

Verbreitung, Ökologie und Inhaltsstoffe von *Boletopsis grisea* (Peck) Bondartsev & Singer: Ein rezentes Vorkommen in Jena

ANGELA GÜNTHER, INGO SCHÖNING, MATTHEW J. MARTIN &
CHRISTIAN PAETZ

GÜNTHER A, SCHÖNING I, MARTIN MJ, PAETZ C (2019) Distribution, ecology and metabolites of *Boletopsis grisea* (Peck) Bondartsev & Singer: A recent occurrence in Jena. *Zeitschrift für Mycologie* 85/1:31-51.

Keywords: *Basidiomycota*, *Thelephorales*, *Bankeraceae*, *Boletopsis grisea*, nitrogen, mass spectrometry, NMR, Boletopsin, Cycloleucomelon, Kynapsin, Polyocellin, Terphenyle

Abstract: *Boletopsis grisea*, a species highly endangered and included in the Red Lists of several European countries was reported in Jena for the first time. The discovery of this rare species motivated us to investigate why the fungus is reported so infrequently. The taxonomic relationships within the genus *Boletopsis* are discussed and its occurrence within Germany described. In contrast to many previous studies, we did not find *Boletopsis grisea* on a nutrient poor sandy, but on shallow nitrogen-poor calcareous soil (according to Ellenberg). Thus, habitat requirements can be extended from poor acidic sandy soils to neutral and even basic nitrogen poor calcareous soils.

Analysis of soil C/N content indicated an ordinary nitrogen concentration. However, N indicator values of the plant species growing in the vicinity of the fungus point to a low availability of nitrogen at the site.

Reports of *Boletopsis* in Volkenberg (a location close to Würzburg) from 2004-2018 were correlated with monthly precipitation values. Fruit bodies were registered in this region when precipitation from March to October exceeded 400 mm.

High pressure liquid chromatography analyses coupled with high-resolution electrospray ionization mass spectrometry (HPLC-HRESIMS) and subsequent structure analysis using nuclear magnetic resonance spectroscopy (NMR) revealed the presence of seven previously described terphenyls as main constituents.

Schlüsselwörter: *Basidiomycota*, *Thelephorales*, *Bankeraceae*, *Boletopsis grisea*, Stickstoff, Massenspektrometrie, NMR, Boletopsin, Cycloleucomelon, Kynapsin, Polyozellin, Terphenyle

Zusammenfassung: Der Erstfund von *Boletopsis grisea* (Grauer Rußporling) in Jena gab Anlass zu einer Spurensuche, um herauszufinden, warum diese in Europa gefährdete und auf den Roten Listen mehrerer Länder aufgeführte Art so selten ist. Ihre Verwandtschaftsverhältnisse

Anschriften der Autoren: Angela Günther, Hermann-Pistor-Straße 11, 07745 Jena, E-Mail: Angela.Guenther@bgc-jena.mpg.de (korrespondierende Autorin); Ingo Schöning, Max-Planck-Institut für Biogeochemie, Hans-Knöll-Str.10, 07745 Jena, ischoen@bgc-jena.mpg.de; Matthew J. Martin, Greenville, SC 29613, Chemistry Department, Furman University, 3300 Poinsett Highway, matthew.martin4@furman.edu; Christian Paetz, Max-Planck-Institut für Chemische Ökologie, Hans-Knöll-Str.8, 07745 Jena, cpaetz@ice.mpg.de

und das Vorkommen in Deutschland wurden untersucht. Im Gegensatz zu vielen in der Literatur beschriebenen Funden kam der Pilz in Jena nicht auf nährstoffarmem Sandboden vor, sondern auf einem stickstoffarmen flachgründigen Kalkboden (basierend auf den Ellenberg Zeigerwerten). Man kann daher das Standortspektrum, auf dem der Pilz vorkommt und Fruchtkörper bilden kann, auf neutrale und basische, kalkhaltige, stickstoffarme Böden ausdehnen.

Die Bodenanalyse hinsichtlich des C/N-Gehaltes ergab einen mittleren Stickstoffwert. Der Durchschnitt-Zeigerwert der erfassten Pflanzen liegt bei 2,6 – ein Indiz für stickstoffarmen Boden, was möglicherweise für niedrige Verfügbarkeit des Stickstoffs spricht.

Die Fundmeldungen des Pilzes in Volkenberg (bei Würzburg) wurden im Zeitraum von 2004-2018 mit den monatlichen Niederschlägen korreliert. Bei mehr als 400 mm Niederschlag von März bis Oktober wurden Fruchtkörper für diese Region registriert.

Der Pilz wurde mittels Hochdruckflüssigkeitschromatographie, gekoppelt mit hochauflösender Elektrospray-Massenspektrometrie (HPLC-HRESIMS) analysiert und die Struktur der Hauptinhaltsstoffe anschließend mit Kernmagnetresonanzspektroskopie (NMR) aufgeklärt. Es konnten sieben bereits beschriebene Terphenyle identifiziert werden.

Einleitung

Im Spätherbst 2017 wurde der Fund des seltenen Porlings *Boletopsis grisea* (Peck) Donk gemeldet. Die Fundstelle wurde aufgesucht und begutachtet. Sie befindet sich auf der Ammerbacher Platte in Jena. Fünf *Boletopsis*-Fruchtkörper standen zwischen *Carex humilis* Leyss. und *Sesleria albicans* (L.) Ard. in Gesellschaft mit *Phellodon niger* (Fr. : Fr.) P. Karst. unter *Pinus sylvestris* L. auf Muschelkalk. *B. grisea* geht eine Symbiose mit *Pinus* spp. ein, mit welchen er eine Ektomykorrhiza bildet (PECK 1873, WATLING & MILNE 2006, FRAITURE & OTTO 2015). Bei der Ektomykorrhiza dringen die Pilzhyphe bis in die Zwischenräume und in den Zellwandraum der Wurzelrinde. Bei Kontakt zwischen Baumwurzel und Pilzhyphe verändern die Wurzeln ihr Wachstum: Sie gehen zu einer gedrungenen Wuchsform über. Die verkürzten Wurzeln werden von einem dichten Myzelmantel umhüllt und mit Nährstoffen wie Stickstoff und Phosphor versorgt. Der Pilz scheidet Enzyme aus, die ihm erlauben, u. a. Saccharose als Kohlenstoff- und Energiequelle zu verwerten. Aufgrund ihres besonderen Metabolismus schützen Mykorrhizen die Wirte vor Schadstoffen und Pathogenen. Mykorrhizierte Pflanzen haben daher eine erhöhte Stresstoleranz (EGLI & BRUNNER 2011). Damit diese Lebensgemeinschaft funktionstüchtig bleibt, ist insbesondere die Drosselung von Stickstoff-Emissionen von Bedeutung, welche zur Überdüngung von Habitaten und damit zur Verdrängung der Mykorrhizen führen kann (VESTERHOLT et al. 2000).

Ein Fruchtkörper von *B. grisea* wurde mikroskopiert und bestimmt. Ausgehend von Literaturrecherchen wurden die Mikro- und Makromerkmale geprüft.

Zu den asiatischen Funden von *B. grisea* lagen Informationen zu den Metaboliten vor (LIU et al. 2004, STEGLICH et al. 1987, TAKAHASHI et al. 2014, 2018). Zu erwarten waren daher Terphenylverbindungen – Polyphenole, die durch eine lineare Struktur dreier *para*-verbundener Phenylringe gekennzeichnet sind. Bezugnehmend auf diese Studien wurde der Jenaer Fund hinsichtlich seiner Inhaltsstoffe untersucht.

Material und Methoden

Es erfolgten Literatur-Recherchen zu Verwandtschaftsverhältnissen des Pilzes, weiterhin zur Taxonomie, Gefährdung in Europa, Verbreitung, Habitat, Ökologie, Symbiose-Partnern und Vorkommen in Deutschland. Der Standort des Pilzes in Jena wurde untersucht, die Pflanzenarten aufgenommen, der Bodentyp mittels Bodenkundlicher Kartieranleitung (AD HOC ARBEITSGRUPPE BODEN 2005) klassifiziert und Bodenproben entnommen. Die Bodenproben wurden luftgetrocknet und gesiebt (< 2 mm). Anschließend wurde der pH Wert mit 0,01 M CaCl₂ Lösung und einem Boden zu Lösungs-Verhältnis von 1:2,5 bestimmt. Eine Teilbodenprobe wurde für die Elementaranalyse gemahlen. Die Bestimmung der Gesamt-Gehalte von Kohlenstoff und Stickstoff erfolgte mit einem Elementar Analysator VarioMax (Elementar, Hanau, Deutschland). Nach Zerstörung des organischen Kohlenstoffs im Muffelofen bei 450°C für 16 Stunden wurde der anorganische Kohlenstoff mit derselben Methode bestimmt. Der organische Kohlenstoffgehalt ergibt sich aus der Differenz zwischen Gesamt-Kohlenstoffgehalt und dem anorganischen Kohlenstoffgehalt. Das Kohlenstoff- zu Stickstoffverhältnis wurde berechnet, indem die organischen Kohlenstoffgehalte durch die Gesamt-Stickstoffgehalte dividiert wurden.

Zur Vorbereitung der Analyse der Pilzinhaltsstoffe von *B. grisea* wurden die verbliebenen Fruchtkörper gesäubert und gefriergetrocknet (Lyophilisator „Piatkowski/P25“, 24 h bei -45°C). Insgesamt 1,5 g gefriergetrocknetes Material wurde anschließend extrahiert, wobei mehr Material des Pilzhutes als des Stieles zur Verfügung stand. Das Material wurde in mehreren Portionen in 7 ml Precellys-Aufschlussvials, zusammen mit 2,8 mm Keramikugeln in Methanol (Peqlab GmbH, Erlangen, Deutschland) in einem Bertin Minilys Homogenisator (Bertin GmbH, Frankfurt/M., Deutschland) aufgeschlossen (3 x 30 sec. bei 5000 U/min). Es wurde jeweils dreimal mit je 3 ml MeOH extrahiert. Nach Zentrifugation wurden die Extrakte vereinigt, filtriert und mit Stickstoffgas vom Lösungsmittel befreit. Anschließend wurde erneut mit wenig Methanol aufgenommen um eine nahezu gesättigte Lösung zu erhalten. Der Extrakt wurde bis zur Verwendung bei -20°C aufbewahrt.

Zur Ermittlung der Summenformeln der Hauptinhaltsstoffe von *B. grisea* wurde der Extrakt mittels HPLC-HRESIMS analysiert (Agilent Infinity1260HPLC System (Agilent Technologies GmbH, Waldbronn, Deutschland)/ Bruker Compact OTOF Massenspektrometer (Bruker Daltonics, Bremen, Germany). Die Proben wurden mit positiver Ionisierung im Massenbereich m/z 50 bis 1300 analysiert (30,000 m/Vm Auflösung). Für die chromatographische Separation wurde eine Agilent Zorbax SB C18 Säule verwendet (150 x 3 mm, 3,5 µm). Als Lösungsmittel wurde Wasser mit 0,1% Ameisensäure (Solvent A) und Acetonitril mit 0,1% Ameisensäure (Solvent B) verwendet. Der zur Separation verwendete Gradient wurde wie folgt programmiert: 0 min, 95% A; 5 min, 95% A; 50 min, 5% A; 55 min, 5% A; 60 min, 95% A. Die Flussrate betrug 0,5 ml/min. Die Hauptverbindungen wurden anschließend isoliert. Dabei kam ein Shimadzu Prominence HPLC System zum Einsatz (Shimadzu Germany GmbH, Darmstadt, Deutschland). Die Separation erfolgte mittels einer

Macherey-Nagel H-Tec Säule (250 x 10 mm, 5 µm) (Macherey-Nagel GmbH & Co. KG, Düren, Deutschland). Der verwendete Gradient war wie weiter oben beschrieben, die Flussrate betrug 3,5 ml/min. Die Strukturen der isolierten Hauptverbindungen wurden mit NMR aufgeklärt (Bruker Avance III HD 700 MHz mit 1,7 mm TCI Cryoprobekopf) (Bruker Biospin GmbH, Rheinstetten, Deutschland). Als NMR-Lösungsmittel wurde MeOH-*d*₃ verwendet. Es sei angemerkt, dass die methanolischen Extrakte, welche zur Isolierung der Hauptkomponenten verwendet wurden, bei Raumtemperatur ihre Zusammensetzung änderten. Daher wurde jeweils nur ein Aliquot, ausreichend für etwa 6 Stunden Bearbeitungszeit, für die HPLC-Isolierung verwendet, während der Rest des Extraktes bei -20°C gelagert wurde.

Ergebnisse und Diskussion

Boletopsis grisea (Peck) Bondartsev & Singer

Der Pilz wurde 1873 als *Polyporus griseus* von PECK beschrieben und 1941 von BONDARTSEV & SINGER in die Familie der *Boletopsidaceae* Bondartsev & Singer ex Jülich mit nur einer Gattung - *Boletopsis* Fayod- gestellt (BONDARTSEV & SINGER 1941).

125 Jahre nach der Erstbeschreibung von PECK publizierten NIEMELÄ & SAARENOKSA (1989) über *Boletopsis grisea* und *B. leucomelaena* (Pers.) Fayod, hoben sehr ausführlich die trennenden und gemeinsamen Merkmale der beiden Arten hervor, so dass diese gut zu unterscheiden sind. Auf eine Beschreibung der Fruchtkörper wird daher an dieser Stelle verzichtet.

Verwandtschaftsverhältnisse, Taxonomie

Der Schweizer Mykologe VICTOR FAYOD (1860-1900) beschrieb die Gattung *Boletopsis* (FAYOD 1889).

MARINUS ANTON DONK (1908-1972), niederländischer Botaniker, Mykologe und Autor der Fam. *Bankeraceae* Donk, schloss die Gattungen *Boletopsis* und *Phellodon* P. Karst., die vorher zur Fam. *Thelephoraceae* gehörten, in die *Bankeraceae* ein (DONK 1961).

Gegenwärtig sind die Gattungen *Bankera*, *Boletopsis*, *Corneroporus* T. Hatt. (außereuropäisch), *Hydnellum* P. Karst., *Phellodon* und *Sarcodon* QuéL. ex P. Karst. der Familie *Bankeraceae* zugeordnet. Alle Arten dieser Familie sind Ektomykorrhiza-Pilze, die symbiotische Beziehungen zu Bäumen der Familien der *Pinaceae* Spreng. ex F. Rudolphi und *Fagaceae* Dumort. eingehen. Die Fruchtkörper der *Bankeraceae* sind gestielt, das Hymenophor meist stachelig, seltener porig oder mit Lamellen (LI 2017).

Boletopsis und *Phellodon* haben **weißes Sporenpulver**. *Boletopsis* ist durch poroides Hymenophor, fehlenden Geruch, bitteren Geschmack, eckige Sporen mit Warzen gekennzeichnet (FAYOD 1889, STALPERS 1993). *Phellodon* hat ein stacheliges Hymenophor, bildet kleinere Sporen mit Warzen und verströmt wie auch *Bankera* Duftstoffe (LI 2017). Die Gattung *Bankera* bildet fleischige Fruchtkörper, weist weißes Sporenpulver ähnlich wie die korkigen *Phellodon* - Fruchtkörper auf, aber es fehlt die Zonierung auf dem Basidiocarp.



Abb. 1: *Boletopsis grisea* reife Frk.

Foto: J. CHRISTAN



Abb. 2: *Boletopsis grisea* junge Frk.

Foto: R. MARKONES

Hydnellum und *Sarcodon* teilen dagegen als Gemeinsamkeit **braunes Sporenpulver** (STALPERS 1993). *Hydnellum* hat korkige, zonierte Trama, *Sarcodon* ist fleischig und nicht zoniert.

P. sylvestris ist sowohl bei *B. perplexa* als auch bei *B. grisea*, neben weiteren Kiefern-Arten, der Symbiose-Partner. Beide Arten sehen sich ähnlich. Die Sporenmaße sind nur geringfügig unterschiedlich (WATLING & MILNE 2006). Bisher wurde *B. perplexa* nur in Schottland gefunden, während von *B. grisea* keine Funde aus Großbritannien vorliegen. Weitere Untersuchungen müssen zeigen, ob diese beiden Taxa wirklich unterschiedliche Arten sind.

Verbreitung und Gefährdung von *B. grisea* in Europa

Es ist schwierig, für die Vorkommen des Pilzes in Europa ein Muster zu erkennen (vgl. Abb. 3). *B. grisea* ist vorwiegend an östlichen Seiten von Gebirgen, in Mittelgebirgslagen und im Tiefland anzutreffen. Der Pilz hat einen Schwerpunkt in der borealen Zone in Skandinavien, einen weiteren in Deutschland, Tschechien, Ungarn und einen dritten im mediterranen Raum. Er besiedelt die boreale, temperate und mediterrane Zone und scheint Extreme (sehr trocken, sehr feucht) zu meiden.

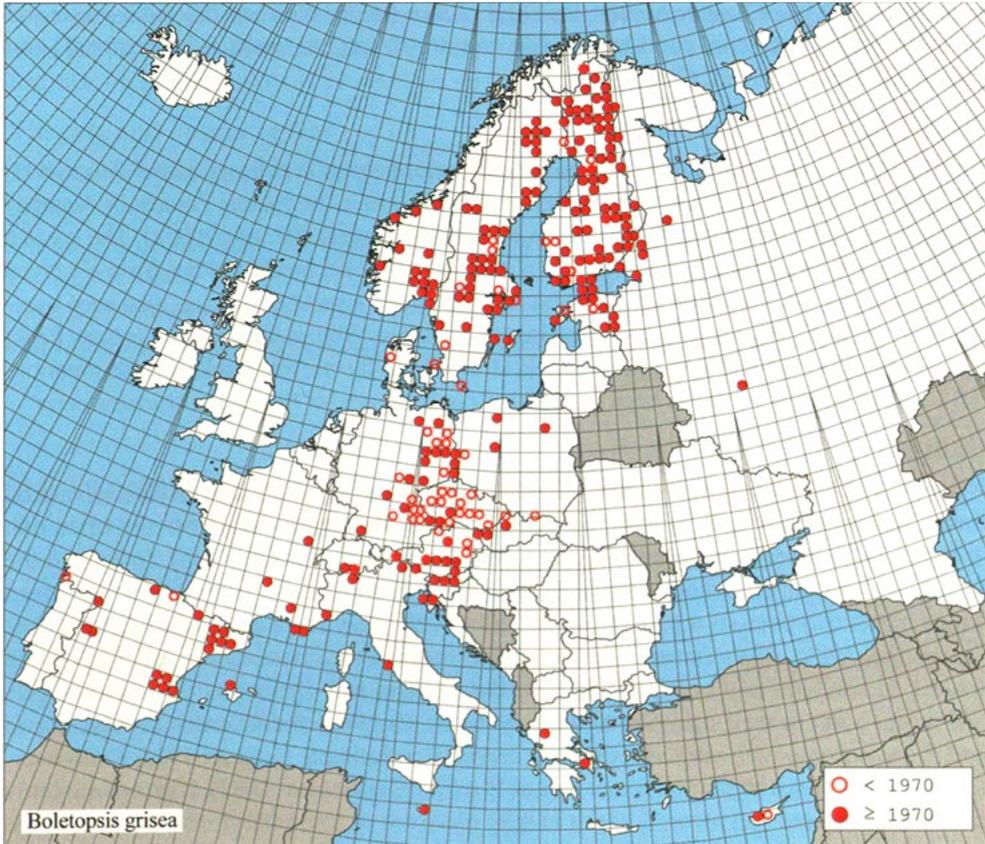


Abb. 3: Verbreitung von *Boletopsis grisea* in Europa

aus FRAITURE & OTTO 2015

Aufgrund der Biotopbindung bzw. der Nitrophobie der Art kann von einem deutlichen Rückgang im Laufe der letzten 150 Jahre ausgegangen werden. Wird die Bestandsentwicklung des Pilzes in Europa betrachtet, ist zu bedenken, dass der Pilz erst 1989 ins Bewusstsein der Mykologen rückte und darin dürften die Zunahmen der Fundmeldungen in jüngerer Zeit begründet sein. Da sich die N-Situation weiterhin verschlechtert hat und keine nennenswerte Verbesserung abzusehen ist, ist mit einem weiteren Rückgang zu rechnen.

Die Verbreitung von *B. grisea* in Deutschland

Wie aus der Verbreitungskarte (Abb. 4) ersichtlich ist, kommt *B. grisea* über Deutschland verteilt vereinzelt vor (Stand Januar 2019). Ob in den Funden von *B. leucomelaena* noch weitere *B. grisea*-Funde enthalten sind, ist zu vermuten. Ebenso muss davon ausgegangen werden, dass noch nicht alle Funde des Pilzes in der Deutschlandkarte eingetragen sind. Die ältesten Fundmeldungen stammen aus dem Zittauer Gebirge (1840) und Mecklenburg-Vorpommern (1892).

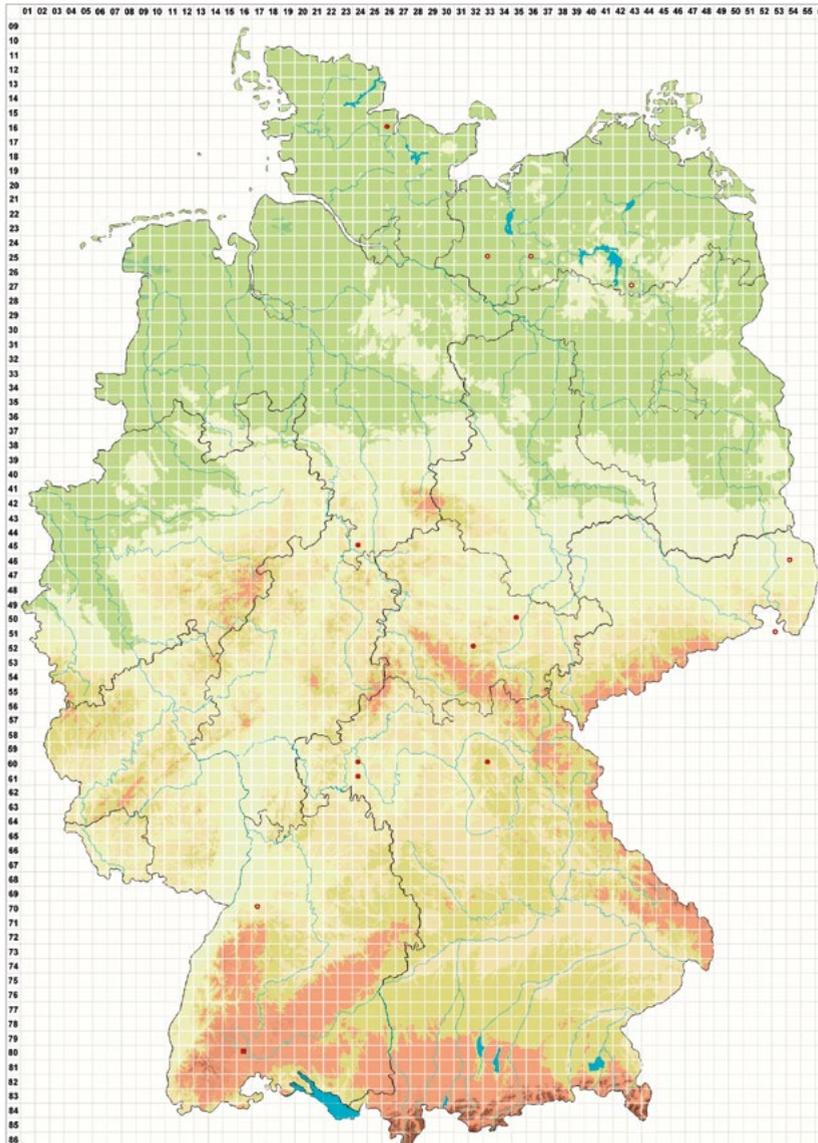


Abb. 4: Verbreitung von *Boletopsis grisea* in Deutschland

Quelle: www.pilze-deutschland.de, abgerufen 01.01.2019

Von den bekannten Angaben aus Deutschland stammen vier Nachweise von armen Sandböden in Kiefern-Gesellschaften, acht von Kalk-Böden. Bei drei Nachweisen existieren keine Angaben zum Boden (Tab. 1).

Tab.1: Fundmeldungen von *B. grisea* in Deutschland auf sandigen und Kalk-Böden

Datum	Ort	Fundort	MTB	Boden	Ökologie/ Standort	Sammler/ Bestim- mer
18.10.1892	Spornitz	Stadtforst Parchim, Dammer Tannen, Kavallerie- Exerzier- platz	2536/42	auf Sand	arme Pine- ten	Wilhelm J. Lübstorf
1.1.1962	Hagenow	Staatsforst Jasnitz, Wildpark bei Moraas	2533/4	auf Sand	arme Pine- ten	E. Lemb- cke/W. Dahnke
28.9.1973	Wesenberg	Staatsforst Mirow, Revier Wesenberg	2743/2	auf Sand	arme Pine- ten	R. Doll
4.9.1992	Kiel	Südfriedhof	1626/432	Sand, Lehm (mdl. H. Schulz)	k. A.	M. Lettau
17.9.1977	Mücka	Rietschen	4654/21	k. A.	k. A.	n.n./I. Dunger
1.1.1840	Lausche	Zittauer Gebirge	5153/24	k. A.	k. A.	G. L. Rabenhorst
9.6.1992	Hollfeld	Freienfels	6033/2	k. A.	k. A.	H. Engel/ G. Wolf
26.9.2015	Scheden	Manstal SW-Bereich	4524/4	Kalk, flache Rendzina	Kiefern- bestand innerhalb eines Buchen- waldes; 3 Gruppen mit jeweils ca. 5 Frk.	Mykol. AG Hannover
08.10.1994	Stadtilm	zwischen Stadtilm und Groß- hettstedt	5232/2	Muschel- kalk	Unterhang eines Muschel- kalksteil- hanges	Weber?/ ThAM

7.11.2017, 26.11.2017	Jena	oberhalb Ammer- bach, nahe Haeckel- stein	5035/3	Muschel- kalk	5-6 Frk. an 2 Stellen, mit <i>Phellodon niger</i>	J. Kim/ A. Günther
26.10.2000	Karlstadt	NSG „Kalben- stein“ nö. Karlstadt	6024/2	Muschel- kalk	obere Hang- kante, unter alten Kiefern am Rand zum Tro- ckenrasen vom Typ <i>Trinio- Caricetum humilis</i>	KRIEGLSTEI- NER (1999) KRIEGL- STEINER & MARKONES (2007)
15.11.2014	Würzburg Nord	NSG „Höhfeld- platte“ bei Thüngers- heim	6125/1	Muschel- kalk	Trocken- rasen mit einzelnen Kiefern, ein- zelner Frk.	R. Markones
20.9.1994	Remlingen	„Obere Fein“ am „Kilians- berg“ sw Unter- leinach	6124/2	Muschel- kalk	mit <i>Phellodon niger</i> und <i>Hydnellum ferrugineum</i> (Fr.) P. Karst., 1 Frk. unter Kiefer im Gras eines lückig aufgeforsteten <i>Gentiano- Koelerietum</i>	KRIEGL- STEINER, MARKONES (2007)
27.10.2004	Remlingen	Volkenberg, zwischen Leinach und Erlabrunn	6124/2	Muschel- kalk	ca. 100 jäh- riger lichter Schwarzkie- fernwald, Waldrand, am Rand zum Tro- ckenrasen, gesellig	R. Markones
25.07.1990	Donau- eschingen	Wolter- dingen	8016/3	Muschel- kalk	3 Gruppen mit ca. 120 Frk. und 50 einzelne Frk., Fich- tenforst mit Kiefern	GMINDER (1991)

Ökologie/Standortansprüche des Pilzes

Aus der Literatur (DAHLBERG & MÜLLER 2011, NIEMELÄ & SAARENOKSA 1989, FRAITURE & OTTO 2015) ist ersichtlich, dass der Pilz vorwiegend auf nährstoffarmen sandigen Böden in Kiefernforsten bzw. Heideforsten mit Kiefern vorkommt. Die Forste sind meist reichlich mit Moosen (*Dicranum* spp.) oder Flechten (*Cladonia* spp.) versehen. In Polen wurde *B. grisea* auf Sanddünen mit Zedern durchmisch, gemeldet (FRAITURE & OTTO 2015). In Finnland kommt er unter *Pinus sylvestris* mit *Calluna vulgaris* (L.) Hull. und *Vaccinium vitis-idaea* L. durchsetzt vor (FRAITURE & OTTO 2015). Der erste Fund in Tschechien stammt aus dem Jahr 1955 in 750 m Höhe, der zweite Fund von 2001 in 640 m Höhe im Fichten-Kiefern-Forst mit einzelnen Tannen und Buchen (HOLEČ 2004).

In Italien wurden als Begleitbäume bzw. Sträucher *Arbutus unedo* L. (Erdbeerbaum), *Erica arborea* L. (Baumheide) und *Quercus cerris* L. (Zerreiche) angegeben (BERNICCHIA et al. 1995). *Arbutus* und *Erica* machen keine Ektomykorrhiza im herkömmlichen Sinne. Der Erdbeerbaum geht eine arbutoide (eine Sonderform der Ektendomykorrhiza), die Baumheide eine ericoide Mykorrhiza (eine spezielle Anpassung an die kargen Bedingungen der Heidezone) ein. Im östlichen Teil des europäischen Sibiriens (HERMANSSON 1997) wächst der Pilz auf Sand unter Flechten und Moos in dünn besiedelten Kiefernforsten.

Während *Boletopsis grisea* entsprechend der Literatur auf sauren bis neutralen Böden (oft Podsole), mit fehlender oder dünner Streuschicht (FRAITURE & OTTO 2015, DAHLBERG & MÜLLER 2011, WATLING & MILNE 2006, NIEMELÄ & SAARENOKSA 1989) auftritt, kommt der Pilz in Thüringen, Unterfranken, Niedersachsen, Baden-Württemberg und Bayern auf Kalk vor.

Auswertung der Beobachtungen des Pilzes in Unterfranken von 1994-2018

Tab. 2: Jährliche Fundbeobachtungen von *B. grisea* am Standort Volkenberg, zwischen Leinach und Erlabrunn auf Muschelkalk, MTB 6124/2, ca. 100jähriger lichter Schwarzkiefernwald, am Rand zum Trockenrasen (R. Markones, pers. Mitt.)

Datum der Beobachtung	27.10. 2004	18.11. 2006, 25.11. 2006	13.10. 2007	12.10. 2008, 21.11. 2008	25.09. 2010, 15.10. 2010	23.10. 2013, 27.10. 2013	15.10. 2014, 15.11. 2014	5.10. 2017, 10.10. 2017, 15.11. 2017
Habitat-Beobachtung	gesellig	einzeln	einzeln	erst einzeln, später gesellig	gesellig	gesellig	gesellig	erst gesellig, später einige Dutzend FK

Da eine konstant vorhandene Bodenfeuchte vermutlich eine wesentliche Voraussetzung für ein gutes Myzelwachstum ist und damit auch für die Primordien- und Fruchtkörper-Bildung (EVELING et al. 1990, STRAATSMA et al. 2001, SALERNI et al. 2002, HALBWACHS 2008), haben wir die Niederschlagsmengen der Monate Januar bis Dezember am Standort in Leinach in nachfolgender Übersicht aufgeführt (Tab. 3).

Es existieren verschiedene Studien zur Korrelation zwischen Niederschlag und Fruchtkörperbildung. STRAATSMA et al. (2001) weisen auf einen Zusammenhang zwischen der Fruchtkörper-Produktivität und dem Niederschlag von Juni-Oktober hin während EVELING et al. (1990) eine hohe Korrelation mit dem Niederschlag für die Zeit von 3-5 Monaten vor dem Erscheinen der Fruchtkörper angeben. Eigene Beobachtungen decken sich mit der Aussage von SALERNI et al. (2002), dass die Niederschläge im Frühling für das Myzelwachstum von Bedeutung sind. Für die Anzahl der gefundenen Arten im Herbst wurde eine hohe Korrelation zwischen den Niederschlägen der letzten 30 Tage vor der Fruchtkörperbildung festgestellt (SALERNI et al. 2002) bzw. die Niederschläge von Mai und Juli sind signifikant für Mykorrhizapilze aller Forsttypen (OHENOJA 1993).

Tab. 3: Monatliche Niederschläge in Würzburg von 2004 bis 2017 mit Zwischenwert von März bis Oktober (die Jahre der Fruchtkörperbildung fett); (DEUTSCHER WETTERDIENST)

Jahr	Jahresniederschlag	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	März-Oktober	Nov	Dez
2004	690	63,4	17,6	24,4	27,3	51,9	49,1	86	70,9	63	40,5	413,1	35,6	23,9
2005	575,6	40,2	47,2	25,9	66,4	53,5	29,9	57,8	48,9	99,8	31,8	414	38,1	36,5
2006	617	13,5	23,7	57,3	41	65,1	43,3	94,4	95,5	64,1	73,5	534,2	22,4	23,2
2007	733	67,5	64,1	46,5	0,9	96,4	99,4	122,2	72,3	62,9	5,9	506,5	58,7	36,3
2008	572,2	31,1	61,3	76,7	76,4	4,6	60,9	36,2	46,7	68,4	56,8	426,7	15,1	38,1
2009	556,6	18,4	29,7	54,7	49,5	42,7	40,9	79,1	26,5	23,4	48,2	365	62,6	80,9
2010	745,4	35,6	28,5	29,7	23,7	68,4	21,5	75,2	185,1	56,3	26,6	486,5	87,9	107
2011	505,6	38,5	31,4	6,4	14,9	25,3	91,7	94,2	43,4	28,3	36,1	340,3	0,6	110
2012	539	66,4	13,6	5,6	11,8	34,8	72,8	61,1	28	44,8	44,5	303,4	77,1	78,5
2013	660,3	29,8	36,9	26,1	42,1	109,8	34,6	36,3	108,9	88,9	56,5	503,2	60,2	30,2
2014	538,1	31,1	39,6	7,7	40,7	73,7	16,7	77,5	95,1	31,2	39,2	381,8	35,3	50,8
2015	448,1	53,4	8,4	43,5	17,4	21,7	39,3	26,7	67,6	26,2	28,5	270,9	88,9	26,5
2016	551,1	64,1	58,2	42,3	43,8	66,9	53,4	47,5	30,6	34,8	35,8	355,1	66,3	7,4
2017	629,7	14,7	21,3	41,5	20,9	118,4	49,3	85,3	61,6	68,8	35,6	481,4	62,4	49,9
2018	297,9	58,3	10,2	46,3	34,5	48,4	27,3	54,4	22,5	24,1	8,8	266,3	11,5	

Wann *B. grisea* Primordien bildet, ist uns nicht bekannt. Unter Berücksichtigung der Frühjahrsniederschläge entschieden wir uns für den Zeitraum von März-Oktober. Der Wert von 382 mm im Jahr 2014 liegt unter 400 mm. Alle anderen Niederschlagsmengen der sieben Monate liegen über dem 30-jährigen Mittel von 408 mm, korrelieren mit der Fruchtkörperbildung.

Zu berücksichtigen ist, dass die Bodenfeuchte nicht notwendigerweise mit Niederschlägen korreliert, dass diese Messstation des Deutschen Wetterdienstes von Würzburg nicht genau am Pilzstandort liegt und dass neben der Feuchtigkeit andere Parameter wie Stickstoff, Temperaturen, Wind u.a. ebenfalls eine Rolle spielen.

Die folgende Grafik (Abb. 5) zeigt eine Korrelation zwischen Niederschlag und Fruchtkörperbildung von *B. grisea* am Standort Volkenberg. Wenn mehr als 400 mm Regen fällt (30-jähriges Mittel für März bis Oktober in Würzburg = 408 mm) kam es seit Beginn der Beobachtungen von 2004 (bis auf eine Ausnahme) zur Fruchtkörperbildung. Da die Wetterdaten von Leinach nicht vollständig für diesen Zeitraum zur Verfügung stehen, wurden die Würzburger Wetterdaten verwendet. Warum 2014 bei 382 mm Niederschlag trotzdem Fruchtkörper gebildet wurden, könnte an dem sehr feuchten Vorjahr liegen.

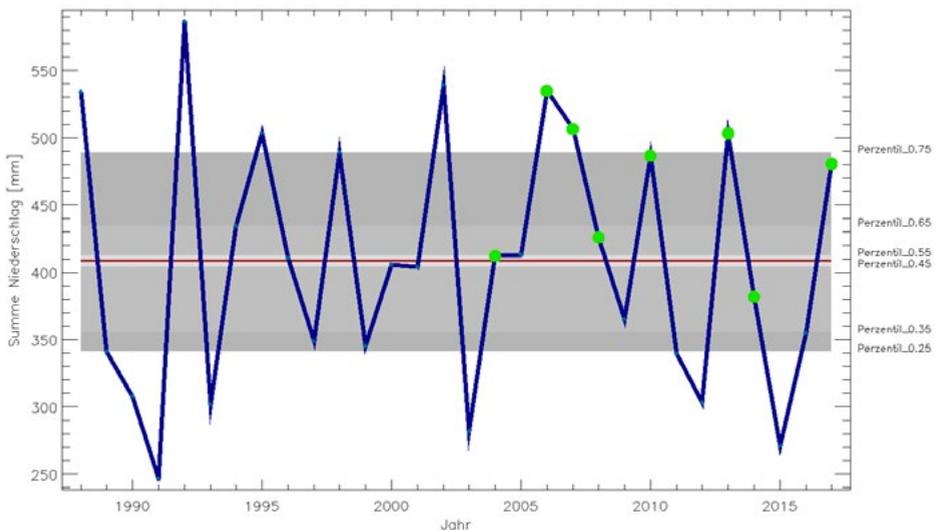


Abb. 5: Niederschläge von März bis Oktober bis zur Fruchtkörperbildung von 2004-2017, für Würzburg (DEUTSCHER WETTERDIENST)

Fundort und Habitat des Neufundes

Der Fundort der fünf Fruchtkörper in Jena befindet sich auf der Ammerbacher Platte (südöstlich des „Jenaer Forstes“) an einem Südhang im Kiefernforst.

Im 12.-15. Jahrhundert wurde auf diesem Gebiet Wein angebaut, später Weidewirtschaft betrieben. Vor ca. 60-80 Jahren keimten Kiefern und Wacholder auf diesem

exponierten Südhang aus. Da die Kiefer zum Keimen Böden ohne Humusauf-lage bevorzugt (mdl. Mitteilung O. SCHUBERT), war der Hang ein geeignetes Areal zur Besiedlung. Im Laufe der natürlichen Sukzession wird aus dem Kiefernforst ein Laubwald entstehen. Der Pilz müsste sich bei geeigneten Bedingungen für die Fruchtkörperbildung andere Kiefern in der Gegend suchen oder er verschwindet.

Tab. 4 zeigt eine charakteristische Artengarnitur für Blaugrasrasen, der von Waldkiefer (*Pinus sylvestris*) überschirmt ist. Die (unvollständige) Artenliste wurde im November erstellt. *P. sylvestris* ist die dominante Baumart, vereinzelt kommt *Sorbus torminalis* (L.) Crantz vor. Im aufgenommenen 10 x 10 m Quadrat wachsen je ein Baum von *Fagus sylvatica* L. und *Quercus petraea* (Matt.) Liebl. Nahezu flächendeckend tritt *Carex humilis* auf gefolgt von *Sesleria albicans*.

Tab. 4: Pflanzen-Arten am Standort in Jena und ihre Ellenberg Zeigerwerte, Stand 11.2018 (ELLENBERG et al. 1992)

Species (verholzt)	Art	Ellenberg Zeigerwert für N	Species (nicht verholzt)	Art	Ellenberg Zeigerwert für N
<i>Pinus sylvestris</i>	Wald-Kiefer	indifferent	<i>Sesleria albicans</i>	Blaugras	2
<i>Sorbus torminalis</i>	Elsbeere	4	<i>Carex humilis</i>	Erd-Segge	3
<i>Fagus sylvatica</i>	Rot-Buche	indifferent	<i>Viola hirta</i> L.	Raues Veilchen	2
<i>Quercus petraea</i>	Trauben-Eiche	indifferent	<i>Scabiosa columbaria</i> L.	Tauben-Skabiose	3
<i>Pinus nigra</i> J. F. Arnold	Schwarz-Kiefer	2	<i>Carlina vulgaris</i> L.	Gemeine Golddistel	3
<i>Teucrium chamaedris</i> L.	Echter Gamander	1	<i>Inula conyzae</i> (Griess.) DC.	Dürrwurz	3
<i>Teucrium montanum</i> L.	Berg-Gamander	2	<i>Seseli libanotis</i> (L.) W.D.J. Koch	Heilwurz	2
<i>Ononis repens</i> L.	Kriechender Hauhechel	2	<i>Carlina acaulis</i> L.	Silberdistel	2
<i>Ononis spinosa</i> L.	Dorniger Hauhechel	2	<i>Agrimonia eupatoria</i> L.	Gemeiner Odermennig	4
<i>Juniperus communis</i> L.	Gemeiner Wacholder	2	<i>Inula hirta</i> L.	Rauer Alant	3
<i>Viburnum lantana</i> L.	Wolliger Schneeball	5	<i>Thalictrum minus</i> L.	Kleine Wiesenraute	3
<i>Crataegus spec.</i>	Weißdorn	3	<i>Centaurea scabiosa</i> L.	Skabiosen-Flockenblume	3

<i>Berberis vulgaris</i> L.	Berberitze	3	<i>Anthericum ramosum</i> L.	Ästige Graslilie	4
<i>Berberis aquifolium</i> Pursh	Mahonie	3	<i>Thymus praecox</i> Opiz	Frühlühender Thymian	1
<i>Ligustrum vulgare</i> L.	Liguster	indifferent	<i>Bupleurum falcatum</i> L.	Sichelblättriges Hasenohr	3
<i>Corylus avellana</i> L.	Hasel	indifferent	<i>Lotus corniculatus</i> L.	Gewöhnlicher Hornklee	3
<i>Prunus spinosa</i> L.	Schlehdorn	indifferent	<i>Sanguisorba minor</i> L.	Kleiner Wiesenknopf	2
<i>Rhamnus frangula</i> L.	Faulbaum	indifferent	<i>Teucrium chamaedris</i> L.	Echter Gamander	1
<i>Cornus sanguinea</i> L.	Roter Hartriegel	indifferent	<i>Viola hirta</i> L.	Raues Veilchen	2
<i>Rosa canina</i> L.	Hunds-Rose	indifferent	<i>Potentilla tabernaemontani</i> Rchb.	Frühlings-Fingerkraut	2
			<i>Knautia arvensis</i> (L.) Coult.	Acker-Witwenblume	3
			<i>Peucedanum cervaria</i> (L.) Lapeyr.	Hirschwurz	3

Der Muschelkalk-Boden ist flach-gründig (<40 cm) mit einer geringen Streuschicht. Der pH Wert liegt bei >7,5. Entsprechend der deutschen Bodenkundlichen Kartieranleitung (AD HOC ARBEITSGRUPPE BODEN 2005) wird der Boden als Rendzina klassifiziert. Die Bodenart ist ein toniger Lehm.

Der Gesamtstickstoff (TN)-Gehalt im Oberboden (Ah-Horizont) des Jenaer Standorts wurde durch Elementaranalyse bestimmt und beträgt 3.1 g kg⁻¹. Ein Vergleich mit TN Werten der Biodiversitäts-Exploratorien (FISCHER et al. 2010, www.biodiversity-exploratories.de), die eine Vielzahl von mitteleuropäischen Standorten abbilden, zeigt, dass der Standort in Jena weder durch eine niedrige noch durch eine besonders hohe Gesamtstickstoff-Konzentration gekennzeichnet ist (Tab. 5).

Tab. 5: Gesamt-Stickstoff (TN) und C/N-Verhältnis des Ah-Horizontes am Standort in Jena verglichen mit den gemittelten Werten der je 50 Waldstandorten der 3 Exploratorien Schwäbische Alb/Hainich-Dün/Schorfheide-Chorin (dominante Baumart jeweils Buche)

Gebiet	Ausgangsgestein	Mittlere Gesamt-Stickstoff Gehalte g kg ⁻¹	C/N Verhältnis
Jena - Haeckelstein	Muschelkalk	3,1	12,1
Hainich-Dün	Löß auf Kalk	2,8	13,2
Schwäbische Alb	Jura-Kalk	5,0	13
Schorfheide Chorin	äolischer Sand	1,1	18

Die absolute Menge an Stickstoff ist ein unscharfes Maß, um die Verfügbarkeit von Stickstoff für Pflanzen zu bestimmen. Daher wurde zusätzlich das C/N Verhältnis ermittelt. Es beschreibt die Gewichtsanteile von Kohlenstoff und Stickstoff im Boden, und ist ein häufig verwendeter Indikator der angibt, wieviel N während des Abbaus der organischen Substanz mineralisiert wird. Je kleiner die Zahl, desto enger ist das C/N-Verhältnis und umso mehr Stickstoff wird beim Abbau der organischen Bodensubstanz freigesetzt. Das C/N Verhältnis des Jenaer Standortes ist, im Vergleich mit den Untersuchungsregionen der Biodiversitäts-Exploratorien, niedrig, was auf eine hohe Stickstofffreisetzung pro Einheit organischer Bodensubstanz hindeutet. Die Stickstoffverfügbarkeit für Pflanzen und Mikroorganismen hängt jedoch letztlich auch von der Abbaurate der organischen Bodensubstanz ab, so dass es notwendig ist, zusätzlich die Konzentrationen von Ammonium und Nitrat im Boden über einen längeren Zeitraum zu bestimmen, um abschließende Aussagen über die Stickstoffverfügbarkeit für Pflanzen und Mikroorganismen machen zu können.

Der durchschnittliche ermittelte Zeigerwert für Stickstoff nach Ellenberg ist 2,6. Das trifft sowohl für die verholzten als auch für die nicht verholzten Arten zu. Dieser Wert deutet auf eine geringe Stickstoffverfügbarkeit für Pflanzen hin, so dass wir auf der Grundlage der Pflanzenzusammensetzung trotz des relativ engen C/N Verhältnisses von einem Boden ausgehen, der nur wenig verfügbaren Stickstoff enthält. Seit wann der Pilz in diesem Habitat in Jena vorkommt, ist ungewiss. Er wurde 2017 erstmals entdeckt.

Die Hangkante ist den Emissionen aus dem Saale-Tal aus einem Braunkohle-betriebenen Kraftwerk bei entsprechender Windrichtung aus südöstlicher Richtung ausgesetzt. Da der Wind vorwiegend aus westlicher Richtung (11 Monate lang von Anfang November bis Mitte Oktober) und nur etwa 3-4 Wochen lang (von Mitte Oktober bis Anfang November) am häufigsten aus südlicher Richtung kommt (WEATHER SPARK), ist dieser Hang nur über einen kürzeren Zeitraum den Emissionen ausgesetzt.

Nach 1990 sind die Emissionen aus den hohen Schornsteinen zurückgegangen, die Voraussetzungen für die Fruktifizierung von *B. grisea* wurden dadurch günstiger.

Analyse der Sekundärmetabolite im Fruchtkörper von *B. grisea*

Die Analyse der Sekundärmetabolite ergab, das Kynapcin-12 (TAKAHASHI et al. 2014), Boletopsin-7, Boletopsin-6, Boletopsin-1 (Wossa et al. 2013), die bereits von *B. grisea* beschrieben wurden sind, auch im Fruchtkörper des Jenaer Fundes enthalten sind.

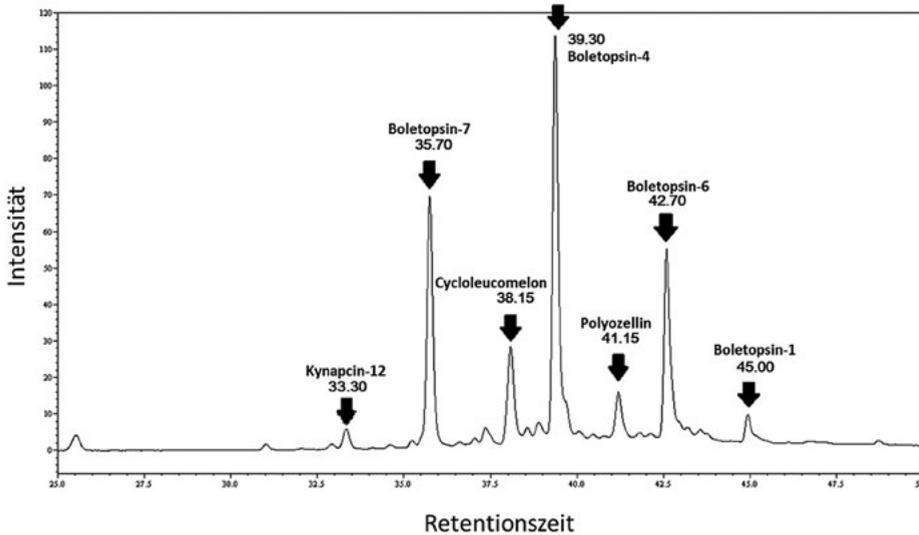


Abb. 6: HPLC-DAD-Chromatogramm (220 nm) des Extraktes vom Stiel-Material von *B. grisea* (Jenaer Fund) mit Retentionszeiten und Identität der isolierten Verbindungen.

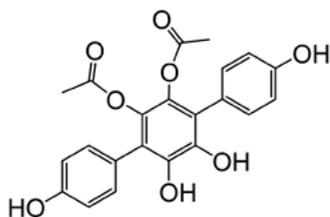
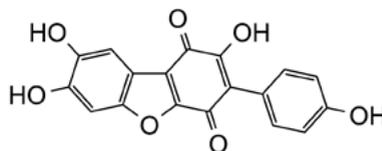
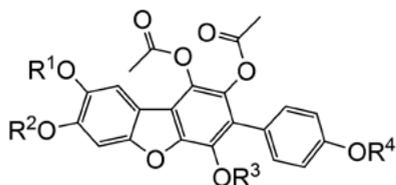
Zusätzlich traten beim Jenaer Fund noch Cycloleucomelon, Boletopsin-4, Polyozellin und Boletopsin-6. Boletopsin-4 auf.

Tab. 5: Gesamt-Stickstoff (TN) und C/N-Verhältnis des Ah-Horizontes am Standort in Jena verglichen mit den gemittelten Werten der je 50 Waldstandorten der 3 Exploratorien Schwäbische Alb/Hainich-Dün/Schorfheide-Chorin (dominante Baumart jeweils Buche)

Verbindung	Retentionszeit (min)	Isolierte Masse (Hut, mg)	Isolierte Masse (Stamm, mg)	% der Trockenmasse	Summenformel	<i>m/z</i> (exp.) [M+H] ⁺
Kynapcin-12	33,30	----	0,33	0,02%	C ₂₂ H ₁₈ O ₈	411.0194
Boletopsin-7	35,70	1,78	1,72	0,23%	C ₂₂ H ₁₆ O ₉	425.0884
Cycloleucomelon	38,15	0,68	0,61	0,08%	C ₁₈ H ₁₀ O ₇	339.0512
Boletopsin-4	39,30	16,56	2,08	1,22%	C ₂₄ H ₁₈ O ₁₀	467.0985

Polyozellin	41,15	1,56	1,53	0,20%	C ₂₂ H ₁₄ O ₁₀	439,0678
Boletopsin-6	42,70	2,71	1,68	0,29%	C ₂₆ H ₂₀ O ₁₁	509,1090
Boletopsin-1	45,00	1,21	0,23	0,09%	C ₃₀ H ₂₄ O ₁₃	593,1300

Die Metabolite sind Terphenyle unterschiedlichen Grades an Oxidation und Acetylierung. Folgende Inhaltsstoffe wurden identifiziert: Kynapcin-12 (**1**) (TAKAHASHI et al. 2014), Boletopsin-7 (**2**) (WOSSA et al. 2013), Cycloleucomelone (**3**) (3 STEGLICH et al. 1987), Boletopsin-4 (**4**) (WOSSA et al. 2013), Polyozellin (**5**) (TAKAHASHI et al. 2018), Boletopsin-6 (**6**) (WOSSA et al. 2013) und Boletopsin-1 (**7**) (WOSSA et al. 2013).

Kynapcin-12 (**1**)Cycloleucomelone (**3**)

R¹, R², R³, R⁴ = H Boletopsin-7 (**2**)
 R¹, R², R⁴ = H; R³ = CH₃CO Boletopsin-4 (**4**)
 R¹, R² = H; R³, R⁴ = CH₃CO Boletopsin-6 (**6**)
 R¹, R², R³, R⁴ = CH₃CO Boletopsin-1 (**7**)

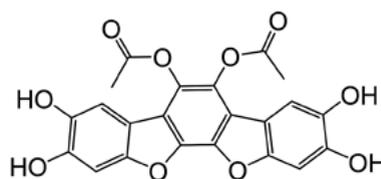
Polyozellin (**5**)

Abb. 7: Tabellarische Übersicht der isolierten Verbindungen aus *B. grisea*.

Zusammenfassung

In der Literatur wird angegeben, dass *B. grisea* vorwiegend auf nährstoffarmen, sauren bis neutralen Böden vorkommt. In Deutschland existieren derzeit mehr Funde auf Kalkböden als auf Sandböden. Die Bodenansprüche des Pilzes sind um basische Böden, die nicht stickstoffreich sind, zu erweitern.

Es handelt sich bei dem Standort in Jena nicht um einen klassischen stickstoffarmen Standort mit niedrigen N-Vorräten in der organischen Substanz. Allerdings deuten

die vegetationsökologischen Untersuchungen auf eine möglicherweise niedrige Verfügbarkeit des Stickstoffs hin, was in weiteren Untersuchungen überprüft werden sollte.

VESTERHOLT et al. (2000) zeigen in einer Studie in Dänemark, dass das Vorkommen von 5 ausgewählten Stachelingen aus der Familie der *Bankeraceae*, die oft mit *B. grisea* vergesellschaftet sind (und *Tricholoma focale* (Schaeff.) Ricken) mit den Stickstoffgehalten im Boden korreliert. Aus der Untersuchung geht hervor, dass diese Pilze verschwinden, wenn die N-Anreicherung von 15 kg N/ha/Jahr übersteigt.

Eine noch großräumiger angelegte Studie mit 40.000 Mykorrhiza-Proben von 137 Flächen aus 20 Staaten Europas legt dar, dass zu hohe Stickstoff-Einträge der komplexen Symbiose von Waldbäumen und Pilzen schaden. Besonders die Stickstoffeinträge der Luft schädigen die empfindlichen Pilzarten der Mykorrhiza-Gemeinschaft. Ab einem Grenzwert von 5,8 kg N/ha/Jahr ist mit einer Beeinträchtigung empfindlicher Pilze zu rechnen ist (VAN DER LINDE et al. 2018).

Ob in Europa die Mykorrhiza-Partner des Pilzes nur Kiefern sind - in Zentraleuropa *P. sylvestris* und *P. nigra* (KRIEGLSTEINER & MARKONES 2007), *P. halepensis* Mill. auf der Iberischen Halbinsel (MELO et al. 2007), *P. pinea* L. in Kroatien (GMINDER mdl. Mitt.), sowie *P. mugo* Turra in Österreich (HROUDA 2005) - bleibt abzuwarten, denn inzwischen wurde die Art auch an *Arbutus unedo* L., *Erica arborea* L. und *Quercus cerris* L. beschrieben (BERNICCHIA et al. 1995).

Die Aufzeichnungen von R. Markones von 2004-2018 geben einen Hinweis, dass erst bei einer bestimmte Niederschlagsmenge (> 400 mm von März bis Oktober) die Art in Unterfranken fruktifiziert.

Die Strukturen der isolierten Hauptverbindungen lassen auf einen Biosyntheseweg schließen, bei welchem phenolische Oxidationen involviert sein müssen. Die Terphenyle stellen mithin Antioxidantien dar, die der Mykorrhizapilz *B. grisea* als Schutzmechanismus gegen Pathogene verwenden könnte. Inwieweit ein Vorhandensein der Terphenyle im Mycel bzw. in der mykorrhizierten Wurzel gegeben ist, muss aufgeklärt werden.

Danksagung

Für die Fundmeldung und die Unterstützung bei der Auswertung der Klimadaten danken wir den Kollegen J. Kim und U. Weber (MPI BGC). Besonderer Dank gilt L. Kriegsteiner und R. Markones für die großzügige Bereitstellung ihrer sämtlichen Funddaten und Fotos sowie A. Schilling, M. Kamke, B. Westphal, F. Dämmrich für Informationen zu den Fundeinträgen in MYKIS. Informationen zum Jenaer Forst erhielten wir von Herrn O. Schubert (Jenaer Stadtforst). Ein herzlicher Dank für kritische Hinweise zum Manuskript geht an Dr. K. Groten, Dr. W. Heinrich, Prof. E.-D. Schulze.

Stellungnahme

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

Literatur

- AD-HOC-ARBEITSGRUPPE BODEN (2005) Bodenkundliche Kartieranleitung. Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe in Zusammenarbeit mit den Staatlichen Geologischen Diensten (Hrsg.). 5. Aufl., Hannover, 438 S.
- BERNICCHIA A, SAVINO E, GORJON SP (1995) Aphylophoraceous wood-inhabiting fungi on *Pinus* spp. in Italy. *Mycotaxon* 101:5-8.
- BONDARTSEV A, SINGER R (1941) Zur Systematik der Polyporaceae. *Annales Mycologici*. 39(1):43-65.
- DAHLBERG A, MUELLER GM (2011) Applying IUCN red-listing criteria for assessing and reporting on the conservation status of fungal species. *Fungal Ecology* 4:147-162.
- DEUTSCHER WETTERDIENST: <https://cdc.dwd.de/portal/201810240858/index.html>
- DONK MA (1961) Four new families of Hymenomycetes. *Persoonia* 1(4):405-407.
- EGLI S, BRUNNER I (2011) Mykorrhiza - eine faszinierende Lebensgemeinschaft im Wald. *Merkblatt Praxis* 35 (3. Aufl.):1-8.
- ELLENBERG H, WEBER HE, DÜLL R, WIRTH V, WERNER W, PAULISSEN D (1992) Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. *Scripta Geobotanica* 18, 3. Aufl., 68 S.
- EVELING DW, WILSON RN, GILLESPIE ES, BATAILLE A (1990) Environmental effects on sporocarp counts over fourtenn years in a forest area. *Mycological Research* 94(7):998-1002.
- FAYOD V (1889) "Sopra un nuovo genere di Imenomiceti". *Malpighia* 3:69-73.
- FISCHER M, BOSSDORF O, GOCKEL S, HÄNSEL F, HEMP A, HESSENMÖLLER D, KORTE G, NIESCHULZE J, PFEIFFER S, PRATI D, RENNER S, SCHÖNING I, SCHUMACHER U, WELLS K, BUSCOT F, KALKO EKV, LINSENMAIR KE, SCHULZE ED, WEISSER WW (2010) Implementing large-scale and long-term functional biodiversity research: The Biodiversity Exploratories. *Basic and Applied Ecology* 11:473-485.
- FRAITURE A, OTTO P (Hrsg.) (2015) Distribution, ecology and status of 51 macromycetes in Europe – Results of the ECCF Mapping Programme. *Scripta Botanica Belgica* 53:1-248.
- GMINDER A (1991) Interessante Pilzfunde (Teil 2). *Südwestdeutsche Pilz-Rundschau* 28(1):4-15.
- HALBWACHS H (2008) Phänologie von saprotrophen und Mykorrhizapilzen: Ein Beitrag zur Ökologie von Großpilzen in einem Kiefernforst der Rhein-Main-Ebene. *Zeitschrift für Mykologie* 74(2):221-252.
- HERMANSSON J (1997) *Polyporaceae* s. lat. and some other fungi in Pechora-Ilych Zapovednik, Russia. *Windahlia* 22:67-69.
- HOLEČ J (2004) Rare and interesting fungi from the Vydra-Otava River valley in the Šumava National Park (Bohemian Forest, Czech Republic). *Silva Gabreta* 10:77-84.
- HROUDA P (2005) *Bankeraceae* in Central Europe, 1. *Czech Mycology* 57(1/2):57-78.

- KRIEGLSTEINER L (1999) Pilze im Naturraum Mainfränkische Platten und ihre Einbindung in die Vegetation. Regensburger Mykologische Schriften 9a/b:1-906.
- KRIEGLSTEINER L, MARKONES R (2007) Pilze im Naturraum Mainfränkische Platten und ihre Einbindung in die Vegetation, Nachtrag 1. Regensburger Mykologische Schriften 14:21-35.
- LI V (2017) Phylogenetic study of family *Bankeraceae* in Korea. A thesis for the degree Master of Science in Biological Sciences. Seoul Nationality University.
- LIU JK, HU L, DONG ZJ, HU Q (2004) DPPH Radical scavenging activity of ten natural p-Terphenyl derivates obtained from three edible mushrooms indigenous to China. *Chemistry & Biodiversity* 1:601-605.
- MELO I, CARDOSO J, TELLERIA MT (2007) Annotated list of polypores for the Iberian Peninsula and Balearic Islands. *Bibliotheca Mycologica* 203:1-184.
- NIEMELÄ T, SAARENOKSA R (1989) On Fennoscandian Polypores 10. *Boletopsis leucomelaena* and *B. grisea* described and illustrated. *Karstenia* 29(1):12-28.
- OHENOJA EH (1993) Effect of weather conditions on the larger fungi at different forest sites in northern Finland in 1976-1988. Dissertation, Department of Botany, University of Oulu.
- PECK CH (1873) Descriptions of new species of fungi. Bulletin of the Buffalo Society of Natural Sciences 1:41-72.
- SALERNI E, LAGANA A, PERINI C, LOPPI S, DE DOMINICIS V (2002) Effects of temperature and rainfall on fruiting of macrofungi in oak forests of the Mediterranean area. *Israel Journal of Plant Sciences* 50:189-198.
- STALPERS JA (1993) The aphyllorphoraceous fungi I. Keys to species of the *Thelephorales*. Baarn, Centralbureau voor Schimmelculturen.
- STEGLICH W, JÄGERS E, HILLEN-MASKE E (1987) Inhaltsstoffe von *Boletopsis leucomelaena* (Basidiomycetes): Klärung der chemischen Natur von „Leucomelon“ und „Protoleucomelon“. *Zeitschrift für Naturforschung* 42b:1349-1353.
- STRAATSMA G, AYER F, EGLI S (2001) Species richness, abundance, and phenology of fungal fruit bodies over 21 years in a Swiss forest plot. *Mycological Research* 105(5):515-523.
- TAKAHASHI S, YOSHIDA A, UESUGI S, HONGO Y, KIMURA K, MATSUOKA K, KOSHINO H (2014) Structural revision of kynapcin-12 by total synthesis, and inhibitory activities against prolyl oligopeptidase and cancer cells. *Bioorganic & Medicinal Chemistry Letters* 24:3373-3376.
- TAKAHASHI S, KAWANO T, NAKAJIMA N, SUDA Y, USUKHBAYAR N, KIMURA K, KOSHINO H (2018) Synthesis of polyozellin, a prolyl oligopeptidase inhibitor, and its structural revision. *Bioorganic & Medicinal Chemistry Letters* 28:930-933.
- VAN DER LINDE S. et al. (2018) Environment and host as large-scale controls of ectomycorrhizal fungi. *Nature* 558 (7709):243-248.
- VESTERHOLT J, ASMAN WAH, CHRISTENSEN M (2000) Kvælstofnedfald og tilbagegang for svampe på mager bund [Nitrogen deposition and decline for fungi on poor and sandy soils]. *Svampe*, 42:53-60.
- WATLING R, MILNE JM (2006) A new species of *Boletopsis* associated with *Pinus sylvestris* L. in Scotland. *Botanical Journal of Scotland* 58(1):81-92.

WEATHER SPARK: <https://de.weatherspark.com/y/70896/Durchschnittswetter-in-Jena-Deutschland-das-ganze-Jahr-%C3%BCber>

WOSSA S, BEEKMAN A, MA P, KEVO O, BARROW R (2013) Identification of Boletopsin 11 and 12, Antibiotics from the traditionally used fungus *Boletopsis* sp.. Asian Journal of Organic Chemistry 2:565-567.



Angela Günther

Biologin. Ihr besonderes Interesse gilt den Rindenpilzen und den Porlingen.



Ingo Schöning

ist Bodenkundler und beschäftigt sich am Max-Planck-Institut für Biogeochemie insbesondere mit Pflanzen-Boden Interaktionen.



Matthew J. Martin

studiert Biochemie an der Furman University in Greenville, South Carolina, USA. Im Sommer 2018 arbeitete er bei C. Paetz über die Inhaltsstoffe aus *B. grisea*.



Christian Paetz

ist Chemiker und interessiert sich neben der Isolation und Strukturaufklärung von Naturstoffen vor allem für deren tatsächliche Funktion.



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. Freigibiger 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): Günther Angela, Schöning Ingo, Martin Matthew J., Paetz Christian

Artikel/Article: [Verbreitung, Ökologie und Inhaltsstoffe von Boletopsis grisea \(Peck\) Bondartsev & Singer: Ein rezentes Vorkommen in Jena 31-51](#)