

Die Ernährung der Pilze [Fortsetzung]

Autor(en): **Steiger, A.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Zeitschrift für Pilzkunde = Bulletin suisse de mycologie**

Band (Jahr): **50 (1972)**

Heft 7

PDF erstellt am: **17.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-937156>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern. Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

SCHWEIZERISCHE ZEITSCHRIFT FÜR PILZKUNDE BULLETIN SUISSE DE MYCOLOGIE

Offizielles Organ des Verbandes Schweizerischer Vereine für Pilzkunde und
der Vapko, Vereinigung der amtlichen Pilzkontrollorgane in der Schweiz
Organe officiel de l'Union des sociétés suisses de mycologie et de la Vapko,
association des organes officiels de contrôle des champignons de la Suisse

Redaktion: Adolf Nyffenegger, Muristrasse 5, 3123 Belp, Tel. 031 81 11 51. Druck und Verlag: Druckerei Benteli AG, 3018 Bern,
Telephon 031 55 44 33, Postcheck 30-321. Abonnementspreise: Schweiz Fr. 16.-, Ausland Fr. 18.-, Einzelnummer Fr. 1.70.

Für Vereinsmitglieder im Beitrag inbegriffen. Insertionspreise: 1 Seite Fr. 200.-, 1/2 Seite Fr. 110.-, 1/4 Seite Fr. 60.-.

Adressänderungen melden Vereinsvorstände bis zum 2. des Monats an Ernst Mosimann, Schlosstalden 16, 3076 Worb.

Nachdruck, auch auszugsweise, ohne ausdrückliche Bewilligung der Redaktion verboten.

50. Jahrgang – 3018 Bern, 15. Juli 1972 – Heft 7

Die Ernährung der Pilze¹

Von A. Steiger

B. Die Ernährungstypen

Wenn wir uns der Übersicht halber der ökologisch bedingten Einteilung in Saprophyten, Parasiten und Symbionten bedienen, müssen wir uns von der vermenschlichenden und entwertenden Sinngebung solcher Abgrenzungen abwenden. Wir müssen die angetönten Lebensweisen als Entwicklungsstufen und Ernährungssysteme begreifen, die sich durch fortgesetzte Selektion in der Phylogenese, also entwicklungsgeschichtlich, als Lebensformen behauptet haben. Gewiss, die Natur ist nicht in allem vollkommen; aber ihre Resultate sind genial. Sie hat mit ihrem Zufall- und Auslesesystem eine so ausgeklügelte Spezialisierung und Rationalisierung des Stoffkreislaufes auf der Erde geschaffen, wie es das genialste Menschenhirn nie hätte ersinnen können.

1. Saprophytismus

Lebewesen, welche sich von toter organischer Substanz ernähren, nennt man Saprophyten.

Sie sind es, welche den Stoffkreislauf des Lebenden in Gang halten. Sie demonstrieren, dass das Leben eine von der Gesamtheit der Lebewesen selber in Gang gehaltene Rotation von Auf- und Abbau organischer Substanz ist, solange der Mensch, das zukünftige Leitfossil, ihm nicht ein Ende bereitet.

¹ Fortsetzung von Heft 6/1972, Seite 81

Alle pilzlichen Saprophyten nähren sich mehr oder weniger von als Humus bezeichnetem Substrat, gleichgültig ob sie nackte Erde, Wiese oder Waldboden besiedeln. Nur die typischen Holzverzehrer wachsen auf totem Holz und die auf Chitin spezialisierten Saprophyten auf toten Insekten oder Hornbestandteilen.

Nun, was ist Humus? Humus ist eine aus Organismen hervorgegangene, amorphe, meist dunkle organische Substanz des Bodens.

Wer mit Wald-, Land- oder Gartenbau zu tun hat, kennt die Bedeutung des Humusses, welcher in allen Abbauförmungen von Holz, Rinde, Sägemehl, Blättern, Nadelstreu, Stroh, frischem und verrottetem Mist bis hinunter zur Huminsäure zur Verfügung steht. Er ist reich an Stickstoff und Kali. Er bildet mit Ton und Kalk Sorptionskomplexe und wirkt so als Ionenaustauscher (d. h. er lagert Nährstoffe an und gibt sie langsam wieder ab, ist also in dieser Form ein Nährstoffspeicher). Darum ist humusreicher Boden auch ohne Kunstdünger sehr fruchtbar.

Die toten Pflanzenreste bestehen zum grössten Teil aus holzigen Bestandteilen, und diese aus Zellulose und Lignin, welche für Bakterien praktisch unangreifbar sind. Sie werden von Pilzen abgebaut. Lignin ist am schwersten abbaubar und reichert sich daher in Mooren und in Nadelwaldhumus an. Dies ist klimatisch bedingt. In den Tropen fehlt der Humus wegen des raschen biologischen Abbaus bei optimalen Temperatur- und Feuchtigkeitsverhältnissen. Hingegen in den Steppenschwarzerdegebieten mit langen, kalten Wintern und trockenen Sommern ist er stark angereichert. Der Abbauprozess geht meist mit einer physikalischen Verbesserung der Bodeneigenschaften vor sich. Ausserdem begünstigt der Humus die Krümelstruktur und zeichnet sich durch eine artenreiche Mikroflora aus.

Beim *Aufschluss* der verholzten Substanzen werden Nährstoffe für den Körperaufbau oder für die Energieversorgung gewonnen. Als Endprodukte der Energiegewinnung entstehen Wasser und Kohlensäure. Wir haben also eine chemische Wasserbildung neben dem Niederschlagswasser. Dieses kommt dem Pilz oder andern Organismen zugut. Die produzierte Kohlensäure dient den grünen Pflanzen zur Synthese neuer organischer Verbindungen, also Nährstoffen, wobei gleichzeitig der für die Atmung nötige Sauerstoff entsteht. Man hat errechnet, dass, wenn die Tätigkeit der Pilze unterbrochen würde, der Kohlensäuregehalt der Luft in ungefähr 40 Jahren aufgebraucht wäre. Das heisst, die Ernährungsgrundlage von Pflanzen und Tieren wäre zerstört. Wir sehen, dass erst dieser Stoffkreislauf in der Natur die rapide Entwicklung des Lebens ermöglicht, weil Kohlensäure und Sauerstoff immer wieder regeneriert werden. Beim Abbau werden selbstverständlich auch die Mineralstoffe der toten Substanz wieder frei. Ihre Rückgewinnung ist ebenfalls von grosser Bedeutung, geht doch ein grosser Teil der Mineralstoffe durch Ausschwemmung verloren, und der Nachschub aus dem Boden, besonders in den humiden Böden unserer Breitengrade, ist sehr langsam, sonst müsste man nicht mit Kunstdünger nachhelfen. Es ist klar, dass die Pilze zuerst sich selber versorgen. Indirekt kommen diese Mineralstoffe auch andern Pflanzen zugut, was wir noch sehen werden.

Da der biologische Abbau sich über eine ganze Kette verschiedener Arten von Organismen vollzieht, erfährt dieser Vorgang eine starke Beschleunigung durch das sofortige Eingreifen der Nachfolgeorganismen, welche ja immer zur Stelle sind.

Wir finden unter den Pilzen sehr viele Spezialisten, welche nur ein ganz bestimmtes Substrat angreifen, so dass sie von diesem abhängig sind. So haben wir solche, welche nur Zellulose oder nur Lignin abbauen. Andere sind an das Substrat gewisser Bäume, Sträucher und anderer Pflanzenarten gebunden. Ein Pilz, der nur Lärchennadeln besiedelt, kann nur dort vorkommen, wo Lärchen sind. Er kann nicht auf die Nadeln von Föhren, Tannen und anderen Koniferen ausweichen.

Ebenso ist es bei Laubhölzern, zum Beispiel wird man *Marasmius buxi* nur auf Buchsbaumblättern finden. Nur polyphage Pilze, welche am wenigsten spezialisiert sind, finden weltweite Verbreitung wie die Lignivoren, das sind Ligninverzehrer. Lignin kommt überall vor, wo noch Pflanzenwachstum möglich ist.

Ebenso steht es mit den Coprophilen, den Mistbewohnern. Sie sind überall anzutreffen, wo Tiere leben. Selbstverständlich spielen Temperatur und Feuchtigkeit der Luft und des Substrates für die Fruchtkörperbildung eine Rolle. Nach Becker bildet zum Beispiel *Coprinus sterquilinus* (Rotschneidiger Tintling) – er wächst auf Pferdemit – nur bei dampfgesättigter Luft, zur Zeit des Sonnenaufgangs Fruchtkörper aus, stellt sie aber ein, sobald die Luft trocken wird. Regen lähmt die Fruktifikation. Auch Nebelkappe und Rötelritterling benötigen dampfgesättigte Atmosphäre zur Fruchtkörperbildung. Andererseits wird sie beim Zuchtchampignon erst durch die harte Bodendecke ausgelöst. Vermutlich wirkt für Becherlinge und Morcheln der hartgefrorene Boden im gleichen Sinne, es sei denn, dass ein Kälteschock die Ursache ist. Im übrigen fruktifizieren die Humuspilze bei günstigen Bedingungen die ganze Vegetationszeit. Dennoch bestimmt das Substrat den Lebensraum der Pilze. Damit ist auch bereits ihr Verbreitungsgebiet vorgezeichnet.

Basidophile Pilze auf neutralem bis leicht alkalischem Boden können zum Teil Stickstoff der Luft assimilieren und für die Eiweissynthese verwerten. In Wiesen erkennt man die stickstoffassimilierenden Pilze an den grünen Zonen, welche sie hinterlassen, zum Beispiel *Lepista* und *Clitocybe*, mit Ausnahme des *C. giganteus*. Vermutlich hängt die Spezialisierung mit dem Verlust der Eigensynthese bestimmter Wirkstoffe zusammen, so dass dieser vom Besiedlungsobjekt zur Verfügung steht. Möglicherweise ist ein anderes Substrat für sie unangreifbar oder wirkt schädigend auf sie.

Zu den Saprophyten gehören nach Becker *Paxillaceae* (Kremplinge) mit Ausnahme des *P. involutus*, der fakultativer Mykorrhizapilz sein soll, einige *Polyporaceae* (Porlinge), von den *Tricholomataceae* die Gattungen *Clitocybe*, *Melanoleuca*, *Calocybe*, *Lyophyllum* und *Lepista*, fast die ganze Familie der *Rhodophyllaceae*, von den *Amanitaceae* die Gattungen *Limacella* und *Volvariella* und *Pluteus*, von *Agaricaceae* *Agaricus* und *Lepiota*, weiter die Familien der *Coprinaceae*, *Bolbitiaceae* und einige aus der Familie der *Strophariaceae* und die *Inocybe* der *Cortinariaceae*.

Typische Holzverzehrer sind die *Polyporaceae* *Pleurotus* (Knäuelinge), *Lentinus* (Zähllinge), *Pluteus*, *Mycena*, *Flammula*, *Hypholoma*, *Hericium ramosum* (Eiskoralle) und die *Tremellales* (Zitterpilze).

2. Parasitismus

Parasiten ernähren sich von lebenden Organismen und schädigen ihren Wirt.

Vermutlich waren die ersten Pilze saprophytisch, obwohl es vorstellbar ist, dass schon ganz am Anfang eine Lebensgemeinschaft autotropher und heterotropher Pilze bestanden haben könnte, aus der sich erst die Verselbständigung verschiedener Individuen vollzog. Das erste Leben wird ja ausserordentlich einförmig und labil gewesen sein, bevor es sich zu entwickeln begann, und sich die Organismen zu verschiedenen Ernährungsweisen differenzierten.

Je höher die phylogenetische Entwicklung eines Lebewesens ist, um so abhängiger wird es von seiner Umwelt. Denken wir an die Tiere und den Menschen, welche ausschliesslich von vorgebildeter organischer Substanz leben müssen, so leuchtet einem sofort ein, dass die Welt sehr arm an Lebensformen wäre, wenn sie sich nur autotroph oder saprophytisch ernähren könnte.

Wenn wir vom Menschen absehen, dem einzigen Geschöpf, welches vergiftet und tötet, ohne sich von den Getöteten zu ernähren, der eine Art Superparasit ist, so ist die parasitäre Lebensweise für viele Organismen lebensnotwendig.

Wir müssen uns von dem deterministischen Zweckdenken befreien, um die Natur besser zu verstehen. Sie hat und hatte Zeit, von den Milliarden Zufallsmutationen jenen den Vortritt zu lassen, welche der stets ändernden Umwelt am besten angepasst waren. Sie kennt weder gut noch böse. Sie arbeitet absichtslos. Dass dies noch immer geschieht und wie es geschieht, weiss man heute aufgrund der Erb- und Molekularbiologie. Die Konstanz der Erbmasse ist die Folge gerichteter chemischer und physikalischer Prozesse, die weder Richtung noch Intensität ändern, solange nicht durch eine Zufallsmutation eine neue Richtung eingeschlagen oder eine Ausfallerscheinung, mit nachfolgendem Aussterben des Organismus, verursacht wird.

Unter den Parasiten gibt es eine grosse Menge mikroskopisch kleiner Pilze, wie *Rost-, Brand- und Mehltäuparasiten* oder die *Fusarien* und *Rhizoctonien* an Gramineen und Baumwurzeln, und nur wenige Grosspilze, zur Hauptsache Porlinge.

Der Angriff, der immer Nahrungsbeschaffung ist, kann auf drei Arten geschehen.

1. *Der direkte Angriff.* Diesen wählen obige Kleinpilze und unter den Grosspilzen der *Wurzelschwamm* (*Fomitopsis annosa*) und der *Kiefernbraunporling* (*Phaeolus schweinitzii*), welche gesunde Baumwurzeln angreifen.

2. *Durch Wundinfektion.* Die Pilze leben zuerst vom plasmatischen Zellinhalt der Wunden und gehen erst nach Erstarkung zum parasitischen Angriff über. Die obigen beiden Pilzgruppen nennt man biotroph (lebendernährend). Die Wundinfektion ist der weitaus häufigste Fall. Wunden können durch mechanische Beschädigungen, durch Frost, Hitze, Blitzschlag und Insektenfrass, entstehen.

3. *Durch Toxinwirkung.* Diese Pilze töten mit Toxinen die lebenden Zellen ab. Sie ernähren sich nekrotroph (toternährend), also von den toten Zellen. Die Infektionsstelle ist immer von einem Hof toter Zellen umgeben (Fäulnisflecken beim Obst).

Bei einigen Pilzen ist die Infektion *streng organspezifisch*, wie zum Beispiel beim Mutterkorn, deren Infektion sich nur durch die weiblichen Geschlechtsorgane vollzieht.

Als *fakultative Parasiten* nennt man Pilze, wie Hallimasch und Sparriger Schüppling, welche saprophytisch und parasitisch leben können. Auch hier sind die zwei Faktoren: *Schwächung des Wirtes* und *Stärkung des Pilzes*, welche den Umschlag bewirken.

Sehr bekannte Wundparasiten sind *Schwefel-*, *Pelz-* und *Birkenporling*, die *Ochsenszunge* an Eichen und der *Eichhase* an den Wurzeln von Eiche, Buche und Hagebuche.

Bei den Holzpilzen handelt es sich meist um *Zellulose-* und *Ligninabbauer*. Bei den ersten tritt *Rotfäule*, bei den zweiten *Weissfäule* ein. Im Holz wird höchst selten der *lebende Splintteil*, sondern meist der *tote Kern*, also die Gerüstsubstanz, welche dem Baum Halt gibt, angegriffen.

Wir müssen hier noch ein anderes Phänomen anführen: *Clitocybe geotropa*, der Mönchskopf, ist, wie noch andere Pilze, fähig, selber Stickstoff zu assimilieren. Er produziert dabei Ammoniak in so starker Konzentration, dass dadurch die Gräser ringsum absterben. Wird der Ammoniak durch Regen verdünnt, eventuell ein Teil weggeschwemmt, gedeihen die Gräser sogar viel besser; denn Ammoniumverbindungen sind für sie ein willkommenes Düngemittel. Der Mönchskopf verzehrt natürlich die abgestorbenen Gräser. Doch handelt es sich hierbei weder um Parasitismus noch um Symbiose, sondern um ein Stoffwechselprodukt, welches durch zu hohe Konzentration den Gräsern zum Verhängnis wird.

3. Mykorrhizen

Mykorrhizen oder Wurzelpilze nennt man Pilze, welche an Wurzeln von Pflanzen leben, wobei der Nutzen zwischen Pilz und Pflanze gegenseitig grösser, mindestens nicht kleiner als ihr gegenseitiger Schaden ist.

Dieser Zustand scheint ein Mittelding zwischen Parasitismus und echter Symbiose zu sein. Bei chlorophyllfreien Wirten scheint der Pilz praktisch alles zu liefern. Durchgeht man die sehr umfangreiche Literatur über Mykorrhizenbildung, so bekommt man den Eindruck, dass die Pflanze gegenüber dem Pilz im Vorteil ist, ganz besonders bei den Nadelhölzern, von denen man beinahe sagen könnte, sie parasitieren auf den Pilzen. Man kann aufgrund der gegebenen Definition sagen, dass es sich zwischen Pilz und Pflanze um einen gegenseitigen, im Gleichgewicht gehaltenen Parasitismus, mit für beide Seiten vorteilhaftem Zustand handelt.

In sehr mineralstoffreichen Böden kommen keine oder nur selten Mykorrhizen vor. Je ärmer aber ein Boden an Mineralstoffen ist, was in der Regel mit einem sauren Milieu zusammenhängt, um so mehr Mykorrhizen treten auf. Dies ist für die Ertragssteigerung ausserordentlich bedeutsam, obwohl, selbst bei starkem Mykorrhizenbefall, dennoch Mangelkrankheiten auftreten und Bäume eingehen können.

Es ist zu erwähnen, dass sowohl Mangel wie Überangebot von Stickstoff und Phosphorsäure des Bodens die Mykorrhizenbildung hemmt. Der Mangel reduziert die Photosynthese und damit die Kohlehydratbildung. Das Überangebot fördert die Eiweissynthese und damit den Kohlehydratverbrauch des Wirts. Ein Überangebot in sauren Böden ist infolge fehlender Basen praktisch nie der Fall. Die acidophilen Pilze, zu diesen gehören die Mykorrhizen, können keinen Luftstickstoff fixieren.

Wiederum sind, wie kaum anders zu erwarten ist, fast alle Mykorrhizen auf besondere Wirte spezialisiert. Es gibt praktisch keine Nadelhölzer, keine Ericaceen (Heidekrautgewächse), keine Pyrolaceen (Wintergrüngewächse), keine Lycopodiaceen (Bärlappgewächse) und schon gar keine Orchideen (Knabenkrautgewächse), welche ohne Mykorrhizen leben können. Dazu kommen noch viele Laubbäume, Sträucher, Gräser usf. Wir haben es hier mit einem weitverbreiteten Phänomen zu tun, so dass wir hier doch etwas länger verweilen wollen.

Bei *Orchideen* ist die Partnerschaft mit einem Pilz obligat. Die Nahrungsaufnahme ist ohne Pilz ungewöhnlich behindert. Es gibt unter ihnen eigentliche Fungivoren, welche vom Pilz auch Wachstoffsstoffe und Vitamine beziehen. Der Orchideensame besteht aus sehr wenigen, winzigen, undifferenzierten Zellen und ist auxoheterotroph, das heisst, er muss den Wachstoffsstoff vom Pilz beziehen, der das Wachstum und den Stoffwechsel auslöst und das Wachstum anregt. Bei grosser Vitalität des Wirtes (Orchideensame) wird das eingedrungene Myzel verdaut und beseitigt, und der Wirt wächst pilzfrei weiter. Bei Schwächung des Wirtes aber gewinnt der Pilz die Oberhand und geht zur rein parasitischen Lebensweise über und vernichtet den Wirt. Die Orchideen ernähren sich vom Glykogen (tierische Stärke) des Pilzes. Sonst aber ernährt sich der Pilz zuerst auf Kosten des Wirtes, und dann folgt die Umkehrung; der Wirt ernährt sich auf Kosten des Pilzes.

Es gibt Orchideenwurzeln, welche Orchinol und Hircinol, also Antibiotika gegen aggressive Pilze (*Rhizoctonia*) und gegen Bakterien ausscheiden. Nur solche, welche diese Barriere überwältigen, können mit der Orchidee in Partnerschaft treten. Ebenso benötigen gewisse Orchideen endotrophe Pilze, welche ganz in die Pflanze eindringen und dort bleiben, für eine rein physiologische Funktion, wie zum Beispiel die Auslösung der Blütenbildung, welche ohne die Gegenwart des Pilzes nicht zustande kommt.

Nach Bouillard wird vermutet, dass die Keimung der Sporen der *Boletaceae* und der *Lycopodiaceae* nur durch das Zusammenwirken von Mykorrhizen und *Fungi imperfecti* zustande kommt. Man spricht von unterstützenden Funktionen dieser beiden, zu denen sich auch Hefen gesellen sollen. Nach dieser kurzen Abschweifung gehen wir zurück zu den Mykorrhizen der Nadelbäume.

Man unterscheidet drei verschiedene Gruppen von Mykorrhizen. Obwohl noch weitere Unterteilungen bestehen, gehen wir darauf nicht ein, weil für uns diese Hauptgruppierung genügt.

1. *Endotrophe Mykorrhizen*. Das heisst soviel wie: sich im Innern ernährenden Mykorrhizen. Die Mykorrhize dringt ins Innere der äusseren Rindenschicht der Würzelchen ein und hat keine Verbindung mehr mit der Rhizosphäre, das heisst mit der Umgebung ausserhalb der Wurzel. Die Ernährung ist also vollkommen endotroph.

2. *Ektotrophe Mykorrhize*. Ektotroph heisst soviel wie: sich aussen ernährend. Hier ergibt sich bereits eine nomenklatorische Schwierigkeit. Die *russische Schule* unter Lobanow versteht darunter den Pilzmantel um das Würzelchen ohne Durchbruch zu den Zellen ins Innere. Die *schwedische Schule* unter Melin versteht darunter den Pilzmantel samt *Hartnetz*, also mit teilweisem Durchbruch in die äussersten Rindenzellen bzw. zu den Interzellularen. Hier folgt Melin einfach dem

grossen deutschen Botaniker *Frank*, welcher auch die Bezeichnung «Mykorrhize» schuf, während *Hartig* schon vorher das Pilzhyphengeflecht an den Enden der Saugwurzeln einiger Koniferen erstmals ausführlich beschrieb. Daher rührt der Name «Hartignetz».

3. *Ektendotrophe Mykorrhize*. Ektendotroph ist die Verbindung von ektotroph und endotroph.

Hierunter versteht man nach *Lobanow* den Pilzmantel samt Durchbruch der Hyphen zu den Zellen.

Nach *Melin* versteht man darunter nur jene Mykorrhizen, welche weiter vordringen als nur bis zur Bildung des Hartignetzes.

Die russische Version scheint logischer zu sein. Für unsern Zweck spielt diese differenzierte Einteilung keine Rolle. Die drei verschiedenen Ausbildungen bestehen. Bei der ektendotrophen Mykorrhize bestehen einfach interzelluläre und intrazelluläre Hyphen, auf die wir nicht speziell eingehen können.

Der Pilz nährt sich von Glukose in der Baumwurzel, deren Konzentration in der Zelle durch Indolbildung von der Hyphe angeregt werden kann. Bei unter 6 % kann der Pilz nicht existieren. Es ist noch darauf hinzuweisen, dass der Pilz nie bis zum Meristem, dem wachsenden innern Kern des Würzelchens, vorstossen kann. Er bleibt auf die Rindenzellen beschränkt. Er ist auch, im Gegensatz zu Humuspilzen, unfähig, Zellulose oder Lignin anzugreifen, selbst vom Humus nicht. Wenn dem nicht so wäre, wäre es um den Baum geschehen.

Wie ist nun der Infektionsvorgang?

a) Nach *Lobanow* kommt es bei der *ektotrophen* Pilzmantelbildung zu *keiner Infektion* durch Mykorrhizen.

b) Bei der *endotrophen Mykorrhize* dringt der Pilz durch das *Wurzelhaar* oder durch die noch nicht verkorkte *Epidermis* oder *Durchlasszelle* in die *Rindenzone* ein und hat keine Verbindung mehr nach aussen. Der Pilz ernährt sich von den Stoffwechselprodukten in der Rindenzelle und wird entweder von der Wurzel phagozytiert, oder er wird beim Abstossen der Rindenpartie wieder frei.

c) Bei der *ektendotrophen Mykorrhize* ist die Infektion wie bei der endotrophen. Nur dringt das Mycel nach den äussern Rindenzellen in die nächstinnern vor und gerät in die Abwehrregion der Wurzel. Dort wird er angegriffen. Der Pilz treibt Hyphen ins Freie, welche die Wurzel umwachsen. Ein Teil tritt in die Umgebung der Rhizosphäre, um auch vom Boden her sich mit Nährstoffen, wie Kalium, Phosphaten, Kalzium, organischen Stickstoffverbindungen, Wasser und anderem mehr, einzudecken. Der grösste Teil davon wandert in die Kampfzone der Wurzel und ergiesst sich in die Fresszellen. Doch der Pilz vermag weder sich zu heilen, noch weiter vorzudringen, und die Wurzel vermag nicht den Pilz aus den Aussenrindenzellen zu verdrängen. Es ist ein chronischer Krankheitszustand, ein nicht bewältigter Infekt. Die Harmonie ist nur scheinbar. Der Pilz greift an, wird zurückgedrängt, hält aber die äussere Zone, in der der Kampf im Unentschieden steckenbleibt. Die anfänglich endotrophe Mykorrhiza wird, durch den Abwehrerfolg des Wirtes, zur ektendotrophen zurückgedämmt. Die ektendotrophe Mykorrhiza geht somit aus einer primär endotrophen Infektion hervor. Man kann

wohl aufgrund des beiderseitigen Nutzens von mutueiler Symbiose reden; richtiger wäre aber, von gegenseitigem Parasitismus zu sprechen. Das Zusammenleben ist hier eine Kampfsituation, eine Symbiose unter Waffen.

Der Pilz muss zu seiner Entfaltung den Wirt angreifen, weil er nur bei ihm sich die nötigen Wirkstoffe für die Fruchtkörperbildung beschaffen kann. Es ist nicht anzunehmen, dass die Pilze in den Wirt eindringen, um sich von ihm auffressen zu lassen, ebensowenig, dass sich die Wurzeln vom Pilz an- oder auffressen lassen wollen. Glücklicherweise ist bei diesem Vorgang der gegenseitige Nutzen viel grösser als der Schaden, den sie einander zufügen. Dieser Effekt ist rein zufällig, das heisst ohne Absicht entstanden und bringt beiden Partnern mächtige Vorteile im Konkurrenzkampf mit der Umwelt.

Die Schädigungen

Die Schädigung für den Baum liegt darin, dass das Längenwachstum der Wurzeln gehemmt, die Bildung von Saugwürzelchen unterdrückt, die jugendlichen Rindenzellen geschädigt und baumeigene Substanz abgezapft wird.

Die Schädigung für den Pilz liegt darin, dass der Baum ihn in der Kampfzone bis aufs Blut aussaugt und die Endzellen zerstört.

Die Vorteile

1. *für die Baumwurzel:* Die Hemmung des Längenwachstums stimuliert die Verzweigung der Wurzeln. Die Ummantelung der Wurzel bringt einen vermehrten Schutz gegen Fusarien und Rhizoctonien oder andere schädliche Pilze und Bakterien. Über die Mycelien, welche viel langlebiger als Wurzelhaare sind, erreicht sie ein ausgezeichneter Nährstoffstrom, weil die Myzelien bedeutend rascher wachsen, sich rascher ausbreiten, rascher assimilieren und der Wassertransport um ein Vielfaches schneller ist als in den Wurzeln. Die Ausscheidungsprodukte und deren Fermentwirkung im Boden ergeben ebenfalls eine Nährstoffanreicherung in der Rhizosphäre, welche der Baumwurzel zugute kommt. Der Stofftransport im Myzel ist bis 12 cm pro Stunde errechnet worden und die Atmung ist 30- bis 40 mal stärker als im Fruchtkörper. Allein der Sauerstoffverbrauch zur Oxalsäureproduktion durch Hyphen wird mit 200 bis 400 ml je Gramm und Stunde angegeben.

2. *für den Pilz:* Der Pilz bezieht vom Baum die notwendigen Kohlehydrate in Form von Glukose, welche er durch Indolbildung in der Wurzel anzureichern bzw. deren Konzentration er zu erhöhen vermag. Ebenso übernimmt er die zur Auslösung der Fruchtkörperbildung notwendigen Wirkstoffe. Erst die Sporenbildung gibt ihm die Möglichkeit, durch Wind, Wasser und Tiere neue Siedlungsgebiete zu erschliessen, ganz abgesehen von den neuen Entwicklungsmöglichkeiten, die die sexuelle Nachkommenschaft erwarten kann. (Fortsetzung folgt)

Korrigenda

In der ersten Folge des Artikels «Die Ernährung der Pilze» in der Nr. 6/1972, Seite 79, hat sich ein Fehler eingeschlichen. In der 18. Zeile von unten ist das Wort «sauerstoffreichen» zu ersetzen durch «sauerstofffreien». Der Redaktor