

U n t e r s u c h u n g e n
über
die Pilze in den Wurzeln der Orchideen.

Von
Albert Mollberg.

Hierzu Tafel XI.

Das Vorkommen von Pilzen in den Wurzeln mancher unserer einheimischen, namentlich saprophytischen Orchideen ist bekannt.

Nachdem Prillieux ¹⁾ und Drude ²⁾ sie bei *Neottia Nidus avis* L. gesehen hatten, erwähnt u. A. Reinke ³⁾ ihr Vorkommen in *Corallorhiza* und *Epipogon*, und Eidam spricht von ihrer allgemeinen Verbreitung in den Wurzeln der verschiedenen Orchideen auf einer Versammlung der Schlesischen Gesellschaft für vaterländische Cultur ⁴⁾.

Da aber die genannten Forscher sich in den erwähnten Schriften andere Aufgaben gestellt hatten, so besprechen sie nur beiläufig das Vorkommen der Mycelien und deren Verbreitung in den betreffenden Wurzeln. Weil somit eine genauere Untersuchung des angeführten Gegenstandes noch nicht vorgenommen worden war, so stellte ich mir die Aufgabe, die Verbreitung der Mycelien und ihre Beziehungen zu den Nährpflanzen eingehender zu untersuchen. Die Umgebung von Jena bot mir in reicher Menge das geeignete Untersuchungsmaterial.

¹⁾ Annales des sciences naturelles 1856.

²⁾ Biologie von *Monotropa Hypopitys* L. und *Neottia Nidus avis* L. Göttingen 1873.

³⁾ Flora 1873 pag. 145.

⁴⁾ Aus dem Jahresbericht der botanischen Section der Schlesischen Gesellschaft für vaterländische Cultur pro 1879, pag. 5.

I. Verbreitung der Pilzmycelien in den Wurzeln und Rhizomen der Orchideen.

Lenken wir unsern Blick zunächst auf die Pflanze, in deren Wurzeln die Pilzfäden zuerst gesehen wurden von Prillieux, dann auch wieder von Drude, auf *Neottia Nidus avis* L. Meine Beobachtungen bestätigen zunächst die der beiden Autoren darin, dass der Pilz sich nicht in der Epidermis und den zwei darauffolgenden Schichten des zarten parenchymatischen Grundgewebes anhält, sondern in der dritten, vierten und den weiter nach innen hin folgenden Schichten.

Die innersten beiden, das Gefässbündel umgebenden Zellenlagen aber, sowie dieses selbst, sind wieder pilzfrei; auch ist richtig, dass die Hyphen sowohl in den Zellen, die Schleimklumpen enthalten, auftreten, als auch in solchen, die frei von diesen sind. Das letztere würde gelten für die dritte und vierte Schicht von der Epidermis aus gezählt und eben für dieselben, von dem Plerom aus gerechnet.

Bemerkenswerth ist ferner, dass gerade solche Zellen, die frei sind von Schleim, viel reichlicher mit Mycelien erfüllt sind als jene mit Schleimballen und dass meist in den letzteren die Hyphen dünner, nicht so kräftig sind.

Die erwähnte Gleichmässigkeit in der Verbreitung ist jedoch nicht ohne Ausnahmen; die Hyphen kommen, wenn auch selten, in der Epidermis und den dicht darunterliegenden Schichten, sowie in der unmittelbaren Umgebung des Pleroms ebenfalls vor. Auf dem Querschnitt einer Wurzel von *Neottia* hat man also im Allgemeinen ein regelmässiges Bild: im Innern das Gefässbündel und um dasselbe herum zwei bis drei kleinzellige Lagen, die pilzfrei sind; nun folgt gleichsam ein Kranz von mycelführenden Zellen, von denen wieder die inneren Schleimkügeln und Pilz, die äusseren dagegen nur den Schmarotzer enthalten; endlich kommen nach aussen noch zwei bis drei pilzfreie Schichten und die Epidermis. Eine analoge Verteilung findet sich auch im Rhizom und dem untersten Teile des Stengels, wo der Pilz ebenfalls vorkommt. Bezüglich des Stengels ist noch hervorzuheben, dass in ihm das Mycelium bis an den Insertionspunkt der obersten Wurzel reicht, während es höher oben oder in dem Basalteil der Scheidenblätter niemals anzutreffen ist. Die Wurzeln werden nun nicht von ihrem Grunde aus bis zum Scheitel vom Mycel bewohnt,

sondern die ersten sechs bis zehn Zelllagen vom Vegetationspunkte aus sind, wie schon *Drude* angiebt, pilzfrei. Schon äusserlich giebt sich die Grenze an der Färbung der Wurzel zu erkennen, die am Scheitel viel heller und durchsichtiger ist. Mitte Mai, zur Zeit, wo *Neottia* in voller Blüte stand, war die Knospe, welche im nächsten Jahre zur Blüte gelangt, bereits angelegt; der Pilz hatte sich auch schon für das künftige Jahr versorgt, indem er bereits aus dem diesjährigen Stengel in die unterste Partie der jungen Knospe hinübergewachsen war. Bei der nachherigen Anlegung neuer Wurzeln trat er in diese selbst mit ein.

Von *Corallorhiza innata* R. Br. sagt *Reinke* bezüglich der Verbreitung des Schmarotzers: „Was den Inhalt der Rindenzellen anbetrifft, abgesehen von dem normalen Protoplasmakörper, so lassen sich hauptsächlich drei Regionen unterscheiden: eine innere, welche vorwiegend kleine, rundliche, meist zu sternförmigen Ballen gruppierte Stärkekörner enthält, eine mittlere deren Zellen mit gelblichem, undurchsichtigen Schleime erfüllt sind, endlich eine äussere, aus mehreren, der Epidermis zunächst liegenden Schichten bestehend, in welcher sich wie in der inneren Region, wieder Stärkekörner in Menge ablagern. Ausserdem finden sich in diesen äussersten Zelllagen, sowie in den äusseren Schichten der Schleimzellenregion die erwähnten Pilzmycelien.“ Ich füge dem hinzu, dass von den Schleimzellen es nicht nur die äusseren sind, die die Mycelien führen, sondern überhaupt alle; freilich sind die inneren nicht mehr so stark besucht wie jene, ähnlich wie auch die ersten Zellen von aussen her nicht so prall erfüllt sind, wie die inneren, so dass die mittlere Region des Rindengewebes diejenige ist, in der sich der Schmarotzer vorzugsweise aufhält. In der Längsrichtung dringt dieser vor bis gegen die Spitze des Rhizoms nur wenige der vordersten Lagen verschonend.

In den sich aufrichtenden Sprossen findet man das Mycelium nicht nur bis zu der Stelle, wo das Rhizom aus der horizontalen Lage in die vertikale umbiegt, sondern noch ungefähr 1 cm weiter hinauf, bis über den Ort, wo sich das Rhizom zum letzten Male verzweigte, also bis in den Blütenstengel hinein.

An dieser Stelle findet sich in den Zellen aber nur noch höchst selten Schleim, sondern ausser dem gewöhnlichen protoplasmatischen Inhalte bloss der Pilz.

Orchis pallens L.

Die Untersuchungen wurden im Mai vorgenommen, zu einer Zeit, wo die Knolle der im nächsten Jahre blühenden Pflanze ihre definitive Grösse schon erreicht hatte. Alle Wurzeln über der Knolle an der Basis des Stengels waren noch völlig gesund und frisch. Die auf die zartwandige Epidermis folgenden 2—4 Schichten führen Stärke, in den weiter nach innen liegenden finden wir Hyphen und Schleim in der Verteilung, dass die äusseren Zellen nur Mycel zeigen, während weiter nach innen hin ausserdem noch Schleim auftritt, allmähig immer grössere Klumpen bildend. Die Schleimansammlung ist aber bei dieser Pflanze lange nicht so stark als z. B. bei *Corallorhiza*; die Ballen nehmen verhältnismässig nur einen kleinen Teil der Zelle ein, während der weit grössere von den Pilzfäden erfüllt ist. Die der Mitte näher gelegenen zwei bis vier Schichten, deren Zellen nach innen hin immer kleiner werden, sind frei von Schleim und Pilz, ebenso wie der Centralstrang selber, führen aber viel Stärke. Da der Pilz die Wurzel ringsum gleichmässig bewohnt, so bildet das von ihm infizierte Gewebe einen Cylindermantel, der aussen und innen von einigen pilzfreien Schichten umgeben ist. Was die äussersten Zelllagen des Rindenparenchyms betrifft, so werden sie nur dann vom Pilze aufgesucht, wenn an der betreffenden Stelle eine Epidermiszelle zu einem Wurzelhärchen ausgewachsen ist. Wir sehen nämlich in solchen Fällen das Haar von einem oder auch mehreren Pilzschläuchen durchzogen, welche dessen Spitze durchwachsen und so nach Aussen gelangen. Die Pilzfäden verästeln sich in dem Haar selten, auch kaum in der Epidermiszelle, dann aber immer mehr, je tiefer wir in das Wurzelgewebe eindringen. — In der Längsrichtung der Wurzel geht der Pilz nicht bis an den Vegetationspunkt, sondern lässt die sechs bis acht hinter diesem gelegenen Zellschichten frei.

Wir haben hier also ein ähnliches Verhalten, wie es *Drude* bei *Neottia* fand.

Vertikal steigen die Pilzfäden im Stengel auf bis an die Stelle, wo die oberste Wurzel inserirt ist und abwärts bis an den Austrittspunkt der untersten. Das noch übrigbleibende Basalstück des Stengels bis zur Knolle ist pilzfrei und ebenso die Knolle selbst. Auch ist der Schmarotzer nicht in der neuangelegten

Knolle, sowie in dem Verbindungsstück dieser mit dem diesjährigen, Blüten tragenden Stengel aufzufinden.

Orchis militaris L. *Orchis maculata* L.

Das Vorkommen der Pilze in Wurzel und Stengel und ihre Ausbreitung in der Längsrichtung, das Nichtvorhandensein in den Knollen, seine Beziehungen zu dem Schleim und den Wurzelhaaren sind übereinstimmend mit dem, was wir für *O. pallens* gefunden haben.

Goodyera repens R. Br.

Dieses zarte Pflänzchen beherbergt in dem lang gestreckten Rhizom und in den Wurzeln ebenfalls Pilzfäden und zwar treten dieselben in noch grösserer Menge als bei den besprochenen Formen auf. Die zarten Epidermiszellen sind zum grössten Teil zu langen Haaren ausgewachsen, wodurch das Wurzelsystem eine bedeutende Flächenausbreitung gewinnt. In manchen der Haare finden wir die Pilzfäden. Unterhalb der Epidermisschicht bleiben hier nicht drei bis vier Zelllagen pilzfrei, wie es bei den bisher besprochenen Pflanzen doch meist der Fall war, sondern fast durchgängig treten schon in der zweiten Schicht die Mycelien auf, zu äusserst wiederum in schleimlosen Zellen, welche aber durchaus erfüllt sind und dann in solchen, die Schleim führen. Es bleiben hier auch ebensoviel Schichten in der Umgebung des Centralstranges verschont. Ausser im Rhizome und den Wurzeln, deren Vegetationspunkt verschont bleibt, kommt der Pilz auch in dem Stengel vor und zwar bis zu der Höhe, von wo ab sich Chlorophyllkörner vorfinden. Diese Strecke beträgt jedoch kaum 1 cm; die Chlorophyllbildung kann hier desswegen so tief unten schon beginnen, weil der Stengel sich nicht aus dem Erdboden, sondern aus der Moosdecke erhebt, welche den Lichtzutritt noch bis zu einiger Tiefe gestattet.

Die nunmehr zu beschreibenden Pflanzen sind bezüglich der Verbreitung der Mycelien in ihren unterirdischen Teilen wesentlich von den bisher besprochenen verschieden. Die Ausbreitung ist zwar auf dem Querschnitt im Grossen und Ganzen noch dieselbe, nicht aber in der Richtung der Längsaxe der Wurzel. Der Pilz erreicht nicht mehr das Rhizom, beziehungsweise den Stengel, sondern verschwindet im Basalteile der Wurzel, in einiger Entfernung von deren Ansatzstelle.

Platanthera bifolia Rehb. **Platanthera chlorantha** Custer.

Bei diesen beiden Pflanzen ist die Schleimbildung eine geringe, die Mehrzahl der Zellen ist frei davon. Die langgestreckte Knolle ist frei von Hyphen, wohl aber finden sich welche in dem unteren verjüngten Teil, und zwar von der Epidermis nach der Axe zu sind es dieselben Schichten, die infiziert sind, wie sie oben bei den Wurzeln verzeichnet wurden; auch reicht das Mycel in diesem dünnen Knollenteile nicht bis an die Haube. In der Wurzel selbst geht es nicht ganz bis zur Basis, eine Strecke von ungefähr 1 mm bleibt unbewohnt.

Gymnadenia conopsea R. Br.

Diese Pflanze ist desswegen neben *Platanthera* zu stellen, weil sie in der eigentlichen Knolle Pilzfäden nicht beherbergt, wohl aber in ihren fingerförmig sich abgliedernden unteren Enden und zwar von der Region an, wo die Spaltung erfolgte, bis zu etwa 1 cm. von dem Vegetationspunkte. —

Orchis coriophora L., *O. fusca*, Jacq., *O. sambucina* L., *Himantoglossum hircinum* Spr., *Ophrys muscifera* Huds., *Cephalanthera rubra*. Rich., *Serapias franco-gallica* zeichnen sich alle dadurch aus, dass sie Mycelien nur in den Wurzeln führen, nicht in Stengel und Knolle.

Dieselben verbreiten sich wiederum in den mittleren Schichten zwischen Epidermis und Gefässbündelstrang, kommen mit und ohne Schleim vor und sind ausserdem in den Haaren anzutreffen.

Epipactis rubiginosa Gaud., **E. palustris** Crntz., **E. latifolia** All.,
Cypripedium Calceolus L., **Listera ovata** R. Br.

Diese Arten besitzen ein hartes Rhizom, von dem eine Menge langer Wurzeln ausgehen, die mit grosser Festigkeit an ihm befestigt sind. Die Wurzeln selbst sind ausgezeichnet durch ihre stark verdickten und verholzten Zellwände. Der Querschnitt zeigt bei allen eine bedeutend verdickte Epidermis, ferner ein Grundgewebe aus verhältnismässig dickwandigen Elementen und zu innerst einen Strang von kleinlumigen Zellen mit starken Wänden. Viele und grosse Holzgruppen verleihen dem centralen Strang grosse Festigkeit. Dieses ganze Wurzelgewebe muss dem Pilze einen bedeutenden Widerstand leisten, und sein spärliches Auftreten beweist es auch. Die meisten Wurzeln des Rhizoms, man

kann schätzen $\frac{2}{3}$ von der Gesamtzahl, sind pilzfrei, ja selbst ganze Individuen finden sich, die ohne Schmarotzer sind. Die Ausbreitung des Pilzes in den befallenen Wurzeln ist eine ähnliche wie die oben beschriebene, nur ist die Zahl der befallenen Schichten eine geringere und die Ausbreitung des Parasiten keine so gleichmässige, so dass der Cylindermantel oft kein vollständiger ist. Dass höchst wahrscheinlich die dicken, verholzten Zellwände der grösseren Ausbreitung der Hyphen eine Schranke entgegenzusetzen, ist auch ersichtlich an dem weiteren Zurückbleiben der Mycelfäden von der Basis der Wurzel, woselbst die Verdickung noch bedeutender ist. Die Verhältnisse bezüglich der Schleimbildung sind ähnliche, wie die oben geschilderten. —

Nachdem wir in den genannten einheimischen Arten und bei den einzelnen Arten wieder in allen ausgewachsenen Exemplaren Pilzmycelien gefunden hatten, war die Frage naheliegend, ob die exotischen Formen auch Mycelien enthalten. Die beobachteten ausländischen Arten, aus den hiesigen Gewächshäusern entnommen, waren sammt und sonders von Pilzen bewohnt. Im Folgenden mögen die betrachteten Fälle etwas näher beschrieben werden.

Dendrobium speciosum Smth.

Das Mycel findet sich in den äusseren Lagen meist ohne, in den mittleren mit jenen gelben, bereits besprochenen Schleimmassen. Hier ist das Mycel freilich nicht so regelmässig verbreitet wie bei unsern einheimischen Arten, es bilden die infizierten Zellen keinen geschlossenen Cylindermantel. Es ist vielmehr so, dass ganze Stellen pilzfrei bleiben, dass z. B. auf dem Querschnitt zwei oder drei aneinandergrenzende Zellen bewohnt sind und die Nachbarzellen wieder nicht. Auch sieht man hier nicht, dass die mittlere Region des Grundgewebes reicher vom Mycelium befallen wäre, als die äussere und innere, wie wir es bisher bei anderen Orchideen gefunden haben.

Seine unregelmässige Verteilung sowohl, als das spärlichere Auftreten überhaupt stehen wahrscheinlich im Zusammenhange mit dem Bau der Wurzeln, deren Grundgewebe aus sehr dickwandigen, verholzten Zellen besteht. Die Wurzelspitze ist frei vom Mycel, während dasselbe nach der anderen Seite das Grundgewebe des Rhizoms bewohnt. Auch in der Wurzelhülle ist es hin und wieder anzutreffen, und zwar verlaufen die Fäden, ohne sich zu verzweigen, quer durch das Velamen hindurch.

Ausser *Dendrobium*wurzeln untersuchte ich *Coelogyne cristata* Lindl., *Oncidium sphacelatum* H. Cracov., *Maxillaria pallidiflora* Hook., *Maxillaria squalens* Hook., *Vanda Roxburghii* R. Br., *Vanda furva* Lindl., *Zygopetalum intermedium* Hook., *Cattleya crispa* Lindl., *Rodriguezia planifolia* Lindl., *Eria stellata* Lindl., *Stanhopea saccata* Bat., *Stanhopea Wardii* Lood., *Epidendrum ciliare* L., *Brassia Wagnerii* Rehb. und einige unbestimmte Arten von *Cymbidium* u. *Anguloa*.

Die Luftwurzeln aller dieser Arten enthalten Hyphen, deren Verbreitung eine ähnliche ist, wie bei *Dendrobium speciosum*. Dieselben führen jedoch zum Teil die Mycelien nur so weit, als sie in der Erde oder überhaupt in dem aus Moos, Kohlen u. s. w. zusammengesetzten Bodenmaterial stecken. Untersuchungen an Herbarmaterial oder besser noch in der Heimat dieser Pflanzen müssen über die hier bloss angedeuteten Verhältnisse mehr Auskunft geben.

II. Beschaffenheit der Pilzfäden.

Da es mir, ebenso wie Eidam, nicht gelingen wollte, in Nährlösungen die Fructificationsorgane der Pilze zu erhalten, so war an eine Bestimmung derselben nicht zu denken.

Nach der Structur der Hyphen müssen wir annehmen, dass es verschiedene Pilzarten sind, welche in unsern Orchideen vorkommen. Sehr verschieden von allen anderen sind die Mycelien in den Rhizomen von *Corallorhiza innata* Hall.

Durch die charakteristischen Schnallenbildungen erweisen sie sich als zu einem Basidiomyceten gehörig.

Bei den übrigen Arten fehlen die Schnallenbildungen; die Hyphen sind farblose, quer gegliederte, ziemlich dicke Schläuche von gleichbleibendem Durchmesser, mit einigen weiter unten zu besprechenden Ausnahmen. Neben diesen derberen Hyphen fand ich — manchmal auch allein für sich — in verschiedenen Orchideen (*Gymnadenia*, *Cypripedium*, *Listera*) viel zartere Fäden, die sich im übrigen in Bezug auf Verästelung und Verbreitung den gröbereren ähnlich verhielten. — In einigen Fällen fand ich bei *Platanthera bifolia* Rehb. und *Epipactis latifolia* All. lokale Anschwellungen der Hyphen. Es waren intercalare und auch terminale knopfförmige, aber auch lange keulige Auftreibungen, die auf den ersten Blick wie beginnende Sporenbildungen aussahen. Diese Gebilde traten auch kettenförmig hintereinander auf, waren

reicher an Protoplasma als der Fadenteil und besaßen grosse Vakuolen. In der Kultur wuchsen sie wieder zu gewöhnlichen Fäden aus, ohne sich zu Reproductionsorganen auszubilden. — Auch in und an den abgestorbenen Wurzeln fand ich niemals irgend welche Fruktifikationsorgane.

III. Die Pilzfäden und ihr Verhalten zu Zellwand und Zellinhalt.

Das Aussehen der infizierten Zellen ist durch den Parasiten nicht wesentlich verändert. Auch dem Wachstum der Zellen in der vorderen Gegend der Wurzel, wo der Pilz zu einer Zeit auftritt, wo die Zellen noch lange nicht die definitive Grösse erreicht haben, ist der Parasit nicht im mindesten hinderlich gewesen: Längen- und Dickenwachstum der Wände, sowie deren specifischen Verdickungen bei den verschiedenen Arten sind keineswegs abnorme geworden. Der Zellkern und der Protoplasmakörper haben keinerlei sichtbare Störung erfahren.

Der Kern ist z. B. bei *Platanthera*, *Gymnadenia*, den Orchisarten u. a. ausserordentlich gross, zeigt deutliche Contour und Kernkörperchen, sammt Vakuolen. Er wird von den Mycelfäden niemals durchwachsen, zeigt überhaupt keinerlei Beziehung zur Wachstumsrichtung der eindringenden Fäden, so dass diese in dem einen Falle direkt auf ihn loswachsen, sich an ihm anlegen und ihm zum Teil umgürten, während sie in dem andern die Zelle fast schon erfüllen, sich verzweigen und viel später erst mit dem Kerne in Berührung kommen.

Wenn wir vom vorwärts dringenden Ende des Fadens aus zurückgehen bis dahin, wo sich durch reichliche Sprossungen das Hyphengeflecht bedeutend vermehrt hat, so sehen wir dasselbe die Zellen ganz erfüllen und oft ist eben blos der Pilz oder dieser mit Schleim zu sehen, nicht aber Kern, Protoplasma, Stärke u. s. w.

Färbt man jedoch diese Schnitte mit geeigneten Reagentien, so sieht man den Kern ganz deutlich zwischen dem Wirwar der Fäden hindurch und bemerkt, dass derselbe weder Gestalt, noch Grösse verändert hat. In solchen vom Mycel ganz ausgefüllten Zellen lässt sich die Untersuchung des Protoplasmas freilich schwer vornehmen, wählt man aber Zellen, deren Lumina etwa nur zu $\frac{3}{4}$ vom Pilz eingenommen sind, so lässt sich die Beobachtung schon ausführen. — Mehrfach liess ich bei dicken Schnitten von *Platan-*

thera, *Gymnadenia*, *Corallorhiza* u. a. verdünnten Alkohol oder Zuckerwasser einwirken, wodurch ein Zusammenziehen des Protoplasmas nachzuweisen war.

Interessanter erwies sich die Sache bei solchen Zellen von *Orchis fusca* Jacq., *O. pallens* L. u. a., die in ihrer Mitte einen Schleimklumpen besaßen, zu dem von den Seiten her die Fäden liefen und ihn zum Teil auch noch umschlangen.

Hier liess sich durch Anwendung von Zuckerwasser ein Abheben des Plasma vom Schleimklumpen herbeiführen und nach Entfernung desselben wieder aufheben.

Es erhellt hieraus, dass der Protoplasmakörper nicht durch den Schmarotzer getötet wird. —

Wenden wir noch einen Blick auf das Verhalten der Pilzfäden zur Zellwand. Es wurde bereits hervorgehoben, dass in den stark verdickten Wurzelzellen von *Epipactis*, *Cypripedium* etc. dieselben wahrscheinlich ein nicht unbedeutendes Hindernis für das Fortwachsen finden.

In der Mehrzahl der Fälle dagegen, z. B. bei *Platanthera*, *Orchis*, *Ophyris*, *Gymnadenia* etc. ist für die Hyphen die Durchbohrung eine leichte Arbeit. Darum auch ihre reichliche Verbreitung in solchen Pflanzen und darum die bestimmte Art des Weiterwachsens. Die Spitze des Fadens hat schon die zweite, dritte neue Zelle erreicht, ehe die erste Verästelung stattgefunden hat.

Das Fortwachsen geschieht nun nach Längs- und Querrichtung gleichmässig, so dass das ganze umliegende Gewebe gleichzeitig durchwuchert wird.

Der durchwachsende Faden trifft mit seiner Spitze mitten auf die Zellwand auf. Bei der Durchbohrung selbst verdünnt er sich in manchen Fällen ein wenig und schwillt hinter und vor der Durchgangsstelle etwas an, nicht aber plötzlich und knopfförmig, sondern ganz allmählig. Meist aber unterbleibt die Gestaltsveränderung.

Mit Chlorzinkjod behandelt färbte sich die Zellmembran schön violett, wobei sich die Pilzfäden deutlich abhoben.

Der Rand des durchbohrten Loches ist ganz glatt, keinerlei Erhebungen oder Aufstülpungen sind zu sehen, so dass man annehmen darf, dass die Membran an der Durchschnitstelle von dem Pilze aufgelöst worden ist.

Ganz anders und in höchst interessanter Weise gestaltet sich das Verhalten des Pilzes zur Zellwand bei *Epidendrum viscidum*

und *Cephalanthera grandiflora* Babgut. Die Zellen führen (Fig. C) in der Mitte einen Ballen, von welchem Fäden ausstrahlen. Diese letzteren sind hier sehr breit, breiter als in allen den bisher betrachteten Fällen und zeigen auch nicht die schmutzige Farbe des Mycels; sie sind strohgelb gefärbt, wie die centralen Ballen selbst.

Die Structureigentümlichkeiten treten am deutlichsten hervor nach der Wurzelspitze hin, in den Regionen, die der Pilz erst spärlich bewohnt. Da zieht sich manchmal nur ein einziger sehr breiter, hellgelber Faden durch die Zelle.

Der centrale Ballen ist nicht von Fäden umspinnen, von ihm aus gehen vielmehr die wenigen Fäden wie straffgezogene Bänder nach den Zellenwänden und, nachdem diese durchbrochen sind, wieder nach dem Klumpen der Nachbarzelle. Das sonstige Aussehen der Zellen bietet nichts Besonderes. Kern, Stärke, Oeltröpfchen, Raphiden etc. bieten das gewöhnliche Aussehen. Ebenso zeigt die Ausbreitung des Pilzes in der Wurzel nichts Auffallendes: er findet sich in den mittleren Zellenlagen zwischen Epidermis und Centralstrang. Die auffällige Breite der zwischen Zellwand und Schleimklumpen ausgespannten Bänder, sowie auch ihre Farbe, besonders aber ihr Verlauf, der nicht ein Winden und Hin- und Herschlingeln war, wie in all den betrachteten Fällen, liessen mir in ihnen etwas anderes vermuten als blosse Mycelfäden; dazu kam noch, dass ich bei stärkerer Vergrösserung in den Bändern helle schmutzigweise Streifen der Länge nach verlaufen sah (Fig. A).

Durch Behandlung mit concentrirter Schwefelsäure verschwanden mit den Zellulosewänden sofort auch die Bänder, sowie auch der äussere Teil der oben erwähnten Ballen.

Um den Vorgang besser beobachten zu können, legte ich die Schnitte in verdünnte Schwefelsäure und nun konnte ich deutlich sehen, wie Zellwände und Bänder sich allmählig auflösten. Aber der oben schon genannte helle Streifen inmitten eines jeden Bandes blieb als ein dünner Faden zurück, aber nicht mehr gespannt, sondern hin- und hergebogen. Zugleich beobachtete ich, wie von dem centralen Ballen eine peripherische Masse sich abhob und allmählig auflöste. Zugleich verlor der übrig gebliebene mittlere Teil seine helle Farbe und erhielt ein körniges Aussehen.

In demselben konnten nunmehr, nach Behandlung mit geeigneten Reagentien, die hin und her gewundenen Hyphen gesehen werden, welche mit den quer durch das Lumen verlaufenden Fäden im Zusammenhang waren.

Die um die letzteren, sowie um den centralen Teil des Ballens gelegenen Hüllen bestehen aus Cellulose. Es ist also der Pilz umgeben von einer eigentümlichen Cellulosehülle, die um den von Hyphen durchwucherten Schleimballen eine Kapsel bildet, welche mit den Scheiden der ausstrahlenden Fäden ein zusammenhängendes Ganzes darstellt. Aehnliche Cellulosescheiden um in Zellen eingedrungene Pilzfäden sind schon mehrfach beobachtet worden, so in neuerer Zeit von Leitgeb¹⁾ um die Fäden von *Completozia complens*, die in den Zellen der Farrenprothallien wuchern und von Wolff²⁾ um die Hyphen der Brandpilze in unseren Getreidepflanzen. Letzterer Forscher giebt über die Entstehung solcher Scheiden an (pag. 20): „Es tritt hierbei der eigentümliche Umstand ein, dass der Faden, sobald seine Spitze in das Innere der Zelle tritt, nicht frei in dieses hineinwächst, sondern von den inneren Schichten der Zellwand, welche sich gleichsam ausstülpen, wie in eine Scheide von bald grösserer, bald geringerer, oft sehr beträchtlicher Stärke eingeschlossen wird und in dieser bis zur nächsten Zellwand weiter wächst.“ Diese Entstehungsweise der Cellulosescheiden scheint mir für unsere Fälle durchaus unwahrscheinlich, doch konnte ich keinen Aufschluss gewinnen, weil in allen untersuchten Fällen mir bloss fertige Zustände vorlagen.

Es ist schwer, den Verlauf des Fadens in dem Klumpen zu beobachten, weil der Schleim völlig undurchsichtig und ausserdem gegen alle Reagentien ausserordentlich resistent ist. Nach langem Kochen in Wasser war zu sehen, dass die Pilzfäden nicht direkt durch die Ballen gehen, sondern sich in ihnen erst hin und herwinden. Dasselbe Verhalten zeigte sich überhaupt in dem Schleim aller Orchideenwurzelzellen.

In dem Vorhergehenden ist gezeigt worden, dass mit wenigen Ausnahmen alle ausgewaschenen Orchideen von Pilzfäden durchwuchert sind. Die Verschiedenheiten des Standortes der Nährpflanzen bringen keine Abänderung hervor. Pflanzen, die an der Sommer- und andere wieder, die an der Winterseite der Berge stehen, solche aus Nadelholz und solche aus Laubwäldern, Orchisarten von feuchten Wiesen, *Epipactis latifolia* All. von den trockensten Bergriffen, alle beherbergen Pilzmycelien.

1) Leitgeb, *Completozia complens* Lohde, in Farrenprothallien.

2) Wolff, Der Brand des Getreides, seine Ursachen und Verhütung. Halle 1874.

Eine schon von anderer Seite angeregte Frage ist die nach dem Verhalten der Pilzfäden zu den Schleimmassen, die wir in den Wurzeln antreffen. Es ist zunächst hervorzuheben, dass im allgemeinen die Mycelien diejenigen Zellen durchwachsen, welche mit Schleimballen versehen sind. Dass aber diese Schleimbildung nicht durch die Pilzfäden verursacht wird, geht schon daraus hervor, dass manche mit reichlichem Schleim versehenen Organe, wie die Orchideenknollen, mit Ausnahme ihrer verjüngten Teile, vollständig pilzfrei sind. Uebrigens sehen wir bei jedem Exemplare die äussere und die innere Lage des befallenen Hohlzylinders ohne jede Spur von Schleim, trotzdem ihre Zellen prall von Hyphen erfüllt sind.

IV. Einwanderung und Ausbreitung der Mycelien.

Die Einwanderung der Pilzfäden in neu angelegten Wurzeln gestaltet sich am einfachsten bei denjenigen Orchideen, die auch im Rhizom oder Stengel den Schmarotzer beherbergen: *Goodyera repens* R. Br., *Orchis militaris* L., *O. mascula* L., *O. pallens* L., *Neottia Nidus avis* L. Die neuen Wurzeln bekommen hier den Pilz gleich vom Rhizom, beziehungsweise Stengel aus mit. Die Einwanderung erfolgt aber nicht gleich bei der ersten Anlage der Wurzel, sondern erst, nachdem sie mit Haube und Vegetationspunkt aus dem Mutterorgan hinausgerückt ist.

Diese Zellen der Wurzelhaube und die in der Nähe des Vegetationspunktes bleiben also pilzfrei.

Wir haben weiter oben gesehen, dass auch in älteren Wurzeln diese Teile von Pilzen verschont bleiben.

Nicht so leicht wie in den besprochenen Fällen können die Pilze in die neuangelegten Wurzeln gelangen bei denjenigen Orchideen, deren Wurzelbasen pilzfrei sind. Hier müssen die Hyphen in jede Wurzel aus dem umgebenden Erdboden besonders eindringen.

Durch folgende Versuche gelang mir der Nachweis, dass die Mycelien wirklich von aussen in die neuen Wurzeln eindringen. Hierzu wurden im Monat Juli ausgegrabene Knollen von *Platanthera bifolia* Rchb. verwendet. Bei dieser Orchidee hatte die Knolle für die nächstjährige Pflanze ihre definitive Grösse schon fast erreicht und über ihr befanden sich neue Wurzeln in der Länge von 3—6 cm. Die wenigsten von ihnen zeigten eine dunklere Färbung, sie waren schon von Pilzen besucht, die anderen

waren hell, fast durchscheinend und zahlreiche Durchsuchungen erwiesen, dass sie noch nicht infiziert waren. Die jungen Knollen brachte ich nun unter eine Glasglocke und belegte die pilzf freien Wurzeln, sowie die verjüngten Knollenteile von *Platanthera bifolia* Rchb. und *Gymnadenia conopsea* R. Br. mit Stücken von Wurzeln derselben Pflanzen, die reichlich erfüllt waren von dicken lebensfrischen Pilzschläuchen. Nach 4—5 Tagen wurde die Untersuchung jener belegten Stellen vorgenommen und es zeigte sich, dass die Infektion in einzelnen Fällen wirklich gelungen war. In den äusseren Zellen der Wurzeln fand sich das noch wenig verästelte Mycelium, das aber, wahrscheinlich der ungünstigen Bedingungen halber, sich nicht weiter ausbreitete.

Keimpflanzen sind häufig pilzfrei.

Die hier mitzuteilenden Untersuchungen wurden an im Mai und Juni ausgegrabenen Pflänzchen angestellt. Die Species konnte nicht immer mit Sicherheit erkannt werden. Ein nicht bestimmbares Keimpflänzchen, das nur ein kleines Laubblatt und eine Wurzel trug und dessen Knolle erst in Gestalt einer geringen Anschwellung vorhanden war, zeigte sich in allen Teilen pilzfrei.

Ein anderes, wahrscheinlich von *O. militaris* L., besass zwei Laubblätter, ein Knöllchen von 1 cm. Länge und $\frac{3}{4}$ cm. Breite und drei circa 1 cm. lange Würzelchen. Der Pilz war sowohl im Stengel, als auch in den Wurzeln zu finden.

Von *Platanthera bifolia* Rchb. untersuchte ich ein Keimpflänzchen von derselben Grösse wie das ersterwähnte, dann eins mit schon deutlicher Knolle und 2 cm. langen Wurzeln, und beide waren noch nicht infiziert. Eins dagegen mit eben nicht grösseren Wurzeln war vom Pilz befallen. Dieser trat etwa 2 cm. hinter dem Vegetationspunkte der Wurzel auf, und zwar liessen sich die unverästelten Fäden durch die Epidermis und die darunter liegenden Schichten hindurch verfolgen; in der dritten Zellenlage hatten sich einige Verzweigungen gebildet, doch waren die Zellen noch lange nicht erfüllt. In der Längsrichtung der Wurzel hatte der Pilz erst wenige Zellen durchwachsen und ebenso hatte er den Weg seitlich um die Wurzel herum noch nicht zurückgelegt.

Eine bestimmte Wachstumsrichtung lag nicht vor, man sah die Fäden sowohl nach dem Vegetationspunkte zu, als in entgegengesetzter Richtung wachsen.

Bei den Keimpflänzchen von *Platanthera bifolia* Rchb., deren Knöllchen unten auch schon verjüngt waren, zeigte sich der Pilz in diesem unteren Teile ebenfalls, nie aber in der eigentlichen

Knolle selbst. Die Eintrittsstelle befand sich ziemlich hoch oben und es wuchsen von dort aus die Fäden nach allen Richtungen hin gleichmässig. Nun fanden sich auch Pflänzchen von derselben Grösse, ja auch solche von höherem Alter und mit längeren Wurzeln, die den Pilz noch nicht in sich bargen.

Es hängt also dessen Einwanderung nicht ab von der Grösse oder dem Alter des Wirtes, sondern davon, ob das Pflänzchen gerade zufällig an einer Stelle im Erdboden steht, wo der Pilz sich vorfindet.

In solchen Pflanzen, in denen die Pilzfäden ausser in der Wurzel auch in Rhizom und Stengel vorkommen, wird der Parasit wohl nur an einer oder wenigen Stellen einwandern, um von dort aus sich in allen Teilen des Wurzelsystems zu verbreiten. So erklärt es sich, dass ich von *Corallorhiza*, *Neottia*, *Goodyera*, *Ophrys* etc. kein einziges pilzfreies Exemplar, ja bei nicht zu jungen Pflanzen, keine Wurzel fand, die nicht infiziert gewesen wäre.

Trotz vielfacher Untersuchungen ist es mir nie gelungen, bei den knollentragenden Arten von *Ophrys*, *Orchis*, *Platanthera*, *Gynadenia*, *Serapias* ein Hinüberwachsen des Pilzes aus dem basalen Teile des diesjährigen Stengels in die aus letzterem hervorsprossende Knospe und Knolle zu beobachten.

V. Parasiten in den Wurzeln einiger anderer Monocotylen.

Die allgemeine Verbreitung von Pilzmycelien in den Wurzeln aller unserer Orchideen veranlasste mich nachzuforschen, ob nicht auch andere, an denselben Standorten vegetirende Pflanzen analoge Erscheinungen aufweisen. Ich nahm deshalb von meinen Exkursionen solche Pflanzen zur Untersuchung mit, die in unmittelbarer Nachbarschaft von Orchideen standen.

Unter den zahlreichen untersuchten Pflanzen fanden sich nur wenige, welche in ihren Wurzeln ebenfalls Pilze beherbergten, deren Mycelien aber verschiedene Gestalt und Ausbreitung aufwiesen.

So fand ich in den langen Wurzeln von *Arum maculatum* L. Mycelien von unregelmässigem Verlauf, welche die verschiedenen Schichten des Grundgewebes durchsetzten. Das Mycelium verästelte sich wenig, und erfüllte die Zelle nicht, sondern wuchs direkt von Zelle zu Zelle. Die einzelnen Schläuche sind sehr breit,

etwa um das doppelte dicker als die der gewöhnlichen Orchideenpilze, und besitzen sowohl keulenförmige Anschwellungen an der Spitze, als auch erhebliche intercalare Verbreiterungen. Ihr Hauptunterscheidungsmerkmal liegt aber darin, dass sie sich sowohl interzellulär als intrazellulär verbreiten. Dieselben Eigenschaften gelten für die Mycelien, die ich in *Colchicum autumnale* L. und *Allium Scorodoprasum* L. auffand.

Hier mag noch ferner das Vorkommen eines zweiten Parasiten in Wurzeln, Knolle und Stengelbasis von *Serapias franco-gallica* erwähnt werden. Während aber diese Pflanze die gewöhnlichen Mycelien ganz regelmässig aufweist, so tritt der zuletzt erwähnte Parasit nur sporadisch auf und bewohnt fast ausschliesslich die Epidermiszellen, in welchen auch Sporen erzeugt werden.

Da ich aber die weitere Entwicklung der letzteren nicht beobachtet habe, so begnüge ich mich mit diesen Angaben, die ich, sowie die vorhergehenden nur mitgeteilt habe, um zu zeigen, wie der in dieser Arbeit behandelte Parasitismus in den Orchideenwurzeln durch bestimmte gemeinschaftliche Merkmale charakterisiert ist und so ein Stück in sich abgeschlossenen Pflanzenlebens darstellt. —

Zusammenfassung.

Die gefundenen Resultate kurz zusammenstellend, ergeben sich folgende Sätze:

Pilzmycelien sind, mit seltenen Ausnahmen, in den unterirdischen Organen aller untersuchten einheimischen und ausländischen Orchideen, entweder zugleich in Wurzel und Rhizom, oder Wurzel und Basalteil des Stengels oder nur in den Wurzeln verbreitet und zwar stets intrazellulär.

Bei den einen Formen, wo die Hyphen aus der befallenen Wurzel in Stengel oder Rhizom und von da aus wieder in andere Wurzeln direkt hinüberwachsen, was besonders bei Formen mit zartwandigem Grundgewebe der Fall ist, findet man auch nicht eine Wurzel pilzfrei.

Muss dagegen der Parasit in jede Wurzel der Orchidee besonders eindringen und sind auch durch den anatomischen Bau des Grundgewebes dem Weiterwachsen erhebliche Schwierigkeiten geboten, so ist die Verbreitung spärlich und nur auf einzelne Teile des Wurzelsystems beschränkt.

Ganz vorwiegend finden sich die Pilzfäden in den mittleren

Schichten des Grundgewebes und treten meist in schleimführenden, aber auch in schleimlosen Zellen auf.

Der Eintritt durch die Epidermis erfolgt da, wo zufällig das im Erdboden verbreitete Mycel mit der Wurzel in Berührung kommt.

Die eingedrungenen Fäden wachsen im Grundgewebe gleichmässig nach allen Richtungen hin; nur die vorderen 6—8 Zellschichten der Wurzelspitze verschonend. —

In *Cephalanthera grandiflora* Babgut. — nicht aber in den übrigen *Cephalanthera*-Arten — und in *Epidendrum viscidum* verursacht der Parasit eine Zelluloseabscheidung sowohl um seine Fäden herum, als auch um die Schleimballen. —

Die jungen Pflänzchen, die sich aus Samen entwickeln, nehmen den Schmarotzer sehr früh auf, entwickeln sich aber trotzdem ungestört weiter, wie überhaupt durch dessen Anwesenheit das Gedeihen der Pflanzen nicht beeinträchtigt zu werden scheint: Blätter und Blüten entwickeln sich durchaus normal und auch ein Blick in das Innere des Wurzelkörpers zeigt keinerlei Deformationen. Eine Beeinträchtigung der Wirtspflanze durch den Eindringling ist also nicht wahrzunehmen; ob aber, wie Pfeffer ¹⁾ annimmt, die Pilzfäden ihrem Wirthe Nutzen bringen, das ist eine Frage, welche die mir vorliegenden Beobachtungen nicht zu entscheiden erlauben. Vergleichende Culturversuche mit jungen pilzfreien und pilzbehafteten Pflanzen können allein die Entscheidung der hier aufgeworfenen Frage herbeiführen.

¹⁾ Ueber fleischfressende Pflanzen und über Ernährung durch Aufnahme org. Stoffe überhaupt. Sep.-Abdr. d. landw. Jahrb. 1877 pag. 997.

Erklärung der Tafel.

Tafel XI.

Sämmtliche Schnitte sind von Wurzeln von *Cephalanthera grandiflora* Babgnt.

Fig. *A* zeigt die Zellen mit dem gewöhnlichen protoplasmatischen Inhalt, ferner in der Mitte die Schleimklumpen von Zellulosekapseln umgeben, nach denen von den Zellwänden aus die Pilzfäden, von Zellulosescheiden eingeschlossen, laufen. —

Fig. *C*. Eine Zelle stark vergrössert.

Bei *a* sieht man den Pilzfaden im Innern der Zellulosescheide, die an dem Punkte *b* sehr breit ist. An zwei Stellen ist der Schleim von seiner Zellulosehülle zurückgewichen und man sieht an der einen links, wie der Pilzfaden ohne die Scheide in den Ballen eintritt.

Fig. *B* enthält die rechte Hälfte von der Zelle 1 und die linke von 2, welche beide die Zellwand *a* trennt. *b* und *b'* sind Theile von Schleimballen, *d* und *d'* Zellulosescheiden um zwei Mycelfäden, die aus Zelle 1 in Zelle 2 übertreten.

Diese Arbeit entstand im botanischen Laboratorium zu Jena unter Leitung des Herrn Prof. E. Stahl.

Ich benutze an dieser Stelle mit Freuden die Gelegenheit, meinem hochverehrten Lehrer wärmsten Dank auszusprechen, nicht nur für die Anregung, die er mir gab, sondern auch dafür, dass er mit Rat und That mir fördernd zur Seite stand. —

Fig. C.

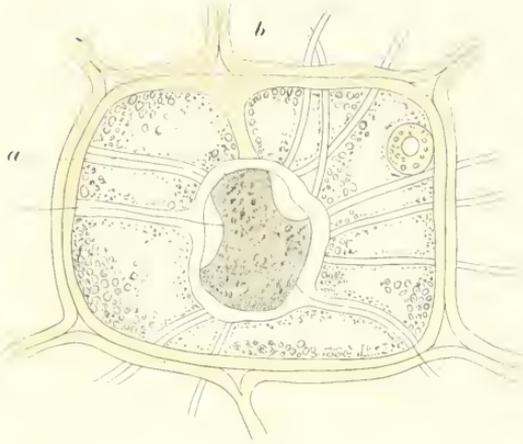


Fig. B.

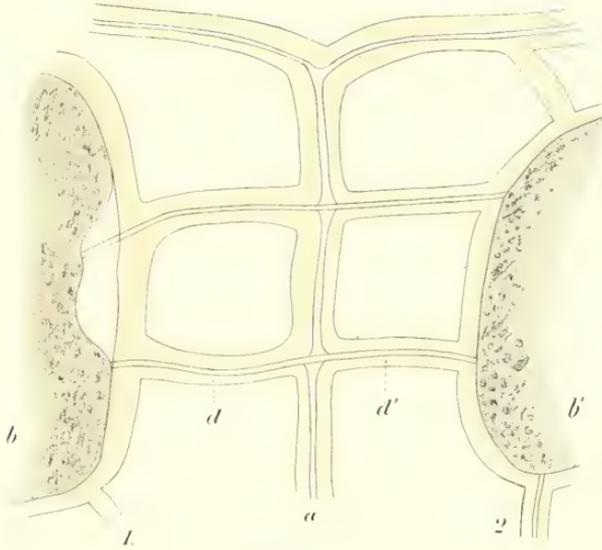
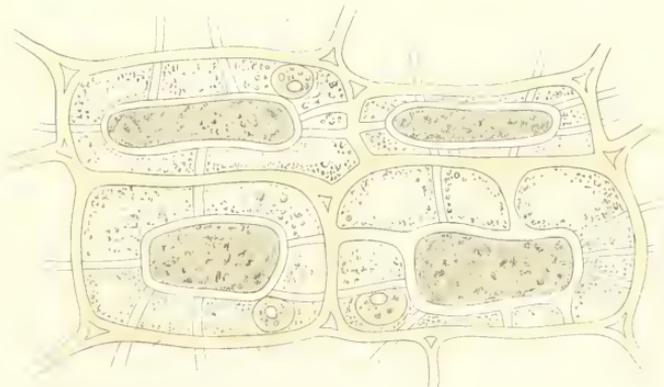


Fig. A.



ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Jenaische Zeitschrift für Naturwissenschaft](#)

Jahr/Year: 1884

Band/Volume: [NF_10](#)

Autor(en)/Author(s): Mollberg Albert

Artikel/Article: [Untersuchungen über die Pilze in den Wurzeln der Orchideen. 519-536](#)