

Dimensionen: Ein Blick in die unsichere Welt der Pilzmorphologie

HANS HALBWACHS, PETER KARASCH

HALBWACHS H, KARASCH P (2019) Dimensions: Uncertainties of mushroom morphology. Zeitschrift für Mykologie 85(1):93-108

Abstract: Morphological traits are essential elements in the identification of fungi. Pertinent literature and fungus are used to retrieve, e.g. size data of fruit bodies and spores.

The often occurring inconsistencies may irritate mycologists, especially newcomers. Differences between own measurements and literature data can arise due to various reasons. On the one hand, methodical imprecisions may be causal. On the other hand, the extreme flexibility of fungi and their ability to adapt to environmental conditions may affect traits.

To exemplify variability, we extracted statistically compared fruit body and spore dimensions of six mushroom species occurring in 16 geographical regions from literature. The differences were massive. They could amount to more than 40%.

We finally suggest pertinent methodical modes of measuring fruit body and spore dimensions. Moreover, advice on how to interpret measurements to be used to identify and describe mushrooms. *Schizophyllum commune* showed extreme variation, a case that deserves further study.

Key words: Identification of mushrooms, taxonomy, pheno- and genotypic plasticity, epigenetics, measurement methods and errors

Zusammenfassung: Morphologische Merkmale sind ein wesentlicher Bestandteil bei der Bestimmung von Pilzen. Es wird dabei auf Pilzbeschreibungen bzw. Bestimmungsliteratur zurückgegriffen, die u.a. Größenangaben zu Fruchtkörpern und Sporen ausweisen.

Dabei kommen Inkonsistenzen vor, die vor allem Neueinsteiger in die Pilzkunde verunsichern können. Unterschiede zwischen Eigenmessungen und der Literatur bzw. zwischen verschiedenen Bestimmungswerken können viele Ursachen haben. Einerseits können es methodische Unsauberkeiten sein, andererseits sind Pilze außerordentlich flexible Organismen, die ihre Merkmale an Umweltgegebenheiten wie z.B. Witterungseinflüsse anpassen können.

Um Variationsbreiten beispielhaft darzustellen, haben wir die Fruchtkörper- und Sporendimensionen von sechs Großpilz-Arten, die in 16 geografischen Regionen vorkommen, aus Literaturquellen entnommen und statistisch verglichen. Die Unterschiede waren erheblich und betragen teils über 40%.

In der Konsequenz geben wir Hinweise zu Vorgehensweisen in der Ermittlung von Fruchtkörper- und Sporendimensionen und zur Beurteilung von Messergebnissen bei Artenbestimmung und -beschreibung. Auffällig war die extreme Variabilität von *Schizophyllum commune*. Dies sollte näher untersucht werden.

Stichwörter: Pilzbestimmung, Taxonomie, phänotypische und genotypische Plastizität, Epigenetik, Messmethoden, Messfehler

Anschriften der Autoren: Hans Halbwachs, Danziger Str. 20, 63916 Amorbach, E-Mail: hans.waxcap@online.de; Peter Karasch, Kirchl 78, D-94545 Hohenau, E-Mail karasch@pilzteam-bayern.de

Einleitung

Pilzbestimmung anhand morphologischer Merkmale hat nach wie vor seinen Platz in der Taxonomie, vor allem in der angewandten Feldmykologie. Wichtig sind u.a. die Größendimensionen des Fruchtkörpers, seiner Organellen (Hymenophor, Zystiden usw.) einschließlich der Sporen, die makro- und mikroskopisch recht einfach zu messen sind. Auf der Basis einschlägiger Bestimmungsschlüssel wird dann gemeinsam mit den übrigen Merkmalen eine Art zugeordnet.

Soweit die Theorie. In der Praxis tauchen dann aber häufig Ungereimtheiten auf, die insbesondere Einsteiger in die Pilzkunde verunsichern und vielleicht auch etwas abschrecken: Alle Merkmale stimmen mit einer bestimmten Art in z.B. „Pilze der Schweiz“ (BREITENBACH & KRÄNZLIN 1981-2005) überein, nur die Sporenmaße weichen deutlich ab. Also schaut man in z.B. in der Funga Nordica (KNUDSEN & VESTERHOLT 2012) nach und merkt, dass beide Quellen unterschiedliche Maße ausweisen. Bei weiteren Fungen verhält es sich ähnlich, wobei nicht auszuschließen ist, dass Autoren zuweilen voneinander abgeschrieben.

Es stellen sich dabei einige Fragen: Welchen Stellenwert haben Größenmerkmale? Wie genau muss gemessen werden? Woran liegen die Unterschiede bei den in der Literatur angegebenen Werten?

Wir wollen in diesem Artikel dazu beitragen, Unsicherheiten bei der morphologischen Pilzbestimmung abzubauen und die Bedeutung von Abweichungen besser einschätzen oder interpretieren zu können.

Material und Methoden

Als Beispiele haben wir drei Ektomykorrhiza- und drei saprotrophe Arten ausgewählt, die weltweit verbreitet sind. Es handelte sich um den Fliegenpilz - *Amanita muscaria* (L.) Lam., den Kahlen Krempling - *Paxillus involutus* (Batsch: Fr.) Fr., den Körnchen-Röhrling - *Suillus granulatus* (L.) Roussel, den Wiesenchampignon - *Agaricus campestris* L., den Gold-Mispilz - *Bolbitius titubans* (Bull.: Fr.) Fr. und den Spaltblättling - *Schizophyllum commune* Fr. (Abb. 1). Anhand von 16 Literaturquellen aus 15 Ländern bzw. Regionen (Tabelle 1) haben wir die Hutgrößen und Sporenmaße zusammengestellt.



Abb. 1: Die ausgewählten Arten von links nach rechts: Oben Fliegenpilz (*Amanita muscaria*), Kahler Krempling (*Paxillus involutus*); Mitte Körchen-Röhrling (*Suillus granulatus*); Wiesenchampignon (*Agaricus campestris*); unten Gold-Mistpilz (*Bolbitius titubans*), Spaltblättling (*Schizophyllum commune*).
Alle Fotos P. KARASCH

Tabelle 1: Ausgewertete Fungen mit ihren geografischen Bezügen

Gebiet	Funga
Chile	LAZO (2001)
China	TENG & KORF (1995/1964)
Deutschland 1	MOSEK (1983)
Deutschland 2	LUDWIG (2001-2017)
Frankreich	ROUX (2006)
Großbritannien	JORDAN (2004)
Island	HALLGRÍMSSON (2010)
Italien	PAPETTI et al. (2000)
Kalifornien	DESJARDIN et al. (2016)
Kanada (Quebec)	MYCOQUÉBEC (2018)
Schweiz	BREITENBACH & KRÄNZLIN (1981-2005)
Skandinavien	KNUDSEN & VESTERHOLT (2012)
Spanien	RODRÍGUEZ et al. (1992)
Süd-Afrika	VAN DER WESTHUIZEN & EICKER (1994)
USA (Midwest)	KUO & METHVEN (2014)
USA/Kanada	BARONI (2017)

Die Werte wurden dann grafisch und mit einfacher Statistik (relativer Variationskoeffizient) ausgewertet.

Ergebnisse

Sowohl Hutgrößen und Sporenmaße zeigten zum Teil erhebliche Unterschiede (Abbildungen 2-7).

Auch die relativen Abweichungen von den jeweiligen Mittelwerten (Tabelle 2) sind teilweise beträchtlich.

Tabelle 2: Relative Abweichungen (% Variationskoeffizient) der kleinsten und größten Hutdurchmesser (\emptyset_{\min} bzw. \emptyset_{\max}), der Sporenlängen (L_{\min} bzw. L_{\max}) und der Sporenbreiten (B_{\min} bzw. B_{\max}). In der letzten Spalte ist die ökologische Gilde angegeben: ektotroph – ekto, saprotroph – sap)

	\emptyset_{\min}	\emptyset_{\max}	L_{\min}	L_{\max}	B_{\min}	B_{\max}	Gilde
<i>Amanita muscaria</i>	32	18	5	8	6	11	ekto
<i>Paxillus involutus</i>	21	21	9	4	5	7	ekto
<i>Suillus granulatus</i>	27	23	8	7	10	13	ekto
<i>Agaricus campestris</i>	17	26	7	7	7	10	sap
<i>Bolbitius titubans</i>	35	14	8	7	9	11	sap
<i>Schizophyllum commune</i>	33	20	29	23	42	29	sap

Auffällige Unterschiede zwischen den Gilden sind nicht auszumachen. Das kann aber an der geringen Probenzahl liegen.

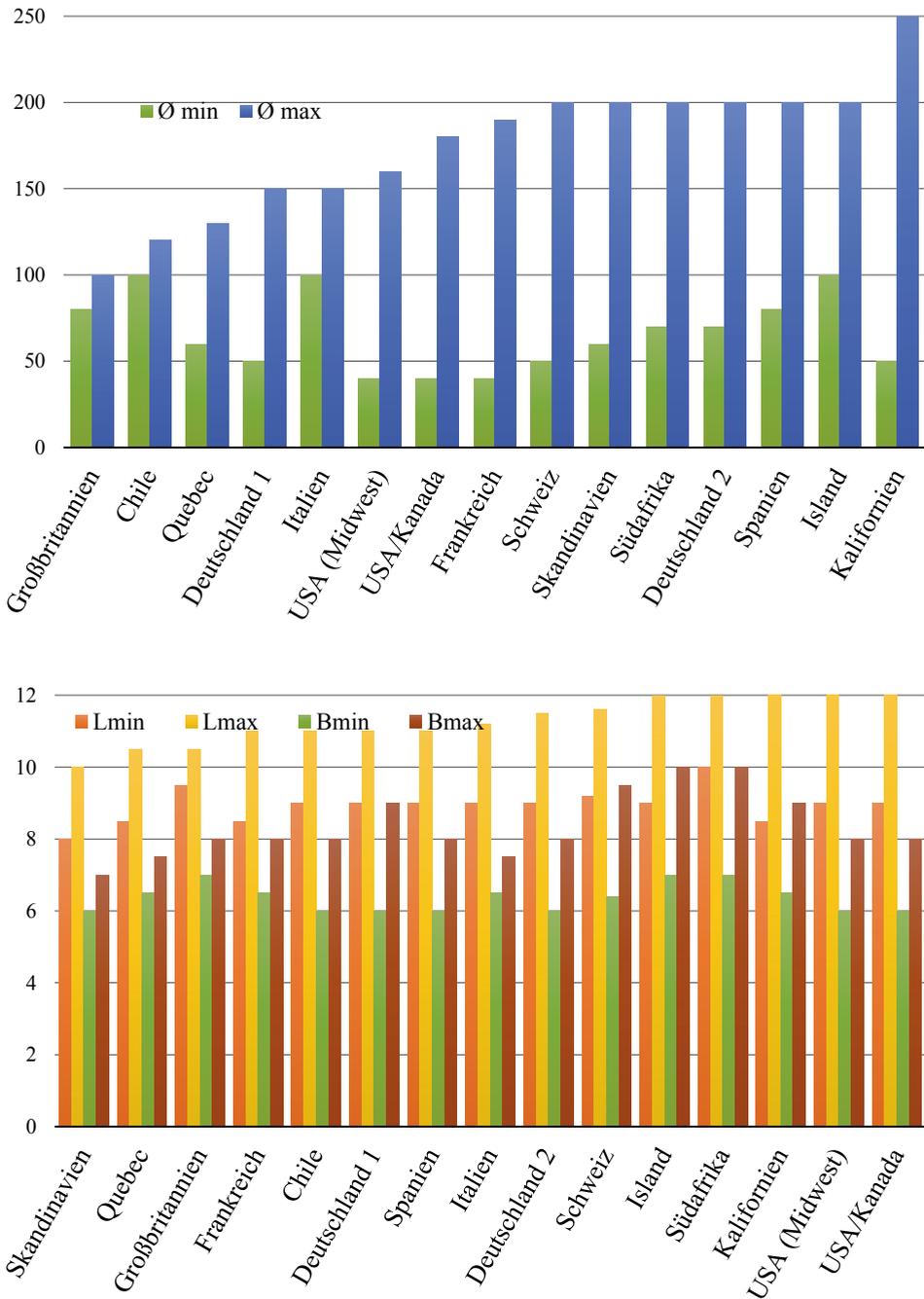


Abb. 2: Die Säulen repräsentieren kleinste und größte Hutdurchmesser (mm) (obere Grafik) und Sporenmaße (µm) (untere Grafik) von *Amanita muscaria* in den untersuchten Gebieten (Rubriken-Achse)

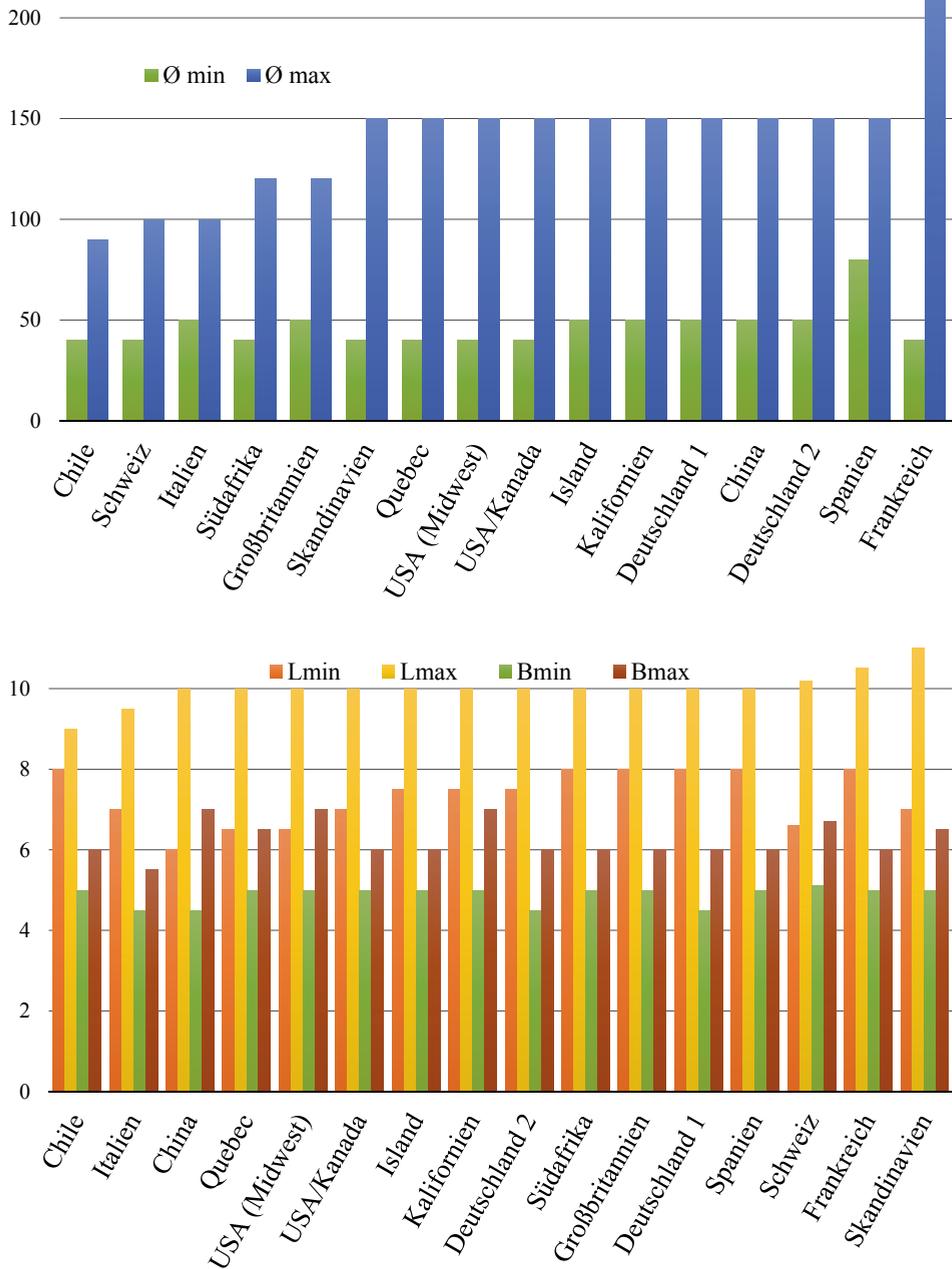


Abb. 3: Die Säulen repräsentieren kleinste und größte Hutdurchmesser (mm) (obere Grafik) und Sporenmaße (µm) (untere Grafik) von *Paxillus involutus* in den untersuchten Gebieten (Rubriken-Achse)

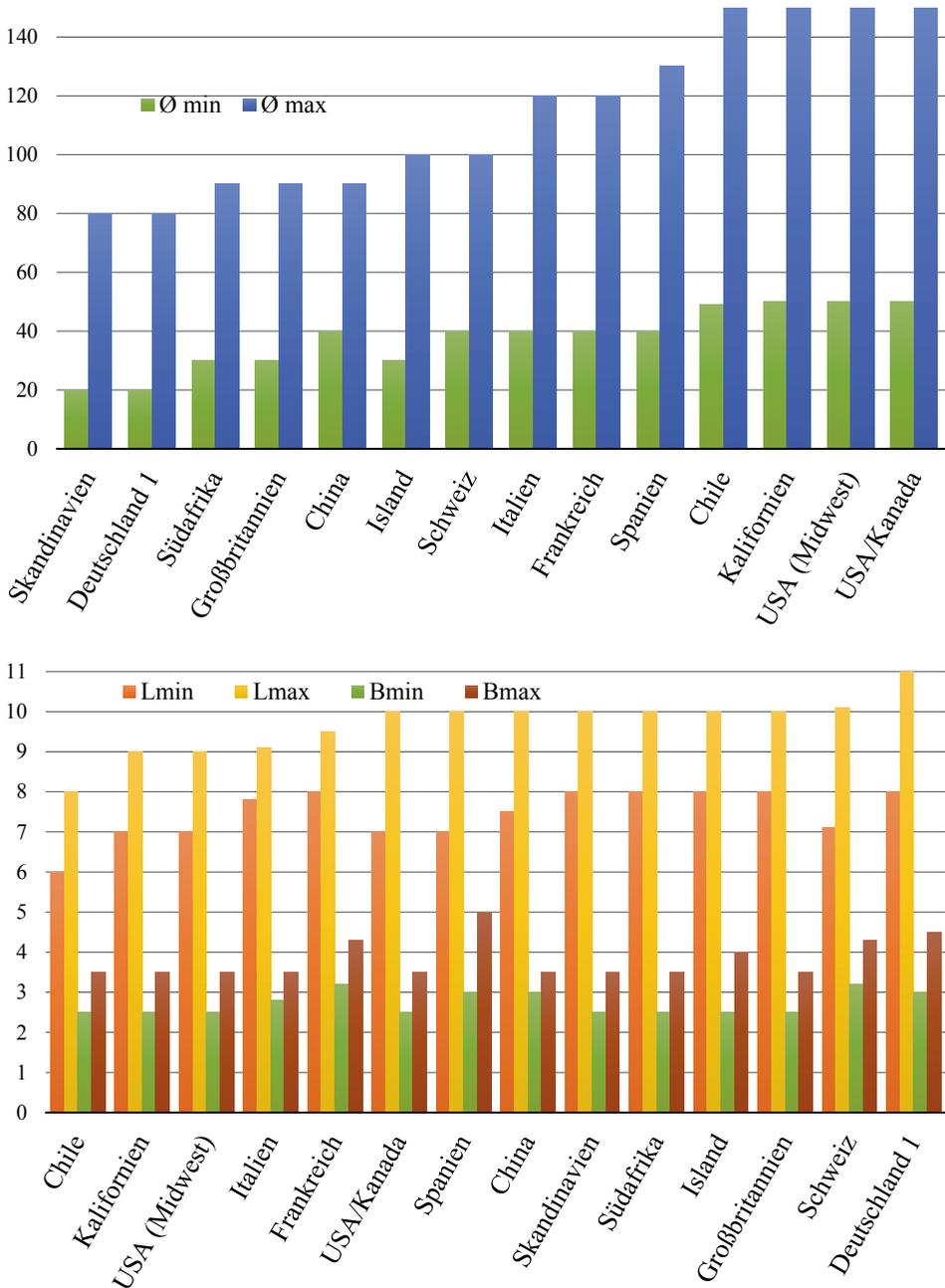


Abb. 4: Die Säulen repräsentieren kleinste und größte Hutdurchmesser (mm) (obere Grafik) und Sporenmaße (µm) (untere Grafik) von *Suillus granulatus* in den untersuchten Gebieten (Rubriken-Achse)

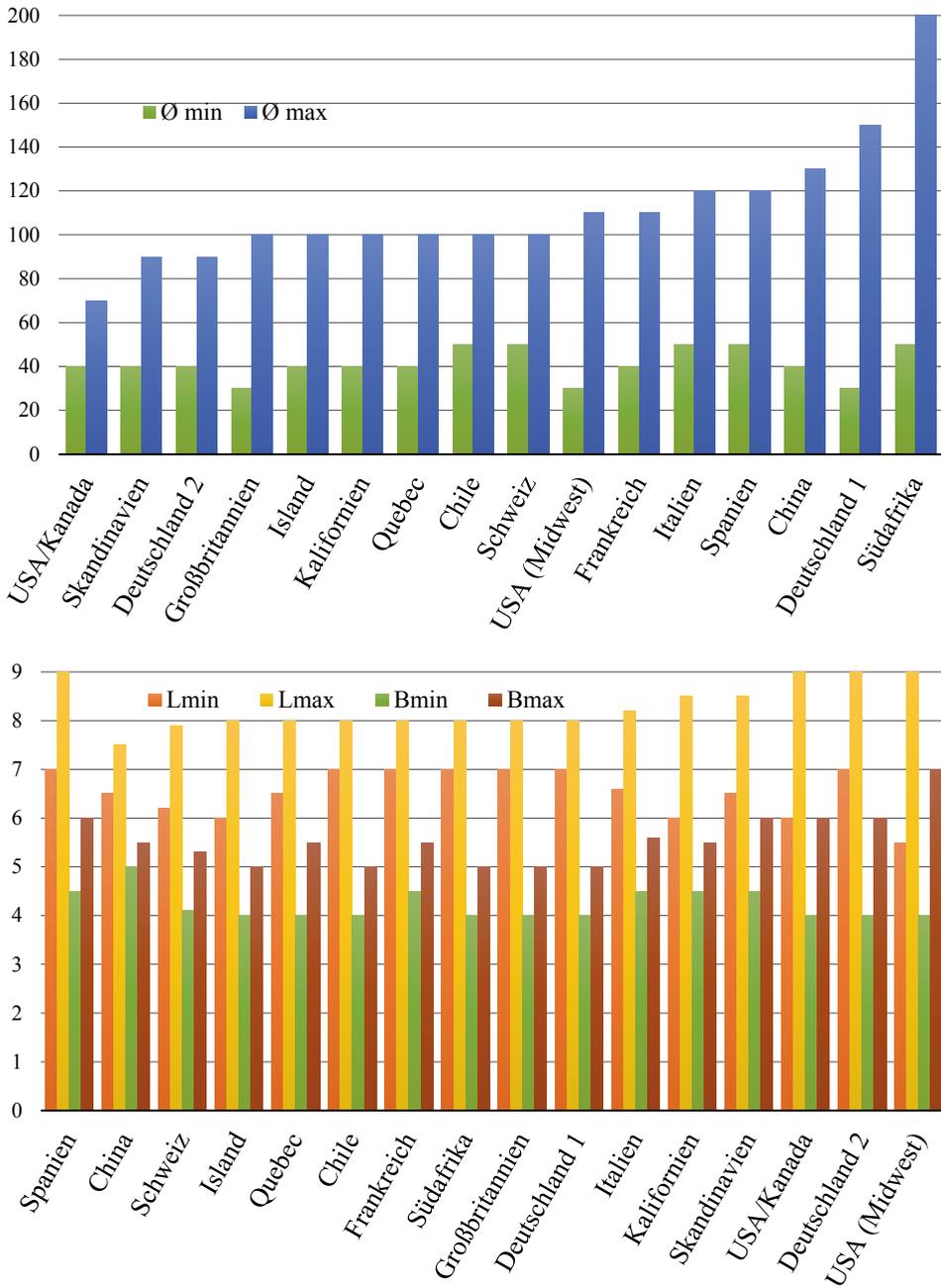


Abb. 5: Die Säulen repräsentieren kleinste und größte Hutdurchmesser (mm) (obere Grafik) und Sporenmaße (µm) (untere Grafik) von *Agaricus campestris* in den untersuchten Gebieten (Rubriken-Achse)

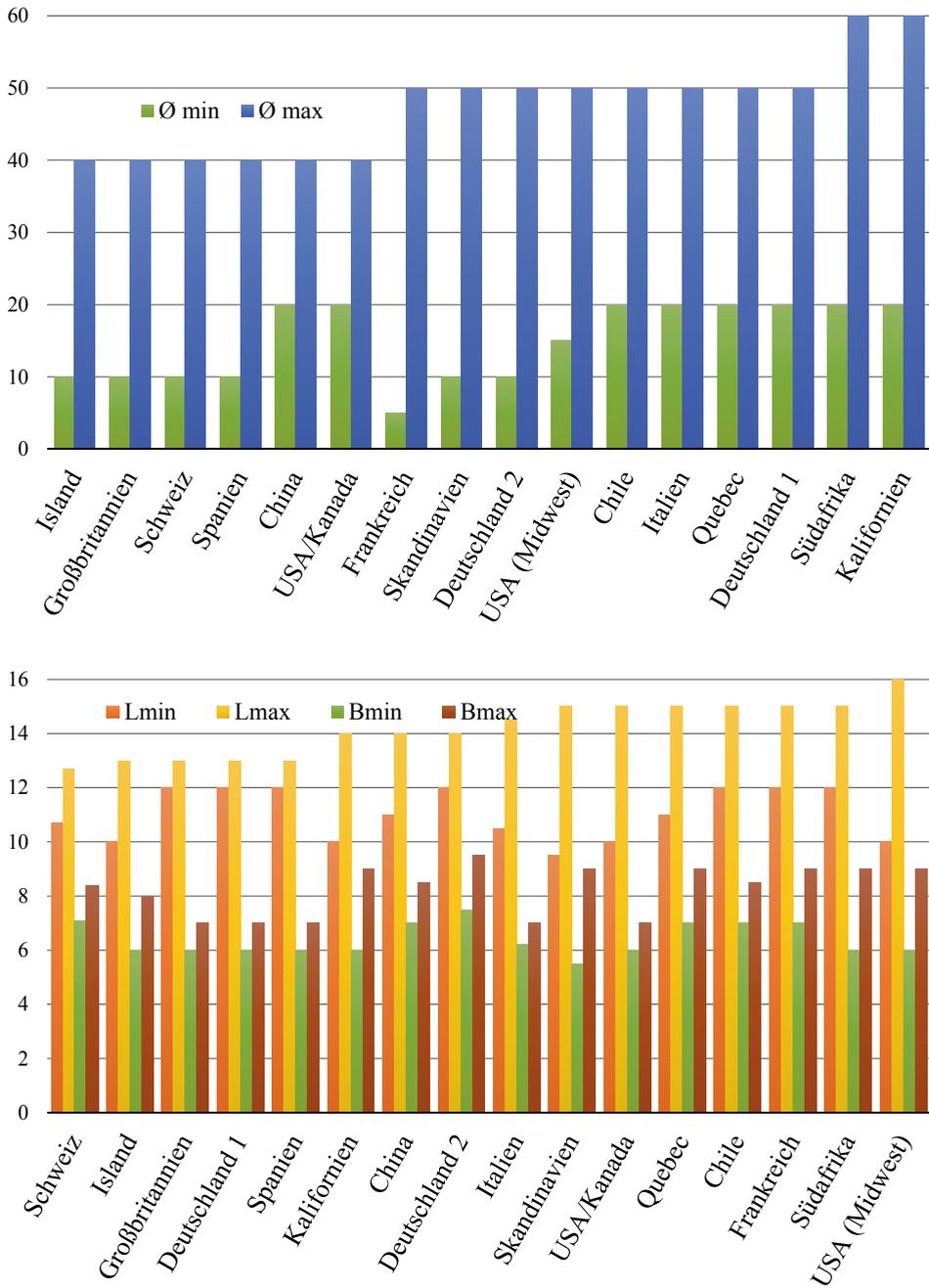


Abb. 6: Die Säulen repräsentieren kleinste und größte Hutdurchmesser (mm) (obere Grafik) und Sporenmaße (µm) (untere Grafik) von *Bolbitius titubans* in den untersuchten Gebieten (Rubriken-Achse)

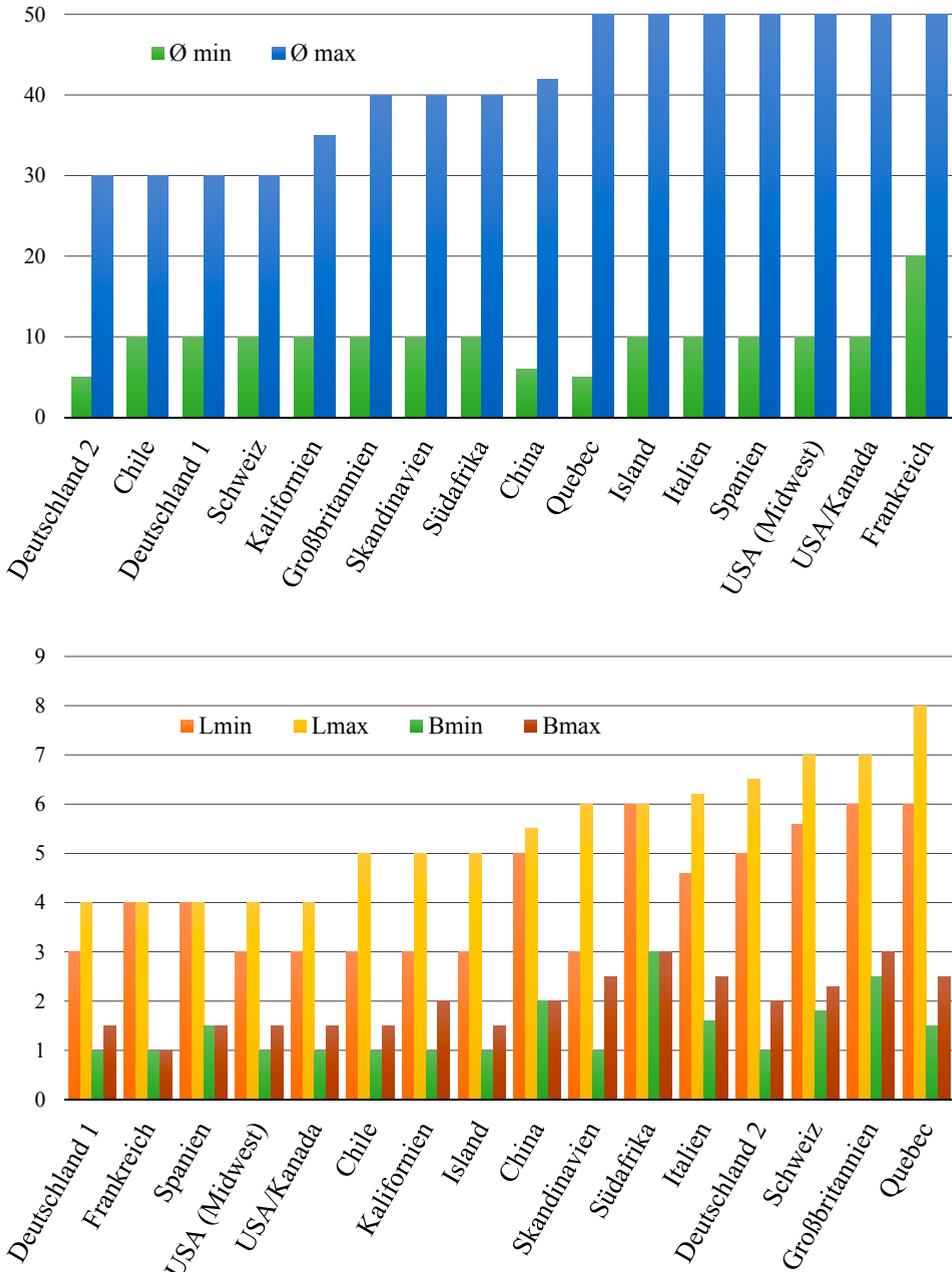


Abb. 7: Die Säulen repräsentieren kleinste und größte Hutdurchmesser (mm) (obere Grafik) und Sporenmaße (µm) (untere Grafik) von *Schizophyllum commune* in den untersuchten Gebieten (Rubriken-Achse)

Diskussion

Die Unterschiede in den angegebenen Größenwerten der 16 Fungen sind deutlich. Im Folgenden beleuchten wir mögliche Ursachen und die Konsequenzen, die sich daraus ergeben.

Messfehler

Beim Ausmessen von Fruchtkörpern passieren aufgrund der Einfachheit kaum Fehler. Bei Asymmetrien kann der Mittelwert mehrerer Messungen in unterschiedlichen Winkeln herangezogen werden. Im Mikrobereich sieht dies anders aus, Messfehler treten durchaus auf. Besonders bei älteren Mikroskopen kann das der Fall sein, wenn sie nicht der heute üblichen optischen Normung folgen. Dazu gehört die Korrektur des Strahlengangs auf unendlich oder eine bestimmte (rechnerische) Tubuslänge (meist 160 mm), auf die berechnete Dicke des Deckglases und auf den angenommenen Brechungsindex des Immersionsöls (GERLACH 1985). Die beiden letzteren Faktoren sind in der Praxis nur dann relevant, wenn es um feinste Strukturen geht. Nicht selten werden optische Komponenten kombiniert, die nicht ohne Weiteres zusammenpassen. In diesen und sicherheitshalber in allen anderen Fällen sollte das Okularmikrometer mittels eines Objektivmikrometers kalibriert werden (ERB & MATHEIS 1983; KREMER 2015).

Weitere Messverfälschungen kommen durch eine schlechte Abbildungsqualität zustande. Mindere Güte des Mikroskops, falsche Beleuchtungs- und Kondensoreinstellung, zu kleine Blende, ungenaue Fokussierung, verschmutzte und verkratzte Optik oder ungeeignetes Immersionsöl führen zu Abbildungsverfälschungen, wie z.B. scheinbar dicke oder multiple Umrisslinien (Haloefekt, besonders bei Phasenkontrast; GERLACH 1985). Auch die Präparation von Sporen kann zu falschen Messergebnissen führen, wie z.B. perspektivische Verzerrung wenn die Sporen nicht horizontal liegen (Sporen, bei denen nur ein Ende scharf erscheint) (ERB & MATHEIS 1983). Denkbar sind auch Kontaminationen mit Sporen anderer Pilze wenn nur wenige Sporen zur Messung vorliegen. Weitere Fehlerquellen sind in CLÉMENÇON (2009) und ZEHFUSS (2005) beschrieben.

Häufig ist unklar, ob Sporenlängen mit oder ohne Apiculus bzw. Ornamentierung bestimmt wurden. Vermutlich haben sich nicht alle Autoren an die Vorgabe gehalten, ohne solche Strukturen zu messen (ERB & MATHEIS 1983; KNUDSEN & VESTERHOLT 2012). Höcker oder Beulen, wie sie bei Risspilzen auftreten, zählen nicht als Ornamentierung.

Damit nicht genug. Bei überreifen Sporen kann es zu Schwellungen durch Wasseraufnahme kommen (ERB & MATHEIS 1983). Sporengrößen hängen u.a. von Alter, Wassergehalt (Exsikkate sind in der Regel kleiner als frisches Material!) und Größe des Fruchtkörpers ab (BARAL 1992; CLÉMENÇON 1997). Manche Arten zeigen Sporen-Polymorphismus, bei denen die Sporengröße mit dem Entwicklungstyp der Basidien (Anzahl der gebildeten Sporen) umgekehrt korreliert (HALBWACHS & BÄSSLER 2015). Besonders häufig ist dieses Phänomen bei Saftlingen (*Hygrocybe* s.l.) zu beobachten

(BOERTMANN 2010). Zu beachten ist auch, dass es auch Arten gibt, die mandelförmige, abgeplattete Sporen aufweisen (um die Längsachse nicht drehrund, siehe Abb. 8). Sie gehören zu folgenden Gattungen: *Conocybe*, *Coprinellus*, *Coprinopsis*, *Panaeolus*, *Parasola*, *Psilocybe* und einige wenige zu *Psathyrella*.

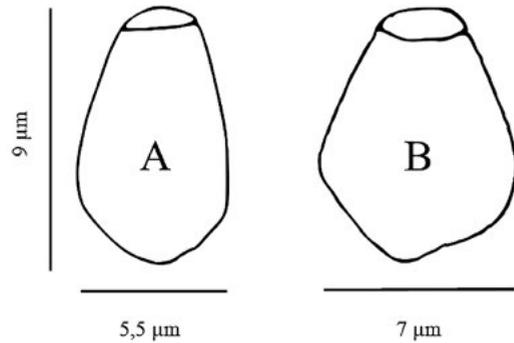


Abb. 8: Eine *Coprinellus*-Spore; A und B Ansichten um 90° gedreht

(Zeichnung: M. Violante (cc) Wikipedia)

Kryptische Arten

Signifikante Größenabweichungen können auf kryptische Arten hinweisen, vor allem wenn weit auseinander liegende Aufsammlungen betrachtet werden. Sind beispielsweise die in Chile und Deutschland als *Suillus granulatus* beschriebenen Pilz wirklich die gleiche Art? Immerhin unterscheidet sich die Angaben der maximalen Sporenlänge um fast 30% (s. Abb. 3). Ohne molekulare Methoden ist diese Frage nicht zu beantworten. So wurde z.B. erst kürzlich publiziert (HENRICI 2014), dass es sich beim „Kahlen Krempling“-*Paxillus involutus* um ein Artenaggregat handelt, das noch differenzierter ist, als es HAHN & AGERER (1999) beschrieben haben. Es ist also lohnenswert, Pilzfunde mit teils abweichenden Merkmalen in Foren zu diskutieren, gut dokumentiert zu archivieren, um diese bei Bedarf und Gelegenheit ggf. sequenzieren zu lassen.

Umgekehrte Fälle, bei denen aus zwei Arten eine wird, gibt es auch. Der Löwen-gelbe Porling - *Polyporus varius* (Pers.) Fr. (1821) (s. BREITENBACH/KRÄNZLIN Bd. 2 Nr. 423) kann abhängig vom zur Verfügung stehenden Substratvolumen Zwergformen ausbilden, die auf dünnen Buchenzweigen relativ häufig zu finden sind. Sie wurden erstmals 1815 als *Polyporus nummularius* (Bull.) Fr. beschrieben und 1821 als *Polyporus varius* var. *nummularius* (Bull.) Fr.. Heute werden diese Wuchsformen allesamt unter dem 2016 neu aufgestellten Taxon *Cerioporus leptocephalus* (Jacq.) Zmitr. geführt (ZMITROVICH & KOVALENKO 2016).

Erscheinungsbilder

Wie eine Pilzart aussieht bzw. welche morphologischen Merkmale sie hat unterliegt natürlichen Variationen („Phänotypische Plastizität“). Anders gesagt, auch ein ungewöhnlich kleiner Grüner Knollenblätterpilz ist und bleibt ein Grüner Knollenblätterpilz, sofern nicht andere, z.B. molekulare Merkmale eine andere Zuordnung nahelegen. Die beobachtete Plastizität (Tabelle 2) wird überwiegend durch Umwelteinflüsse verursacht. So gibt es zum Beispiel Beobachtungen aus arktischen Gebieten, in denen es zu Zwergwuchs („stunting“) von Fruchtkörpern kommen kann (HALBWACHS 2018), vermutlich wegen der niedrigen Temperaturen bzw. der kurzen Vegetationsperioden. Im trockenen Sommer 2018 beobachteten die Autoren Steinpilze, die nur etwa halb so groß wurden wie normalerweise. Bei solchen Beobachtungen ist es

schwer zu entscheiden, ob die Veränderung eine rein physiologische Reaktion, eine Anpassungsreaktion oder beides ist. Bei Sporengrößen sind solche Phänomene ebenfalls zu beobachten. So sind Sporen bei hoher Luftfeuchte häufig größer (PARMASTO et al. 1987). Eindeutig adaptive phänotypische Reaktionen sind bei anderen Organismen durchaus beobachtet worden, z.B. die Entwicklung von Abwehrstacheln bei Wasserflöhen bei Bedrohung durch Fressfeinde (TOLLRIAN & HARVELL 1999). Es gibt keinen Grund anzunehmen, dass es ähnliche Mechanismen bei Pilzen nicht geben soll.

Umweltbedingte Anpassungen sind häufig das Ergebnis epigenetischer Mechanismen. Dabei werden genetische Programme an oder abgeschaltet, aber das Genom nicht verändert (keine Änderung in der DNS-Sequenz) (MADERSPACHER 2017). Falls jedoch der selektive Druck durch einen Umweltfaktor lange genug anhält, wird aus einer vorübergehenden Anpassung eine dauerhafte, die sich in der DNA-Sequenz wieder spiegelt (MADERSPACHER 2017). So entsteht nicht notwendigerweise eine neue Art, sondern zunächst ein neuer Genotyp. Grundsätzlich umfasst eine Pilzart mehrere Genotypen, die subtile Unterschiede im Verhalten zeigen. Pilzpopulationen in einem typischen Areal, also z.B. in einem Waldstück, gehören nur selten zu einem Genotyp, sondern setzen sich aus Individuen („Genets“) zusammen, die sich genetisch unterscheiden, wie z.B. bei *Laccaria amethystina* (GHERBI et al. 1999; VINCENOT et al. 2017).

Es wird deutlich, dass die Grenzen zwischen Pilz-Individuum, genetischen Varianten und Arten nicht so klar sind, wie unser taxonomisches System es suggeriert.

Konsequenzen

Die mannigfachen Ursachen für Merkmals-Inkonsistenzen zwischen verschiedenen Fungen zeigen, dass sowohl bei der Pilzbestimmung, als auch bei der Beschreibung ein kritisches Auge angebracht ist. Streng genommen sollte gelten, dass Fruchtkörper- und Sporenmaße nur für Kollektion mit mehreren reifen Fruchtkörpern aus einer geografisch eindeutig begrenzten Fundsituation aussagekräftig sind. Bei Sporen sollten Mindeststandards hinsichtlich der zu messenden Sporenanzahl eingehalten werden. ERB & MATHEIS (1983) empfehlen bei der Pilzbestimmung die Faustregel „10 muss, 20 soll, 30 darf man messen“. Bei Neubeschreibungen sollten zwischen 50 und 100 Sporen vermessen (ERB & MATHEIS 1983) und statistisch ausgewertet werden. Eine solche Auswertung zeigt auch, wie wahrscheinlich ein ermittelter Mittelwert ist, vor allem im Vergleich mit einer anderen Art. Dies lässt sich mit Streudiagrammen veranschaulichen (Abb. 9). Eine statistische Auswertung von mindestens 30 Sporen zeigt auch, ob die Werte normalverteilt sind, also etwa gleich viele große und kleine Sporen, was bei Basidiosporen meist der Fall ist (PARMASTO et al. 1987). Nur dann sind Messwerte zwischen Sporenpopulationen zuverlässig vergleichbar.

In dem Beispiel kann man nicht sicher sein, ob es sich um zwei Genotypen oder Arten handelt. Erstens sind die Probenzahlen zu niedrig, zweitens überlappen sich die Vertrauensellipsen recht stark.

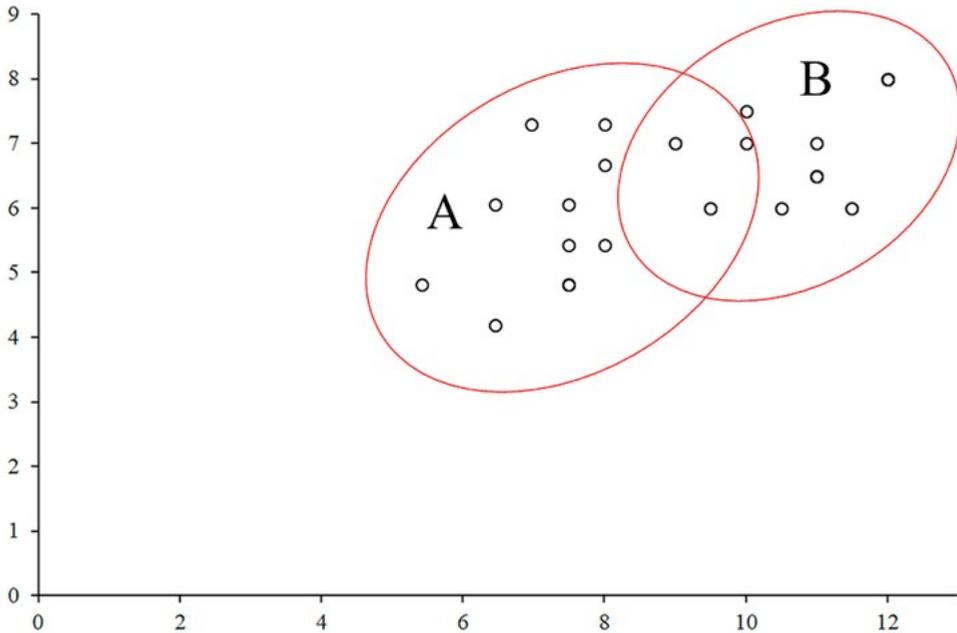


Abb. 9: Sporen zweier fiktiver Kollektionen mit Ellipsen, innerhalb dessen man den Werten mit z.B. 95%iger Wahrscheinlichkeit vertrauen kann

Unterm Strich wird deutlich, dass auch bei morphologischen Merkmalen Vertrauen gut, aber Kontrolle besser ist. Daher ist es angezeigt, sich an Mindestregeln zu halten:

1. Stellen Sie sicher, dass keine methodischen Messfehler auftreten.
2. Bewahren Sie kritische Distanz zu eigenen und fremden Zahlen, um bei der Interpretation keine voreiligen Schlüsse zu ziehen.

Selbstverständlich gilt dies für alle makro- und mikroskopischen Größenmerkmale. Die extremen Varianzen aller Dimensionen bei *Schizophyllum commune* sind es wert, näher untersucht zu werden. Es bietet sich an, Fruchtkörper aus verschiedenen geografischen Regionen unter kontrollierten Laborbedingungen relevanten Umweltregimen (Temperatur, Feuchte, Nahrungsangebot usw.) auszusetzen und auf Veränderungen der Größenmerkmale zu untersuchen.

Danksagung

Ein herzliches Dankeschön geht an Wolfgang Prüfert für seine Hinweise zu Abbildungsfehlern in der Mikroskopie und an Andreas Gminder für seine fundierten Hinweise zum Manuskript.

Stellungnahme

Die Autoren versichern, dass keine speziellen Genehmigungen für die Durchführung der Arbeit nötig waren. Die Arbeit wurde aus Mitteln der Autoren finanziert.

Literatur

- BARAL H (1992) Vital versus herbarium taxonomy: morphological differences between living and dead cells of Ascomycetes, and their taxonomic implications. *Mycotaxon* **44**:333-390.
- BARONI TJ (2017) *Mushrooms of the Northeastern United States and Eastern Canada: Timber Press Field Guide*. Timber Press.
- BOERTMANN D (2010) *The Genus Hygrocybe*. Svampetryk, Tilst.
- BREITENBACH J, KRÄNZLIN F (1981-2005) *Fungi of Switzerland (Vol. 1-6)*. Mykologia, Luzern.
- CLÉMENÇON H (1997) *Anatomie der Hymenomyceten - Anatomy of the Hymenomycetes*. F. Flück-Wirth, Teufen.
- CLÉMENÇON H (2009) *Methods for Working with Macrofungi - Laboratory Cultivation and Preparation of Larger Fungi for Light Microscopy*. IHW-Verlag, Eching.
- DESJARDIN DE, WOOD MG, STEVENS FA (2016) *California Mushrooms: The Comprehensive Identification Guide*. Timber Press, Portland, Oregon.
- ERB B, MATHEIS W (1983) *Pilzmikroskopie: Präparation und Untersuchung von Pilzen*. Franckh'sche Verlagshandlung.
- GERLACH D (1985) *Das Lichtmikroskop: eine Einführung in Funktion und Anwendung in Biologie und Medizin*. Thieme.
- GHERBI H, DELARUELLE C, SELOSSE MA, MARTIN F (1999) High genetic diversity in a population of the ectomycorrhizal basidiomycete *Laccaria amethystina* in a 150-year-old beech forest. *Molecular Ecology* **8**(12):2003-2013.
- HALBWACHS H (2018) Coole Pilze: Einblicke in die Ökologie alpiner Agaricomyceten. *Zeitschrift für Mykologie* **84**(2):275-300.
- HALBWACHS H, BÄSSLER C (2015) Gone with the wind – a review on basidiospores of lamellate agarics. *Mycosphere* **6**:78-112.
- HALLGRÍMSSON H (2010) Sveppabókin. Skrudda.
- HAHN C, AGERER R (1999) Studien zum *Paxillus involutus* Formenkreis. *Nova Hedwigia* **69**(1-2):241-310.
- HENRICI A (2014) *Paxillus*—An End to Confusion? *Field Mycology* **15**(4):121-127.
- JORDAN M (2004) *The encyclopedia of fungi of Britain and Europe*. Frances Lincoln Ltd, London.
- KNUDSEN H, VESTERHOLT J (2012) *Funga Nordica: Agaricoid, boletoid, clavarioid, cyphelloid and gastroid genera*. Nordsvamp, Copenhagen.
- KREMER BP (2015) *Das große Kosmos-Buch der Mikroskopie*. Franckh-Kosmos, Stuttgart.
- KUO M, METHVEN AS (2014) *Mushrooms of the Midwest*. University of Illinois Press.
- LAZO W (2001) *Hongos de Chile - Atlas Micológico* (<http://www.libros.uchile.cl/424>). Santiago de Chile, Universidad de Chile.
- LUDWIG E (2001-2017) *Pilzkompodium Bd. 1-4*. IHW-Verlag, Fungicon-Verlag.
- MADERSPACHER F (2017) Epigenetics. In Losos JB: *The Princeton Guide to Evolution*. Princeton University Press:422-429.

- MOSER M (1983) Die Röhrlinge und Blätterpilze. Gustav Fischer, Stuttgart.
- MYCOQUÉBEC (2018) "Les champignons du Québec." Retrieved November 2018, from www.mycoquebec.org.
- PAPETTI C, CONSIGLIO G, SIMONINI G (2000) Atlante fotografico dei Funghi d'Italia Vol. 1+2. Associazione Micologica Bresadola, Trento.
- PARMASTO E, PARMASTO I, MÖLS T (1987) Variation of basidiospores in the *Hymenomycetes* and its significance to their taxonomy. J. Cramer.
- RODRÍGUEZ AJ, FRADE BL, ALFONSO AT, RODRÍGUES JAS, PRIETO OG, MARTÍN EA, JARAUTA TP (1992) Guía de hongos de la península ibérica. Celarayn Editorial, Léon.
- ROUX P (2006) Mille et un champignons. Édition Roux, Saint Sigolène.
- TENG SC, KORF R (1995/1964) Fungi of China. Mycotaxon Ltd, Ithaca, New York.
- TOLLRIAN R, HARVELL CD (1999) The evolution of inducible defenses: current ideas. In TOLLRIAN R, HARVELL CD: The ecology and evolution of inducible defenses. Princeton University Press:306-321.
- VAN DER WESTHUIZEN GCA, EICKER A (1994) Field Guide Mushrooms of Southern Africa. Struick Publishers.
- VINCENOT L, POPA F, LASO F, DONGES K, REXER K-H, KOST G, YANG ZL, NARA K, SELOSSE M-A, 2017 Out of Asia: biogeography of fungal populations reveals Asian origin of diversification of the *Laccaria amethystina* complex, and two new species of violet *Laccaria*. Fungal biology **121**(11):939-955.
- ZEHFUSS HD (2005) Die Seite für den Pilzmikroskopiker - 21. Folge: Zehn häufige Fehler beim Mikroskopieren von Pilzen. Der Tintling **4**:24-26.
- ZMITROVICH IV, KOVALENKO AE (2016) Lentinoid and polyporoid fungi, two generic conglomerates containing important medicinal mushrooms in molecular perspective. International Journal of Medicinal Mushrooms **18**(1):23-38.



Peter Karasch

Baujahr 1966, seit 2007 freiberuflicher Mykologe mit Schwerpunkt Feldforschung im Nationalpark Bayerischer Wald. Besondere Interessen: Ökologie, Naturschutz & Kartierung von Pilzen mit breitem Artenspektrum. Näheres unter www.pilzteam-bayern.de



Hans Halbwachs

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



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: 2019

Band/Volume: [85_2019](#)

Autor(en)/Author(s): Halbwachs Hans, Karasch Peter

Artikel/Article: [Dimensionen: Ein Blick in die unsichere Welt der Pilzmorphologie 93-108](#)