

Tabellen zum Artikel „Luftgetragene Schimmelpilze in der Umwelt des Menschen – gesundheitliche Relevanz und Möglichkeiten der Risikobewertung“ - Guido Fischer[‡], Ralf Thißen, Randi-Katrin Hinz, Nadine Hollbach, Claudia Schmitz, Wolfgang Dott - Gefahrstoffe-Reinhaltung der Luft 9/2005

Tabelle 1: Größenordnung (KBE-Zahlen), Sporengröße und Feuchteansprüche (für Wachstum) für verschiedene Arten von Schimmelpilzen mit Angabe der gesundheitlichen Relevanz und des Umweltbereichs, in dem die Art häufig vorkommt. Niedrige Konzentrationen im Innenraum oder in der Außenluft werden als Häufigkeitsklassen mit $<10 \text{ KBE/m}^3$, $<5 \text{ KBE/m}^3$ angegeben.

Spezies:	Konidien-Größe (μm)	A_w -Werte (Wachstum)	Konzentrationen (KBE/m^3):				Ges. Relev.	Umweltbereich*
			Innenraum	Arbeitspl. (Abfallwirtschaft)	Außenluft	Außenluft (%)		
<i>Alternaria alternata</i>	18-83 \times 7-18 ⁽²⁾	0,85-0,88 ⁽²⁾	10 ¹⁽⁷⁾	+	10 ²⁽⁴⁾ , 10 ¹⁽⁷⁾	–	A T	Außen
<i>Aureobasidium pullulans</i>	7,5-16 \times 3,5-7 ⁽²⁾	–	<5 ⁽⁶⁾	n.r.	<5 ⁽⁶⁾	–	A	Außen
<i>Absidia corymbifera</i>	3,4-4,6 \times 2,8-3,8 ⁽¹⁾	–	n.r.	–	n.r.	–	I A	Arb.pl.
<i>A. candidus</i>	2,5-4 ⁽²⁾	0,75-0,78 ⁽²⁾	<5	10 ⁴⁽⁵⁾	–	+		Arb.pl.
<i>A. flavus</i>	3,6 ⁽²⁾	0,78-0,80 ⁽²⁾	<5	10 ⁴ -10 ⁵⁽⁵⁾	–	–	I A T	Arb.pl.
<i>A. fumigatus</i>	2,5-3 ⁽²⁾	0,85-0,94 ⁽²⁾	+	10 ⁷⁽⁵⁾	bis 20	–	I A T	Arb.pl.
<i>A. nidulans</i>	3-3,5 ⁽²⁾	0,85 ⁽³⁾	<5	10 ⁵⁽⁵⁾	–	–	I A T	Arb.pl.
<i>A. niger</i>	3,5 - 5 ⁽²⁾	0,92-0,95 ⁽³⁾	<5	10 ⁴⁽⁵⁾	–	–	I A T	Arb.pl.
<i>A. parasiticus</i>	3,5-5,5 ⁽²⁾	0,78-0,82 ⁽²⁾	–	10 ³⁽⁵⁾	–	–	T	Arb.pl.
<i>A. versicolor</i>	2-3,5 ⁽²⁾	0,78 ⁽²⁾	<5 ⁽⁶⁾	10 ⁶⁽⁵⁾	<5 ⁽⁶⁾	–	A T	Innen
<i>Botrytis cinerea</i>	8-14 \times 6-9 ⁽²⁾	0,93-0,95 ⁽²⁾	<5 ⁽⁶⁾	n.r.	<10 ⁽⁶⁾	–	A	Außen
<i>Cladosporium spp.</i>	3-11		10 ²⁽⁶⁾	10 ² -10 ³	10 ^{3(4,6)}	bis 90% ⁽⁴⁾	A	Außen
<i>C. herbarum</i>	5,5-13 \times 4-6 ⁽²⁾	0,85-0,88 ⁽²⁾	10 ¹⁽⁶⁾	10 ²⁽⁵⁾	10 ²⁽⁶⁾	bis 60%	A	Außen
<i>C. cladosporioides</i>	3-7(11) \times 2-4 ⁽⁵⁾⁽²⁾	0,86-0,88 ⁽²⁾	10 ¹⁽⁶⁾	10 ³⁽⁵⁾	10 ¹⁽⁶⁾	bis 30%	A	Außen
<i>Epicoccum nigrum</i>	15-25 ⁽²⁾	0,86-0,90 ⁽²⁾	10 ¹⁽⁷⁾	+	10 ¹⁽⁶⁾	–	A	Außen
<i>Eurotium herbariorum</i>	4,5-7(8) ⁽²⁾	–	<5 ⁽⁶⁾	+ ⁽⁵⁾	<10 ⁽⁶⁾	–	A	Außen
<i>Fusarium culmorum</i>	34-50 \times 5-7 ⁽²⁾	0,87-0,91 ⁽²⁾	–	n.r.	–	–	A T	Außen
<i>F. graminearum</i>	41-60(80) \times 4-5,5 ⁽²⁾	0,89 ⁽²⁾	–	n.r.	–	–		Außen
<i>Mucor hiemalis</i>	3,5-5,2 \times 2,5-3,7 ⁽¹⁾	–	–	n.r.	–	–	A	Arb.pl.
<i>M. racemosus</i>	5,5-8,5(10) \times 4-7 ⁽¹⁾	0,94 ⁽²⁾	–	n.r.	–	–	A	Arb.pl.
<i>Paecilomyces variotii</i>	3-5 \times 2-4 ⁽²⁾	0,79-0,84 ⁽²⁾	–	10 ⁶⁽⁵⁾	–	–	I A T	Arb.pl.
<i>P. brevicompactum</i>	3-4,5 ⁽²⁾	0,78-0,82 ⁽²⁾	10 ¹⁽⁶⁾	10 ⁴⁽⁵⁾	<10 ⁽⁶⁾	+	A T	Innen
<i>P. chrysogenum</i>	3-4 \times 2,8-3,8 ⁽²⁾	0,78-0,81 ⁽²⁾	bis 10 ¹⁽⁷⁾	10 ²⁽⁵⁾	+ bis 10 ¹⁽⁷⁾	+	A T	Innen
<i>P. corylophilum</i>	2,5 - 3,0		–	n.r.	–	+		Außen
<i>P. crustosum</i>	3-4 ⁽²⁾		–	10 ⁵⁽⁵⁾	–	–	T	Arb.pl.
<i>P. expansum</i>	3-3,5 \times 2,5-3 ⁽²⁾	0,82-0,85 ⁽²⁾	–	10 ¹⁽⁵⁾	–	–	T	Innen
<i>P. glabrum</i>	3-3,5 ⁽²⁾	–	<10 ⁽⁶⁾	10 ⁴⁽⁵⁾	<5 ⁽⁶⁾	–		Arb.pl.
<i>P. lanosum</i>	2,5 - 3,0	–	+	n.r.	–	+		Innen
<i>P. roqueforti</i>	4-6(8) ⁽²⁾	0,83 ⁽²⁾	–	10 ⁴⁽⁵⁾	–	–	T	Arb.pl.
<i>Rhizopus oligosporus</i>	(4)9-10(15) \times (4)7-10(11) ⁽¹⁾	–	–	10 ⁴⁽⁵⁾	–	–		Arb.pl.
<i>Sporobolomyces sp.</i>	2,5-7 \times 6-18 (Ballistokonidien)		–	–	bis 10 ⁵⁽⁴⁾	–		Außen
<i>Stachybotrys chartarum</i>	7-12 \times 4-6 ⁽¹⁾	0,94 ⁽²⁾	–	–	–	–		Innen
<i>Trichoderma harzianum</i>	2,8-3,2 \times 2,5-2,8 ⁽²⁾	–	+	–	–	–	T	Innen
<i>T. citrinoviride</i>	1,5-2,1 \times 2,2-3,7	–	–	10 ²⁽⁵⁾	–	–		Arb.pl.

Legende: ⁽¹⁾ ex Domsch *et al.*, 1981; ⁽²⁾ ex Samson *et al.*, 1995; ⁽³⁾ ex Reiß, 1986; ⁽⁴⁾ ex Lacey, 1994; ⁽⁵⁾ ex Fischer, 2000; ⁽⁶⁾ ex Verhoeff, 1992 oder 1994; ⁽⁷⁾ ex Fradkin *et al.*, 1987; + = Art wird regelmäßig, wenn auch in niedrigen Zahlen nachgewiesen; **n.r.** = Art kommt in sehr niedrigen KBE-Zahlen vor und ist umwelthygienisch nicht relevant; – = keine Literaturangaben verfügbar; **Ges. Relev.** = Gesundheitliche Relevanz: **I** = Infektionserreger (meist Risikogruppe 2); **A** = allergen (nur für die Arten angegeben, für die Allergene beschrieben); **T** = toxinogen; Umweltbereich: Arb.pl. = Arbeitsplätze in Abfall und Landwirtschaft, Innen = Innenraum, Außen = Außenluft; Anmerkung: bei Mengenangaben ohne Quellenangabe handelt es sich um Erfahrungswerte des Instituts für Hygiene und Umweltmedizin (unveröffentlicht); * = Umweltbereich, in dem die Art häufig vorkommt.

Tabelle 2: Allergene von Schimmelpilzen, Funktion des Proteins und Kreuzreaktionen (nach verschiedenen Autoren: Horner et al. 1995, Breitenbach et al. 2002, Bisht et al. 2003, Kurup 2003)

Spezies	Allergen, MW (kD)	Biologische Funktion	Lokalisation	Kreuzreaktivität (KR), Homologien, Pathogenese
<i>Alternaria alternata</i>	Alt a 1 (28)	Glycoprotein, hitzeresistent	M, S	<u>KR:</u> <i>Stemphylium</i> spp., <i>Ulocladium</i> spp. (höherer Gehalt !)
	Alt a 2d (28)	-	-	
	Alt a 3	Hitze-Schock-Protein 70	-	
	Alt a 4 (57)	Proteindisulfid-Isomerase	-	
	Alt a 5 (45)	Enolase	-	Cla h 6
	Alt a 6 (11)	Saures Ribosomales Protein P2	-	Cla h 4
	Alt a 7 (22)	YCP4 Yeast cell cycle protein	-	Cla h 5
	Alt a 11 (45)	Enolase	-	
	Alt a 10 (53)	Aldehyddehydrogenase	-	Cla h 3
Alt a 12 (11)	Saure Ribosomales Protein P1	-		
<i>Aspergillus fumigatus</i>	Asp f 1 (17)	Mitogillin-Ribotoxin, Hitze-Schock-Protein 90	-	<u>Homologie:</u> Mitogillin von <i>A. restrictus</i>
	Asp f 2 (37)	Fibrinogen-bindendes Protein	-	
	Asp f 3 (19)	Peroxisomales Protein	-	Pen c 3
	Asp f 4 (30)	<i>Glykoprotein</i>	-	
	Asp f 5 (42)	Metalloprotease	-	
	Asp f 6 (23)	Mn-Superoxiddismutase	-	
	Asp f 8 (11)	Saures Ribosomales Protein P2	-	(<u>KR</u> generell: mit <i>Botrytis cinerea</i>)
	Asp f 9 (31)	<i>Glykoprotein</i>	-	
	Asp f 10 (34)	Aspartatprotease	-	
	Asp f 11 (19)	Cyclophylin	-	
	Asp f 12 (65)	Hitze-Schock-Protein 70	-	
	Asp f 13 (34)	Alkalische Serinprotease	-	
	Asp f 15 (20)	Serinprotease	-	
	Asp f 18 (34)	Vakuoläre Serinprotease	-	
	Asp f 22	Enolase	-	Pen c 22; Funktion in ABPA
<i>Cladosporium herbarum</i>	Cla h 1 (13)	-	-	(<u>KR</u> generell: mit <i>C. cladosporioides</i>)
	Cla h 2 (20-22)	Glycoprotein (80% Polysaccharid)	-	<i>Alt a 10</i>
	Cla h 3 (53)	Aldehyddehydrogenase	-	<i>Alt a 6</i>
	Cla h 4 (11)	Saures Ribosomales Protein P2	-	<i>Alt a 7</i>
	Cla h 5 (22)	YCP4 Yeast cell cycle protein	-	<i>Alt a 11</i>
	Cla h 6 (48)	Enolase	-	
	Cla h 12 (11)	Saures Ribosomales Protein P1	-	
<i>Curvularia lunata</i>	(26), (31), (38), (45), (50)			<u>KR:</u> <i>A. alternata</i> , <i>E. nigrum</i>
	(26), (45), (50)			<u>KR:</u> <i>A. fumigatus</i>
<i>Epicoccum nigrum</i>	(17), (26), (43)	13 Allergene, 9 Allergene (S), 6 Allergene (M)	M, S	<u>Atopiker:</u> Prävalenz 20-30% <u>KR:</u> <i>A. alternata</i> <u>KR:</u> <i>C. lunata</i> <u>KR:</u> <i>C. herbarum</i> <u>KR:</u> <i>P. citrinum</i>
	(37), (80)			
	(36), (63)			
<i>Fusarium spp.</i>		14 gemeinsame Epitope bekannt	-	
	<i>F. culmorum</i>	Fus c 1 (11) Fus c 2 (13) Fus c 3	Saures Ribosomales Protein P2 Thioredoxin-ähn. Protein	- - - Cop c 2
<i>F. solani</i>	Fus s 1 (65)	insg. 21 Allergene, <u>Atopiker:</u> Prävalenz 24%	M, S	<u>KR:</u> <i>Epicoccum nigrum</i> , <i>Wallemia sebi</i> , <i>P. notatum</i> , <i>Aspergillus glaucus</i>
<i>F. equiseti</i>		12 Allergene	M, S	
<i>F. moniliforme</i>		9 Allergene	M, S	
<i>Helminthosporium halodes</i>	—	17 Allergene (14 – 94 kD); jetzt Exserohilum rostratum	M, S	<u>KR:</u> <i>A. alternata</i> und <i>B. cinerea</i>
<i>P. brevicompactum</i>	Pen b 13		-	
<i>P. chrysogenum</i> (<i>P. notatum</i>)	Pen chr 13 (34)	Alkalische Serinprotease ; insges. 11 Allergene (20 – 90 kD)	-	<u>Homologie:</u> Pen c 1, Asp f 11, 13
	Pen chr 18 (32)	Vacuoläre Serinprotease	-	Pen c 1
	Pen chr 20 (68)	N-acetyl-glucosaminidase	-	
<i>P. citrinum</i>	Pen c 1 (33)	Alkalische Serinprotease	-	<u>KR:</u> <i>P. chrysogenum</i> und <i>P. brevicompactum</i>
	Pen c 2 (39)	Vacuoläre Serinprotease	-	<u>Homologie:</u> <i>A. niger</i>
	Pen c 3 (18)	Peroxisomales Membranprotein	-	Asp f 3
	Pen c 13	Alkalische Serinprotease	-	
	Pen c 18 (34)	Vacuolare Serinprotease	-	<i>Aspergillus oryzae</i> , <i>A. flavus</i> , <i>A. fumigatus</i>

	Pen c 19 (70)	Hitze-Schock-Protein	-	
	Pen c 22 (46)	Enolase	-	Asp f 22
	Pen c 24 (25)	Elongation factor 1- β (EF 1- β)	-	EF 1-β of <i>S. cerevisiae</i>
<i>P. oxalicum</i>	Pen o 18 (34)	Vacuolare Serinprotease	-	Pen c 1
<i>Rhizopus nigricans</i>	Rhiz 3b (12)	Glycoprotein	-	
	Rhiz 4b (14)	Glycoprotein	-	

Legende: Biologische Funktion: **fett** = homolog zu anderen Spezies, - = keine Information verfügbar

Tabelle 3: Mykotoxine und andere Sekundärmetabolite in den Sporen (Konidien) verschiedener Schimmelpilze bzw. auf Baumaterialien und ihre Relevanz für verschiedene Umweltbereiche

Spezies	Sekundärmetabolite in den Sporen / auf Baumaterialien	Literaturquelle	Relevanz
<i>A. flavus/ A. parasiticus</i>	Aflatoxin B ₁ , Aflatoxin B ₂ , Aflatoxin G ₁ , Cyclopiazonsäure, Kojisäure	Fischer et al. 2000 Gqaleni et al. 1996 Ren et al. 1999 Thißen et al. 2005 Wicklow u Shotwell 1983	AP
<i>A. fumigatus</i>	Fumigaclavin A und C, Fumitremorgen B und C, Helvolinsäure, Trypacidin, Tryptoquivalin, Verruculogen, Glotoxin*	Fischer et al. 2000 Land et al. 1994 Palmgren und Lee 1986 Ren et al. 1999 Thißen et al. 2005	AP
<i>A. ochraceus</i>	Ochratoxin A	Skaug et al. 2000	I, L
<i>A. versicolor</i>	Sterigmatocystin	Thißen et al. 2005	I
<i>Chaetomium globosum</i>	Chaetoglobosin	Nielsen et al. 1999	I
<i>Emericella nidulans</i>	Sterigmatocystin	Thißen et al. 2005	I
<i>P. brevicompactum</i>	Brevianamid A, Mycophenolsäure , Meleagrin	Fischer et al. 2000 Thißen et al. 2005	I
<i>P. clavigerum</i>	Patulin, Penitrem A	Fischer et al. 2000	AP
<i>P. crustosum</i>	Cyclopenin, Cyclophenol, Penitrem A, Roquefortin C	Fischer et al. 2000 Thißen et al. 2005	AP, I
<i>P. expansum</i>	Roquefortin C	Thißen et al. 2005	AP
<i>P. polonicum</i>	Cyclopenin, Cyclophenol, Verrucosidin	Fischer et al. 2000	AP
<i>P. roqueforti</i>	Mycophenolsäure, Roquefortin C	Thißen et al. 2005	AP
<i>P. verrucosum</i>	Ochratoxin A	Skaug et al. 2000	L
<i>Stachybotrys chartarum</i>	Satratoxin G und H	Sorenson et al. 1987	I

Legende: **AP** = Arbeitsplätze in der Abfallwirtschaft, **L** = Lebensmittel, **I** = Innenraum ; * = Vorkommen in Sporen nicht gesichert ; **fett** = Mykotoxine wurden auf Baumaterialien nachgewiesen

Tabelle 4: Konzentrationen von Mykotoxinen ($\mu\text{g/ml}$), die im MTT-Assay toxische Effekte in verschiedenen Zellsystemen auslösen

Studie	Zellsysteme	Spezies	Minimale Konzentration ($\mu\text{g/ml}$) mit toxischer Wirkung:					
			Gliotoxin	Penicillin-säure	Aflatoxin B ₁	Verrucologen	Ochratoxin A	Penitrem A
Hanelt et al. 1994	SK (Epithel, Niere)	Schwein	0.8	3.1	> 50	> 50	n.v.	n.v.
	MDCK (Epithel, Niere)	Hund	0.4	n.v.	> 200	> 200	n.v.	n.v.
	HeLa (cervic carcinoma)	Mensch	0.8	n.v.	25	> 50	n.v.	n.v.
Thißen et al. 2005	A549 (Lungenkarzinom)	Mensch	~ 0.2	~ 10	~ 20	> 20	8.0	4.0
	primäre Bronchialepithelzellen	Mensch	~ 0.15	~ 2	~ 2	~ 1.5	0.03	3.0

Legende: n.v. = Daten nicht verfügbar