



Abb. 1: Bauminseln von Fichten



Abb. 2: Ektomykorrhizen

©Otgonsuren (3)

# Mykorrhizen – Vergesellschaftung in der Unterwelt

Die Mykorrhiza-Forschung hat über die Artenzusammensetzung in unterschiedlichen Regionen und Höhenstufen schon Erstaunliches zutage gefördert. Über die Ökosystemfunktion von Ektomykorrhiza-Gesellschaften tappt man jedoch weiterhin im Dunkeln.

Waldgrenzen kommen sowohl in Gebirgen als auch in der Arktis und Antarktis vor. Sie bilden den Übergang von Wald zur Tundra und somit von baumdominierten zu strauch- und grasdominierten Ökosystemen. Manchmal markieren Waldgrenzen einen scharfen Übergang von den subalpinen Baumbeständen, die von Fichten und Lärchen dominiert sind, zu den Alpenzonen, die von Sträuchern und Gräsern geprägt sind. Ein andermal kennzeichnen sie den Wechsel von Gruppeninseln von Fichten zu Sträuchern und Gräsern (Abb. 1). Beide Waldgrenzenformen kommen sowohl in Gebirgen als auch in hohen Breitengraden vor, jedoch mit unterschiedlicher Ausdehnung. Während in den Alpen der Wechsel vom Hochwald zur alpinen Zone innerhalb weniger Kilometer erfolgt, erstreckt sich dieser Übergang in hohen Breitengraden über mehrere Hundert Kilometer.

## Veränderungen in der „Unterwelt“

Baumgrenzen bilden nicht nur einen Übergang der oberirdischen Vegetation, sondern auch eine Verschiebung der Dominanz der unterschiedlichen Mykorrhizenformen. Die an der Baumgrenze vorkommenden Baumarten Fichte (*Picea abies*), Latschen-Kiefer (*Pinus mugo*), Zir-

### kurz gefasst

- Baumgrenzen bilden nicht nur einen Übergang der oberirdischen Vegetation, sondern auch eine Verschiebung der Dominanz der unterschiedlichen Mykorrhizenformen.
- Das Vorkommen von Pilzfruchtkörpern steht in keinem Zusammenhang mit der unterirdischen Artzusammensetzung von Ektomykorrhizen.
- Noch können keine eindeutigen Aussagen über die Ökosystemfunktion von Ektomykorrhizen-Gesellschaften gemacht werden.

belkiefer (*Pinus cembra*) und Lärche (*Larix decidua*) bilden Ektomykorrhizen. Dagegen bilden Sträucher wie Alpenrose (*Rhododendron*), Heidelbeere (*Vaccinium myrtillus*), Preiselbeere (*Vaccinium vitis-idaea*) und Besenheide (*Calluna vulgaris*) Ericoide Mykorrhizen. Gräser tragen noch eine weitere Form von Mykorrhizen, nämlich die Arbuskulär-Mykorrhizen.

Die Ektomykorrhizen stellen in mitteleuropäischen Wäldern die am häufigsten vorkommende Mykorrhizenform dar (Abb. 2). Die Wurzelspitzen dieser Bäume sind von Pilzmyzel umhüllt, das einen

dichten Hyphenmantel bildet. Dabei dringen die Hyphen aber nicht in die Zellen der Wurzelrinde ein. Der Hyphenmantel gibt den Ektomykorrhizen je nach Art eine charakteristische Farbe und Form und ermöglicht so eine Bestimmung der Pilzarten bis zur Gattung oder Art. Bei Arbuskulären-Mykorrhizen dringt ein Teil der Hyphen des Pilzes in die Zellen der Wurzelrinde des Pflanzenpartners ein und bildet Arbuskeln (Abb. 3). Die Strukturen von Ericoide Mykorrhizen bilden Formen, die zwischen der Arbuskulären und der Ektomykorrhiza liegen. Die Hyphen umhüllen die Wurzel mit einem lockeren Hyphengeflecht, aber in den Zellen der Wurzelrinde bilden sie knollenähnliche Strukturen (Abb. 4).

## Bis 50 Mykorrhizaarten an Fichte

Diese drei Formen von Mykorrhizen werden von verschiedenen Familien von Pilzarten gebildet. Ektomykorrhizen und Ericoide Mykorrhizen werden zum Teil von den gleichen Pilzarten hervorgebracht. Arbuskulär-Mykorrhizen werden nur von wenigen Pilzarten gebildet, während Ektomykorrhizen mehrere Hundert Pilzarten sein können und so an Wurzeln ganze Ektomykorrhizen-Gesellschaften entstehen. Zum Beispiel kann man an Wurzeln in Fichtenbeständen im Alpenraum ohne

Weiteres 30 bis 50 Pilzarten finden. Wie sich die Ektomykorrhizen-Gesellschaften zusammensetzen, hängt von der Baumart und den Umweltbedingungen ab. Untersuchungen über die Artenzusammensetzung der Ektomykorrhizen-Gesellschaften sind in der Vergangenheit ausschließlich durch das Sammeln von Pilzfruchtkörpern durchgeführt worden.

In Pionierarbeiten, die Univ.-Prof. Michael Moser in den 1960er-Jahren in den österreichischen Alpen durchgeführt hat, hat man allgemeine Unterschiede in der Artenzusammensetzung der Ektomykorrhizen zwischen der alpinen und der subalpinen Zone erkannt. Es hat sich jedoch gezeigt, dass das Vorkommen von Pilzfruchtkörpern in keinem Zusammenhang steht mit der unterirdischen Artenzusammensetzung von Ektomykorrhizen an Wurzeln steht. Dies lässt sich damit erklären, dass manche Ektomykorrhizenzpilze häufig Fruchtkörper bilden und manche eher selten. Außerdem werden nicht alle Ektomykorrhizen von Fruchtkörper bildenden Basidiomyzeten gebildet, sondern auch von Ascomyzeten, die keine Fruchtkörper bilden. Nur wenn man die Artenzusammensetzung der Ektomykorrhizen im Boden kennt, kann man auch ihre funktionelle Bedeutung im Waldökosystem erforschen. Neuere Untersuchungen an Ektomykorrhizen an Wurzeln mittels morphologischer und molekular-biologischer Bestimmungsmethoden haben gezeigt, dass die Baumarten der Waldgrenze zum Teil völlig unterschiedliche Ektomykorrhizen-Gesellschaften ausbilden.

### Höhengradient bei Mykorrhizen

Bei Fichten sind deutliche Unterschiede in Ektomykorrhizen-Gesellschaften in unterschiedlichen Höhenlagen zu finden. Vergleichende Untersuchungen am Wasserberg von Stift Heiligenkreuz haben gezeigt, dass Fichtenaltbestände bei einer Höhenlage von etwa 1500m von Pilzarten wie Täublingen (*Russula*) dominiert werden, während in geschlossenen Fichtenaltbeständen in 1700m Höhe Täublinge und Amphinema die am häufigsten vorkommenden Pilzgattungen sind. Bei Gruppen von Fichten, umgeben von Sträuchern und Gräsern, die zwischen der Waldgrenze und der Baumgrenze wachsen, ist die am häufigsten vorkommende Pilzgattung jene der Schleierlinge (*Cortinarius*). In dieser Zone zwischen der

Waldgrenze und der Baumgrenze kommt die Latschen-Kiefer vor und bildet am häufigsten Ektomykorrhizen mit Wulstlingen (*Amanita*) und mit Pilzen der Gattung *Tylospora*, die beide keine auffälligen Pilzfruchtkörper bilden. Obwohl es Pilzarten gibt, die bei verschiedenen Baumarten in unterschiedlicher Häufigkeit vorhanden sind, gibt es auch Pilzarten, die bei allen Baumarten vorkommen, zum Beispiel der Zitronen-Täubling (*Russula ochroleuca*). Unter Latschen-Kiefer sind sehr oft im Spätsommer Fruchtkörper von Körnchen-Röhrling (*Suillus granulatus*) zu finden, allerdings bildet diese Pilzart nur sehr spärlich Ektomykorrhizen. Ebenso haben frühere Untersuchungen von Univ.-Prof. Kurt Haselwandter von der Universität Innsbruck gezeigt, dass mehrere Arten von Röhrlingen als Fruchtkörper unter der Zirbelkiefer zu finden sind. Untersuchungen der Wurzel ergaben, dass Röhrlinge als Ektomykorrhizen vorkommen, aber sie sind selten.

### Hohe Toleranz gegen Kälte

Wiederum ist die Ektomykorrhizen-Gesellschaft der Zirbelkiefer von Täublingen und Schleierlingen dominiert. An der Zirbelkiefer konnte auch der ascomyzetische Pilz *Helotiales* nachgewiesen werden. In vergleichenden Untersuchungen konnte dieser Pilz auch als Ektomykorrhiza an der der Zirbelkiefer nahe verwandten Sibirischen Kiefer (*Pinus sibirica*) in Wäldern der Mongolei nachgewiesen werden. Der Pilz *Helotiales* ist eher bekannt als ein Pilzsymbiont der Vegetation in der arktischen Tundra, und dies deutet darauf hin, dass solche Arten eine hohe Toleranz gegen Kälte besitzen können. Schon in den 1950iger-Jahren konnte Moser eine viel höhere Kälteresistenz in Pilzstämmen von Körnchen-Röhrlingen von Hochlagen als in jenen von Tallagen nachweisen. Es konnte aber nicht durchgehend gezeigt werden, dass Pilze an der Waldgrenze eine höhere Kälteresistenz aufweisen als Pilze in tieferen Lagen. Es bleibt weiterhin zu klären, ob die Veränderung der Ektomykorrhizen-Gesellschaften an der Waldgrenze eine funktionelle Anpassung an Bodenkälte oder Gefrierereignisse ist. Messungen der Bodentemperatur am Wasserberg haben gezeigt, dass der Unterschied in der Bodentemperatur zwischen 1500m und 1800m im Mittel bei ca. 1.5 °C liegt und relativ konstant bleibt. Es ist bisher nicht be-

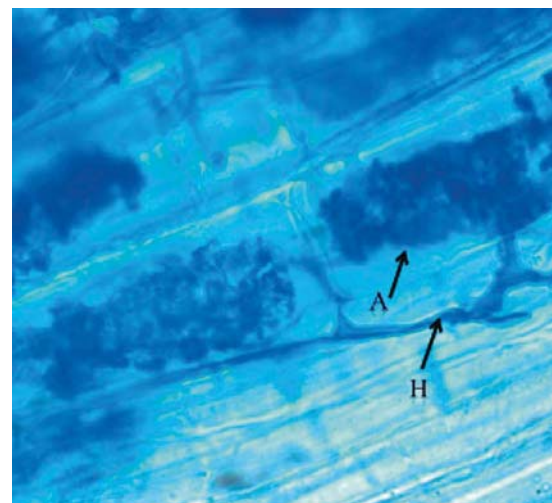


Abb. 3: Arbuskulär-Mykorrhizen – „H“ zeigt einen Pilzhyphen, „A“ einen Arbuskel ©Gezahagn Getachew



Abb. 4: Ericoide Mykorrhizen

kannt, ob in kalten, schneearmen Wintern eine größere Ausprägung dieses Unterschieds vorkommen kann. Der gegenwärtige Stand der Forschung erlaubt es zurzeit nicht, eindeutige Aussagen über die Ökosystemfunktion von Ektomykorrhizen-Gesellschaften zu machen. ■

**Douglas L. Godbold, Lixia Wang, beide Universität für Bodenkultur Wien, Institut für Waldökologie, 1190 Wien, douglas.godbold@boku.ac.at**  
**Burenjargal Otgonsuren, Mongolian University of Life Science, Department of Ecology, Ulaanbaator, Mongolei**

Literatur kann beim Verfasser angefordert werden