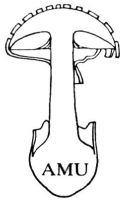


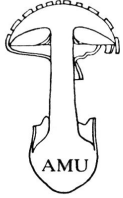
Mykorrhiza

Geschäft auf Gegenseitigkeit !?



Mykorrhiza (altgriechisch) = Pilzwurzel

- ◆ Symbiose zwischen Wurzeln höheren Pflanzen und Pilzen
- ◆ Mykorrhiza findet man bei ca. 90 % aller Landpflanzen
- ⇒ Pilz liefert Mineralien, Wasser an den Mykorrhiza-Partner
- ⇒ Pilz schützt die Wurzel vor parasitischen Pilzen
- ⇒ Partner stellt dem Pilzmyzel primäre Photosyntheseprodukte (ca. 15% der Gesamtproduktion; meist Glukose/Einfachzucker) zur Verfügung

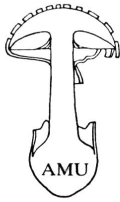


Begriff wurde 1885 von Prof. Albert Bernhard Frank geprägt

(„Über die auf Wurzelsymbiose beruhende Ernährung gewisser Bäume durch unterirdische Pilze“)

FRANK [1] stellt kurzgefasst folgendes fest:

- Bei gewissen Baumarten übernimmt ein mit dem gesamten Wurzelsystem in Symbiose stehendes Pilzmycenium die Ernährung des Baumes aus dem Boden.
- Der Pilz umhüllt die Wurzelspitzen vollständig und verhält sich wie ein zur Wurzel gehörendes, mit dieser organisch verbundenes peripheres Gewebe. Der Pilzmantel liegt der Wurzelspitze nicht bloß innig auf, sondern von ihm aus dringen Pilzfädchen auch in das Rindengewebe ein, nicht jedoch in die Zellen.
- Der ganze Körper ist also weder Baumwurzel noch Pilz allein, sondern ähnlich wie ein Thallus der Flechten eine Vereinigung zweier verschiedener Wesen zu einem einheitlichen morphologischen Organ, welches passend als **Pilzwurzel (Mykorrhiza)** bezeichnet werden kann.



Mykorrhiza-Typen

▪ Ektomykorrhiza

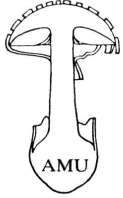
- Myzel formt eine Hülle (einen Mantel) um die Wurzelspitzen, dringt in das Rindengewebe der Wurzel ein, nicht jedoch in die Zellen

▪ Endomykorrhiza

- Myzel dringt mittels „Haustorien“ (Saugorgane von Schmarotzern) in die Wurzelzellen des Partners ein

▪ Versikular-arbuskuläre (VA-) Mykorrhiza

- Häufige Sonderform der Endomykorrhiza



Nutzen der Mykorrhiza für die Pflanze

Mykorrhiza

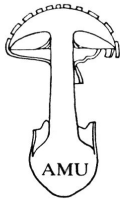
- ◆ verbessert Bodenstruktur
(Durchlüftung, Wasserdurchlässigkeit, Bakterien)
- ◆ ermöglicht Nährstoffaustausch zwischen den Bäumen

Pilzmyzel

- ◆ vergrößert den Einzugsbereich der Wurzel um das 10- bis 100-fache
- ◆ verbessert Wasser- und Nährstoffversorgung der Pflanze
- ◆ schützt die Pflanze vor parasitischen Erdpilzen (z. B. Hallimasch)

Pflanze

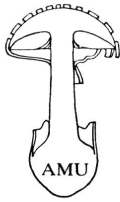
- ◆ kann Nährstoffangebot effizienter nutzen
- ◆ besitzt höhere Trockenstresstoleranz, erhält erhöhtes P-/N-Angebot
- ◆ hat erhöhte Widerstandskraft gegenüber Schadstofferregern



Arbeitsgemeinschaft Mykologie Ulm (AMU)

Gerd Fischer, 89160 Dornstadt

Ektomykorrhiza (Details)

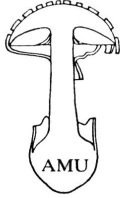


Ektomykorrhiza

- ◆ findet man bevorzugt an Baum- und Straucharten
- ◆ meist Basidiomyzeten mit z. T. breitem Wirtsspektrum
- ◆ bevorzugt oft +/-saure, nährstoffarme Böden
- ◆ meist empfindlich gegenüber Überwachsung durch saprophytische Pilze

Beachte:

- ◆ Kalkdüngung schädigt den Pilz $\Rightarrow$ Baum
- ◆ **Erst stirbt der Pilz, dann der Wald, dann der Mensch**



Partnerbeziehungen

◆ Pilz

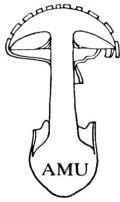
- teilweise auch auf nur eine Baum-/Strauchart fixiert,
z.B. Goldröhrling (*Suillus grevillei*)
---> „Europ. Lärche“ (*Larix decidua*)

◆ Baum/Strauch

- An wenigen Arten wurde bisher keine Mykorrhiza nachgewiesen.
- Ansonsten (meist/immer?) mit mehreren Pilzarten „verbandelt“

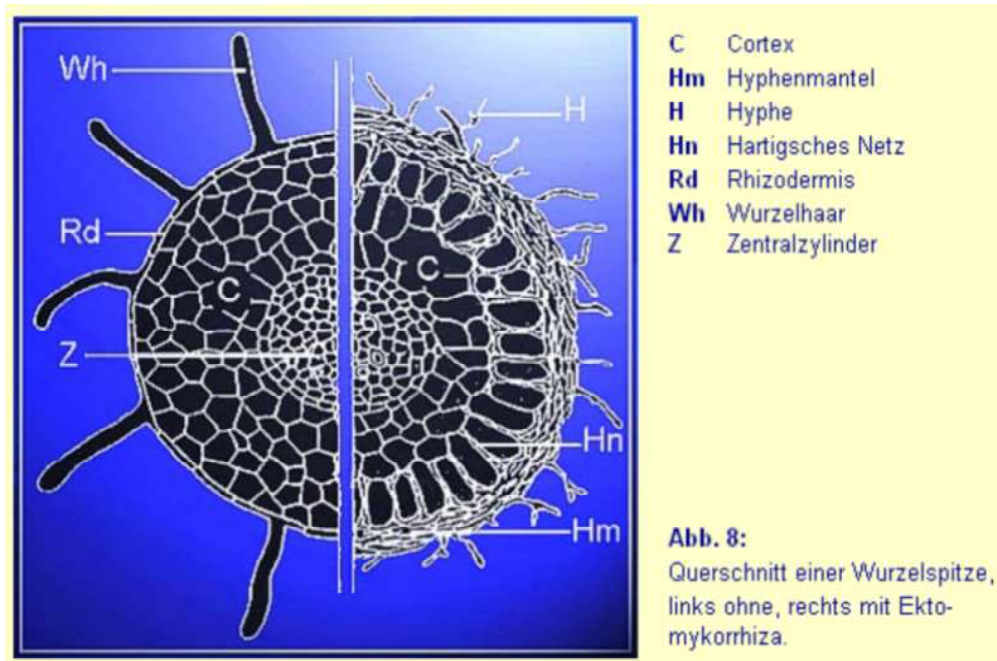
➤ Beachte:

- Es gibt zusätzlich noch „intime Dreierbeziehung“ (2 Pilzarten, 1 Baumpartner), bei denen eine Wechselwirkung der Myzelien beider Pilzarten beobachtet wurde.
- In der Populärliteratur wird dies als „(enge) Vergesellschaftung“ von Pilzarten bezeichnet.



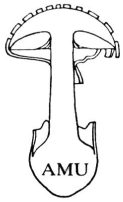
Nährstoffaustausch zwischen Baumwurzel und Pilz

➤ erfolgt im „Hartigischen Netz“



- Pilzmyzel ummanteln die Feinwurzel der Rinde
- Hyphen dringen zwischen den äußeren Zellen in die Wurzel ein
---> „Hartigisches Netz“
- Im „Hartigischen Netz“ erfolgt der Nährstoffaustausch
-
- Pflanze verzichtet auf die Bildung von Haarwurzeln

Quelle: <http://iabserv.biologie.uni-mainz.de/Rothe/mykorrhiza.htm>



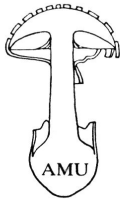
Baumwurzel bei Mykorrhiza



Abb. 3:
Ektomykorrhiza
von *Xerocomus*
chrysenteron an
Fagus sylvatica.

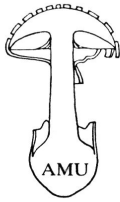
Quelle: <http://iabserv.biologie.uni-mainz.de/Rothe/mykorrhiza.htm>

- Feinwurzeln werden:
- Reduziert und „stummelartig“ verdickt

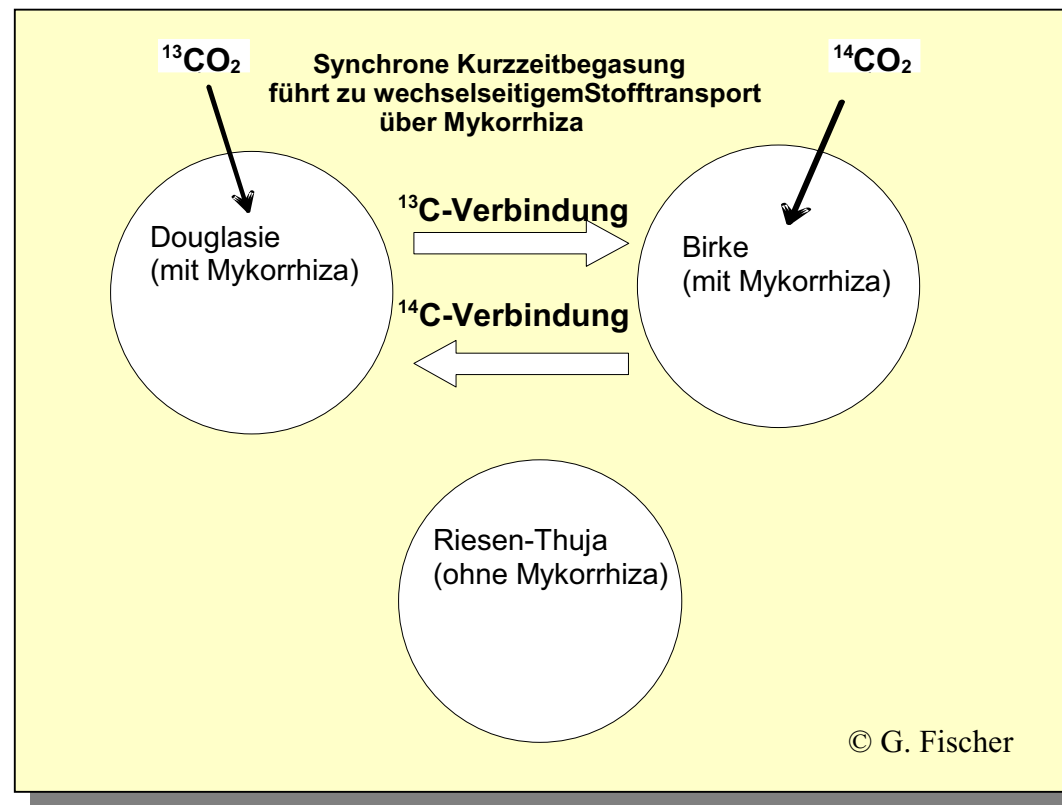


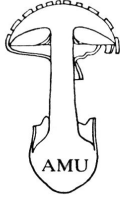
Stofftransfer zwischen Bäumen [2]

- In einem „Freilandversuch“ wurde gezeigt:
 - Zwischen durch „Mykorrhiza“ vernetzten Bäumen findet ein Stofftransfer statt
 - Schwächere oder „jüngere“ Bäume werden von Bäumen mit höherer Assimilationsleistung unterstützt
 - Das Pilzmyzel stabilisiert daher nicht nur Einzelbäume sondern auch das gesamte Ökosystem



Stofftransfer: Versuchsanordnung





Stofftransfer: Ergebnis

Die relative Photosyntheseleistung spielt eine Rolle

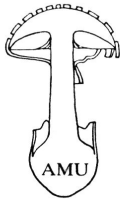
- ◆ Douglasien erhielten mehr C-Verbindungen von den Birken als umgekehrt
- ◆ Bei im Schatten stehenden Douglasien lag der Nettotransfer deutlich höher als bei Exemplaren, die im Licht standen

Stofftransfer über Vernetzung von Myzel der Mykorrhiza-Pilze

- ◆ Kein Transfer in nahestehende Riesentuja (ohne Mykorrhiza) nachweisbar

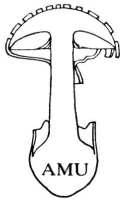
Selbstlose Partnerschaftshilfe ?

- ◆ Vermutlich nein.
 - Der gebende Partner bewahrt sich evtl. seinen Lebensraum
 - Transfer stabilisiert das Ökosystem



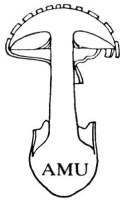
„Intime Dreiecksbeziehung“ (Vergesellschaftung)

zwischen zwei Pilzarten und ihrem Baumpartner

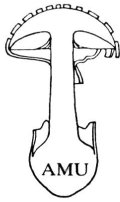


Beispiel 1:

- *Gomphidius roseus* (Rosenroter Schmierling),
- *Suillus bovinus* (Kuhröhrling),
- *Pinus silvestris* (Waldkiefer)



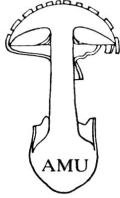
- Schon lange ist bekannt, dass beide Pilzarten eng miteinander vergesellschaftet sind und teilweise sogar die Stielbasen beider Arten miteinander verwachsen sein können
 - Auffällig ist, dass G. roseus (die seltenere Art) +-immer in der Nähe von S. bovinus fruktifiziert.
 - S. bovinus dagegen wird meist ohne G. roseus beobachtet.
 - Ok, die „Populärliteratur“ gibt für beide Pilzarten nur „Pinus sylvestris“ (Waldkiefer) als Baumpartner an.
- Doch anzunehmen, diese „Vergesellschaftung“ wäre Zufall und könnte mit dem „gemeinsamen Baumpartner“ oder „ähnlichen Bodenansprüchen“ begründet werden
---> **ist falsch!!!**



▪ **Suillus bovinus (Kuhröhrling)**

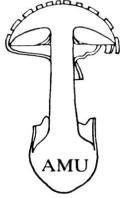
- Bildet eine „normale“ Ektomykorrhiza mit seinem „Baumpartner“ :
 - Das Myzel wächst radial vom Baum weg. Fruchtkörper werden an der Zuwachskante gebildet.
 - Der Nährstoffaustausch zwischen „Pilz und Baum“ erfolgt im „Hartigischen Netz“.

- Eine weitere Pilzart wird zur Fruchtkörperbildung nicht benötigt



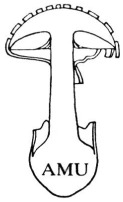
■ Gomphidius roseus (Rosenroter Schmierling)

- Zeigt nach [3] ein „parasitenähnliches“ Verhalten und ist zur Fruchtkörperbildung auf die Mithilfe von Suillus bovinus (Kuhröhrling) angewiesen:
 - Dringt in die Zellen des „Myzel-Mantels“ ein, den *S. bovinus* um die Feinwurzeln des Baumpartners legt.
 - Bildet im „Mantel-Innenbereich“ von *S. bovinus* Chlamydosporen (ungeschlechtliche Sporenform, die aus einer Hyphenanschwellung und – abschnürung entsteht).
 - Treibt letztendlich interzellulär stark verzweigte Haustorien (Saugorgane von Schmarotzern) in die Rindenzellen des Baumpartners.
 - Die Rhizomorphen von *S. bovinus* werden nicht infiziert



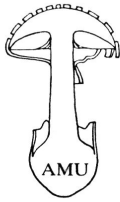
■ Gomphidiaceen (Gomphidius, Chroogomphus)

- Man hat Grund zur Annahme [3], dass alle europ. Arten ähnlich „intime Dreiecksbeziehungen“ eingehen:
 - Je nach Art sind sie spezifisch mit Arten der Gattungen Suillus (Schmierröhrlinge), Rhizopogon (Wurzeltrüffel) oder mit Boletinus cavipes (Hohlfuß-Röhrling) „verbandelt“.
 - Als „Baumpartner“ wird der Mykorrhiza-Partner des Pilzpartners gewählt.
- Beachte: Es gibt Pilzarten, z.B. „Fliegenpilz“ (Amanita muscaria), „Fichten-Steinpilz“ (Boletus edulis), die man oft gemeinsam am gleichen Standort finden kann.
 - > Dies ist keine „intime Vergesellschaftung“, da deren Myzelien unabhängig voneinander und „ohne gegenseitige Wechselwirkung“ wachsen.

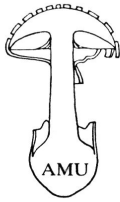


Beispiel 2:

- *Xerocomus parasiticus* (Schmarotzer-Röhrling)
- *Scleroderma citrinum* (Dickschaliger Kartoffelbovist),
- Baumpartner (???)



- Die „Populärliteratur“ verschweigt, dass X. parasiticus ein Mykorrhiza-Pilz (Dr. Ch. Hahn mündlich) ist:
 - Sein Problem ist, dass ihm sein Baumpartner nicht genügend Nahrung (Energie) zur Bildung von Fruchtkörpern zur Verfügung stellt.
 - > Und die fehlende Energie holt er sich, indem er „parasitisch“ S. citrinum besiedelt.

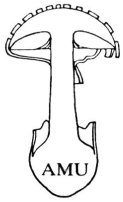


Beispiel 3:

- *Pulveroboletus lignicola* (Nadelholz-Röhrling),
- *Phaeolus spadiceus* (Kiefern-Braunporling),
- *Pinus silvestris* (Waldkiefer), u.a. Nadel-Bäume

Die „Literatur“:

- (1) verweist auf eine enge Vergesellschaftung von *P. lignicola* mit *P. spadiceus* (= *P. schweinizii*).
- (2) Bezeichnet *P. lignicola* als „holzzersetzenden“ Saprobiont [4], der nach anderen zitierten Quellen nur durch *P. spadiceus* teilzersetztes Holz abbaut.



Kiefern – Braunporling (Braunfäule)



„Einjähriger“, wurzelbürtiger (Schwäche-)Parasit/Saprobiont an Kiefer

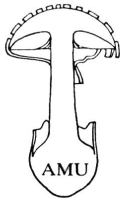


Aphylophorales

- Polyporaceae s. lat.

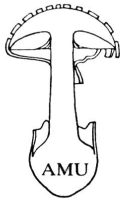
= Ph. schweinitzii (Fr.) Pat. 1900

Phaeolus spadiceus (Pers. 1800 : Fr. 1821) Rauschert 1988



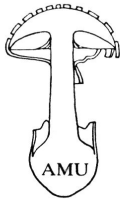
Kiefern – Braunporling

- Substrat: Vorwiegend (Wald)kiefer (80%), Fichte (10%), Tanne etc.
- Bevorzugt N-belastete Kiefernforste, Waldwege, Lichtungen, Parks
- Gefährdet sind insbesondere ältere, kränkelnde Bäume
 - Kann beträchtliche Schäden verursachen !!!
 - **Fruchtkörper im Wurzel-/Stammbereich**
 - **Intensiver Abbau (Braunfäule) von Kernholz**
 - Fäule steigt den Stamm hoch
 - Zersetztes Holz hat auffälligen Terpentingeruch
 - Wurzelbürtige Infektion, „Parasitische“ Infektions-**Potenz gering**
 - **Besiedlung bis in Finalphase**



Pulveroboletus lignicola (Nadelholz-Röhrling)





Pulveroboletus lignicola (Nadelholz-Röhrling)



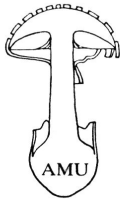
Sonderbar:

- Nach Literatur m.W. die einzige Röhrlingsart, die keine Mykorrhiza ausbildet soll !!!
- Jahrelang beobachtete ich eine enge Vergesellschaftung beider Pilzarten im Wurzelbereich einer Rot-Fichte (Picea abies).

➤ Aber, oh Wunder:

---> Nach Fällen der Fichte stellte P. lignicola die Fruchtkörper-Bildung vollständig ein, obwohl sein Pilzpartner weiterhin fruktifizierte.

??? Oder doch ein „Mykorrhiza-Pilz“, der zusätzlich zum
Pilzpartner einen noch lebenden Baumpartner benötigt ???



Mykorrhiza: Langjährige Partnerschaft?



Meist ja:

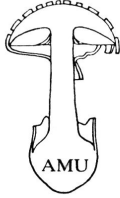
- **Und die ist so wirkungsvoll, dass bei Aufforstungen in schwierigem Gelände (z.B. Alpen) „myzelbeimpfte“ Jungbäume eingepflanzt werden.**



Aber es gibt Ausnahmen; z.B. Orchideen:

- **Sind in der Jugend ohne Mykorrhiza-Partner nicht lebensfähig.**

---> Und im Alter stellen sie teilw. die Bereitstellung der Nahrung für den Pilzpartner ein und „zuzzeln“ ihn aus.



Literatur:

- [1] A.B. FRANK (1885): Über die auf Wurzelsymbiose beruhende Ernährung gewisser Bäume durch unterirdische Pilze; Berichte der deutschen Bot. Gesellschaft, Band III, 128 – 145
---> <http://www.biologie.uni-hamburg.de/b-online/fo33/frank/frank.htm>
- [2] W. Hachtel (1998): Mykorrhiza vermittelt Stofftransfer zwischen Waldbäumen;
Spektrum der Wissenschaft (4):25-27
- [3] R. Agerer (2002): Die besonderen Beziehungen von Gomphidius roseus und seiner Verwandten, oder wie intim können Mykorrhiza-Pilze sein?; Der Tintling 30(Jg.7-1):12-20
- [4] G.J. Krieglsteiner (2000): Die Großpilze Baden-Württembergs Bd. 2; Ulmer Verlag
- [5] H. Butin (1996): Krankheiten der Wald- und Parkbäume; Thieme-Verlag
- [6] <http://iabserv.biologie.uni-mainz.de/Rothe/mykorrhiza.htm>
- [7] <http://www.biologie.uni-hamburg.de/b-online/myco/index.html>
- [8] <http://www.ipb-halle.de/myk/>
- [9] <http://de.wikipedia.org/wiki/Mykorrhiza>