

Zur Chemie der höheren Pilze.

VI. Mitteilung: Chemische Beziehungen zwischen höheren parasitischen Pilzen und ihrem Substrat

von

Dr. Julius Zellner.

(Vorgelegt in der Sitzung am 21. April 1910.)

Bei dem wachsenden Interesse für das chemische Studium der Pilze, welches in jüngster Zeit in zahlreichen Veröffentlichungen Ausdruck gefunden hat, liegt es nahe, daß ich mein eigenes Arbeitsgebiet abgrenze und bei dieser Gelegenheit einerseits die prinzipiellen Gesichtspunkte, welche für mich maßgebend sind, andererseits auch einige allgemeine Ergebnisse, zu denen ich gelangt bin, in aller Kürze darlege. Was die letzteren betrifft, so stützen sie sich naturgemäß nicht nur auf meine eigenen Arbeiten, sondern auf das gesamte bisher gewonnene Tatsachenmaterial, tragen provisorischen Charakter und sollen den Fachgenossen zur Diskussion vorgelegt werden.

Meine chemischen Untersuchungen der parasitischen Pilze zielen darauf ab, auf einem beschränkten Gebiet die Symbiose als chemisches Problem zu behandeln, d. h. festzustellen, in welcher Weise die in Gemeinschaft lebenden Organismen einander chemisch beeinflussen.

I. Zu diesem Zwecke ist es nötig, zunächst einmal die chemische Zusammensetzung der Symbionten soweit als möglich kennen zu lernen. In den bisher untersuchten Fällen konnte die Zusammensetzung der Wirtspflanzen als einigermaßen bekannt angesehen werden und damit reduzierte sich die Aufgabe auf die chemische Analyse des Parasiten. Durch

zahlreiche Untersuchungen¹ sind wir zur ungefähren Kenntnis der chemischen Zusammensetzung folgender Pilze gelangt:

1. Lärchenschwamm (*Polyporus officinalis* Fr.), Wirt: Lärche (*Larix europaea* Lam.).
2. Unechter Feuerschwamm (*Polyporus igniarius* Fr.), Wirt: Weidenarten (*Salix*).
3. Duftiger Tramete (*Trametes suaveolens* Fr.), Wirt: Weidenarten (*Salix*).
4. Mutterkorn (*Claviceps purpurea* Tul.), Wirt: Roggen (*Secale cereale* L.).
5. Maisbrand (*Ustilago Maydis* Tul.), Wirt: Mais (*Zea Mays* L.).

Ohne hier auf die Details dieser Pflanzenanalysen näher einzugehen, möchte ich nur bemerken, daß beim Vergleich der chemischen Zusammensetzung der zusammengehörigen Wirt- und Gastpflanzen sich nur sehr geringe Ähnlichkeiten ergeben; vielmehr ist das Hauptergebnis dieser Vergleichung, daß die wenigsten Stoffe unverändert aus dem Wirt in den Gast übergehen. Dies findet nur statt bei einigen ganz allgemein verbreiteten Körpern wie Traubenzucker, Fettsäuren, gewissen Mineralsubstanzen etc. Ob diese Erscheinung nur bei den Pilzen vorkommt oder auch für andere Parasiten Gültigkeit hat, kann ich vorläufig nicht sagen. Aber jedenfalls spielt hierbei der Umstand mit, daß die Pilze ihren Symbionten meistens systematisch fernstehen und daß dieser großen Verschiedenheit der Organisation auch eine große Verschiedenheit der chemischen Zusammensetzung entspricht. Wieweit diese Verschiedenheit geht, das zu entscheiden, bleibt einer künftigen vergleichenden Pflanzenchemie vorbehalten.

¹ Literatur: Zopf, Die Pilze, 1890, p. 116 ff. Czapek, Biochemie der Pflanzen, 2 Bde., 1905. Zellner, Chemie der höheren Pilze, 1907. Später erschienene Arbeiten: Thoms und Vogelsang, Liebig's Annalen, 357, 145 (1907). Rosenthaler, Apothekerzeitung, 25, 5 (1910). Schindelmeiser, Apothekerzeitung, 24, 837 (1909). Rathje, Chem. Zentralblatt, 1909, I, 196. Zellner, Monatshefte für Chemie, 28, 1285 (1907); 29, 757 (1908); 30, 3 und 837 (1909); 31, 617 (1910).

Von zahlreichen anderen parasitischen Pilzen liegen wohl einzelne Angaben, aber keine systematischen chemischen Untersuchungen vor.

Das eine läßt sich wohl sagen, daß die Zusammensetzung der parasitischen Pilze in erster Linie durch ihre systematische Stellung bestimmt ist. Darauf weisen zahlreiche chemische Eigentümlichkeiten hin, welche die genannten Pilze nicht nur miteinander, sondern auch mit vielen anderen saprophytisch lebenden Pilzarten gemeinsam haben (chitinhältige Zellsubstanz und deren Abkömmlinge, Fette mit freien Ergosterinen und hohem Gehalt an freien Fettsäuren, Mykose, Mannit, Trimethylamin, Cholin und verwandte Basen, Amanitol etc.; andererseits Abwesenheit von Stärke, Glykosiden und eigentlichen Alkaloiden). Auffallende Unterschiede in der Zusammensetzung saprophytischer und parasitischer Pilze konnten bei den bisher untersuchten Arten nicht konstatiert werden. Doch ist hierbei zu bemerken, daß noch kein einziger auf Tieren lebender Pilz chemisch untersucht worden ist.

In zweiter Linie ist das Substrat bestimmend. Insbesondere stehen die Fermente mit der Natur der jeweils zur Verfügung stehenden Nährstoffe im Zusammenhang. So enthalten z. B. die Baumpilze glykosidspaltende Enzyme, Diastasen und Maltasen, der Maisbrand eine Invertase, das Mutterkorn eine Diastase und ein emulsinartiges Ferment usw. Aber auch das Vorkommen anderer Stoffe (Harze, Gerbstoffe etc.) mag durch die Natur des Substrates bedingt sein. Bei auf Holz lebenden Pilzen scheint es ziemlich belanglos zu sein, ob das Substrat lebend ist oder nicht, da es zahlreiche Arten gibt, welche auf lebendem oder totem Holz gedeihen können. Dies erklärt sich daraus, daß im gefälltten Holz oder in Baumstrünken tiefgreifende chemische Zersetzungen nur langsam vor sich gehen. Bei Pilzen, welche auf Tieren schmarotzen, dürften aber wohl wesentlich andere Verhältnisse obwalten.

Drittens gibt es Stoffe, welche aus vorläufig unbekanntem Gründen nur ganz vereinzelt bei gewissen Arten vorkommen, so einige Stoffe des Mutterkorns, das Ustilagin und der Erythrit des Maisbrandes etc. Übrigens dürfte die Seltenheit mancher Stoffe bloß eine scheinbare, in der Unvollständigkeit unserer Kenntnisse begründete sein.

II. Was die Art des Angriffes anbelangt, so sind wir durch zahlreiche Arbeiten ziemlich darüber aufgeklärt, daß dieser vorzugsweise fermentativer Natur ist; einige dieser Fermente wandern in den Wirt hinüber und bringen dort unlösliche Stoffe in lösliche Form (Diastasen, Cytasen), bei anderen ist es wahrscheinlich, daß sie Endoenzyme sind (Lipasen?), bei anderen ist es fraglich, ob sie im Wirt oder im Gast oder in beiden tätig sind. Da offene Anastomosen zwischen Pilz und Nährpflanze meines Wissens nicht beobachtet worden sind, vielmehr die mikroskopische Beobachtung zeigt, daß der Zellinhalt der in das fremde Gewebe eindringenden Hyphen bis in die feinsten Endigungen hinein die charakteristischen Eigenschaften des Pilzplasmas aufweist, so ist es sicher, daß kein direkter Saft Eintritt aus dem Wirt in den Pilz erfolgt, sondern alle Substanz auf osmotischem Wege transportiert und im Pilz rasch umgewandelt wird (wenn dies nicht schon früher geschehen ist), da man gewisse Stoffe (Stärke, Rohrzucker, Glykoside, Gerbstoff), welche in erheblichen Mengen in dem umgebenden Gewebe der Nährpflanze sich vorfinden, im Pilzgewebe nicht nachweisen kann.

Außer der enzymatischen Wirkung und der Osmose müssen aber noch andere Prozesse vor sich gehen, da auch der Übergang von Stoffen aus dem Wirt in den Pilz nachgewiesen ist, deren Transport durch diese beiden Kräfte nicht erklärt werden kann. So ist z. B. bekannt, daß Baumpilze, welche auf harzreichen Substraten leben, große Mengen (bis zur Hälfte ihres Eigengewichtes) an Harzen enthalten. Dies ist um so auffallender, als die Harze keine Nährstoffe sind, und erweckt den Anschein, als ob dieselben mit anderen Stoffen gleichsam als Ballast in den Pilz hinüberwandern und sich in diesem (unter chemischer Veränderung) allmählich anreichern, während die Nährstoffe verbraucht werden. Dadurch ist natürlich eine biologische Funktion dieser Stoffe nicht ausgeschlossen.

Mit der Auflösung und Ansaugung von Stoffen aus der Nährpflanze scheint die Einwirkung des Pilzes auf sein Substrat aber nicht erschöpft zu sein. Es ist höchstwahrscheinlich, daß außer den Fermenten auch andere Stoffe, welche gewissermaßen Exkremente der Pilze sind, abgesondert werden. Diese

Stoffe mögen bald harmloser Natur,¹ bald aber auch giftig sein. In dieser Beziehung könnte man drei Stufen der Einwirkung unterscheiden:

1. Der Pilz bezieht Nährstoffe vom Substrat, liefert aber dafür andere nutzbare Stoffe oder bietet sonstige Vorteile. Dies ist der Fall bei *Mycorrhiza*-Pilzen und Flechten. Von den ersteren wissen wir in chemischer Beziehung nahezu nichts, bei den letzteren ist es aber höchstwahrscheinlich, daß die bekannten Flechtenstoffe als Exkrementen der betreffenden Pilze anzusehen sind, welche vielleicht wegen ihrer antiseptischen Eigenschaften für den Gesamtorganismus als Schutzmittel von Vorteil sind. Auffallend bleibt dabei, daß solche Flechtenstoffe noch nie in alleinlebenden Pilzen gefunden wurden.

2. Der Pilz saugt den Wirt aus, d. h. er entzieht ihm Stoffe, ohne ein Äquivalent dafür zu bieten, doch auch ohne toxische Körper auszuschcheiden; Zersetzung und eventuell Zerstörung sind die unausbleiblichen Folgen, doch geht dieser Prozeß ohne merkliche äußere Veränderung vor sich. Hierher gehören die meisten den Hymenomyceten angehörigen Baumpilze.

3. Der Pilz vergiftet seinen Wirt, d. h. er scheidet Stoffe aus, welche pathologische Wachstumserscheinungen (Schrumpfungen, Krebse, Gallen etc.) hervorrufen. Welcher Art diese Stoffe sind, welche den Bakterientoxinen ähnlich zu wirken scheinen, läßt sich nicht mit Bestimmtheit sagen. Erwägt man jedoch, daß in den der vorigen Gruppe angehörigen Pilzen keine, wohl aber in den krankhaften Wachstumsformen hervorruhenden Arten, wie Mutterkorn, *Claviceps microcephala*, Maisbrand, giftige Basen gefunden wurden, so drängt sich die Vermutung auf, daß es diese letzteren sind, deren Ausscheidung den Reiz zu krankhaftem Wachstum darstellt.

III. Sehr wenig bekannt sind die chemischen Prozesse, welche mit den angesaugten Nährstoffen in den Pilzen sich abspielen.² Am ehesten können wir uns eine Vorstellung von

¹ Vgl. Zopf, Die Pilze, 1890, p. 176.

² Zopf, l. c., p. 174.

der Umwandlung der Kohlehydrate machen. Da es sicher gestellt ist, daß das Endprodukt des enzymatischen Abbaues der in den Wirtpflanzen vorhandenen Kohlehydrate hauptsächlich Traubenzucker ist, so muß wohl von diesem die Bildung des Mannits, der Mykose und der Polysaccharide ihren Ausgang nehmen. Daß auch hierbei (reduzierende und revertierende) Fermente mitspielen, ist wohl sehr wahrscheinlich. Was die Verarbeitung der Fette betrifft, so steht jedesfalls die Tatsache, daß die Pilzfette reich an freien Säuren sind und daß fettspaltende Fermente in sehr allgemeiner Verbreitung nachgewiesen wurden, mit diesem Vorgang im Zusammenhang, ohne daß sich jedoch etwas Bestimmteres darüber sagen ließe. Bezüglich der Verarbeitung der anderen aus dem Substrat aufgenommenen Stoffe (z. B. Eiweißkörper, aromatische Spaltungsprodukte der Glykoside, Gerbstoffe, Mineralsubstanzen etc.) können derzeit kaum Vermutungen ausgesprochen werden.

Es könnte noch eingewendet werden, daß (mit Ausnahme des Mutterkorns) nur Fruchtkörper und Sporen, nicht aber Mycelien, die eigentlichen vegetativen Organe der Pilze, untersucht worden sind und daß daher für eine einwandfreie Vergleichung von Wirt- und Gastpflanzen die zureichenden experimentellen Grundlagen fehlen. Ohne dies im Prinzip bestreiten zu wollen, möchte ich nur bemerken, daß infolge der einfacheren Organisation und meist geringen Größe die Unterschiede in der chemischen Zusammensetzung zwischen Fruchtkörper (Sporen) und Mycel viel geringer sind als wie etwa zwischen Früchten und Blättern oder Stammteilen höherer Pflanzen. Kohnstamm's Erfahrungen am Hallimasch (*Armillaria mellea* Vahl.) und die meinen am Maisbrand machen dies recht wahrscheinlich.

Gewiß ist der Parasitismus im allgemeinen und derjenige der Pilze² im besonderen kein auf chemischem Wege allein lösbares Problem, sondern physikalische und biologische Prozesse sind hier eng mit den chemischen verknüpft, aber es besteht für mich kein Zweifel, daß wir durch chemische Untersuchungen zu einem vertieften Verständnis dieses komplizierten

² Man sehe die schöne übersichtliche Darstellung dieses Gegenstandes in Zopf, Die Pilze, 1890, p. 228 ff., nach.

Phänomens gelangen und selbst biologische Vorgänge werden erklären können, z. B. die Erscheinung, daß so häufig gewisse Pilzarten auch nur auf gewissen Pflanzen oder Tieren sich ansiedeln, während andere auf zahlreichen, oft systematisch sehr verschiedenen Wirten oder als fakultative Parasiten bald auf toten, bald auf lebenden Substraten wohnen. Es ist nicht ausgeschlossen, daß wir auf diesem Wege zu präziseren Vorstellungen über das Wesen der »Anpassung« gelangen können.

Aus dem früher Gesagten ergibt sich, daß vor allem die chemische Untersuchung solcher Pilze nötig erscheint, welche auf Tieren schmarotzen. Derartigen Untersuchungen stellt sich aber die Schwierigkeit entgegen, genügende Mengen des Untersuchungsobjektes zu beschaffen, da die hierhergehörigen Arten meist sehr klein und ihre Isolierung aus dem Substrat schwierig, ja meist unmöglich ist. Nach langem Suchen bot sich der Pilz *Cordyceps militaris* L. als verhältnismäßig gut geeignetes Objekt dar, dessen Beschaffung in größeren Mengen zwar nicht leicht sein wird, dessen Größe und Isolierbarkeit aber doch gewisse Chancen für eine chemische Untersuchung bieten. Weiters soll noch ein gallenbildender Pilz, und zwar *Exobasidium Rhododendri* Fckl. untersucht werden, dessen phytochemische Analyse ich bereits begonnen habe.
