

Wo die Liebe hinfällt oder Wie die Ektomykorrhiza-Spore ihre Wurzel findet

HANS HALBWACHS & CLAUS BÄSSLER

HALBWACHS H, BÄSSLER C (2015): Romance by chance, how an ectomycorrhizal spore finds its rootlet. *Zeitschrift für Mykologie* 81/2: 451-459.

Key words: Ectomycorrhiza, diaspores, traits, dispersal, establishment, adaptation, phylogeny, ecology

Summary: The authors bade farewell to the still and ever present notion that wind is the most important or even the only dispersal agent, particularly in the case of ectomycorrhizal fungi. This is the result of an investigation, which starts with spore traits and an interpretation of their ecological functions. In this vein spore traits of ectomycorrhizal fungi are connected to their symbiotic lifestyle and are compared with spores of saprotrophic fungi. The symbiotic mode entails that the spores need to reach vicinity of their host roots. For this a range of possibilities and their dispersal potential are described. Finally further research needs are outlined.

Zusammenfassung: Die Autoren verabschieden sich von dem allgegenwärtigen Bild, dass Wind das wesentliche bzw. einzige Medium zur Sporenverbreitung ist, vor allem bei Ektomykorrhizapilzen. Dies ist das Ergebnis einer Betrachtung, die von Sporenmerkmalen ausgeht und diese in ihren ökologischen Funktionen interpretiert. In diesem Sinne werden Sporeneigenschaften von Ektomykorrhizapilzen mit ihrer symbiotischen Lebensweise in Verbindung gebracht und mit Sporen saprotropher Pilze verglichen. Die symbiotische Lebensweise erfordert, dass die Sporen in die Nähe von Wurzeln des Wirtes gelangen müssen. Eine Reihe von Möglichkeiten und deren Ausbreitungspotentiale werden aufgezeigt. Ausgehend wird weiterer Forschungsbedarf skizziert.

Einführung

Organismen bilden ökologische Gruppen (Gilden), die generell durch ihre Ernährungsweise (Trophie) und ihr Konkurrenzverhalten geprägt sind (SIMBERLOFF & DAYAN 1991). Die Trophie z. B. von Pflanzen hat während ihrer Evolution zu spezifischen morphologischen Anpassungen geführt, auch im Hinblick auf ihre Verbreitungsstrategien. Die Weißbeerige Mistel z. B. ist ein Halbschmarotzer, der auf lebende Laubbäume als Substrat angewiesen ist und deshalb rundliche und klebrige Samen entwickelt (MEHRVARZ et al. 2012), die von Vögeln verbreitet werden. Anders die Samen von Ahornarten. Sie sind geflügelt und haben damit eine optimale Form für eine Verbreitung durch Wind. Diese Beispiele zeigen, warum es wichtig ist, sich Merkmale z. B. von Pilzsporen anzusehen, deren Morphologie eine bemerkenswerte Vielfalt aufweist (s. Abb. 1).

Anschrift der Autoren: Hans Halbwachs, Deutsche Gesellschaft für Mykologie, Danziger Str. 20, D-63916 Amorbach, Deutschland, Korrespondierender Autor: halb.wax@onlinehome.de; Claus Bässler, Nationalpark Bayerischer Wald, Freyungerstr. 2, D-94481 Grafenau, Deutschland, Telefon: ++49-8552-9600-157, Fax: ++49-8552-960010.

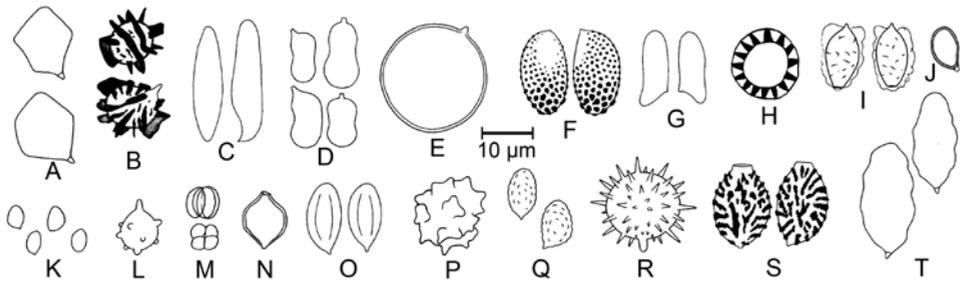


Abb. 1: Beispiele für die unglaubliche Vielfalt von Basidiosporen. (A) *Entoloma parasiticum* (Quél.) Kreisel, (B) *Lactarius pterosporus* Romagn., (C) *Lepiota magnispora* Murrill, (D) *Hygrocybe quieta* (Kühner) Singer, (E) *Cyphella digitalis* (Alb. & Schwein.) Fr., (F) *Cortinarius obsoletus* Kühner, (G) *Lepiota castanea* Quél., (H) *Fayodia bisphaerigera* (J.E. Lange) Singer, (I) *Coprinopsis laanii* (Kits van Wav.) Redhead, Vilgalys & Moncalvo, (J) *Rhodocollybia fodiens* (Kalchbr.) Antonín & Noordel., (K) *Rugomyces chrysenteron* (Bull.) Bon, (L) *Mycenella bryophila* (Voglino) Singer, (M) *Clitocybe diatreta* (Fr.) P. Kumm., (N) *Conocybe striatipes* (Speg.) Singer, (O) *Clitopilus scyphoides* (Fr.) Singer, (P) *Inocybe multicoronata* Quél., (Q) *Rhodocybe caelata* (Fr.) Maire, (R) *Laccaria tortilis* (Bolton) Cooke, (S) *Coprinus silvaticus* Peck, (T) *Entoloma strigosissimum* (Rea) Noordel.
(Nach KNUDSEN & VESTERHOLT 2012, mit freundlicher Genehmigung von Henning Knudsen)



Abb. 2: Stinkmorchel (*Phallus impudicus* L.), deren Gleba nach Aas riecht und v. a. Fliegen anzieht (Foto: BIRGER FRICKE 2005, Wikimedia Commons)

Merkmale weisen auch bei Pilzen auf Anpassungen hin, die mit ihren trophischen Eigenschaften einhergehen können. Damit werden Einzelheiten in der Lebensweise der Gilden deutlicher. So dienen Pilzsporen der Ausbreitung und der Aufrechterhaltung genetischer Vielfalt, unabhängig von der ökologischen Gilde. Wir haben alle gelernt, dass sich v. a. die Sporen der Großpilze durch Wind verbreiten. Aber stimmt dies auch für alle Gilden? Sporen von Ektomykorrhizapilzen müssen höhere Hürden als die meisten saprotrophen Pilze überwinden, um sich auf ihrem Substrat bzw. an ihren Symbiosepartner zu etablieren, also dessen Feinwurzeln. Da diese nicht freiliegen, sind Ektomykorrhizasporien bei ihrer Ausbreitung auf mehr als nur den Wind angewiesen (HALBWACHS & BÄSSLER 2015). Aber auch einige saprotrophe Arten nutzen Alternativen, wie z. B. die Stinkmorchel, deren Sporen durch Insekten verbreitet werden (Abb. 2).

Sporenmerkmale und Gilden

Zunächst haben wir untersucht, ob es Unterschiede bei den Sporenmerkmalen saprotropher und mykorrhizabildender Großpilze gibt. Dazu haben wir die Sporenmerkmale von mehr als 600 europäischen Arten zusammengetragen und sie nach den beiden Gilden getrennt statistisch analysiert. Der erste auffällige Befund war, dass Sporen der Ektomykorrhizapilze im Durchschnitt größer und runder sind (BÄSSLER et al. 2014). Allerdings scheint dies primär nicht das Ergebnis einer Anpassung zu sein, weil diese Merkmale – so unsere Analyse – im phylogenetischen Stammbaum tief verwurzelt sind. Dies bedeutet jedoch nicht automatisch, dass diese Eigenschaften irrelevant für die Lebensweise von Ektomykorrhizapilzen sind. Sie könnten im Laufe der Evolution den Übergang von einer saprotrophen zu einer mutualistischen Lebensweise gefördert haben („Exaptation“, „Präadaptation“, siehe LEVIN 2009: 97-100), so wie z. B. die wärmeisolierende Befiederung von Sauriern wahrscheinlich zur Entwicklung der Vögel geführt hat.

Weitere Untersuchungen (HALBWACHS et al. 2014) haben ergeben, dass die Sporen von Ektomykorrhizapilzen deutlich häufiger ornamentiert sind und dünnere Sporenwände haben. Außerdem zeigen sie keine Keimsporen. Dunkle (melanisierte) Sporen kommen in beiden Gilden zu etwas mehr als 50 % vor.

Um beurteilen zu können, welche ökologische Bedeutung solche Eigenschaften haben (können), haben wir uns in der Literatur umgeschaut (Tabelle 1). Es fiel dabei auf, dass über Sporeneigenschaften vergleichsweise wenig geforscht wurde und wird, so dass unsere Interpretationen auch von Plausibilitätsüberlegungen geprägt sind. Siehe dazu auch eine umfangreiche Darstellung in HALBWACHS & BÄSSLER (2015).

Tabelle 1: Sporeneigenschaften und ihre ökologischen Funktionen.

Sporeneigenschaft	Funktion
Größe (Volumen)	Große Sporen enthalten mehr Nährstoffe als kleine und zeigen eine höhere Überlebensdauer (Dormanz) (CARLILE et al. 2001: 233f; DEACON 2005: 185). Kleine Sporen fliegen weiter und können dabei besser Hindernisse umgehen (TULLOSS 2005).
Form (Länge/Breite)	Kugelige Sporen weisen eine geringere Oberfläche auf, als längliche mit vergleichbaren Volumina (CARLILE et al. 2001: 234). Dies verlängert die Überlebensfähigkeit, weil weniger Oberfläche für mikrobielle Attacken geboten wird. Längliche Sporen fliegen weiter (INGOLD 1965: 14f).
Ornamentierung	Ornamentierte Sporen sind generell hydrophob (Lotuseffekt!), was die Verbreitung durch Nebeltröpfchen (GREGORY 1973: 67), Boden-Invertebraten (WÖSTEN & WESSELS 1997) und andere Tiere fördert (LILLESKOV & BRUNS 2005). Ornamentierung kann auch die Haftung an Substraten oder Vektoren fördern (JENNINGS & LYSEK 1999: 119, 123). Ornamentierung spielt wahrscheinlich nur dann eine Rolle bei der Verbreitung durch Luftströme, wenn diese sehr gering sind. Die Form ist offenbar dafür wichtiger (vergl. ROPER et al. 2008).

Wanddicke	Sporen mit dicken Wänden sind besser geschützt als dünnwandige, besonders wenn sie durch den Verdauungstrakt von Tieren gehen (GARNICA et al. 2007). Die gleichen Autoren vermuten, dass dicke Sporenwände und Melanisierung eng korreliert sind. Dünnwandige Sporen keimen bereitwilliger als dickwandige (TULLOSS 2005).
Pigmentierung	Melanisierte Sporen sind besser gegen UV-Strahlung während der Verbreitung durch Wind (DURRELL 1964; VELLINGA 2004) gegen Austrocknung (ZHDANOVA et al. 1980) und Extremtemperaturen geschützt (REHNSTROM & FREE 1996), aber auch gegen enzymatische und mikrobielle Attacken (KUO & ALEXANDER 1967). Außerdem tragen Melanine zur mechanischen Stabilität einer Spore bei (COOKE & WHIPPS 1993: 150, 159).
Keimpore	Keimporen erlauben eine sofortige Keimung nach der Ausscheidung durch tierische Vektoren (vergl. WATLING 1988).

Wenn man nun vergleicht, in welcher Weise die einzelnen Sporeneigenschaften mit den unterschiedlichen Lebensweisen der Gilden übereinstimmen, zeigt sich ein differenziertes Bild, auch wenn es Überschneidungen gibt (Tabelle 2).

Tabelle 2: Gildenprofile und korrespondierende Sporeneigenschaften.

Mutualistische Gilde		Saprotrophe Gilde	
Verhalten	Sporeneigenschaften	Verhalten	Sporeneigenschaften
(a) Langlebig	(a) Sporen groß und kugelig, dicke Sporenwände	Koprophile Pilze: (d) Schutz gegen aggressive Verdauungssäfte	(d) Dunkle, dicke Wände
(b) Die Sporen müssen in die Nähe von Wirtswurzeln gelangen, wohl meist durch die Bodenfauna	(b) Ornamentierung	(e) Schnelle Keimung	(e) Keimporen
(c) (Fern-) Verbreitung durch Wind ist im Wald eingeschränkt (s.u.), daher wahrscheinlich häufig Verbreitung durch Fungivore	(c) Melanisierung	Andere: (f) Häufig Fernverbreitung durch Wind	(f) Sporen klein, melanisiert und länglich
		(g) Schneller Keimungserfolg in hohe Breiten (kurze Vegetationsperiode!)	(g) Dünne Wände, hyalin

Trotz der Überschneidungen ergibt sich ein recht konsistentes Bild, welches nun mit dem realen Verbreitungs- und Etablierungsverhalten der Ektomykorrhizapilze in ihren Ökosystemen verglichen werden soll.

Viele Wege führen nach Rom

Wir sind der Frage nachgegangen, welche Ausbreitungsmechanismen infrage kommen, damit eine Ektomykorrhizaspore zumindest in die Nähe von geeigneten Feinwurzeln kommt, also nicht nur Distanzen, sondern auch Bodenschichten überwindet. Außerdem haben wir Hinweise gesucht, welche Sporeneigenschaften möglicherweise den direkten Kontakt mit Wurzeln erleichtern.

Ektomykorrhizasporen sind besonders langlebig, offenbar auch deswegen, weil sie auf in ihrer Nähe wachsenden Feinwurzeln des Wirtes „warten“, um dann zu keimen, mit anderen Keimschläuchen zu fusionieren und den Kontakt mit dem Wirt herzustellen (HALBWACHS & BÄSSLER 2015). Dabei spielen Signale zwischen Wurzeln und Sporen bzw. Primärhyphen eine wichtige Rolle. So lösen Flavonoide und andere Wurzelexudate Sporenkeimung aus (MARTIN et al. 2001; HASSAN & MATHESIUS 2012), während z. B. flüchtige Sesquiterpene des Pilzes das Wurzelwachstum anregen können (DITENGOU et al. 2015).

Luftbewegung ist in den typischen Ektomykorrhiza-Habitaten, also in Wäldern, so gering, dass die meisten Sporen in einem Umkreis von einem Meter sedimentieren (GALANTE et al. 2011; HORTON et al. 2013). Wind spielt also in den Wald-Ökosystemen bei der Sporen-Fernverbreitung eine eher untergeordnete Rolle. Deshalb sind die Ektomykorrhizapilze auf alternative bzw. zusätzliche Möglichkeiten angewiesen.

Wichtige Vektoren sind verschiedenste Tiergruppen, die sowohl in der Lage sind, Sporen über größere Entfernungen zu transportieren, aber auch in den Boden einzubringen. Wesentliche Vertreter sind hierbei Kleinsäuger (Mäuse, Eichhörnchen), Großsäuger (Wildschweine und andere Paarhufer), (Boden-)Arthropoden und Regenwürmer. Dabei haben Tiere, die Pilze als Nahrung aufnehmen und Sporen im Kot wieder ausscheiden, einen erheblichen Anteil (s. z.B. SCHICKMANN et al. 2012).

Als zusätzliches Verbreitungsmedium könnte auch Niederschlag eine bedeutende Rolle spielen, und zwar durch Wasserfluss entlang von Gehölzstämmen und ihren Wurzeln bzw. Wurzelkanälen (SCHWÄRZEL et al. 2012). In Abb. 3 und 4 haben wir verschiedene Ausbreitungsmöglichkeiten zusammengestellt.

Es wird klar, dass die Verbreitungsmöglichkeiten außerordentlich vielfältig sind und selbst über große Distanzen bzw. erhebliche Tiefen funktionieren. Die Ektomykorrhizasporen sind hinsichtlich dieser vielfältigen Verbreitungsmöglichkeiten gut ausgestattet. Die meisten sind ornamentiert und damit hydrophob, was den Transport durch Bodenarthropoden begünstigt. Auch ist etwa die Hälfte der Arten durch Melanine gegen das aggressive Milieu im Verdauungstrakt von Tieren geschützt.

Die Tatsache, dass Ektomykorrhizapilze im Vergleich zu saprotrophen Pilzen durchschnittlich größere und rundere Sporen bilden, befähigt sie nicht nur längere Zeit auf

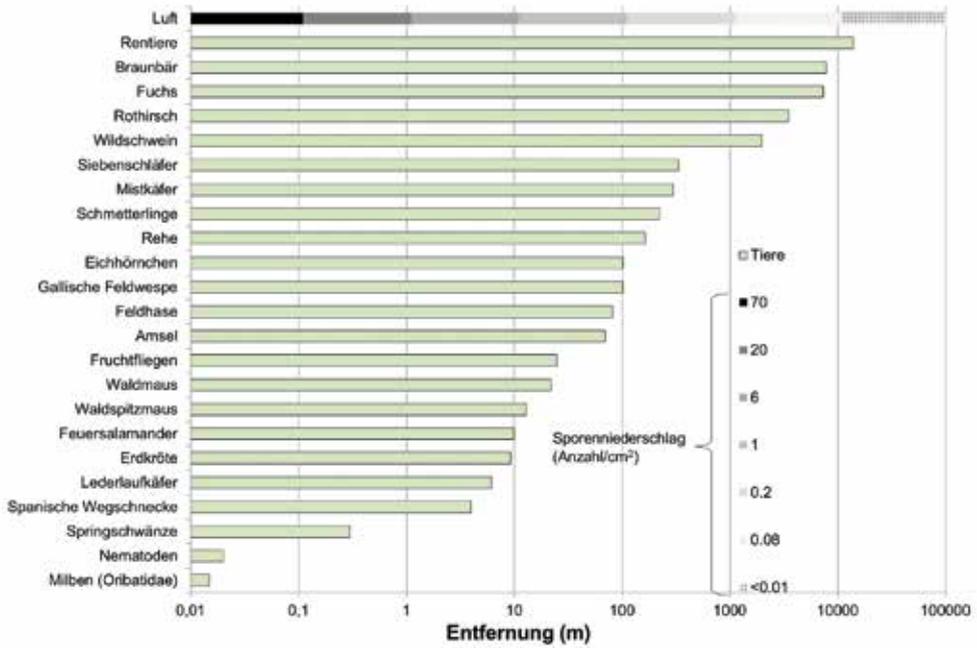


Abb. 3: Ausbreitungsdistanzen verschiedener Tiere und durch Wind (nach HALBWACHS & BÄSSLER 2015)

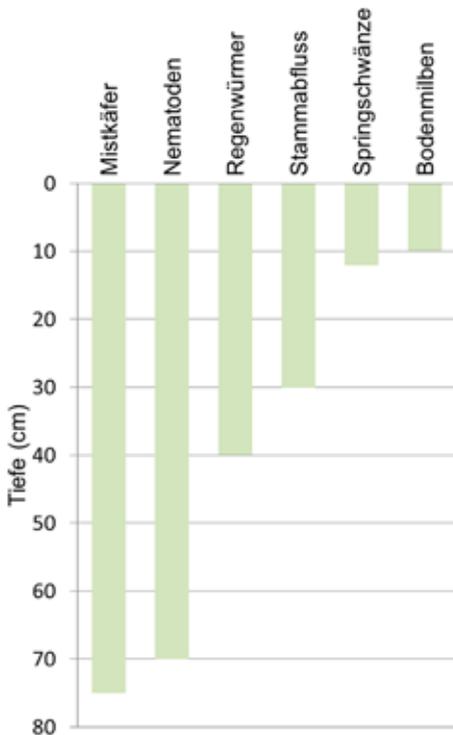


Abb. 4: Einbringungstiefen von Bodentieren und durch Wasser (nach HALBWACHS & BÄSSLER 2015)

günstige Keimungsbedingungen zu warten, sondern letztlich auch keimen zu können, ohne wesentlich auf das Bodensubstrat zurückgreifen zu müssen.

Keimporen sind für Ektomykorrhizapilze nicht von Vorteil, weil sie nicht wie koprofile Pilze, die einem hohem Konkurrenzdruck unterliegen (BULLER 1931), sofort nach Ausscheidung des Kotes ggf. zu früh keimen sollen. Zunächst muss ja, wie bereits beschrieben, meist durch chemisches Signalisieren die Nähe zur Wurzel sichergestellt werden.

Fazit: Ektomykorrhizasporen haben Eigenschaften, die offensichtlich ihrer symbiotischen Lebensweise entgegenkommen. Es bedarf jedoch weiterer Untersuchungen, um mehr Licht in das Verbreitungs-Etablierungs-Syndrom bei Ektomykorrhizapilzen zu bringen und den aufgestellten Hypothesen nachzugehen. Wir denken dabei vor allem an Mesokosmos-Experimente, um z. B. den Transport durch Arthropoden in tiefere Bodenschichten nachzuweisen. Außerdem gilt es die Rolle der Sporen beim Übergang von einer saprotrophen zu einer mutualistischen Lebensweise in der Evolution zu klären, beispielsweise mit hochaufgelösten phylogenetischen Analysen über möglichst breite Datensätze aus unterschiedlichen Biomen. Auch die Untersuchung von Markergenen für Sporengröße und -form könnte Hinweise geben, auch wenn dies kein einfaches Unterfangen ist. Ergänzend könnten Enzymanalysen bzw. deren phylogenetischen Marker Aufschluss darüber geben, inwieweit Ektomykorrhizasporen mit Enzymen ausgestattet sind, die für ihre Etablierung wichtig sein können.

Literatur

- BÄSSLER C, HEILMANN-CLAUSEN J, KARASCH P, BRANDL R, HALBWACHS H (2014): Ectomycorrhizal fungi have larger fruit bodies than saprotrophic fungi. - *Fungal Ecology* 10.1016/j.funeco.2014.06.005.
- BULLER AHR (1931): *Researches on Fungi* volume IV. - Longmans, Green and Co., London.
- CARLILE MJ, WATKINSON AC, GOODAY GW (2001): *The Fungi*. - Academic Press.
- COOKE RC, WHIPPS JM (1993): *Ecophysiology of fungi*. - Blackwell Scientific Publications.
- DEACON J (2005): *Fungal Biology*. - Blackwell Publishers, Malden, MA.
- DITENGOU FA, MÜLLER A, ROSENKRANZ M, FELTEN J, LASOK H, VAN DOORN MM, LEGUÉ V, PALME K, SCHNITZLER J-P, POLLE A (2015): Volatile signalling by sesquiterpenes from ectomycorrhizal fungi reprogrammes root architecture. - *Nature Communications* 6 (Art.No.6279).
- DURRELL LW (1964): The composition and structure of walls of dark fungus spores. - *Mycopathologia* 23(4): 339-345.
- GALANTE TE, HORTON TR, SWANEY DP (2011): 95% of basidiospores fall within 1 m of the cap: a field-and modeling-based study. - *Mycologia* 103(6): 1175-1183.
- GARNICA S, WEISS M, WALTHER G, OBERWINKLER F (2007): Reconstructing the evolution of agarics from nuclear gene sequences and basidiospore ultrastructure. - *Mycological Research* 111(9): 1019-1029.

- GREGORY PH (1973): *Microbiology of the Atmosphere*, 2nd edition. - John Wiley & Sons, New York.
- HALBWACHS H, BÄSSLER C (2015): Gone with the wind – a review on basidiospores of lamellate agarics. - *Mycosphere* **6**: 78-112.
- HALBWACHS H, BRANDL R, BÄSSLER C (2014): Spore wall traits of ectomycorrhizal and saprotrophic agarics may mirror their distinct lifestyles. - *Fungal ecology*: <http://dx.doi.org/10.1016/j.funeco.2014.1010.1003>.
- HASSAN S, MATHESIUS U (2012): The role of flavonoids in root–rhizosphere signalling: opportunities and challenges for improving plant–microbe interactions. - *Journal of experimental botany* **63**(9): 3429-3444.
- HORTON TR, SWANEY DP, GALANTE TE (2013): Dispersal of ectomycorrhizal basidiospores: the long and short of it. - *Mycologia* **105**(6): 1623-1626.
- INGOLD CT (1965): *Spore liberation*. - Clarendon Press (Oxford University Press), Oxford.
- JENNINGS DH, LYSEK G (1999): *Fungal biology: understanding the fungal lifestyle*, 2nd edition. - Bios Scientific Publishers Ltd.
- KUO MJ, ALEXANDER M (1967): Inhibition of the lysis of fungi by melanins. - *Journal of Bacteriology* **94**(3): 624-629.
- LEVIN SA, Ed. (2009): *The Princeton Guide to Ecology*. - Princeton University Press Princeton & Oxford.
- LILLESKOV EA, BRUNS TD (2005): Spore dispersal of a resupinate ectomycorrhizal fungus, *Tomentella sublilacina*, via soil food webs. - *Mycologia* **97**(4): 762-769.
- MARTIN F, DUPLESSIS S, DITENGOU F, LAGRANGE H, VOIBLET C, LAPEYRIE F (2001): Developmental cross talking in the ectomycorrhizal symbiosis: signals and communication genes. - *New Phytologist* **151**(1): 145-154.
- MEHRVARZ SS, SHAVVON RS, GOLMOHAMMADI N (2012): Notes on the genus *Viscum* (Viscaceae) in Iran: A new combination based on morphological evidence. - *African Journal of Agricultural Research* **7**(11): 1694-1702.
- REHNSTROM A, FREE S (1996): The isolation and characterization of melanin-deficient mutants of *Monilinia fructicola*. - *Physiological and molecular plant pathology* **49**(5): 321-330.
- ROPER M, PEPPER RE, BRENNER MP, PRINGLE A (2008): Explosively launched spores of ascomycete fungi have drag-minimizing shapes. - *Proceedings of the National Academy of Sciences* **105**(52): 20583-20588.
- SCHICKMANN S, URBAN A, KRÄUTLER K, NOPP-MAYR U, HACKLÄNDER K (2012): The interrelationship of mycophagous small mammals and ectomycorrhizal fungi in primeval, disturbed and managed Central European mountainous forests. - *Oecologia*: **170**(2): 395-409.
- SCHWÄRZEL K, EBERMANN S, SCHALLING N (2012): Evidence of double-funneling effect of beech trees by visualization of flow pathways using dye tracer. - *Journal of Hydrology* **470**: 184-192.
- SIMBERLOFF D, DAYAN T (1991): The Guild Concept and the Structure of Ecological Communities. - *Annual Review of Ecology and Systematics* **22**(1): 115-143.
- TULLOSS RE (2005): Amanita-Distribution in the Americas, with comparison to eastern and southern Asia and notes on spore character variation with latitude and ecology. - *Mycotaxon* **93**: 189-231.

- VELLINGA EC (2004): Ecology and Distribution of Lepiotaceous Fungi (Agaricaceae) - A Review. - *Nova Hedwigia* 78(3-4): 273-299.
- WATLING R (1988): Larger fungi and some of earth's major catastrophies. In: BODDY L, WATLING R, LYON AJE: Fungi and ecological disturbance. - The Royal Society of Edinburgh: 49-59.
- WÖSTEN H, WESSELS J (1997): Hydrophobins, from molecular structure to multiple functions in fungal development. - *Mycoscience* 38(3): 363-374.
- ZHDANOVA N, MELEZHIK A, VASILEVSKAYA A (1980): Thermostability of some melanin-containing fungi. - *Biology Bulletin of the Academy of Sciences of the USSR* 7: 305-310.



Hans Halbwachs

Besondere Interessen: Technische Methoden in der Pilzforschung (Pilzphysiologie, Umweltmesstechnik, Labortechniken); Ökologie der Pilze, v.a. Saftlinge und Mykorrhizapilze



Claus Bäessler

Zuständig im Nationalpark Bayerischer Wald für die mykologische Forschung.
Schwerpunkt: Ökologie der Pilze



Deutsche Gesellschaft für Mykologie e.V.
German Mycological Society

Dieses Werk stammt aus einer Publikation der DGfM.

www.dgfm-ev.de

Über [Zobodat](#) werden Artikel aus den Heften der pilzkundlichen Fachgesellschaft kostenfrei als PDF-Dateien zugänglich gemacht:

- **Zeitschrift für Mykologie**
Mykologische Fachartikel (2× jährlich)
- **Zeitschrift für Pilzkunde**
(Name der Hefreihe bis 1977)
- **DGfM-Mitteilungen**
Neues aus dem Vereinsleben (2× jährlich)
- **Beihefte der Zeitschrift für Mykologie**
Artikel zu Themenschwerpunkten (unregelmäßig)

Dieses Werk steht unter der [Creative Commons Namensnennung - Keine Bearbeitungen 4.0 International Lizenz](#) (CC BY-ND 4.0).



- **Teilen:** Sie dürfen das Werk bzw. den Inhalt vervielfältigen, verbreiten und öffentlich zugänglich machen, sogar kommerziell.
- **Namensnennung:** Sie müssen die Namen der Autor/innen bzw. Rechteinhaber/innen in der von ihnen festgelegten Weise nennen.
- **Keine Bearbeitungen:** Das Werk bzw. dieser Inhalt darf nicht bearbeitet, abgewandelt oder in anderer Weise verändert werden.

Es gelten die [vollständigen Lizenzbedingungen](#), wovon eine [offizielle deutsche Übersetzung](#) existiert. Freigebiger lizenzierte Teile eines Werks (z.B. CC BY-SA) bleiben hiervon unberührt.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Zeitschrift für Mykologie - Journal of the German Mycological Society](#)

Jahr/Year: 2015

Band/Volume: [81_2015](#)

Autor(en)/Author(s): Halbwachs Hans, Bässler Claus

Artikel/Article: [Wo die Liebe hinfällt oder Wie die Ektomykorrhiza-Spore ihre Wurzel findet 451-459](#)