

Einführung in die heimischen Brandpilze

MEIKE PIEPENBRING

PIEPENBRING, M. (2008): Introduction to smut fungi in Germany. *Z. Mykol.* 74(1): 99-110

Key words: *Anthracoidea, Entyloma, Microbotryum, Tilletia, Urocystis, Ustilago*

Summary: Smut fungi are the second most important group of plant parasitic fungi among Basidiomycota. They develop mostly powdery, dark masses of teliospores in flowers, inflorescences, leaves or other parts of plants. Approximately 1.450 species of smut fungi are classified in more than 70 genera, which are based on characteristics of sori, teliospores, and relationship of the host plants. In the following, important genera and species of smut fungi are presented, so the reader will be able to recognize smut fungi in the field in future. The system of smut fungi has been subjected to mayor changes recently. Especially molecular data showed that some smut fungi belong to the rust relationship, while other fungi of the Basidiomycota without teliospores, like the plant parasitic Exobasidiales, belong to the smut relationship. Even human parasitic yeasts of the Malasseziales are smut fungi in a broad sense.

Zusammenfassung: Brandpilze sind nach den Rostpilzen die zweitwichtigste Gruppe pflanzenparasitischer Pilze unter den Basidiomycota. Sie bilden meist staubige, dunkel gefärbte Massen von Brandsporen in Blüten, Blütenständen, Blättern oder anderen Pflanzenteilen. Ungefähr 1.450 verschiedene Brandpilzarten werden in über 70 Gattungen klassifiziert, die sich durch verschiedene Strukturen im Bereich der Sporenlager, Brandsporenmerkmale und Wirtsverwandtschaften unterscheiden. Im Folgenden werden wichtige Gattungen und Arten der Brandpilze im Detail vorgestellt, so dass der Leser in der Zukunft Brandpilze im Gelände erkennen kann. Das System der Brandpilze hat sich in den letzten Jahren stark verändert. Insbesondere molekulare Daten zeigen einerseits, dass manche Brandpilze eigentlich zu den Rostpilzen zählen, andererseits haben wir gelernt, dass manche Basidiomyceten ohne Brandsporen, wie z.B. die pflanzenparasitischen Exobasidiales, Brandpilzverwandte sind. Sogar die humanparasitischen Hefen der Malasseziales sind Brandpilze im weiteren Sinne!

Einleitung

In allen größeren Pilzverwandtschaften haben einzelne Arten im Verlauf der Evolution lebende Pflanzen als Nährstofflieferanten entdeckt und erschlossen. Einige Pilze haben dabei gelernt, die Pflanzen für ihre Hilfe zu entschädigen, wie z.B. die Mykorrhizapilze. Andere Pilze liefern der Pflanze keine Gegenleistung, sind also Parasiten. Die Pflanzen versuchen, sich gegen die Eindringlinge zu wehren, indem sie die Pilze mechanisch, z.B. durch dicke Zellwände, oder physiologisch zurückweisen. Vielen Pilzen gelang es jedoch, diese Abwehrmechanismen zu überwinden. So haben sich

insbesondere diejenigen Pflanzenparasiten, die mit lebenden Pflanzenzellen interagieren, an bestimmte Wirtspflanzen angepasst und können nur bestimmte Pflanzenarten befallen. Für die Bestimmung pflanzenparasitischer Pilze ist es daher unverzichtbar, die Wirtspflanze zu kennen.

Pflanzenparasitische Pilze sind aufgrund ihrer meist geringen Größe und teilweise nur sehr sporadischem Auftreten an bestimmten Pflanzen insgesamt deutlich schlechter bekannt als andere Pilze. Nur wenn die Pflanzenparasiten an Nutzpflanzen des Menschen wirtschaftlich relevante Schäden anrichten, sei es im Forst oder auf den Feldern, werden sie gezielt untersucht und bekämpft. In ihrer natürlichen Umgebung haben die Parasiten jedoch gelernt, mit ihren Pflanzen zusammen zu überleben. Viele sind nur selten anzutreffen und wenig aggressiv, so dass sie den „Ast, auf dem sie sitzen, nicht absägen“. Dadurch, dass Parasiten dominante, häufige Pflanzenarten verhältnismäßig stärker und häufiger befallen als seltene Pflanzenarten, leisten sie sogar einen Beitrag zum Erhalt und Entwicklung der pflanzlichen Artenvielfalt.

Dem interessierten Forscher bieten pflanzenparasitische Mikropilze einen spannenden Einblick in strukturell und ökologisch vielfältige Organismengruppen. Man schätzt, dass ein Drittel der insgesamt vorhandenen Pilzarten als Pflanzenparasiten leben (SHIVAS & HYDE 1997).

Unter den Basidiomycota stellen die Brandpilze mit ca. 1.450 Arten in über 70 Gattungen die zweitgrößte Gruppe pflanzenparasitischer Pilze (VÁNKY 2002). Die größte sind die Rostpilze mit ca. 7.000 Arten. Neben einer Reihe pflanzenparasitischer Großpilze, wie z.B. Porlingen und Halimasch, findet man unter den Basidiomycota zudem Exobasidiales, Graphiiales und weitere kleine Gruppen pflanzenparasitischer Mikropilze.

In der Vergangenheit teilte man die Brandpilze auf in die Ustilaginales und Tilletiales oder bezeichnete sie insgesamt als Ustilaginales im weiten Sinne. Heute besteht die Gruppe der Brandpilze aus mehreren mehr oder weniger nah mit einander verwandten Ordnungen.

Ein typischer Brandpilz lebt mit Hyphen in der Wirtspflanze, ernährt sich von ihr und bildet schließlich in ihr seine Brandsporen, die als umfangreiche, staubige Masse hervorbrechen (Abb. 1). Viele Brandpilze nutzen die Nährstoffe, die die Pflanze eigentlich für die Entwicklung ihrer Früchte bereitstellt, und entwickeln ihre Sporen in den Blüten oder Früchten der Pflanze. Andere Brandpilze nutzen für ihre Sporenbildung ganze Blütenstände, Blätter oder Triebe. Die Sporenlager einzelner Brandpilzarten findet man sogar an unterirdischen Pflanzenteilen. Daher kann man Brandpilze also im Prinzip an sämtlichen Organen sämtlicher Pflanzen suchen. In der Praxis ist eine solche Strategie jedoch sehr frustrierend. Erfolgsorientierte Sammler konzentrieren sich daher auf die Pflanzenfamilien, von denen besonders viele Brandpilze bekannt sind, wie Süßgräser, Sauergräser und Korbblütler, und suchen an bestimmten Pflanzenorganen Brandarten bekannter Gattungen.

Die staubigen Brandsporen werden durch den Wind in alle Richtungen verstreut. Dabei liefern warzige, netzförmige oder anders strukturierte Ornamente der Sporenwände dem Wind eine gute Angriffsfläche, vergleichbar mit der Ornamentik von Pollenkörnern. Die Sporenwände sind dick und dunkel gefärbt, damit der Sporenhalt die mehr oder weniger weite Reise gut übersteht. Wenn die Brandsporen auf feuchten Boden oder, besser noch, auf eine neue Wirtspflanze gefallen sind, keimen sie aus. Dabei bricht die Sporenwand auf und Pilzzellen wachsen heraus. Der Kern der Brandsporenzelle enthält zuerst einen doppelten Satz von Chromosomen (Erbmaterialträgern) und ist damit diploid. Während der Keimung teilt er sich meiotisch (Reifeteilung), das bedeutet, dass aus dem einen diploiden Kern vier Tochterkerne entstehen, die jeweils nur einen Satz von Chromosomen enthalten und damit haploid sind. Solche tief greifenden Veränderungen der Kerne beobachtet man bei Ascomycota bei der Entwicklung der Asci, bei Basidiomycota bei der Entwicklung der Basidien. Asci verpacken die haploiden Kerne in Ascosporen innerhalb der Ascuszelle, Basidien bilden haploide Basidiosporen an ihrer Oberfläche. Die Brandpilze bilden bei der Brand-

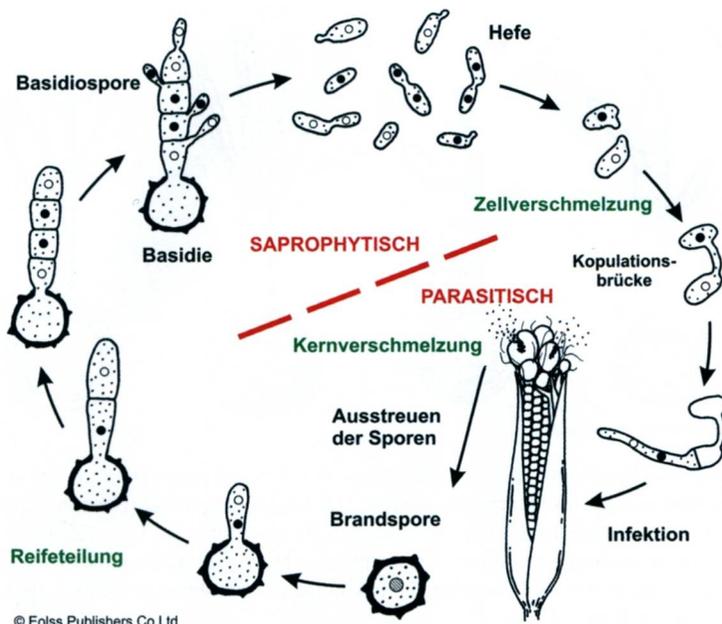


Abb. 1: Der Entwicklungsgang des Maisbeulenbrandpilzes (*Ustilago maydis* (DC.) Corda) auf Mais (*Zea mays* L.). Ereignisse, die den Kern- und Zellkreislauf betreffen, sind grün geschrieben, Angaben zur Lebensweise rot.

sporeneimung Basidien. Diese sind Holo- oder Phragmobasidien, d.h. die Struktur, die die Basidiosporen trägt, ist entweder eine einzige Zelle mit Basidiosporen an ihrer Spitze (Holobasidie) oder sie ist in mehrere (meist vier) Zellen geteilt, von der jede jeweils erst einmal seitlich bzw. an der Spitze eine Basidiospore ausbildet (Phragmobasidie) (Abb. 2).

Wenn die Phragmobasidien in ihrer Umgebung Nährstoffe finden, können ihre Zellen mehrere Basidiosporen bilden. Das ist nur möglich, weil der Kern, der aus der Meiose hervorgeht, nicht direkt in die Basidiospore wandert, sondern sich vorher noch einmal teilt. Ein Kern bleibt in der Basidie zurück und kann sich wiederholt teilen, um immer mehr Sporen zu bilden. Im Prinzip verhält sich die basidiale Zelle dabei so wie eine Hefezelle, die wiederholt Tochterzellen bildet. In der Tat sind die Sporen solcher Basidien Keimzellen für Hefekolonien, die man im Labor auf Nährböden vermehren kann. Auch die Basidiosporen mancher Holobasidien wachsen aus zu Hyphen und Sporen, einem saprophytischen, d.h. von Wirtspflanzen unabhängigen Lebensabschnitt. Durch diese saprophytische Entwicklungsphase unterscheiden sich Brandpilze deutlich von Rostpilzen, deren basidiale Zellen sich mit der Bildung jeweils einer Basidiospore entleeren und deren Basidiosporen sich nicht durch Hyphen oder Hefen vermehren können.

Falls also eine Brandspore nicht direkt auf eine geeignete Wirtspflanze gefallen ist, hat der Brandpilz als saprophytisches Gewächs noch eine weitere Chance, sich zu vermehren, auszubreiten und doch noch eine Pflanze für die Infektion zu finden. Damit ist jedoch noch immer keine erfolgreiche Infektion garantiert! Bevor der Brandpilz in seine Wirtspflanze eindringen kann, muss er nämlich mit einer geeigneten Zelle eines anderen Individuums seiner Art verschmelzen, kopulieren. Nur eine Zelle mit zwei kompatiblen Kernen, also eine dikaryotische Zelle, ist in der

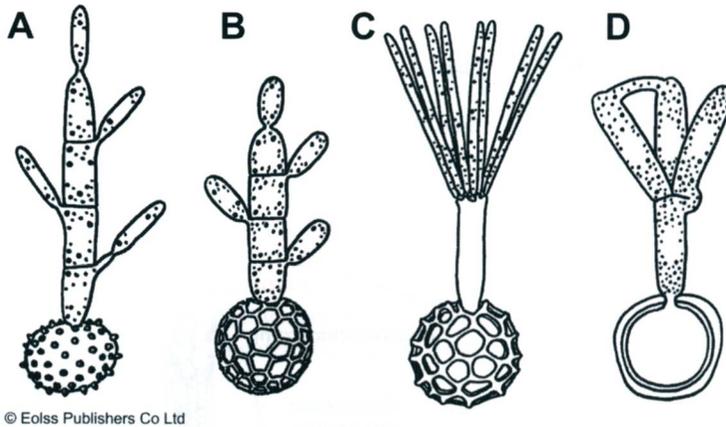


Abb. 2: Verschiedene Basidientypen von Brandpilzen. **A.** Phragmobasidie von *Ustilago* sp. mit Basidiosporen auf mehr oder weniger deutlichen, Basidiosporen tragenden Auswüchsen (Sterigmen). **B.** Eine *Microbotryum*-Basidie ist eine Phragmobasidie mit sitzenden Basidiosporen. **C.** Eine *Tilletia*-Basidie ist eine Holobasidie mit fadenförmigen Basidiosporen an ihrer Spitze. **D.** Wenige, in diesem Falle drei Basidiosporen sitzen auf der Holobasidie von *Entyloma*-Arten und kopulieren untereinander durch Kopulationsbrücken bzw. mit der basidialen Zelle.

Lage, die Wände der Wirtszellen zu durchbrechen und die physiologischen Abwehrmechanismen der Pflanze zu überwinden. Ist das geschafft, wächst der Brandpilz als Hyphe zwischen oder in den Wirtszellen durch das Pflanzengewebe, nimmt über seine Hyphen oder spezielle Auswüchse (Haustorien) Nährstoffe auf und sieht zu, dass er den Ort in der Pflanze erreicht, an dem er seine Brandsporen bilden kann. Orte der Brandsporenbildung, auch Sori genannt, können spezielle Hüllstrukturen (Peridien) aufweisen oder zentrale Säulen (Columellae). Wenn die Hyphenzellen zu Brandsporen heranwachsen, verschmelzen die beiden Kerne miteinander, womit der Entwicklungsgang wieder von vorn beginnt.

Methoden zum Sammeln, Konservieren und Untersuchen von Brandpilzen

Während die Hefephase von Brandpilzen in der freien Natur bisher nur sehr selten entdeckt worden ist, lassen sich Brandpilze während ihrer parasitischen Entwicklungsphase durch die Masse der stäubigen Brandsporen erkennen. Verwechslungsgefahr besteht im Gelände durch Rostpilze, die in der Regel weniger zahlreiche Sporen in ihren Sori bilden, deren Sporen in der Regel größer sind und nach der Keimung keine Hefephase ausbilden. Zudem gibt es asexuell sich vermehrende Pilze (Imperfekte Pilze), die als „Falsche Brandpilze“ bezeichnet werden, weil sie zum Verwechseln ähnliche Sporenlager an Pflanzen bilden. Die betroffenen Pflanzenorgane sind in diesem Fall jedoch in der Regel vorgeschädigt oder alt, d.h. diese Imperfekten Pilze sind tendenziell Schwächeparasiten. Der entscheidende Unterschied besteht jedoch darin, dass die Sporen (Konidien) der Imperfekten Pilze ohne Veränderung der Kernphase mit Hyphen und nicht mit Basidien auswachsen.

Für die Artbestimmung der Brandpilze brauchen wir die Identität der Wirtspflanze und Informationen zur Position des Sporenlagers, zu besonderen Strukturen der Sori sowie zum zellulären Aufbau, Form, Größe und Ornamentierung der Brandsporen. Diese Merkmale bleiben auch an trockenem Material gut erkennbar, so dass man Brandpilze zusammen mit ihren Wirts-

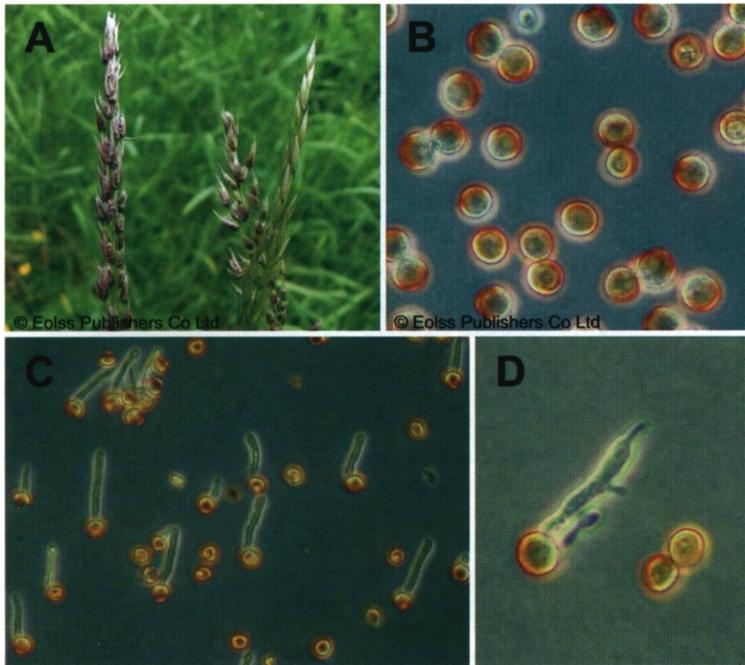


Abb. 3: *Ustilago avenae* (Pers.) Rostr. auf dem Glatthafer (*Arrhenatherum elatius* (L.) Beauv., Süßgras). **A.** Zwei Rispen, deren Ährchen durch die Bildung der Brandsporenmasse zerstört worden sind, und eine gesunde Rispe rechts im Bild. **B.** Brandsporen von ca. 6–9 µm Durchmesser im Lichtmikroskop. Die Brandsporenwand ist auf der einen Seite heller als auf der anderen. **C.** Brandsporen mit jungen Basidien nach einem Tag auf Wasseragar. **D.** Brandspore mit Basidie und Basidiosporen nach 1,5 Tagen auf Wasseragar.

pflanzen sammeln, in einer Presse trocknen und auf Herbarbögen oder in Papiertaschen archivieren kann. Für die private Sammlung stecke ich die trockenen Pflanzen mit Brandpilzen und gesunde Wirtspflanzen für die Wirtsbestimmung zusammen mit ihren Etiketten sowie weißen Pappbögen zur Stabilisierung in DIN A 4 Klarsichthüllen, die man in Aktenordnern sortieren und schnell konsultieren kann. Für öffentliche Sammlungen sollten die Belege jedoch in Papiertaschen gelegt werden.

Um Basidien zu beobachten (Abb. 3C-D), streut man die Brandsporen auf eine dünne Schicht 1 %igen Wasseragar in einer kleinen Petrischale. Die Brandsporen kann man direkt auf dem Agar mit dem Lichtmikroskop beobachten, indem man die umgedrehte Petrischale unter das Objektiv legt. Wenn die Sporen gekeimt haben, wird ein Stück Agar mit Sporen herausgeschnitten, auf einen Objektträger gelegt, und mit einem Deckgläschen bedeckt. So sind die Basidien mit stärkeren Vergrößerungen lichtmikroskopisch sichtbar. Ausgehend von gekeimten Brandsporen besteht zudem die Möglichkeit, auf nährstoffreichen Medien den Brandpilz als Hefe zu kultivieren.

Mit dem Rasterelektronenmikroskop werden die oft sehr feinen Ornamente der Brandsporen sichtbar. Dafür werden trockene Brandsporen auf kleine, doppelt klebende Streifen gestreut und von einer Goldschicht bedeckt, die dann von dem Elektronenstrahl des Rasterelektronenmikroskops abgetastet wird.



Abb. 4: Der Maisbeulenbrand (*Ustilago maydis*) auf Mais (*Zea mays*, Süßgras). **A.** Ein altes Sporenlager, aus dem die Brandsporen heraustreten. In diesem Zustand ist die Brandgalle nicht mehr zum Verzehr geeignet. **B.** Junge Brandgallen können als Gemüse gegessen oder auch zu Konserven verarbeitet werden. Diese Konserven stammen aus Mexiko und enthalten „Cuitlacoche“, auf Aztekisch „Rabenschitt“.

Vorstellung von in Deutschland wichtigen Gattungen der Brandpilze

Arten der im Folgenden besprochenen Gattungen machen einen großen Teil der Brandpilzdiversität Deutschlands aus, die von SCHOLZ & SCHOLZ (1988) zusammenfassend dargestellt worden ist. Sie zitieren 228 Brandpilzarten für Gesamtdeutschland. Für die Bestimmung von Brandpilzen Deutschlands eignet sich zudem das Buch zu europäischen Brandpilzen (VÁNKY 1994).

Die weltweit und auch in Deutschland artenreichste Gattung der Brandpilze ist *Ustilago* (Abb. 3). Arten aus dem Verwandtschaftskreis der Typusart *Ustilago hordei* (Pers.) Lagerh. befallen unsere heimischen Getreidegräser Roggen, Weizen, Gerste und Hafer sowie nahe verwandte Wildarten wie den Glatthafer. Durch die Entwicklung der Brandsporen werden Blütenstände vollständig zerstört, der Fruchtsatz wird verhindert. Daher werden diese Pilze an Getreidegräsern bekämpft, wobei sie heute in Deutschland durch resistente Wirtsrassen und sauberes Saatgut in der Regel jedoch keine Gefahr mehr darstellen. Neben Blütenständen können auch einzelne Blüten, Fruchtknoten oder Blätter als Sporenbildungsort von *Ustilago*-Arten dienen. Die Blätter von Süßgräsern sind von festen, parallel verlaufenden Leitungsbahnen durchzogen. Sporenmassen der so genannten Streifenbrände entwickeln sich in dem weichen Gewebe zwischen diesen Blattnerven, wodurch das Blatt letztlich zerreißt und die Blätter in Längsrichtung geschreddert werden. Die Sporen von *Ustilago*-Arten sind einzellig, vergleichsweise klein, meist warzig ornamentiert und keimen mit mehr oder weniger regelmäßig septierten Phragmobasidien. Arten der Gattung *Ustilago* sind somit charakterisiert durch einfache Brandsporen in Sori ohne besondere Strukturen (ohne Peridie, ohne Columella). Ihre Wirtspflanzen sind, wie man inzwischen weiß, ausschließlich Süßgräser, wobei die Arten aus dem Verwandtschaftskreis der Typusart sich auf Gräser der Unterfamilie Pooideae konzentrieren, die besonders in Breiten mit kühlem Klima wachsen.

Der auffälligste und bekannteste Brandpilz in Deutschland ist der **Maisbeulenbrand** (Abb. 4) auf Mais (*Zea mays*, Süßgras). Der Brandpilz verursacht durch die Bildung von Hormonen ein über das normale Maß verstärktes Wachstum des Wirtsgewebes (Gallen), insbesondere von Fruchtknoten am Maiskolben, aber auch an Blättern. Aufgrund der einfachen Sporen steht der Erreger des Maisbeulenbrandes, *Ustilago maydis*, in der Gattung *Ustilago*. Die Gewebehülle der Gallen kann man jedoch als Peridie bezeichnen und junge Sporenlager sind von weißen Gewebefäden

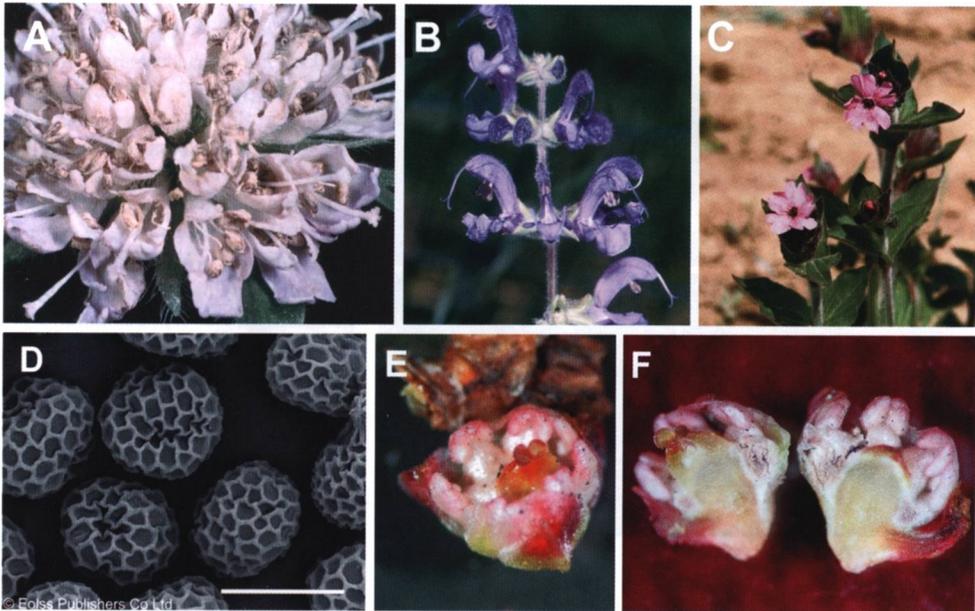
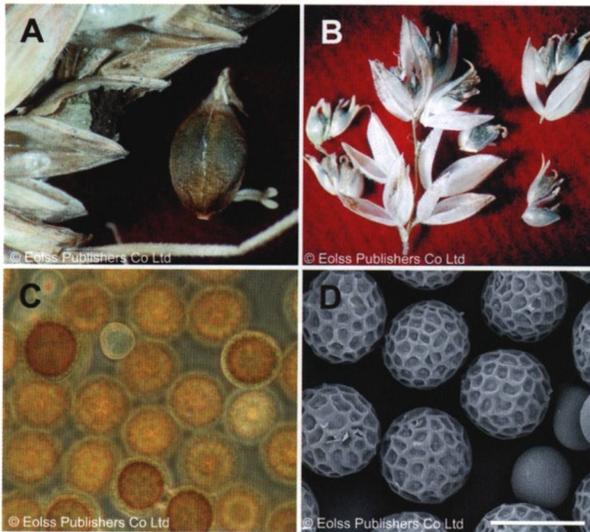


Abb. 5: A-C. Verschiedene *Microbotryum*-Arten verursachen Antherenbrände. Sie bilden ihre Brandsporen dort, wo eigentlich die Pollenkörner heranwachsen sollen. **A.** *M. scabiosae* (Sowerby) G. Deml & Prillinger auf der Acker-Witwenblume (*Knautia arvensis* (L.) Coulter, Kardengewächs). **B.** *M. betonicae* (Beck) R. Bauer & Oberw. auf dem Wiesen-Salbei (*Salvia pratensis* L., Lippenblütler). **C.** *M. violaceum* (Pers.) G. Deml & Oberw. auf der Roten Lichtnelke (*Silene dioica* (L.) Clairv., Nelkengewächs). **D.** Brandsporen von *M. silenes-inflatae* (DC. ex Liro) G. Deml & Oberw. mit dem Rasterelektronenmikroskop gesehen. Maßstab = 5 µm. **E.-F.** *M. anomalum* (J. Kunze ex G. Winter) Vánky in Blüten des Windenknöterichs (*Fallopia* sp., Knöterichgewächs). Im Zusammenhang mit der Brandsporenbildung schwellen die Staubfäden an, bis sie schließlich platzen und die Sporenmasse freisetzen.

(Columellae) durchzogen. Diese Merkmale, molekulare Sequenzdaten und die systematische Stellung des Mais innerhalb der Süßgräser, nämlich in der eher in wärmeren Regionen wachsenden Unterfamilie der Panicoideae, zeigen, dass *U. maydis* nahe verwandt ist mit *Sporisorium*-Arten, die sich durch eben solche Merkmale auszeichnen. Somit liegen zahlreiche Argumente vor, um den Namen *Ustilago maydis* nach *Sporisorium* zu kombinieren. Da dieser Schritt jedoch größere nomenklatorische Probleme verursacht (der Name *Sporisorium maydis* ist nämlich schon besetzt) und Phytopathologen wenig bereit sind, einmal etablierte Namen neueren systematischen Erkenntnissen anzupassen, ist dieser Schritt bisher nicht vollzogen worden (PIEPENBRING et al. 2002).

Da *Ustilago*-Arten, wie wir seit kurzem wissen, nur Süßgräser befallen (BAUER et al. 2001), mussten viele *Ustilago*-Arten auf anderen Wirtsfamilien in andere Gattungen umkombiniert werden. Die Gattung *Microbotryum* (Abb. 5) wurde ursprünglich für eine kleine Gruppe von Brandpilzen geschaffen, die ihre oft netzförmig ornamentierten, einfachen Sporen in Staubbeutel von Nelkengewächsen bilden. Zahlreiche *Ustilago*-Arten auf anderen zweikeimblättrigen Wirtsfamilien wie den Korbblütlern und Knöterichgewächsen wurden im Zusammenhang mit der Reduzierung von *Ustilago* auf Süßgräser nach *Microbotryum* umkombiniert. So umfasst diese Gattung heute Brandpilze auf verschiedenen zweikeimblättrigen Familien mit Sporen in Antheren, anderen

**Abb. 6:**

A. *Tilletia caries* (DC.) Tul. & C. Tul. auf Weizen (*Triticum aestivum* L., Süßgras). Brandsporen ersetzen den Mehlkörper der Getreidekörner.

B. *Tilletia holci* (Westend.) J. Schröter in sämtlichen Fruchtknoten des Wolligen Honiggrases (*Holcus lanatus* L., Süßgras).

C. Brandsporen von *T. holci* mit dem Lichtmikroskop gesehen.

D. Brandsporen und einzelne kleinere, sterile Zellen von *T. holci* mit dem Transmissionselektronenmikroskop gesehen. Maßstab = 20 µm.

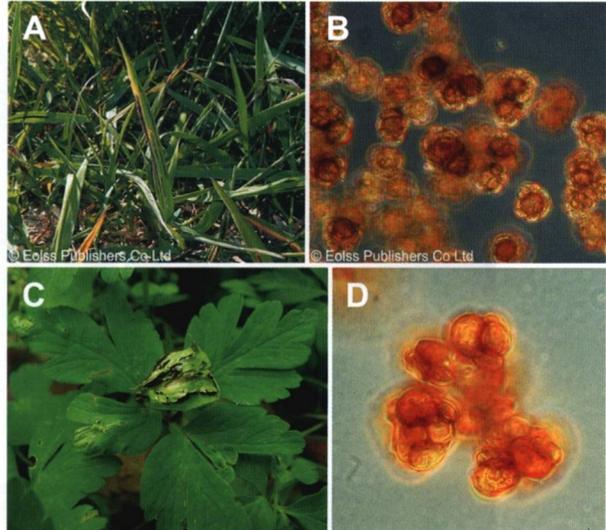
Blütenorganen oder auch an Blättern. Als weiteres verbindendes Merkmal für *Microbotryum*-Arten kann man eine violette oder andersfarbige (nicht braune oder schwarze) Färbung der Sporenmassen nennen.

Neben *Ustilago*-Arten bilden auch *Tilletia*-Arten einfache Sporen in staubigen Massen auf Süßgräsern (Abb. 6). Die Sporen der *Tilletia*-Arten sind in der Regel größer als die von *Ustilago*-Arten und keimen mit Holobasidien. Diese Basidien sind jedoch nicht leicht zu beobachten, da die Sporen ähnlich wie manche Getreidekörner erst einmal überwintern müssen, bevor sie keimen. Manche *Tilletia*-Arten zerstören die Fruchtknoten von Getreidegräsern, und zwar meist gleich alle innerhalb einer Getreidepflanze. So können sie wirtschaftlich bedeutsame Schäden verursachen. Durch den Einsatz von Fungiziden und sauberem Saatgut (Beize) wurde der Befall deutlich reduziert, bis zur Freude der Brandpilze im Zusammenhang mit dem biologischen Landbau der Einsatz von Fungiziden reduziert wurde. Heute stellt daher z.B. *Tilletia contraversa* J.G. Kühn erneut ein Problem beim Anbau von Dinkel dar.

Die meisten *Tilletia*-Arten entwickeln ihre Sporen in den Fruchtknoten von Süßgräsern. Manche *Tilletia*-Brandsporen können jedoch auch in Blättern heranreifen, wobei sie makroskopisch nicht von Streifenbränden der Gattung *Ustilago* unterscheidbar sind. *T. sterilis* Ule ist allerdings durch einen unangenehmen Geruch nach altem Fisch erkennbar, andere durch relativ große Brandsporen im mikroskopischen Präparat. *Urocystis*-Arten (Abb. 7), die ebenfalls Streifenbrand-Schadbilder verursachen können, erkennt man aufgrund von Sporenbällen aus wenigen dunkel gefärbten, glatten Brandsporen umgeben von hyalinen, glatten sterilen Zellen. Letztere dienen vermutlich einem besseren Flug, vergleichbar mit den Luftsäcken von Nacktsamer-Pollen. Wirtspflanzen von *Urocystis*-Arten sind neben Süßgräsern Arten vieler anderer Pflanzenfamilien.

Süßgräser mit Streifenbrand bilden meist keine Blütenstände. Die Bestimmung durch Streifenbrand befallener Pflanzen stellt so eine interessante Herausforderung dar, ist jedoch durch den Vergleich von Merkmalen (Ligula, Blattnervatur u.a.) der Blätter infizierter und gesunder Gräser in der näheren Umgebung in der Regel erfolgreich.

Abb. 7: *Urocystis*-Arten. **A.** *Ur. ulei* Magnus verursacht einen Streifenbrand an Blättern des Wiesen-Schwingels (*Festuca pratensis* Huds., Süßgras). Pflanzen mit Brandbefall blühen nicht. **B.** Braune, lebende Zellen von *Ur. ulei* bilden Ballen von ca. 25–40 µm Durchmesser zusammen mit hyalinen, toten Zellen, wie man hier mit dem Lichtmikroskop sehen kann. **C.** Sporenlager mit Gallbildungen hervorgerufen von *Ur. anemones* (Pers.) G. Winter auf Blättern des Buschwindröschens (*Anemone nemorosa* L., Hahnenfußgewächs). **D.** Ballen von ca. 15–35 µm Durchmesser aus lebenden braunen und hyalinen toten Zellen von *Ur. anemones* mit dem Lichtmikroskop gesehen.



Sauergräser (Cyperaceae) sind bei Brandpilzen beliebte Wirtspflanzen, in unseren Breiten insbesondere für *Anthracoidea*-Arten, die sich auf Seggen (*Carex*-Arten) spezialisiert haben (Abb. 8). Sporenmassen dieser Brandpilze sind tief schwarz gefärbt und bilden kugelförmige Lager um einzelne Fruchtknoten der Seggen herum. Die Brandsporen sind einfach und keimen meist nach Überwinterung mit zweizelligen Basidien.

Entyloma-Arten erkennt man auf den ersten Blick nicht als Brandpilze (Abb. 9). Ihre Sporen sind hyalin und bleiben zeitlebens eingebettet in Blattgewebe. Daher ist verständlich, dass sie in der Vergangenheit zu den *Protomyces*-Arten (Ascomycota) gestellt wurden, die vergleichbare Sporen in Blättern anlegen. Wenn man jedoch die Sporen von *Entyloma*-Arten keimen läßt, entdeckt man anstelle der Asci, die aus *Protomyces*-Sporen entspringen, Basidien (Abb. 2D).

Um *Entyloma*-Arten in der Natur zu finden, muss man auf Blattverfärbungen achten, die durch die Sporen im Blattgewebe verursacht werden. Leider gibt es jedoch viele verschiedene Ursachen für Blattflecken, wie z.B. Fraß, Hagelkörner, saugende Insekten oder Milben, andere Pilze, Nährstoffmangel, Viren oder Alterung der Blätter. Um *Entyloma*-Arten als solche zu entdecken, sollte man sich zuerst auf Blätter der bevorzugten Wirtsfamilien konzentrieren, d.h. auf Asteraceae. Die Flecken sollten oberseits gelblich bis braun, unterseits weißlich und bei Durchsicht gegen Licht (Sonne) dunkler sein, als das umgebende Blattgewebe. Der letzte Aspekt ist besonders wichtig und beruht auf der Tatsache, dass *Entyloma*-Sporen dicht gepackt zwischen den Blattzellen liegen. Letzte Gewissheit kann jedoch nur die lichtmikroskopische Untersuchung eines Quetschpräparats liefern, in dem einfache, hyaline Sporen mit zweischichtigen Wänden zu sehen sein sollten (Abb. 9B).

Systematik der Brandpilze

Das derzeit gültige System der Brandpilze basiert auf ultrastrukturellen Beobachtungen und molekularen Daten (BAUER et al. 2001 und darin zitierte Arbeiten). In ihm stehen die Gattungen *Ustilago*, *Sporisorium* und *Anthracoidea* in den Ustilaginales, *Entyloma* in den Entylomatales, *Micro-*



Abb. 8: Kohlenbeeren (*Anthracoidia* spp.) in einzelnen Ährchen von Seggen (*Carex* spp., Sauergras). **A.** *A. arenariae* (Syd.) Nannf. auf der Sand-Segge (*C. arenaria* L.). **B.** *A. sempervirentis* Vánky auf der Rostroten Segge (*C. ferruginea* Scop.).

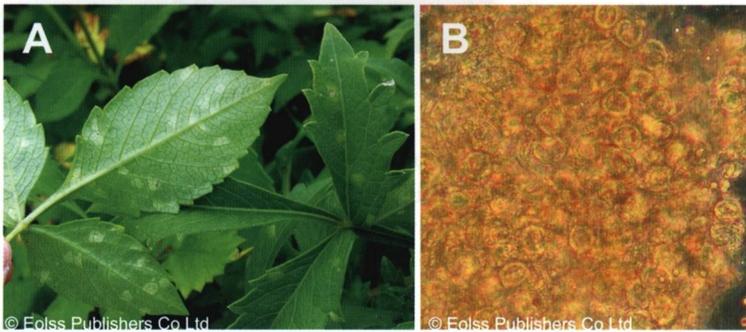


Abb. 9: *Entyloma*-Arten. **A.** Flecken auf Blättern einer Dahlie (*Dahlia* sp., Korbblütler) verursacht durch *E. dahliae* Syd. & P. Syd. **B.** In einem Quetschpräparat eines Blattfleckens sieht man mit dem Lichtmikroskop neben zerbrochenen Wirtszellen die hyalinen Sporen des Brandpilzes (ca. 11–23 µm Durchmesser), in diesem Fall von *E. microsporium* (Unger) J. Schröt.

botryum in den Microbotryales, *Urocystis* in den Urocystales. Diese Ordnungen der Brandpilze stehen gemeinsam mit einigen anderen Ordnungen in der Brandpilzverwandtschaft (Ustilaginomycotina), mit einer Ausnahme, den Microbotryales, die zur Rostpilzverwandtschaft gehören (Urediniomycotina). Offensichtlich haben Pilze im Verlauf der Evolution mehrfach die Brandpilzlebensweise entwickelt.

Neben typischen Brandpilzen gehören auch andere Gruppen der Basidiomycota, die in der Vergangenheit aufgrund fehlender Brandsporen nicht zu den Brandpilzen gezählt wurden, zu den Ustilaginomycotina, z.B. mehrere Familien der Exobasidiales (Abb. 10). Arten der Exobasidiaceae bilden an Blättern und anderen Teilen von Heidekrautgewächsen in der Regel an Gallen oberflächlich Schichten von Basidien. Die Basidiosporenträger (Sterigmen) dieser Pilze sind, wie oft unter Basidiomycota, gebogen, aber genau in die andere Richtung (nach innen) als normalerweise. Arten der Graphioloaceae, d.h. *Graphiola*-Arten, bilden Ketten von Basidien zwischen sterilen Fäden (Elateren) in kleinen schwarzen Töpfchen an Blättern von Palmen.

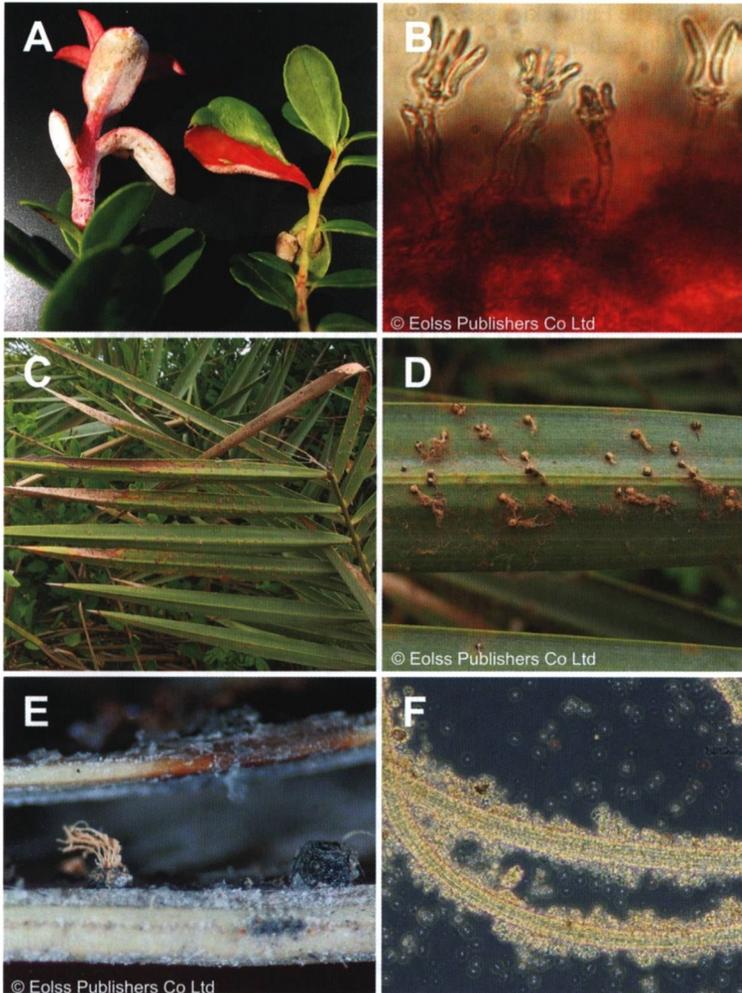


Abb. 10: Vertreter der Exobasidiales. **A.** *Exobasidium* cf. *juelianum* Nannf. auf Blättern der Preiselbeere (*Vaccinium vitis-idaea* L., Heidekrautgewächs; Bild von J. Gossmann). **B.** Basidien mit nach innen gebogenen Basidiosporen von *E.* cf. *juelianum*, gesehen mit einem Lichtmikroskop (Bild von J. Gossmann). **C-F.** *Graphiola phoenicis* (Moug.) Poit. auf Blättern einer Kanarenpalme (*Phoenix canariensis* Hort. ex Chabaud). **E.** Der Pilz bildet auf der Oberfläche der Blätter kleine schwarze Töpfchen, aus denen Büschel von Fäden herausragen (mit dem Stereomikroskop gesehen). **F.** Zwischen den Fäden liegen Ketten von Basidien (hier nicht sichtbar), die Basidiosporen bilden (Aufnahme mit dem Lichtmikroskop).

Im Rahmen der Untersuchungen zu Ustilaginomycotina wurden diverse, bisher nur als Hefen bekannte und damit schwer klassifizierbare Pilze Brandpilzverwandtschaften zugeordnet (BEGEROW et al. 2000). Sogar humanpathogene Arten der Gattung *Malassezia* sind Brandpilze im weiteren Sinne.

Offensichtlich ist die Entwicklungsgeschichte der Brandpilze geprägt von zahlreichen ökologischen und morphologischen Umwälzungen, die zu der heute zu beobachtenden Vielfalt geführt haben. Wir können davon ausgehen, dass diese Pilze weiterhin bereit sind, sich an wechselnde Umweltbedingungen anzupassen und ihre diversen Funktionen im Zusammenspiel der Arten wahrzunehmen.

Ausblick

Brandpilze werden vom Menschen normalerweise übersehen, von Phytopathologen bekämpft und von Botanikern gemieden, da sie für die Bestimmung wesentliche Pflanzenorgane zerstören, untypisches Wachstum bewirken können oder einfach nur dazu führen, dass die Pflanze nicht so schön aussieht. Doch auch diese Pilze sollten wir respektieren, denn sie sind notwendig für das Funktionieren natürlicher Ökosysteme und leisten neben vielen anderen pflanzenparasitischen Mikropilzen einen großen Beitrag zur biologischen Vielfalt. Bei der Erstellung von Pilzartenlisten sollten sie daher unbedingt berücksichtigt werden, wobei Sie als Pilzliebhaber herzlich eingeladen sind, durch entsprechende Belege wertvolle Beiträge zu leisten!

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich F. Oberwinkler, K. Vánky und R. Bauer danken, deren Begeisterung für Brandpilze sich auf mich übertrug und die meine Arbeit zu diesen Organismen viele Jahre lang unterstützt haben. D. Begerow und M. Stoll schätze ich als Kollegen, die ebenfalls wertvolle Beiträge zur Entwicklung des neuen Systems der Brandpilze lieferten, das heute als eines der am besten begründeten unter den Pilzen gilt. Ich danke J. Gossmann für eine Reihe exzellenter Bilder, und T. Hofmann für gründliches Korrekturlesen.

Ein Teil der Bilder wird auch im Internet publiziert und zwar von Eolss Publishers Co Ltd, die die Nutzung an dieser Stelle freundlicherweise erlaubt haben.

Literatur

- BAUER, R., D. BEGEROW, F. OBERWINKLER, M. PIEPENBRING & M.L. BERBEE (2001): Ustilaginomycetes, 57-83. In: D.J. McLAUGHLIN, E. McLAUGHLIN & P.A. LEMKE (Hrsg.). *Mycota VII. Systematics and Evolution*. Springer, Berlin.
- BEGEROW, D., R. BAUER & F. OBERWINKLER (2000): Phylogenetic placements of ustilaginomycetous anamorphs as deduced from nuclear LSU rDNA sequences. – *Mycological Research* **104**: 53-60.
- PIEPENBRING, M., M. STOLL & F. OBERWINKLER (2002): The generic position of *Ustilago maydis*, *Ustilago scitaminea*, and *Ustilago esculenta* (Ustilaginales). – *Mycological Progress* **1**: 71-80.
- SCHOLZ, H. & I. SCHOLZ (1988): Die Brandpilze Deutschlands (Ustilaginales). – *Englera* **8**: 1-691.
- SHIVAS, R.G. & K.D. HYDE (1997): 4. Biodiversity of plant pathogenic fungi in the tropics, 47-56 + plates 1-6. In: K.D. HYDE (Hrsg.). *Biodiversity of tropical microfungi*. Hong Kong University Press, Hong Kong.
- VÁNKY, K. (1994): *European smut fungi*. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, Germany.
- VÁNKY, K. (2002): *Illustrated genera of smut fungi*, second edition. St. Paul, Minnesota, USA, APS press.



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. Freigebiger 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: 2008

Band/Volume: [74_2008](#)

Autor(en)/Author(s): Piepenbring Meike

Artikel/Article: [Einführung in die heimischen Brandpilze 99-110](#)