

Molekulare und physiologische Charakterisierung von Hausschwamm-Arten

OLAF SCHMIDT

SCHMIDT, O. (2003): Molecular and physiological characterization of dry rot fungi. *Z. Mykol* 69(2): 287-298.

Key Words: Dry rot fungi in buildings, *Serpula* spp., *Leucogyrophana* spp., *Meruliporia incrassata*, rDNA-ITS sequence, mycelial growth rate, temperature influence

Summary: *Serpula lacrymans* is the most important wood-decay fungus in buildings in Central Europe. Rarely occurring indoor dry rot fungi are *S. himantioides*, *Leucogyrophana mollusca*, *L. pinastris* and *L. pulverulenta*. *Meruliporia incrassata* is the North American pendant to *S. lacrymans*. The species have similar biology, basidiomes and mycelia. Traditionally, the fungi are differentiated by their basidiomes. However, separating characteristics may be rare in cases such as if only mycelium is available from attacked wood. For a reliable species differentiation and identification of isolates, the internal transcribed spacer (ITS) of the ribosomal DNA was amplified by the polymerase chain reaction and sequenced. Isolates from decayed wood and from culture collections were used. The ITS sequence characteristic of *S. lacrymans*, *S. himantioides*, *L. mollusca*, *L. pinastris* and *M. incrassata* was obtained and deposited in the international databases. The ITS size ranges from 649 to 734 bp. Intraspecific variation was low. Some isolates obtained mislabelled were named correctly according to the ITS sequence. Results facilitate future identification of isolates by sequence comparison, even if only vegetative mycelium was present. Mislabelled isolates can be re-identified. The ITS data contribute to our collection of sequences made to characterize domestic wood decay fungi.

Finally, growth rate of mycelium and influence of temperature were investigated to examine whether these traditional methods provide relevant information. Maximum daily radial increment on agar was highest for isolates of *S. himantioides* (7–11 mm), medium for *S. lacrymans* (4–5.1 mm) and low for the *Leucogyrophana* species and *M. incrassata* (0.5–4.2 mm). Optimum temperature varied among and even within the species from 20–27.5 °C. *Serpula lacrymans* exhibited its known distinctive character of best growth at about 20 °C and no growth at about 27 °C. Lethal temperature during 3 weeks of incubation was 30 °C for *S. lacrymans* and for one isolate of *L. mollusca* and was higher for the other fungi.

Zusammenfassung: *Serpula lacrymans* ist der wichtigste holzabbauende Gebäudepilz in Zentraleuropa. Weitere, seltener vorkommende 'Hausschwämme' sind *S. himantioides*, *Leucogyrophana mollusca*, *L. pinastris* und *L. pulverulenta*. *Meruliporia incrassata* ist das nordamerikanische Gegenstück zu *S. lacrymans*. Die Pilze mit ähnlicher Biologie, Mycelien und Fruchtkörpern werden traditionell über ihre Fruchtkörper differenziert. Liegt jedoch, z. B. auf angegriffenem Holz, lediglich Mycel vor, reichen die Merkmale zur Unterscheidung nicht aus. Für eine Artdifferenzierung und sichere Diagnose von Isolatene wurde

daher der ITS-Bereich ihrer ribosomalen DNS per PCR amplifiziert und dann sequenziert. Isolate von befallenem Holz und aus Stammsammlungen wurden untersucht. Die spezifische ITS-Sequenz von *S. lacrymans*, *S. himantioides*, *L. mollusca*, *L. pinastri* und *M. incrassata* wurde erhalten und in den Datenbanken deponiert. Die ITS-Länge reichte von 649 bis 734 bp. Die intraspezifische Variabilität war gering. Einige falsch benannte Isolate wurden aufgrund ihrer ITS-Sequenz richtig eingeordnet. Die Ergebnisse erlauben zukünftig die Identifizierung von Isolaten durch Sequenzvergleich, auch wenn nur Mycel vorgelegen hat. Falsch bestimmte Stämme können richtig benannt werden. Die ITS-Daten sind Teil unserer Sequenzbank zur Charakterisierung von Hausfäulepilzen.

Weiterhin wurden die Wuchsgeschwindigkeit des Mycels und der Temperatureinfluß auf den Zuwachs untersucht um zu überprüfen, ob und inwieweit diese traditionellen Bestimmungsparameter relevante Information zur Diagnose liefern. Der maximale radiale, tägliche Zuwachs auf Agar war am größten bei den Isolaten von *S. himantioides* mit 7–11 mm, mittel bei *S. lacrymans* (4–5,1 mm) und gering bei den *Leucogyrophana*-Arten sowie *M. incrassata* (0,5–4,2 mm). Die Optimaltemperatur variierte zwischen den Pilzen, aber auch innerhalb der Arten von 20–27,5 °C. *Serpula lacrymans* zeigte das bekannte und zur Differenzierung geeignete Merkmal von optimalem Wachstum bei etwa 20 °C und den Wuchsstopp bei etwa 27 °C. Die Letaltemperatur für *S. lacrymans* und für ein Isolat von *L. mollusca* betrug bei 3 Wochen Inkubation 30 °C und lag bei den anderen Pilzen höher.

Einleitung

Holzabbauende Pilze aus den Gattungen *Serpula*, *Leucogyrophana*, *Meruliporia*, *Coniophora*, *Antrodia*, *Oligoporus*, *Gloeophyllum* und *Donkioporia* verursachen in Gebäuden beträchtliche wirtschaftliche Schäden. Allein für Großbritannien wurden die jährlichen Reparaturkosten für Schäden durch den Echten Hausschwamm *Serpula lacrymans* (Wulfen: Fr.) Schroeter apud Cohn auf über £ 150 Millionen pro Jahr geschätzt. Der durch das merulioide Hymenophor und große braune Sporen charakterisierte *S. lacrymans* (PEGLER 1991) ist in Deutschland mit etwa 40 % Beteiligung an Holzschäden in Gebäuden der häufigste holzabbauende Basidiomycet und wurde nur ausnahmsweise im Freien nachgewiesen (BECH-ANDERSEN & ELBORNE 1999; WHITE et al. 2001). Dagegen findet sich der verwandte Wilde Hausschwamm *S. himantioides* (Fr.: Fr.) P. Karsten (SEEHANN 1986) selten in Gebäuden (HARMSSEN 1978). Die kleinsporigen Arten, nämlich die Faltigweiche Gewebehaut *Leucogyrophana mollusca* (Fr.) Pouzar, der Gelbrandige Hausschwamm *L. pinastri* (Fr.) Ginns und Weres. (SCHULZE & THEDEN 1948; SIEPMANN 1970) und der Kleine oder Balkenbewohnende Hausschwamm *L. pulverulenta* (Fr.) Ginns (syn.: *Serpula tignicola*) (HARMSSEN 1953) kommen im Wald und in Gebäuden vor (GINNS 1978). Abgesehen von seinem poroiden Hymenophor ähnelt der Nordamerikanische Hausschwamm *Meruliporia incrassata* (Berk. & Curt.) Murr. (PALMER & ESLYN 1980; GILBERTSON & RYVARDEN 1987) in den übrigen Merkmalen *S. lacrymans* (BURDSALL 1991). Zur Artdiagnose finden sich in Gebäuden jedoch nicht immer informative Pilzteile, wie Fruchtkörper (JÜLICH 1984; BREITENBACH & KRÄNZLIN 1986) und Stränge (FALCK 1912). Wenige oder inkonstante Merkmale des vegetativen Mycels sowie die intraspezifische Variabilität („Stammvarianz“) bei physiologischen Eigenschaften erschweren aber die Bestimmung nahe verwandter Pilze mit konventionellen Methoden (STALPERS 1978). Bei Fäuleschäden in Gebäuden fordert in Deutschland DIN 68 800 vor einer Sanierung dennoch eine Artdiagnose.

Von den verschiedenen von uns bei Hausfäulepilzen eingesetzten molekularen Techniken (SCHMIDT 2000) erwies sich die Polymerasekettenreaktion (PCR) und nachfolgende Sequenzie-

zung des 'internal transcribed spacer' (ITS) der ribosomalen DNS (rDNS) als sehr geeignete Technik zur Charakterisierung und Identifizierung einer Pilzart, da hierbei die gesamte Information der Nukleotidsequenz von rund 700 Basen zur Verfügung steht und somit auch das Ausmaß der Stammvarianz deutlich wird. Generell gelten DNS-Sequenzierungen derzeit als wichtigstes Werkzeug der molekularen Systematik.

Die vorliegende Arbeit behandelt zunächst die ITS-Sequenzen der verschiedenen Hausschwamm-Arten. Die bereits sequenzierten und in Datenbanken deponierten Isolate von *Serpula lacrymans* und *S. himantioides* (MORETH & SCHMIDT 2000; WHITE et al. 2001) wurden zur stärkeren Berücksichtigung der Stammvarianz durch weitere Stämme ergänzt. Weiterhin wurden *Meruliporia incrassata*, *Leucogyrophana mollusca* und *L. pinastris* sequenziert und jeweils zwei Sequenzen pro Art ebenfalls in den Datenbanken niedergelegt.

Ziele waren eine molekulare Charakterisierung der Arten, der Erhalt einer sicheren Basis zur Identifizierung, auch wenn nur Mycel vorhanden ist, und die Erweiterung unserer Sequenzenbank der Hausfäulepilze (SCHMIDT & MORETH 2002). Weiterhin erfolgten einige physiologische Untersuchungen zur möglichen Charakterisierung und Differenzierung mittels der konventionellen Merkmale „Wuchsgeschwindigkeit auf Agar“ und „Abhängigkeit des Mycelwachstums von der Temperatur“. Besonders die *Leucogyrophana*-Arten waren diesbezüglich bisher wenig bearbeitet.

Material und Methoden

Pilze und Kultivierungsbedingungen: Methodische Einzelheiten sind bei SCHMIDT et al. (2002a) genannt, sodass nur wenige Angaben erfolgen. In der Regel wurden mehrere Isolate einer Art untersucht, um die spezifische ITS-Sequenz aufzufinden (Tab. 1). Gesammelt wurden möglichst viele Isolate, die als zu den betreffenden Arten gehörend ausgewiesen waren. Jedoch zeigten sich im Verlaufe der Untersuchungen zahlreiche Fehlbestimmungen. Die auf molekularer Basis identifizierten Isolate in Tabelle 1 stammen aus unserer Sammlung oder von anderen Instituten, einige von Herrn Privatdozent Dr. K. Grimm, Universität Karlsruhe, andere sind eigene Isolierungen von Fruchtkörpern. Alle Isolate werden als Stammkulturen in unserer Ordinariatssammlung gehalten. Die Anzucht der Pilze erfolgte als Oberflächenkultur in 2 % Malzextraktbrühe für 2 Wochen bei Zimmertemperatur.

DNS-Isolierung, PCR und Gelelektrophorese: Eine Pipettenspitze Mycel wurde in einem 1,5 ml-Eppendorfgefäß mit 200 µl autoklaviertem Leitungswasser mechanisch mit einem Pistill mittels eines Laborrührers 2 min. bei 10.000 Upm zerkleinert. Diese Suspension wurde für 1 min. gekocht und dann 1 + 4, 1 + 24 und 1 + 124 mit Leitungswasser für eine PCR-geeignete DNS-Konzentration verdünnt. Die rDNS-ITS-Region wurde mit den ITS 1/ITS 4-Primern von WHITE et al. (1990) und dem DyNAzyme II DNA polymerase kit (Finnzymes Oy) in dem PTC-100-Thermocycler (MJ Research) für 35 Zyklen von 94 °C Denaturierung, 55 °C 'Annealing' und 72 °C 'Extension', jeweils für 1 min., amplifiziert. Anfangsdenaturierung bei 94 °C und Schlußextension bei 72 °C erfolgten für 7 min. Die PCR-Produkte wurden elektrophoretisch in DNA Agarose-Gelen (Biozym) in TBE-Puffer mit der GNA-200-Kammer (LKB-Pharmacia Biotech) kontrolliert, mit GelStar (Biozym) gefärbt und die DNS-Banden über 312 nm UV mit dem DNA BioDoc-Analyse-System (Biometra) dokumentiert.

Sequenzierung und phylogenetische Analyse: Die PCR-Produkte wurden von MWG-Biotech gereinigt und jeweils beide DNS-Stränge sequenziert. Meist wurde die komplette ITS-Sequenz

Tab. 1: Untersuchte Arten und Isolate mit Herkunft, Länge des rDNS-ITS-Bereiches und Datenbank-Zugriffsnummer

| Art | Herkunft, Isolierungsjahr, Codierung, „ursprüngliche Benennung“ | Sammlungsnummer | ITS-Länge (Bp) | Zugriffsnummer |
|---------------------------------|---|-----------------|----------------|----------------|
| <i>Serpula lacrymans</i> | Berlin 1937 BAM 133 | S7 | 655 | AJ245948 |
| <i>Serpula lacrymans</i> | Berlin 1939 BAM 238 | S10 | 655 | AJ419907 |
| <i>Serpula lacrymans</i> | Bad Bevensen 1984 | S14 | 654 | AJ419908 |
| <i>Serpula lacrymans</i> | Rothenburg 1984 | S16 | 655 | AJ249268 |
| <i>Serpula lacrymans</i> | Japan 1978 | S21 | 655 | AJ419909 |
| <i>Serpula lacrymans</i> | Polen 1953 | S27 | 655 | AJ419910 |
| <i>Serpula himantioides</i> | Madison M213 | 99 | 650 | AJ245949 |
| <i>Serpula himantioides</i> | Wilsede 1998 | 218 | 649 | AJ419911 |
| <i>Serpula himantioides</i> | Niederlande 1982 | 278 | 649 | |
| <i>Serpula himantioides</i> | Karlsruhe 2000 | 279 | 649 | |
| <i>Serpula himantioides</i> | Malente 2001 | 284 | 649 | |
| <i>Serpula himantioides</i> | Malente 2001 | 288 | 649 | |
| <i>Serpula himantioides</i> | „ <i>S. lacrymans</i> “ Frankreich | S19 | 649 | |
| <i>Serpula himantioides</i> | „ <i>Coniophora olivacea</i> “ Neuseeland | 291 | 649 | |
| <i>Leucogyrophana mollusca</i> | Norwegen 1951 | 265 | 704 | AJ419915 |
| <i>Leucogyrophana mollusca</i> | Belgien | 267 | 706 | |
| <i>Leucogyrophana mollusca</i> | Karlsruhe 2000 | 268 | 704 | |
| <i>Leucogyrophana mollusca</i> | Schweden Nilsson 73171 | 270 | 703 | |
| <i>Leucogyrophana mollusca</i> | „ <i>L. pseudomollusca</i> “ Schweden Lowe 14167 | 263 | 706 | AJ419914 |
| <i>Leucogyrophana mollusca</i> | „ <i>Serpula pseudomollus</i> “ Harmsen 3665 | 264 | 706 | |
| <i>Leucogyrophana pinastris</i> | Karlsruhe 1993 | 273 | 734 | AJ419916 |
| <i>Leucogyrophana pinastris</i> | Hannover-Münden 1954 | 274 | 734 | |
| <i>Leucogyrophana pinastris</i> | Karlsruhe 2000 | 275 | 734 | AJ419917 |
| <i>Leucogyrophana pinastris</i> | „ <i>L. mollusca</i> “ Belgien | 266 | 734 | |
| <i>Leucogyrophana romellii</i> | „ <i>Serpula molluscus</i> “ Schweden Lowe 14205 | 262 | 670 | |
| <i>Meruliporia incrassata</i> | Madison 86579-R88 | 97 | 654 | AJ419912 |
| <i>Meruliporia incrassata</i> | Canada | 261 | 655 | AJ419913 |

durch Überlappen beider Stränge erhalten. Mittels einer BLAST-Suche in den internationalen Datenbanken (z.B. www.nlm.nih.gov/blast/Blast.cgi) wurden sie auf Ähnlichkeit mit dortigen Sequenzen verglichen. Die Sequenzen von mindestens je zwei repräsentativen Isolaten je Art sind in den Datenbanken (z.B. European Molecular Biology Laboratory, EMBL: www.ebi.ac.uk/cgi-bin/emblfetch) hinterlegt. Die Sequenzen wurden mit dem DNS-Programm `Clustal W` einander zugeordnet und manuell feinbearbeitet mittels BioEdit (HALL 1999). Das gesamte `Alignment`

umfaßte 835 Basen. Wegen einiger schwieriger Bereiche wurden die Positionen 62-74, 272-285, 613-657 und 701-747 für ein zweites Alignment von 716 b entfernt. Die 'Maximum parsimony'-Analyse erfolgte mittels PAUP 4.02b (SWOFFORD 1999) mit der Suchoption 'branch-and-bound'. Bei den Analysen wurden alle Charaktere ungeordnet mit gleicher Gewichtung bewertet. Alignment-Pausen wurden sowohl als fehlende Daten als auch als 'fifth state' behandelt. Die 'Bootstrap'-Analysen, ebenfalls mit der branch-and-bound-Option, umfaßten 1000 Wiederholungen (vgl. Abb. 1).

Temperaturverhalten und Mycelwachstum:

Der Temperatureinfluß auf das Mycelwachstum wurde in 2 % Malzagar-Petriscalen bei 20–35 °C in 2,5 °C-Schritten gemessen. Der Zuwachs wurde zweimal wöchentlich mit einem Faserschreiber markiert und auf den maximalen radialen Zuwachs pro Tag umgerechnet (Tab. 3). Als maximale Wüchsigkeit eines Isolates wurde sein Zuwachs bei seiner Optimaltemperatur gewertet. Zum Erkennen des Überlebens bei höheren Temperaturen wurden die Kulturen der oberen Temperaturstufen bei Versuchsende nach 3 Wochen auf frischen Agar überimpft und nach 2 weiteren Wochen bei Zimmertemperatur auf Wachstum überprüft.

Ergebnisse und Diskussion

Molekulare Charakterisierung

Bei den vorliegenden Isolaten von *Serpula lacrymans*, *S. himantioides*, *Leucogyrophana mollusca*, *L. pinastri* und *Meruliporia incrassata* konnte der komplette rDNS-ITS-Bereich einschließlich des 5,8S rRNS-Gens mit der ITS1/ITS4-Primerkombination amplifiziert und dann sequenziert werden. Anhand der erhaltenen ITS-Sequenzen ließen sich die Pilze sicher voneinander unterscheiden, auch jeweils die Arten innerhalb einer Gattung (siehe Abb. 1).

Die intraspezifische Variabilität war bei den vorliegenden Pilzen gering. So war *S. lacrymans* bei insgesamt sieben von uns sequenzierten Isolaten mit nur einer abweichenden Nukleotidposition nahezu homogen. Als Maximum zeigten insgesamt 12 sequenzierte Isolate von *S. himantioides* 14 variable Positionen. Die Sequenzen sind daher zur Artdifferenzierung geeignet. Sequenzen von zwei bis sechs repräsentativen Isolaten je Art wurden beim EMBL deponiert (Tab. 1).

Die ITS-Längen reichen von 649 bis 734 Basenpaaren (bp) (Tab. 1). Sie liegen im Bereich derjenigen anderer Hausfäulepilze (Tabelle 2): *Coniophora puteana*: 727/729 bp, *C. arida*: 672 bp, *C. marmorata*: 670 bp, *C. olivacea*: 670 bp, *Antrodia vaillantii*: 654/657 bp, *A. sinuosa*: 657 bp, *A. serialis*: 636/637 bp, *A. xantha*: 653 bp, *Oligoporus placenta*: 668 bp, *Gloeophyllum abietinum*: 632 bp, *G. sepiarium*: 625 bp, *G. trabeum*: 626 bp, *Donkioporia expansa*: 639 bp.

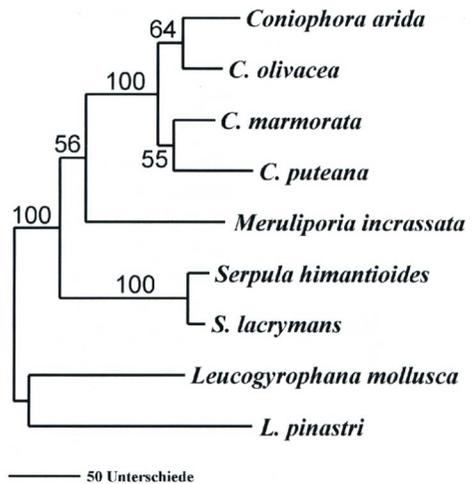


Abb. 1: Dendrogramm ('most parsimonious tree') der Coniophoraceae in Gebäuden auf Basis der rDNS-ITS-Sequenz. Bootstrap-Werte, oberhalb der Äste, sind eingetragen, wenn sie größer als 50 % waren.

Tab. 2: Datenbank unserer in internationalen Banken deponierten ITS-Sequenzen von Hausfäulepilzen (nach SCHMIDT & MORETH 2002)

| Gruppe | Art | Isolat Nr. | ITS- Länge (bp) | EMBL- nummer |
|----------------------------|--------------------------------|---------------|--------------------|-----------------|
| Hausschwämme | <i>Serpula lacrymans</i> | S7 | 655 | AJ245948 |
| | <i>Serpula lacrymans</i> | S10 | 655 | AJ419907 |
| | <i>Serpula lacrymans</i> | S16 | 655 | AJ249268 |
| | <i>Serpula lacrymans</i> | S14 | 654 | AJ419908 |
| | <i>Serpula lacrymans</i> | S21 | 655 | AJ419909 |
| | <i>Serpula lacrymans</i> | S27 | 655 | AJ419910 |
| | <i>Serpula himantioides</i> | 99 | 650 | AJ245949 |
| | <i>Serpula himantioides</i> | 218 | 649 | AJ419911 |
| | <i>Meruliporia incrassata</i> | 97 | 654 | AJ419912 |
| | <i>Meruliporia incrassata</i> | 261 | 655 | AJ419913 |
| | <i>Leucogyrophana mollusca</i> | 263 | 706 | AJ419914 |
| | <i>Leucogyrophana mollusca</i> | 265 | 704 | AJ419915 |
| | <i>Leucogyrophana pinastri</i> | 273 | 734 | AJ419916 |
| | <i>Leucogyrophana pinastri</i> | 275 | 734 | AJ419917 |
| Kellerschwämme | <i>Coniophora puteana</i> | 167 | 727 | AJ249502 |
| | <i>Coniophora puteana</i> | 159 | 727 | AJ249503 |
| | <i>Coniophora puteana</i> | 221 | 727 | AJ344109 |
| | <i>Coniophora puteana</i> | 153 | 729 | AJ344110 |
| | <i>Coniophora marmorata</i> | 158 | 670 | AJ518879 |
| | <i>Coniophora marmorata</i> | 307 | 670 | AJ518880 |
| | <i>Coniophora arida</i> | 232 | 672 | AJ345007 |
| | <i>Coniophora arida</i> | 294 | 672 | AJ344113 |
| | <i>Coniophora olivacea</i> | 151 | 670 | AJ344112 |
| <i>Coniophora olivacea</i> | 297 | 670 | AJ345009 | |
| Porenschwämme | <i>Antrodia vaillantii</i> | 107 | 654 | AJ249266 |
| | <i>Antrodia vaillantii</i> | 113 | 657 | AJ344140 |
| | <i>Antrodia vaillantii</i> | 127 | 654 | AJ421007 |
| | <i>Antrodia vaillantii</i> | 240 | 654 | AJ421008 |
| | <i>Antrodia sinuosa</i> | 115 | 657 | AJ416068 |
| | <i>Antrodia sinuosa</i> | 211 | 657 | AJ345011 |
| | <i>Antrodia xantha</i> | 209 | 653 | AJ415569 |
| | <i>Antrodia xantha</i> | 289 | 653 | AJ345012 |
| | <i>Antrodia serialis</i> | 213 | 637 | AJ344139 |
| | <i>Antrodia serialis</i> | 287 | 636 | AJ345010 |
| | <i>Oligoporus placenta</i> | 100 | 668 | AJ416069 |
| | <i>Oligoporus placenta</i> | 120 | 668 | AJ249267 |
| Blättlinge | <i>Gloeophyllum abietinum</i> | 254 | 632 | AJ420947 |
| | <i>Gloeophyllum abietinum</i> | 256 | 632 | AJ420948 |
| | <i>Gloeophyllum sepiarium</i> | 198 | 625 | AJ344141 |
| | <i>Gloeophyllum sepiarium</i> | 253 | 625 | AJ420946 |
| | <i>Gloeophyllum trabeum</i> | 183 | 626 | AJ420949 |
| | <i>Gloeophyllum trabeum</i> | 259 | 626 | AJ420950 |
| Eichenporling | <i>Donkioporia expansa</i> | 185 | 639 | AJ249501 |
| | <i>Donkioporia expansa</i> | 188 | 639 | AJ249500 |

Tab. 3: Wuchsgeschwindigkeit und Temperaturverhalten

| Art | Isolat | Maximaler radialer Zuwachs in mm/Tag bei °C | | | | | | | Letaltemperatur bei 3 Wochen Kultivierung °C |
|--------------------------------|--------|---|------------|-------------|-------------|-----|------|----|--|
| | | 20 | 22,5 | 25 | 27,5 | 30 | 32,5 | 35 | |
| <i>Serpula lacrymans</i> | S7 | 4,0 | 2,4 | 0,5 | 0 | | | | 30 |
| | S16 | 5,1 | 3,1 | 0,4 | 0 | | | | 30 |
| <i>Serpula himantioides</i> | 99 | 5,8 | 6,8 | 7,0 | 6,6 | 2,8 | 0,8 | 0 | >35 |
| | 288 | 6,3 | 8,6 | 11,0 | 11,0 | 2,5 | 1,5 | 0 | >35 |
| <i>Leucogyrophana mollusca</i> | 263 | 1,3 | 1,3 | 1,4 | 1,3 | 0,2 | 0 | | 30 |
| | 264 | 2,2 | 2,3 | 3,3 | 1,8 | 1,3 | 1,0 | 0 | >35 |
| | 265 | 2,4 | 2,6 | 3,3 | 2,7 | 2,2 | 0,8 | 0 | 35 |
| | 267 | 2,0 | 2,0 | 3,0 | 2,2 | 1,0 | 0,5 | 0 | 32,5 |
| | 268 | 0,7 | 0,7 | 1,8 | 2,1 | 1,4 | 1,0 | 0 | >35 |
| | 270 | 0,6 | 0,8 | 0,9 | 1,0 | 0,4 | 0,3 | 0 | >35 |
| <i>Leucogyrophana pinastri</i> | 266 | 2,8 | 2,2 | 2,2 | 2,1 | 0,9 | 0,2 | 0 | >35 |
| | 273 | 2,1 | 2,4 | 2,5 | 2,5 | 1,3 | 0,8 | 0 | >35 |
| | 274 | 2,4 | 2,4 | 2,3 | 2,0 | 1,6 | 1,0 | 0 | >35 |
| | 275 | 2,5 | 3,2 | 4,2 | 3,7 | 2,3 | 0,5 | 0 | >35 |
| <i>Leucogyrophana romellii</i> | 262 | 0,3 | 0,5 | 0,2 | 0,1 | 0 | | | 30 |
| <i>Meruliporia incrassata</i> | 97 | 2,7 | 2,8 | 2,5 | 2,5 | 2,1 | 1,1 | 0 | >35 |
| | 261 | 2,7 | 2,9 | 3,2 | 2,6 | 1,7 | 0,1 | 0 | >35 |

fett: Optimum

Die Sequenzen der Hausschwamm-Arten runden unsere Datenbank der häufiger vorkommenden Hausfäulepilze ab (SCHMIDT & MORETH 2002). Meist handelt es sich um jeweils nahe verwandte Arten, deren Mycel mit klassischen Methoden kaum oder gar nicht differenzierbar ist. Dies betrifft die vier in Gebäuden vorkommenden „Kellerschwämme“ Brauner Kellerschwamm *Coniophora puteana* (Schum.: Fr.) P. Karsten, Marmorierter Kellerschwamm *C. marmorata* Desm., Trockener Kellerschwamm *C. arida* (Fr.) P. Karsten, Olivfarbener Kellerschwamm *C. olivacea* (Fr.) P. Karsten (SCHMIDT et al. 2002a), die fünf „Porenhaußschwämme“ Breitsporiger Weißer Porenschwamm *Antrodia vaillantii* (DC.: Fr.) Ryv., Reihige Tramete *Antrodia serialis* (Fr.) Donk, Schmalsporiger Weißer Porenschwamm *A. sinuosa* (Fr.) P. Karsten, Gelber Porenschwamm *A. xantha* (Fr.: Fr.) Ryv., „Saftporling“, *Oligoporus placenta* (Fr.) Gilb. & Ryv. (SCHMIDT & MORETH 2003) und die drei „Blättlinge“ Tannenblättling *Gloeophyllum abietinum* (Bull.: Fr.) P. Karsten, Zaunblättling *G. sepiarium* (Wulf.: Fr.) P. Karsten und Balkenblättling *G. trabeum* (Pers.: Fr.) Murr. (SCHMIDT et al. 2002b). Lediglich der erst seit einigen Jahren als wichtiger Hausfäulepilz erkannte Eichenporling *Donkioporia expansa* (Desm.) Kotl. & Pouzar (RYVARDEN & GILBERTSON 1993; KLEIST & SEEHANN 1999; MORETH & SCHMIDT 2000) ist die einzige Art seiner Gattung und gehört zu den wenigen Weißfäuleerregern in Gebäuden. Das bisher untersuchte und deponierte Kollektiv dürfte hinsichtlich Quantität etwa 80 % der Gebäudepilze und qualitativ die wesentlichen Arten umfassen (u.a. GUILLITTE 1992). Insgesamt umfaßt das Spektrum holzabbauender Basidiomyceten in Gebäuden etwa 50 Arten (HUCKFELDT 2003).

Von der Gruppe der selteneren Hausschwämme konnte *Leucogyrophana pulverulenta* (syn.: *L. tignicola*) (GINNS 1978) nicht sequenziert werden. Nach eigener Erfahrung sind etwa 20 % der in Sammlungen gehaltenen Kulturen falsch bestimmt. Die Zuordnung einer Sequenz zu einer Pilzart sollte daher nicht auf ein einziges Isolat gegründet werden, auch wenn es von Experten identifiziert wurde, sondern es sollten stets mehrere Isolate untersucht werden. Alle als *L. pulverulenta* benannten Isolate aus anderen Sammlungen, wie das einzige Isolat bei ATCC, erwiesen sich durch ihre ITS-Sequenz per BLAST-Vergleich in den Datenbanken als Fehlbestimmung. Der CBS-Stamm war degeneriert, so dass er sich nicht abimpfen ließ. Ähnlich ließ sich ein freundlicherweise von Frau Dipl.-Holzwirtin Angela Steinfurth (Kolding, Dänemark) zur Verfügung gestellter Fruchtkörper von *L. pulverulenta* nicht verwenden, da auswachsendes Mycel weder vom Fruchtkörperfleisch noch über Sporenkeimung gewonnen werden konnte und die hier verwendete DNS-Extraktionsmethode, wie bei altem Pilzmaterial häufig, versagte. Die von HARMSSEN (1953) isolierten Stämme von *L. pulverulenta* konnten leider nicht beschafft werden.

BRESINSKY et al. (1999) sowie JAROSCH & BESL (2001) sequenzierten im Rahmen phylogenetischer Studien über *Paxillus* s.l. und *Leucogyrophana* die ersten 900 bp der 28S-Untereinheit der rDNS von *S. lacrymans*, *S. himantioides*, *M. incrassata*, *L. mollusca*, *L. pinastri*, *L. pulverulenta* und anderer Arten. Ein weiteres von uns als *L. pulverulenta* vermutetes Isolat (Nr. 262) erwies sich nach entsprechender Sequenzierung des 28S-Abschnittes jedoch als Sequenz-identisch mit einem Isolat einer anderen *Leucogyrophana*-Art, nämlich *L. romellii* (Fr.) Ginns (BRESINSKY et al. 1999; JAROSCH & BESL 2001). Die ursprüngliche Herkunft unseres Isolates von *L. romellii* und ein mögliches Vorkommen dieser Art in Gebäuden sind uns nicht bekannt (vgl. GINNS 1953).

Da nahezu alle deponierten ITS-Sequenzen von Hausfäulepilzen von uns stammen und somit *L. pulverulenta* nicht deponiert ist, können in Frage kommende Isolate leider nicht durch ITS-Sequenzvergleich per BLAST identifiziert werden.

Abbildung 1 zeigt den Stammbaum (‘most parsimonious tree’) der Hausschwamm-Arten auf der Grundlage der rDNS-ITS-Sequenzen. Zur Ergänzung sind die vier in Gebäuden vorkommenden *Coniophora*-Arten (SCHMIDT et al. 2002a) zugefügt, so dass die gesamte Familie der Coniophoraceae in Gebäuden dargestellt ist. Mit den Pausen als 5. Information waren 343 Charaktere konstant, 123 variabel, aber Parsimony-uninformativ, und 250 phylogenetisch informativ. Es wurde ein einziger „bester Baum“ von 767 Schritten erhalten. Er ist ‘unrooted’ und die ‘bootstrap’-Werte sind oberhalb der Äste eingetragen. Wurden die Pausen als fehlende Daten bewertet, fielen die Bootstrap-Werte geringfügig niedriger aus. Deutlich wird u.a. die nahe Verwandtschaft der beiden *Serpula*-Arten.

Physiologische Charakterisierung

Die Untersuchungen zu Wuchsgeschwindigkeit und Temperaturverhalten sollten exemplarisch aufzeigen, ob sich die Mycelien der verschiedenen Hausschwamm-Arten mit konventionellen Methoden differenzieren lassen. Wegen der wirtschaftlichen Bedeutung von *S. lacrymans* in Gebäuden liegt zahlreiche Literatur zu seiner Biologie und Physiologie vor. Neben Übersichten (u.a. HARMSSEN 1960, SEGMÜLLER & WÄLCHLI 1978; JENNINGS & BRAVERY 1991, SCHMIDT & MORETH-KEBERNIK 1991; SCHMIDT 1993, 1994) sind dies zahlreiche Einzelarbeiten; bereits 1988 listeten SEEHANN & HEGARTY zum Echten Hausschwamm 1.200 Veröffentlichungen auf. Untersuchungen zur Physiologie der anderen Hausschwamm-Arten sind seltener (u.a. BUCHWALD 1928; LIESE & STAMER 1934; SCHULZE & THEDEN 1948; GERSONDE 1958; HARMSSEN 1960, 1966, 1978; GINNS

1978; SCHULZ & BORCK 1971; PALMER & ESLYN 1980; BURDSALL 1991; MORRIS 1994). Eine jüngere Untersuchung zur Biologie des Hausschwammes und weiterer Hausfäulepilze erfolgte im Rahmen der Doktorarbeit HUCKFELDT (2003).

Die Tabelle 3 fasst die Ergebnisse zur Wuchsgeschwindigkeit des Mycels auf Agar und zum Temperaturverhalten zusammen. Der maximale tägliche Zuwachs auf Agar war bei den Isolaten von *S. himantioides* mit 7–11 mm am größten, gefolgt von (4–5,1 mm) bei *S. lacrymans*, und gering bei den *Leucogyrophana*-Arten und *M. incrassata* (0,5–4,2 mm). SEEHANN & v. RIEBESELL (1988) ermittelten für 19 Isolate von *S. lacrymans* durchschnittlich 4 mm Zuwachs pro Tag und für fünf Stämme von *S. himantioides* durchschnittlich 4,8 mm. Bei HARMSSEN (1953) war *L. pulverulenta* mit 1–1,5 mm Wachstum pro Tag langsamwüchsig. Den geringsten Zuwachs mit maximal 0,5 mm pro Tag zeigte *L. romelli*, die GINNS (1953) mit durchschnittlich 0,45 mm pro Tag über 6 Wochen ebenfalls als langsamwüchsig einstuft.

Die Optimaltemperatur variierte zwischen, aber auch innerhalb der Arten von 20–27,5 °C. Nur *S. lacrymans* zeigte das bekannte, zur Abgrenzung von *S. himantioides* geeignete Merkmal von optimalem Wachstum bei etwa 20 °C und Wuchsstopp bei etwa 27 °C. Bei den übrigen Pilzen reichte die Maximaltemperatur von 27,5 bis 32,5 °C. BURDSALL (1991) nannte für *M. incrassata* 24–30 °C als optimal und 34–36 °C als maximal. Die Letaltemperatur für *S. lacrymans* betrug bei 3 Wochen Inkubation 30 °C und lag bei den meisten anderen Pilzen höher. Bei kurzer Einwirkung vertrugen die Mycelien von Hausfäulepilzen deutlich höhere Temperaturen; beispielsweise wurde *S. lacrymans* auf Malzagar erst durch 1 h bei 50–55 °C abgetötet (MIRIĆ & WILLEITNER 1984; SCHMIDT & MORETH 1996); in Holzproben überlebte Hausschwamm-Mycel sogar 4 h bei 65 °C (HUCKFELDT 2003). Zur maximalen und letalen Temperatur von *S. himantioides*, *M. incrassata* und *Leucogyrophana* spp. nannten PALMER & PAYNE (1986) den vorliegenden Daten vergleichbare Werte.

Insgesamt bestätigten die Ergebnisse zu den Wuchsversuchen jedoch die Erfahrung, dass eine sichere Identifizierung anhand des vegetativen Mycels mit konventionellen Methoden schwierig sein kann. Nahe verwandte Arten, wie die verschiedenen Kellerschwämme (SCHMIDT et al. 2002a) und Porenhausschwämme (SCHMIDT & MORETH 2003), ließen sich anhand solcher Merkmale gar nicht unterscheiden; die Unterschiede zwischen den Arten waren zu gering und die Varianz innerhalb einer Art zu groß. Vorliegend betrifft dies besonders die beiden *Leucogyrophana*-Arten, während sich die beiden *Serpula*-Arten durch ihre maximale Wuchstemperatur (Tab. 3) differenzieren lassen. Für die Fruchtkörper zahlreicher Hausfäulepilze befindet sich ein Bestimmungsschlüssel im Internet (HUCKFELDT 2002).

Die molekulare Technik der ITS-Sequenzierung kann jedoch erstens nahezu jede beliebige Pilzprobe identifizieren, sofern die artspezifische Sequenz in einer Datenbank vorliegt, und benötigt zweitens mit PCR, Gelelektrophorese und Sequenzierung relativ wenig Zeit. Unbekannte Pilzproben können nach PCR-Amplifizierung und Sequenzierung über ihre ITS-Sequenz mittels einer BLAST-Suche in wenigen Sekunden entweder identifiziert, oder ihre Verwandtschaft genannt bzw. als unähnlich mit den bisher deponierten Sequenzen ausgewiesen werden. Für phylogenetische Fragestellungen können die ITS-Sequenzen per Internet heruntergeladen und mit denen anderer Pilze verglichen werden („Stammbaum“). Die molekulare Verifizierung kann jedoch auch bei aus Fruchtkörpern isolierten Mycelien angezeigt sein, da auch hierbei Fehlbestimmungen vorkommen.

Danksagung

Die Arbeit wurde dankenswerterweise von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) innerhalb des Projektes "Molekulare Untersuchungen an Hausfäulepilzen zur Charakterisierung und Diagnose" gefördert. Gedankt sei auch Dr. Håvard Kausserud, Universität Oslo, für die phylogenetische Analyse.

Literatur

- BECH-ANDERSEN, J. & S. A. ELBORNE (1999) – The dry rot fungus (*Serpula lacrymans*) in nature and its history of introduction into buildings. *Int. Res. Group Wood Preserv.* **10300**: 1-13.
- BREITENBACH, J. & F. KRÄNZLIN (1986) – Pilze der Schweiz. Bd. 2, Nichtblätterpilze. Luzern.
- BRESINSKY, A., M. JAROSCH, M. FISCHER, I. SCHÖNBERGER & B. WITTMANN-BRESINSKY (1999) – Phylogenetic relationships within *Paxillus* s.l. (Basidiomycetes, Boletales): separation of a Southern hemisphere genus. *Plant Biology* **1**: 327-333.
- BUCHWALD, N. F. (1928) – De danske arter af slægten *Merulius* (Hall.) Fr. med en særlig omtale af gruppen *Coniophori* Fr. *Dansk Bot. Ark.* **5**: 1-46.
- BURDSALL, H. H. (1991) – *Meruliporia* (*Poria*) *incrassata*: occurrence and significance in the United States as a dry rot fungus. In: JENNINGS D.H. & A.F. BRAVERY (Hrsg.) *Serpula lacrymans*: fundamental biology and control strategies. Wiley, Chichester, 189-191.
- FALCK, R. (1912) – Die Meruliusfäule des Bauholzes. *Hausschwammforschungen* **6**: 1-405.
- GERSONDE, M. (1958) – Über die Giftempfindlichkeit verschiedener Stämme von Pilzarten der Gattungen *Coniophora*, *Poria*, *Merulius* und *Lentinus*. III. *Merulius lacrymans* (Wulf.) Fr. und *Merulius silvester* Falck. *Holzforschung* **12**: 167-175.
- GILBERTSON, R.L. & L. RYVARDEN (1987) – North American polypores. Bd. 2. *Fungiflora*, Oslo.
- GINNS, J. (1978) – *Leucogyrophana* (Aphyllorhales): identification of species. *Can. J. Bot.* **56**: 1953-1973.
- GUILLITTE, O. (1992) – Épidémiologie des attaques. In *La mûre et autres champignons nuisibles dans les batiments*. 2. Aufl. *Jardin Botan. Nat., Meise, Belgique*, 34-42.
- HALL, T.A. (1999) – BioEdit: a user-friendly biological sequence alignment editor and analysis program for Windows 95/98/NT. *Nucleic Acids Symposium Series* **41**: 95-98.
- HARMSSEN, L. (1953) – *Merulius tignicola* Harmsen, eine neue Hausschwamm-Art in Dänemark. *Holz Roh-Werkstoff* **11**: 68-69.
- (1960) – Taxonomic and cultural studies on brown-spored species of the genus *Merulius*. *Friesia* **6**: 233-277.
 - (1966) – Verhalten von *Merulius himantioides* gegenüber schutzmittelbehandeltem Holz. *Mittlg. Deutsch. Ges. Holzforsch.* **53**: 23-25.
 - (1978) – Draft of a monographic card for *Serpula himantioides* (Fr.) Karst. *Int. Res. Group Wood Preserv.* **174**: 1-8.
- HUCKFELDT, T. (2002) – Echter Hausschwamm – Informationen zu holzerstörenden Gebäudepilzen. www.bfafh.de/inst4/44/index.htm.
- (2003) – Ökologie und Cytologie des Echten Hausschwammes (*Serpula lacrymans*) und anderer Hausfäulepilze. Dissertation Fachber. Biol. Univ. Hamburg.
- JAROSCH, M. & H. BESL (2001) – *Leucogyrophana*, a polyphyletic genus of the order Boletales (Basidiomycetes). *Plant Biology* **3**: 443-448.
- JENNINGS, D. H. & A. F. BRAVERY (Hrsg.) (1991) – *Serpula lacrymans*: fundamental biology and control strategies. Wiley, Chichester.
- JÜLICH, W. (1984) – Kleine Kryptogamenflora, Bd. IIB/1 Basidiomyceten I. Teil. Stuttgart.
- KLEIST, G. & G. SEEHANN (1999) – Der Eichenporling, *Donkioporia expansa* – ein wenig bekannter Holzzerstörer in Gebäuden. *Z. Mykol.* **65**: 23-32.

- LIESE, J. & J. STAMER (1934) – Vergleichende Versuche über die Zerstörungsaktivität einiger wichtiger holzerstörender Pilze und die hierdurch verursachte Festigkeitsverminderung des Holzes. *Angew. Bot.* **16**: 363-372.
- MIRIĆ, M. & H. WILLEITNER (1984) – Lethal temperatures for some wood-destroying fungi with respect to eradication by heat-treatment. *Int. Res. Group Wood Preserv.* **1229**: 1-8.
- MORETH, U. & O. SCHMIDT (2000) – Identification of indoor rot fungi by taxon-specific priming polymerase chain reaction. *Holzforschung* **54**: 1-8.
- MORRIS, P. I. (1994) – Iron in treated wood reduces the toxicity of arsenic to *Leucogyrophana pinastri*. *Material Organismen* **28**: 47-54.
- PALMER, J. G. & W. E. ESLYN (1980) – Monographic information on *Serpula (Poria) incrassata*. *Int. Res. Group Wood Preserv.* **160**: 1-60.
- PALMER, J. G. & R. G. PAYNE (1986) – The effects of supraoptimal temperatures upon North American brown-rot fungi in pure culture. *Can. J. For. Res.* **16**: 169-176.
- PEGLER, D. N. (1991) – Taxonomy, identification and recognition of *Serpula lacrymans*. In: JENNINGS D. H. & A. F. BRAVERY (Hrsg.) *Serpula lacrymans: fundamental biology and control strategies*. Wiley, Chichester, 1-7.
- RYVARDEN, L. & R. L. GILBERTSON (1993) – European polypores. Bd. 1. Fungiflora, Oslo.
- SCHMIDT, O. (1993) – Der Hausschwamm. Schäden, Biologie und Bekämpfung. *Naturwiss. Rundschau* **46**: 387-390.
- (1994) – Holz- und Baumpilze. Biologie, Schäden, Schutz, Nutzen. Springer, Berlin.
 - (2000) – Molecular methods for the characterization and identification of the dry rot fungus *Serpula lacrymans*. *Holzforschung* **54**: 221-228.
- SCHMIDT, O. & U. MORETH-KEBERNIK (1991) – Old and new facts on the dry rot fungus *Serpula lacrymans*. *Int. Res. Group Wood Preserv.* **1470**: 1-17.
- SCHMIDT, O. & U. MORETH (1996) – Biological characterization of *Poria* indoor brown-rot fungi. *Holzforschung* **50**: 105-110.
- (2002) – Data bank of rDNA-ITS sequences from building-rot fungi for their identification. *Wood Sci. Technol.* **36**: 429-433.
 - (2003) – Molecular identity of species and isolates of internal pore fungi, *Antrodia* spp. and *Oligoporus placenta*. *Holzforschung* **57**: 120-126.
- SCHMIDT, O., K. GRIMM & U. MORETH (2002a) – Molecular identity of species and isolates of the *Coniophora* cellar fungi. *Holzforschung* **56**: 563-571.
- (2002b) – Molekulare und biologische Charakterisierung von *Gloeophyllum*-Arten in Gebäuden. *Z. Mykol.* **68**: 141-152.
- SCHULZ, W. O. & H.-V. BORCK (1971) – Untersuchungen zur Giftempfindlichkeit von *Merulius himantioides* und *Coniophora puteana*. *Mitlg. Deutsch. Gesellsch. Holzforsch.* **57**: 35-43.
- SCHULZE, B. & G. THEDEN (1948) – Zur Kenntnis des Gelbrandigen Hausschwammes *Merulius Pinastri* (Fries) Burt 1917. *Nachrichtenbl. Deutsch. Pflanzenschutzdienst* **2**: 5 S.
- SEEHANN, G. (1986) – Butt rot in conifers caused by *Serpula himantioides* (Fr.) Karst. *Eur. J. For. Path.* **16**: 207-217.
- SEEHANN, G. & B. M. HEGARTY (1988) – A bibliography of the dry rot fungus, *Serpula lacrymans*. *Int. Res. Group Wood Preserv.* **1337**: 1-145.
- SEEHANN, G. & M. v. RIEBESELL (1988) – Zur Variation physiologischer und struktureller Merkmale von Hausfäulepilzen. *Material Organismen* **23**: 241-257.
- SEGMÜLLER, J. & O. WÄLCHLI (1978) – Monographic information on *Serpula (Merulius) lacrymans* (Schum. ex Fr.) S. F. Gray. *Int. Res. Group Wood Preserv.* **137**: 1-19.
- SIEPMANN, R. (1970) – Artdiagnose einiger holzerstörender Hymenomyceten an Hand von Reinkulturen. III. *Nova Hedwigia* **20**: 833-863.
- STALPERS, J. A. (1978) – Identification of wood-inhabiting Aphylophorales in pure culture. *Studies Mycology* **16**: 1-248.

- SWOFFORD D.L. (1999) – PAUP* Version. 4.02b. Phylogenetic analysis using parsimony (*and other methods). Sinauer Associates, Sunderland, Massachusetts.
- WHITE, N.A.P., K. DEHAL, J.M. DUNCAN, N.A. WILLIAMS, J.S. GARTLAND, J.W. PALFREYMAN & D.E.L. COOKE (2001) – Molecular analysis of intraspecific variation between building and 'wild' isolates of *Serpula lacrymans* and their relatedness to *S. himantioides*. *Mycol. Res.* **105**: 447-452.
- WHITE, T.J., T. BRUNS, S. LEE & J. TAYLOR (1990) – Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics. In: INNIS M.A., GELFAND D.H., SNINISKY J.J., WHITE T.J. (Hrsg.) *PCR Protocols*. Academic Press, San Diego, 315-322.

Eingereicht am 17.7.2003



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: 2003

Band/Volume: [69_2003](#)

Autor(en)/Author(s): Schmidt Olaf

Artikel/Article: [Molekulare und physiologische Charakterisierung von Hausschwamm-Arten 287-298](#)