

Ueber die Ernährung und Entwicklung eines mycophthoren Pilzes, (*Hypocrea fungicola* Karst.).

(Mit Tafel III.)

Von

W. Ruhland.

Die *Hypocrea fungicola* Karst. gehört zu jenen Pilzen, die dadurch von biologischem Interesse sind, dass sie auf anderen Pilzspecies parasitisch resp. saprophytisch leben. Vertreter solcher „pilzbewohnender“ oder „mycophthorer“¹⁾ Pilze finden sich, wie bekannt, in den verschiedensten Gruppen der Eumyceten und zwar von den Phycomyceten (vgl. z. B. die bekannten *Mucor*-Parasiten *Piptocephalis* und *Chaetocladium*) aufwärts, bei den Ascomyceten (Perisporiaceen, Pyrenomyceten etc.), bei den Fungis imperfectis, von denen zahlreiche parasitisch auf Uredineen, Auriculariaceen, Tremellaceen etc. leben, bis hinauf zu den höchst entwickelten Basidiomyceten, von denen die interessantesten Bürger unserer deutschen Flora sind, so die *Scleroderma* bewohnende Polyporacee *Boletus parasiticus* Bull.²⁾ und die beiden auf *Russula* vegetierenden *Nyctalis*-Arten.³⁾

Die procentualiter und wahrscheinlich auch absolut meisten mycophthoren Formen weisen jedenfalls die Hypocreaceen⁴⁾ auf. Die uns hier interessierende *Hypocrea fungicola* findet sich auf verschiedenen

¹⁾ Von *μύκης* und *φθείρω*. Der Ausdruck lässt die ernährungsadaptive Specialität, also Parasitismus resp. Saprophytismus unentschieden.

²⁾ Scheint für die Mark noch nicht nachgewiesen zu sein. Ich fand ihn im Spätsommer 1898 reichlich bei Köslin. Vgl. Allg. bot. Zeitschr. f. Syst. etc. (Kneucker) Nr. 2 u. 3. Jahrg. 1898.

³⁾ *Nyctalis parasitica* Fr. beobachtete ich Anfang November 1898 in den Buchenbeständen der Bredower Forst (Finkenkrug).

⁴⁾ Typische Parasiten der deutschen Flora aus dieser Gruppe sind (wobei einigen allerdings auch stark saprophytische Eigenschaften zukommen): *Nectria Magnusiana* Rehm., *N. episphaeria* (Tode) Fries, *N. granatum* (Wallr.) Fuck(?), *N. coenariospora* Ces et de Not. (?); *Letenbraea turbinata* (Fuck.) Sacc., *Melanospora Zobelii* (Corda) Fuck., *M. parasitica* Tul., *M. lagenaria* (Pers.) Fuck., *M. Didymaria* (Zopf) Wint., *Barya parasitica* Fuck., *Eleutheromyces subulatus* (Tode) Fuck., *Cordyceps capitata* (Holmsk.) Link, *C. ophioglossoides* (Ehrh.) Link, *Hypocrea fungicola* Karst., *H. pulcinata* Fuck. (?), *H. alutacea* (Pers.) Tul., *Hypomyces ochraceus* (Pers.) Tul., *H. asterophorus* Tul., *H. torminosus* (Mont.) Tul., *H. viridis* (Alb. et Sdw.) Beck. et Br., *H. aurantius* Pers., *H. chrysospermus* Tul., *H. lateritius* (Fries) Tul.

Polyporus-Arten, so, wie das Material des Kgl. botanischen Museums lehrt, auf *P. lucidus* Leyss., *nigricans* Fries, *pinicola* Swartz., am häufigsten jedoch auf *P. betulinus* Bull. sowie *igniarius* L., wie man sieht, auf Wirten von recht verschiedenen Eigenschaften (Consistenz etc.). Verwandtschaftlich steht der Pilz der auf faulen Holzstücken, Moos und Erde weit verbreiteten *Hypocrea citrina* Fr. Summ. Veg. Scand. 185 (= *Sphaeria citrina* Pers. Syn. S. 18; Fr. S. M. II, 337) am nächsten, von welcher er erst von Karsten¹⁾ als var. *fungicola* abgetrennt wurde. Saccardo²⁾ erhob ihn mit Recht zur eigenen Art, da die *citrina* eine wesentlich weicher-fleischige Consistenz und (allerdings nur wenig) grössere Ascen und Sporen besitzt; auch fehlt ihr die für *H. fungicola* charakteristische weisse „Bestäubung“ des Stromas und die mehr oder minder flockige Beschaffenheit des Randes. Winter³⁾ und Niessl⁴⁾ haben sich dieser Auffassung angeschlossen. Ich selber konnte (vgl. unten) ein wenigstens indirectes, biologisches Argument zu Gunsten der spezifischen Selbständigkeit des Pilzes erbringen.

Auch unsere Art besitzt wie *citrina* ein weites Verbreitungsareal, tritt jedoch innerhalb desselben nur ganz zerstreut und vereinzelt auf. Saccardo (l. c.) giebt für sie „Tasmania, Fennia, Lapponia meridionalis, Britannia, Suecia“ an. In Deutschland ist sie aus Schlesien, Sachsen und Tirol bekannt geworden. Für die Mark wurde sie entdeckt von Al. Braun, der sie bei Finkenkrug auf *Polyporus betulinus* im Mai 1858 fand, und wurde ebendort und am selben Wirt noch später von Sydow und Anfang Mai 1898 von mir aufgefunden, von wo auch das Material für die nachstehend mitgetheilten Untersuchungen stammt. Von anderweitigen Fundorten in der Mark sind mir Templin,⁵⁾ Eberswalde⁶⁾ und Rathenow⁷⁾ bekannt geworden.

Von Interesse war es zunächst, womöglich festzustellen, ob die Mycophthorie bei *Hypocrea* durch Anpassung vielleicht an einen bestimmten chemotropischen Reiz⁸⁾ erblich geworden und so von speci-

¹⁾ Myc. Fenn. II, p. 204.

²⁾ Sylloge Fungorum II, p. 528.

³⁾ Rabenhorst, Kryptogamenflora, Bd. II, S. 141.

⁴⁾ Cfr. dessen mit obiger identische *Hypocrea Karsteniana* in Rehm, Ascom. 678.

⁵⁾ Hennings und Lindau „Verzeichnis der bei Templin am 20. Mai 1894 beobachteten und gesammelten Pilze“. (Diese Verhandlungen, Bd. XXXVI (1894) S. XXXIII „auf der Unterseite eines Fruchtkörpers von *Polyporus betulinus*“.

⁶⁾ P. Hennings: „Erster Beitrag zur Pilzflora der Umgebung von Eberswalde“, ebendasselbst Bd. XXXIX S. 117 „auf *Fomes igniarius* im August“.

⁷⁾ Dort nach gütiger Mitteilung des Herrn Hennings von Dr. Plöttner gesammelt.

⁸⁾ Cfr. Miyoshi, „Durchbohrungen der Membranen durch Pilzfäden“ Pringsheim's Jahrbücher für wiss. Bot. XXVIII, 1895, S. 691 ff.

fischem Wert sei. Exact lässt sich dieser Frage nur auf experimenteller Basis näher treten, wobei man jedoch nicht ausser Acht lassen darf, dass derartige, auf positive oder negative Ergebnisse von Culturversuchen sich stützende Schlüsse nur mit grosser Vorsicht in der angegebenen Richtung verwertet werden dürfen und nur dann von Wert sind, wenn die Keimung und Weiterentwicklung des Versuchsobjectes sich mit der nötigen Leichtigkeit vollzieht und wenn die Zahl der Versuchsanstellungen besonders gross ist; im andern Falle wird leicht zufällig negativen Resultaten fälschlich principielle Bedeutung zugeschrieben. Man hat daher zu ähnlichen Versuchen mit Vorliebe so leicht keimende Arten wie *Penicillium glaucum*, *Botrytis cinerea* etc. herangezogen. Auch unser Pilz entspricht, wie die nachstehenden Culturergebnisse zeigen werden, dieser Anforderung in wünschenswertem Maasse. Was dagegen die zweite der postulierten Bedingungen betrifft, so war die Zahl meiner Versuche nur eine relativ beschränkte, was mit dem Hinweis auf die Umständlichkeit und Schwierigkeit aller Culturen mit nicht sterilisiertem, totem Wirtsmaterial entschuldigt werden mag.

Es wurden zunächst nach Möglichkeit die natürlichen Lebensbedingungen der nächstverwandten *Hypocrea citrina*, von der unsere Art, wie oben erwähnt, nur ganz unbedeutende morphologische Differenzen aufweist, hergestellt; zu diesem Zwecke wurden zunächst in den üblichen Culturglocken auf einem Drahtnetz, das auf Füßen in der mit Wasser beschickten Schale ruhte, feuchte Walderde mit modernden Moospartien, sowie Bruchstücke faulenden Holzes ausgelegt. Alsdann wurden Häufchen¹⁾ ejaculierter Ascensporen von *H. fungicola* auf die Oberfläche der Holzstücke und der Erde ausgesät. Trotzdem die Versuche einigemal unter veränderten Feuchtigkeitsbedingungen (Feuchtigkeit bis zur reichlichen Taubildung, trockenerer Atmosphäre in mit verschiebbarem Deckel ausgerüsteten Glaszylindern), sowie auf verschiedenerlei Nährmedien stattgefunden haben (verschiedene Holzsorten von verschiedenem Grade der Zersetzung), ist es mir nicht gelungen, die ausgesäten Sporen über die Bildung von nur etwa 15—23 μ langen Keimschläuchen nach 14tägigem Wachstum, und auch das nur in mehreren Fällen, hinauszubringen. Auf Schnitten²⁾ habe ich ein Eindringen der Hyphen in die Holzsubstanz nicht wahrnehmen können, wohl aber an einigen Punkten verbreiterte Anheftungsstellen.

Wie in allen nicht sterilisierten Culturen stellten sich natürlich

¹⁾ Es war so leichter möglich, die Infectionsstellen, auch ohne besondere Kennzeichnung behufs mikroskopischer Kontrollierung wieder anzufinden, da sich dieselben durch die weissen Sporenhäufen bereits makroskopisch gut vom Substrat abhoben.

²⁾ Aus nahe liegenden Gründen konnten natürlich nur die auf Holzstücke ausgesäten Sporen mikroskopisch auf ihr weiteres Schicksal untersucht werden.

auch hier bald Schimmelpilze ein, die namentlich das Auffinden der Infectionsstellen wesentlich erschwerten, doch haben sie schwerlich die Weiterentwicklung des Versuchsobjectes verhindert, da sie unter analogen, der mycophthoren Eigentümlichkeit der *Hypocrea* entsprechend modificierten Versuchsbedingungen niemals von hemmendem Einfluss gewesen sind. Zum Vergleich wurden zwei Holzstückchen von *Carpinus* je an 6 Stellen mit Sporenmaterial von *Hypocrea citrina* inficiert. Nach 3 Wochen, bei mässiger Feuchtigkeit, waren 2 jugendliche Stromata gebildet.¹⁾

Es sprechen diese Resultate entschieden für die Annahme der Mycophthorie als einer erblichen und darnach spezifischen Eigentümlichkeit der *H. fungicola*, wengleich natürlich, wie schon hervorgehoben, die Beweiskraft derartiger, auf dem Misslingen von Culturversuchen basierender Schlüsse eine nur sehr bedingte, da von den angegebenen 2 Factoren in hohem Grade abhängige, ist.

War somit die Frage nach der Substratswahl seitens des Pilzes berührt, so lag es nahe, zu prüfen, ob der Pilz auch noch weitergehende Anforderungen an seinen Wirt bezüglich der Ernährungsadaptation, d. h. insofern stelle, als eine Infection etwa nur in lebendem oder in totem oder vielleicht auch in beiderlei Zustande des letzteren von Erfolg begleitet sei.

Zur Beantwortung dieser Frage wurden zwei frische, lebenskräftige Hüte von *Polyporus betulinus* mit bereits entwickeltem Hymenium auf ihrer fertilen Unterseite mit Sporenpulver der *Hypocrea fungicola* an zahlreichen (je 10—12) Stellen bestäubt. Nach Ablauf von 7 Tagen wurden Schnitte durch einige der Infectionsstellen angefertigt, welche zeigten, dass eine Keimung zahlreicher Sporen stattgefunden hatte. In vier Fällen konnte ich Keimschläuche im oberflächlichen Teil der Trama constatieren, in zweien derselben war die dazu gehörige Spore im Schnitt enthalten und es konnte in folgedessen die Länge des ganzen Schlauches auf 24 resp. 30 μ festgestellt werden. Da nun die Zeit bis zur Keimung der Spore in Nährlösung nur 3—4 Tage beträgt, so spricht sich in diesem Befunde eine Verlangsamung des Wachstums des Keimschlauches, hervorgerufen durch nicht ganz zusagende Lebensbedingungen, vielleicht unversehrte Lebenskraft des Wirtes, aus. Die Bruchstücke der so zerschnittenen und inficierten Hüte wurden bei sehr mässiger Feuchtigkeit wieder unter die Culturglocke gelegt und nach Verlauf von weiteren 14 Tagen aber-

¹⁾ Es wurden auch *Citrina*-Sporen auf faulende Polyporen ausgesät an 5 Stellen, ohne dass eine Stromabildung später erfolgte; da die Versuchsobjecte schon nach 8 Tagen so stark verschimmelt waren, dass eine mikroskopische Nachuntersuchung nicht mehr möglich war, will ich auf dieses Ergebnis hier keinen Wert legen.

mals untersucht. Die faulen Hüte waren leider bereits stark von *Penicillium*, *Acrostalagmus* und Mucorineen besetzt, auch hatten allerlei Anguilluliden und ähnliches pilzfeindliches Gewürm eine lebhaft Miniertätigkeit entfaltet; doch konnten deutliche, z. T. schon entwickelte (bis 3 cm lange), fruchtreiche Stromata der *Hypocrea* beobachtet werden. Schon hierdurch war also die Möglichkeit einer zum Teil saprophytischen Lebensweise dargethan.¹⁾

Es wurden jetzt an 3 lebenden, möglichst jungen und noch keineswegs hymeniumreifen²⁾ Fruchtkörpern des *Polyporus betulinus* mit einer spitzen Nadel durch reichliches Stechen in die Trama je vier grössere Wundstellen erzeugt, in welche wieder kleine Sporenhäufchen der *Hypocrea* gethan wurden. In sechs dieser Wundstellen waren bereits nach 9 Tagen junge Stromata entwickelt, die übrigen blieben merkwürdiger Weise ganz steril. Eine Untersuchung lehrte, dass *Hypocrea*-Hyphen sich auch an von den Wundstellen über 3 cm entfernten Stellen des *Polyporus* fanden und dass auch z. T. charakteristische, macroscopisch wahrnehmbare teratologische Veränderungen an demselben stattgefunden hatten.

Endlich wurden Versuche mit abgestorbenen, faulenden, aber noch relativ von Schimmelpilzen intacten Hüten angestellt, die ich auf Waldboden abgestorben aufgefunden hatte. In den meisten Fällen fand eine rasche Infection statt, die bereits nach 6—10 Tagen zur deutlichen Stromabildung führten.³⁾

Wenngleich also die Zahl der Versuche relativ gering ist, lässt sich doch nunmehr auf Grund derselben mit einiger Sicherheit folgendes bezüglich der ernährungsadaptativen Eigenschaften des Pilzes aussagen: 1. Der Pilz vermag auf totem Substrat zu keimen und sich bis zur Ascenfructification zu entwickeln 2. Lebenskräftige *Polypori* können durch den Pilz inficiert werden; auch hier findet unter günstigen Umständen eine vollständige Entwicklung statt.

Zu constatieren ist ad 2, dass die Entwicklung nicht unwesentlich üppiger und schneller sich vollzieht, wenn dem Pilz in einer künstlich erzeugten Wundstelle ein

1) Parasitismus war noch nicht sicher constatiert, weil die Sporen, aus denen die Stromata hervorgegangen waren, möglicherweise ja erst nach vollendetem Absterben des Wirtes sich entwickelt haben konnten, und weil andererseits eine eventuelle Weiterentwicklung der oben erwähnten am noch lebenden Wirt beobachteten Keimschläuche natürlich nicht verfolgt werden konnten. Ebensowenig war aus eben diesem letzteren Grunde reiner Saprophytismus erwiesen.

2) Die Hüte sollten für die Versuchsdauer möglichst lebenskräftig bleiben. Alle diese Versuche wurden in nur sehr mässig feuchter Atmosphäre angestellt.

3) In bemerkenswertem Contrast zu dieser verhältnismässig leichten Culturfähigkeit steht das so seltene Auftreten des Pilzes in der Natur.

Aggressivpunkt gegeben ist. Vielleicht ergibt sich aus dieser Beobachtung auch für unsern Pilz die von Nordhausen¹⁾ für seine „Hemisaprophyten“ konstatierte Eigentümlichkeit, dass es zu einer vorteilhaften und gedeiblichen (parasitären) Weiterentwicklung (trotzdem hier, wie unten zu zeigen sein wird, keineswegs Haustorien in den Plasmaleib des Wirtes getrieben werden) von Wichtigkeit ist, dass sich die Keimschläuche zunächst durch wahrscheinlich bequemer²⁾ von statten gehende saprophytische Ernährung gekräftigt haben müssen.

Zu vergessen ist hierbei freilich nicht, dass auch durch die Culturen auf jungen *Polyporus*-Hüten eine dauernd parasitäre Lebensweise auf älteren Stadien nicht festgestellt ist, solange nicht die Dauer der Lebensfähigkeit der letzteren in der stets feuchteren Atmosphäre der Kultur-glocke einer wenigstens annähernden Bestimmung zugänglich ist. Nach Analogie mit manchen andern Beispielen wäre aber zu erwarten, dass erst eine Abtötung des Wirtes durch das Mycel des Parasiten erfolgt, ehe sich die Fruchtkörper des letzteren entwickeln. Es würde in diesem Falle wohl in der freien Natur zwischen Infection und Fruchtentwicklung eine grössere Zwischenzeit zu denken sein, als in der Cultur, wo bereits die Isolierung des Wirtes von seinem natürlichen Substrate sowie die grössere Feuchtigkeit zur Beschleunigung seines Absterbens ein gutes Teil beitragen werden.

Betrachten wir nunmehr die resorptive und deformativische Thätigkeit des Pilzes, soweit sich das Verhältnis der beiderlei Hyphen durch anatomische Untersuchung klarlegen liess. Grosse Schwierigkeiten bot nicht selten die Unterscheidung der Hyphen beider Pilze, besonders, wenn, wie bei *Polyporus igniarius*, der Durchmesser derselben etwa übereinstimmt. (Fig. 1.) Doch wird man mitunter schon an der derberen Membran und einer, allerdings nur sehr schwer wahrnehmbaren Färbung die des *Polyporus* erkennen. Günstiger für die Untersuchung liegt das Verhältnis bei *P. betulinus*, dessen Membranen oft kaum die Hälfte so stark sind als die etwa 7,5—8,5 μ dicken der *Hypocrea*. (Fig. 2.) Da jedoch der Durchmesser der *Hypocrea*-Hyphen je nach den Ernährungsverhältnissen nicht unerheblich zu schwanken pflegt, so können sich hierdurch in allen Fällen noch Complicationen betreffs der richtigen Deutung ergeben.

Untersuchen wir zunächst *Polyporus betulinus*, so finden wir hier die Stromata besonders reichlich und meist ausschliesslich auf der

¹⁾ Nordhausen „Beiträge zur Biologie parasitärer Pilze“ in Pringsh. Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. XXXIII (1899) S. 1 ff.

²⁾ Es braucht keine Abtötung von lebendem Plasma zu erfolgen; auch liegt letzteres, aus den Wundstellen ausgetreten, als besonders nährhaltiges Material frei zu Tage, eine Lösung der Membran hat nicht zu erfolgen, kurz es wird an anzuseheidendem Verdauungssekret gespart.

Unterseite entwickelt, eine Vorliebe, die in der Zartheit, Dünnwandigkeit und in dem grösseren Plasmagehalt der Hymenialpartieen eine befriedigende Erklärung findet. Auch ist vielleicht die lockerere Structur derselben insofern von Einfluss, als infolge derselben rein mechanisch dem Vordringen der Hyphen weniger Widerstand entgegen steht. Jedoch beobachtete ich in einigen Fällen auch reife Stromata auf der Oberseite des Hutes über der lederigen Oberhaut; doch waren dieselben stets bedeutend schwächer entwickelt, meist nur 2—4 mm breit und kaum 1—2 mm hoch, im Gegensatz zu 3—5 cm langen und bis $1\frac{1}{2}$ cm hohen Stromaten der Hymenialschichten.

Fertigt man feine Querschnitte durch die letzteren an, so sieht man im Gewebe der Trama, welche sich infolge ihrer parallelläufigen Hyphen besonders zum Studium empfiehlt, reichlich die plasmareichen, zartwandigen, septierten Hyphen der *Hypocrea* (Fig. 2a) sich hinziehen, ohne dass dieselben irgendwie ganz oder mittels Haustorien in die Lumina der *Polyporus*-Fäden eindringen. Letztere sind um so inhaltsärmer, je reichlicher die *Hypocrea* in der Nähe vertreten ist.

Man kann diese Differenz im Plasmagehalt mit Vorteil zur bequemeren Unterscheidung von beiderlei Hyphen benutzen, indem die mit absolutem Alcohol fixierten Schnitte auf etwa $\frac{1}{2}$ Stunde in eine leicht angewärmte, concentrirte Fuchsinlösung gebracht und hierauf unter stetiger Controlle durch das Mikroskop mit schwach angesäuertem Alcohol differenciert und in Wasser ausgewaschen werden. Gute Resultate giebt auch die von Ed. Fischer¹⁾ empfohlene Eosinfärbung mit nachfolgender Essigsäure-Behandlung. In beiden Fällen heben sich die tiefrot gefärbten *Hypocrea*hyphen schön von der Umgebung ab. Es entziehen demnach dieselben ihrem Wirte zunächst die plasmatischen Substanzen, welche also durch Diffusion zum Zwecke ihrer Aufnahme beiderlei Membranen zu passieren haben. Soweit stimmt das Verhalten des Pilzes gut zu demjenigen, wie es Ed. Fischer für seine auf einer javanischen Phallacee (*Dictyophora* sp.) parasitierende *Hypocrea Solmsii* beschrieben hat.

Während sich aber dort die Resorption auf die Plasmateile beschränkt, also nur ein „Aussaugen des Inhaltes der Hyphen“ stattfindet, worauf dann die des Parasiten²⁾ „am Scheitel heraustreten, um sich hier zu einem einheitlichen Hyphenüberzuge zu vereinigen, welcher den keulenförmigen Fruchtkörpern seinen Ursprung giebt“, schreitet hier unser Pilz schliesslich auch zu einer raschen und sehr energischen Auflösung der zunächst ihres Inhaltes beraubten Wirtshyphen, um sofort die so entstandenen Lücken unter bedeutender Anschwellung durch ein schönes, gross-

¹⁾ Ed. Fischer: „*Hypocrea Solmsii* n. sp.“ in *Annal. du jard. de Buitenzorg*, Vol. VI, 1887 p. 129.

²⁾ l. c. pag. 133.

zelliges Paraplectenchym¹⁾ auszufüllen. Der polsterförmige Fruchtkörper unseres Pilzes sitzt daher nicht, ich möchte sagen epiphytisch, dem Wirt auf, sondern hat sich in denselben — sit venia verbo — hineingefressen. Die lösende Kraft des ausgeschiedenen Secrets muss, nach der Schnelligkeit des Wachstums der Stromata und der Grösse der hergestellten Lücken zu urteilen, eine bedeutende sein. Die während der Lösung auftretenden (sich etwa in Membranschwärzungen kundgebenden) Zwischenproducte sind als solche bei gewöhnlicher Beobachtung nicht kenntlich, seltener kann man, wie bei *Polyporus igniarius*, der Längsachse der Hyphe parallele Corrosionsstellen wahrnehmen. Nicht immer liegen bei der Lösung die Hyphen, so wie es Figur 3. und 4 zeigen, eng aneinander.

Bei der Ausbreitung des Mycels wird zunächst stets die eigentliche Basidienschicht attackiert²⁾; länger leistet die Trama Widerstand, so dass man nicht selten noch im Paraplectenchym der *Hypocrea* der ersteren entstammende Hyphenreste vorfindet. Die Richtung der Ausbreitung ist stets von dem Verlauf der Wirtshyphen und zwar im gleichen Sinne abhängig. So verlaufen bei *Polyporus betulinus* in der eigentlichen Huts substanz die Hyphen der *Hypocrea* etwa der Oberhaut parallel, so dass sie nicht selten den Pilz in übereinander liegende Lamellen zerlegen. Vielleicht sind die auf der Oberseite ausgegliederten Stromata Producte der Hyphen, die von der Hymenialseite aus vorgedrungen sind. Wenigstens schlugen 5 Infectionsversuche von der Oberhaut aus an faulenden Hüten fehl.

Wir kennen demnach nunmehr 5 Typen der Nahrungsaufnahme bei mycophthoren Pilzen, nämlich 1. Nahrungsaufnahme mittels kurzer Haustorien. 2. Hineinwachsen der Hyphen des Pilzes in die seines Wirtes³⁾ (*Chaetocladium* etc.). 3. Die Hyphen beiderlei Pilze treten in directe Communication, indem die trennenden Wände gelöst werden⁴⁾. 4. Die Hyphen

¹⁾ Bezüglich dieses Terminus vergl. Lindau: „Beiträge zur Kenntnis der Gattung *Gyrophora*“ in „Festschrift für Schwendener“ S. 28. Er wurde auch neuerdings von Bitter und Darbishire acceptiert, sodass hoffentlich diese zweckmässige Neubildung in der Thallophytenanatomie ganz heimisch werden wird.

²⁾ Einzelheiten der Zerstörung der Basidien gelangten nicht zur Beobachtung.

³⁾ Eine Modification dieses Typus ist das „intracelluläre“ Wachstum des Parasiten im Paraplectenchym seines Wirtes, wie ich es als gelegentliche Beobachtung in meinen eingehenden „Untersuchungen zu einer Morphologie der stromabildenden Sphaeriales auf entwicklungsgeschichtlicher Grundlage“ (Hedwigia 1900, Band XXXIX S. 36 f.) für eine auf *Cryptospora* lebende Hypocreacee beschrieben und loc. cit. auf Taf. II, Fig. 13 abgebildet habe.

⁴⁾ Vgl. meine Angaben über *Laasomyces microscopicus* Ruhl. in Ruhland: „Ueber einige neue oder weniger bekannte Ascomyceten etc.“ in diesen Verhandl., Band XLI (1899) S. 85 Anm.

treten in keinerlei directe Verbindung; es erfolgt nur Aufnahme von Plasma (*Hypocrea Solmsii*¹⁾. 5. Wie 4., nur findet auch Resorption der Wirtsmembranen statt (vorliegender Fall).

Die Deformationen, die unser Pilz verursacht, sind nicht erhebliche. Die Fructification seines Wirtes wird durch ihn nie verhindert, im Gegensatz zu anderen mycophthoren Pilzen²⁾, weil die Infection erst stattzufinden scheint, wenn das Hymenium desselben bereits ausgegliedert ist. Die schädigende Wirkung der *Hypocrea* auf letzteres besteht in einer localen Resorption mehr oder minder grosser Partien desselben, nicht jedoch in dessen völliger Unterdrückung, oder einer Verhinderung seiner Reifung. Betrachtet man ein fertiges Stroma, so bemerkt man, dass durch dasselbe die Löcher des Röhrenwerkes förmlich ausgefüllt sind, dass es das Letztere ziemlich tief hinein zerstört und ersetzt hat. Die hierbei auftretenden Veränderungen im Verlauf der Tramawände sind auf den halbschematischen Figuren 5, 6, 7 angedeutet worden. Aus letzteren geht zugleich hervor, dass die höckerig-warzige Oberfläche der Stromata nicht von teratologischen Wucherungen und partieller Hypertrophie von Teilen des *Polyporus*, sondern von Unebenheiten der *Hypocrea* selbst herrührt³⁾.

Gehen wir nun etwas näher auf die Entwicklung des Pilzes selbst ein. Dieselbe wurde an Schnitten durch den auf dem natürlichen Substrat wachsenden Pilz sowie an Reinculturen in verschiedenen (den üblichen) Nährmedien auf dem Objectträger studiert. Die Reinculturen gerade mycophthorer Pilze bieten keine besonderen Schwierigkeiten⁴⁾. Arten der Gattung *Hypocrea* wurden übrigens bereits von Atkinson⁵⁾ (*H. tuberiformis* B. et Rav.) und Brefeld⁶⁾ (*H. rufa* [Pers.] und *H. gelatinosa* [Tode]) in Reinculturen studiert. Dieselben bestätigten vor allem die bereits von dem gefeierten Altmeister der

¹⁾ Ed. Fischer, l. c.

²⁾ Vgl. Ruhland in Hedwigia l. c. S. 37 und Anm. daselbst, sowie die citierte Fischer'sche Arbeit.

³⁾ Mehr Interesse bieten die Deformationen, welche die Arten der nahe verwandten Gattung *Hypomyces* auf den von ihnen bewohnten Pilzen hervorrufen. Vgl. hierüber auch Charles B. Plowright: „A Monographie of the British Hypomyces“ in Grevillea, vol. XI p. 1 ff., wo die wichtigsten Missbildungen besprochen werden.

⁴⁾ Vgl. ausser den oben angeführten und noch anzuführenden Arbeiten auch Matruchot in Bull. de la Soc. Mycol. 1893, p. 246 ff., der *Melanospora parasitica* cultivierte, ferner meine Versuche l. c. mit *Laaseomyces microscopicus* Ruhl.

⁵⁾ Atkinson: On the structure and dimorphism of *Hypocrea tuberiformis* B. et Rav. (J. M. Coulter's Botan. Gazette, Crawfordsville, Indiana, vol. XVI, 1891, p. 256 ff.)

⁶⁾ Untersuchungen aus dem Gesamtgebiet der Mycologie, Heft 10, p. 190 f.

Mycologie, Tulasne¹⁾), anatomisch nachgewiesene Zugehörigkeit der als besondere Schimmelpilze beschriebenen *Trichoderma viride* Pers. (Disp. Meth. Fung. p. 12) und später als *Verticillium globuli gerum* Sacc. bezeichneten Arten in den Entwicklungskreis der Gattung. Eduard Fischer²⁾), dem nur Spiritusmaterial zur Untersuchung seiner *Hypocrea Solmsii* zur Verfügung stand, thut keiner besonderen Conidienform Erwähnung. Da dieselbe höchst unscheinbar ist, und die Conidien den Ascensporen täuschend ähnlich sehen, so hat er sie vermutlich übersehen. Ich selbst konnte ohne Schwierigkeit makroskopisch das regelmässige Auftreten derselben in grünlichen Lagern an jungen Stromaten beobachten und auch in Reinculturen durch Aussaat der Ascensporen die Form an Luftmycelien in etwa 8—9 Tagen erzielen. Es ist daher anzunehmen, dass die Conidienform bei jeder Art der Gattung auftritt. Perithechien habe ich, gleich Brefeld, in den Objectträgerculturen nicht erzielt. Die Keimschläuche (Fig. 8) treten bereits nach wenigen Tagen aus der Spore und schwellen schnell an. In der zweiten Woche trat meist Conidienbildung ein. Es soll auf diese Versuche hier nicht weiter eingegangen werden; bemerkt werden soll nur noch beiläufig, dass hier, wie Klebs³⁾ für *Sporodinia grandis* constatirte, Dampfsättigung der Atmosphäre (bei reichlicher Wasserzufuhr und warmer Temperatur) auf die Conidienproduction von hemmendem Einfluss zu sein schien.

Die Conidienträger treten an die Oberfläche des Substrats, wenn kaum die Paraplectenchymbildung in den alleräussersten Schichten desselben begonnen hat. Dieselben sind in Fig. 9, a—c dargestellt. Auf eine nähere Beschreibung derselben, namentlich die Art der Verzweigung, kann ich verzichten, da diese bereits an anderer Stelle (vgl. die citirten Arbeiten) in der wünschenswerten Ausführlichkeit besprochen worden ist. Diese Nebenfruchtformen sind so charakteristisch, dass sie als entscheidend für die systematische Verwandtschaft angesehen werden müssen. So ist es ganz verfehlt, wenn Jaczewski⁴⁾ Gattungen, die durch eben diese Conidienform so nahe

¹⁾ Selecta fungorum Corpologia III, p. 30—38 (über *H. rufa*, *delicatula* und *H. alutacea*).

²⁾ Ann. d. jard. Buit. l. c.

³⁾ Klebs: „Zur Physiologie der Fortpflanzung einiger Pilze. I. *Sporodinia grandis*“. (Pringsheim's Jahrb. f. wiss. Bot., Bd. XXXII, 1898, p. 1 ff.)

⁴⁾ „Essai de classification des Pyrénomycètes“. (Bull. de la Soc. Myc. de France 1894, p. 48 ff.) Verfasser löst die Hypocreaceen hier ganz auf, wie mir scheint, mit Unrecht; denn wenn dieselben auch zweifellos zahlreiche Uebergangsformen zu den übrigen Pyrenomyceten (Sphaeriaceen) aufweisen, so sind sie doch ebenso sicher untereinander durch ihre Nebenfruchtformen, Färbungen etc. zu eng verbunden, um an beliebigen Stellen zerrissen zu werden.

verwandt sind, wie *Hypocrea* (seine *Dothideaceae*) und *Hypomyces* (*Cucurbitaceae*), systematisch weit trennt¹⁾.

Das Conidienlager nimmt dadurch, dass die Conidienträger befähigt sind, immer wieder reich verästelte, vegetative und fertil abschliessende Seitenzweige zu producieren, [nicht] selten erhebliche Dimensionen an (Fig. 6), nie jedoch derartige, wie sie sich in üppigen Culturen zeigen.

Inzwischen ist das Mycel immer tiefer in den Wirt eingedrungen, hat dessen oberste Schichten resorbiert und an ihre Stelle ein schönes (Fig. 9) Paraplectenchym gesetzt, welches, in der Peripherie von fast sclerotischer Consistenz, nach innen zu in ein weich-knorpeliges Prosoplectenchym übergeht, dessen Elemente in der Richtung von innen nach aussen gestreckt sind. Sie stellen natürlich jüngere Partien dar. Peritheccien werden in reicher Zahl dicht unter der Oberfläche des Stromas, im weichen Prosoplectenchym, dicht nebeneinander angelegt. Ihre Entwicklung wurde nicht näher verfolgt. Zur Zeit ihrer Ausgliederung sind die obersten Sterigmen der Conidien schon abgefallen; ihre Reste lassen die Oberfläche des Stromas rauh erscheinen.

Um der Zunahme der Peritheccien folgen zu können, ist das Stroma auch noch auf späteren Stadien einer Vergrösserung fähig, und zwar liegt die Zone der intercalaren Längsstreckung vorwiegend in den seitlich zwischen den einzelnen Peritheccien befindlichen Partien, welche übrigens nicht immer so breit, wie in Fig. 11 dargestellt, ausgebildet sind, häufiger sogar wesentlich schmaler, so dass die Wandungen der Peritheccien unmittelbar aneinander anzustossen scheinen.

Ein reifes Peritheccium ist in Figur 10 dargestellt. Die Gestalt ist die einer Kugel, doch häufiger einer von den Seiten her zusammengedrückten. Die Form der Wandung und des kurzen Halses ist aus der Figur ersichtlich.

Entgegen den Angaben der meisten Systematiker und übereinstimmend mit denen Ed. Fischers habe ich äusserst feine, einfache, die Ascen überragende Paraphysen (Fig. 10 pa) wahrnehmen können.

Die Paraphysen strahlen, nach oben convergierend, in den Innenraum des Tubulus aus (Fig. 16, pi). Da die Peritheccien so reichlich in der Cultur ejaculierten, benutzte ich das Object, um womöglich über die Function der Paraphysen bei diesem Vorgang ins klare zu kommen. Unschwer lässt sich zunächst feststellen, dass die Sporen successive reifen und auch so entleert werden; endlich habe ich mehrfach reife, entleerte Ascen im Tubulus nachweisen können. Es sprechen diese Be-

¹⁾ Ueber die Conidienbildung bei *Hypomyces* vgl. auch M. Cornu: „Notes sur quelques *Hypomyces*“ in Bull. Soc. Bot. France 1881, II. Ser. Tome III (XXVIII, I.) p. 11 f.

funde für die Zopf'sche Anschauung¹⁾; es hätten danach die Periphysen die wichtige Function, durch Verengerung des Tubulus immer nur wenigen Schläuchen, und immer den längsten und reifsten den Eintritt in denselben zum Zwecke der Entleerung zu gestatten. Daneben werden jedoch die Periphysen zweifellos noch andere Functionen zu erfüllen haben; so 1. einen gewissen Schutz gegen Austrocknung der jungen, in Entwicklung begriffenen Schläuche und Sporen liefern und 2. Fremdkörpern organischer oder anorganischer Natur das Eindringen von Aussen verwehren, eine Leistung, die ihren Verlauf teleologisch gut erklären würde. Ihre Entwicklung erfolgt in derselben Weise, wie bei anderen Pyrenomyceten, also basipetal. (Vgl. meine oben citierte Sphaeriaceen-Arbeit.)

In den Ascen werden durch freie Zellbildung 16 besondere Sporen angelegt, wie durch Jodreaction leicht nachzuweisen. Es steht diese Angabe im Gegensatz zu den irrthümlichen der systematischen Werke, auch der Tulasnes und Brefelds²⁾, wonach nur 8 Sporen vorhanden seien. Dieselben wären zweizellig und trennten sich bei der Reife in ihre 2 Bestandteile. In der That kleben häufig 2, aber auch mehr solcher Sporen kettenförmig aneinander infolge zwischen ihnen befindlicher epiplasmatischer oder gallertiger Membran-Bestandteile, wodurch die erwähnte, irrthümliche Auffassung von der ursprünglichen Zweizelligkeit hervorgerufen wurde. Indessen hat schon Currey³⁾ mit Recht die 16-Sporigkeit der *Hypocrea*-Schläuche hervorgehoben. (Fig. 12.)

Von einer Beschreibung des fertigen Stadiums kann ich absehen, da sich die makroskopisch wahrnehmbaren Details, Grössenverhältnisse etc. schon in den systematischen Werken erwähnt finden. Hinweisen will ich nur noch auf den ausserordentlich starken Gehalt der Paraplectenchymzellen, namentlich in den mehr äusseren Stromapartieen an Glycogen, wie es sich durch die Errera'sche Jodreaction⁴⁾ leicht an der charakteristischen weinroten Färbung nachweisen lässt. Dieser Glycogengehalt steigt mit zunehmendem Alter des Stromas, bis im Reifestadium des Stromas die Zellen mit den amorphen Massen dieses Körpers förmlich vollgepfropft sind. (Fig. 13.) Daneben finden sich kleine Tröpfchen fetten Oels. Die physiologische Bedeutung einer so reichlichen Speicherung dieses als Reservematerial für andere Lebewesen so wertvollen Polysaccharids ist mir im vorliegenden Falle nicht verständlich. Sollte es hier ein nutzloses Endproduct des Stoffwechsels darstellen?

¹⁾ Zopf: „Zur Kenntnis der anatomischen Anpassung der Pilzfrüchte an die Function der Sporenentleerung.“ (Zeitschr. f. Naturw., Halle, 1883, p. 539 ff.)

²⁾ Vgl. dessen Tab. V, Fig. 56, 1 und 2 (loc. cit.).

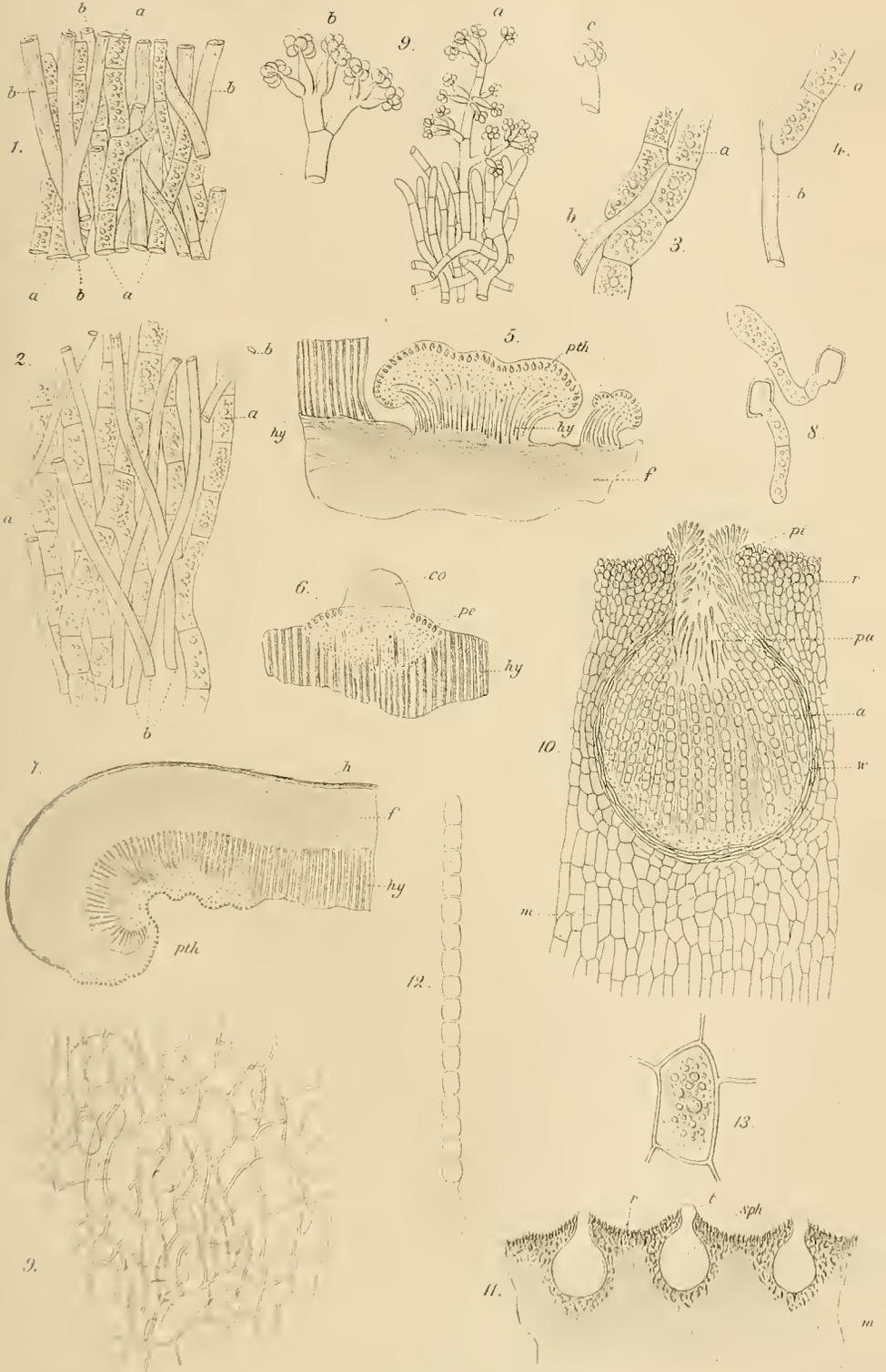
³⁾ Linn. Transaction, vol. XXII; vfr. auch De Bary. „Vergleichende Morphologie etc.“ S. 84.

⁴⁾ L'épilasme des ascomycètes, 1882; ferner in Mém. de l'Acad. Roy. d. Belg. XXXVII, 1885.

Figurenerklärung.

(Benutzt wurden von Zeiss Oc. III und Objectiv F., für Fig. 10 Obj. DD., für Fig. 11 Obj. A., die Fig. 5, 6 und 7 stellen halbschematische Lupenansichten dar.)

- Fig. 1. Schnitt durch das Tramagewebe eines erkrankten *Polyporus igniarius*. b Hyphen desselben, a Hyphen der *Hypocrea*.
- Fig. 2. Ebensolcher durch *Polyporus betulinus*; b Hyphen desselben, a wie in Fig. 1.
- Fig. 3. Hyphe des *P. betulinus* (b), umgeben von 2, sie resorbierenden *Hypocrea*hyphen (a).
- Fig. 4. Vgl. Fig. 3.
- Fig. 5. Halbschematischer Querschnitt durch das Hymenium (hy) eines von *Hypocrea* durchwucherten *Polyporus betulinus*, pth Peritheecien der ersteren, f Fleisch des letzteren.
- Fig. 6. Ebensolcher durch *P. igniarius*, eo Conidienlager. Wie in der vorigen Fig. ist das Gewebe der *Hypocrea* punctiert, pe Peritheecien derselben.
- Fig. 7. Ebensolcher durch *Polyporus betulinus*, h Oberhaut desselben. Es hat sich ein grosses von der Oberseite des Hutes (pth) sich auf die Hymenialseite desselben hin erstreckendes Stroma gebildet.
- Fig. 8. Keimende Ascosporen.
- Fig. 9. Schnitt durch das periphere Paraplectenchym der *Hypocrea*, nach Behandlung mit Chloralhydrat.
- Fig. 10. Schnitt durch ein Peritheecium. w Wandung derselben, a Ascen, pa Paraphysen, pi Periphysen, r Stromarinde.
- Fig. 11. Schnitt durch ein Stroma. r Rinde, sph Sphaerula, t Tubulus der Peritheecien, m Mark.
- Fig. 12. Reifer Ascus mit Sporen.
- Fig. 13. Einzelne Zelle aus den peripherischen Schichten des Stromas.
- Fig. 14. Conidienform; a Stück aus dem Rande des Lagers. b und c Conidiphoren. (Auf der Tafel oben in der Mitte, irrthümlich als 9 bezeichnet.)
-



ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Verhandlungen des Botanischen Vereins Berlin Brandenburg](#)

Jahr/Year: 1900

Band/Volume: [42](#)

Autor(en)/Author(s): Ruhland Wilhelm Otto Eugen

Artikel/Article: [Ueber die Ernährung und Entwicklung eines mycophthoren Pilzes, \(*Hypocrea fungicola* Karst\). 53-65](#)