Pilze beim Aufbau der Bodenfruchtbarkeit

Von Dipl.-Ing. agr. G. Bayer, Dresden *)

Selbst im Kreise von Pilzfreunden ist es mitunter noch wenig bekannt, daß gerade die Pilze den Humus bilden, der neben den mineralischen Nährstoffen den Hauptbestandteil des fruchtbaren Bodens, also die Lebensgrundlage für die höheren Pflanzen darstellt, die wiederum die Voraussetzung sind für das Lebenkönnen der Tiere und letztlich der Menschen. Ohne Pilze kein Humus, ohne Humus keine Bodenfruchtbarkeit, ohne Fruchtbarkeit des Bodens keine grünen Pflanzen, kein Tier- und Menschenleben.

Wir wissen seit langem, daß die meisten Waldbäume — eigentlich alle außer der Esche — in humusreichem Boden eine enge Lebensgemeinschaft mit Pilzen (Mykorrhiza) eingehen, wobei die Myzelien die Aufgabe der Wurzelhaare übernehmen: Sie versorgen die grüne Pflanze mit Wasser und den darin gelösten Nährstoffen, bzw. machen den Bäumen die schwer löslichen Humusstoffe zugänglich. Als Gegenleistung bekommen sie von den Bäumen Kohlenhydrate und wohl auch Vitamine für ihren eigenen Lebensunterhalt. Vom gesamten Pilzbestand des Waldes gehören 40 bis 70 v. H. zu den Symbionten der Waldbäume. Diese Zahl ist um so höher, je saurer der Boden und je ärmer die Waldflora ist, und wird um so kleiner, je milder der Humus, je kalkreicher der Untergrund und je reicher die Flora wird. Auf neutralem oder basischem Mineralboden vermögen besonders die Nadelbäume ganz oder teilweise ohne Wurzelverpilzung zu leben.

Aber nicht nur bei Waldbäumen werden Mykorrhizen gefunden, sondern die Pilze gehen auch mit anderen Pflanzen Lebensgemeinschaften ein. So gibt es Mykorrhizen besonders bei Heidelbeeren, Heide, Sauerklee, Einbeere und an (bzw. in) den Orchideen — allgemein bei der überwiegenden Zahl der Pflanzenfamilien von den Tropen bis in die Arktis. Von den bekanntesten Kulturgewächsen zählen zu den Mykorrhizapflanzen Getreidearten und Gräser, Weinrebe, Hopfen, Erdbeeren und von den Obstbäumen besonders der Apfel, die Pflaume, der Pfirsich und alle Nußarten. Starke Mykorrhizabildung zeigte sich hier immer in Verbindung mit gesundem Wuchs und Widerstandsfähigkeit gegen Krankheiten und Schädlinge. Umgekehrt fand sich bei schlecht entwickelten und kranken Pflanzen nur begrenzte oder gar keine Mykorrhiza. Für einige Pflanzen bedeutet das Fehlen der Mykorrhiza sogar langsames Absterben. Für die Getreidearten wurde jedoch durch Prof Winter (Bonn) in jahrelangen Untersuchungen festgestellt, daß die Mykorrhiza nicht auf das Vorhandensein von Humusstoffen angewiesen ist, sondern daß sich gerade bei Humusmangel besonders starke Mykorrhiza entwickelte. Damit befindet sich Winter im Gegensatz zu Albert Howard (England)), der annahm, daß die Mykorrhiza an das Vorhandensein von Humus gebunden ist und sich erst dann reich entwickelt. Er prägte auch den Ausdruck von der „lebendigen Pilzbrücke" zwischen Boden und Pflanze und meinte damit, daß die Pilzwurzel den Übergang schafft von der unbelebten Mineralwelt zur belebten Welt des Pflanzenreiches.

Eine noch größere Bedeutung für den Aufbau der Bodenfruchtbarkeit als die Mykorrhizapilze des Waldes, der Wiesen und Äcker haben aber die Schimmelpilze. Ihre ungeheure Wichtigkeit für den Abbau der toten organischen Substanzen und gleichzeitig für den Aufbau der Humusstoffe wurde erst seit einigen Jahren erkannt und ist z. Zt. Gegenstand eifriger Forschung. Hier hat sich besonders Dr. Rohde vom Institut für Acker- und Pflanzenbau der Humboldt-Universität in Berlin verdient gemacht und — auf vielen Einzelforschungen englischer und amerikanischer Autoren sowie auf Scheffer und Laatsch fußend — in letzter Zeit wichtige Ergebnisse erzielt.

Überall in der freien Natur, auf fruchtbaren und unfruchtbaren Böden, im Nadel- und Laubwald, auf Wiesen und Weiden kann man beobachten, daß als erste die Schimmelpilze mit der Zersetzung der tierischen und pflanzlichen Ab-

*) Vorgetragen auf dem Mitteldeutschen Mykologentreffen (Sept. 1952) in Freital.

fälle beginnen. Sie sind die Schrittmacher der nachfolgenden Actinomyceten, Bakterien und anderer pflanzlicher und tierischer Lebewesen. Auf Schwarzerdeböden kann man eine so starke Entwicklung wahrnehmen, daß man infolge des entstandenen weißen Anfluges von einem „Blühen" dieser Böden spricht. Im verrottenden Stallmist sind bereits 200 verschiedene Schimmelpilzarten gefunden worden, die sich dort gut entwickeln. Trotzdem haben die landwirtschaftlichen Wissenschaftler und Praktiker bis in die jüngste Zeit den verschimmelten Stalldünger als minderwertig betrachtet. Selbst Dr. Rohde hat dies vor einem Jahr noch getan. Erst die neuesten wissenschaftlichen Untersuchungen haben das Gegenteil bewiesen und gefunden, daß eine richtige, natürliche Mistkompostierung ebenso wie die Bildung von wertvollen Humusstoffen im Boden selbst nur mit Hilfe der Schimmelpilze möglich ist.

Mit Ausnahme der *Mucor*-Arten sind die Schimmelpilze sehr sauerstoffbedürftig. Sie gedeihen daher nur auf der Bodenoberfläche oder noch besser in den Hohlräumen der oberen Bodenschicht. Bei der Stallmistkompostierung nach dem Indore-Verfahren wird für eine reichliche Sauerstoffzufuhr gesorgt, damit sich gleich nach dem Aufsetzen der Kompostmieten die Schimmelpilze schnell und kräftig entwickeln können. Dies wird erreicht durch lockeres Aufsetzen des Mistes, Vermeidung des Betretens oder gar Festtretens, wie es beim Stapelmist gefordert wird, durch Anbringen von senkrechten, 10 cm breiten Luftkaminen und waagerechten Belüftungskanälen am Boden der Kompostmieten sowie durch zwei- bis dreimaliges Umsetzen. Auf diese Weise verschimmeln alle Partien des Komposthaufens ganz gleichmäßig.

Die günstigste Temperatur für ein lebhaftes Wachstum der Schimmelpilze soll nach Angaben von Waksmann bei 20 bis 30°C liegen. Die kurze Einwirkung einer Temperatur von 62°C soll imstande sein, die Sporen der meisten Schimmelpilze — mit Ausnahme einiger *Aspergillus*-Arten — abzutöten. Für die zur Kompostierung wertvollen Aspergillen liegt das Optimum zwischen 50 und 60°C, während die *Penicillium*-Arten einen geringeren Wärmebedarf haben. Die geringste Wärme benötigen die *Mucor*-Arten, die jedoch im Humifizierungsprozeß nicht erwünscht sind. Die Schimmelpilze erhitzen nun ihr Substrat bis zu der ihnen eigentümlichen thermischen Lebensgrenze. Es wurde festgestellt, daß Schimmelpilze und Pilze höherer Organisation bei der Selbsterhitzung pflanzlicher Stoffe bis etwa 65°C eine wichtigere Rolle spielen als die Bakterien. Andererseits sind thermophile Bakterien, wie *Bacillus subtilis* und *Bacillus calfactor*, für den Temperaturanstieg bis 75°C verantwortlich zu machen. Um die zur Entwicklung der Schimmelpilze günstigste Temperatur (nach Rohde 50—60°) zu erreichen und nicht höher steigen zu lassen, muß die Feuchtigkeit in der kompostierten Masse genau geregelt sein; denn über 65° entwickelten sich keine Schimmelpilze mehr. Deshalb ist es vorteilhaft, die Kompostmasse nicht zu naß, sondern lieber etwas trockener zu halten.

Durch eigenen Wasserreichtum (80—90 %) sind die Schimmelpilze imstande, den Wassergehalt des Komposthaufens weitestgehend zu beeinflussen, vor allem herabzusetzen. Bei einem Wassergehalt von 15—30 % ist die Lebenstätigkeit der Schimmelpilze am lebhaftesten, über 30 % entwickeln sich die Bakterien besser und übernehmen die Führung. Bei Regenwetter gedeihen die Schimmelpilze an der Bodenoberfläche besonders gut; denn Regenwasser ist nicht nur sehr sauerstoffreich, sondern enthält nach Wollny in einem Liter ungefähr 4000 Schimmelpilzsporen. Übermäßige Feuchtigkeit behindert die Sauerstoffversorgung im Stalldüngerkompost und beeinträchtigt die Schimmelpilze. *Aspergillus niger*, *Aspergillus glaucus* sowie *Penicillium glaucum* lieben die Trockenheit, während *Oidium lactis* nur bei Feuchtigkeit gedeiht. Die *Mucor*-Arten haben einen mittleren Feuchtigkeitsbedarf.

Gegenüber dem Reaktionsgrad ihres Substrates sind die Schimmelpilze im allgemeinen unempfindlich. Sie gedeihen bei einem pH-Wert von 2 bis 9, am besten jedoch bei pH 5 bis 7. Sie haben die Fähigkeit, bei der Zersetzung organischer Substanzen die gebildeten organischen Säuren schnell abzubauen und so

die Reaktion immer neutral zu halten, was die Zersetzung in sauren Böden begünstigt.

Schon Waksmann hat festgestellt, daß die Schimmelpilze in der Natur praktisch alle organischen Abfälle angreifen. Die abbauende Wirkung der Schimmelpilze ist jedoch nicht so stark wie die der Bakterien, so daß selten eine Mineralisierung der organischen Masse eintritt. Vom Kohlenstoff der zersetzten organischen Substanz vermögen die Schimmelpilze 30 bis 50 % zu assimilieren, während die aeroben Bakterien nur 10 bis 20 % und die anaeroben nur 1 % zum Aufbau ihrer Zellen verwerten. Bei *Aspergillus niger* entstehen als Endprodukte seines Stoffwechsels hauptsächlich das Pilzmyzel und Kohlsäure. Glukose wird von *Aspergillus*-Arten bis zu 50 % in Myzel umgewandelt. Beim Aufschluß der schwer zersetzbaren organischen Stoffe lösen sich die verschiedenen Pilzarten nacheinander ab: Die *Mucor*-Arten herrschen bei einem hohen Gehalt an leicht zersetzbaren Kohlehydraten vor. Wenn dann nur Zellulose zurückgeblieben ist, entwickeln sich *Penicillium glaucum* und *Aspergillus niger*. Schließlich wird das Lignin durch *Aspergillus minutus* und durch Hutpilze zersetzt — ein Vorgang, der ständig im Wald zu beobachten ist. Strahlenpilze (Actinomyceten) vermehren sich dann, wenn Pilzmyzelien in Zersetzung übergehen; denn die von Schimmelpilzen ausgeschiedenen Aminosäuren sind eine gute Stickstoffquelle für die Strahlenpilze. Auch dem stickstoffbindenden *Azotobacter* sollen nach Heinze die Schimmelpilze den benötigten Kohlenstoff liefern. Hier müßte am Rande auch die Symbiose der Knöllchenbakterien mit den Leguminosen erwähnt werden — ein Vorgang, dem in der praktischen Landwirtschaft eine unschätzbare Bedeutung zukommt.

Bei der Strohverrottung zerstören die Schimmelpilze vor allem die Hemizellulosen, Pektine, Pentosane, Galaktane u. a. m. Die meisten im Boden lebenden Pilze, wie Aspergillen, Penicillien und andere, können die Hemizellulosen sogar als alleinige Kohlenstoffquelle ausnutzen. In pflanzlichen Geweben können die Schimmelpilze durch den Abbau der Mittellamelle zuerst den Zusammenhang der einzelnen Zellen aufheben, wozu sie die in ihnen enthaltene Pektinase befähigt Diese Pektinzersetzer machen den Weg für die zelluloseabbauenden Pilze frei. Da der Hauptteil des Stalldüngers wie überhaupt aller organischen Substanz aus Zellulose besteht, ist die Annahme berechtigt, daß sich darin besonders günstige Lebensbedingungen für Aspergillen und Hutpilze entwickeln müssen. Verschimmelter Stalldünger hat eine viel größere Fähigkeit zur Zellulosezersetzung als beispielsweise der Stapelmist. Auch in Waldstreu und humösen Böden wird die Zellulose durch Pilze abgebaut.

In zahlreichen früheren Schriften wird festgestellt, daß Schimmelpilze den löslichen Stickstoff festlegen und seine Aufnahme durch die Pflanzen verhindern. So gibt Waksmann an, daß für das zeitweilige Verschwinden der löslichen Stickstoffverbindungen im Boden während der Wachstumszeit die Schimmelpilze mehr verantwortlich seien als die Bakterien, denen man in Deutschland diese nachteilige Wirkung zuschieben zu müssen glaubte. Lemmermann und Waksmann vertreten die Meinung, daß auf leichten Böden die Pilze Auswaschungsverluste durch Festlegen des Stickstoffs verhindern. Man glaubte auch, daß Pilzeiweiß sich langsamer zersetzen läßt als Bakterieneiweiß. Rohde dagegen wies nach, daß Schimmelpilze auf saurem oder neutralem Substrat den aufnehmbaren Stickstoff besser in Körpereiweiß umwandeln können als die Bakterien und Actinomyceten. Besonders bei Gegenwart von Kalk vermögen die Schimmelpilze Ammoniak in schwerlösliche organische Stickstoffverbindungen überzuführen.

Der durch Kompostierung verschimmelte Mist unterscheidet sich vom Frischmist, Stapelmist und Kunstmist durch das Fehlen des Ammoniakgeruches und anderer durch Fäulnis entwickelter Gase. Der Gesamt-Stickstoffgehalt des Schimmelmistes beträgt ungefähr 2 % der Trockensubstanz, und zwar hauptsächlich in organischer Bindung. Durch weitere eingehende Beobachtungen wurde erkannt, daß der lösliche Stickstoff im Schimmelmist festgelegt wird und während der Pilzstufe Verluste nicht vorkommen. Solcher Mist eignet sich deshalb auch bestens als Bodenabdeckmaterial während des Winters. Bei star-

ker Schimmelpilzentwicklung in Schwarzerdeböden geht immer der Nitratgehalt zurück, und da sich bei Regenwetter diese Pilze an der Bodenoberfläche sehr rasch vermehren, dürfte das Festlegen von löslichen Stickstoffverbindungen in Form von Pilzeiweiß für fruchtbare Böden die natürliche Form der Verhinderung von Stickstoffverlusten in Regenzeiten sein. Die löslichen Stickstoffverbindungen werden jedoch im kompostierten Stallmist nur während der Pilzstufe — d. h. während der ersten Monate nach dem Ansetzen — durch Schimmelpilze festgelegt. Nach der Zersetzung des Pilzeiweißes in der Zeit der Kompostreife, wenn die Schimmelpilze vollständig verschwunden sind, werden ihre Stickstoffverbindungen wieder für die Pflanzen aufnehmbar; und reifer natürlicher Mistkompost enthält ungefähr die gleichen Mengen von Nitratstickstoff wie Regenwurmkot.

In diesem Zusammenhange ist zu betonen, daß Stalldünger, der im Kompost das Pilzstadium gleichmäßig durchlaufen hat, später im Boden keinen Schimmel mehr ansetzt, während im Gegensatz dazu reifer Stapelmist unter aeroben Bedingungen im Boden stark schimmelt. Das Verschimmeln des in und auf den Boden gebrachten Stapelmistes oder des Frischmistes setzt aber bei trockener oder kalter Witterung erst nach Wochen oder Monaten ein, so daß die löslichen Stickstoffverbindungen leicht ausgewaschen werden. Auf schweren Tonböden kommt es oft vor, daß noch Jahre nach dem Einbringen von Frisch- oder Stapelmist dieser in stark verschimmeltem Zustande nach oben gepflügt wird. Bei Zufuhr von Stalldünger vermehren sich im Boden auch die Strahlenpilze sehr stark. In den Boden eingebrachter Frischmist durchläuft die Pilzstufe wie im Indore-Verfahren und in der natürlichen Kompostierung im Boden.

Wenn also der Mist endlich doch schimmelt und von Pilzen zersetzt werden muß, so ist es entschieden vorteilhafter, wenn dies im Komposthaufen geschehen kann, weil dadurch die Stickstoffverluste bei der Lagerung herabgesetzt werden können. Dagegen kann, wenn der Mist erst im Boden verschimmelt, der Gehalt an löslichen Stickstoffverbindungen festgelegt und somit die Versorgung der Pflanzen während ihrer relativ kurzen Wachstumszeit schwer beeinträchtigt werden. Weiter ist zu berücksichtigen, daß nach H o w a r d der kompostierte Stalldünger während der Reifezeit bei reichlicher Sauerstoffzufuhr auch Luftstickstoff in ansehnlicher Menge aufnehmen kann.

In dem umfangreichen Schrifttum, das das Problem „Humus und Pilze" behandelt, wird nachgewiesen, daß die Pilze ausschlaggebenden Anteil am Aufbau des Humus, insbesondere an der Bildung der fruchtbaren Grauhuminsäuren der Schwarzerdeböden haben, sofern genügend Sauerstoff vorhanden ist. Deshalb kommen diese fruchtbaren Grauhuminsäuren im kompostierten Stallmist zustande, nicht aber unter den anaeroben Bedingungen im Stapel- oder Tiefstallmist. Schimmelpilze enthalten den Stickstoff nach L a a t s c h in einer Menge von 8 % und zwar als Aminosäuren. Bei Sauerstoffmangel zersetzen sich diese zu Ammoniak, so daß keine Grauhuminsäuren entstehen können, während Braunhuminsäuren, die aus Lignin hervorgehen und in saurem Humus enthalten sind, sich bei Sauerstoffmangel entwickeln.

Zusammenfassen kann man alle diese Forschungsergebnisse in dem kurzen Satz, daß die aerobe Humusbildung in stabiler und milder Form durch Schimmelpilze und andere Pilze im kompostierten Stalldünger stattfindet und dabei die fruchtbaren Grauhuminsäuren der Schwarzerde erzeugt werden. Die Stallmistkompostierung nach dem Indore-Verfahren mit Hilfe der Schimmel-, Strahlen- und Hutpilze ist ein natürlicher Vorgang zur Anreicherung unserer Kulturböden mit fruchtbaren Humusverbindungen.

Zwischen abgefallenen, stark verschimmelten Blättern der Laubwälder und Gärten finden sich besonders große Mengen der Kotausscheidungen des Regenwurms. Wie sich nun der Regenwurm zum Schimmelmist stellt, konnte versuchsmäßig ermittelt werden. Der Wurm wächst im Schimmelmist gut, wandert nicht ab und verwandelt die Schimmelpilze in fruchtbaren Regenwurmkot. Daher kann der Schimmelmist als vorzügliches Regenwurmfutter bezeichnet werden. Diese Feststellung wird eindeutig durch die Tatsache bestätigt, daß am Ende der Pilzstufe in der Stallmistkompostierung Regenwürmer einwandern und die

weitere Zersetzung vornehmen. Der hohe Gehalt der Schimmelpilze an Fett (bis 25 %) und an fettlöslichen Vitaminen lockt anscheinend die Regenwürmer an. Der dem Kompost zugesetzte Lehm wird von diesen mit den Huminsäuren zum Aufbau der Ton-Humus-Komplexe verwendet, die die Grundlage der Bodengare bilden. Trotz verschiedener gegenteiliger Ansichten von Forschern ist es eine Tatsache, daß Regenwürmer kompostierte Substanzen gern fressen und sie in den Wurmkanälen als Kot absetzen.

Es bleibt dringend zu wünschen, daß die neuen Erkenntnisse über das biologisch-dynamische Wirken der Pilze, besonders der großen Gruppe der Schimmelpilze, beim Aufbau der Bodenfruchtbarkeit bald auch in der praktischen Garten- und Landwirtschaft allgemein Anwendung finden, damit nicht nur Nahrungsmittel erzeugt werden, sondern damit auch zur Hebung und Erhaltung der Gesundheit die Güte dieser Nahrungsmittel verbessert wird. Denn nur ein gesunder, humusreicher Boden kann gesunde Pflanzen hervorbringen, die die Voraussetzung sind für Gesundheit von Mensch und Tier.

Forschungs- und Erfahrungsaustausch

Asterdon tomentosum (Schrad.) Bres.

(Zu einer Mitteilung von G. Theden in Fortschritte und Forschungen im Bauwesen, Heft 11, 1953)

Von H. Kühlwein

In einer Mitteilung über „Holzzerstörende Pilze in Berliner Gebäuden nach dem Krieg“ von G. Theden ist auch von dem „Sternchenschwamm“ Asterodon tomentosum (Schrad.) Bres. die Rede. Der Pilz fällt durch seine sternförmigen Zystiden im mikroskopischen Bild sofort auf und kann so leicht bestimmt werden. Ich fand ihn im Frühjahr 1951 erstmals auch in Karlsruhe auf einem sehr nassen Holzbalken in einem Ruinengrundstück. Herr Dr. Thiel, Hagen/Westf., hat den Pilz auch inzwischen gefunden (mündl. Mitteilung) und Photos angefertigt, die mir zur Einsichtnahme vorlagen.

Was ich an dem Bericht von G. Theden etwas verwunderlich finde, ist die Erwähnung dieses Pilzes zusammen mit unseren gefährlichsten Holzzerstörern. Leider habe ich versäumt, Asterodon hinsichtlich seiner Fähigkeit zur Holzzerstörung näher zu untersuchen. Ich habe aber nicht den Eindruck, daß man ihn in einem Zuge mit Merulius, Polyporus und Coniophora nennen kann, ehe genauere Kenntnisse über den Umfang der Holzzerstörung durch ihn vorliegen. Erwähnen möchte ich noch, daß Asterodon auf Grund der Amyloidreaktion in die Nähe von Hymenochaete gestellt wird und daß er mit Asterostroma nur entfernt verwandt sein soll (Boidin 1950).

Literatur

Theden, G. Fortschritte und Forschungen im Bauwesen H. 11, 1953.
Boidin, J.: Bull. Mens. Soc. Linn. 19 (6) 133, 1950.

Ist das Stockschwämmchen noch „Nur“-Holzbewohner

Im Jahre 1950 machte ich an 3 Stellen die Beobachtung, daß das Stockschwämmchen (Pholiota mutabilis) nicht einzig und allein an Holz gebunden scheint. Während an 2 Stellen die Möglichkeit zur Abwandlung als Erdbewohner nicht einwandfrei festzustellen war, weil ich den Boden nicht zerwühlen wollte, um etwaige mulmartige Holzreste festzustellen, waren an der dritten Stelle bestimmt keine Holzreste vorhanden. Herr Dr. Benedix antwortete auf meine Anfrage, daß Holzreste ehemals sicher vorhanden waren, nur wären sie sehr stark zersetzt und als solche kaum erkennbar. Aller-

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Zeitschrift für Pilzkunde

Jahr/Year: 1953

Band/Volume: 21_14_1953

Autor(en)/Author(s): Bayer G.

Artikel/Article: Pilze beim Aufbau der Bodenfruchtbarkeit 17-21