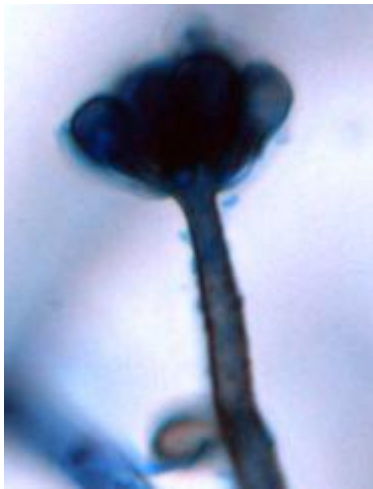


# Stachybotrys chartarum (atra)

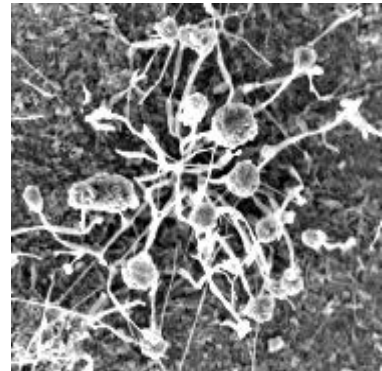


Stachybotrys chartarum (atra)  
im Lichtmikroskop

Nach neuesten Beobachtungen in Laboratorien gehen von verschiedenen Mikroorganismen große Gefahren aus, so z. B. von Stachybotrys chartarum. In der Öffentlichkeit bekannt wurde dieser Pilz durch die so genannten „Cleveland Babies“, von denen ein Baby nachweislich auf Grund einer Vergiftung mit diesem Schimmelpilz starb. Durch diesen spektakuläre Fall hat Stachybotrys viel Aufsehen erregt. Das wiederum macht es erforderlich, ihn etwas genauer darzustellen:

Stachybotrys chartarum ist ein weltweit verbreiteter Schimmelpilz. Er ist in der Lage, Stoffe mit gesundheitsschädigender Potenz, so genannte Mykotoxine (Pilzgifte) zu produzieren. Die von Stachybotrys chartarum produzierten Gifte gehören zur Gruppe der Trichothecene und können nicht nur durch Hautkontakt aufgenommen,

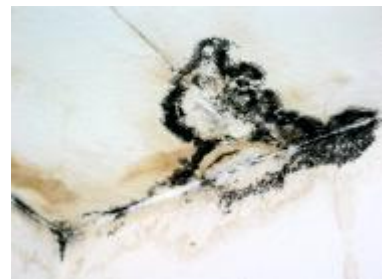
sondern und vor allem über die Atemwege als toxischhaltige Stachybotrys-Sporen eingeatmet werden. Eine Reizung der Haut bzw. der Schleimhäute sowie eine Störung des Immunsystems ist die Folge, was bedeuten kann, dass allein der Aufenthalt in Räumen mit Stachybotrys-Befall ein Risiko für die Gesundheit beinhaltet.



Stachybotrys unter dem REM  
Vergrößerung 2300-fach

Besondere Vorsicht ist geboten, wenn der Stachybotrys chartarum austrocknet, da dann die Sporen in die Luft gelangen können. Werden diese toxischen Sporen eingeatmet, können die verschiedensten gesundheitlichen Störungen auftreten:

- Kopfschmerzen
- Schwindelgefühle
- Übelkeit
- Konzentrationsschwächen
- Müdigkeit
- Haarausfall
- grippeähnliche Symptome
- Störung der unteren Atemwege (Bronchitis, Asthma, chronischer Reizhusten), Atembeschwerden
- Hautreizungen, nässende Hautentzündungen
- gerötete und geschwollene Gesichtshaut
- Augenbeschwerden
- konstitutionellen Beschwerden (Grippegefühl, Muskelschmerzen, allgemeines Unwohlsein)
- Veränderung des weißen Blutbildes
- Nasenbluten und sogar Lungenbluten
- Störung der Immunabwehr
- entzündliche und blutende Lungenerkrankungen bei Säuglingen
- Herzrhythmusstörungen
- Stachybotryose



Stachybotrys chartarum  
Schimmel nach  
Wasserschaden

Bei Stachybotrys chartarum können schon bei geringer Sporenkonzentration in der Raumluft Toxinwirkungen auftreten(!). Auch tote Sporen können toxisch und allergen wirken. Bemerkenswert ist es, dass Stachybotrys chartarum in der Lunge die Synthese eines Enzyms verhindern kann, das die Lungenbläschen unter Spannung hält, damit diese nicht zusammenfallen.

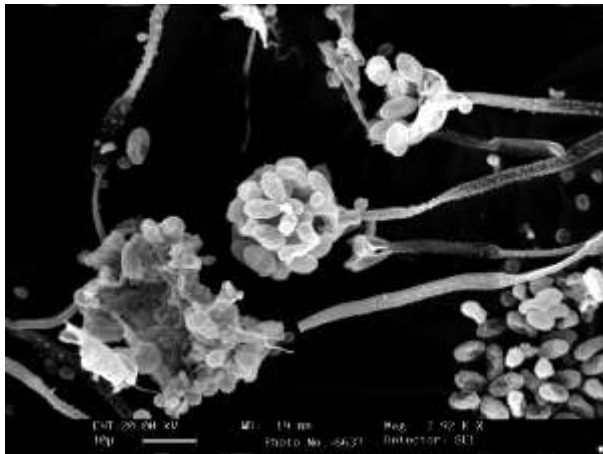
Stachybotrys chartarum verursacht Vergiftungen durch vom Pilz gebildete Schimmelpilzgifte (Mykotoxine), die auch durch Hautkontakt aufgenommen werden können. Bei diesen können vier verschiedene Stadien unterschieden werden:

- Im ersten Stadium treten Geschwüre in der Mundschleimhaut auf, verbunden mit vermehrter Speichelbildung (bis zu 12 Liter pro Tag), Nasenschleimhautentzündung und Entzündungen der Bindehaut des Auges.
- Das zweite Stadium ist gekennzeichnet durch Verminderung der weißen Blutkörperchen.
- Im dritten Stadium ist die Blutgerinnung blockiert. Erhöhte Temperatur und Durchfall sind weitere Kennzeichen dieses Stadiums.
- Im vierten Stadium ist keine Nahrungsaufnahme mehr möglich. Es kommt zum Tod.

#### Stachybotrys und Alzheimer

Die Auswirkungen einer Intoxikation durch Stachybotrys können in frappierender Weise den Symptomen der Alzheimerschen Krankheit ähneln. Der Verlust von logischem Denkvermögen und von Gedächtnisinhalten bei durch Schimmelpilze geschädigten Personen kann dazu führen, dass dieses in Zusammenhang gebracht wird mit fortschreitendem Alter oder mit dem Beginn der Alzheimerschen Krankheit. Auch sind medizinische Forscher davon überzeugt, dass ungünstige Umweltbedingungen eine genetisch fixierte Krankheit zum Ausbruch bringen können. Solche ungünstigen Umweltbedingungen können durch Schimmelpilze verursacht werden.

Bei Menschen, die bereits an Alzheimer erkrankt sind, sollte ganz besonders darauf geachtet werden, dass sie in einer schimmelpilzfreien Umgebung leben können. Nicht nur Stachybotrys, auch andere gesundheitsgefährdende Schimmelpilze sind befähigt, den Krankheitsverlauf drastisch zu verschlimmern.



Stachybotrys in verschiedenen Wachstumsphasen im REM bei 2920 facher Vergrößerung

jeweiligen speziellen Einzelfall abzustimmen.

Einen optimalen Nährboden für diesen Schimmelpilz bilden zellulosehaltige Baustoffe, speziell Gipskartonplatten und Tapeten. In den häufigsten Fällen zeigt sich der Stachybotrys schleimig und mit schwarzer bzw. dunkelgrauer Färbung. Speziell auf Gipsbauplatten erscheint er in Form einer schwarzen Rußschicht. Ein Nachweis von Stachybotrys in Wohn- und Arbeitsräumen kann durch eine erste Probeentnahme mit einer Klebefilmprobe erfolgen. Diese Methode ist zu Anfang sehr sinnvoll, weil die recht charakteristischen Konidien und manchmal sogar konidiogenen Zellen von Stachybotrys darauf bereits mikroskopisch sichtbar sind und dadurch zumindest eine Verdachtsdiagnose möglich ist. Selbstverständlich müssen nach einer positiven Erstdiagnose weitere Untersuchungsmethoden angewandt werden. Diese sind auf den

- Luftprobenahme – Messung kultivierbarer Schimmelpilze Innenraumluft
- Abklatschproben
- Materialproben
- Ermittlung der KBE (koloniebildende Einheiten)
- MVOC – Messung

Das Vorkommen von Stachybotrys chartarum gilt als Indikator für Feuchteschäden in Gebäude.



# Penicillium

Penicillium ist eine Pilzgattung, die zu den Schimmelpilzen gehört. Penicillium-Arten lieben Wärme und Feuchtigkeit. Sie gedeihen auf Obst (vor allem auf Zitrusfrüchten, Äpfeln und Pfirsichen), Brot, Käse, Mehl, Marmeladen und Fruchtsäften. Darüber hinaus findet man sie in feuchten, dunklen Weinkellern, auf Gartenerde und Laub, aber auch in Badezimmern, auf Wasserrohrleitungen, Gummidichtungen, Fensterbrettern, Tapeten, Matratzen und Polstermöbeln.

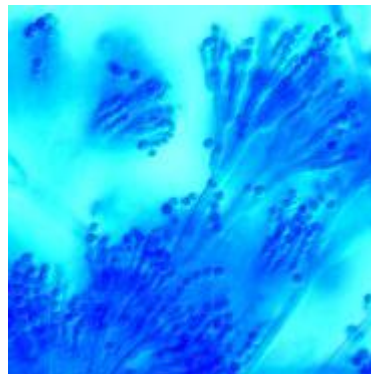
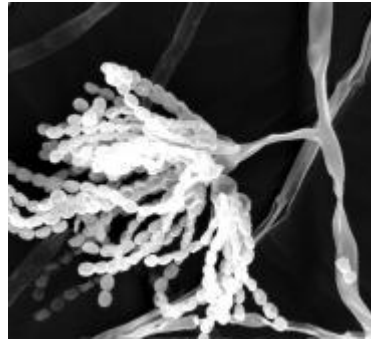
Penicillium kann allergische Reaktionen wie z. B. Fließschnupfen, Husten, Niesanfalle, Nesselfieber oder Asthma auslösen (Schimmelpilzallergie).

Einige Penicillium Arten können Mykotoxine wie Roquefortin C, Patulin, Glykopeptide oder Citrinin produzieren.

Penicillium wird der Form der Fortpflanzungsorgane auch Pinselschimmel genannt, weil diese die Form eines Pinsels haben.

Weitere Arten der Gattung Penicillium:

- *Penicillium aurantiogriseum*
- *Penicillium brevicompactum*
- *Penicillium chrysogenum*
- *Penicillium camemberti*
- *Penicillium digitatum*
- *Penicillium citrinum*
- *Penicillium commune*
- *Penicillium corylophilum*
- *Penicillium crustosum*
- *Penicillium cyclopium*
- *Penicillium expansum*
- *Penicillium funiculosum*
- *Penicillium glabrum*
- *Penicillium griseofulvum*
- *Penicillium italicum*
- *Penicillium nalgiovense*
- *Penicillium palitans*
- *Penicillium purpurescens*
- *Penicillium purpurogenum*
- *Penicillium olsonii*
- *Penicillium roqueforti*
- *Penicillium variable*
- *Penicillium viridicatum*
- *Penicillium verrucosum*





# Aspergillus niger

Aspergillus Niger wird aufgrund seiner dunklen Sporen auch Schwarzsimmel genannt. Diese dunklen Sporen des Aspergillus niger sind sehr deutlich auf dem Bild erkennbar.

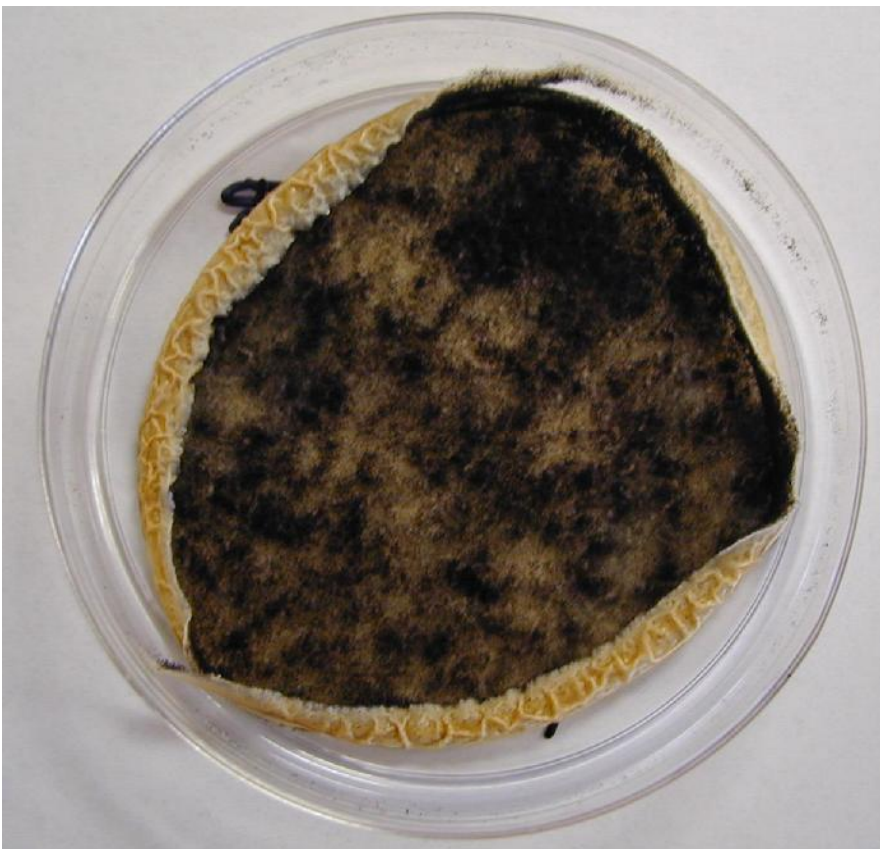
Aspergillus niger ist ein weit verbreiteter Lebensmittelverderber und Materialzerstörer. Er kommt weltweit im Erdboden vor. Dieser Schimmelpilz kann Papier und Packstoffe ebenso wie Leder und Farben, ja sogar Kunststoffe und optische Gläser zerstören.



Aspergillus niger auf Malzextrakt-Nährboden

Sein Wachstumsoptimum liegt zwischen 35-37 °C, das Minimum bei 6-8 °C, das Maximum zwischen 45-47 °C. Sporen von Aspergillus niger überstehen feuchte Kälte bei -22 °C nicht. Der pH-Bereich liegt zwischen 1,5 – 9,8 – mit anderen Worten, Aspergillus niger ist in der Lage, sowohl stark saure als auch alkalische Umgebungen zu tolerieren. Aspergillus niger ist ein xerophiler, d. h. trockenheitsliebender Pilz. Aspergillus niger kann die Schimmelpilzgifte (Mykotoxine) Oxalsäure und Kojisäure bilden.

Durch Aspergillus niger hervorgerufene Krankheiten umfassen neben allergischen Reaktionen, Infektionen des äußeren Gehörganges, Lungen-Aspergillosen, Bauchfellentzündungen, Entzündungen der Herzinnenhaut, Erkrankungen der Nägel auch Infektionen der Haut. Nutzbringende Eigenschaften des Pilzes sind die industrielle Gewinnung verschiedener Enzyme und organischer Säuren (z. B. Zitronensäure und Weinsäure) im großtechnischen Maßstab.



# Chaetomium

Chaetomium ist eine Gattung der Schimmelpilze. Die Gattung Chaetomium gehört zu den sog. Dematiaceae (Schwärzepilze), da die Hyphen oder Hyphenteile durch Melanin-Einlagerungen schwärzlich-braun gefärbt sein können.

Man findet Chaetomium häufig auf Cellulose wie Papier, Tapeten und Bücher nach Feuchteschäden.

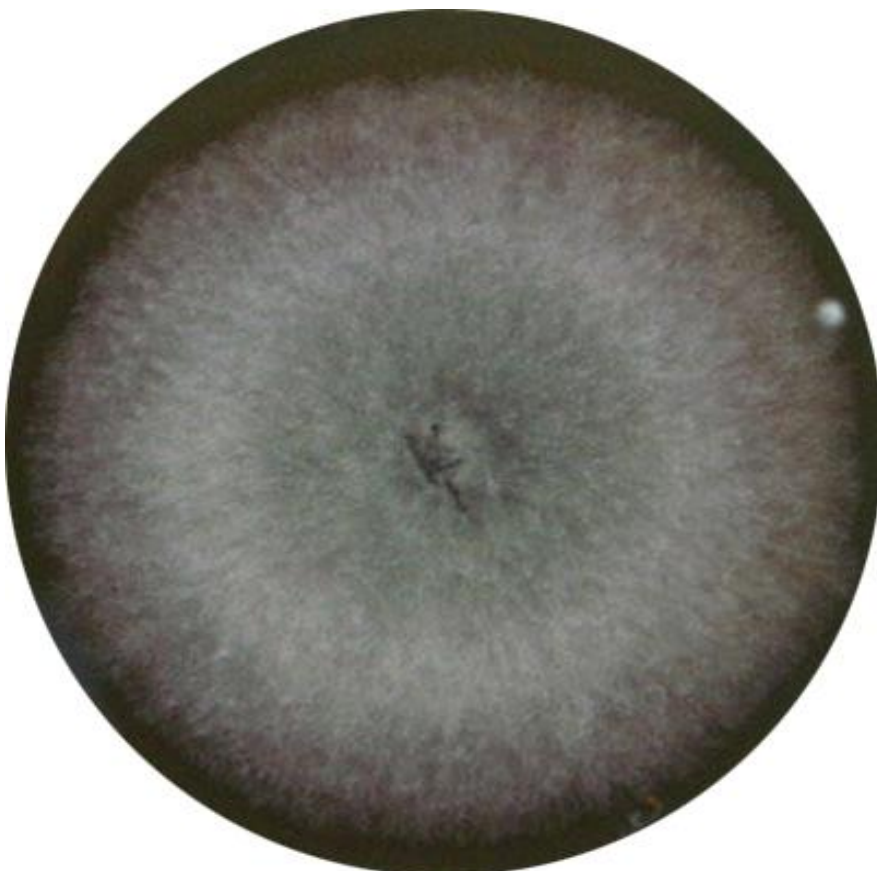
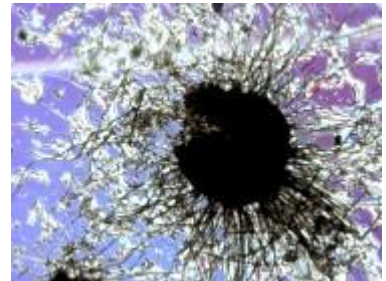
Kolonien von Chaetomium sp. wachsen oftmals sehr schnell und bilden ein weißes, wolliges Myzel. In älteren Kolonien entwickeln sich oft kleine Fruchtkörper, sog. Perithezien, welche die Verbreitungseinheiten der sexuellen Fortpflanzung, die Ascosporen, freisetzen. Diese Fruchtkörper erscheinen als kleine schwarze Kügelchen in der Größe eines Stecknadelkopfes.

Chaetomium-Arten können zu Infektionen führen, die allgemein unter den Begriff der Phaeohyphomykosen fallen. Dieser Typ von Mykosen wird durch Pilze hervorgerufen, die braun bis schwarz gefärbte Hyphen haben. Für Chaetomium-Spezies wurden bereits Infektionen verschiedener innerer Organe des Menschen (Gehirn-Abszess, Baufellentzündung) sowie der Haut und der Nägel beschrieben. Zu ihrer Therapie stehen Antibiotika wie Amphotericin B, Ketoconazol und Itraconazol zur Verfügung.

Einige Chaetomium Arten bilden die Schimmelpilzgifte (Mykotoxine) Chaetomin oder Sterigmatoxystin.

Zur Gattung Chaetomium gehören folgende Arten:

- Chaetomium comosum
- Chaetomium globosum
- Chaetomium funicola
- Chaetomium indicum
- Chaetomium murorum
- Chaetomium spirale



# Cladosporium

Cladosporium ist eine Gattung der Schimmelpilze. Cladosporium-Arten sind sehr häufig und kommen bevorzugt in Sumpfbereichen, im Wald und in Gärten vor, da sie gerne auf verfaulten Pflanzen bzw. auf Laub wachsen. Außerdem trifft man sie in Gewächshäusern, in schlecht gereinigten Kühlschränken und Lebensmitteln an. Auch auf Textilien, z. B. Leinenstoffen, wächst Cladosporium.

Cladosporium-Arten können im Sommer bis zu 90% aller luftgetragenen Schimmelpilze der Außenluft ausmachen. Sie sind die häufigsten Schimmelpilze der Außenluft und in nahezu allen Teilen der Erde mit Ausnahme der polaren Regionen zu finden. Für die Gattung Cladosporium sind derzeit mehr als 50 Arten beschrieben. Die häufigsten Arten sind Cladosporium herbarum und Cladosporium cladosporioides.

Cladosporium zählt zu den sog. Schwärzepilzen (Dematiaceae), da sich die Sporen und Teile der Hyphen durch Melanin-Einlagerungen braun bis schwarzbraun anfärben. Diese Schimmelpilze kommen auch sehr häufig im Innenraum vor, wo sie neben anderen Schwärzepilzen wie z. B. Alternaria, Curvularia oder Ulocladium zu schwarzen Verfärbungen auf Mauerwerk und Einrichtungsgegenständen führen können. Da man sich einem Kontakt mit Cladosporium kaum entziehen kann, gehen viele allergische Reaktionen gegen Schimmelpilze auf diese Gattung zurück, obwohl Aspergillus und Alternaria die potenteren Allergene produzieren. Bei einer Testung der möglichen Schimmelpilzallergie gegen Cladosporium besteht das Problem (wie auch für andere Schimmelpilze), dass kaum standardisierte Extrakte von gleichbleibender Qualität erhältlich sind. Derzeit sind etwa 10 Allergene von Cladosporium bekannt. Da die Extrakte meist aus Kulturfiltraten gewonnen werden, ist eine einheitliche Zusammensetzung nicht gegeben. Kleine Variationen in den Nährstoffen zur Anzucht der Kulturen, können sich in unterschiedlichen Allergenmustern äußern. Aus diesem Grund muss ein negativer Allergietest nicht unbedingt eine Sensibilisierung gegen Cladosporium ausschließen. Einen sicheren Befund kann nur die Untersuchung der spezifischen Immunglobuline der IgE-Gruppe im Blutserum geben.

Als Krankheitserreger kann Cladosporium zu opportunistischen Infektionen bei immungeschwächten Personen führen. Die Folge können Chromoblastomykosen oder Phaeohyphomykosen mit Läsionen der Haut sein. Es wurden aber auch Atemwegsinfektionen (z. B. Sinusitis) und Onychomykosen durch Cladosporium-Spezies beschrieben.

Cladosporium kann allergische Reaktionen wie z. B. Fließschnupfen, Husten, Niesanfälle, Nesselfieber oder Asthma auslösen (Schimmelpilzallergie). Besonders empfindliche Personen sollten deshalb Gartenarbeit (vor allem Rasenmähen) unterlassen.





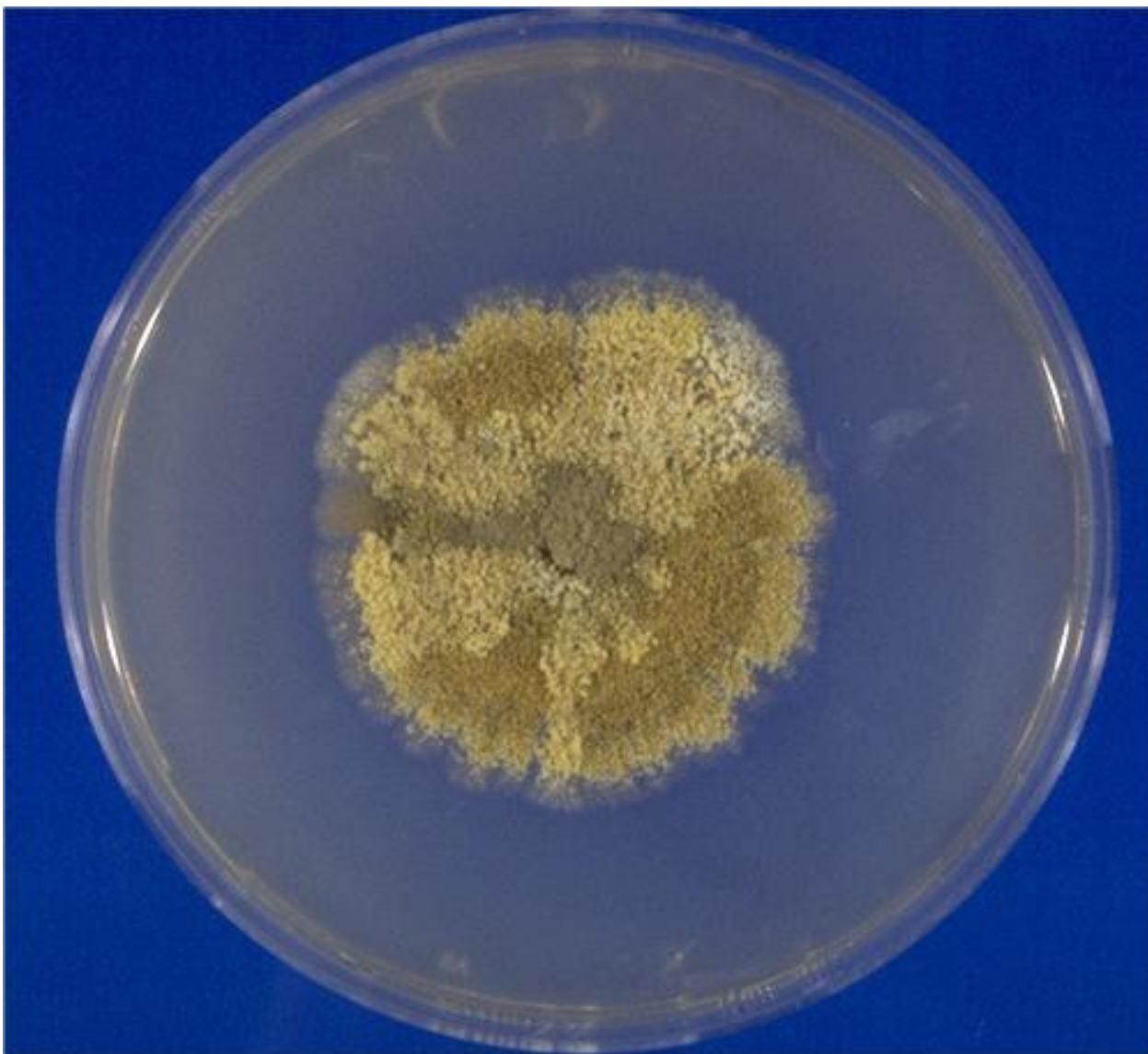
# Eurotium herbariorum

Eurotium herbariorum gehört zur Gattung des Eurotium. Eurotium ist eine Gattung der Schimmelpilze. Eurotium ist die Hauptfruchtform des Aspergillus und ist deshalb der Gruppe des Aspergillus glaucus zuzuordnen.

Man findet Eurotium häufig in Schlafzimmern und dort im Staub von Matratzen. Eurotium herbariorum kann Ochratoxin A, ein Schimmelpilzgift (Mykotoxin), bilden.

Zur Gattung Eurotium gehören folgende Arten:

- Eurotium amstelodami
- Eurotium chevalieri
- Eurotium herbariorum
- Eurotium repens
- Eurotium rubrum
- Eurotium halophilum



## Geotrichum candidum

Der Milchsimmel, *Geotrichum candidum* ist der Erreger der Geotrichose. Hierbei handelt es sich um eine Mykose, die sich durch chronische Entzündung von Haut, Mundschleimhaut und Bronchien bemerkbar macht. Eine verminderte Infektionsabwehr geht meist mit der Geotrichose einher. *G. candidum* ist ein saprophytischer, hefeähnlicher Pilz, der sich auf sauren Lebensmitteln, wie z. B. Sauermilch, Butter, Käse und Sauerkraut, wohl fühlt. Man findet in häufig im Erdboden und in Abwässern. Einige Stämme leben saprophytisch oder pathogen im menschlichen Darm oder in der Lunge. Andere Stämme des *Geotrichum candidum* treten auch als Pflanzenpathogene auf.



## Rhizopus stolonifer

Rhizopus stolonifer gehört zur Gattung des Rhizopus. Rhizopus ist eine Pilzgattung, die den Schimmelpilzen zuzuordnen ist.

Rhizopus kommt auf Nahrungsmitteln wie z. B. Gemüse, faulenden Früchten, Getreide, Erdnüssen, Nüssen, in verschmutztem Wasser und im Erdboden vor. Er gehört zu den niederen Pilzen, genauer gesagt zu den Jochpilzen, den sogenannten Zygomyceten. Die Sporen von Rhizopus und von Mucor, einem weiteren wichtigen Vertreter der Jochpilze, behalten ihre Keimfähigkeit selbst bei Temperaturen von bis zu  $-10^{\circ}\text{C}$ . Rhizopus ist neben Absidia, Basidiobolus, Mortierella und Mucor Erreger von Systemmykosen, den Zygomykosen.

Andere Bezeichnungen hierfür lauten Phycomykosen bzw. Mucormykosen. Systemmykosen sind tiefe Mykosen. Im Gegensatz zu Oberflächenmykosen werden hierbei die inneren Organe des Wirtes befallen. Zygomykosen sind meist rhinocerebral, d. h. betroffene Bereiche sind Nase, Nebenhöhlen, Ohr und Gehirn. Eine Infektion kann über die Blutgefäße in die Schädelknochen vordringen und von dort das Gehirn angreifen. Werden die Sehnerven infiziert, kann es zu einer Erblindung kommen. Der Ausgang einer Zygomykose ist meist tödlich.

Zur Gattung Rhizopus gehören folgende Arten:

- Rhizopus stolonifer
- Rhizopus oryzae
- Rhizopus microsporus



# Trichoderma viride

Trichoderma viride ist einer der weltweit verbreitetsten Bodenpilze und ist sowohl in extrem nördlichen bis polaren Regionen als auch in alpinen und tropischen Gebieten zu finden. Als guter Zelluloseverwerter findet sich der Schimmelpilz bevorzugt auf faulem Holz und Pflanzenmaterial, aber auch auf Papier und feuchter Tapete. Für den Innenraum kann eine Häufung in der papierverarbeitenden Industrie, in Produktionsbereichen mit Kartonage und in Archiven erkannt werden. Als Lebensmittelverderber kommt Trichoderma viride vor allem auf gelagertem Getreide (Weizen, Hafer, Gerste), Tomaten, Erdnüssen, Süßkartoffeln und Zitrusfrüchten vor. Außerdem wächst die Art auf Speisepilzen wie Champignons.

Gemäß seiner weltweiten Verbreitung in den unterschiedlichsten Klimazonen kann Trichoderma viride bei einem breiten Temperaturspektrum von 0-37°C wachsen, bevorzugt aber nur einen schwach sauren pH-Wert von 5-6. Trichoderma viride ist sehr eng mit Trichoderma harzianum verwandt und unterscheidet sich im wesentlichen nur durch die rauhen Konidienträger. Trichoderma harzianum besitzt glatte Konidienträger.

Aufgrund seiner hohen Abbauraten für Zellulose kann Trichoderma viride industriell zur Produktion verschiedener Enzyme (Cellulase, Cellobiase, Glucoamylase, Hemicellulase, Pektinase) eingesetzt werden. Diese Enzyme finden breite Anwendung in der papierverarbeitenden Industrie. Diese Enzyme können aber beim Menschen auch zu allergischen Reaktionen führen. Besonders gefährdet sind Holzarbeiter, Gärtner, Landarbeiter sowie Müll- und Kompostwerker. Erkrankungsbild ist die exogene allergische Alveolitis, auch als Berufskrankheit unter der Bezeichnung „Befeuchterlunge“ bekannt. Neben der allergischen Wirkung kann auch die Produktion von Mykotoxinen wie Trichodermin zu gesundheitlichen Beeinträchtigungen führen. Im Vergleich zu anderen Mykotoxinen ist jedoch die Belastung mit Trichoderma-Toxinen von sehr geringer Bedeutung.

Zur Gattung der Trichoderma gehören folgende Arten:

- Trichoderma lignorum
- Trichoderma harzianum
- Trichoderma roseum
- Trichoderma viride



Schimmelpilz	Allergen	Mykotoxine	Mykosen
Acremonium sp.		+	
Alternaria sp.	+	+	+
Alternaria alternata	+	+	+
Alternaria citri			
Alternaria solani			
Alternaria tenuissima	-	+	+
Arthrinium sp.		+	
Aspergillus niger	+	+	+
Aspergillus sp.	+	+	+
Aureobasidium sp.	+	-	+
Aureobasidium pullulans	+	-	+
Bipolaris sp.		+	
Botrytis sp.	+	-	-
Chaetomium sp.	+	+	+
Chaetomium globosum	+		+
Cladosporium sp.	+	+	+
Cladosporium cladosporioides	+	+	+
Cladosporium herbarum	+	+	+
Claviceps sp.			
Curvularia sp.	+		+
Cylindrocarpon sp.			
Diplodia		+	
Epicoccum nigrum	+	+	
Eurotium/Aspergillus sp.	+	+	+
Fusarium sp.	+	+	+
Mucor sp.	+	-	+
Mycelia sterilia	Mycelia sterilia sind in Bezug auf das Gefährdungspotential nicht bewertbar. Es handelt sich hierbei um Pilze unterschiedlicher Herkunft, die in der Regel unter Standard-Laborbedingungen nicht bestimmbar sind		
Paecilomyces sp.	+	+	+
Penicillium sp.	+	+	+
Phoma sp.			+
Rhizopus sp.	+		+
Sclerotinia		+	
Scopulariopsis sp.	*	*	+
Stachybotrys chartarum	+	+	+
Stemphylium		+	
Trichoderma sp.	+	+	+
Trichothecium		+	
Torula		+	
Ulocladium sp.			+

## Definitionen der Risikogruppen

### Risikogruppe 1:

Pilze, bei denen es „unwahrscheinlich“ ist, dass sie beim Menschen eine Krankheit verursachen (hierzu zählen auch Arten, die bei stark immungeschwächten Personen Krankheiten verursachen können oder Arten, denen „nur“ ein allergenes Potential zugeschrieben wird!)

### Risikogruppe 2:

Pilze, die eine Krankheit beim Menschen hervorrufen können und eine Gefahr für Beschäftigte darstellen können; eine Verbreitung des Pilzes in der Bevölkerung ist unwahrscheinlich; eine wirksame Vorbeugung oder Behandlung ist normalerweise möglich

### Risikogruppe 3:

Pilze, die eine schwere Krankheit beim Menschen hervorrufen können und eine ernste Gefahr für Beschäftigte darstellen können; die Gefahr einer Verbreitung in der Bevölkerung kann bestehen; normalerweise ist eine Vorbeugung oder Behandlung möglich

### Risikogruppe 4:

Pilze, die eine schwere Krankheit beim Menschen hervorrufen können und eine ernste Gefahr für Beschäftigte darstellen können; die Gefahr einer Verbreitung in der Bevölkerung ist unter Umständen groß; normalerweise ist eine wirksame Vorbeugung oder Behandlung nicht möglich

Beispiele von Pilzarten, die nach der gültigen Biostoffverordnung in die jeweiligen Risikogruppen eingeordnet werden:

### Risikogruppe 1:

*Saccharomyces cerevisiae* (Bäckerhefe), ***Alternaria alternata*** (trotz hohem allergenen Potential!), ***Aspergillus versicolor***

### Risikogruppe 2:

*Candida albicans* (häufigster Erreger von Hefe-Infektionen), ***Aspergillus fumigatus*** (häufigster Erreger von Aspergillosen), ***Aspergillus flavus*** (kann krebserregende **Aflatoxine** produzieren), *Trichophyton mentagrophytes* (Fußpilz-Erreger), *Microsporum gypseum* (Erreger von Hautmykosen)

### Risikogruppe 3:

*Coccidioides immitis*, *Histoplasma capsulatum*, *Blastomyces dermatitidis* (Erreger schwerer Systemmykosen, die den ganzen Körper betreffen können)

### Risikogruppe 4:

Zur Zeit sind keine Pilze der Risikogruppe 4 bekannt!

## Derzeit gültige Empfehlungen

### **ACGIH (American Conference of Industrial Governmental Hygienists):**

- < 100 KBE/m<sup>3</sup> sollte angestrebt werden
- 100-1000 KBE/m<sup>3</sup> = natürliche Schwankungen, wenn typische Außenluftkeime
- > 1000 KBE/m<sup>3</sup> = nur in bestimmten Bereichen wie z. B. landwirtschaftliche Betriebe

### **CEC (Kommission der europäischen Gemeinschaft)**

- > 10.000 KBE/m<sup>3</sup> = sehr hoch
- < 10.000 KBE/m<sup>3</sup> = hoch
- < 1.000 KBE/m<sup>3</sup> = mittel
- < 200 KBE/m<sup>3</sup> = niedrig

### **CMHC (Canada Mortgage and Housing Corporation)**

- > 50 KBE/m<sup>3</sup> und nur eine Schimmelpilzart = Quelle muss identifiziert werden, da keine natürlichen Verhältnisse
- < 150-200 KBE/m<sup>3</sup> und verschiedene Arten = kein Handlungsbedarf falls kein sichtbarer Befall
- > 200 KBE/m<sup>3</sup> und verschiedene Arten = weitere Untersuchung als Vorsichtsmaßnahme

### **USOSHA (United States Occupational Safety and Health Administration)**

- > 1.000 KBE/m<sup>3</sup> = Kontamination/mikrobieller Schaden
- > 1.000.000 Pilze/Gramm Staub = Kontamination/mikrobieller Schaden

### **WHO (Weltgesundheitsorganisation)**

- > 50 KBE/m<sup>3</sup> und nur eine Schimmelpilzart = Quelle muss identifiziert werden
- < 150 KBE/m<sup>3</sup> und verschiedene Arten = kein Handlungsbedarf
- < 500 KBE/m<sup>3</sup> = in Ordnung falls nur allg. Außenluftkeime wie Cladosporium spp.

### **Niederlande**

- > 10.000 KBE/m<sup>3</sup> = Gesundheitsgefährdung
- > 500 KBE/m<sup>3</sup> einer potentiell pathogenen Art = Gesundheitsgefährdung

### **Deutschland (Baubiologische Richtwerte)**

- < 200 KBE/m<sup>3</sup> = keine Anomalie
- < 500 KBE/m<sup>3</sup> = schwache Anomalie;  
im Sinne der Vorsorge besteht langfristig Handlungsbedarf
- 500 – 1.000 KBE/m<sup>3</sup> = starke Anomalie;  
Sanierungen sollten umgehend durchgeführt werden
- Ø 1.000 KBE/m<sup>3</sup> = extreme Anomalie;  
Sanierung und kurzfristige Maßnahmen
- Diese Werte sind streng genommen nur für Schlafzimmerbereiche bestimmt worden. Sie können aber auch auf andere Wohnbereiche übertragen werden, um einen Gesundheitsschutz zu gewährleisten.

### **Deutschland (Empfehlung des Umweltbundesamtes)**

- Konzentration einer typischen luftgetragenen Gattung (z. B. Cladosporium sp.) im Innenraum mehr als doppelt so hoch wie in der Außenluft = Innenraumquelle wahrscheinlich

## Materialschäden durch Pilze

- **Holz:**  
Moderfäule, welche durch Enzyme (Oxidasen) hervorgerufen wird, greift die Struktur des Holzes an, da sie den Holzstoff Lignin spaltet. Diese Moderfäule wird hervorgerufen z. B. durch *Aureobasidium pullulans*, *Trichoderma viride*, *Stachybotrys chartarum*
- **Farben, Anstriche:**  
durch Enzyme werden die Tenside, Weichmacher oder Verdichtungsmittel, welche in den Farben zur gleichmäßigen Verteilung der Farbpigmente enthalten sind, abgebaut; die eigentlichen Farbstoffe werden meist nicht verwertet; hervorgerufen z. B. durch *Aureobasidium pullulans*, *Cladosporium herbarum*, *Penicillium expansum*, *Eurotium herbariorum*
- **Kunststoffe:**  
auch hier können die Weichmacher in verschiedenen Kunststoffen wie PVC, PP, PE, PS verwertet werden, was die Kunststoffe letztlich brüchig und oft unbrauchbar macht; hervorgerufen z. B. durch *Aureobasidium pullulans*; *Curvularia sp.*, *Alternaria sp.*
- **Plexiglas:**  
falls Nährstoffe (Staub) und ein Feuchtfilm vorliegen, kann das Plexiglas durch organische Säuren, welche beim Wachstum vom Schimmelpilzen ausgeschieden werden, angegriffen werden; z. B. durch *Aspergillus niger*, *Aspergillus versicolor*, *Cladosporium herbarum*, *Acremonium sp.*
- **Gipswände:**  
bei ausreichender Feuchtigkeit kann das zellulosehaltige Verbundmaterial von Gipsplatten als Nährstoff verwertet werden; z. B. *Penicillium chrysogenum*, *Stachybotrys chartarum*
- **Marmor und kalkhaltiger Stein von Statuen:**  
ähnlich dem Plexiglas wirken auch hier organische Säuren aus dem Pilzstoffwechsel als eigentlicher Materialzerstörer
- **Gemälde und Kunstwerke:**  
die organischen Anteile von Ölfarben und Emulgatoren können als Nährstoffe genutzt werden; ähnliches gilt für Farben auf Wasserbasis; hervorgerufen z. B. von *Aureobasidium pullulans*, *Cladosporium herbarum*
- **Treibstoff (Benzin, Kerosin) und Bitumen:**  
bei Vermischung von Treibstoffen mit Wasser kann an der Grenzschicht Pilzwachstum auftreten, da hier sowohl Nährstoffe (Kohlenwasserstoffe) als auch ausreichend Feuchtigkeit vorliegen



## Schimmelwachstum auf unterschiedlichen Materialien

Schimmelpilz	Zellulose	Naturstein Beton	Kunststoff PVC	Tapete	Gips- karton- platten	Keramik- fliesen	Putz	Silikon- dicht- masse	Glaswolle	Farbe, Anstrich	Haus- staub
Acremonium sp.	x	x	x				x				
Alternaria sp.	x			x						x	
Aspergillus sp.	x	x		x			x			x	
Aspergillus fumigatus		x	x	x	x		x			x	x
Aspergillus niger		x	x	x			x		x	x	
Aspergillus ochraceus	x	x					x				
Aspergillus penicilloides	x			x						x	x
Aspergillus versicolor	x	x	x	x			x		x	x	x
Aureobasidium sp.	x	x		x			x			x	
Chaetomium sp.	x	x					x			x	
Chrysonilia sp.		x					x				
Cladosporium sp.	x	x		x		x	x	x	x	x	
Eurotium sp.	x	x	x	x	x		x				x
Fusarium sp.	x	x		x						x	
Monilia sp.			x								
Mucor sp.		x	x				x				
Oidiodendron sp.	x	x					x				
Paecilomyces sp.	x	x	x	x			x				x
Penicillium sp.	x	x	x	x			x		x	x	
Penicillium brevicompactum	x		x	x	x	x	x	x		x	x
Penicillium chrysogenum	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x
Penicillium citrinum			x	x					x		
Penicillium expansum										x	
Penicillium glabrum	x		x	x						x	
Phoma sp.		x	x				x			x	
Rhizopus sp.	x		x								
Rhodotorula sp. (Hefe)	x								x		
Scopulariopsis sp.	x	x					x				x
Sporobolomyces sp.	x					x					
Stachybotrys chartarum	x		x	x	x	x			x		
Stemphylium sp.	x		x	x						x	
Trichoderma sp.	x	x				x	x	x		x	
Trichothecium sp.	x		x								
Ulocladium sp.	x	x		x		x	x	x			
Wallemia sebi	x	x					x				x
Schimmelpilz	Zellulose	Naturstein Beton	Kunststoff PVC	Tapete	Gips- karton- platten	Keramik- fliesen	Putz	Silikon- dicht- masse	Glaswolle	Farbe, Anstrich	Haus- staub