anderen Hüte hervor. Als Beispiel für den ersten Fall kann *Rusula integra* L. dienen, deren Hüte manchmal ledergelb, häufiger rein roth gefärbt sind; wieder andere haben nur in der Mitte eine kleine gelbe Scheibe, während der übrige Theil roth gefärbt ist, noch andere endlich zeigen die rothe Färbung bloß am äussersten Rand u. s. w. Das rührt daher, dass der genannte Pilz zwei Farbstoffe führt, einen gelben und einen rothen, von denen manchmal dieser, manchmal jener vorwiegt; der gelbe fehlt öfters ganz,

---

1) Hansen, Dr. A., Die Farbstoffe der Blüten und Früchte. Sep.-Abdr. aus d. Verhandl. d. phys. med. Ges. zu Würzburg. N. F. XVIII. Bd. p. 4.

wegen der rothe immer gefunden wurde. Ganz ähnlich verhält sich *Russula alutacea* Pers.; *Russula emetica* Fries hat jedoch nur das rothe Pigment; deshalb sind ihre Hüte entweder roth oder, wenn der Farbstoff fehlt, weiss, wenn er blos zurücktritt, rosa gefärbt, resp. weiss und roth gefleckt. Bei *R. aurata* With. ist auch das Fleisch gelb gefärbt; der rothe Farbstoff, welcher überhaupt nur in einzelnen Exemplaren aufzutreten scheint, findet sich blos in der Haut des Hutes. Begreiflicherweise ist auch bei dieser Species das Aussehen verschieden, je nachdem das rothe Pigment reichlich oder spärlich vertreten ist, oder gänzlich fehlt.

Bezüglich der gelbrothen ölähnlichen Tröpfchen in den Sporen der Rostpilze waren bisher noch zwei Fragen offen: ob nämlich die Tropfen, die auf Grund ihres Aussehens und mikrochemischen Verhaltens als Fette bezeichnet worden sind, wirklich solche im streng chemischen Sinn sind, und „ob die Färbungen den Fetten selbst angehören oder von differenten Farbstoffen herrühren.“ Ich habe nicht mehr als 5 Uredineen auf ihren Farbstoff untersucht; das waren *Gymnosporangium juniperinum* L., *Melampsora Salicis Capreae* Pers., *Puccinia coronata* Corda, *Triphragmium Ulmariae* Schum. und *Uromyces Alchemillae* Pers. Alle stimmten darin überein, dass sich ihre gelben Tröpfchen durch Aether leicht auflösen liessen und dass der Verdunstungsrückstand von der ätherischen Lösung mit Natronlauge verseift werden konnte. Aus der Seife nahm Petroläther einen gelbrothen Farbstoff auf. Demnach wird man in den orangefarbigem Kügelchen ein echtes Fett annehmen müssen, soweit Verseifbarkeit ein Kennzeichen aller wahren Fette, d. h. Glyceride ist. Das durch den Verseifungsprocess freigewordene Glycerin in der Unterlauge nachzuweisen, kann freilich nur gelingen, wenn mit ziemlich grossen Mengen operirt wird. Die Färbung ist jedoch dem Fette nicht eigen, sondern rührt von einem differenten Farbstoff her, der in Petroläther löslich und nicht verseifbar ist. Auf Grund des gleichen Verhaltens muss dasselbe auch von den rothgelben Tröpfchen in den Paraphysen von *Baeomyces roseus* Pers., *Peziza scutellata* L. und *P. bicolor* Bull. ausgesagt werden.

---