

## Vergleichende Analyse der Mykotoxinproblematik im konventionellen und ökologischen Getreidebau

### Mycotoxins in cereal production - a comparison between conventional and organic farming

R. Loges<sup>1</sup> und M. Eberle<sup>1</sup>

**Keywords:** food quality, plant protection, mycotoxins

**Schlagwörter:** Lebensmittelqualität, Pflanzenschutz, Mykotoxin

#### Abstract:

*Contamination of grain with Mycotoxins by Fusarium spp, Aspergillus spp. and Penicillium spp. is a serious problem in conventional and organic cereal production. Based on a literature survey of in total 183 German and international papers (original articles, review articles, conference abstracts and contributions to textbooks) the following agronomical factors were judged to be of major importance for a possible contamination of cereals with mycotoxins: growing conditions, choice of variety, pre crop, soil tillage intensity, use of fungicides, weed control, intensity of fertilisation and storing conditions. Due to the fact that conventional compared to organic farming in general shows narrower crop rotations with a higher number of risky pre crops as well as a higher nitrogen fertilisation in combination with the use of growth regulators and a less intensive soil tillage, the authors judge the risk of a potential contamination of cereals with mycotoxins in Germany to be lower in organic than in conventional farming.*

#### Einleitung und Zielsetzung:

Beim Getreideanbau bzw. bei der Getreidelagerung auftretende Schimmelpilze können unter ungünstigen Bedingungen Mykotoxine als sekundäre Metaboliten bilden, die für Mensch und Tier gefährlich sind. Auf Seiten der Feldpilze gelten derzeit Arten der Gattung *Fusarium spp.* als die bedeutendsten Toxinbildner im Getreidebau. Bei der Getreidelagerung stellt vor allem die Ochratoxin A - Kontamination des Ernteguts durch Spezies der Gattungen *Aspergillus spp.* und *Penicillium spp.* ein sehr großes Problem dar. Im Qualitätsmanagement der Getreidewirtschaft wird von daher der Vermeidung von Schimmelpilzbefall höchste Priorität zugemessen.

Durch die Vorgaben restriktiver Produktionsrichtlinien im ökologischen Landbau ändern sich im Vergleich zum konventionellen Anbau unter anderem auch die äußeren Anbaubedingungen im Getreidebau, was letztendlich auch die Entwicklung von Schimmelpilzen und deren Mykotoxinsynthese beeinflusst. In diesem Zusammenhang, wird häufig auf einen verstärkten Mangel der hygienisch - toxikologischen Qualität von Getreide aus ökologischer Produktion hingewiesen. Hierbei wird oft von der extensiveren ökologischen Wirtschaftsweise auf eine häufigere und höhere Belastung mit Mykotoxinen geschlossen. Zur Problematik der Mykotoxinbelastung im ökologischen und konventionellen Landbau wurden bisher zahlreiche wertvolle Einzeluntersuchungen bzw. Monitoringerhebungen durchgeführt. Zusammenfassende Studien, die sowohl Risikobewertung als auch Vermeidungsstrategien in Feld und Lager für deutsche Bewirtschaftungsverhältnisse beinhalten sind notwendig, allerdings selten. Letzteres stellt den Anlass für die hier präsentierte Literaturübersicht dar.

---

<sup>1</sup>Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Grünland und Futterbau/Ökologischer Landbau, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, 24118 Kiel, Deutschland, rloges@email.uni-kiel.de

## Methoden:

Im Rahmen einer Literaturstudie, die auf 183 deutschsprachigen bzw. internationalen Veröffentlichungen (Forschungs- bzw. Review-Artikel sowie Beiträgen in Tagungsbänden bzw. Fachbüchern) basiert, wurde der Einfluss pflanzenbaulicher Maßnahmen im ökologischen und konventionellen Getreidebau auf das Auftreten und die Entwicklung von Fusarien sowie auf das Risiko einer Mykotoxinkontamination durch den Erreger analysiert. Neben der Sichtung von Literatur zu den Einflussgrößen auf dem Feld wurde auch Arbeiten zum Einfluss der Lagerung auf den mykotoxikologischen Status von Getreide in die im Folgenden dargestellten Ergebnisse einbezogen. Abschließend wurden auf Basis der dazu vorhandenen Literatur Möglichkeiten des Qualitätsmanagements entlang der Wertschöpfungskette Getreide erarbeitet und im Folgenden aufgezeigt. Die methodische Vorgehensweise bzw. die umfangreiche Liste der verwendeten Literatur kann der Originalarbeit von EBERLE et al. (2007) entnommen werden.

## Ergebnisse und Diskussion:

### 1. Einflussgrößen auf den mykotoxikologischen Status von Getreide im Feld

Unabhängig vom Anbausystem (konventionell oder ökologisch) ist das Auftreten von *Fusarium* spp. sehr stark an die jahresbedingte Witterung gebunden. Vor allem die Temperaturverhältnisse sowie die Feuchtigkeitsbedingungen zum Zeitpunkt der Getreideblüte, bestimmen das Auftreten, die Entwicklung, die Verbreitung und damit die Toxinbildung der Fusarien. Liegen für den Toxinbildner günstige Umweltbedingungen vor, so fällt das Risiko einer Toxinkontamination in Abhängigkeit der ackerbaulichen Rahmenbedingungen unterschiedlich stark aus. Wobei eine Mykotoxinkontamination durch vorbeugende Maßnahmen niemals völlig verhindert werden kann.

Bisher ist eine vollständig gegen *Fusarium* - resistente Getreidesorte nicht bekannt. Dennoch sind im derzeit vom Bundessortenamt zugelassenen Weizensortiment einige Sorten (z.B. Petrus, Bussard) als wenig anfällig gegenüber *Fusarium* eingestuft. Kurzstrohige Hohertragssorten gelten als besonders anfällig gegenüber *Fusarium* spp. Wenig resistente Sorten reagieren auf den *Fusarium* – Befall mit Mindererträgen bis zu 80% im Vergleich zu resistenten Sorten. Der Anbau von Sorten mit einem hohen Resistenzgrad gegenüber Ährenfusariosen führt zu einem signifikant geringeren Ähren- und Kornbefall und letztendlich zu einer geringeren Mykotoxinbildung im Korn. Dabei weisen resistente Weizensorten im Vergleich zu anfälligen Sorten, einen bis zu 90% geringeren Mykotoxingehalt auf. Die Resistenzausprägung der Sorten gegenüber Fusarien offenbart sich vor allem in Jahren mit günstigen Befallsbedingungen, welche dann das Risiko einer Infektion mit anschließender Toxinkontamination wesentlich senkt. Folglich ist die Wahl einer für den Standort geeigneten resistenten Getreidesorte eine wichtige Maßnahme zur Qualitäts- und Ertragssicherung.

Zahlreiche Studien zeigen, dass vor allem Mais, insbesondere Körnermais als Vorfrucht das Risiko einer Toxinkontamination von Getreide stark erhöht. Es besteht stets eine enge Beziehung zwischen Bodenbearbeitung, Vorfrucht und dem daraus resultierenden Infektionspotential. Durch eine intensive, vorzugsweise wendende Bodenbearbeitung werden die Erntereste in den Boden eingearbeitet und die Rotte gefördert. Die Literaturübersicht zeigt, dass durch die hygienische Wirkung des Pflugeinsatzes die Befallshäufigkeit, die Befallsstärke und der Toxingehalt im Korngut deutlich gesenkt werden kann. Dagegen stellt die minimierte Bodenbearbeitung in Kombination mit der Vorfrucht Mais ein erhebliches Kontaminationsrisiko dar. Wobei bei günstiger Witterung den Fusarien schon geringe Mengen an Ernteresten ausreichen, um ein hinreichendes Infektionspotential aufzubauen, was die dominierende Bedeutung der Witterung nochmals hervorhebt. Laut der Literatur führt eine hohe Anbauintensität tendenziell zu einem höheren Fusariumbefall, welcher eine höhere Toxinkontaminati-

on zur Folge haben kann. Von einer eindeutigen Steigerung des Fusariumährenbefalls durch eine erhöhte Stickstoffdüngung kann jedoch nicht generell ausgegangen werden. Ein hohes Düngenniveau in Kombination mit Wachstumsregeln und der Anwendung von Blattfungiziden scheint dagegen einen befallsfördernden Effekt zu haben, welcher in einer erhöhten Toxinkontamination resultieren kann.

Im konventionellen Anbau kann der Ährenbefall durch *Fusarium spp.* durch eine termingerechte Fungizidbehandlung mit einem Azolfungizid reduziert, aber nicht verhindert werden. Für einen ausreichenden Wirkungsgrad ist der Handlungszeitraum auf 1 bis 2 Tage vor bis 5 Tage nach der Infektion beschränkt. Durch den Einsatz von Azol – Fungiziden kann der Ährenbefall um 60-70% reduziert werden, wodurch im Mittel eine Toxinreduktion von 50 – 60% als guter Wirkungsgrad gilt. Der so genannte „Greening – Effekt“ der Strobilurine, kann die Entwicklung von *Fusarium spp.* auf den langsam abreifenden Pflanzen länger aufrechterhalten und so eine höhere Toxinbelastung des Ernteguts bedingen. Zusätzlich werden durch die Strobilurine mögliche Antagonisten der Fusarien abgetötet, was der Ausbreitung von *Fusarium spp.* dienen kann. In der Literatur wird der Einsatz von Fungiziden zur Kontrolle von Ährenfusariosen und der Vermeidung einer Toxinkontamination kontrovers diskutiert. Aufgrund der komplexen Interaktion zwischen Erreger, Umwelt, Antagonisten, Wirt und Wirkstoff ist die Wirkung von Fungiziden nur schwer abzuschätzen, wodurch eine garantierte Wirkungssicherheit sowie ein positiver Effekt auf die Qualität des Erntegutes nicht gegeben sind. Im ungünstigsten Fall kann der Fungizideinsatz das Toxinrisiko sowie der Toxingehalt im Erntegut sogar erhöhen.

Bei einer biologischen Bekämpfung kann durch den Einsatz von konkurrenzstarken saprophytischen Pilzen und Bakterien die Sporenproduktion von *Fusarium spp.* auf den Ernteresten reduziert werden. Die Ährenapplikation von Bacillus- und Cryptococcus-Isolaten kann die Fusariumbefallsstärke sowie den Toxingehalt im Erntegut signifikant senken. Durch eine Saatgutbehandlung mit Mikroorganismen konnte der Keimlingsbefall reduziert und die Auflauftrate erhöht werden. Versuche das Saatgut mit fermentierten Extrakten des Färberwaides gegen *Fusarium spp.* zu behandeln, zeigen ebenfalls erste viel versprechende Ergebnisse.

Tab. 1: Bewertung der Einflussgrößen auf das Risiko einer Mykotoxinkontamination von Getreide aus ökologischer und konventioneller Erzeugung.

Faktor	konventionelle Landwirtschaft	ökologische Landwirtschaft	Bedeutung
Umweltfaktoren	0	0	*****
Sortenwahl	-	+	****
Vorfrucht	-	+	****
Bodenbearbeitung	-	+	***
Anbauintensität	-	+	**
Fungizideinsatz	(+)	-	****
Biologischer Pflanzenschutz	0	0	*
Untersaaten	+	-	*
Begleitflora	+	-	*
Lagerung	0	0	****

+ = geringeres Risiko im Anbausystem, - = höheres Risiko im Anbausystem, 0 = gleiches Risiko im Anbausystem.

\* = sehr geringe Bedeutung; \*\* = geringe Bedeutung; \*\*\* = mittlere Bedeutung; \*\*\*\* = hohe Bedeutung; \*\*\*\*\* sehr hohe Bedeutung.

Durch die länger anhaltende Feuchte in Getreidebeständen mit Untersaat sowie einem zusätzlichen potentiellen Wirt des Erregers durch die Untersaatarten, kann das Befalls- und Toxinrisiko bei Getreidebeständen mit Untersaat erhöht sein. In einigen Untersuchungen kam es infolge verschiedener Kleeuntersaaten zu einem signifikant höheren Kornbefall durch *Fusarium spp.* sowie einer erhöhten Toxinkontamination des

Ernteguts. Um eine gesicherte Aussage über den Einfluss einer Untersaat auf den Fusariumbefall und die Toxinkontamination bei Getreide zu treffen, sind weitere Untersuchungen notwendig. Die wenigen vorhandenen Studien zeigen, dass sowohl Unkräuter als auch Ungräser als Inokulumquelle eine Rolle spielen können. Demnach kann eine effektive Unkrautkontrolle das Befalls- und Kontaminationsrisiko von Getreide durch Fusarien senken.

## 2. Einflussgrößen auf den mykotoxikologischen Status im Lager

Die Lagerungsbedingungen unmittelbar im Anschluss an die Ernte sind für den weiteren mykotoxikologischen Status des Getreides sehr wichtig, da die Fusariumtoxingehalte von Getreide unter ungünstigen Lagerbedingungen rasch ansteigen können. Ergebnisse unterschiedlicher Studien zeigen, dass Getreide mit erhöhten Feuchtegehalten, unmittelbar nach der Ernte innerhalb von 1 bis 2 Tagen auf Kornfeuchten unter 17% getrocknet werden muss, um das Korngut mikrobiologisch stabil zu halten. Dabei kann eine zusätzliche Kühlung des Getreides den mikrobiellen Verderb verhindern. Trockenresistentere Spezies der Gattung *Aspergillus* und *Penicillium* sind an die herrschenden Lagerbedingungen besser angepasst und verdrängen die *Fusarien* zunehmend. Suboptimale Lagerungsbedingungen, insbesondere Kornfeuchten von >14% führen zu einem raschen Anstieg der Keimzahl von *Aspergillus* und *Penicillium* – Arten und es ist schon nach 7 bis 14 Tagen mit einer nachweisbaren Toxin – Menge im Korngut zu rechnen. Durch das einfache Reinigen des erntefrischen Getreides, kann der Literatur zufolge der Toxingehalt im Erntegut, je nach Reinigungsgrad, wesentlich gesenkt werden.

### **Schlussfolgerungen:**

Werden die gegebenen Bedingungen, die beeinflussbaren ackerbaulichen Maßnahmen sowie die Kenngrößen der Nacherntephase von konventioneller und ökologischer Wirtschaftsweise gegenüber gestellt und bewertet ergibt sich das in Tab. 1 dargestellte Risikoprofil. Ausgehend von diesem Risikoprofil ist die Gefahr einer Fusariumtoxinkontamination im ökologischen Getreidebau geringer als im konventionellen Anbau. Durch die ökologische Wirtschaftsweise werden präventive Maßnahmen zur Verhinderung einer Mykotoxinkontamination durch Feldpilze umgesetzt. Wogegen die konventionelle Landwirtschaft infolge des Anbausystems die Entwicklung der Fusarien eher ermöglicht. Die Ergebnisse von Monitoringsstudien der letzten Jahre bestätigen diesen Trend, wonach in ökologischen Getreideproben weniger häufig und oftmals in geringeren Konzentrationen Fusariumtoxine nachgewiesen wurden als in Proben aus konventioneller Erzeugung. Aufgrund einer zu geringen Datenlage muss diese Aussage jedoch durch weitere Datenaufnahme erst noch bestätigt werden. Trotz einer geringeren Risikosituation sind auch im ökologischen Landbau hohe Toxingehalte im Getreide möglich und bisher auch nachgewiesen worden. An der Stelle sei nochmals auf die herausragende Stellung der Umweltfaktoren auf das Auftreten und die Entwicklung der Fusariosen hingewiesen. Aufgrund weitgehender gleicher Lagerbedingungen, kann es sowohl im konventionellen als auch im ökologischen Landbau gleichermaßen zu einer Toxinkontamination während der Lagerung kommen.

### **Literatur:**

Eberle M., Loges R., Taube F. (2007): Vergleichende Analyse der Mykotoxinproblematik im konventionellen und ökologischen Getreidebau. Schriftenreihe des Instituts für Pflanzenbau und Züchtung der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel.