**Mycologia Bavarica**
Band 23: 63–67

**ISSN 2940-8342 (Online)**
www.mycologia-bavarica.de

Fachbeitrag

# *Sabuloglossum monticola* – zweiter Nachweis für Deutschland im Bayerischen Wald

Ludwig Beenken[1], Rebecca Schneeweiss[2]

Online publiziert am 06.12.2023

Beenken L, Schneeweiss R (2023) – *Sabuloglossum monticola* – second record for Germany in the Bavarian Forest. Mycol. Bav. 23: 63–67

**Key words:** *Sabuloglossum*, Geoglossaceae, Geoglossales, Geoglossomycetes, Pezizomycotina, Ascomycota

**Summary:** The earth tongue, *Sabuloglossum monticola*, which was first recognized as a distinct species just recently in 2022, was recorded 2023 for the second time for Germany at the Mt. Grosser Arber in the Bavarian Forest. The difficulties to morphologically distinguish it from its sister species *Sabuloglossum arenarium* are shown. Sequencing of the ITS region of the nr-DNA of the latest find prove a 100% match with the sequence of the type of *S. monticola*. Thus, the species was also molecularly confirmed for Germany since the first finding of the species for Germany from 2004 was only determined morphologically. The endangerment of the species is being discussed and its known range in Europe has been extended by new reports from Switzerland and Scotland. The following German names are proposed: for the genus *Sabuloglossum* „Sanderdzungen", for *S. arenarium* „Küsten-Sand-erdzunge" and for *S. monticola* „Berg-Sanderdzunge".

**Zusammenfassung**: Die erst 2022 als eigene Art erkannte Erdzunge, *Sabuloglossum monticola*, wurde am Großen Arber im Bayerischen Wald zum zweiten Mal für Deutschland nachgewiesen. Die Schwierigkeiten der morphologischen Abgrenzung zur Schwesterart *Sabuloglossum arenarium* werden aufgezeigt. Die Sequenzierung der ITS-Region der nr-DNA des Fundes weist eine 100 % Übereinstimmung mit der Sequenz des Typus von *S. monticola* nach. Somit konnte die Art für Deutschland erstmals auch molekular bestätigt werden, da der Erstfund der Art für Deutschland von 2004 nur morphologisch bestimmt wurde. Die Gefährdung der Art wird diskutiert und ihr bekanntes Verbreitungsgebiet in Europa durch neue Meldungen aus der Schweiz und Schottland erweitert. Folgende deutschen Namen werden vorgeschlagen: Für die Gattung *Sabuloglossum* „Sanderdzungen", für *S. arenarium* „Küsten-Sanderdzunge" und für *S. monticola* „Berg-Sanderdzunge".

## Einleitung

Vom 28.09. bis 03.10.2023 fand in Arnschwang, Lkr. Cham, Oberpfalz, die 15. Tagung der Bayerischen Mykologischen Gesellschaft statt. Eine der angebotenen Exkursion ging am 30.09. in das Naturwaldreservat Grübel im Inneren Bayerischen Wald, südlich des Sattels zwischen den Gipfeln des Kleinen und des Großen Arbers (LWF 2023). Das untersuchte Gebiet ist ein bodensaurer Hochlagen-Fichtenwald über Granit und Gneis mit hauptsächlich Heidelbeeren als Unterwuchs. Es liegt in einer sich nach Süden öffnenden Bachrinne zwischen ca. 1100 m und 1250 m Höhe. Ziel der Exkursionsteilnehmer war eine Liste der dort vorkommenden Pilze für ein Arteninventar zu erstellen. Die Zweitautorin fand dabei fünf kleine Fruchtkörper einer schwarzen Erdzunge. Schon im Feld wurde vermutete, dass es sich um die erst kürzlich beschriebene Art *Sabuloglossum monticola* V. Kučera, Slovák, Janošík (Kučera et al. 2022) handeln könnte. Der Erstautor entdeckte diese Art 2004, ebenfalls am Großen Arber, keine 1,5 km Luftlinie vom aktuellen Fundort entfernt. Er hatte sie aber damals noch als *Geoglossum arenarium* (Rostr.) Lloyd (jetzt *Sabuloglossum arenarium* (Rostr.) Hustad, A.N. Mill., Dentinger & P.F. Cannon) bestimmt und veröffentlicht (Beenken & Horn 2008). Um so erfreulicher ist der Wiederfund, um die damaligen Beobachtungen an frischem Material mit der aktuellen Literatur zu überprüfen. Zurück in der Tagungsunterkunft konnte die Vermutung mikroskopisch bestätigt werden. Zusätzlich wurde der Fund später molekular untersucht, um die Bestimmung abzusichern und da von *Sabuloglossum monticola* noch keine Sequenzdaten aus Deutschland verfügbar waren (Kučera et al. 2022).

### Material und Methoden

Handschnitte aus den Hymenium eines frischen Fruchtkörpers wurden in Leitungswasser und in lugolscher Jod-Lösung mikroskopiert. Der getrocknete Beleg wird in der Botanischen Staatssammlung München (M) hinterlegt.

**Anschriften der Autoren:** [1]Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL, Zürcherstrasse 111, CH-8903 Birmensdorf, Schweiz, ludwig.beenken@wsl.ch; [2]Dr. Kirschnerweg 9b, AT-6632 Ehrwald, Österreich, schneeweiss58@gmail.com

Die DNA-Extraktion aus einem getrockneten Fruchtkörperstück (ca. 2 mm³) und die anschließende Sequenzierung der ITS1-5.8S-ITS2 nr-DNA Region wurde vom Phytopathologie-Labor der WSL nach Standardmethoden durchgeführt. Für die PCR und die Sequenzierung wurde das Primer-Paar ITS1F/ITS4 (Gardes & Bruns 1993, White et al. 1990) verwendet. Die erhaltene Nukleotid-Sequenz wurde mittels einer BLAST-Suche (https:// blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi, Datum: 2023–10-24) mit in der NBCI-Datenbank gespeicherten DNA-Sequenzen verglichen und in GenBank hinterlegt.

## Ergebnisse

***Sabuloglossum monticola*** V. Kučera, Slovák, Janošík, Plant Biosystems – An International Journal Dealing with all Aspects of Plant Biology **156(5)**: 1150 (2022) **Abb. 1-2**

### Fundbeschreibung

**Fruchtkörper** (Abb. 1) schwarz, keulenförmig, teilweise verzweigt, 1 – 2 cm hoch, 2 – 5 mm breit, fertiler Teil nicht deutlich vom kurzen Stiel abgesetzt, Basis im Boden mit dunkelbraunem Mycelfilz, das durchmischt mit Pflanzenwurzeln und Sand eine Art kleines Pseudoskerotium bildet. Asci 120 – 140 × 15 – 18 µm, clavat, mit Hakenbildung, inoperkulat, Apicalapparat J+ (Abb. 2a). Sporen (Abb. 2b) 20 – 36 × 4 – 5,5 µm, farblos hyalin, fusiform, leicht gebogen, mit vielen großen und kleinen Tropfen gefüllt, keine Septen beobachtet; Paraphysen (Abb. 2c) braun, septiert, 3 – 5 µm breit, an der Spitze keulig verbreitert, oft hakenartig eingekrümmt, selten verzweigt.

**Habitat**: Bodensaurer Hochlagen-Fichtenwald des Inneren Bayerischen Waldes in SSO-Exposition, über Granit und Gneis, Wegrand auf sandigem Boden zwischen Moosen bei Heidelbeeren (*Vaccinium myrtillus*).

**Beleg**: Deutschland, Bayern, Regierungsbezirk Niederbayern, Landkreis Regen, Gemeinde Bodenmais, Bayerischer Wald, Naturwaldreservat Grübel, 49.10880 N, 13.11662 O, 1220 m ü. N.N., 30. Sept. 2023, leg. Rebecca Schneeweiß (in M); DNA-Beleg-Nr. PHP23_1527; ITS GenBank-Hinterlegungsnummer OR755917.

Die Morphologie und das Habitat des Fundes vom Großen Arber stimmen gut mit der Originalbeschreibung von *S. monticola* in Kučera et al. (2022) und der Beschreibung in Beenken & Horn (2008) überein.

Die erhaltenen ITS-Sequenz (GenBank-Nr. OR755917) ist 484 Basenpaare lang und stimmt zu 100 % mit der des Holotypus von *S. monticola* (GenBank-Nr. MW471103) und einer weiteren Sequenz der Art (MW471105) überein. Zu zwei Sequenzen von *S. monticola* (MW471104, MW471106) besteht nur ein Unterschied von zwei Basenpaaren (99,59 % Übereinstimmung). Mit den ITS-Sequenzen von *Sabuloglossum arenarium* (GU324765, JQ256426, MZ159656) besteht lediglich eine Übereinstimmung von 91,02 %.

**Abb. 1 –** *Sabuloglossum monticola* Fruchtkörper.
Fotos R. Schneeweiss

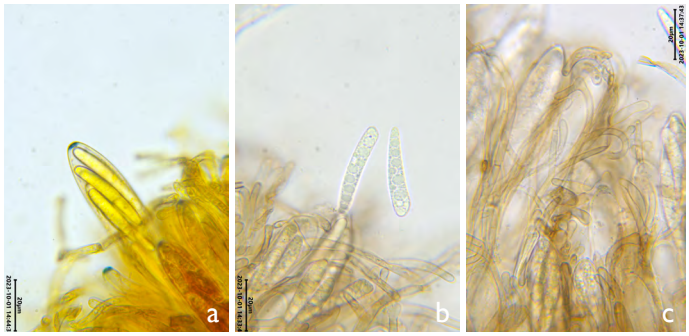


**Abb. 2 –** *Sabuloglossum monticola*, a) Ascus in lugolscher Lösung mit blauem Apikalapperat, b) zwei lebende Ascosporen in Wasser, c) Paraphysen in Wasser.
Fotos L. Beenken

## Diskussion

Als Beenken & Horn (2008) diese kleine Erdzunge nahe dem Gipfel des Großen Arbers im September 2004 erstmals fanden (ca. 1,5 km Luftlinie vom aktuellen Fundort), bestimmten sie sie mit der damals zur Verfügung stehenden Literatur (Nitare 1982, Ryman & Holmåsen 1992) rein morphologisch als *Geoglossum arenarium*, einen Pilz aus den Dünen der Küsten Nordeuropas. Daher wunderten sie sich sehr, diesen Pilz so weit weg vom nächsten Meer und so weit oben in 1400 m Höhe zu finden. Sie sicherten darum ihre Bestimmung mit einer ausführlichen morphologischen Abgrenzung zu *Thuemenidium atropupureum* (Batsch) Kuntze (= *Geoglossum atropupureum* Batsch) ab, die eher in das Habitat gepasst hätte und auch unseptierte Ascosporen besitzt (Beenken & Horn 2008). Zu diesem Zeitpunkt war auch die Gattungszugehörigkeit der Art umstritten. Erst die molekularphylogenetischen Arbeiten von Hustad et al. (2013) zu

den Gattungen in den Geoglossomyceten hat dieses geklärt, indem sie die neue Gattung *Sabuloglossum* Hustad, A.N. Mill., Dentinger & P.F. Cannon (Geoglossaceae) mit der einen nun *Sabuloglossum arenarium* (Rostr.) Hustad, A.N. Mill., Dentinger & P.F. Cannon heißenden Art aufstellten. Das Rätsel um die ungewöhnliche Verbreitung der Art konnte erst durch weitere Funde in den Bergen Tschechiens, der Slowakei und Österreichs und deren Sequenzierung durch Kučera et al. (2022) geklärt werden. In den Bergen handelt es sich um eine eigene Art, *S. monticola*, und nicht um die Art der Küsten *S. arenarium*. Morphologisch lassen sich beide Arten fast nicht trennen. Die mikroskopischen Merkmale sind so gut wie gleich, sie unterscheiden sich nur vage in Form und Färbung der Paraphysen (Kučera et al. 2022). Makroskopische Unterschiede sind kleinere, zartere Fruchtkörper bei *S. monticola*, die meist allein oder höchstens zu wenigen auf einem schwach entwickelten Pseudosklerotium sitzen. Bei *S. arenarium* ist dieses Konglomerat aus Hyphenfilz, Sand und Pflanzenwurzeln viel ausgeprägter und größer; aus ihm entspringen meist auch mehrere, bis zu 5 cm hohe Fruchtkörper (Nitare 1982, Kučera et al. 2022, Lüderitz et al. 2016). Da diese makroskopischen Merkmale auch auf Umwelteinflüsse wie Mikroklima, Nährstoffangebot und Bodenbeschaffenheit beruhen könnten, gab erst der Sequenzvergleich Klarheit. Leider schlug der Versuch fehl, auch den deutschen Beleg von 2004 zu sequenzieren (Kučera et al. 2022). Umso wichtiger ist der Zweitfund von *S. monticola* im Gebiet des Großen Arbers, da dieser sequenziert werden konnte und jetzt auch molekular bestätigt ist, dass diese Art in Bayern und damit in Deutschland vorkommt.

Beide *Sabuloglossum*-Arten lassen sich über ihr Habitat leicht trennen. *Sabuloglossum arenarium* kommt auf Sandböden an der Küste im Norden Europas und Nordamerikas vor und ist meist mit Krähenbeeren (*Empetrum* spp.), einer Gattung aus der Familie der Heidekrautgewächse (Ericaceae), vergesellschaftet (Beenken & Horn 2008, Kučera et al. 2022, Lüderitz et al. 2016, Nitare 1982). *Sabuloglossum monticola* bevorzugt bei uns auch sandige Böden mit saurer Bodenreaktion, aber in montanen bis alpinen Lagen über 1000 m ü. N.N. Auch sie scheint eng an Heidekrautgewächse gebunden zu sein, da sie meist mit Besenheide, Heidel-, Preiselbeeren und/oder Alpenrosen gefunden wurde (Beenken & Horn 2008, Kučera et al. 2022). Da in den Pseudosklerotien unter den Fruchtkörpern Wurzeln von Heidekrautgewächsen gefunden wurden, ist zu vermuten, dass die Arten über diese Nährstoffe erhalten (Beenken & Horn 2008, Nitare 1982). Welcher Natur diese Assoziation genau ist, ob saprotropher, symbiontischer oder parasitischer Art, ist noch nicht geklärt. Eine weitere interessante Beobachtung ist, dass die Heidekeule (*Clavaria argillacea* Pers.) oft mit den beiden *Sabuloglossum* Arten zusammen vorkommt (Beenken & Horn 2008, Kučera et al. 2022, Lüderitz et al. 2016, Nitare 1982, Ryman & Holmåsen 1992). Bei dem vorliegenden Fund war dieses aber nicht der Fall.

Die *Sabuloglossum* Arten können im Feld leicht mit kleinen Arten der Gattungen *Geoglossum* und *Glutinoglossum* verwechselt werden, die aber sich im Mikroskop deutlich durch bereits im Ascus gefärbte und septierte Sporen unterscheiden (Kučera et al. 2022). Es könnte daher auch sein, dass früher Funde der Art als unreife Exemplare anderer *Geoglossum*-Arten missinterpretiert wurden. Kučera et al. (2022) fanden bei *S. monticola* zwar Septen bei freien Sporen, im Ascus und frisch ausgeschossen sind die Sporen aber unseptiert und haben viele große Tropfen. Bei den beiden bayrischen Funden wurden keine septierten Sporen beobachtet (Beenken & Horn 2008).

## Gefährdung und Verbreitung

Alle Erdzungen (Geoglossaceae) stehen in Bayern und Deutschland auf der Roten Liste (Bayerisches Landesamt für Umweltschutz 2009, Bundesamt für Naturschutz 2016) und gelten als gefährdet, stark gefährdet oder gar vom Aussterben bedroht. Die Hauptursache dürfte der Verlust ihrer Habitate wie nährstoffarme Trocken- und Feuchtwiesen sein.

Auch die *Sabuloglossum* Arten werden – noch nicht voneinander unterschieden – unter *Geoglossum arenarium* aufgeführt, aber auf Grund ihrer extremen Seltenheit nicht bewertet (Bayerisches Landesamt für Umweltschutz 2009, Bundesamt für Naturschutz 2016). Die Gefährdung von *S. monticola* bleibt auch schwer abzuschätzen, da nur wenige Funde vorliegen (Kučera et al. 2022). Ob das an einer tatsächlichen Seltenheit der Art oder auf einer Unterkartierung auf Grund der Unauffälligkeit der winzigen, schwarzen Fruchtkörper liegt, bleibt offen. Auch von anderen kleinen, montanen und alpinen Erdzungen sind meist nur wenige Vorkommen bekannt, wie zum Beispiel von der kürzlich in der Schweiz wiederentdeckten *Geoglossum heuflerianum* Bail (Fluri et al. 2017), obwohl deren Habitate, meist offene sandige Rohböden mit spärlichen Pflanzen- und Moosbewuchs (Fluri et al. 2017, Kučera et al. 2022), in den Bergen nicht selten sind. Daher könnte die beobachtete Seltenheit dieser Erdzungen darauf zurückzuführen zu sein, dass sie übersehen wurden und wenn, dann meistens nur durch Zufall gefunden wurden. Dafür spricht auch, dass die meisten Funde von Wegrändern stammen, wo sie leichter zu entdekken sind (vorliegender Fund, Fluri et al. 2017, Kučera et

al. 2022). Dennoch ist *S. monticola* sicherlich nirgends ein häufiger Pilz. In Deutschland ist der Pilz bisher nur aus dem Bayerischen Wald am Großen Arber an zwei, nicht weit voneinander entfernten Stellen nachgewiesen worden und damit nur von einem extrem kleinen Gebiet bekannt. Von der Art sind bei Kučera et al. (2022) auch nur wenige Fundpunkte in Österreich in den Schladminger und Hohen Tauern, in Tschechien im Riesengebirge (tschechisch Krkonoše) und Altvatergebirge (tschechisch Hrubý Jeseník) und in den Karpaten der Slowakei (Kleine Fatra, slowakisch Malá Fatra) aufgeführt. Im vergangenen Jahr ist *S. monticola* zum ersten Mal in den Schweizer Alpen nachgewiesen worden (Gross et al. 2023). Im Zuge der Kartierung zur Roten Liste der gefährdeten Grosspilze der Schweiz fand sie Andrin Gross (pers. Mitteilung) am 4. Okt. 2023 im Kanton Wallis, Bourg-Saint-Pierre, oberhalb der Passstraße zum Großen St. Bernhard (45.87433 N, 7.18278 O) auf 2290 m Höhe auf einer Bergwiese in Granitgrus und Artemis Treindl (pers. Mitteilung) am 18. Okt. 2023 im Kanton St. Gallen, Klatbrunn, Wengi (47.19567 N, 9.10393 O) in 1150 m Höhe auf einer mageren Alpweide (Saftlingswiese) an einer lehmigen Graskante. Aus Schottland liegt jetzt auch ein Nachweis vor: Südwestlich von Dufftown an eine Straßenböschung unterhalb der Berges Ben Rinnes (57.38871 N, 3.23380 W) auf ca. 370 m Höhe, 9. Sept. 2023, bei *Calluna vulgaris*, leg. G. Greiff, L. Janošík, M. Vega, det. L. Janošík (SAV F-12116) (Viktor Kučera pers. Mitteilung). Andere Funde von *S. arenarium* aus dem Binnenland und Gebirgen Europas (vielleicht auch Nordamerikas), zum Beispiel in Skandinavien (Nitare 1982, GBIF 2023), sollten daher daraufhin untersucht werden, ob es sich nicht um *S. monticola* handelt. Somit könnte die Art ein recht großes Verbreitungsgebiet haben. Sie kommt in Nordeuropa bereits auf unter 400 m Höhe vor und steigt in den Gebirgen Mitteleuropas von 1000 m bis auf fast 2300 m Höhe. Wenn mehr Nachweise vorliegen, wird es sich zeigen, ob die Art ein ähnlich disjunktes Areal wie andere arkto-alpin oder boreo-montan verbreitete Pilze hat. Diese Pilze haben aufgrund ihrer Klimapräferenz Teilareale, die in den borealen bis arktischen Breiten und auf klimatisch entsprechenden Höhenstufen der Gebirge in gemäßigten Breiten liegen (z.B. Noffsinger et al. 2020, Ronikier & Ronikier 2010). Gezieltes Suchen in geeigneten Habitaten würden sich daher lohnen, um die Kenntnisse zur Verbreitung und Häufigkeit von *S. monticola* zu erweitern.

## Deutsche Namen

Um auch beide Arten im Deutschen benennen und unterscheiden zu können, schlagen wir folgende deutschen Namen vor, die sich auf das jeweilige Habitat beziehen: Für die Gattung *Sabuloglossum* „Sanderdzungen“ (lateinisch *sabulum* = Sand), für *S. arenarium* „Küsten-Sanderdzunge“ (Krähenbeerheiden-Erdzunge bei Lüderitz et al. 2016) und für *S. monticola* „Berg-Sanderdzunge“.

## Danksagung

Wir danken Christoph Hahn (Dießen-Dettenschwang) für die kompetente Leitung der Exkursion zum Naturwaldreservat Grübel. Renate Schöber (Simbach a. Inn) ließ uns netterweise ihr Mikroskop während der Tagung benutzen, um die Fotos von frischen Fruchtkörperpräparaten zu machen. Besonderer Dank gilt dem Team des Diagnostiklabors der Arbeitsgruppe Phytopathologie an der Eidgenössischen Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL (Birmensdorf) für die Extrahierung der DNA aus dem Fund und deren Sequenzierung. Andrin Gross und Artemis Treindl von der WSL (Birmensdorf) stellten uns dankenswerterweise die exakten Daten zu ihren Erstfunden von *S. monticola* aus der Schweiz zur Verfügung. Viktor Kučera (Bratislava) danken wir die für die Nachweismeldung aus Schottland.

## Literaturverzeichnis

Bayerisches Landesamt für Umweltschutz (LfU) (Hrsg.) (2009) – Rote Liste gefährdeter Großpilze Bayerns. https://www.lfu.bayern.de/publikationen/get_pdf.htm?art_nr=lfu_nat_00176

Beenken L, Horn K (2008) – Erstnachweis von *Geoglossum arenarium* am Großen Arber im Bayerischen Wald. Zeitschrift für Mykologie **74(1)**: 119–126.

Bundesamt für Naturschutz (Hrsg.) (2016) – Rote Liste gefährdeter Tiere, Pflanzen und Pilze Deutschlands – Bd 8: Pilze (Teil 1) – Großpilze. https://www.roteliste-zentrum.de/de/Grosspilze-Basidiomycota-p-p-Ascomycota-p-p-1774.html

Fluri H, Senn-Irlet B, Graf U, Beenken L (2017) – *Geoglossum heuflerianum* – Wiederentdeckung einer alpinen Art in der Schweiz. Österreichische Zeitschrift für Pilzkunde **26**: 87–97.

Gardes M, Bruns TD (1993) – ITS primers with enhanced specificity of basidiomycetes: Application to the identification of mycorrhizae and rusts. Molecular Ecology **2**: 113–118.

GBIF (2023) – *Sabuloglossum arenarium* (Rostr.) Hustad, A.N.Mill., Dentinger & P.F.Cannon: https://www.gbif.org/species/7984258 (Abrufdatum 06.11.2023).

Gross A, Blaser S, Senn-Irlet BJ (2023) – SwissFungi: Nationales Daten- und Informationszentrum der Schweizer Pilze (Datenbank). Version 2. Birmensdorf, Eidg. Forschungsanstalt WSL.: https://www.wsl.ch/map_fungi (Abrufdatum 16.11.2023).

Hustad VP, Miller AN, Dentinger BTM, Cannon PF (2013) – Generic circumscriptions in Geoglosso-

mycetes. Persoonia **31**: 101–111.
DOI: 10.3767/003158513X671235

Kučera V, Slovák M, Janošík L, Beenken L (2022) – A new species of *Sabuloglossum* (Geoglossaceae, Ascomycota) from montane areas. Plant Biosystems – An International Journal Dealing with all Aspects of Plant Biology **156(5)**: 1147–1157.
DOI: 10.1080/11263504.2021.2020353

Lüderitz M, Kamke M, Specht P, Ludwig E, Lehmann H, Schubert H, Richter H, Richter U (2016) – Ergebnisse des 4. und 5. Dünenpilzworkshops. Zeitschrift für Mykologie **82(2)**: 355–448.

LWF (2023) – Übersicht der Naturwaldreservate in Niederbayern: https://www.lwf.bayern.de/biodiversitaet/naturwaldreservate/065691/index.php

Nitare J (1982) – *Geoglossum arenarium*, sandjordtunga – ekologi och utbredning i Sverige. Svensk Botanisk Tidskrift **76**: 349–357.

Noffsinger C, Cripps CL, Horak E (2020) – A 200-year history of arctic and alpine fungi in North America: Early sailing expeditions to the molecular era. Arctic, Antarctic, and Alpine Research **52(1)**: 323–340,
DOI: 10.1080/15230430.2020.1771869

Ryman S, Holmåsen I (1992) – Pilze. Über 1.500 Pilzarten ausführlich beschrieben und in natürlicher Umgebung fotografiert. Thalacker, Braunschweig.

Ronikier A, Ronikier M (2010) – Biogeographical patterns of arctic-alpine fungi: distribution analysis of *Marasmius epidryas*, a typical circumpolar species of cold environments. North American Fungi **5**: 23–50,
Doi: http://dx.doi.org/10.2509/naf2010.005.0053.

White TJ, Bruns T, Lee S, Taylor J (1990) – Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics. In: Innis MA, Gelfand DH, Sninsky JJ, White TJ (eds) PCR protocols: a guide to methods and applications. Academic Press, San Diego: 315–322