

Das Mykorrhizaprobem.

Von Dr. E. Strecker (Brünn). [Schluss.]

Von der Unselbständigkeit in der Nährsalzversorgung soll nun die Ausbildung des Saprophytismus ihren Ausgangspunkt genommen haben; die Anpassung an humusreiche, lichtarme Standorte trat immer mehr in den Vordergrund, während gleichzeitig, durch den Standort nutzlos geworden, die ursprünglichen Assimilationsorgane verkümmerten und endlich verschwanden. So findet man in der Reihe der Orchideen die verschiedensten Übergänge zwischen autotropher und mykotropher Ernährungsweise und auch in der Familie der Gentianeen gibt es von unseren einheimischen, autotrophen Gattungen zum vollständigen Saprophytismus tropischer Gattungen vermittelnde Stufen, indem die in Nordamerika vorkommenden, noch chlorophyllreichen *Obolaria* und *Bartonia* schon stark reduzierte Blätter aufweisen.

Die Stahlsche Auffassung, dass die Mykorrhiza der Nährsalzbeschaffung dient, sucht Marcuse (1902) durch Beobachtungen am Widerbart (*Epipogon*), an der Korallenwurz (*Corallorhiza*), der Ragwurz (*Ophrys*), verschiedenen Wintergrünarten (*Pirola*) etc. zu stützen; es soll wirklich bei den genannten Pflanzen eine Kommunikation der Hyphen nach aussen stattfinden.

Warum, fragt aber Jost, wenn wirklich der Pilz in der Erwerbung der Aschensubstanz aus dem Boden dem Baume voraus ist, warum hält er diese dann nicht fest, warum gibt er sie nach der Assimilation willig ab? Bei der endotrophen Mykorrhiza ist diese Abgabe durch die Verdauung des Pilzes erklärt, bei der ektotrophen ist kein Grund für sie einzusehen.

Es besteht also ein Gewirr von Meinungen, die das Wesen und die Bedeutung dieser Symbiose noch äusserst schwankend erscheinen lassen. Nur durch experimentelle Behandlung im Anschluss an histologische Untersuchungen, die sich bis jetzt auf diesem Gebiet wenig Geltung verschaffen konnte, kann eine feste Basis gewonnen werden, auf welcher der Beantwortung der zahlreichen einschlägigen Fragen näher getreten werden kann. Planmässige Versuche sind nicht aussichtslos, da pilzfreie Wurzeln unschwer zu erhalten sind; Nobbe hat Kiefern, Fichten, Lärchen und Buchen in reinem humusfreien Quarzsand ganz ohne Pilz durch einen Zeitraum von 25 Jahren in üppigster Entwicklung erhalten. Das zweite Erfordernis ist die Reinkultur der Mykorrhizapilze, um ihre Eigenarten studieren und den Erfolg einer Infektion richtig beurteilen zu

können. Anfänge, auf diesem Wege die Lösung des Problems zu versuchen, sind bereits vorhanden.

Schon Wahrlich hat Reinkulturen von Mykorrhizapilzen versucht. Aber erst Bernard ist es im Jahre 1903 gelungen, Pilze zu kultivieren, die Samen tropischer Orchideen zur Entwicklung brachten und sich somit als richtige Endophyten erwiesen: die Synthese von Pflanze und Pilz war damit vollendet. Bei einigen Arten (*Cattleya*, *Bletilla*) konnten in steriler Kultur die Anfangsstadien der Keimung, die Bildung der embryonalen Knolle, die Entwicklung der ersten Blätter, des Sprosses und der Wurzelhaarpapillen beobachtet werden; doch vor der Anlage der ersten Wurzel trat immer ein Stadium des Stillstandes und der Degeneration ein.

1905 konnte Bernard zeigen, dass die Pilze bei den verschiedenen Orchideengattungen differente Merkmale besitzen: manche Pilze töteten die Samen, andere verursachten anfänglich normale Keimung, wurden aber später vollständig verdaut, so dass die Entwicklung der Keimpflanzen zum Stillstand kam. Auch die weiteren Studien dieses Forschers über die Orchideenpilze (1909) brachten sehr wichtige Beiträge zum Mykorrhizaproblem. Durch die früheren Arbeiten Bernards angeregt, unterzog Burgeff (1909) die verschiedensten Orchideen und Orchideenpilze einer näheren Untersuchung und gelangte in vielen Punkten zu den gleichen Ergebnissen wie Bernard.

Nicht alle Orchideenpilze waren imstande, den Samen einer bestimmten Art zum Keimen zu bringen. Einzelne Orchideen können, wenn sie erwachsen sind, die Pilze vollständig entbehren. Keimungsversuche mit Samen zeigten aber, dass bei diesen Formen in steriler Kultur ebenso wenig Keimung eintrat, wie bei den regelmässig verpilzten Orchideen: das Auftreten der Orchideen ist also abhängig von dem Vorhandensein der entsprechenden Pilze und die Existenz der ersteren unmittelbar an die des Pilzes gebunden. Das Eindringen des Pilzes erfolgt immer durch die toten Suspensorzellen.

Bei der Erörterung der Frage, welche Bedeutung die Wurzelpilze für das Leben der Orchideen haben und welche Beziehungen zwischen den beiden Organismen bestehen, weichen die Ansichten Bernards und Burgeffs sehr von einander ab. Bernard ist der Meinung, die Bedeutung des Pilzes beruhe darin, dass er eine Erhöhung der Zellsaftkonzentration in dem Orchideenembryo veranlasse. Durch diese Konzentrationszunahme werde die Entwicklung des Orchideenembryo entweder überhaupt erst angeregt oder gefördert. Einen Beweis für diese Annahme erblickt Bernard in der Beobachtung, dass Orchi-

deenembryonen ohne den Pilz auf sehr konzentrierten Nährböden (Salep und Saccharose) wenigstens eine Zeitlang sich besser entwickeln als auf weniger konzentrierten. Fitting erscheint indess diese Beobachtung recht vieldeutig. Burgeff vertritt den Standpunkt, dass beide Komponenten der Symbiose durch das Zusammenleben gefördert werden. Den Nutzen für die höhere Pflanze glaubt er wie Stahl in der Nährsalzgewinnung zu erblicken, während der Pilz die für ihn schwerer aus dem Substrat erhältlichen Stoffe von der Pflanze bezieht.

Während Bernard und Burgeff sich nur mit der endotrophen Mykorrhiza der Orchideen beschäftigten, behandelt Peklo in einer jüngst veröffentlichten Arbeit (1909) die Reinzucht der Epiphyten der Hain- und Rotbuche (*Carpinus* und *Fagus*) und der Endophyten der Schwarzerle (*Alnus glutinosa*) und von *Myrica Gale*, einem Strauche unserer Torfmoore. Er sammelte das Material an verschiedenen Standorten und nahm in Untersuchung nur regelmässig gebaute, typisch ausgebildete Pilzwurzeln. Zum Ausgangspunkt wählte er die Mykorrhiza der Hainbuche. Es zeigte sich, dass überall dort, wo der Pilzmantel an das Wurzelgewebe angrenzt, eine ganze Hyphenschicht sich vorfindet, die sich wie die peripheren Zellen der Wurzel durch Reichtum an gerbstoffähnlichen Stoffen auszeichnen. Nach der Anschauung Peklos sucht sich das Gewebe des Würzelchens durch Vermehrung des Gerbstoffgehaltes gegen die eindringenden Pilzfäden zu schützen. Dadurch wird der Pilz auf die Interzellularen beschränkt. Er vermag jedoch die Gerbstoffe in sich aufzunehmen und als Nährstoffquelle zu verwerten: der Pilz ernährt sich aus den Zellen der Würzelchen, auf deren Resten der Pilzmantel erbaut wird. Ob er einen Gegendienst seiner Nährpflanze erweist, hat Peklo noch nicht untersucht. Er versuchte aber die Mykorrhiza-Schimmelpilze zu isolieren und es gelang ihm auch, auf einem Dekokt aus Massen von älteren Mykorrhizen, das sich für fremde Schimmelpilze als größtenteils aseptisch erwies — die Mykorrhizapilze stellen Spezialisten dar, die an hohe Gerbstoffkonzentrationen angepasst sind — einige Arten rein zu züchten. Bei *Carpinus* erhielt er ein *Penicillium* und auch bei *Fagus* waren es Repräsentanten der Kollektivgruppe *Penicillium*. In mehreren Fällen züchtete er eine *Citromyces*-Art rein, so dass diese vielleicht häufiger an der Mykorrhizenbildung teilnimmt, worauf auch hindeuten würde, dass sie in einem von dem ersteren weit entfernten Wald wieder gefunden wurde.

Mit diesen Reinkulturen wurden nun künstliche Infektionen hervorgerufen. Aus demselben Walde, aus dem die Pilze stammten, wurde Humus sterilisiert und die dadurch ge-

steigerte Menge von Humussäuren mit Kalilauge grösstenteils neutralisiert. Es standen nur lauter zweijährige Buchenpflanzen zur Verfügung; zwei derselben wurden in je einen sterilisierten Blumentopf eingepflanzt, nachdem ihr vollkommen mykorrhizafreies Wurzelsystem mit der Sporenmasse 1. von dem *Cytromyces* und 2. von einem *Penicillium* umhüllt worden war. Die Infektionen wurden anfangs Dezember 1908 ausgeführt und anfangs Mai 1909 befanden sich beide Exemplare in schönem Wachstum und erwiesen sich bei näherer Untersuchung als infiziert. Damit war bestätigt, dass die Mykorrhiza von *Fagus* von mehreren Waldpenicillien hervorgerufen wird. Und es ist sehr wahrscheinlich, dass deren Liste eine weit grössere ist. Nun haben die Untersuchungen von Reinitzer und Nikitinsky gezeigt, dass die ganze Gruppe der Penicillien aus den Humusstoffen nicht ihren Kohlenstoffbedarf decken kann, sondern nur ihren Stickstoffgehalt davon zu beziehen imstande ist. Gerade aus diesem Grunde treten sie wahrscheinlich in die Symbiose mit den Würzelchen der Waldbäume und verarbeiten die in ihnen aufgespeicherten Gerbstoffe.

* * *

Das mit dem Ausdruck Mykorrhiza bezeichnete Zusammenleben von Pilzen mit Wurzeln ist also eine Erscheinung, die mannigfache Formen aufweist und durch Übergänge mit anderen Fällen von Symbiose zwischen Pflanzen verbunden ist. Als Gallenbildung sind die Mykodomatien mit den sogenannten Mykocecidien (Pilzgallen) verwandt, den sehr verbreiteten Wurzelknollen der Cyperaceen, Juncaceen und Iridaceen, die aber durch echte Parasiten, verschiedene Brandpilze der Gattung *Schinzia* verursacht werden; anderseits weisen sie eben als Gallenbildungen Ähnlichkeiten mit den Leguminosenknöllchen auf, von denen sie sich nur durch den Erreger unterscheiden; denn der biologische Zweck ist wenigstens bei *Podocarpus* derselbe.

Berücksichtigen wir die Experimente Franks mit Buchen, die Bernards und Burgeffs mit Orchideen und die von Nobbe und Hiltner mit *Podocarpus*, so kommen wir unwillkürlich auf die Ansicht von De Bary über die Symbiose als einem zweckmässigen Zusammenleben zurück; damit wäre der Kreis geschlossen und es hätte die Reinkultur die älteste Ansicht in dieser Frage für eine grosse Gruppe der untersuchten Objekte als richtig erwiesen. Eine einheitliche Auffassung der Mykorrhiza, wie sie Percy Groom (1895) vertrat, erscheint nicht mehr möglich; es kommt der endo- und ektotrophen Mykorrhiza nach den bisherigen Forschungsergebnissen sicher ver-

schiedene Bedeutung zu. Aber auch diese beiden Typen scheinen sich aus heterogenen Gruppen zusammzusetzen, deren Feststellung Aufgabe der weiteren Forschung auf diesem Gebiete sein wird.

Literatur-Verzeichnis.

- Bernatzky, J. Beiträge zur Kenntnis der endotrophen Mykorrhizen. Temész. Füz. 1899.
 — Über Mykorrhizengebilde. Ebenda, 1900. Referate in Just's Jahrb. 1899, 1900.
- Bernard, Noel. 1903. Zitiert nach Burgeff.
 — 1909. Zitiert nach d. Ref. i. d. Zeitschrift f. Bot. u. nach Burgeff.
- Bruchmann, H. Über die Prothallien und die Keimpflanzen mehrerer europäischer Lycopodien. Gotha. 1898.
- Brunchorst, J. Über die Wurzelanschwellungen von *Alnus* und der *Elaeagnaceen*. Unters. a. d. bot. Inst. Tübingen (1886).
- Burgeff, Dr. H. Die Wurzelpilze der Orchideen, ihre Kultur und ihr Leben in der Pflanze. Jena (Gustav Fischer), 1909.
- Chodat R. et Lendner A. Sur les mycorrhizes du *Listera cordata*. Bulletin de l'Herbier Boissier. T. IV, 1896. Zitiert nach Stahl.
- Delacroix. Die Krankheit der Edelkastanien. 1897. Referat Just's Jahrb. Dougl Mac. Symbiotic Saprophytism. (Annals of Botany XIII, 1899).
- Symbiosis and Saprophytism. (Contribution from the New York botanical Garden. New York, 1899). Zitiert nach Peklo.
- Frank B. Über die auf Wurzelsymbiose beruhende Ernährung gewisser Bäume durch unterirdische Pilze. Ber. d. deutsch. Bot. Gesell. III, 128 (1885).
 — Über neue Mykorrhiza-Formen, ebenda V, 395 (1887).
 — Über die physiologische Bedeutung der Mykorrhiza, ebenda VI, 248 (1888).
 — Über die auf Verdauung von Pilzen abzielende Symbiose der mit endotrophen Mykorrhizen begabten Pflanzen, sowie der Leguminosen und Erlen. Ebenda IX, 244 (1891).
 — Lehrbuch der Botanik. I., 260, 548 (1892).
 — Krankheiten der Pflanze. 2. Aufl., 1 (1896).
- Gallaud, J. Etudes sur les mycorrhizes endotrophes. Rev. gen. de Botanique, 17, 1905.
- Golenkin, M. Die mykorrhizenähnlichen Bildungen der Marchantiaceen. Flora. Bd. 90, 1902.
- Groom, P. Ost., *Thismia Aseroe* and its Mycorrhiza. Ann. of Botan., IX, 1895. Zitiert nach Stahl.
- Haberlandt, G. Physiologische Pflanzenanatomie. 1909.
- Hartig. Über symbiotische Erscheinungen im Pflanzenleben. Bot. Zentralblatt XXV, 1886.
- Hiltner, L. Über die Bedeutung der Wurzelknöllchen von *Alnus glutinosa* für die Stickstoffernährung dieser Pflanze. Landw. Versuchsst. XLVI, 1899.
- Höveler, W. Über die Verwertung des Humus bei der Ernährung der chlorophyllführenden Pflanzen. Jahrb. f. wiss. Bot., XXIV, 1892.
- Janse, J. M. Les endophytes radicaux des quelques plantes javanaises. Ann. d. jard. bot. Buitenzorg, XIV, 1897. Zitiert nach Stahl.
- Johow, F. Die chlorophyllfreien Humusbewohner Westindiens. Jahrb. f. wiss. Bot. XVI, 1885.
 — Die chlorophyllfreien Humuspflanzen nach ihren biol. entwick. Verhältnissen. Ebenda XX, 1889.

- Jost, L. Vorlesungen über Pflanzenphysiologie. 2. Aufl. Jena (G. Fischer), 1908.
- Kamiensky. Die vegetativen Organe von *Monotropa hypopitys*. Bot. Zeit. XXXIX, 457 (1881).
- Ludwig. Lehrbuch der Biologie der Pflanzen. 1895.
- Magnus, W. Studien an der endotrophen Mycorrhiza von *Neottia Nidus avis* L. Jahrbücher f. w. B. XXXV, 1900.
- Marcuse. Anatomisch-biolog. Beitrag zur Mycorrhizenfrage. Jenaer Inaugural-Dissertation, Dessau, 1902. Zitiert nach Peklo.
- Moeller, A. Über die Wurzelbildung d. ein- u. mehrj. Kiefer im märkischen Sandboden. Referat bot. Zeitg. 60, II, 201.
- Nadson, G. A. Zur Lehre von der Symbiose. I. Das Absterben von Eichensämlingen im Zusammenhange mit der Mykorrhiza. Jahrb. f. Pflanzenkrankheiten, St. Petersburg II, 1908, p. 26—40.
- Němec, B. Die Mykorrhiza einiger Lebermoose. Ber. d. deutsch. bot. Ges. 1899.
- Über die Mykorrhiza bei *Calypogeia trichomanis*. Beitr. z. bot. Zentralbl. XVI. 2. 1904.
- Nobbe u. Hiltner. Die endotr. Mykorrhiza von *Podocarpus* und ihre physiologische Bedeutung. Landwirtsch. Versuchsstationen. Bd. LI, p. 241, 1898.
- Peklo, J. Einiges über die Mykorrhiza bei den Muscineen. Bulletin int. d'Académie des Sciences de Bohême. 1903.
- Die epiphytischen Mykorrhizen nach neuen Untersuchungen. Ebenda, 1908.
- Beiträge zur Lösung des Mykorrhizaproblems. Ber. d. deutsch. bot. Ges., Bd. XXVII, Heft 5, 1909.
- Penzig. Die Krankheiten der Edelkastanien u. B. Franks Mykorrhiza. Ber. d. deutsch. bot. Ges. III, 301 (1885).
- Pfeffer. Pflanzenphysiologie I. Leipzig (1897).
- Rees. Über *Elaphomyces* und sonstige Wurzelpilze. Ber. d. deut. bot. Ges. III. 293. 1885.
- Sarauw, G. Rod Symbiose og Mykorrhiza saerlig hos *Skovtraerne* (Bot. Tidsskrift, Bd. XVIII); Referat in Beitr. z. bot. Centralbl. 1896.
- Sur les mycorrhizes des arbres forestiers et sur le sens de la symbiose des racines. Rev. Myc. 1903. Nach Gallaud.
- Schlicht. Beiträge zur Kenntnis der Verbreitung und Bedeutung der Mykorrhizen. Land. Jahrb. Bd. XVIII, 1889.
- Shibata, K. Cytologische Studien über die endotrophen Mykorrhizen. Jahrb. f. wiss. Bot. XXXVII, 1902.
- Stahl, E. Der Sinn der Mykorrhizenbildung. Leipzig, 1900.
- Tubeuf, K. v. Pflanzenkrankheiten. Stuttgart, 1895.
- Wahrlich, W. Beiträge zur Kenntnis der Orchideen-Wurzelpilze. Bot. Ztg., XLIV, 1886.
- Woronin. Über die Pilzwurzel von *G. Frank*. Ber. d. deut. bot. Ges., III, 1885.
- Zach, Fr. Über den in den Wurzelknöllchen von *Elaeagnus ang.* und *Alnus glut.* lebenden Fadenpilz. Ref. i. d. Naturw. Rundschau 1909, S. 581.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Lotos - Zeitschrift fuer Naturwissenschaften](#)

Jahr/Year: 1911

Band/Volume: [59](#)

Autor(en)/Author(s): Strecker Emil

Artikel/Article: [Das Mykorrhizapblem 283-288](#)