

***Sistotrema confluens* Pers.: Fr., ein humusfliehender Mykorrhizabildner – Störung als Pflegemaßnahme für Pilze?**

JOSEF SIMMEL & CHRISTINA GLEIXNER

SIMMEL J, GLEIXNER C (2015): *Sistotrema confluens* Pers.: Fr., a humus-avoiding mycorrhizal species – disturbance as a conservation measure for fungi? *Mycologia Bavarica* 16: 71-83

Key words: Half-bog, humus-poor, litter, nutrient-poor soil, open ground, pioneer species, succession, surface mining

Summary: Due to changing agri- and silvicultural land-use types and nutrient input from various sources nutrient-poor sites on bare soil are significantly declining. Thus, also many pioneer and mycorrhizal species like *Sistotrema confluens* have become rare and have to be classified as endangered. The species is described regarding its morphology and ecology. A completely or extensively missing humus and litter layer seems to be an important parameter determining its occurrence. It is discussed if conservation measures like litter raking or plaggen-cutting could be used to preserve or newly create appropriate sites.

Zusammenfassung: Durch veränderte land- und forstwirtschaftliche Nutzungsformen und Nährstoffeinträge aus diversen Quellen gehen nährstoffarme Offenstandorte stark zurück. Pionier- und Mykorrhizaarten wie *Sistotrema confluens* sind deshalb vielfach selten geworden und als gefährdet anzusehen. Die Art wird morphologisch und ökologisch charakterisiert. Ein wichtiger Parameter für ihre Vorkommen scheint das völlige oder weitgehende Fehlen einer Humus- und Streuschicht zu sein. Es wird diskutiert, ob Pflegemaßnahmen wie Streurechen und Plaggen zur Erhaltung und Neuschaffung entsprechender Standorte eingesetzt werden könnten.

Einleitung

Neu geschaffene, offene Standorte stellen für viele Organismen wichtige Habitate dar. Diese Pionierarten entgehen hier zum einen möglicher Konkurrenz, zum anderen finden sie gute Bedingungen für ihre Etablierung vor (vergl. z. B.: MILES & WALTON 1993; ELLENBERG 1996). Im Zuge der Sukzession – und somit des Auftretens zusätzlicher Arten – werden die oft konkurrenzschwachen Pioniere zunehmend verdrängt, sodass das regelmäßige Auftreten von entsprechenden Störstellen essentiell ist für ihr Überleben (POTT 1995; ELLENBERG 1996).

Für Gefäßpflanzen (und z. T. auch für Moose), die als Pionierarten auftreten, spielen insbesondere an nährstoffarmen Standorten auch entsprechende Mykorrhizapilze eine wichtige Rolle (ALLEN & ALLEN 1992). Diese Pilzarten sind vielfach selbst auch an nährstoffarme Bedingungen angepasst und gehen bei zunehmendem Nährstoffeintrag zurück (ARNOLDS 1991). Solche offenen und (aufgrund fehlender oder nur

Anschrift der Autoren: Josef Simmel, Aign 1, 94360 Mitterfels; Christina Gleixner, Donaustr. 11, 93077 Bad Abbach-Oberndorf.

schwacher Düngung) nährstoffarmen Standorte wurden durch die prämaschinelle Landnutzung regelmäßig geschaffen. Sie entstanden beispielsweise beim Entfernen des geschlagenen Holzes aus dem Wald ohne nachfolgende Aufforstung oder an Ackerrändern, wo sich eine spezielle Vegetation etablieren konnte. Teilweise wurden diese Offenflächen auch als Ergebnis der Landnutzung unbewusst gefördert, z. B. wo durch Streurechen und Plaggen die Humusbildung oder die Ausbildung einer (dichteren) Vegetationsschicht vermindert wurde (POSCHLOD 2015). Entlang von Flussufern, auf Windwurfflächen und weiteren, meist kleinräumigen Störungsflächen treten offene Standorte auch ohne den Einfluss des Menschen auf (ELLENBERG 1996; POTT & REMY 2000; HÄRDTLE et al. 2008).

Sowohl das Auftreten von Offenstandorten als auch ihre Nährstoffarmut werden durch die moderne, maschinelle Landnutzung im Zuge von Flussbegradigungen und weiteren Bewirtschaftungsformen deutlich negativ beeinflusst. Massive Auswirkungen zeigt dabei insbesondere auch die Überdüngung der Landschaft durch Nährstoffeinträge aus der Landwirtschaft und aus Industrie-, Verkehrs- und Heizungsabgasen (ARNOLDS 1991; POSCHLOD 2015).

Zur Erhaltung der Pionierarten müssen deshalb Pflegemaßnahmen gefunden werden, die sowohl die Offenheit des Standorts als auch seine Nährstoffarmut erhalten oder diese wieder herstellen. Hierzu ist – gerade auch hinsichtlich ihrer Vorkommen an auffällig humusarmen Pionierstandorten – *Sistotrema confluens* Pers.: Fr. eine interessante Art. Im Folgenden werden dazu Morphologie und Ökologie der Art beschrieben. In Form einer Methodendiskussion wird weiterhin erörtert, wie die stark gefährdete Art und weitere, ökologisch ähnliche Arten gefördert werden könnten.

Material und Methoden

Morphologie und Ökologie der vorgestellten Art werden anhand mehrerer Funde bzw. Beobachtungen aus dem Regensburger und Straubinger Raum sowie anhand von Literaturangaben beschrieben. Drei der Lokalitäten werden hinsichtlich ihrer standörtlichen Gegebenheiten ausführlich besprochen.

Die Analyse der mikroskopischen Merkmale erfolgte an einem Mikroskop Zeiss Axiostar bei 1.000-facher Vergrößerung in verschiedenen Präparierflüssigkeiten (H₂O dest., KOH 3%, Lugol'sche Lösung).

Ausgewertet wurden die folgenden Belege bzw. Nachweise:

TK 6739/1, Waldgebiet „Spitalhaus“ bei Steinberg, Buchenparzelle in Kiefernwald, auf armem, saurem Sandboden in dünner Streuschicht, 18.09.2010, leg. & det. H. Zitzmann, Beleg im Privatherbar Zitzmann.

TK 7037/2, bei Alling, Buchenwald, an steilem, felsigem Abhang, 30.09.2002, leg. Pilzkurs, det. H. Besl, Beleg REG 21022.

TK 7039/2, Auwald nördlich der B 8 bei Roith, Mischforst, über sandigem Boden zwischen Moos, 17.09.2014, leg. Pilzkurs, det. J. Simmel, Beleg REG 32086.

TK 7040/3, Auwald im Waldstück „Tiergarten“ zwischen Rain und Riekofen, Mischwald, entlang Forstweg an Offenbodenstellen, September/Okttober 2014, obs. J. Simmel.

TK 7041/2, ehemalige Materialentnahmestelle zwischen Aign und Dunk, in Sukzessionsfläche auf offenem Lehmboden und zwischen spärlichen Moosen, 29.11.2009, leg. & det. J. Simmel, Beleg REG 31284.

Abgebildet werden die Funde aus TK 6739/1 und 7041/2, für die Analyse der Mikromerkmale wurde der Fund aus 7041/2 verwendet.

Ergebnisse

Makro- und mikromorphologische Beschreibung und taxonomische Einordnung

***Sistotrema confluens* Pers. : Fr. in Neues Mag. Bot. 1: 108 (1794)**

Gestielter Reibeisenpilz, Gestielter Zahnling, Kreiselförmiger Schütterzahn (Abb. 1-4, 8)

S. confluens bildet pileate Fruchtkörper, mit bis 2 cm langen Stielen und 1-4 cm breiten Hüten, welche zuweilen muschel-, fächer-, kreisel- bis trichterförmig sind und oft an den Rändern zusammenwachsen (Abb. 1 und 2). Die Hüte sind oberseits weißlich, cremefarben bis hellgelb zoniert und etwas rau. Das Hymenophor in Form von \pm abgeplatteten Stacheln (= raduloid, odontoid) läuft meist etwas am Stiel herab (BUCHMANN 1998; KRIEGLSTEINER 2000; BERNICCHIA et al. 2010). Sehr unterschiedlich beschrieben wird der Geruch der Art: süßlich vanilleartig (BERNICCHIA et al. 2010), würzig (KRIEGLSTEINER 2000), ähnlich Desinfektionsmittel (BUCHMANN 1998).



Abb. 1: *Sistotrema confluens*, Fruchtkörper, Buchenstreu durchwachsend; Aufnahme am Fundort in TK 6739/1 (Bildbreite ca. 9,5 cm) Foto: H. ZITZMANN



Abb. 2: *Sistotrema confluens*, Fruchtkörper, z. T. Streuteilchen umwachsend; Belegexemplare vom Fundort in TK 6739/1 (der Maßstab entspricht 1 cm) Foto: H. ZITZMANN

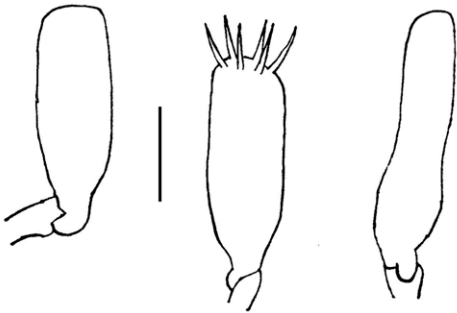


Abb. 3: *Sistotrema confluens*, Mikrozeichnung zweier unreifer und einer reifen Basidie mit sechs Sterigmen; Zeichnung nach Fruchtkörpern des Fundes aus TK 7041/2 (der Maßstab entspricht 10 μ m) Zeichnung: J. SIMMEL

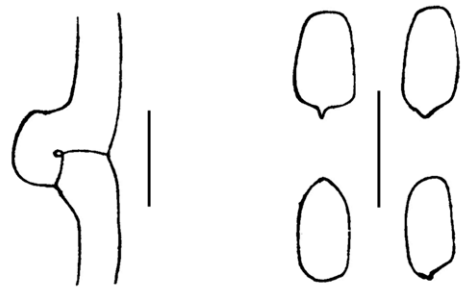


Abb. 4: *Sistotrema confluens*, Mikrozeichnung von Sporen und einer Schnalle; Zeichnung nach Fruchtkörpern des Fundes aus TK 7041/2 (der Maßstab entspricht jeweils 5 μ m) Zeichnung: J. SIMMEL

Bei den Mikromerkmalen (Abb. 3 und 4) fallen v. a. die Basidien auf, einerseits durch ihre (sub-)urniforme Ausbildung, andererseits aufgrund ihrer sehr variablen Sterigmenzahl – es finden sich direkt nebeneinander 3- bis 8-sporige Basidien (BUCHMANN 1998; BERNICCHIA et al. 2010; eigene Beobachtungen). Die Sporen selbst sind abgerundet rechteckig bis breit elliptisch und messen 3,5-6 x 2-3 µm. Das Hyphensystem ist monomitisch, alle Septen tragen Schnallen.

Die Gattung *Sistotrema* Fr. umfasst in Europa je nach taxonomischem Konzept 19 (JÜLICH 1984) bis 34 Arten (BERNICCHIA et al. 2010). Die systematische Stellung der einzelnen Arten erscheint z. T. noch recht ungesichert. Offensichtlich existieren aber drei Verwandtschaftskerne innerhalb der Gattung, die sich in unterschiedlichen Ästen des Stammbaums der cantharelloiden Pilze einordnen (MONCALVO et al. 2007), so dass die folglich polyphyletische Gattung in ihrem jetzigen Umriss zukünftig nicht zu halten ist (BUBNER et al. 2014).

Die hier vorgestellte Art *Sistotrema confluens* ist die Typusart der Gattung und nimmt selbst eventuell nochmals eine Sonderstellung ein, da sie mit den Vertretern der Gattung *Hydnum* L.: Fr. ähnlich nah verwandt ist wie mit den übrigen *Sistotrema*-Arten (BUBNER et al. 2014). In der Vergangenheit wurde die Art wiederholt beschrieben und in verschiedene Gattungen gestellt, so dass sich eine ansehnliche Synonymliste ergibt: *Hydnotrema confluens* (Pers.: Fr.) Link, *Hydnum sublamellosum* Bull., *Irpex anomalus* Wettst., *I. confluens* (Pers.: Fr.) P. Kumm., *Sistotrema membranaceum* Oudemans, *Trechispora ericetorum* Bourdot & Galzin. Der Persoon'sche Name *S. confluens* stammt aus dem Jahr 1794 und hat deshalb Priorität (BESL & BRESINSKY 2009).

Ökologie von *Sistotrema confluens*

Zur Beschreibung der Ökologie von *S. confluens* geben wir im Folgenden eine Betrachtung von drei der uns bekannten Lokalitäten.

Der Fundort in TK 7041/2 (Vorderer Bayerischer Wald; Abb. 5-7) befindet sich in einer ehemaligen Materialentnahmestelle, die Grube wurde nach dem Materialabbau nicht rekultiviert. Durch den Abbau wurde eine etwa 0,75 ha große und bis ca. 20 m tiefe Senke geschaffen, in der aus Kataklasten des Donaurandbruchs entstandener, grusiger Lehm ansteht (BGL 1996; LFU 2015). Dieser ist dem Gesteinsuntergrund entsprechend sauer und aufgrund fehlender Humusbildung nährstoffarm, wie auch das reiche Auftreten von Magerzeigern belegt (u. a.: *Anthoxanthum odoratum* L., *Pyrola minor* L.; *Pleurozium schreberi* (Brid.) Mitt.; *Cladonia furcata* (Hudson) Schrader ssp. *furcata*; *Cortinarius trivialis* J.E. Lange, *Tricholoma equestre* (L.: Fr.) P. Kumm. s.l.). In tieferen Senken bilden sich saisonal Tümpel (Vorkommen von *Lactarius lacunarum* (Romagn.) J.E. Lange ex Hora), durch das lange Trockenfallen mineralisiert das abgelagerte Material, sodass sich kein Schlamm ansammeln kann. Von den meist sehr steilen Flanken der Grube fließt bei stärkeren Regenfällen Lehm solifluktuationsartig herab und überdeckt immer wieder die (ohnehin spärliche) Kraut- und Streuschicht. Auf diesen Lehm„decken“ finden sich an mehreren Stellen innerhalb von Pioniergebüschen Vorkommen von *S. confluens*, das hier zusammen



Abb. 5: Fundort von *Sistotrema confluens* in TK 7041/2, steiler Abhang am Rand der Materialentnahmestelle, stellenweise mit losen Lehmpaketen

Foto: J. SIMMEL



Abb. 6: Kleines Wintergrün (*Pyrola minor* L.) am Fundort von *Sistotrema confluens* in TK 7041/2
Foto: J. SIMMEL



Abb. 7: Fundort von *Sistotrema confluens* in TK 7041/2, trockenengefallener Tümpel in einer Senke der Materialentnahmestelle
Foto: J. SIMMEL

mit *Betula pendula* L., *Picea abies* (L.) H. Karst., *Pinus sylvestris* L. und *Populus tremula* L. auftritt. Im Unterwuchs der lichten Gebüsche finden sich weitere Arten, die die Offenheit des Standorts belegen, darunter *Centaureum erythraea* Rafn.

Beim Fundort in TK 7040/3 (Gäuboden) handelt es sich um einen weitgehend intakten Auwaldrest im Donautal. Der Baumbestand umfasst typische Auwaldarten (*Fraxinus excelsior* L., *Populus* spec., *Salix* spec.) sowie forstlich eingebrachte Arten (v. a. *Picea abies*). Über den abgelagerten Kies- und Löss-Schichten hat sich aufgrund des hoch anstehenden Grundwassers nährstoffreicher, neutral bis basisch reagierender Anmoor-Torf gebildet (BGL 1996; LFU 2015). Verursacht vermutlich durch Holzrückung und wühlende Wildschweine finden sich entlang der Waldwege zahlreiche und z. T. sehr großflächige Offenbodenstellen, an denen Streu und Torf zu großen Teilen entfernt wurden. Zusammen mit *Hebeloma lutense* Romagn. (vergl. SIMMEL 2015) tritt *S. confluens* an mehreren dieser Offenstellen auf.

In TK 6739/1 (Oberpfälzer Wald/Bodenwöhler Senke) konnte *S. confluens* in einer Buchenparzelle innerhalb eines großen und vermutlich natürlich entstandenen Kiefernwaldes nachgewiesen werden. Dieser stockt über saurem Sandboden, der aus (ober-)kreidezeitlichen Sandsteinen hervorging (BGL 1996; LFU 2015). Aufgrund der Nährstoffarmut und der relativen Trockenheit des Untergrunds bilden sich nur geringmächtige Humus- und Streuschichten. Insbesondere die Streu wird aufgrund der Offenheit des Waldes während stärkerer Sturmlagen wohl auch verblasen. Die verbliebende Streu wird von *S. confluens*-Fruchtkörpern umwachsen.

In der Literatur finden sich ebenfalls Angaben zu Vorkommen auf humusfreien oder -armen Böden sowie auf Streu (KRIEGLSTEINER 2004), welche die Art mit ihren Fruchtkörpern um- oder durchwächst. Das Myzel durchzieht das Substrat hierbei unterschiedlich stark (BUCHMANN 1998) und es bilden sich zuweilen größere Hexenringe (KRIEGLSTEINER 2000). Nicht selten werden innerhalb der Streuauflage rhizomorphenartige Stränge ausgebildet (Abb. 8).



Abb. 8: *Sistotrema confluens*, rhizomorphenartige Stränge in Moos bzw. Streu; Belegmaterial vom Fundort in TK 7041/2 (Bildbreite ca. 11 cm)

Foto: J. SIMMEL

Während zunächst eine parasitische (auf *Tricholoma equestre* s. l., mit dem zusammen die Art häufig vorkommt; KRIEGLSTEINER 2004) oder saprophytische Lebensweise vermutet wurde, konnte in neueren Studien die Ausbildung einer Mykorrhiza nachgewiesen werden (NILSSON et al. 2006; DI MARINO et al. 2008; BUBNER et al. 2014). Mykorrhiza-Partner ist vermutlich meist *Populus tremula*, vielleicht auch andere Pappel-Arten und weitere Pioniergehölze aus den Gattungen *Betula* L., *Pinus* L. und *Salix* L., da diese ebenfalls sehr stetig zusammen mit *S. confluens* vorkommen. Die Art wird sowohl für Bayern als auch für Deutschland als „stark gefährdet“ eingestuft (RL 2; KARASCH & HAHN 2009).

Diskussion

Ökologische Ansprüche von *Sistotrema confluens*

Aus den oben beschriebenen Nachweisen und der Literatur geht hervor, dass das Fehlen einer (ausgeprägten) Humus- und Streuschicht einen wichtigen Faktor für das Vorkommen von *Sistotrema confluens* darzustellen scheint (vergl. KRIEGLSTEINER 2004). Dagegen zeigt sich hinsichtlich des Gesteinsuntergrunds und der daraus resultierenden Bodenreaktion kein Einfluss. Ausschlaggebend für dieses Muster könnten vor allem die chemischen und physikalischen Eigenschaften der Humusaufgabe sein. Zu den chemischen Eigenschaften gehören unter anderem die Löslichkeit von organischen Substanzen im Niederschlag und deren Verbringung in tiefere Bodenschichten, sowie der möglicherweise erfolgende Austausch von verschiedenen Ionen. Von diesen Faktoren hängen u. a. die Bodenreaktion, die pH-Pufferung sowie die Anreicherung von Nährstoffen ab. Zu den physikalischen Eigenschaften können die Wasserrückhaltung sowie die Temperaturpufferung in tieferen Schichten gezählt werden (BLUME et al. 2010).

Fehlt eine Humusaufgabe, verändern sich diese Parameter. Es werden beispielsweise weniger Huminsäuren gebildet und verwaschen. Organische Substanzen und Nährstoffeinträge (v. a. NO_x) können in gut drainierten Böden leichter ausgewaschen werden und akkumulieren in deutlich verringertem Maße. Die Bodenreaktion wird hier lediglich vom Grundgestein bestimmt.

Eine Humusaufgabe sorgt zudem für eine stärkere Rückhaltung des Oberflächenwassers, was eine längerfristig ausgeglichene Bodenfeuchte mit geringen Schwankungen zur Folge hat. Eine ebenfalls höhere Schwankungsamplitude bei fehlender Humusaufgabe ist hinsichtlich der Temperaturen zu finden – die Temperaturen steigen schneller an, fallen jedoch auch schneller, und es ist kaum Frostschutz gegeben (BLUME et al. 2010).

Weiterhin ist in nährstoffarmen Böden (humusarm) die Mykorrhiza-Beziehung zwischen konkurrenzschwächeren, ruderalen Pflanzen und Pionier-Pilzarten stärker ausgeprägt (OTTOW 2011), während auf nährstoffreichen Böden Mykorrhiza-Pilze zurückgehen (ARNOLDS 1991).

Folgerungen für Pflegemaßnahmen und den Erhalt der Art

Um die Faktoren für *Sistotrema confluens* möglichst passend zu gestalten, müssen an potentiellen Standorten Bedingungen entsprechend der oben erläuterten Auswertung geschaffen, und aktuelle Standorte in geeigneter Qualität erhalten werden. Für andere (Gefäßpflanzen-)Arten haben sich als derartige Pflegemaßnahme zwei Methoden recht erfolgreich bewährt: Streurechen und Plaggen. Beide Methoden stammen ursprünglich aus dem 18. und 19. Jahrhundert. Das Streurechen diente – in Ermangelung anderer Quellen – zur Gewinnung von Stalleinstreu, das Plaggen dagegen vorrangig der Düngung von Ackerflächen (POSCHLOD 2015). In beiden Fällen handelt es sich um ein Störungsmanagement, das (aus heutiger Sicht) einerseits eine Öffnung des Habitats und andererseits eine Aushagerung zum Ziel hat.

Das Streurechen wird erfolgreich als Hilfsmaßnahme für Arten wie *Chimaphila umbellata* (L.) W.C.P. Barton angewandt (WOSCHEÉ 2010). Gefördert werden dadurch aber u. a. auch weitere Pyrolaceen sowie Beersträucher der Gattung *Vaccinium* L. (POSCHLOD 2015). Hierbei werden Laub- und Nadelstreu sowie größere Pflanzenreste wie Zweige oder Ästchen durch Rechen entfernt. Durch die Entnahme der Streuauflage werden dem Ökosystem Nährstoffe und Ausgangsmaterial für die Humusbildung entzogen, es kann weniger Humus gebildet werden, und das System magert nach und nach aus (POSCHLOD 2015). Zusätzlich wird die Oberfläche offen gehalten. Ausmagerung und Schaffung von Offenstellen fördern gleichermaßen Pionierarten (ELLENBERG 1996; WOSCHEÉ 2010; POSCHLOD 2015).

Beim Plaggen wird dagegen nicht nur die organische Auflage, sondern auch ein Teil des darunter liegenden Bodens abgetragen. Bereits akkumulierte Humusschichten können so vermindert oder abgetragen werden. In der Heidewirtschaft trug dieses Verfahren stark zur Aushagerung der Flächen bei und förderte Arten, die nährstoffarme Böden bevorzugen (POSCHLOD 2015). Heute wird dieses Verfahren erfolgreich zur Verjüngung überalterter Heidebestände (*Calluna vulgaris* (L.) Hull) angewendet (OSCHMANN 2011). Ähnlich dem Streurechen werden auch hier Offenstellen geschaffen, die Pionierarten neue Lebensräume ermöglichen.

Der Vorteil des Streurechens liegt dabei darin, dass lediglich die aufgelagerte organische Substanz abgetragen wird und der darunter befindliche Boden nur schwach beeinflusst wird. So können bereits vorhandene Myzelien und Mykorrhizaverbindungen zur umliegenden Vegetation erhalten werden. Allerdings sollten zur Zeit der Durchführung die Zielarten nicht fruchten, da die Fruchtkörper sonst zusammen mit der Streu entnommen werden. Andererseits bietet das Plaggen den Vorteil, dass auch eine bereits vorhandene Humusschicht abgetragen wird und die Aushagerung deutlich schneller vonstatten geht, analog zu den Vorgängen bei der großflächigen Abtragung von Oberboden mit dem Ziel des Nährstoffentzugs (HÖLZEL & OTTE 2003; DIAZ et al. 2008). Der Nachteil dabei ist jedoch, dass eventuell vorhandene Myzelien beim großflächigen Abtrag zerstört werden. Deshalb sollte sich diese Maßnahme nur auf Randgebiete eines Vorkommens und kleinere Flächen begrenzen.

Fruchtkörper von Mykorrhiza-Arten sind vielfach besonders auf Offenboden bzw. an Störstellen zu finden (SAGARA 1992; HOLEC et al. 2015; Adamčík, pers. Mitt. 2015). Ob

dies durch eine eventuell leichtere „Zugänglichkeit“ oder andere Effekte verursacht wird, kann aktuell nur gemutmaßt werden, ebenso wie die Frage, ob die Offenheit des Bodens die Neuansiedlung der Pilze fördert oder ob nicht vielmehr die bestehenden Myzelien stärker zum Fruchten angeregt werden. Letzteres scheint aber deutlich wahrscheinlicher (Adamčík, pers. Mitt. 2015).

Bei den beiden vorgestellten Pflegemaßnahmen fällt naturgemäß viel (Streu-)Material an, was u. U. Entsorgungsprobleme mit sich bringt. Sowohl Waldstreu als auch Plaggenaushub können jedoch in gewissen Mengen von Landwirten auf ihren Feldern untergeackert werden (SNLH 2015; GÜTHLER et al. 2005). Denkbar wäre aber auch eine Nutzung für Biomasse-Kraftwerke. Für den Fall, dass das entnommene Material reife Fruchtkörper von Zielarten enthält, könnte es außerdem – analog der Übertragung von Mähgut oder Heublumen – zu deren direkter Wieder- bzw. Neuansiedlung verwendet werden (vergl. u. a.: HÖLZEL & OTTE 2003; KIRMER et al. 2012).

Um die Eignung dieser beiden vorgestellten Management-Maßnahmen für die Pflege von *Sistotrema confluens*-Standorten zu testen, sind weitere Untersuchungen geplant. Diese sollen neben weiteren ökologischen Beprobungen auch verschiedene Pflegemaßnahmen vergleichen.

Auch einige der gefundenen Begleitarten könnten durch derartige Pflegemaßnahmen gefördert werden. So kommt z. B. *Tricholoma equestre* s. l. häufig zusammen mit Pyrolaceen in lichten, nährstoffarmen Kiefernwäldern vor (KRIEGLSTEINER 2001; eigene Beobachtungen). In vergleichbarer Weise sind nicht wenige Arten von *Boletus* L.: Fr. s.l., *Cortinarius* (Pers.) Gray, *Hebeloma* (Fr.) P. Kumm., *Leccinum* Gray und weiterer Gattungen auf nährstoffarme, offene (Pionier-)Standorte angewiesen. Dieser Umstand zeigt sich auch in der zunehmenden Seltenheit entsprechender Arten im Zuge der Abnahme offener Standorte und der Zunahme des Nährstoffeintrags (ARNOLDS 1991; POSCHLOD 2015).

Abschließend ist zu sagen, dass auch große Offenbodenbereiche, wie sie regelmäßig z. B. im Tagebau oder im Umfeld von Baustellen entstehen, nicht oder nur geringfügig rekultiviert werden sollten, um den Pionieren unter den Gefäßpflanzen, Moosen, Flechten und Pilzen die Möglichkeit zur Ansiedlung zu geben. Der Artbestand der oben beschriebenen Materialentnahmestelle zeigt deutlich, welches Potential darin liegt. Auf absehbare Zeit sollten dann nicht nur Moose und Flechten (BRACKEL et al. 2008) in Pflegemaßnahmen eingebunden werden, sondern auch Pilze.

Dank

Die Autoren möchten sich herzlich bedanken bei Peter Poschlod (D-Regensburg) und Slavomir Adamčík (SK-Bratislava) für die aufschlussreichen Diskussionen betreffend Pflegemaßnahmen, Störungsregimen und Fruchtkörperbildung sowie bei Helmut Zitzmann (D-Hainsacker) für die Überlassung von Funddaten und Bildmaterial.

Literaturverzeichnis

- ALLEN MF, ALLEN EB (1992): Mycorrhizae and Plant Community Development: Mechanisms and Patterns. In: CARROLL GC, WICKLOW DT (eds.): The Fungal community: Its organization and role in the ecosystem. New York. Marcel Dekker. 976 pp.
- ARNOLDS E (1991): Decline of ectomycorrhizal fungi in Europe. *Agriculture, Ecosystems and Environment* **35**: 209-244.
- BGL (= Bayerisches Geologisches Landesamt; 1996): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:500.000, 4. Auflage. München. Bayerisches Geologisches Landesamt. 329 pp.
- BERNICCHIA A, GORJÓN SP, ARRAS L (2010): Corticiaceae s.l. Alassio. Candusso. 1008 pp.
- BESL H, BRESINSKY A (2009): Checkliste der Basidiomycota von Bayern (Agaricomycotina, Urediniomycotina, Ustilaginomycotina). *Regensburger Mykologische Schriften* **16**: 1-868.
- BLUMEH-P, BRÜMMER GW, HORN R, KANDELER E, KÖGEL-KNABNER I, KRETZSCHMAR R, STAHR K, WILKE B-M (2010): Lehrbuch der Bodenkunde („Scheffer/Schachtschabel“), 16. Auflage. Heidelberg. Spektrum. 569 pp.
- BRACKEL W VON, WAGNER A, WAGNER I, ZEHR A (2008): Wenig beachtet aber stark gefährdet: Die Moose und Flechten Bayerns müssen in Artenschutzmaßnahmen eingebunden werden. *ANLiegen Natur* **32(1)**: 47-64.
- BUBNER B, MORGNER C, STARK W, MÜNZENBERGER B (2014): Proof of ectomycorrhizal status of *Sistotrema confluens* Pers., the type species of the polyphyletic genus *Sistotrema*. *Mycological Progress* **13(4)**: 1235-1239.
- BUCHMANN D (1998): Gestielte Stachelpilze (Regensburger Pilzflora 9). *Regensb. Mykol. Schr.* **8**: 169-195.
- DIAZ A, GREEN I, TIBBETT M (2008): Re-creation of heathland on improved pasture using top soil removal and sulphur amendments: edaphic drivers and impacts on ericoid mycorrhizas. *Biological Conservation* **141**: 1628-1635.
- DI MARINO E, SCATTOLIN L, BODENSTEINER P, AGERER R (2008): *Sistotrema* is a genus with ectomycorrhizal species – confirmation of what sequence studies already suggested. *Mycological Progress* **7(3)**: 169-176.
- ELLENBERG H (1996): *Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen*, 5. Auflage. Stuttgart. Ulmer. 1095 pp.
- GÜTHLER W, MARKET R, HÄUSLER A, DOLEK M (2005): Vertragsnaturschutz im Wald – bundesweite Bestandsaufnahme und Auswertung. *BfN-Skripten* **146**: 1-182.
- HÄRDTLE W, EWALD J, HÖLZEL N (2008): *Wälder des Tieflands und der Mittelgebirge*. Stuttgart. Ulmer. 252 pp.
- HÖLZEL N, OTTE A (2003): Restoration of a species-rich flood meadow by topsoil removal and diaspore transfer with plant material. *Applied Vegetation Science* **6(2)**: 131-140.
- HOLEC J, KŘÍŽ M, POUZAR Z, ŠANDOVÁ M (2015): Boubínský prales virgin forest, a Central European refugium of boreal-montane and old-growth forest fungi. *Czech Mycology* **67(2)**: 157-226.
- JÜLICH W (1984): *Kleine Kryptogamenflora, Band II b/1: Die Nichtblätterpilze, Gallertpilze und Bauchpilze*. Stuttgart. Gustav Fischer. 626 pp.

- KARASCH P, HAHN C (2009): Rote Liste gefährdeter Großpilze Bayerns. Augsburg. Bayerisches Landesamt für Umwelt. 108 pp.
- KIRMERA, KRAUTZER B, SCOTTON M, TISCHEW S (2012): Praxishandbuch zur Samengewinnung und Renaturierung von artenreichem Grünland. Gera. Hochschule Anhalt. 221 pp.
- KRIEGLSTEINER GJ (2000): Die Großpilze Baden-Württembergs, Band 1: Allgemeiner Teil. Ständerpilze: Gallert-, Rinden-, Stachel- und Porenpilze. Stuttgart. Ulmer. 629 pp.
- KRIEGLSTEINER GJ (2001): Die Großpilze Baden-Württembergs, Band 3: Blätterpilze, Teil 1. Stuttgart. Ulmer. 638 pp.
- KRIEGLSTEINER L (2004): Pilze im Biosphären-Reservat Rhön und ihre Einbindung in die Vegetation. Regensburger Mykologische Schriften **12**: 1-770.
- LFU (= Bayerisches Landesamt für Umwelt; 2015): Übersichts-Bodenkarte 1:25.000, zu beziehen über: http://www.lfu.bayern.de/boden/boden_daten/uebk25/index.htm.
- MILES J, WALTON DWH (1993): Primary succession on land. Oxford. Blackwell. 309 pp.
- MONCALVO J-M, NILSSON RH, KOSTER B, DUNHAM SM, BERNAUER T, MATHENY PB, PORTER TM, MARGARITESCUS, WEISS M, GARNICA S, DANELLE, LANGER G, LANGER E, LARSSON E, LARSSON K-H, VILGALYS R (2007): The cantharelloid clade: dealing with incongruent gene trees and phylogenetic reconstruction methods. *Mycologia* **98(6)**: 937-948.
- NILSSON RH, LARSSON K-H, LARSSON E, KÖLJALG U (2006): Fruiting body-guided molecular identification of root-tip mantle mycelia provides strong indications of ectomycorrhizal associations in two species of *Sistotrema* (Basidiomycota). *Mycological Research* **110(12)**: 1426-1432.
- OSCHMANN F (2011): Plaggen (oder Schopperrn) von Heideflächen, abrufbar unter: <http://www.nabu-rsk.de/2011/12/plaggen-oder-schopperrn-von-heideflächen/>.
- OTTOW JCG (2011): Mikrobiologie von Böden. Biodiversität, Ökophysiologie und Metagenomik. Berlin. Springer. 508 pp.
- POSCHLOD P (2015): Geschichte der Kulturlandschaft. Stuttgart. Ulmer. 320 pp.
- POTT R (1995): Die Pflanzengesellschaften Deutschlands, 2. Auflage. Stuttgart. Ulmer. 622 pp.
- POTT R, REMY D (2000): Gewässer des Binnenlandes. Stuttgart. Ulmer. 255 pp.
- SAGARAN (1992): Experimental disturbances and epigeous fungi. In: CARROLL GC, WICKLOW DT (eds.): The fungal community: Its organization and role in the ecosystem. New York. Marcel Dekker. 976 pp.
- SIMMEL J (2015): Ein bayerischer Nachweis von *Hebeloma lutense* Romagn. aus einem Auwaldrest im Donautal östlich von Regensburg. *Mycol. Bav.* **16**: 47-52.
- SNLH (= Stiftung Naturschutzpark Lüneburger Heide; 2015): Offenlandpflege, abrufbar unter: <http://www.stiftung-naturschutzpark.de/index.htm?http://www.stiftung-naturschutzpark.de/offenlandpflege.htm>.
- WOSCHEÉ R (2010): Dolden-Winterlieb. Merkblatt Artenschutz 8, abrufbar unter: http://www.lfu.bayern.de/natur/artenhilfsprogramm_botanik/merkblaetter/doc/08lfumerkblatt_chimaphila_umbellata.pdf.