BERICHTE DER NATURFORSCHENDEN GESELLSCHAFT DER OBERLAUSITZ
Band 32 Görlitz 2024 Seite 97–108

Zur Pilzflora auf nährstoffärmeren Kiefernwaldstandorten[1]

Von PETER SAMMLER

Zusammenfassung

Kiefernforste auf oligotrophen oder nur schwach eutrophierten Standorten in Mittelbrandenburg wiesen eine hohe Artendiversität bei den Großpilzen auf. Bei langjährigen Untersuchungen (1967–2012) wurden über 450 Pilzarten, darunter 162 Ektomykorrhizapilze, 134 terrestrische und 117 holzbesiedelnde Saprobionten festgestellt. Die Vegetationstypen auf den untersuchten Kontrollflächen und ihre typischen Flechten-, Moos- und Blütenpflanzen werden aufgeführt. Von den am häufigsten fruktifizierenden 20 Großpilzarten waren 18 Sippen Ektomykorrhizapartner der Kiefer. Dies weist auf eine hohe Mykorrhizierung der Feinwurzeln bei den Bäumen hin und unterstreicht die große Bedeutung der Ektomykorrhiza bei der Etablierung und dem Wachstum der Kiefer auf nährstoffarmen Standorten.

Die für nährstoffärmere, saure Kiefernforste in Brandenburg charakteristischen Pilzarten werden herausgestellt und viele davon abgebildet. Die Pilzflora in den Kiefernforsten wurde im Hinblick auf Veränderungen zu zwei unterschiedlichen, rund 25 Jahre auseinanderliegenden, Zeitperioden miteinander verglichen.

Als hauptsächliche Ursachen für den Rückgang bei der Fruktifikation von bestimmten Arten, vor allen von Ektomykorrhizapilzen, kommen höhere atmosphärische Stickstoffeinträge, anhaltende Trockenperioden, veränderte forstliche Bewirtschaftungsformen und die Zersiedlung von Waldgebieten in Frage. Bei den Arten, die von einer zunehmenden Eutrophierung profitierten, handelte es sich oft um Generalisten unter den Pilzen oder auch um die Einwanderung von neuen Arten.

Abstract
Macromycete mycota in oligotrophic or only weakly eutrophic pine forests

Pine forests on oligotrophic or only weakly eutrophicated sites in central Brandenburg showed a high species diversity of macrofungi. Over the course of long-term studies (1967–2012), more than 450 macromycete species were identified, including 162 ectomycorrhizal fungi, 134 terrestrial saprotrophs, and 117 wood-inhabiting saprotrophs. The vegetation types on the investigated study areas and their typical lichens, mosses, and flowering plants are listed. Among the 20 most frequent fruiting macrofungi, 18 species were ectomycorrhizal partners of pine trees. This indicates a high mycorrhization of the fine roots of these trees and underscores the significant role of ectomycorrhiza in the establishment and growth of pine trees in nutrient-poor environments.

The macrofungi species characteristic of nutrient-poor, acidic pine forests in Brandenburg are highlighted and most of them illustrated. The fungal flora of the pine forests was compared between two distinct time periods approximately 25 years apart. The potential main causes for the decline in fruiting of certain species, especially ectomycorrhizal fungi, include higher atmospheric nitrogen deposition, persistent dry periods, altered forestry management practices, and the urbanization of forested areas. Species benefiting from increasing eutrophication often include fungal generalists or the introduced new species.

[1] Vortrag zur 33. Jahrestagung 2023 „Forschungsfacetten in der Lausitz“

Keywords: Mycota, oligotrophic pine forests, Brandenburg, Germany, typical macromycete mycota, constancy and change of fungal flora.

1 Einleitung

Nach eigenen Recherchen gibt es in Deutschland und angrenzenden Ländern viel mehr Untersuchungen über die Pilzflora aus Fichtenwäldern und Laubwäldern als aus Kiefernwäldern. Letztere wurden allgemein auch als artenärmer angesehen. Durch Anregungen meines vor kurzem verstorbenen Freundes und Lehrers Dr. Dieter Benkert (1933–2022) begann ich seit 1967 damit, mich intensiv mit der durch die anhaltende Eutrophierung gefährdeten Pilzflora in nährstoffarmen, grundwasserfernen Kiefernforsten Mittelbrandenburgs zu beschäftigen (Sammler 2017). In Brandenburg leisteten in der Vergangenheit Hennings (1889, 1898), Ulbrich (1922, 1938) und auch Straus (1953, 1959) Pionierarbeiten bei der Erforschung der Pilzflora in nährstoffarmen Kiefernforsten.

2 Untersuchungsgebiete und Methoden

2.1 Lage, Größe und Beobachtungsdauer

Die ausgewählten Kontrollflächen liegen im mittleren Teil Brandenburgs und mit wenigen Ausnahmen in den Landkreisen Potsdam-Mittelmark, Teltow-Fläming und Dahme-Spreewald. Eine Häufung der Flächen tritt im Bereich des Beelitzer Sanders auf. Um bei einer einzelnen Begehung möglichst viele Großpilzarten zu erfassen, wählte ich größere Flächen für die Untersuchung aus. In Abhängigkeit von den örtlichen Begebenheiten und den vorkommenden Vegetationstypen wiesen die Untersuchungsflächen eine ungefähre Größe zwischen 5 und 35 Hektar auf. Die Beobachtungen und Untersuchungen der Pilzflora erfolgten über einen langen Zeitraum von 1967–2012. Dabei erhöhte sich die Anzahl der Kontrollflächen stufenweise von 15 bis zum Jahr 1978 über 22 seit 1993 und 39 seit 1997 bis auf insgesamt 53 seit dem Jahr 2001. Die Begehung der Flächen erfolgte unter Berücksichtigung der Pilzaspekte ganzjährig vom Frühjahr bis zum Spätherbst mit geringerer Frequenz im Winter. Während der gesamten Untersuchungsdauer suchte ich die Kontrollflächen insgesamt 803 mal auf. Es erfolgte keine quantitative Auswertung der auf den einzelnen Kontrollflächen beobachteten Pilzfruchtkörper.

2.2 Vegetationstypen der Kiefernforste in den untersuchten Gebieten und ihre typischen Flechten- und Moosarten

Flechten-Kiefernforst (Cladonio-Pinetum)
Er ist die nährstoffärmste Form des Kiefernforstes und oft durch ehemalige Streunutzung in „Bauernwäldern“ entstanden. Die Kiefern wiesen nicht selten Krüppelwuchs auf, und der Boden wurde nur von einer dünnen Nadelstreuschicht bedeckt (Abb. 1). An lichteren Stellen waren Flechteninseln eingestreut. Hier dominierten Rentierflechten, vor allem *Cladonia mitis* und *C. portentosa*. Nur selten fand ich auch das für den Standort typische Gabelzahnmoos *Dicranum spurium*. Zum Beginn der Untersuchungen waren Flechten-Kiefernforste häufiger, ab 1997 traten sie großflächig nur auf vier Kontrollflächen und auf kleineren Stellen in zehn weiteren Gebieten auf.

Weißmoos-Kiefernforst
Dieser Vegetationstyp mit einer Dominanz des Weiß- oder Hagermooses (*Leucobryum glaucum*) kam großflächig auf keiner Kontrollfläche vor. Vielleicht trat er nach einem älteren Foto

Abb. 1: Flechten-Kiefernforst. Alle Abb. vom Verfasser.

von W. Klaeber früher im Forst Hammer nördlich von Halbe auf. Bei einer späteren Suche in diesem Gebiet am 7.7. 2013 fand ich aber keine größeren mit *L. glaucum* bewachsenen Flächen mehr vor.

Astmoos-Kiefernforst mit einem Weißmoos-Anteil

Eine Moosschicht bedeckte nahezu vollständig den Boden. Neben Astmoosen, wie Rotstängelmoos (*Pleurozium schreberi*) und Zypressenförmiges Schlafmoos (*Hypnum cupressiforme*), waren hier auch akropetale Laubmoose, wie z. B. das Besen-Gabelzahnmoos (*Dicranum scoparium*) und das Gewelltblättrige Gabelzahnmoos (*D. polysetum*), häufig. Als einziges Lebermoos beobachtete ich selten das Federchenmoos (*Ptilidium ciliare*). Das Weißmoos und einzelne Rentierflechten traten vereinzelt mit niedrigem Deckungsgrad auf. Dieser Vegetationstyp kam kleinflächig stellenweise auf 31 Kontrollflächen vor.

Astmoos-Kiefernforst

Im Astmoos-Kiefernforst bedeckten die zuvor aufgeführten Moosarten, ausgenommen Weiß- und Federchenmoos, mit einer hohen Dominanz den Boden. Flechten fehlten oder kamen sporadisch und nur kleinflächig vor. Selten trat an manchen Stellen die Draht-Schmiele auf. Eine Strauchschicht fehlte oder trat vereinzelt an den Rändern auf. Astmoos-Kiefernforste fand ich auf 40 Kontrollflächen vor.

Drahtschmielen-Kiefernforst

Dieser Kiefernforsttyp wird charakterisiert durch das Auftreten der Draht-Schmiele (*Deschampsia flexuosa*) mit mittlerem bis hohem Deckungsgrad in der Krautschicht. Häufiger wuchsen hier mit niedrigem Deckungsgrad auch *Pleurozium schreberi*, *Hypnum cupressiforme* und *Dicranum scoparium*. Flechten fehlten dagegen nahezu vollständig. Dieser Vegetationstyp nahm in 18 Gebieten die weitaus größte Fläche ein. Der Drahtschmielen-Kiefernforst mit einem mittleren Eutrophierungsgrad ist gegenwärtig der flächenmäßig überwiegende und häufigste Kiefernforsttyp in Mittelbrandenburg und wahrscheinlich auch in der Oberlausitz.

Begleitbiotope

Als Begleitbiotope kamen auf sieben Kontrollflächen an offenen Stellen von bestockten Binnendünen Silbergras-Kiefergehölze vor. *Calluna*-Heiden unter Hochspannungs-Trassen und auf größeren Waldschneisen wiesen elf Untersuchungsgebiete auf. Weitere Sonderbiotope waren Sandtrockenrasen an Waldrändern, Sand- und Kiesgruben sowie ältere Kiefern-Restgehölze auf ehemaligen Truppenübungsplätzen.

3 Ergebnisse

3.1 Die Pilzflora und die häufigsten Großpilzarten

Während der langen Beobachtungsdauer (45 Jahre) habe ich den Artenreichtum an Pilzen in märkischen Kiefernforsten kennengelernt und insgesamt 466 Pilzarten nachgewiesen. Davon gehörten 418 Pilzarten und 5 Varietäten zu den Basidiomyceten (Ständerpilze) und 43 zu den Ascomyceten (Schlauchpilze). Nach der Art ihrer Ernährung waren 162 Sippen Ektomykorrhizapilze (EM-Pilze), 134 terrestrische Saprobionten und 117 holzbesiedelnde Saprobionten. Außerdem kamen weitere auf spezielle Substrate angewiesene Gruppen von Pilzen vor, bei denen es sich um 19 karbophile,[2] 12 koprophile, 7 acikole, 4 bryophile, 4 fungikole, 3 fruktikole, 3 parasitische und 2 graminokole Sippen handelte. Bei den EM-Pilzen bildete in 148 Fällen die Wald-Kiefer (*Pinus*

Abb. 2: Rotbrauner Milchling (*Lactarius rufus*)

[2] Erklärung der Fachbegriffe bei Benkert (1993) und Sammler (2017)

Abb. 3: Fleischfalber Trichterling (*Clitocybe diatreta*)

Abb. 4: Gallenröhrling (*Tylopilus felleus*)

sylvestris), in 10 die Hänge-Birke (*Betula pendula*), in 2 die Espe (*Populus tremula*) und einmal die Trauben-Eiche (*Quercus petraea*) den Baumpartner der Mykorrhiza.

Die drei häufigsten von mir festgestellten Großpilzarten in den Kiefernwäldern Mittelbrandenburgs waren Rotbrauner Milchling (*Lactarius rufus*, Abb. 2), Maronen-Röhrling (*Imleria badia*) und Pfifferling (*Cantharellus cibarius*). Es fällt auf, dass sich unter den 20 häufigsten Makromyzetenarten 18 Ektomykorrhizapartner, aber mit dem Falschen Pfifferling (*Hygrophoropsis aurantiaca*) und dem Fleischfalben Trichterling (*Clitocybe diatreta*, Abb. 3) nur zwei terrestrische Saprobionten befinden (Tab. 1). Bei einer Fortsetzung der Tabelle mit den häufigsten Arten würde der Gallenröhrling (*Tylopilus felleus*, Abb. 4) mit noch 118 Beobachtungen auf 38 Kontrollflächen den 50. Rang einnehmen (Sammler 2009b). Zusammen mit dem Apfel-Täubling (*Russula paludosa*, Abb. 5) bestimmte dieser Röhrling den Sommer-Aspekt der Pilzflora in den Kiefernforsten.

Tab. 1: Die 20 häufigsten Großpilzarten in Kiefernwäldern Mittelbrandenburgs

	Deutscher Name	Wissenschaftlicher Name	Funde	Flächen
1	Rotbrauner Milchling	*Lactarius rufus*	420	53
2	Maronen-Röhrling	*Imleria badia*	390	52
3	Pfifferling	*Cantharellus cibarius*	351	48
4	Falscher Pfifferling	*Hygrophoropsis aurantiaca*	344	51
5	Jodoform-Täubling	*Russula turci*	339	50
6	Kahler Krempling	*Paxillus involutus* agg.	334	51
7	Perlpilz	*Amanita rubescens*	307	52
8	Fliegenpilz	*Amanita muscaria*	301	49
9	Dickschaliger Kartoffelbovist	*Scleroderma citrinum*	291	51
19	Kiefern-Spei-Täubling	*Russula emetica* var. *silvestris*	281	48
11	Blutblättriger Hautkopf	*Cortinarius semisanguineus*	268	50
12	Gelbblättriger Hautkopf	*Cortinarius croceus*	255	52
13	Narzissengelber Wulstling	*Amanita gemmata*	239	43
14	Butterpilz	*Suillus luteus*	233	52
15	Kuhpilz	*Suillus bovinus*	240	50
16	Heide-Schleimfuß	*Cortinarius mucosus*	231	44
17	Steinpilz	*Boletus edulis*	227	49
18	Fleischfalber Trichterling	*Clitocybe diatreta*	222	52
19	Braunroter Lacktrichterling	*Laccaria proxima*	235	50
20	Gelber Knollenblätterpilz	*Amanita citrina*	192	45

Abb. 5: Apfel-Täubling (*Russula paludosa*)

Abb.7: Kiefern-Habichtspilz (*Sarcodon squamosus*)

Abb. 6: Rötender Schafporling (*Albatrelleus subrubescens*)

Abb. 8: Becherförmiger Duftstacheling (*Phellodon tomentosus*)

3.2 Typische Pilzarten nährstoffarmer und saurer Kiefernwälder

Unabhängig von ihrer Häufigkeit gab es eine größere Anzahl von Pilzarten, die ich nach langjährigen Untersuchungen unter Berücksichtigung der Fachliteratur als besonders charakteristisch für diesen Standort halte (s. Tab. 21 bei Sammler 2017). Wichtige Kriterien waren hierfür, dass die EM-Pilze ausschließlich unter Kiefern vorkamen oder diese Baumart sehr stark bevorzugten und dass die terrestrischen Saprobionten und lignikolen Pilzarten eine hohe Substratspezifität aufwiesen. Das bedeutete für die letzteren ein Vorkommen ausschließlich oder vorrangig in der Nadelstreu bzw. ausschließlich oder vorrangig auf Kiefernholz neben anderen Nadelbäumen.

Von den sehr seltenen EM-Pilzen zählten hierzu Rötender Schafporling (*Albatrelleus subrubescens*, Abb. 6) sowie drei terrestrische Stachelpilze: Kiefern-Habichtspilz (*Sarcodon squamosus*, Abb. 7), Schwarzweißer Duftstacheling (*Phellodon connatus*) und Becherförmiger Duftstacheling (*P. tomentosus*, Abb. 8). Häufige bzw. zerstreut vorkommende typische

Abb. 9: Blutblättriger Hautkopf (*Cortinarius semisanguineus*)

Sippen waren auch 15 Schleierlingsarten, darunter Blutblättriger Hautkopf (*Cortinarius semisanguineus*, Abb. 9), Heide-Schleimfuß (*C. mucosus*, Abb. 10), Spindelsporiger Wasserkopf (*C. fusisporus*) und Aprikosen-Wasserkopf (*C. armeniacus*). Der Rosenrote Schmierling (*Gomphidius roseus*) und Kuhpilz (*Suillus bovinus*) kamen nicht selten zusammen vor (Abb. 11) und der Jodoform-Täubling (*Russula turci*) als die häufigste Täublingsart trat oft noch im Spätherbst auf. Von den für den Standort charakteristischen sieben Ritterlings-

Abb. 10: Heide-Schleimfuß (*Cortinarius mucosus*)

Abb. 11: Rosenroter Schmierling (*Gomphidius roseus*) und Kuhpilz (*Suillus bovinus*)

Abb. 12: Weißbrauner Ritterling (*Tricholoma albobrunneum*)

Abb. 13: Walzensporiger Fälbling (*Hebeloma cylindrosporum*)

Abb. 14: Runzel-Schüppling (*Pholiota mixta*)

arten möchte ich den häufigen Weißbraunen Ritterling (*Tricholoma albobrunneum*) vorstellen. Die typische Fälblingsart auf den sandigen Böden im Kiefernforst war der ziemlich häufige Walzensporige Fälbling (*Hebeloma cylindrosporum*) (Abb. 13).

Für besonders typische terrestrische Saprobionten in den märkischen Kiefernwäldern halte ich neben dem Fleischfalben Trichterling (*Clitocybe diatreta*, Abb. 3) auch den Weichen Trichterling (*C. vibecina*), den Lederschild-Glöckling (*Entoloma cetratum*), den Runzel-Schüppling (*Pholiota mixta,* Abb. 14) und den Großen Schleimfuß-Helmling (*Mycena clavicularis,* Abb. 15). Weiterhin zählen hierzu *Hygroaster asterosporus, Phaeoclavulina myceliosa* (Abb. 16), *Pseudoomphalina pachyphylla, Deconia montana, Rhodocybe caelata* und *Xeromphalina cornui* (Abb. 17).

Bei den lignikolen Arten wuchsen Kandisbrauner Drüsling (*Exidia saccharina*) und Gloeozystiden-Saftporling (*Fuscopostia leu-*

Abb. 15: Großer Schleimfuß-Helmling (*Mycena clavicularis*)

Abb. 18: Kiefern-Feuerschwamm (*Porodaedalea pini*)

Abb. 16: Myzel-Koralle (***Phaeoclavulina myceliosa***)

Abb. 19: Braunvioletter Dickfuß (*Cortinarius anomalellus*)

Abb. 17: Hornstieliger Glöckchennabeling (*Xeromphalina cornui*)

comalellus) auf totem Kiefernholz, der Muschel-Krempling (*Tapinella panuoides*) an Kiefernstümpfen und der parasitische Kiefern-Feuerschwamm (*Porodaedalea pini*) meist unterhalb von Astlöchern an noch lebenden Kiefernstämmen (Abb. 18). Der winzige Rosshaar-Schwindling (*Gymnopus androsaceus*) besiedelte massenhaft Kiefernnadeln sowie manchmal auch Kiefernzapfen und kleine Holzstückchen. Im Frühjahr kam häufig auf in der Erde liegenden Kiefernzapfen der Milde Kiefernzapfen-Rübling (*Strobilurus stephanocystis*) vor.

3.3 Veränderungen und Konstanz der Pilzflora

Die Pilzflora in Kieferforsten wurde zu zwei unterschiedlichen, um rund 25 Jahre auseinanderliegenden Zeitperioden miteinander verglichen (Sammler 2009a). Hierbei wiesen sieben Großpilzarten während der zweiten Periode eine starke Abnahme und doppelt so viele Arten eine deutliche Rückgangstendenz auf (Tab. 2).

Andererseits traf ich einige Arten erst während der zweiten Periode an, bzw. sie befanden sich zu dieser Zeit noch in starker Ausbreitung. Mindestens 21 weitere Großpilzarten wiesen eine deutliche Zunahme auf (Tab. 3).

Nach der Beschreibung des Bräunlichgrauen Seidenkopfes *Cortinarius anomalellus* (Abb. 19) durch den schwedischen Mykologen Karl Soop (1999) konnte ich auch diesen Schleierling

bestimmen. Seine Ähnlichkeit mit dem an anderen Standorten wachsenden, größeren Braunvioletten Dickfuß (*C. anomalus*) war mir schon früher aufgefallen. Die Gilbende Nadelholztramete wurde in Brandenburg erstmals 1974 nachgewiesen (Benkert 2004) und ihr Vordringen in der Oberlausitz durch Ingrid Dunger seinerzeit genau dokumentiert (Dunger & Zschieschang 1978). Die Ausbreitung des Hornstieligen Glöckchennabelings (Abb. 17) konnte ich auf den untersuchten Kontrollflächen gut verfolgen. Vom ersten Auftreten im Jahr 1979 an beobachtete ich die Art bis 1984 13-mal, bis 2008 58-mal und bis 2012 80-mal auf 32 Flächen. Heute enthält meine Kartei insgesamt 96 Fundangaben von *Xeromphalina cornui* aus ganz Brandenburg.

Von insgesamt 160 von mir bewerteten, meist häufig bis zerstreut vorkommenden Großpilzarten trat eine Mehrheit von 109 Sippen (68 %) annähernd gleich häufig auf. Eine rückläufige Tendenz oder einen starken Rückgang wiesen 21 Arten (13 %) auf, und 27 Arten (18 %) zeigten eine zunehmende Tendenz bzw. befanden sich in starker Ausbreitung. Von den Pilzarten mit zunehmender Tendenz und denjenigen mit einer starken Zunahme bevorzugen 18 Sippen (58 %) schwach bis mittelstark eutrophierte Standorte.

Tab. 2: Vergleich der Pilzflora in Kiefernforsten in den Perioden 1970–1984 und 1997–2010

Arten mit starker Abnahme	
Tricholoma portentosum	Schwarzfaseriger Ritterling
Chroogomphus rutilus	Kupferroter Gelbfuß
Cortinarius collinitus	Blaustiel-Schleimfuß
Phellodon tomentosus	Becherförmiger Duftstacheling (Abb. 8)
Neolentinus lepideus	Schuppiger Sägeblättling
Pholiota highlandensis	Kohlen-Schüppling
Psathyrella pennata	Kohlen-Faserling

Arten mit Rückgangstendenz	
Cantharellus cibarius	Pfifferling
Clavaria argillacea	Heide-Keule
Entoloma turbidum	Geradrandiger Rötling
Gyromitra esculenta	Frühjahrs-Lorchel
Hebeloma cylindrosporum	Walzensporiger Fälbling (Abb. 13)
Hypholoma capnoides	Rauchblättriger Schwefelkopf
Inocybe lacera	Struppiger Risspilz
Inocybe lanuginosa	Wolliger Risspilz
Inocybe sambucina	Fliederweißer Risspilz
Pholiota astragalina	Safranroter Schüppling
Russula adusta	Rauchbrauner Schwärz-Täubling
Strobilurus stephanocystis	Milder Kiefern-Zapfenrübling
Suillus variegatus	Sand-Röhrling
Tricholoma equestre	Grünling

4 Diskussion

Die Langzeituntersuchungen zur Pilzflora in Mittelbrandenburg zeigten, dass die märkischen Kiefernforsten auf nährstoffärmeren, grundwasserfernen und sauren Standorten mit insgesamt 466 identifizierten Pilzarten einen beträchtlichen Artenreichtum besitzen. Er entspricht ungefähr der Artenanzahl, die Keizer (1993) damals mit insgesamt 439 Sippen für Koniferenforste in den Niederlanden mit unterschiedlichen Baumarten (Kiefer, Fichte, Lärche, Douglasie) und Standorten (saure, neutrale und mit starken Stickstoffeinträgen belasteten Böden) angab. Das Vorkommen von insgesamt 148 festgestellten EM-Pilzarten unter *Pinus sylvestris* in ärmeren märkischen Kiefernwäldern unterstreicht, dass die Kiefer eine stark mykotrophe Baumart ist (s. hierzu Kreisel 1981). In Schweden mit seinen ausgedehnten Nadelwäldern stellte die Kiefer mit 219 Pilzarten nach der Fichte mit 318 Arten den zweithäufigsten Ektomykorrhizapartner dar (Dahlberg et al. 2000), und in Großbritannien nahm die Kiefer mit insgesamt 201 EM-Pilzarten nach der Birke (245), Eiche (233) und Buche (223) immerhin den vierten Rang ein (Newton & Haigh 1998).

Die große ökologische Bedeutung der Ektomykorrhiza in nährstoffärmeren märkischen Kiefernforsten kommt indirekt darin zum Ausdruck, dass von den 20 am häufigsten fruktifizierenden Makromyzetenarten allein 18 Arten eine Ektomykorrhiza mit der Kiefer eingehen können. EM-Pilze sind obligate Symbionten, die mehr als 95% der Wurzelspitzen in borealen Forsten kolonisieren (Erland & Taylor

Tab. 3: Vergleich der Pilzflora in Kiefernforsten in den Perioden 1970–1984 und 1997–2010

Arten mit starker Ausbreitung	
Cortinarius anomalellus	Bräunlichgrauer Seidenkopf
Diplomitoporus flavescens	Gilbende Nadelholztramete
Inocybe virgatula	Braunstreifiger Risspilz
Lactarius vellereus	Wolliger Milchling
Lycoperdon foetidum	Stinkender Täubling
Xeromphalina cornui	Hornstieliger Glöckchennabeling (Abb. 17)

Arten mit Zunahmetendenz	
Amanita citrina	Gelber Knollenblätterpilz
Amanita muscaria	Fliegenpilz
Amantia porphyria	Porphyrbrauner Wulstling
Clitocybe ditopus	Mehl-Trichterling
Clitocybe metachroa	Staubfüßiger Trichterling
Clitocybe vibecina	Weicher Trichterling
Cortinarius armeniacus	Aprikosen-Wasserkopf
Cortinarius croceus	Gelbblättriger Hautkopf
Cortinarius semisanguineus	Blutblättriger Hautkopf (Abb. 9)
Cystoderma jasonis	Langsporiger Körnchenschirmling
Entoloma fernandae	Rauscheiteliger Rötling
Lactarius deliciosus	Edel-Reizker
Mycena epipterygia	Dehnbarer Helmling
Mycena galopus	Weißmilchender Helmling
Mycena metata	Kegeliger Helmling
Paxillus involutus	Kahler Krempling
Phaeoclavulina myceliosa	Myzel-Koralle (Abb. 16)
Rhizopogon luteolus	Gelbe Wurzeltrüffel
Rhodocollybia butyracea	Butter-Rübling
Rickenella fibula	Gemeiner Heftelnabeling
Russula badia	Zedernholz-Täubling

2002). Wie wichtig EM-Pilze sind, zeigt auch die Tatsache, dass die Rekultivierungsflächen auf extrem nährstoffarmen Standorten von ehemaligen Kohlentagebauen in der Lausitz den höchsten Mykorrhizierungsgrad an jungen Kiefern aufwiesen (Münzenberger et al. 2000).

Viele der von mir als besonders charakteristisch herausgestellten Pilzarten in nährstoffärmeren märkischen Kiefernforsten (Sammler 2017) kamen auch an vergleichbaren Standorten in den Niederlanden (Arnolds et al. 1995), in Nordskandinavien (Soop 2002), der Langendorfer Geestinsel in Niedersachsen (Wöldecke & Wöldecke 1990) und auf Flugsand-Dünen in Niederbayern (Bresinsky & Einhellinger 1987) vor.

Als eine hauptsächliche Ursache für den Rückgang oder das Ausbleiben der Fruchtkörperbildung von zahlreichen EM-Pilzarten wird der Anstieg der Eutrophierung in Wäldern angesehen, der vor allem auf hohe atmosphärische Stickstoffeinträge, insbesondere durch Immissionen von Industrie- und Großviehanlagen sowie die landwirtschaftliche Düngung und die damit verbundene Abdrift, beruht (Arnolds 1991, Wallenda & Kottke 1998, Erland & Taylor 2002, Kuyper 2013). Negativ durch Stickstoff-Depositionen beeinflusst wurden dabei stärker spezialisierte Arten, insbesondere Symbionten mit Koniferen, während Generalisten, die ein breites Wirtsspektrum aufweisen, meist nur schwach negativ, gar nicht oder auch positiv reagierten. Kuyper (2013) unterschied hierbei nitrophobe EM-Pilzarten, zu denen er die Gattungen *Cantharellus, Cortinarius, Suillus, Tricholoma* und die terrestrischen Stachelpilze stellte und nitrophile EM-Pilzarten. Auch bei den streuabbauenden Pilzen gab es nach seiner Ansicht nitrophobe und nitrotolerante Arten. Als nitrophobe Saprobionten führte er dabei *Clitocybe vibecina, Entoloma cetratum, E. rhodocylix, Gymnopus androsaceus* und *Mycena sanguinolenta* auf. Bei diesen Pilzarten ließen sich aber in den untersuchten märkischen Kiefernforsten keine deutlichen Unterschiede in der Fruktifikationsrate feststellen. Der Weiche Trichterling wies sogar eine leicht zunehmende Tendenz auf, und lediglich *Entoloma turbidum* zeigte eine rückläufige Fruktifikation (Tab. 2, 3). Von den bei ihm als nitrotolerant angeführten Arten reagierte *Lycoperdon foetidum*) mit einer starken Zunahme im zweiten Zeitraum, und *Clitocybe ditopus, C. metachroa, Mycena galopus* sowie einige andere Helmlingsarten wiesen eine zunehmende Tendenz auf (Tab. 3).

In der Nähe der von mir untersuchten 53 Kontrollflächen gab es aber keine großen In-

dustrie- und Stallanlagen, und auch die landwirtschaftliche Düngung auf einigen in der Nähe liegenden Feldern dürfte dort im zweiten Zeitraum nicht stark zugenommen haben. Wahrscheinlich hat aber allein der Anstieg der großräumigen, allgemeinen Eutrophierung in den Wäldern (ca. 20–30 kg N/ha/Jahr nach Cornelius et al. 1996) ausgereicht, um einen starken Rückgang der Fruktifikation bei empfindlichen Pilzarten wie *Tricholoma portentosum*, *Cortinarius collinitus* und *Phellodon tomentosus* (Abb. 8) hervorzurufen und auch zu Rückgangstendenzen bei *Cantharellus cibarius*, *Hebeloma cylindrosporum* (Abb. 13), einigen Risspilzarten, *Russula adusta*, *Suillus variegatus*, *Tricholoma equestre* und *Clavaria argillacea* geführt (Tab. 2).

Die starke Abnahme der Fruchtkörperbildung beim Kupferroten Gelbfuß hat meiner Ansicht nach dagegen eine andere Ursache. Nach Literaturangaben kommt *Chroogomphus rutilus* „agg." auch auf schwach sauren Standorten vor, bevorzugt aber neutrale und basische Böden (Rimoczi 1994). Das Ausbleiben von kalkhaltigen Aschestäuben aus alten Kohlekraftwerken durch einen effektiven Filtereinbau und die Stilllegung anderer alter Industrieanlagen, aber auch das fehlende Flugfeuer der Dampflokomotiven (mehrere Kontrollflächen lagen in der Nähe von Eisenbahntrassen), haben im Berliner Raum und in Teilen Brandenburgs wieder zu einer stärkeren Versauerung der Böden geführt (Cornelius et al. 1996).

Holzbesiedelnde Saprobionten weisen Sukzessionen auf (Kreisel 1981), und der Rückgang der drei holzzersetzenden Arten *Neolentinus lepideus*, *Hypholoma capnoides* und *Pholiota astragalina* beruht vermutlich auf einem Mangel an geeignetem Kiefernholz während der Optimalphase der Pilzbesiedlung. Zwischen der starken Abnahme der Fruktifikation des Kohlen-Schüpplings und des Kohlen-Faserlings und der Anzahl der Feuer- und Brandstellen bestand nicht unerwartet eine enge Korrelation. Im Zeitraum 1967–1986 kamen auf den Kontrollflächen noch 54 Feuer- bzw. Brandstellen vor, doch zwischen 1987 und 2012 waren es nur 18 Stellen. In der ersten Periode registrierte ich 19 karbophile Pilzarten, während der zweiten nur sechs Sippen (Sammler 2017). Heute dürften sich die Verhältnisse wieder drastisch verändert haben. Nach den Berichten in den brandenburgischen Nachrichten über die vielen Waldbrände der letzten fünf Jahre, darunter insbesondere auch im Raum Treuenbrietzen-Jüterbog und im Beelitzer Sandergebiet, sollten die karbophilen Pilzarten heute ideale Bedingungen vorfinden. Gegenwärtig läuft südlich von Treuenbrietzen das Brandstellenprojekt „Pyrophob", bei dem auf ehemaligen Brandstellen u. a. die Ansiedlung von Pilzen, Moosen und Blütenpflanzen untersucht wird (persönliche Mitteilung von René Jarling (Berlin) und Wolfgang Linder (Potsdam-Rehbrücke) vom März 2024).

Als weitere Ursachen für einen Rückgang der Fruktifikation bei den Makromyzeten kommen auch länger anhaltende Trockenperioden in Betracht. Brandenburg weist seit längerem eine negative Tendenz der klimatischen Wasserbilanz auf. Nach Bronstert et al. (2003) kam es hier z. B. zu einer signifikanten Verringerung der Niederschläge für den Monat Mai in vier Dekaden (1961–1997). Auch die veränderten Bewirtschaftungsformen in der Forstwirtschaft, wie z. B. die verstärkte Bodenverdichtung durch den Einsatz der neuen Erntetechnik (Harvester), dürften Auswirkungen auf die Pilzflora haben. Hierzu sollten Untersuchungen angestellt werden. Hinsichtlich weiterer Gefährdungsursachen von Großpilzarten möchte ich auch auf die diesbezüglichen Ausführungen in den Roten Listen von Brandenburg (Benkert 1993), Mecklenburg-Vorpommern (Kreisel 2011) und von Sachsen (Hardtke et al. 2015) hinweisen.

Die Zunahme einer starken Besiedlung in einigen von Wäldern eingeschlossenen Ortschaften (wie z. B. in Borkheide) und den damit verbundenen anthropogenen Einflüssen sowie die Zerschneidung der Waldflächen durch den Straßen- und Wegebau und die Errichtung von neuen Trassen und anderen Bauwerken (z. B. Windkraftanlagen) werden den Lebensraum der Spezialisten unter den Makromyzeten, die bereits heute gefährdet sind, weiter einschränken und die Anzahl und die Fruchtkörperbildung bei den Generalisten unter den Pilzen wahrscheinlich vorübergehend erhöhen. Zusammen mit dem Klimawandel wird es aber keine stabilen ökologischen Verhältnisse mehr geben.

Einwanderungen von Pflanzen, Tieren und auch Pilzen in andere Territorien sind den Biologen seit langem bekannt. Dabei muss es sich nicht nur um Exoten wie Neophyten, Neozoen

oder Neomyzeten aus anderen Erdteilen handeln. Auf einen Neomyzeten aus Nordamerika, der sich gegenwärtig in Deutschland und Brandenburg in den Kiefernwäldern ausbreitet, möchte ich zum Schluss aber doch eingehen. Es handelt sich um den Großsporigen Kiefernröhrling, Pinien-Röhrling oder auch die Falsche Rotkappe (*Aureoboletus projectellus*). Diese Art habe ich in den letzten Jahren in zwei ehemaligen Untersuchungsgebieten beobachtet, und erst kürzlich berichtete Bivour (2022) darüber aus Brandenburg, und Hoeflich (2022) teilte einen Fund dieses auffälligen Röhrlings aus der Oberlausitz mit.

Danksagung

Für die Überlassung einzelner Fotos möchte ich mich herzlich bei Wolfgang Klaeber (Rangsdorf) und Joachim Ehrich (Werder/Havel) sowie für wertvolle fachliche Hinweise bei Dr. Volker Kummer (Potsdam) bedanken. Julia Sammler danke ich für ihre Hilfe bei der englischen Übersetzung und bei der Übermittlung der Fotos an die Redaktion.

Literatur

Arnolds, E. (1991): Decline of ectomycorrizal fungi in Europe. – Agriculture, Ecosystems & Environments **35**: 209–244

Arnolds, E., T. W. Kuyper & M. E. Noordeloos (1995): Overzicht van de Paddestoelen in Nederland. Nederlandse Mycologische Vereniging. – ausgewertet: 13. Standaartlijst van Nederlandse Macrofungi: 754–828

Benkert, D. (1993): Rote Liste. Großpilze (Makromyzeten). – In: Gefährdete Farn- und Blütenpflanzen, Algen und Pilze im Land Brandenburg. – Ministerium für Umwelt, Naturschutz und Raumordnung, Potsdam: 107–188

Benkert, D. (2004): Die Mark Brandenburg, auch ein Einwanderungsland für Pilze. – Verhandlungen des Botanischen Vereins von Berlin und Brandenburg **137**: 489–514

Bivour, W. (2022): Die Falsche Rotkappe – ein invasiver Speisepilz? – Boletus **43**, 2: 117–120

Bresinsky, A. & A. Einhellinger (1987): Pilze, Flechten und andere Pflanzen aus den Flugsandgebieten Südbayerns. – Hoppea **45**: 413–460

Bronstert, T. A., W. Lahmer & V. Krysanova (2003): Klimaänderung in Brandenburg und Folgen für den Wasserhaushalt. – Naturschutz und Landschaftspflege in Brandenburg **12**, 3: 72–79

Cornelius, R., A. Faensen-Thiebes, B. Marschner & G. Weigmann (1996): V-4.9. „Ballungsraumnahe Waldökosysteme“ Berlin: Ergebnisse aus dem Forschungsvorhaben. – In: Handbuch der Umweltwissenschaften. Ökosystem Forschungsvorhaben in der BRD. Ballungsraumnahe Waldökosysteme: 1–36

Dahlberg, A., H. Croneborg & T. Hällingbäck (2000): Sveriges ektomykorrhizasvampar. – Svensk Botanisk Tidskrift **94**: 267–283

Dunger, I. & G. Zschieschang (1978): Bemerkenswerte Pilzfunde in der Oberlausitz III. – Abhandlungen und Berichte des Naturkundemuseums Görlitz **52**, 10: 1–31

Erland, S. & A. F. S. Taylor (2002): Diversity of ectomycorrhizal fungal communities in relation to abiotic environment. – Ecological Studies **157**: 163–200

Hardtke, H.-J., F. Dämmrich & F. Klenke (2015): Rote Liste und Artenliste Sachsens. Pilze. – Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie; Dresden: 586 S.

Hennings, P. (1889): Mykologische Excursionen. – Verhandlungen des Botanischen Vereins der Provinz Brandenburg **30** (1888): 301–309

Hennings, P. (1898): Verzeichnis von Hutpilzen aus der Umgebung von Brück und Belzig. – Verhandlungen des Botanischen Vereins der Provinz Brandenburg **39** (1897): 118

Hoeflich, S. (2022): Mykologische Notizen für das Jahr 2021 – östliche Oberlausitz. – Berichte der Naturforschenden Gesellschaft der Oberlausitz **30**: 275–278

Keizer, P. (1993): The influence of nature management on the macromycete flora. – In: Pegler, D. N., L. Boddy, B. Ing & P. M. Kirk (eds.): Fungi of Europe, Investigation, Recording and Conservation. – Royal Botanic Gardens – Kew: 251–270

Kreisel, H. (1981): Ökologie der Großpilze. – In: Michael, E., B. Hennig & H. Kreisel: Handbuch für Pilzfreunde, Bd. **IV**, 2. Auflage. – Gustav Fischer Verlag; Jena: 9–42

Kreisel, H. (2011): Pilze von Mecklenburg-Vorpommern. Arteninventar, Habitatbindung, Dynamik. – Weissdorn-Verlag; Jena: 612 S.

Kuyper, T. W. (2013): Die Auswirkungen von Stickstoffeinträgen auf Artengemeinschaften von Pilzen. – Zeitschrift für Mykologie **79**, 2: 565–581

Münzenberger, B., J. Golldack, J. Wöllecke & R. F. Hüttl (2000): Mykorrhizierung der Kiefer auf Standorten mit natürlich gelagerten und stark veränderten Böden in den neuen Bundesländern. – Allgemeine Forstzeitung **21**: 1144–1146

Newton, A. C. & J. M. Haigh (1998): Diversity of ectomycorrhizal fungi in Britain: a test of the species-area relationships, and the role of host specificity. – New Phytologist **138**: 619–627

Rimoczi, I. (1994): Die Großpilze Ungarns. Zönologie und Ökologie. – Libri Botanici **13**: 1–160

Sammler, P. (2009a): Konstanz und Veränderungen der Pilzflora in märkischen Kiefernforsten. – Boletus **31**, 2: 74–84

Sammler, P. (2009b): Die häufigsten Makromycetenarten in Kiefernwäldern Mittelbrandenburgs. – Archiv für Forstwesen und Landschaftsökologie **43**: 138–141

Sammler, P. (2017): Ergebnisse langjähriger Untersuchungen zur Pilzflora in märkischen Kiefernforsten. – Verhandlungen des Botanischen Vereins von Berlin und Brandenburg, Beiheft **9**: 228 S.

Soop, K. (1999): *Cortinarius anomalellus*. – In: Lindström, H. & K. Soop (1999): Journal des Journees Europeennes du Cortinaire **2**, 19: 59

Soop, K. (2002): Une etude du mycota cortinarioide des pinedes sabblonneuses dans les pays Nordiques. – Journal des Journees Europeennes du Cortinaire **4**: 1–27

Straus, A. (1953): Beiträge zur Pilzflora der Mark Brandenburg I. – Mitteilungen aus dem Botanischen Garten und Museum Berlin-Dahlem **1**, 1: 75–105

Straus, A. (1959): Beiträge zur Pilzflora der Mark Brandenburg II. – Willdenowia **2**: 231–287

Ulbrich, E. (1922): Das Sander- und Stauchmoränengebiet südlich von Potsdam. Bericht über den Herbstausflug am 22.10.1922. – Verhandlungen des Botanischen Vereins der Provinz Brandenburg **64**: 230–237

Ulbrich, E. (1938): Das Pilzjahr 1937. – Verhandlungen des Botanischen Vereins der Provinz Brandenburg **78**: 1–27

Wallenda, T. & I. Kottke (1998): Nitrogen deposition and ectomycorrhizae. – New Phytologist **139**: 169–187

Wöldecke. K. & K. Wöldecke (1990): Zur Schutzwürdigkeit eines Cladonio-Pinetums mit zahlreichen gefährdeten Großpilzen auf der Langendorfer Geest-Insel (Landkreis Lüchow-Dannenberg). – Beiträge zur Naturkunde Niedersachsens **43**: 62–83

Anschrift des Verfassers

Dr. Peter Sammler
Drevesstr. 21
14473 Potsdam
E-Mail: MP.Sammler@gmx.de

Manuskripteingang	12.12.2023
Manuskriptannahme	25.3.2024
Erschienen	14.10.2024