

Empfehlungen der Branche zur Prävention von Mykotoxinen im Getreide

1. Einleitung

Die meisten Mykotoxine werden durch Pilze der Gattung *Fusarium* produziert. Der wichtigste Infektionsort und –zeitpunkt der Fusarien ist beim Halmgetreide die Ähre während der Blüte. Ein Befall der Halme ist jedoch während einem längeren Teil der Vegetationsperiode ebenfalls möglich. Beim Mais können die Fusarien entweder die Stängel oder auch die Kolben befallen. Haben sie das Getreide oder den Mais befallen, können die Fusarien bis zur Ernte Mykotoxine bilden. Die von *Fusarium graminearum* und *F. culmorum* produzierten Mykotoxine Deoxynivalenol (DON) und Zearalenon (ZEA) sind die häufigsten Mykotoxine auf Weizen und Triticale. Mais kann zusätzlich durch Fumonisine kontaminiert werden, das von *F. moniliforme* gebildet wird.

Befall durch Fusarien tritt dann auf, wenn folgende drei Bedingungen erfüllt sind: Präsenz von Infektionsmaterial (Erreger), anfällige Arten/Sorten (Wirt) und feuchtes Wetter während des anfälligen Stadiums des Getreides (Umwelt) respektive des befallenen Pflanzenteils (bei Halmgetreide vor allem während der Blütezeit).

Mais als Vorfrucht, eine Fruchtfolge mit hohem Getreide- und Maisanteil, Anbausysteme ohne vollständige Einarbeitung der Strohrückstände und die Sortenanfälligkeit sind die Hauptrisikofaktoren (siehe nachstehende Tabelle) für *Fusarium*-Befälle. Andere Faktoren wie eine späte Behandlung mit einem Strobilurin-haltigen Fungizid, eine übermässige Stickstoffdüngung oder die Verwendung eines Halmverkürzers können ebenfalls eine - wenn auch geringere - Rolle spielen. Das Auftreten von Symptomen (Taubährigkeit) auf den Pflanzen stimmt nicht immer gut mit der Präsenz von Mykotoxinen überein. So kann es vorkommen, dass scheinbar befallene Körner keine Mykotoxine beinhalten und umgekehrt. In der Regel produzieren die Fusarien nach der Ernte keine Toxine mehr, wenn das Getreide unter optimalen Bedingungen gelagert wird (trocken, niedrige Temperatur).

Während der Lagerung können jedoch Mykotoxine durch Pilze der Gattung *Aspergillus* und *Penicillium* produziert werden. Unter ungünstigen Lagerbedingungen (zu hoher Feuchtigkeitsgrad, etc.) kann z.B. Ochratoxin A durch Arten beider obgenannten Gattungen gebildet werden. Das durch *Aspergillus*-Arten produzierte Aflatoxin ist ein hoch giftiger Stoff, der glücklicherweise in der Schweiz nur sehr selten vorkommt. Jedoch ist das Risiko in importierten Mais-, Erdnuss-, Baumnuss- und Ölsaatenposten aus tropischen oder subtropischen Ländern auf Grund der dortigen klimatischen Bedingungen leicht höher, so dass bei solchen Posten Wachsamkeit geboten ist.

In Anbetracht der obgenannten Risikofaktoren beziehen sich die Empfehlungen der Branche hauptsächlich auf präventive Massnahmen.

2. Negative Auswirkungen der Mykotoxine

Die in der Tabelle 1 aufgelisteten negativen Auswirkungen erfolgen bei akuten Vergiftungen mit ziemlich hohen Konzentrationen. Die Symptome hängen von der Mykotoxin-Art ab und variieren je nach Tiergattung.

Tabelle 1 : Zusammenfassung der negativen Effekte der häufigsten Mykotoxine

	Bekannte negative Wirkungen auf Mensch und Tiere	Spezifische Bemerkungen für gewisse Tierarten.
Aflatoxin	<ul style="list-style-type: none"> • karzinogen • mutagen • Hemmung des Immunsystems 	
Deoxynivalenol	<ul style="list-style-type: none"> • Hemmung der Proteinsynthese • Haut- und Zellschädigung • innere Blutungen • Hemmung des Immunsystems 	<ul style="list-style-type: none"> • Schweine : Erbrechen bei akuter Vergiftung, Rückgang der Futteraufnahme bei chronischer Belastung. • Schwächung der körpereigenen Abwehr und damit erhöhter Infektionsanfälligkeit • Geflügel und Wiederkäuer sind weniger empfindlich als Schweine.
T-2 Toxin, HT-2 Toxin	<ul style="list-style-type: none"> • Reizung von Haut- und Schleimhaut beim Kontakt mit Toxinen • innere Blutungen • Hemmung des Hormonsystems 	<ul style="list-style-type: none"> • Schweine : Erbrechen bei akuter Vergiftung, Rückgang der Futteraufnahme bei chronischer Belastung. Hautreizung an der Schnauze. Reduzierte Fruchtbarkeit. • Geflügel und Rindvieh sind weniger empfindlich.
Zearalenon	<ul style="list-style-type: none"> • Beeinflussung der Fortpflanzungsorgane (östrogene Wirkung) 	<ul style="list-style-type: none"> • Prä-pubertäre Schweine : Schwellung der Zitzen und oder der Vulva. • Zuchtsauen : Fruchtbarkeitsstörungen. • Geflügel und Wiederkäuer sind weniger empfindlich als Schweine.
Fumonisin	<ul style="list-style-type: none"> • karzinogen • Beeinträchtigung des Lipidstoffwechsels 	<ul style="list-style-type: none"> • Pferde (Hirnschädigung) und Kaninchen sind am empfindlichsten, gefolgt von Schweinen (Lungen- und Leberschädigung).
Ochratoxin A	<ul style="list-style-type: none"> • mögliche karzinogene Wirkung • Missbildungen • Hemmung des Immunsystems • Nierenschäden und Beeinträchtigung des Nervensystems 	<ul style="list-style-type: none"> • Schweine und Geflügel von gleicher Empfindlichkeit : nierentoxisch, unspezifischer Leistungsrückgang, Beeinträchtigung des Immunsystems.

Die chronischen, durch kleinere Konzentrationen verursachten Vergiftungen, welche in der Praxis häufiger vorkommen, werden von weniger spezifischen Symptomen begleitet – beispielsweise Wachstumsverzögerungen oder Fruchtbarkeitsstörungen - deren Diagnose viel schwieriger ist. In einem solchen Fall gilt es zuerst, alle anderen Möglichkeiten auszuschliessen (z.B.: ungeeignete Fütterung, andere Krankheiten), bevor dem Verdacht auf Mykotoxinvergiftung nachgegangen wird.

Die Sensibilität gegenüber Mykotoxinen kann je nach Tierart und Zuchtmodus variieren. Die Schweine weisen die grösste Sensibilität auf (Mastschweine gegenüber Deoxynivalenol und Ochratoxin A; Zuchtsauen gegenüber Zearalenon), gefolgt vom Geflügel (insbesondere gegenüber Ochratoxin A) und vom Rindvieh. Die letzte Gruppe ist am wenigsten sensibel, da die Mikroorganismen im Vormagen gewisse Mykotoxine teilweise deaktivieren können.

Anmerkung:

Die Mykotoxine gelangen oral und seltener inhalativ in den Organismus. Eine Mykotoxinvergiftung ist keine infektiöse Erkrankung und kann demzufolge nicht mit Antibiotika behandelt werden. Zwischen der Vergiftung und dem kontaminierten Futtermittel (kontaminiertes Getreide, Futtermittel oder Stroh) besteht ein Zusammenhang.

3. Empfehlungen auf der Stufe der Getreideproduktion

3.1 Die wichtigsten Risikofaktoren in abnehmender Reihenfolge:

Risikofaktoren	Kann das Risiko steigern um:	Bemerkungen
1) Vorfrucht Mais	⇒ Faktor 6 – 10*	Die Beachtung der Sortenanfälligkeit genügt oft nicht, wenn direkt gesäter Weizen oder Triticale nach Mais folgt, ist aber ausreichend, sobald nur einer der beiden obenerwähnten Risikofaktoren vorhanden ist.
2) minimale Bodenbearbeitung ohne Einarbeiten der Strohrückstände (insbesondere Direktsaat)	⇒ Faktor 5 – 8*	
3) anfällige Sorten	⇒ Faktor 1.5 – 2.5*	

* Risikosteigerung erhoben anhand des Kriteriums *Fusarium graminearum* / DON (im Vergleich mit anderer Vorfrucht, Pflügen, toleranterer Sorten) in einer Studie der Agroscope Reckenholz, in Zusammenarbeit mit der kantonalen Zentralstelle für Pflanzenschutz Aargau.

3.2 Vorbeugende Empfehlungen

Diversifizierte Fruchtfolge:

- Fruchtfolge mit hohem Getreideanteil vermeiden, insbesondere ein zu hoher Körnermaisanteil.
- Kein Anbau von Weizen oder Triticale nach Mais sowie von Triticale nach Weizen in Anbausystemen ohne vollständige Einarbeitung der Pflanzenreste.

Bodenbearbeitung – rasche Zerlegung der Rückstände:

- Strohrückstände gut zerkleinern, gut verteilen und so in den Boden einarbeiten, dass sie rasch verrotten. Es ist wichtig, die Rückstände nicht zu tief einzuarbeiten.
- Keine Direktsaat nach Mais, dies ist notwendig für die Bekämpfung des Maiszünslers.
- Oberflächliche Bodenbearbeitung und Pflügen angemessen abwechseln.

Sortenanfälligkeit:

- Wenig anfällige Sorten respektiv Arten auswählen, insbesondere in Regionen mit höheren Niederschlägen und feuchtwarmen Bedingungen während der Blütezeit sowie bei anderen Risikosituationen
- Für Weizen und Triticale ist die Anfälligkeit auf Fusarien in den empfohlenen Sortenlisten von swiss granum beschrieben. Für Mais beziehe man sich auf die in der Sortenliste angegebene Anfälligkeit auf Stängelfäule.

Ernte und Lieferung:

- Ernten, sobald das Getreide das erwünschte Reifestadium erreicht hat und der Feuchtigkeitsgehalt tief ist. Späternten von Körnermais vermeiden (angemessene Frühreife wählen!).
- Mähdrescher so einstellen, dass ein Maximum an Strohrückständen, Spelzen, Schmachtkörnern und anderen Verunreinigungen eliminiert wird.
- Durch Fusarien beeinträchtigte Parzellen oder Teilparzellen separat ernten und abliefern (bedingt eine intensivere Sortierung und Reinigung; Analyse empfohlen).
- Körnermais sofort nach der Ernte trocknen resp. rasch silieren.
- Getreide, das bei zu hohem Feuchtigkeitsgrad geerntet wurde, sofort trocknen.
- Getreide rasch sortieren, reinigen und optimal lagern.

Aussaatdichte und angemessene Düngung:

- Zu hohe Dichte vermeiden, damit nicht ein zu feuchtes Mikroklima in der Kultur gefördert wird.
- Düngung nach den Bedürfnissen der Kultur richten. Insbesondere sind zu starke und zu späte Stickstoffdüngung zu vermeiden.

Fungizide:

- Keine Strobilurin-haltige Fungizide nach dem Stadium « Fahnenblattscheide geschwollen » (DC41) beim Getreide anwenden.

4. Empfehlungen auf der Stufe der Sammelstellen

Zusammenarbeit mit den Landwirten:

- Mit Landwirten, die auf der Stufe der Produktion einzuhaltenden Empfehlungen festlegen (Punkt 3).
- Modalitäten für Spätablieferungen regeln.

Allgemeine Hygienemassnahmen:

- Intensive Reinigung aller Anlagen und aller Räumlichkeiten mindestens einmal pro Jahr und Beseitigung des Staubes.

Übernahme:

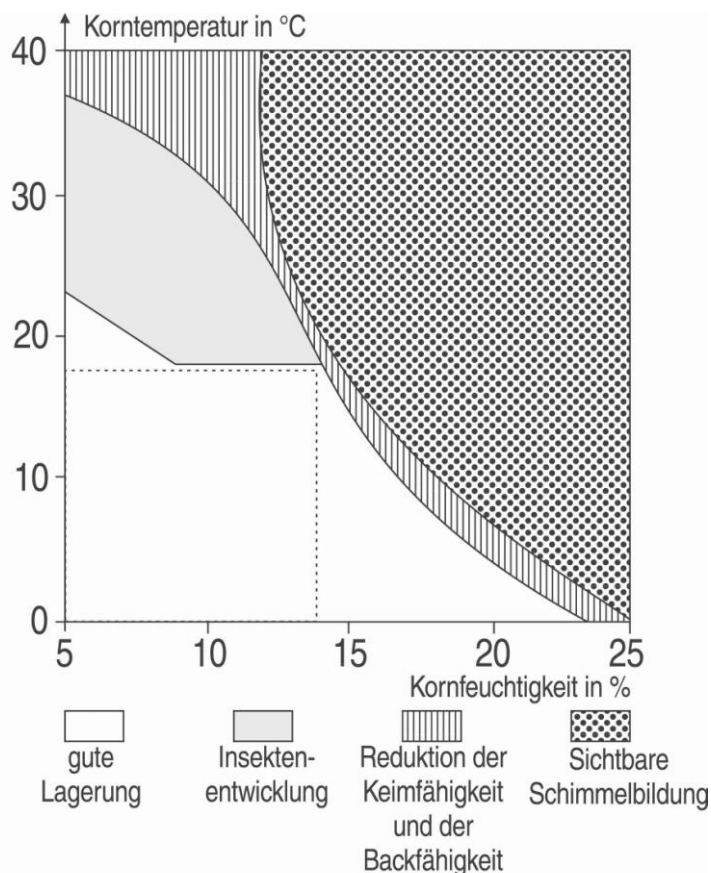
- Für jeden Posten: Strenge visuelle Qualitätskontrolle und Entnahme eines Rückstellmusters vor dem Abladen in die Übernahmegosse.
- Bei visuell sichtbarem Befall (rosafarbige oder geschrumpfte Körner) oder Risikofaktoren auf Stufe Produktion ist der Posten nach Möglichkeit separat zu lagern. Falls vor der Übernahme ein Schnelltest ⁽¹⁾ durchgeführt werden kann, ist die separate Lagerung nur bei einem positiven Resultat vorzunehmen.
- In Risikozonen oder im Falle von Auswuchsweizen, die Produzenten nach der angewandten Anbautechnik befragen und die Posten, welche als Vorkultur Mais hatten und / oder solche mit minimaler Bodenbearbeitung separat lagern.

⁽¹⁾ Nützliche Adressen für Schnelltests: www.charm.com, www.neogen.com, www.r-biopharm.com

Sortierung, Reinigung und Lagerung:

- Alles Getreide sorgfältig sortieren und reinigen.
- Jeglichen Staub entfernen, der bei den verschiedenen Arbeitsstufen anfällt.
- Posten mit sichtbaren Symptomen oder mit Risikofaktor auf Stufe Produktion, respektive mit einem positiven Resultat beim Schnelltest, besonders behandeln:
 - ⇒ Separat lagern
 - ⇒ Nachreinigung
 - ⇒ Sortierabfälle entsorgen
 - ⇒ Von der Zelle der zweifelhaften Posten ist ein ordentliches Sammelmuster zu nehmen und eine Analyse mittels HPLC-Methode durchführen zu lassen, bevor die Ware verkauft oder weiterverwendet wird. Ungefähr eine 10 kg - Sammelmuster ab automatischem Probenehmer entnehmen, daraus mind. 1 kg Labormuster ziehen und analysieren.
- Elementare Lagerungsgrundsätze während der gesamten Lagerungszeit strikt einhalten (siehe Grafik 1). Zu den wichtigsten Elementen gehören insbesondere: Regelmässige Kontrolle der Temperatur, der Feuchtigkeit (Wasseraktivität) und der allfälligen Präsenz von Schädlingen sowie periodische Homogenisierung der Zellen.
- Beim Verkauf der Ware: Bei jeder Lieferung ein Rückstellmuster entnehmen.

Grafik 1: allgemeines Diagramm Lagerung von Getreide



5. Grenzwerte und empfohlene Maximalwerte

A. Höchstgehalte im Futtermittelsektor

Tabelle 2: Höchstgehalte für **Aflatoxin B₁**, die in der Futtermittelbuch-Verordnung (FMBV, RS 916.307.1, Anhang 10) aufgelistet sind.

Futtermittel	Höchstgehalt (mg / kg)
Alle Ausgangsprodukte	0.02
Alleinfuttermittel für Rinder, Schafe und Ziegen ausgenommen:	0.02
- Alleinfuttermittel für Milchvieh	0.005
- Alleinfuttermittel für Kälber und Lämmer	0.01
Alleinfuttermittel für Schweine und Geflügel, ausgenommen Jungtiere	0.02
Andere Alleinfuttermittel	0.01
Ergänzungsfuttermittel für Rinder, Schafe und Ziegen ausgenommen für Milchvieh, Kälber und Lämmer	0.02
Ergänzungsfuttermittel für Schweine und Geflügel, ausgenommen Jungtiere	0.02
andere Ergänzungsfuttermittel	0.005

Bemerkung: die aufgeführten Gehalte beziehen sich auch Futtermittel mit 88 % Trockenmasse.

Es existieren keine Höchstgehalte für die in der Tabelle 3 erwähnten Mykotoxine. Für diese werden die Orientierungswerte anerkannt.

Tabelle 3: Orientierungswerte ⁽¹⁾ in der Ration der Schweine, Rinder und Hühner (88% Trockensubstanz)

Tierart bzw. Tierkategorie	Deoxy-nivalenol (mg/kg)	Zearalenon (mg/kg)	Toxin T2 (mg/kg)	Fumo-nisin B1+B2 (mg/kg)	Ochratoxin A (mg/kg)
Schwein, Prä-puberäre weibliche Zuchtschweine	0.9	0.1	0.1	5	0.05
Schwein, Mastschweine und Zuchtsauen	0.9	0.25	0.15	5	0.05
Rind, Prä-ruminierend	2	0.5	0.1	20	(2)
Rind, Weibliches Aufzuchtrind/Milchkuh	5	0.5	0.15	50	(2)
Rind, Mastrind	5	(2)	0.2	50	(2)
Huhn, Legehühner, Masthühner	5	(2)	0.15	20	0.1
Pferde und Kaninchen	5	(2)	(2)	5	(2)

(1) Synthese der Empfehlungen der „EU-Kommission“ und der „US Food and Drug Administration“.

(2) Nach derzeitigem Wissenstand, keine Maximalwerte erforderlich.

Bemerkung: 1 µg/kg = 0.001 mg/kg = 1ppb

? = keine Information vorhanden

B. Grenzwerte im Speisesektor

Grenzwerte für die verschiedenen Mykotoxine sind in der Liste 5 des Anhangs 1 zur „Verordnung über Fremd- und Inhaltsstoffe in Lebensmitteln“ (FIV; SR 817.021.23) aufgeführt. Die Verordnung ist unter folgender Internetadresse verfügbar: http://www.admin.ch/ch/d/sr/c817_021_23.html. Die wichtigsten Grenzwerte für unsere Produktkette sind in der untenstehenden Tabelle 3 ersichtlich.

Tabelle 4: Grenzwerte für Mykotoxinen, die in der „Verordnung über Fremd- und Inhaltsstoffe in Lebensmitteln“ (FIV; RS 817.021.23), aufgelistet sind ⁽¹⁾

Lebensmittel	Aflatoxin B1 (mg/kg)	Aflatoxine Σ B1 +B2+G1+G2 (mg/kg)	Ochratoxin A (mg/kg)	Deoxynivalenol (mg/kg)	Zearalenon (mg/kg)	Fumonisine Σ B1+B2 (mg/kg)	Mutterkorn (mg/kg)
Hafer unverarbeitet ⁽²⁾				1.75			
Mais unverarbeitet ⁽²⁾				1.75	0.35	4	
Getreide unverarbeitet ⁽²⁾			0.005	1.25	0.1		500
Getreide ⁽³⁾	0.002	0.004	0.003	0.75	0.075		200 ⁽⁴⁾
Getreidekeime	0.002	0.004	0.003	0.75	0.075		
Kleie	0.002	0.004	0.003	0.75	0.075		
Mais ⁽³⁾					0.1	1	
Frühstücksgetreideprodukte				0.5		0.8	
Brot-, Back- und Dauerbackwaren				0.5	0.05		
Getreidebeikost und andere Beikost für Säuglinge und Kleinkinder	0.0001		0.0005	0.2	0.02	0.2	

⁽¹⁾ Ausschnitt mit den wichtigsten Lebensmittelarten (Produkten) für die Brotgetreidekette. Für eine vollständige Übersicht, bitte die Liste 5 des Anhangs 1 der FIV einsehen.

⁽²⁾ **Unverarbeitetes Getreide** das zur ersten Verarbeitungsstufe in Verkehr gebracht wird. „Erste Verarbeitungsschritt“ bedeutet jegliche physikalische oder thermische Behandlung des Korns ausser Trocknung. Verfahren zur Reinigung, Sortierung und Trocknung gelten nicht als „erste Verarbeitungsschritt“, sofern das Getreidekorn selbst nicht physikalisch behandelt wird und das ganze Korn nach der Reinigung und Sortierung intakt ist.

⁽³⁾ Getreidemehl, Getreideschrot und alle Arten von Getreidegriess, welche vom gleichen Getreide stammen .

⁽⁴⁾ Getreidekörner für die Abgabe an den Konsumenten.

Bemerkung : 1 μ g/kg = 0.001 mg/kg = 1ppb

Bern, 09.03.2011