

Mykorrhiza

Eine faszinierende Lebensgemeinschaft im Wald

Simon Egli und Ivano Brunner

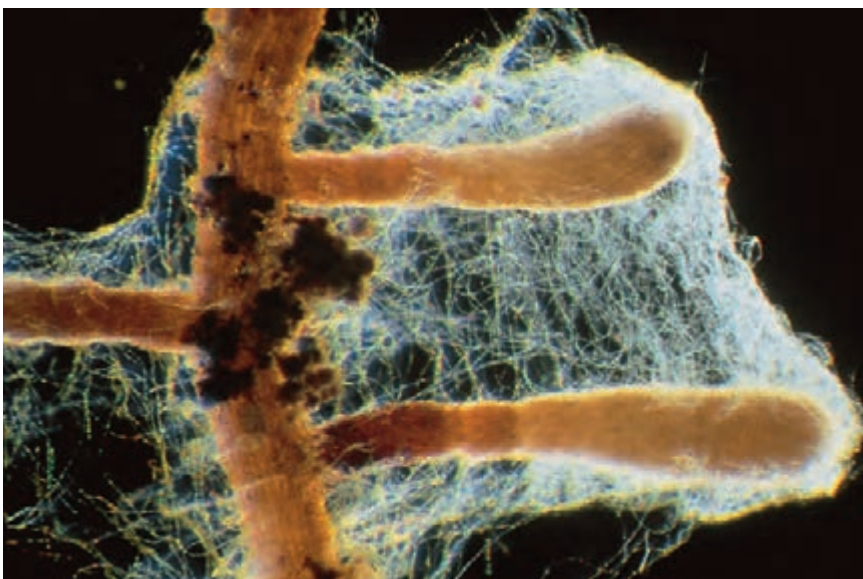


Abb. 1. Der Dunkelscheibige Fälbling (*Hebeloma mesophaeum*) besiedelt vor allem Feinwurzeln von Baumsämlingen, hier einer jungen Fichte (oberes Bild). Er bildet einen dichten Pilzmantel um die äussersten Feinwurzeln (unten).

Einleitung

Pilze im Wald kennt jeder, aber weshalb Pilze vorwiegend im Wald wachsen und welche Funktionen sie dort erfüllen, ist den wenigsten bekannt.

Streu- und holzabbauende Pilze helfen mit, Blätter, Nadeln und Holz abzubauen und deren Inhaltsstoffe wieder in den Nährstoffkreislauf zurückzuführen. Ebenso wichtig für das Ökosystem Wald sind diejenigen Pilze, die mit Waldbäumen in einer engen Lebensgemeinschaft leben, die sogenannten Mykorrhizapilze. Diese Symbiose dient beiden Partnern – dem Baum wie dem Pilz (Abb. 2).



Abb. 2. Mykorrhizapilz und Baum leben in einer symbiotischen Partnerschaft.

Allgemeines zu Pilzen

Unter Pilzen versteht der Volksmund das, was man beim Pilzsammeln pflückt und in den Korb legt. Streng genommen ist das nicht korrekt, da dies nur der **Fruchtkörper** des Pilzes ist. Der wichtigere Teil des Pilzes, das sogenannte **Pilzmycel** – ein watteartiges, fädiges Geflecht, das den Boden durchwächst – lebt für unsere Augen verborgen im Boden. Aus diesem Pilzmycel wachsen Fruchtkörper aus – aber nur wenn die Bedingungen dazu günstig sind.

Pilzmycelien können sehr gross und alt werden. Mit molekularen Methoden wurde die Ausdehnung einer einzelnen Hallimasch-Kolonie (*Armillaria bulbosa*) auf 5 ha bestimmt, das Gewicht wurde auf 10 Tonnen und das Alter auf 1500 Jahre geschätzt. Pilze gehören somit zu den **grössten und ältesten Lebewesen**.

Bis heute sind rund 70 000 Pilzarten beschrieben: weltweit schätzt man die Artenzahl jedoch auf über 1 Million, deutlich mehr als bei Blütenpflanzen. Pilze kommen in den verschiedensten Formen vor, von Einzellern bis zu vielzelligen

und kompliziert aufgebauten Gebilden. Von den sogenannten **Grosspilzen** (Makromyceten) – Pilze, die von Auge gut sichtbare Fruchtkörper bilden – zählt man in der Schweiz rund 6000 Arten.

Pilze bilden ein eigenes Reich, da sie weder den Pflanzen noch den Tieren zugeordnet werden können. In Bezug auf ihre Ernährung gleichen sie eher den Tieren als den Pflanzen: Sie sind wie die Tiere oder wie wir Menschen **Kohlenstoff-heterotroph**, das heisst sie sind auf eine externe organische Kohlenstoffquelle angewiesen, um sich ernähren zu können, ganz im Gegensatz zu den grünen Pflanzen, die mittels Photosynthese diese Stoffe selber herstellen können.

Je nachdem, woher Pilze ihre Nahrung beziehen, kann man sie in verschiedene Gruppen einteilen: **symbiotische Pilze** (leben in einer Lebensgemeinschaft mit Pflanzen, z.B. Mykorrhizapilze, Flechtenpilze), **saprobe Pilze** (bauen organisches Material ab) und **parasitische Pilze** (leben auf Kosten von lebenden Organismen).

Was ist eine Mykorrhiza?

Der Begriff «Mykorrhiza» (aus dem Griechischen *mukês* für Pilz und *rhiza* für Wurzel) bedeutet nichts anderes als «Pilz-Wurzel», oder etwas freier übersetzt «verpilzte Wurzel». Eine Mykorrhiza ist eine Wurzel, die von einem Mykorrhizapilz besiedelt ist und unter dem Einfluss dieses Pilzes morphologisch verändert wird: der Pilz hüllt die äussersten, feinsten Wurzeln mit einem dichten Fadengeflecht (sog. Mycel) ein und bildet einen Pilzmantel (Abb. 1). Je nach Art des Mykorrhizapilzes sehen die Mykorrhizen ganz unterschiedlich aus (Abb. 4).

Etwa ein Drittel der in unseren Wäldern wachsenden Grosspilze sind Mykorrhizapilze. Unter diesen rund 2000 Arten befindet sich eine ganze Reihe von wertvollen Speisepilzen, z.B. Trüffel, Steinpilz, Maronenröhrling, Frauentäubling, Edelreizker, Eierschwamm, aber auch viele Giftpilze, z.B. Fliegenpilz, Knollenblätterpilz, Satansröhrling, ziegelroter Risspilz. Viele Mykorrhizapilze sind wirtsspezifisch, das heisst, sie sind an ganz bestimmte Baumarten gebunden und werden auch nur dort gefunden (z.B. Lärchenröhrling, Fichten-

reizker). Andere findet man ausschliesslich in Laubwäldern oder in Nadelwäldern. Aus dem Fichtenwald kennt man über 150 verschiedene Mykorrhizapilzarten, aus Eichenwäldern über 100 und aus Erlenwäldern rund 50. Im Wurzelwerk eines einzigen Baumes leben in der Regel mehrere verschiedene Mykorrhizapilze nebeneinander. Es gibt Mykorrhizapilze, die speziell mit Sämlingen und jungen Bäumen im Dickungsalter Mykorrhizen bilden, z.B. Fälblinge (*Hebeloma* sp.) oder Lacktrichterlinge (*Laccaria* sp.); andere Arten findet man dagegen nur in Beständen im Baumholzalter, wie Röhrlinge (*Boletus* sp.) und Täublinge (*Russula* sp.).

Die Wurzeln der Waldbäume in unseren Breitengraden sind durchwegs mit Mykorrhizen besetzt. Hierbei handelt es sich in den meisten Fällen um die sogenannten «ektotrophen Mykorrhizen» oder «Ektomykorrhizen». Dieser Mykorrhizatyp wird daran erkannt, dass der Pilz die Feinwurzel mit einem dichten Pilzmantel umhüllt und der Pilz zwischen den Rindenzellen ein durchgehendes Pilzgewebe bildet (Abb. 7).

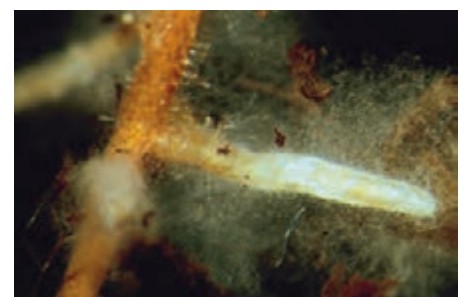
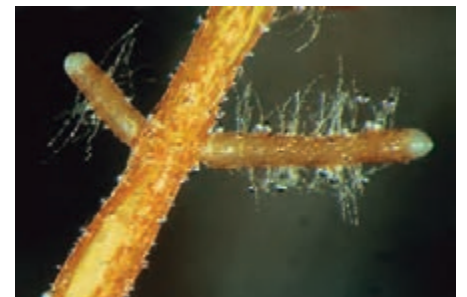


Abb. 3. Mykorrhizierte Wurzeln (unteres Bild: Fichtenwurzel mit Fälbling mykorrhiziert) haben im Gegensatz zu nicht-mycorrhizierten Wurzeln (oberes Bild: steril aufgewachsene Fichtenwurzel) anstelle von Wurzelhaaren einen Pilzmantel und davon ausgehend Pilzfäden, welche in den Boden hinausstrahlen.

Funktion der Mykorrhiza

a) Austausch von Nährstoffen

Die Mykorrhiza ist ein Organ, in welchem – wie bei einer Handelsbörse – Stoffe zwischen Baum und Mykorrhizapilz ausgetauscht werden. Während der Baum das Photosyntheseprodukt Zucker an den Mykorrhizapilz abgibt, erhält er von diesem im Gegenzug verschiedene Nährstoffe wie Stickstoff (N) und Phosphor (P), welche der Pilz mit den feinen Pilzfäden aus den kleinsten Bodenporen aufgenommen hat. Die Durchdringung des Bodens durch die Pilzfäden, welche von der Mykorrhiza aus in den Boden ausstrahlen, ist um ein Vielfaches intensiver als durch die Wurzelhaare (Abb. 6). Deshalb weisen Pflanzen mit Mykorrhizen oft erhöhte Konzentrationen an Stickstoff und Phosphor im Gewebe auf (Abb. 5). Für den Austausch der Stoffe zwischen Pilz und Baum bedarf es einer speziellen Austauschzone, des sogenannten Hartig'schen Netzes (nach dem deutschen Forstbotaniker T. Hartig benannt). Dieses Netz besteht aus einem dichten Pilzgewebe, welches sich zwischen den Rindenzellen der Feinwurzeln installiert und so einen engen Kontakt zwischen den beiden Partnern gewährleistet. Werden Mykorrhizen querschnitts, so sieht dieses Pilzgewebe unter dem Mikroskop netzartig aus, weshalb es Hartig'sches Netz genannt wird. Pilzmantel und Hartig'sches Netz haben die Eigenschaft, Phosphor zu speichern, und zwar als langkettige Polyphosphate, sogenannte «Polyphosphat-Granula», welche in fester Form in den Pilzzellen lagern.

Mykorrhizen entstehen innerhalb von Tagen bis Wochen. Mit der Mykorrhizabildung stoppt das Längenwachstum der Feinwurzeln und die Ausbildung von Wurzelhaaren wird unterdrückt (Abb. 3). Die Pilzfäden, die von den Mykorrhizen aus in den Boden ausstrahlen, übernehmen deren Funktion der Nährstoff- und Wasseraufnahme. Die Lebensdauer der Mykorrhizen beträgt in der Regel ein bis zwei Vegetationsperioden, wobei die Wurzeln im Frühjahr aus dem sie umhüllenden Pilzmantel herauswachsen können und vom gleichen oder von einem neuen Mykorrhizapilz besiedelt werden.



Abb. 4. Fruchtkörper und dazugehörige Mykorrhizen (von oben nach unten) des Zitronentäublings (*Rusula ochroleuca*); des Anisklumpfusses (*Cortinarius odorifer*), eines Vertreters der Schleierlinge, der artenreichsten Gattung unter den Mykorrhizapilzen; des violetten Lacktrichterlings (*Laccaria amethystina*), der vor allem die Wurzeln von jungen Baumsämlingen besiedelt; des unterirdische Fruchtkörper bildenden Pilzes *Arcangeliella borziana*; der Perigordtrüffel (*Tuber melanosporum*).

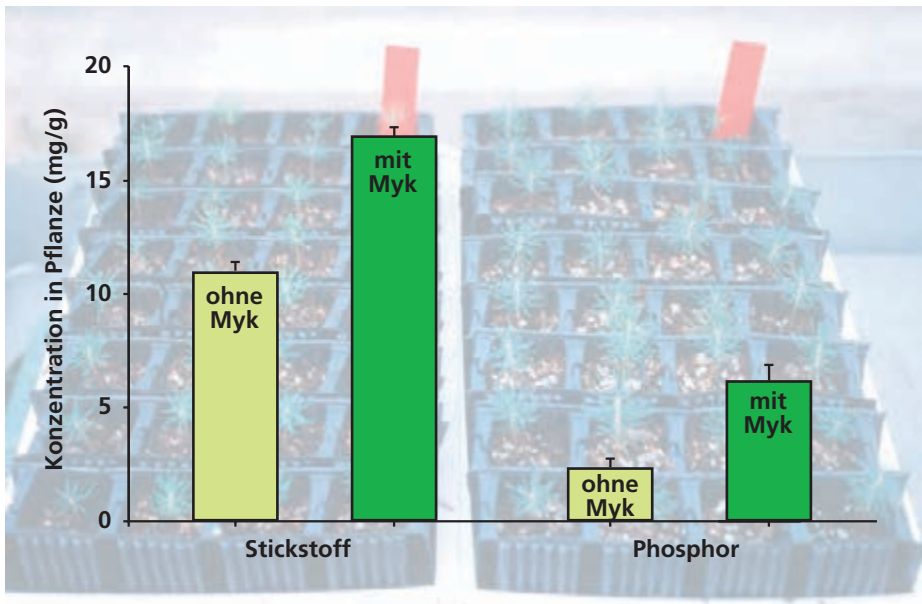


Abb. 5. Pflanzen mit Mykorrhizen (dunkelgrün), wie hier im vorliegenden Fall Fichtenkeimlinge mit dem Lacktrichterling mykorrhiziert, weisen erhöhte Stickstoff- und Phosphor-Konzentrationen im Pflanzengewebe auf; dies im Gegensatz zu Pflanzen ohne Mykorrhizen (hellgrün).

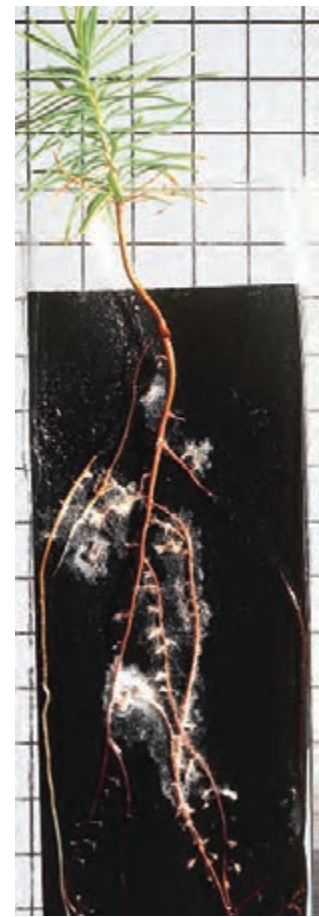


Abb. 6. Pilzfäden eines Mykorrhizapilzes durchdringen den Boden und vergrößern damit die aktive Oberfläche zur Aufnahme von Wasser und Nährstoffen, welche in den sogenannten Rhizomorphen (Fadenbündeln) direkt zu den Mykorrhizen transportiert werden.

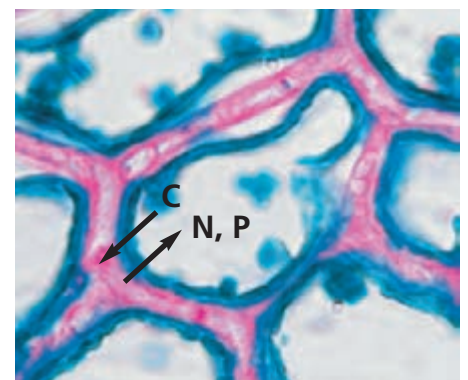
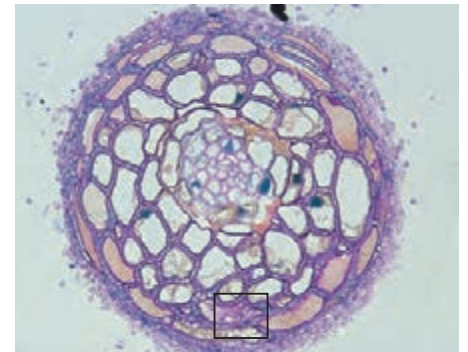


Abb. 7. Der Aufbau einer Mykorrhiza ist am Beispiel dieses mykorrhizierten Fichtenkeimlings dargestellt (oberes Bild). Im Querschnitt ist ein dichter Pilzmantel und das Hartig'sche Netz im Innern der Mykorrhiza zu erkennen (mittleres Bild). Der Austausch von Kohlenstoff (C) und Nährstoffen (N, Stickstoff; P, Phosphor) geschieht hauptsächlich zwischen den Rindenzellen (blau; unteres Bild) und Hartig'schem Netz (rot).

b) Schutz vor Schadstoffen

Mykorrhizen können die Bäume auch vor toxischen Effekten von Schadstoffen schützen. Seit der Industrialisierung im 19. Jahrhundert gehören zum Beispiel Schwermetalle zu den emissionsbedingten Luftverunreinigungen, die nach atmosphärischem Transport auch im Wald deponiert werden. Im Unterschied zu den für die Pflanzen lebensnotwendigen Schwermetallen, z.B. Eisen, Zink, oder Kupfer, sind andere Schwermetalle wie Blei, Cadmium, Nickel, Quecksilber oder Chrom toxisch. Da Schwermetalle nicht abgebaut werden können, werden sie in der Biosphäre angereichert und stellen zunehmend ein Gefährdungspotential für lebende Organismen dar. Mykorrhizapilze erweisen sich zum Teil als erstaunlich robust gegenüber erhöhten Schwermetallgehalten im Boden; gewisse Schwermetalle, wie auch Aluminium, werden im Pilzmycel gebunden, an Polyphosphat-Granula im Zellinnern, an Zellwände und -kerne, und an spezielle Proteine (Abb. 8). Bei mykorrhizierten Pflanzen werden die Schwermetalle somit bereits im Pilzmantel abgefangen und sie gelangen dadurch nur in einer reduzierten Masse in die Pflanzenwurzel. Diese Eigenschaft kommt einer eigentlichen Filterfunktion der Mykorrhiza gleich. Der Nachteil ist, dass diese Schwermetalle in den Pilzfruchtkörpern angereichert werden, und dies kann zu gesundheitsgefährdenden Konzentrationen in Speisepilzen führen.

Ähnlich wie bei den Schwermetallen verhält es sich mit den radioaktiven Substanzen. Diese werden ebenfalls nach atmosphärischem Transport in Wäldern deponiert, im Falle von radioaktivem Cäsium erstmals nach Atombombentests in den fünfziger und sechziger Jahren. Die Hauptquelle in Europa stellte jedoch der Reaktorunfall in Tschernobyl 1986 dar. Zusammen mit Strontium gehört Cäsium zu den bedeutendsten radioaktiven Substanzen, vor allem auch wegen der langen Halbwertszeit von ca. 30 Jahren. Die Gehalte an radioaktivem Cäsium in unseren Waldböden variieren stark, die höchsten Werte werden im Tessin gemessen. Im Boden ist das Cäsium biologisch in Pilzen und Bakterien gebunden, weshalb es einerseits von den Pflanzen nur wenig aufgenommen und andererseits aus dem Ökosystem kaum ausgewa-

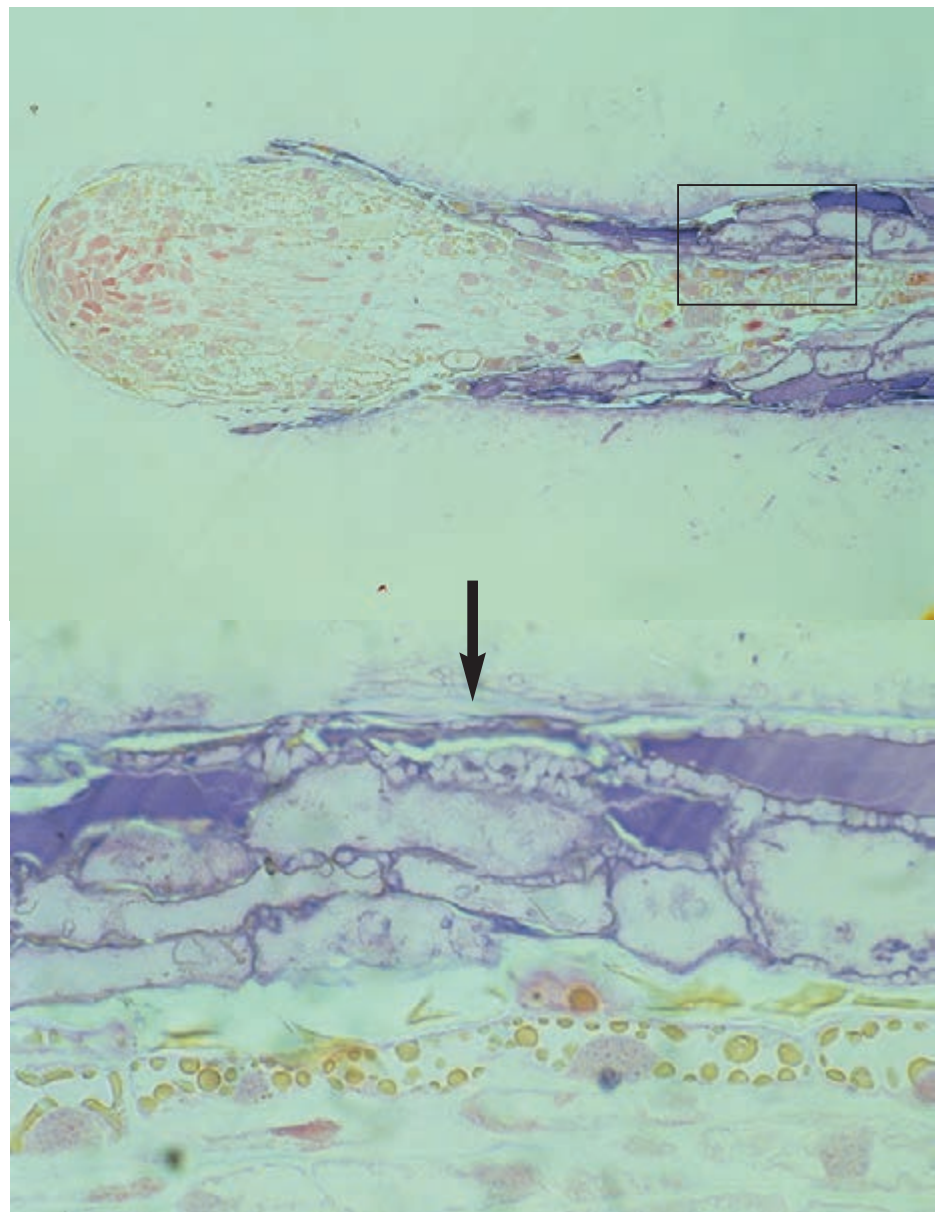


Abb. 8. In dieser längsgeschnittenen Fichtenmykorrhiza ist erkennbar, dass das giftige Aluminium (blaue Farbe) vorwiegend im Mykorrhizapilz festgelegt ist (oberes Bild). Insbesondere wird das Aluminium an die Pilzzellwände im Mantel und im Hartig'schen Netz gebunden (unteres Bild).

schen wird. Cäsium wird in den Pilzhyphen ähnlich wie die Schwermetalle akkumuliert, und ebenso können hohe Cäsiumkonzentrationen vor allem in Fruchtkörpern gewisser Mykorrhizapilze festgestellt werden.

c) Weitere Funktionen der Mykorrhiza

Nebst einer verbesserten Nährstoff- und Wasseraufnahme und einem erhöhten Schutz vor Schadstoffen weisen mykorrhizierte Pflanzen auch eine erhöhte Toleranz gegenüber verschiede-

nen abiotischen und biotischen Stressfaktoren auf. So verhilft die Bildung von pilzspezifischen Zuckerarten wie Mannitol oder Arabitol zu einer erhöhten Toleranz der mykorrhizierten Wurzeln gegenüber Frost. Antibiotikabildung und Induktion der Gerbstoffbildung in den Wurzeln sowie die Förderung einer günstigen Mikrobenfauna im Pilzmantel bewirken zudem eine erhöhte Abwehrkraft gegenüber krankheitserregenden Bodenorganismen. Im weiteren bewirkt die Bildung von Phytohormonen (z.B. Auxin, Gibberellin, Zytokinin, Aethylen) durch die Mykorrhizapilze eine Förderung des Pflanzenwachstums.

Gefährdung der Mykorrhizapilze durch Stickstoff

Seit Jahrzehnten steigen die durch Aktivitäten des Menschen verursachten Emissionen von Luftschadstoffen und damit auch die Einträge von Säuren und Stickstoff in die Wälder. Pro Hektar und Jahr werden in der Schweiz etwa 20 bis 80 kg Stickstoff atmosphärisch eingetragen, aus Landwirtschaft, Industrie, Heizungen und Verkehr. Stickstoff ist für die Ernährung der Pflanzen notwendig; allerdings können sich erhöhte Stickstoffeinträge indirekt negativ auf die Bäume auswirken, indem sie die Mykorrhizapilze beeinträchtigen. So kann experimentell nachgewiesen werden, dass das Mycelwachstum im Boden reduziert wird (Abb. 9).

Aus Feldbeobachtungen und Düngungsexperimenten weiss man heute, dass erhöhter Stickstoffeintrag die Vielfalt der Ektomykorrhizapilze – gemessen anhand der Fruchtkörper – drastisch reduziert, während jene der saproben Pilzarten unverändert bleibt.



Abb. 9. Erhöhte Stickstoffeinträge in den Boden bewirken im Vergleich zur Kontrolle (linkes Bild) einen Rückgang der Pilzfäden von Mykorrhizapilzen im Boden; dadurch wird das Substrat schlechter zusammengehalten (rechtes Bild).



Abb. 10. Mykorrhizen lassen sich im Labor auch künstlich erzeugen, indem unter sterilen Bedingungen ein Mykorrhizapilz an die Wurzeln eines Sämlings geimpft wird. Manchmal werden dabei sogar Fruchtkörper gebildet wie bei diesem Fälbüchling.

Eine Verschiebung in der Zusammensetzung der Mykorrhizapilze kann auch mit Mykorrhizauntersuchungen im Boden nachgewiesen werden. Gewisse Mykorrhizapilze bilden unter erhöhtem Stickstoffeintrag keine Mykorrhizen mehr aus. Aufgrund dieser Resultate ist zu befürchten, dass gewisse Pilzarten verschwinden werden. Auswirkungen solcher Veränderungen auf ihre Symbiosepartner, die Waldbäume, können heute noch kaum abgeschätzt werden.

Hohe Stickstoffkonzentrationen wirken sich auch negativ auf die strukturelle Ausbildung der Mykorrhizen aus. Durch diese strukturellen Veränderungen wird der Austausch von Nährstoffen und Kohlenhydraten zwischen Pilz und Pflanze reduziert, was sich negativ auf die Baumgesundheit und die Fruchtkörperbildung der Mykorrhizapilze auswirken kann.

Ohne Wald keine Pilze – Ohne Pilze kein Wald?

Ohne Wald gäbe es mit Sicherheit keine Mykorrhizapilze und wir würden viele der bekannten Speisepilze wie Steinpilze, Eierschwämme, Täublinge, Milchlinge und Trüffeln vergeblich suchen.

Wie verhält es sich nun umgekehrt? Die Frage, ob ein Wald ohne Mykorrhizapilze leben könnte, ist nicht ohne weiteres zu beantworten; wir haben wenig praktische Erfahrung, da es in unseren Wäldern zum Glück noch immer und überall genügend Mykorrhizapilze gibt. Sicher ist jedoch, dass auf nährstoffarmen Böden Waldbäume ohne Mykorrhizapilze kaum fähig wären, mineralische Nährstoffe in genügender Menge aufzunehmen. Aus experimentellen Untersuchungen weiss man auch, dass Waldbäume ohne Mykorrhizapilze chancenlos sind in der Abwehr von pathogenen Erregern im Wurzelbereich und insgesamt anfälliger werden gegenüber Stress, zum Beispiel gegenüber Trockenheit und Frost und schädlichen Umwelteinflüssen. Mykorrhizapilze sind folglich für die Waldbäume lebensnotwendig und es ist anzunehmen, dass unsere Wälder ohne Mykorrhizapilze ganz anders aussehen würden.

Mykorrhizapilze und waldbauliche Massnahmen

Mykorrhizapilze und Waldbäume stehen in einer gegenseitigen Abhängigkeit. Geht es einem der beiden Partner schlecht, leidet auch der andere darunter. So wird bei einem Windwurf oder

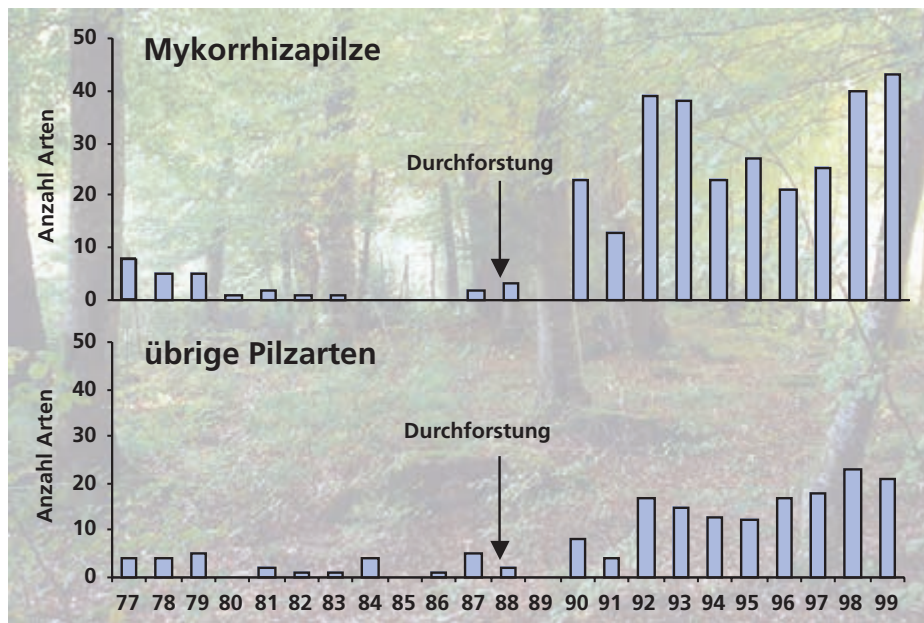


Abb. 11. Positiver Einfluss einer Durchforstung auf die Zusammensetzung der Pilzflora (Mykorrhizapilze und übrige Pilzarten). Die starke Durchforstung (35% Stammzahlreduktion) wurde im Winter 1987/88 in einem alten, dicht bestockten Mischwald im Pilzreservat La Chanéaz (FR) durchgeführt.

einem Räumungsschlag die Bildung von Fruchtkörpern von Mykorrhizapilzen sofort eingestellt, da die dazu nötigen Kohlehydrate des Baumes nicht mehr zur Verfügung stehen. Findet der Pilz nicht sofort einen neuen Baumpartner, kann er dank der Kohlehydratreserven in den Wurzelstöcken zwar noch einige Jahre weiterleben, für die Bildung von Fruchtkörpern reicht dieser «Notvorrat» jedoch nicht mehr aus.

Wie eine Untersuchung im Pilzreservat La Chanéaz gezeigt hat, kann mit waldbaulichen Massnahmen die Pilzflora positiv beeinflusst werden (Abb. 11). Ein alter und dicht bestockter Mischwald, der arm an Pilzen war, wurde stark durchforstet. In der Folge explodierte die Pilzflora förmlich. Viele Pilz-

fruchtkörper wurden neu auf der Fläche gefunden, vor allem Mykorrhizapilze. Eine mögliche Erklärung dafür ist, dass die Kronen der verbleibenden Bäume nun mehr Platz zur Verfügung hatten und mit einem Wachstumsschub reagierten. Dies konnte mit Jahringmessungen gezeigt werden. Möglicherweise sind die während Jahren darlebenden Pilzmycelien im Boden dadurch wieder mit neuer Energie in Form von Kohlenhydraten versorgt und zur Fruchtkörperbildung angeregt worden. Wertvolle Speisepilze, wie der Steinpilz, der Maronenröhrling oder der Frauentäubling, die früher auf dieser Fläche nicht gefunden wurden, konnten nach der Durchforstung gesammelt werden.

Konkrete forstliche Massnahmen zur Förderung der Mykorrhizapilze

- Die Durchforstung dichter dunkler Altbestände kann die Biodiversität und die Fruchtkörperproduktion der Mykorrhizapilze fördern.
- Je mehr verschiedene Baumarten in einem Wald wachsen, desto grösser ist die Artenvielfalt der Mykorrhizapilze; jede Baumart hat ihr eigenes Set an Pilzpartnern.
- Was tun nach Sturmschäden? Bei der Räumung von Windwurfflächen sollte zu den noch verbleibenden Jungpflanzen Sorge getragen werden. Sie sind Refugium für Mykorrhizapilze, die ihre Baumpartner verloren haben und helfen mit, diese Mykorrhizapilze in die neue Baumgeneration hinüberzueretten.
- Im Interesse der Pilze sollte auf das Abbrennen von Schlagabraum bei der Holzernte im Wald verzichtet werden. Das Liegenlassen oder Stehenlassen einzelner Totholzstämmen ist wünschenswert, um die Entwicklung von seltenen Pilzarten zu fördern.

Schlussbemerkungen

Wenn man sich vergegenwärtigt, welche wichtigen Funktionen Mykorrhizapilze für den Baum erfüllen – im Zusammenhang mit der Nährstoffaufnahme, der Erhöhung der Stressresistenz und der mechanischen Vernetzung des Bodens – ist der festgestellte Rückgang der Mykorrhizapilze eine ernst zu nehmende Erscheinung. Die Erhaltung der Artenvielfalt der Pilzflora ist also nicht nur unter naturschützerischen Aspekten, sondern auch aus forstlicher Sicht ein wichtiges Anliegen. Ein angemessener Schutz der Pilzflora ist deshalb sicher gerechtfertigt.

Weiterführende Literatur:

- BRUNNER, I. 2001. Ectomycorrhizas: their role in forest ecosystems under the impact of acidifying pollutants. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics* 10, 13–27.
- BRUNNER, I., BRODBECK, S. 2001. Response of mycorrhizal Norway spruce seedlings to various nitrogen loads and sources. *Environmental Pollution* 114, 223–233.
- BRUNNER, I., FREY, B. 2000. Detection and localization of aluminum and heavy metals in ectomycorrhizal Norway spruce seedlings. *Environmental Pollution* 108, 121–128.
- EGLI, S., F. AYER, S. LUSSI, B. SENN-IRLET, P. BAUMANN 1995. Pilzschutz in der Schweiz. Ein Leitfaden für Behörden und interessierte Kreise. – Protezione dei funghi in Svizzera, Guida per autorità e cerchie di interessati. – La protection des champignons en Suisse. Un aide-mémoire à l'intention des autorités et des milieux intéressés. *Merkbl. Prax. Eidgenöss. Forsch.anst. Wald Schnee Landsch.* 25.
- HEIJDEN VAN DER, M.G.A., SANDERS, I.R. (eds.) 2002. *Mycorrhizal Ecology. Ecological Series 157*, Springer Verlag, Berlin.
- PETER, M., AYER, F., AND EGLI, S. 2001. Nitrogen addition in a Norway spruce stand altered macrofungal sporocarp production and below-ground ectomycorrhizal species composition. *New Phytologist* 149:311–325.
- SMITH, S.E., READ, D.J. 1997. *Mycorrhizal Symbiosis*. Academic Press, London.
- WERNER, D. 1987. *Pflanzliche und mikrobielle Symbiosen*. Thieme, Stuttgart.

Adresse der Autoren:

Dr. Simon Egli
Dr. Ivano Brunner
Eidg. Forschungsanstalt WSL
Zürcherstrasse 111
CH-8903 Birmensdorf
simon.egli@wsl.ch
ivano.brunner@wsl.ch



Abb. 12. Der Perlpilz (*Amanita rubescens*) ist häufig in Fichtenwäldern zu finden, wie hier auf dieser rumänischen Briefmarke dargestellt (Sammlung K. Häne).

Merkblatt für die Praxis ISSN 1422-2876

Konzept

Forschungsergebnisse werden zu Wissens-Konzentraten und Handlungsanleitungen für Praktikerinnen und Praktiker aufbereitet. Die Reihe richtet sich an Forst- und Naturschutzkreise, Behörden, Schulen, interessierte Laien usw. Pro Jahr erscheinen 3 bis 4 Ausgaben.

Französische Ausgaben erscheinen in der Schriftenreihe

Notice pour le praticien ISSN 1012-6554

Italienische Ausgaben erscheinen in loser Folge in der Zeitschrift

Sherwood, Foreste ed Alberi Oggi.

Die neuesten Ausgaben (siehe www.wsl.ch/merkblatt)

- Nr. 46: WOHLGEMUTH, T.; BRIGGER, A.; GEROLD, P.; LARANJEIRO, L.; MORETTI, M.; MOSER, B.; REBETZ, M.; SCHMATZ, D.; SCHNEITER, G.; SCIACCA, S.; SIERRA, A.; WEIBEL, P.; ZUMBRUNNEN, T.; CONEDERA, M., 2010: Leben mit Waldbrand. *Merkbl. Prax.* 46: 16 S.
- Nr. 45: LÜSCHER, P.; FRUTIG, F.; SCIACCA, S.; SPIEVAK, S.; THEES, O., 2010: Physikalischer Bodenschutz im Wald. Bodenschutz beim Einsatz von Forstmaschinen. 2. Aufl. *Merkbl. Prax.* 45: 12 S.
- Nr. 44: FORSTER, B.; MEIER, F., 2010: Sturm, Witterung und Borkenkäfer. Risikomanagement im Forstschutz. 2. Aufl. *Merkbl. Prax.* 44: 8 S.
- Nr. 43: CSENCICS, D.; GALEUCHET, D.; KEEL, A.; LAMBELET, C.; MÜLLER, N.; WERNER, P.; HOLDEREGGER, R., 2008: Der Kleine Rohrkolben. Bedrohter Bewohner eines seltenen Lebensraumes. *Merkbl. Prax.* 43: 8 S.
- Nr. 42: DI GIULIO, M.; TOBIAS, S.; HOLDEREGGER, R., 2007: Landschaftszerschneidung in Ballungsräumen. Was wissen wir über die Wirkung auf Natur und Mensch? *Merkbl. Prax.* 42: 8 S.

Managing Editor

Martin Moritzi
Eidg. Forschungsanstalt WSL
Zürcherstrasse 111
CH-8903 Birmensdorf
E-mail: martin.moritzi@wsl.ch
www.wsl.ch/publikationen/

Layout:
Jacqueline Annen, WSL

Druck:
Sihldruck AG, Zürich