

## Gemeinsame Sache im Untergrund: Teil 2 – Mykorrhiza

Dr. Dietmar Rupp Staatliche Lehr- und Versuchsanstalt für Wein- und Obstbau Weinsberg



Wurzel einer Rebe – manchmal ist sie auf die Hilfe der Mykorrhiza angewiesen

Man sieht sie nicht, und sie sind trotzdem da. Die Rede ist von den unzähligen Mikroorganismen, die in den Weinbergböden viele wichtige Funktionen erfüllen. Regenwürmer kennt jeder, aber

wenn es um den tatsächlichen Anteil an der Biomasse im Boden geht, dann sind Pilze und Bakterien mit 80 % deutlich in der Überzahl (Abb. 1).

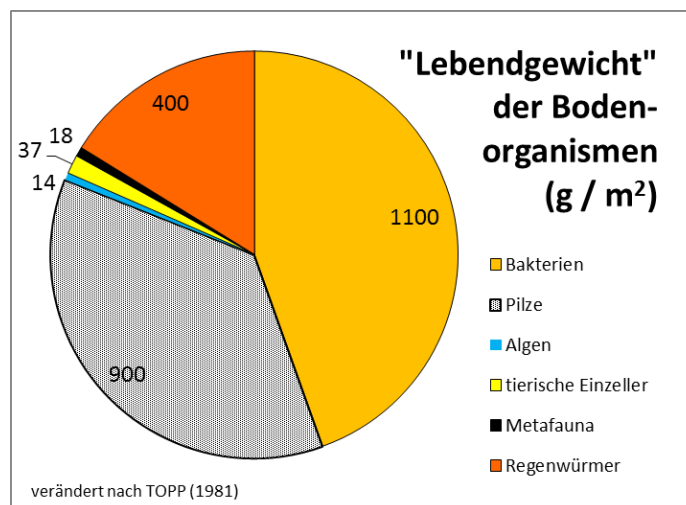


Abb. 1: Gut sichtbare Bodentiere sind Regenwürmer oder Laufkäfer. Achtzig Prozent der Biomasse entfallen jedoch auf Bakterien und Pilze

Bakterien haben sich an den Lebensraum Boden hervorragend angepasst. Ihre Lebensenergie beziehen sie vor allem aus dem Abbau und Umbau von organischer Substanz. Damit sind sie ein unverzichtbares Glied im Nährstoffkreislauf.

Blätter, Schnittholz, Mulchgut – alles was auf und in den Boden gelangt, wird von Bodentieren gefressen oder zernagt und am Schluss von Bakterien in die chemischen Einzelteile zerlegt oder zu wertvollen Huminstoffen umgebaut.

Für besondere Situationen haben spezialisierte Bakteriengruppen eigene Lösungen gefunden. Fehlt es etwa an Sauerstoff, dann können die denitrifizierenden Organismen den Nitratstickstoff ( $\text{NO}_3^-$ ) zu molekularem  $\text{N}_2$  verwandeln und dabei Sauerstoff und Energie gewinnen. Den umgekehrten Weg beschreiten die stickstoffsammelnden Bakterien, indem sie Luftstickstoff binden und in eine pflanzennutzbare Form bringen. Optimiert ist diese Technik bei den Rhizobien, die als „Knöllchenbakterien“ mit den Hülsenfrüchtlern (Leguminosen) in Symbiose zusammenleben. So können auf natürliche Weise auch magere Böden mit Stickstoff versorgt werden.



Abb. 2: Pfifferling-Fruchtkörper mit Mycel

### **Was die Eiche kann, kann die Rebe schon längst**

Neben Stickstoff ist Phosphor ein weiterer Baustein des Lebens. Phosphor steckt in der Erbsubstanz, in Zellmembranen und spielt eine Rolle bei Energieumsetzungen im tierischen und pflanzlichen Organismus. Vor allem in gut gedüngten Böden ist Phosphor oft reichlich vorhanden – aber für die Pflanzen schwer verfügbar. In sauren Böden verbindet sich das negativ geladene Phosphat mit  $\text{Fe}^{3+}$ - und  $\text{Al}^{3+}$ -Kationen, bei höheren pH-Werten kommt es zur Bildung von stabilen Calciumphosphaten. Damit aber nicht genug. Während Stickstoff in Nitratform mit dem Bodenwasser zu den Wurzeln strömen kann ist das wenige gelöste Phosphat von den Wurzeln kaum erreichbar. Die Diffusionsprozesse, mit deren Hilfe Phosphor zu den Wurzelhaaren wandern kann, reichen kaum weiter als zwei Millimeter. Wo man alleine nicht weiter kommt, benötigt man einen Partner. Daher sind bei mehr als vier Fünftel aller Pflanzen die Wurzeln mit Mykorrhiza-Pilzen vergesellschaftet. Steinpilz oder Pfifferling sind nichts anderes als die Fruchtkörper von Pilzen, die mit Waldbäumen in enger Symbiose leben. Während die wohlschmeckenden Teile der Pilze auf unserem Teller landen, bleibt das unterirdische und weit ausstreichende Mycel weitgehend verborgen (Abb. 2).

Bei der Kontaktaufnahme mit Gräsern, Stauden und Gehölzen haben sich zwei Formen herausgebildet: Bei der Ektomykorrhiza sind die Wurzeln von

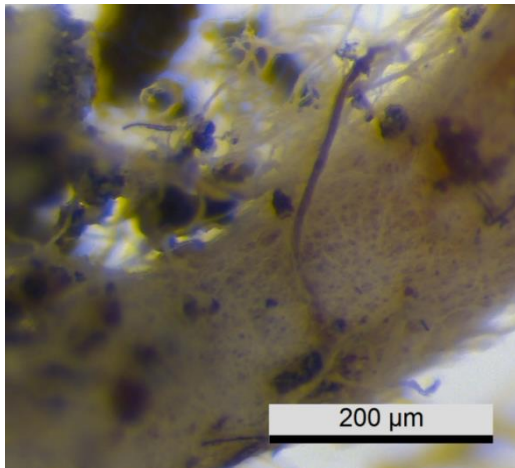


Abb. 3: Wurzel einer Tanne (Ausschnitt) mit dichtem, netzartigem Ektomycel

Die Pilzhyphen umschließen nicht nur die feinen Wurzeln, sondern besiedeln auch die Zellen innerhalb der Wurzelrinde. In mikroskopischen Aufnahmen zeigen sich die baumartigen Verästelungen (Arbuskel) des Pilzgeflechts ebenso sowie die kugelförmigen Speicherorgane (Vesikel). Typische Partner der Ektomykorrhiza sind

Bäumen und Sträuchern dicht von Pilzfäden umwoben (Abb. 3).

Verfestigt wird die netzartige Umhüllung dadurch, dass einzelne Hyphen in die Zellzwischenräume der Wurzelrinde einwuchern. Weniger Zurückhaltung kennt dagegen die endotrophe Mykorrhiza.

Waldbäume wie Fichte, Buche oder Eiche. Das Goldstück unter den Mykorrhizapilzen sind die Trüffel, die meist mit Stieleiche und Haselnuss vergesellschaftet sind. Den endotrophen AM-Pilzen (**A**rbuskuläre **M**ykorrhiza Pilze) werden weltweit etwa 200 Pilzarten zugerechnet, fast 90 % aller Pflanzenarten können mit Mykorrhizapilzen zusammenleben. Die Rebe gehört auch dazu.

Was ist was bei Pilzen ?	
Hyphen	Fadenförmige Zellen von Pilzen
Mycel	Gesamtheit der Pilzfäden, bei <i>Boletus edulis</i> , dem Steinpilz, ist der Fruchtkörper essbar, das Mycel steckt im Boden
Mykorrhiza	Symbiose aus Pilzhyphen und Pflanzenwurzeln (griech. <i>mýkēs</i> „Pilz“ und <i>rhiza</i> „Wurzel“)
Ektomykorrhiza	Pilzhyphen bilden ein netzartiges Gewebe, das die Feinwurzeln und Wurzelhaare äußerlich umschließt. Viele Gehölze (Fichte, Birke, Buche, Eiche, Hasel u.a.) leben in Symbiose mit ektotrophen (= „äußerlich ernährende“) Mykorrhizapilzen. Dazu gehören z.B. Fliegenpilz, Steinpilz, Pfifferling, Trüffel
AM-Pilze bzw. VA-Mykorrhiza	Einige Pilzhyphen dringen in lebende Wurzelzellen ein. Dort bilden sie Speicherorgane ( <b>V</b> esikel) und baumartige Verzweigungen ( <b>A</b> rbuskel). Die Pilze gehören meist zur Gattung <i>Glomus</i> . Pflanzliche Partner sind viele Gräser und Kräuter, Ericaceen (Heidekrautgewächse, Heidelbeere), <b>Rebe</b>

## Geben und Nehmen im Untergrund

Wie bei der Symbiose von Hülsenfrüchtlern (Leguminosen) und stickstoff-sammelnden Bakterien, basiert auch das Zusammenleben von Pflanzen und Pilzen auf einem gegenseitigen Tauschgeschäft. In Form von Kohlenhydraten gibt die Pflanze Energie an den Pilz. Das weitverzweigte Pilzgeflecht liefert im Gegenzug Phosphat, Wasser, Spurenelemente und in einigen Fällen sogar Stickstoff. Einige Baumarten sind ohne Mykorrhiza kaum lebensfähig und es gibt Anzeichen, dass in vielen Fällen das intensive Mycelgeflecht die Wurzeln ersetzt. Pilzhyphen sind dünner als Wurzelhaare und können in feine Bodenporen eindringen. Wo das Mycel den Humushorizont erschlossen hat, können pilzliche Enzyme die schwer löslichen organischen P-Depots knacken. Mit dem gleichen Trick können die Pilze die stabilen Ligninmoleküle angreifen und so zur Zersetzung und zum Abbau von Holz beitragen.

Der Untergrund-Kooperation von Pflanzen und Pilzen kam man im Zusammenhang mit der Leguminosenforschung vor gut 120 Jahren auf die Spur. In der Folge wurden die grundlegenden Arbeiten von Biologen und Forstwissenschaftlern auch in den Weinbau übertragen. Im Vordergrund standen dabei zunächst eine Nutzung im Bereich der Pflanzgut-

gewinnung und eventuelle Vorteile bei der Neuanpflanzung von Reben.

Untersuchungen zeigten, dass bei Reben vorwiegend Pilzarten der Gattung *Glomus* anzutreffen sind. Wurde zuvor sterilisierte Pflanz Erde mit *Glomus*-Sporen versetzt, so zeigten die beimpften Topfreben ein erkennbar besseres Wachstum. War die Pflanz Erde jedoch nährstoffreich und enthielt ausreichend Phosphat, dann war der Effekt kaum wahrnehmbar (Abb. 4). Dies deckt sich mit Beobachtungen im Freiland, wonach sich bei hohen verfügbaren P-Werten nur eine mäßige Mykorrhizierung der Rebenwurzeln finden lässt. Um die Mykorrhiza zu fördern, wurde wiederholt angeregt, bereits die Pfropfreben zu beimpfen. Einen der vielzähligen entsprechenden Pflanzversuche unternahm auch die LVWO Weinsberg Ende der 1990er Jahre. Wie vergleichbare andere brachte er magere Ergebnisse. Offenbar hat die Rebe einen ausgeprägten Geschäftssinn: bei einem hohen Phosphorangebot im Boden werden zusätzliche Kohlenhydratabgaben an den pilzlichen Partner einfach eingespart. Dass eine gut arbeitende Mykorrhiza tatsächlich „Kosten“ verursacht, zeigen Berechnungen aus der Waldforschung: im Extremfall dient etwa ein Drittel der photosynthetisch gewonnenen Kohlenhydrate eines Mischwaldes zur Ernährung der Mykorrhizapilze.



Abb. 4: Bei der Topfanzucht oder in der Rebschule können Reben mit Mykorrhiza beimpft werden. Auf phosphatreichen Standorten sind anhaltende Effekte kaum zu beobachten

### Es gibt auch gute Pilze

Die gefährlichsten Schaderreger am Rebstock, *Oidium* und *Peronospora*, gehören zu den Pilzen und auch beim Esca-Komplex sind holzerstörende Pilze am Werk. Umso rätselhafter erscheint daher das friedliche Zusammenleben von Mykorrhizapilzen und Rebwurzeln. Während die Mycelien von Falschem und Echem Mehltau in lebende Blattzellen eindringen und diese zerstören, leben die *Glomus*-Pilze in einer Art Selbstbeschränkung mit und in den intakten Pflanzenzellen. Obwohl das Rindengewebe von Wurzeln oft vollständig von Pilzhyphen durchwuchert ist, dringen keine Pilzfäden bis in die lebenswichtigen Leitbahnen vor (Abb. 5). Sieht man vom „Betriebsstoff“, der nötigen Abgabe von Kohlenhydraten ab, dann haben Reben bei guter Mykorrhizierung große Vorteile. Als Ergebnis aktueller Forschungsarbeiten wurde die Verbesserung der Phosphor-

und Wasserversorgung mehrfach bestätigt. Beim Anbau von Tafeltrauben im heißen Klima zeigten mykorrhizierte Reben eine erhöhte Salztoleranz. Andere Untersuchungen ergaben, dass mit Hilfe des Pilzgeflechtes im Boden die Chloroseanfälligkeit spürbar verringert wurde. Arbeiten mit radioaktiven Isotopen bewiesen in einem Fall sogar die Weitergabe von Stickstoff von Begrünpflanzen zur Rebe über das Mykorrhiza-Mycel. Beachtenswert sind Ergebnisse, wonach mykorrhizierte Reben eine erhöhte Abwehr gegenüber Schaderregern entwickeln können. Noch weiter gehen Beobachtungen zur Haltbarkeit beziehungsweise zur oxidativen Stabilität von fertigem Wein: So wurde unlängst gezeigt, dass durch die Mykorrhizasymbiose der Phenolstoffwechsel der Rebe angeregt wird, was eine verbesserte Weinqualität zur Folge haben kann. Die Aktivität von Pilzen und Bakterien im Boden ist in

jedem Weinberg je nach Lage, Humusqualität, Klima und Bewirtschaftung auf besondere Weise entwickelt. Wer einen Einfluss von weinbergsspezifischen Hefen

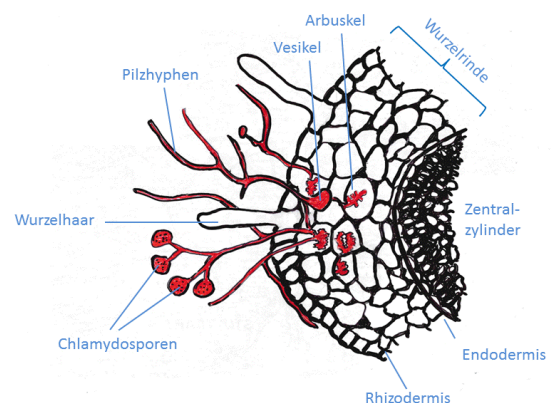
### Rein praktisch: kann man Mykorrhiza fördern ?

Rein praktisch bleibt festzuhalten, dass in besonderen Situationen (Trockenheit, P-Mangel) die Mykorrhizierung der Rebwurzeln sicher unbemerkt vorkommt und den Rebstöcken helfen kann. Bei flächendeckenden Erhebungen waren die Rebwurzeln fast immer mit demselben Mykorrhizapilz infiziert. Zusätzliche Pilzarten konnten unter Dauerbegrünungen mit einem deutlichen Kräuteranteil gefunden werden. Untersuchungen zur Wirkung von Fungiziden ergaben keinen Rückgang der Gesamt-Mykorrhizierung, wohl aber in einem Fall die Verschiebung der Artenzusammensetzung. AM-Pilze ( Abb. 5) gehören zum natürlichen Umfeld der Rebe. Mit Sicherheit ist die Symbiose zwischen Rebe und Pilz ein wichtiger Teil im Wirkungsgefüge der Rebenernährung. In unserem modernen, auf Optimierung ausgerichteten Anbausystem wird die

auf die spätere Gärung annimmt, kann im nächsten Schritt neben den Einflüssen von Lage und Kleinklima auch ein „mikrobielles Terroir“ vermuten.

Ausprägung von Mykorrhiza-Effekten jedoch meist durch andere Wachsfaktoren unterdrückt. Bei schlechten oder besser gesagt für die Mykorrhiza förderlichen Bedingungen wird es zu einer natürlichen Besiedlung kommen. In Anbetracht des hohen Aufwandes und der erreichbaren Ergebnisse dürfte eine gezielte, zusätzliche Beimpfung von Pfropfreben kaum Vorteile bringen. Es scheint sinnvoller, bereits im Jungfeld die Wuchsbedingungen für die Reben optimal zu gestalten. Dies beginnt bei einer schonenden Pflanzfeldvorbereitung und reicht über eine fachgerechte Pflanzung mit gutem Bodenschluss bis zur Schonung des noch nicht abgesetzten Bodens und einer bedarfsgerechten, aber keinesfalls zu üppigen Wasserversorgung. Gelingt es, eine artenreiche Begrünung mit hohem Kräuteranteil zu etablieren, wird die eine oder andere *Glomus*-Spore den Weg zu den Rebenwurzeln finden.

Abb. 5: Wurzel im Querschnitt (schematisch). Die AM-Mykorrhiza der Rebe besiedelt die gesamte Wurzelrinde. In den Zellen bilden die Pilze baumartige Verzweigungen (Arbuskel) und Speicherkörper (Vesikel). Die lebenswichtigen Leitbahnen im Zentralzylinder der Wurzel bleiben pilzfrei





Begrünungen mit hohem Kräuteranteil fördern die Mykorrhizierung der Rebenwurzeln