

Mykotoxine

Beschaffenheit:

Mykotoxine sind Stoffwechselprodukte von Schimmelpilzen, die auf verschimmelten Lebensmitteln oder Futtermitteln vorkommen können.

Vorkommen:

Die Alkaloide des Mutterkorn-Pilzes *Claviceps purpurea* waren die ersten Mykotoxine, die entdeckt wurden. Mit der fortschreitenden Verfeinerung analytischer Methoden können immer mehr Toxine von Schimmelpilzen in Nahrungs- und Futtermitteln aufgespürt werden. Heute sind etwa 150 solche Verbindungen bekannt, die von rund 200 Kleinpilzen erzeugt werden.

Wachstum von Schimmelpilzen und Toxin-Produktion finden nur dann statt, wenn ausreichend Nährstoffe sowie Wasser zur Verfügung stehen.

Zu den giftigsten Mykotoxinen gehört die Gruppe der Aflatoxine. Sie werden von verschiedenen *Aspergillus*-Arten produziert. Besonders häufig kontaminiert sind Erdnüsse, Bohnen, Mais, Mandeln, Paranüsse, Pistazien, Feigen und Persipan. Aus verunreinigten Viehfutter können Aflatoxine auch in die Milch und in das Fleisch übergehen.

Wirkungscharakter/Toxizität:

Wirkung und Toxizität von Mykotoxinen bei Tieren ist heute hinlänglich bekannt. Über die Wirkung auf den Menschen weiß man nur sehr wenig. Am besten untersucht ist das Aflatoxin B₁:

Aflatoxin B₁ wird im Stoffwechsel, vor allem der Leber, in ein Epoxid umgewandelt, das mit zellulären Makromolekülen reagiert und z.B. an die DNS kovalent bindet. Bei Mikroorganismen werden auf diesem Wege Mutationen erzeugt. Zu den ersten beobachteten biochemischen Effekten gehört eine Hemmung der RNS-Synthese im Zellkern (Yu, 1977).

Aflatoxin B₁ ist akut toxisch. Es gehört außerdem zu den am stärksten wirksamen krebserzeugenden Stoffen. Die Empfindlichkeit ist speziesabhängig.

Beim Menschen wird die letale Dosis auf 1 bis 10 mg/kg geschätzt. Kinder sind besonders empfindlich. Zeichen einer Leberzirrhose wurden bei Kindern festgestellt, die täglich 9 bis 18 µg Aflatoxin B₁ mit verunreinigten Erdnüssen aufgenommen hatten. Auch bei Haustieren, die verunreinigtes Futter erhalten (z.B. 25 µg/kg), werden Aflatoxikosen beobachtet.

Werden geringe Mengen der Aflatoxine über eine längere Zeit aufgenommen, entstehen bei vielen Tierarten und beim Menschen Tumoren, vor allem Leberzellkarzinome und Gallengangsarkome. Bei empfindlichen Arten reicht dazu eine Konzentration von 0,1 bis 1 µg/kg Nahrung aus.

Nachweis:

In Nahrungsmitteln läßt sich Aflatoxin nach Extraktion mittels Dünnschichtchromatographie durch Vergleich mit Standardsubstanzen oder durch Fluorodensitometrie (SCHLATTER, 1978) nachweisen; Nachweisgrenze etwa 1 ng absolut; Hochdruckflüssigchromatographie (0,5 ng), Massenspektrometrie (0,1 ng). Höchstmengenverordnung für die Bundesrepublik Deutschland: 5 µg/kg Aflatoxin B₁ oder 10 µg/kg Gesamt-Aflatoxine in Lebensmitteln.

Differentialdiagnose:

Die Symptome gleichen den durch andere Lebergifte (gelber Phosphor, halogenierte Kohlenwasserstoffe, Arsenverbindungen) erzeugten oder denjenigen einer akuten Hepatitis.

Symptome:

Die akute Vergiftung mit Aflatoxin B₁ betrifft vor allem die Leber. Über eine fettige Degeneration kommt es zu zirrhotischen Veränderungen bis hin zum letalen Leberschaden. Schwere und Verlauf hängen von der

Art und Menge der Aufnahme ab. Fieber, Übelkeit und Erbrechen können einer Gelbsucht vorangehen (N.N., 1976). Klinisch kann die Erhöhung von Bilirubin, Transaminasen und Eisen im Blut festgestellt werden. Lebensbedrohlich ist der Anstieg von Blutammoniak.

Therapie:

Sofort Kohle-Pulvis, hoher Darmlauf. Gegen Erbrechen Psyquil®.
Paramomycin gegen Darmbakterien. Kontrolle der Blutgerinnung und der Leberwerte.

Prophylaxe:

Da Mykotoxine in das befallene Lebensmittel eindringen können, sollte man den Schimmel nicht bloß oberflächlich abkratzen, sondern verschimmelte Stellen tief herauschneiden oder das Lebensmittel vollkommen vernichten.

Einige der Mykotoxine lassen sich auch durch physikalische Methoden inaktivieren, beispielsweise werden durch Rösten oder Kochen der Nahrungsmittel verschiedene Mykotoxine zerstört. Erdnüsse, die ja häufig von *Aspergillus flavus* befallen werden und dann das hochtoxische Aflatoxin B₁ enthalten, werden heute einer Detoxifikation mit Calciumhydroxid-Monomethylamin unterzogen, wenn Erdnußöl hergestellt werden soll.

Dabei wird der pH-Wert auf 9,5 bis 10 gebracht, wodurch das Aflatoxin zerstört wird. Anschließend werden die Nüsse bei 85 °C für 30 min oder bei 110 °C für 1 bis 5 min erhitzt, anschließend mit strömendem Wasserdampf behandelt und schließlich in heißer Luft getrocknet.

Durch diese Prozedur läßt sich beispielsweise eine Konzentration von 5000 ppb Aflatoxin B₁ in Erdnüssen auf unter 50 ppb reduzieren.

Tab. 1: Tabelle der Mykotoxine (aus ROHN et al., 1990)

Mykotoxin	Pilzart	Vorkommen	chem. Daten (Formel, Molekulargewicht, Schmelzpunkt)	LD ₅₀	Tierart (Verabreichung)	Giftwirkung, Bemerkungen
3-Acetyl-deoxy-nivalenol	Fusarium roseum			49,4 mg/kg	Maus i.p.	
Aflatoxin B ₁	Aspergillus flavus Aspergillus parasiticus	Erdnüsse, Baumwollsaamenmehl, Getreide, Mais, Feigen	C ₁₇ H ₁₄ O ₆ MG 314,3			hepatocarcinogen, B ₁ = stärkstes pflanzliches Carcinogen. Akute Toxizität bei Ratte wie Strychnin
Aflatoxin B ₂			C ₁₇ H ₁₄ O ₆ MG 314,3	84,8 µg/50 g	Ente 1 Tag alt, oral	
Aflatoxin B _{2a}			C ₁₇ H ₁₄ O ₆ MG 314,28	~70 mg/kg	Ente 1 Tag alt, oral	
Aflatoxin G ₁			C ₁₇ H ₁₂ O ₇ MG 328,3	39,2 µg/50g	Ente 1 Tag alt, oral	
Aflatoxin G ₂			C ₁₇ H ₁₄ O ₇ MG 330,3	172,5 µg/50 g	Ente 1 Tag alt, oral	
Aflatoxin G _{2a}			C ₁₇ H ₁₄ O ₇ MG 330,28	~32 mg/kg	Ente 1 Tag alt, oral	
Aflatoxin M ₁		Milch, Milchprodukte	C ₁₇ H ₁₆ O ₇ MG 328,3	16,6 µg/ Ente	Ente 1 Tag alt, oral	hepatocarcinogen, wird im Tier aus Aflatoxin B ₁ bzw. B ₂ gebildet
Aflatoxin M ₂	Aspergillus flavus (selten)		C ₁₇ H ₁₆ O ₇ MG 330,3	62 µg/Ente	Ente 1 Tag alt, oral	
Alternantol	Alternaria alternata, Alternaria solani u.a.	Obst u. Gemüse Tabak, Hirse, Pekannüsse	C ₁₄ H ₁₈ O ₅ MG 258,23 F 350 °C (dec.)			antibiotisch und giftig für HeLa- Zellen

Tab. 1: Fortsetzung

Mykotoxin	Pilzart	Vorkommen	chem. Daten (Formel, Molekulargewicht, Schmelzpunkt)	LD ₅₀	Tierart (Verabreichung)	Giftwirkung, Bemerkungen
Alternariolmonomethylether	Alternaria alternata, A. solani u.a.	Obst u. Gemüse Tabak, Hirse, Pekannüsse	C ₁₅ H ₁₂ O ₅ MG 272,26 F 267 °C (dec.)	LD ₅₀ to HcLa 8/14 µg/ml		schwach mutagen
Aphidicolin	Nigrospora sphaerica		C ₂₀ H ₃₄ O ₆ MG 338,48 F 227-233 °C			vermutlich cancerogen
Aspergillus-säure (Aspergillin-säure)	Aspergillus flavus u.a.		C ₁₇ H ₂₀ N ₂ O ₆ MG 224,30 F 97-99 °C	200-250 mg/ kg	Maus oral	toxisch für Warmblütler
Aspertoxin	Aspergillus nidulans, Aspergillus versicolor	Reis, Getreide	C ₁₉ H ₁₄ O ₇ MG 354,3 F 236 °C		Ente	hepatocancerogen
Byssochlaminsäure	Byssochlamys fulva, Paecilomyces variotii	Obstkonserven, Fruchtsäfte	C ₁₈ H ₂₀ O ₆ MG 332,36			Zellgift
Cerulenin	(Cephalosporium) sp. Acremonium sp.		C ₃₂ H ₁₇ NO ₃ MG 223,2 F 93-94 °C			
Chaetoglobosin A	Chaetonium globosum		C ₃₂ H ₃₆ N ₂ O ₃ MG 528,64 F 168-170 °C	6,5 mg/kg	Maus s.c.	cytotoxisch, hemmt Zellteilung

Citreoviridin	Penicillium citroviride	Reis	$C_{29}H_{30}O_6$ MG 402,48 F 107–111 °C	3,6 mg/kg 11 mg/kg 29 mg/kg	Ratte s.c. Maus s.c. Maus p.o.	Japan: „shosbin-kakke“ Paralyse bei Mäusen
Citrinin (Antymycin)	Aspergillus ochraceus, Penicillium citrinum	Mais, Weizen, Hafer, Roggen u.a.	$C_{13}H_{14}O_5$ MG 250,2 F 175 °C (dec.)	35,67 mg/kg 43,0 mg/kg	Maus, Ratte, Meerschweinchen p.o.	hepatotoxisch, nephrotoxisch, nephrocancerogen
Cordycepin	Cordyceps militaris		$C_{10}H_{13}N_5O_3$ MG 251,24 F 222–224 °C			
Cyclochlorotin	Penicillium islandicum	Reis	$C_{24}H_{31}O_7N_3Cl_2$ MG 565,63 F 255 °C (dec.)	0,47 mg/kg	Maus s.c.	verursacht Atmungs- u. Kreislauf- erkrankungen
Cyclopiazon- säure	Penicillium cyclopium, Aspergillus versicolor	Bohnen, Maismehl, Weizen	$C_{20}H_{20}N_2O_3$ MG 336,37 F 245–246 °C	36,0 mg/kg 63,0 mg/kg	Ratte ♂ oral Ratte ♀ oral	neurotoxisch
Cytochalasin A	Helminthosporium dematioidicum		$C_{29}H_{35}NO_5$ MG 477,6 F 182–185 °C			
Cytochalasin B	Helminthosporium dematioidicum		$C_{29}H_{37}NO_5$ MG 479,6 F 218–221 °C			
Cytochalasin C	Metarrhizium anisopliae		$C_{30}H_{37}NO_6$ MG 507,6 F 260–264 °C			
Cytochalasin D	Zygosporium mansonii		$C_{30}H_{37}NO_6$ MG 507,6 F 267–271 °C			
Cytochalasin E	Aspergillus clavatus		$C_{28}H_{33}NO_7$ MG 495,6 F 206–209 °C			

Tab. 1: Fortsetzung

Mykotoxin	Pilzart	Vorkommen	chem. Daten (Formel, Molekulargewicht, Schmelzpunkt)	LD ₅₀	Tierart (Verabreichung)	Giftwirkung, Bemerkungen
Diacetoxiscirpenol (Angvidin)	Fusarium sambucinum u.a.		$C_{19}H_{26}O_7$ MG 366,42 F 161–162 °C	23 mg/kg	Maus i.p.	dermatotoxisch
4,15-Diacetylverrucarol	Myrothecium- Arten		$C_{19}H_{26}O_6$ MG 350,40 F 147–148 °C			
Fumosin B ₁	Fusarium moniliformis	Mais	$C_{34}H_{59}NO_{15}$ MG 722			Leucoencephalie bei Pferden
Fusarenon-X	Fusarium- Arten		$C_{17}H_{32}O_8$ MG 354,35 F 91–92 °C	3–4 mg	Maus i.p.	cytotoxisch, dermatotoxisch
Fusarsäure (Butylpicolin- säure)	Gibberella fujikuroi		$C_{10}H_{13}NO_2$ MG 179,22			
Gliotoxin (Aspergillin)	Gliocladium fimbriatum, Penicillium u. Aspergillus- Arten		$C_{11}H_{11}N_2O_8S_2$ MG 326,38 F 221 °C (dec.)	45 mg/kg	Kaninchen i.v. i.p.	antibiotisch antiviral
HTZ-Toxin	Fusarium culmorum, Fusarium poae u.a.	Getreide	$C_{23}H_{32}O_8$ MG 424,49	9 mg/kg 0,5 µg	Maus s.c. Hühner- embryo	alimentäre toxische Aleukie (ATA), Hautnekrosen
Hyalodendrin	Hyalodendron- Arten		$C_{14}H_{18}N_2O_3S_2$ MG 324,41	75 mg/kg	Maus i.p.	toxisch für Wirbel- tiere

Ipomeanin	Fusarium solani Ceratocystis, fimbriata	infizierte Bataten	$C_9H_{10}O_3$ MG 166,17 Kp 0,001 74-79 °C	26 mg/kg	Maus oral	Lungen- und Leber- schäden, Phytoalexin
Islanditoxin, Islandicin	Penicillium islandicum	Getreide, Reis	$C_{24}H_{31}O_7N_5Cl_2$ MG 571,44 F 250-251 °C (dec.)	3,6 mg/kg	Maus s.c.	
Luteoskyrin	Penicillium islandicum	Getreide, Reis	$C_{34}H_{43}O_{12}$ MG 574,5 F 281 °C (dec.)	145,0 mg/kg	Maus i.p.	hepatotoxisch, cancerogen
Malformin A	Aspergillus niger		$C_{24}H_{39}N_5O_5S_2$ MG 529,71 F \rightarrow 300 °C (dec.)	3 mg/kg	Maus i.p.	greift Leber, Nieren u. Gastrointestinal- trakt an
Maltoryzin	Aspergillus oryzae	Malzkeime	$C_{11}H_{12}O_4$ MG 208,21	3,0 mg/kg	Maus i.p.	neuro- und hepato- toxisch
5-Methoxy- sterigmatocystin	Aspergillus versicolor		$C_{19}H_{14}O_7$ MG 354,3 F 223 °C (dec.)			
O-Methyl- sterigmatocystin	Aspergillus flavus		$C_{19}H_{16}O_6$ MG 338,3			hemmt den Hexidin-Einbau, vermutlich cancero- gen
Moniliformin (Natriumsalz)	Fusarium fusaroides, Fusarium moni- forme u. a.	Gerste, Mais	C_7HONa MG 120,04 F > 350 °C	29,1 mg/kg 20,9 mg/kg	Maus ♂ Maus ♀	gastroenteritisch, hämorragisch
Mykophenol- säure	Penicillium brevicompac- tum		$C_{17}H_{20}O_6$ MG 320,31 F 141 °C	2500 mg/kg	Maus i.p.	

Tab. 1. Fortsetzung

Mykotoxin	Pilzart	Vorkommen	chem. Daten (Formel, Molekulargewicht, Schmelzpunkt)	LD ₅₀	Tierart (Verabreichung)	Giftwirkung, Bemerkungen
Neosolaniol	Fusarium sp.		C ₁₉ H ₂₆ O ₈ MG 382,42 F 171-172 °C	14,5 mg/kg	Maus i.p.	Haut reizend, sehr giftig
Nivalenol	Fusarium nivale	Gerste, Mais Weizengries, Weizenkleie	C ₁₇ H ₂₀ O ₇ MG 312,33 F 222-223 °C (dec.)	40 mg/kg	Maus i.p.	hämorrhagisch
Ochratoxin A	Aspergillus ochraceus, Penicillium viridicatum	Erdnüsse, Mais, Weizen, Baumwollsaamenmehl	C ₂₆ H ₁₈ ClNO ₆ MG 403,5 F 169 °C	20-22 mg/kg 0,15 mg/kg	Ratte oral Küken	nephrotoxisch, verursacht Nekrosen, cancerogen
Oosporin	Penicillium-, Oospora-, Chaetomium-, Acremonium- Arten		C ₁₄ H ₁₀ O ₈ MG 306,04 F 260-275 °C (subl.)	6 mg/kg	Küken p.o. 1 Tag	Wachstums- hemmer, phyto- toxisch
Ophioholin A (Cochliobolin A)	Ophiobolus heterosporus, Helminthosporium sp.		C ₂₅ H ₃₆ O ₄ MG 400,56 F 182 °C			

Patulin Syn.: Clavatin Clavacin Clavofor- min Leucopin	Penicillium claviforme, Penicillium expansum, Penicillium griseofulvum, Penicillium leucopus, Penicillium clavatus, Penicillium giganteus, Penicillium terreus	Apfelsaft, Äpfel und andere Obst- arten	$C_8H_8O_4$ MG 154,1 F 110–111 °C	20,0 mg/kg 170,0 mg/kg 30,5 mg/kg 4,5 mg/kg	Maus i.v. Küken oral Ratte ♂ oral Ratte ♂ i.v.	hämorhagisch, ödematös, cancerogen (s.c.), bei Braunfäule in der ganzen Frucht, bei Birnen und Pfirsichen
Penicillinsäure	Penicillium- und Aspergillus- Arten	Mais, Futter- mittel	$C_8H_{10}O_4$ MG 170,2	100 mg/kg	Maus s.c.	antibiotisch, cancerogen (s.c.)
Penicilliposin (Mycoporphy- rin)	Penicilliposia clavariaeformis	Diospyros macrophylla	$C_{30}H_{24}O_8$ MG 510, 43 F 330 °C (dec.)			in höherer Dosis zellproliferations- hemmend, in gerin- gerer retroviren- hemmend
PR-Toxin	Penicillium roqueforti	Reismehl und andere Nah- rungsmittel	$C_{17}H_{20}O_6$ MG 320,35 F 155–157 °C	7,0 mg/kg	Maus i.p.	
Prymnesin	Prymnesium parvum					
Roquefortin	Penicillium roqueforti, Penicillium commune	Reismehl u.a. Nahrungsmittel	$C_{22}H_{23}N_5O_2$ MG 389,45 F 195–200 °C	18,0 mg/kg	Maus i.p.	neurotoxisch, paralytisch
Roridin A	Myrothecium roridum, M. verrucaria		$C_9H_{40}O_9$ MG 532,6 F 198–204 °C	<10 mg/kg	Maus i.p.	cytostatisch gegen verschiedene Tumorzellen

Tab. 1: Fortsetzung

Mykotoxin	Pilzart	Vorkommen	chem. Daten (Formel, Molekulargewicht, Schmelzpunkt)	LD ₅₀	Tierart (Verabreichung)	Giftwirkung, Bemerkungen
Rubratoxin A	Penicillium rubrum, purpurogenum	Getreide	C ₂₆ H ₃₂ O ₁₁ MG 520,5	6,6 mg/kg	Maus i.p.	mutagen, teratogen, hämorrhagisch
Rubratoxin B	Penicillium rubrum, purpurogenum	Getreide, Mais	C ₂₆ H ₃₀ O ₁₁ MG 518,5	3,0 mg/kg 83 mg/kg	Maus i.p. Huhn p.o.	hepatotoxisch, teratogen
Scirpentriol	Fusarium equiseti		C ₁₃ H ₂₂ O ₅ MG 282,34	0,81 mg/kg	Ratte i.p.	
Secalonsäure A	Claviceps purpurea (Secale cornutum)	Weizen, Roggen, Gerste, Hafer	C ₃₂ H ₅₀ O ₁₄ MG 638,59 F 246–248 °C	<50 mg/kg	Maus i.v.	
Secalonsäure B	Claviceps purpurea (Secale cornutum)	Weizen, Roggen, Gerste, Hafer	F 254–256 °C			
Secalonsäure C	Claviceps purpurea (Secale cornutum)	Weizen, Roggen, Gerste, Hafer	F 159–161 °C			
Secalonsäure D	Aspergillus aculeatus, Penicillium oxalicum n.a.	Maisstaub (USA)	C ₂₇ H ₃₉ O ₁₄ MG 638,59 F 225–259 °C	42 mg/kg	Maus i.p.	optischer Antipode zu S.A.
Secalonsäure E	Phoma terrestris		F 206–208 °C			
Secalonsäure F	Aspergillus aculeatus		F 218–221 °C			

Secalonsäure G	Pyrenochacta terrestris			F 206-207 °C			
Sirodesmine (A, B, C, G)	Sirodesmium- Arten	Futtermittel, Getreide		$C_{20}H_{26}N_2O_8S_4$ MG 490,47		gastroenteritisch, USA: Blackpatch disease	
Skyrin	Penicillioopsis clavariaeformis	Diospyros macrophylla		$C_{30}H_{18}O_7$ MG 490,47		gastroenteritisch, Speichelfluß aus- lösend	
Slaframin	Rhizotonia leguminicola	Rotklee		$C_{10}H_{18}N_2O_2$ MG 198,26		verursacht Facial- ekzeme bei Schafen, gastroenteritisch, z. Therapie Zink- sulfat	
Sporidesmin (Sporidesmine B, C, E, F, G, H, J)	Pithomyces charterum	Getreide		$C_{18}H_{32}ClN_3O_8S_2$ MG 475,5	0,5 mg/kg	Schaf	
Sterigmatocystin	Aspergillus nidulans, Aspergillus versicolor	Reis, Getreide Mais, Weizen, Kaffee, Hart- käse		$C_{18}H_{12}O_6$ MG 324,3	800 mg/kg	Maus ♂ oral	hepatocarcinogen
Swainsonin	Rhizotonia leguminicola				65,0 mg/kg 120-166 mg/ kg	Ratte i.p. Ratte p.o.	
Tenoxin	Alternaria alternata			$C_{22}H_{30}N_4O_4$ MG 414,50 F 172,5° C			Inhibitor von α-Mannosidasen
Tenuazonensäure	Alternaria alternata u.a., Phoma sorghina	Äpfel, Tomaten		$C_{10}H_{13}NO_3$ MG 197,23			antibiotisch, antiviral
Terrucosäure	Aspergillus fumigatus u.a.			$C_7H_8O_4$ MG 154,12	80 mg/kg	Maus i.v.	

Tab. 1: Fortsetzung

Mykotoxin	Pilzart	Vorkommen	chem. Daten (Formel, Molekulargewicht, Schmelzpunkt)	LD ₅₀	Tierart (Verabreichung)	Giftwirkung, Bemerkungen
T-2-Tetraol	Fusarium spp.		C ₁₅ H ₂₂ O ₆ MG 298,32			
T-2-Toxin	Fusarium spp. Trichoderma spp.	Gerste, Hirse, Mais	C ₂₄ H ₃₀ O ₉ MG 462,50	4 mg/kg	weibliche Ratte	alimentäre toxische Aleukie (ATA)
Trichothecalon	Trichothecium roseum		C ₁₈ H ₃₀ O ₄ MG 264,33 F 183-184 °C			Hydrolyse-Produkt von Trichothecin
Trichothecene: Trichothecin Fusarenon Roscotoxin Stachybotryotoxin T-2-Toxin ca. 60 verschiedene Verbindungen sind z.Z. bekannt. Siehe auch S. 247	Fusarium-Arten, Trichothecium-Arten	Getreide, Hirse				1. Stadium: Schleimhautbrennen 2. Stadium: Abnahme Leukozyten 3. Stadium: Perichiale Blutung, Leukopenie (krankhafte Leukozytenverminderung), auch: hämorrhagisch, neurotoxisch, enzootisch. Sehr ernste u. in vielen Fällen tödl. Vergift. bei Mensch und Tier. Bezeichnungen: akakabito toxicosis; alimentary toxic alencia; Stachybotryotoxicosis, Fusario- toxicosis u.a. (nach Liebenow)

Trichothecin	Trichothecium roseum, Fusarium graminearum	$C_{19}H_{34}O_3$ MG 332,40 F 118 °C	300 mg/kg	Maus i.v.	
Verrucaric A (Muconomycin A)	Myrothecium-Arten	$C_{27}H_{34}O_9$ MG 502,57 F > 330 °C (Zers.)	1,5 mg/kg 0,87 mg/kg 0,54 mg/kg	Maus i.v. Ratte i.v. Kaninchen i.v.	antibiotisch, antiviral
Verrucarol		$C_{13}H_{22}O_4$ MG 266,33 F 155-158 °C			Hydrolyseprodukt des Verrucarins
Verruculogen	Penicillium verrucosum	$C_{27}H_{33}N_2O_7$ MG 511,58 F 233-235 °C	2,4 mg/kg	Maus i.p.	
Verticillin A (Verticilline B, C)	Verticillium-Arten	$C_{30}H_{38}N_6O_8S_4$ MG 696,83 F 202-217 °C	0,2 µg/ml 7,6 mg/kg	HeLa-zellen Maus i.p.	gastroenteritisch, antibiotisch
Viridin	Gliocladium viride	$H_{30}H_{16}O_{12}$ MG 352,33 F 208-217 °C			Antimykotikum
Xanthomnegnin	Aspergillus-Penicillium, Trichophyton- u. Microsporium-Arten	$C_{30}H_{32}O_{12}$ MG 574,49 F > 264 °C (dec.)			hepatotoxisch
Zearalenol	Fusarium sp.				wird im Tier nach Aufnahme von Zearalenon gebildet
Zearalenon (F-2-Toxin)	Fusarium graminearum u.a.	$C_{18}H_{22}O_5$ MG 318,4 F ~ 165 °C	chronische Toxizität 0,12 mg/kg Futter	Schwein p.o.	makrozyklisches Lacton, östrogen, Unfruchtbarkeit bei Kühen etc.

Tab. 1: Fortsetzung

Mykotoxin	Pilzart	Vorkommen	chem. Daten (Formel, Molekulargewicht, Schmelzpunkt)	LD ₅₀	Tierart (Verabreichung)	Giftwirkung, Bemerkungen
Zygosporin E	Zygosporium masonii		C ₃₉ H ₃₇ NO ₅ MG 491,62 F 218–223 °C			cytoroxisch

Literatur:

- BETINA, V. (ed.): *Mycotoxins – Production, Isolation, Separation and Purification*. Elsevier, Amsterdam, New York (1984)
- BEUCHAT, L.R. (ed.): *Food and Beverage Mycology*. 2. Edit. Van Nostrand Reinhold Co. Inc., New York (1987)
- CLASSEN, H.-G., ELIAS, P.S., HAMMES, W.P.: *Toxikologisch-hygienische Beurteilung von Lebensmittelinhalts- und Zusatzstoffen sowie bedenklicher Verunreinigungen*. Verlag Paul Parey, Berlin, Hamburg (1987).
- COLE, R., COX, J., RICHARD, H.: *Handbook of Toxic Fungal Metabolites*. Academic Press, 937 S., New York, London (1981)
- DFG. Deutsche Forschungsgemeinschaft, Mitt. XI. Starterkulturen und Enzyme für die Lebensmitteltechnik. VCH Verlagsges. Weinheim (1987)
- FRANK H.K.: *Aflatoxine – Bildungsbedingungen, Eigenschaften und Bedeutung für die Lebensmittelwirtschaft*. B. Behr's Verlag, Hamburg (1974)
- FRANK, H.K.: *Mykotoxine in Lebens- und Futtermitteln*. In: *Materialien zur Umweltforschung*, Band 16. Verl. W. Kohlhammer GmbH, November 1988
- GEDEK, B.: *Kompodium der medizinischen Mykologie*. Verlag Paul Parey, Berlin, Hamburg (1980)
- GOLDBLATT, L.A. (ed.): *Aflatoxin*. Food Science and technology, A Series of Monographs. Academic Press, New York/London (1969)
- HANSEN, E.: *Med. u. Ernähr.* 12, 11, 249–259 (1971)
- JEMMALI, M. (ed.): *Les mycotoxines dans l'alimentation*. Ite Symposium International IUPAC sur les Mycotoxines dans l'Alimentation. Edition C.N.R.S., Paris 16–18 Septembre 1976
- KURATA, H., UENO, Y. (ed.): *Toxicogenic Fungi – Their Toxins and Health Hazard*. Elsevier, Amsterdam, New York (1984)
- NEUMANN, I.G.: *Aflatoxin B₁*, DAZ 32 (1983)
- NEUMANN, H.-G.: *Karzinogene in der Nahrung, in Ernährung und Umwelt – eine Bestandsaufnahme*. K. Schreier, I. Eckert (Hrsg.), Georg Thieme Verlag, Stuttgart (1977)
- N.N.: *Possible Effects of Aflatoxin Consumption by Man*, Editorial, *Food Cosmet. Toxicol.* 14, 151–152 (1976)
- REISS, J. (Hrsg.): *Mykotoxine in Lebensmitteln*. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, New York (1981)
- REISS, J.: *Schimmelpilze – Lebensweise, Nutzen, Schaden, Bekämpfung*. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, Tokio (1986)
- RODRICKS, J.V. (ed.): *Mycotoxins and other Fungal related Food problems*. American Chemical Society, Washington D.C. (1976)
- ROTH, L., FRANK, H., KORMANN, K.: *Giftpilze – Pilzgifte*. ecomed verlagsgesellschaft, Landsberg (1990)
- SCHLATTER, Ch., POIGER, H. (Hrsg.): *Gesundheitsgefährdung durch Aflatoxine*. Eigenverlag Institut für Toxikologie der ETH und der Universität, Zürich (1978)
- STEYN, P.S., VLEGGAAR, R. (ed.): *Mycotoxins and Phytotoxins*. Elsevier, Amsterdam, New York (1986)
- TANNENBAUM, S.W. (ed.): *Cytochalasins*. Biochemical and Cell Biological Aspects. North Holland, Amsterdam, New York, Oxford (1978)
- THALMANN, A.: *Fusarientoxine in Futtermitteln und Lebensmittelrohstoffen*. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart (1986)
- URAGUCHI, K., YAMAZAKI, M. (ed.): *Toxicology, Biochemistry and Pathology of Mycotoxins*. Halsted Press, New York (1978)
- WOGAN, G.N. (ed.): *Mycotoxins in Foodstuffs*. The M.I.T. Press, Cambridge, Massachusetts, USA (1966)
- WYLLIE, T.D., MOREHOUSE, L.G. (ed.): *Mycotoxic Fungi, Mycotoxins, Mycotoxicoses – An Encyclopedic Handbook*. Vol. 1–3. Marcel Dekker, Inc. New York, Basel (1977)
- Yu, F.L.: *Mechanism of Aflatoxin B₁ Inhibition of Rat Hepatic Nuclear RNA Synthesis*, *J. Biol. Chem.* 252, 3245–3251 (1977)