



Aufbau eines komplexen Untersuchungs- und Informationssystems für Fusarien- mykotoxine

Abschlussbericht

Themenblatt-Nr.: 46.14.510

Langtitel: Aufbau eines komplexen Untersuchungs- und Informationssystems für Fusarienmykotoxine

Kurztitel: Komplexes Mykotoxinwarnsystem

Projekt: Agrarmonitoring

Projektleiter: Dr. H. Eckert

Abteilung: Agrarökologie, Ackerbau und Grünland

Laufzeit: 01/2004 bis 12/2005

Auftraggeber: Thüringer Ministerium für Landwirtschaft, Naturschutz und Umwelt

Name des Bearbeiters: Dr. A. Heinze
Dr. L. Herold
R. Götz
Dr. H. Hartung

Jena, Dezember 2005

(Dr. H. Eckert)
Projektleiter

(Dr. A. Heinze)
Themenleiter

Inhaltsverzeichnis	Seite
1 Aufgabenstellung.....	4
2 Gesetzliche Regelungen	5
3 Auswertung der Untersuchungen zur Vorernteanalyse bei Getreide.....	6
4 Untersuchungen zur Handhabbarkeit und Aussagesicherheit des Schnelltest mittels Fusarienkorncählung.....	9
5 Untersuchungen zu den Beziehungen zwischen Fusarienbesatz und Mykotoxin- belastung (DON)	11
6 Aktualisierung des komplexen Fusarien-/Mykotoxinmanagements in der TLL	13
7 Schlussfolgerungen	14
8 Literaturverzeichnis	16

1 Aufgabenstellung

Die Produktion gesunder Lebensmittel nach einheitlichen Bewertungskriterien ist eine der vordringlichsten Aufgabenstellungen in der Zusammenarbeit der EU-Staaten. Davon ausgehend wurden bei einem der wichtigsten Lebensmittel, dem Nahrungsgetreide, die Anforderungen für die Belastung mit Giften von Schimmelpilzen, den Mykotoxinen, konkretisiert und in Form von Höchstmengen erstmals für wichtige Fusarienmykotoxine innergemeinschaftlich geregelt (Tab. 1). Pilze der Gattung *Fusarium* sind die am häufigsten bei Getreide- und Maispflanzen auf der nördlichen Halbkugel auftretenden Schimmelpilze. Sie sind phytopathogen und beeinträchtigen sowohl die Erntemenge als auch deren Qualität. Die von ihnen als Stoffwechselnebenprodukte gebildeten Mykotoxine beeinflussen Gesundheit und Produktivität der Nutztiere und schädigen auch den Menschen. Von den über 100 *Fusarium*-Toxinen sind die Gruppe der Trichothecene mit dem Leittoxin Deoxynivalenol (DON), die Gruppe der Fumonisine und das Zearalenon (ZEA) als wichtige Kontaminanten im Getreide anzusehen. Die Trichothecene besitzen eine gemeinsame Trichothecenstruktur mit einer charakteristischen 12,13-Epoxidkomponente, die für die unmittelbare Toxizität verantwortlich ist. Fumonisine bilden eine Gruppe von mindestens sechs verschiedenen *Fusarium*-Toxinen, von denen Fumonisin B₁ am giftigsten ist. Eine chemische Ähnlichkeit der Fumonisine ist mit den Sphingolipiden in der Zellmembran von Säugtieren gegeben. Zearalenon ist ein Resorcyssäurelaktone. Seine Ringstruktur ist ähnlich den physiologisch vorkommenden Östrogenen, so dass die Östrogenrezeptoren der Zelle blockiert werden (Böhm, 2000; Fink-Gremmels, 2005).

Durch die neuen EU-Regelungen werden nicht nur, wie in der bisherigen nationalen Höchstmengenverordnung, die Grenzwerte für Getreideerzeugnisse und damit nach der ersten Verarbeitungsstufe fixiert, sondern erstmals auch Anforderungen an Rohgetreide bzw. unverarbeitetes Getreide gestellt. Mit der im Jahr 2005 durch den Bundesrat erfolgten Beschlussfassung zur künftigen Angleichung der Höchstmengenwerte für die beiden wichtigsten Fusarienmykotoxine an die geplante EU-Regelung wurde ein wichtiger Beitrag zur Chancengleichheit für die deutsche Landwirtschaft im gemeinsamen Markt geleistet. Diese Höchstmengen stellen einen eindeutig kontrollierbaren Qualitätsparameter dar, der von der Getreidewirtschaft als Maßstab für die Abnahme nicht erst mit dem Inkraft-Treten der Verordnung im Jahr 2006 angewendet wird. Bereits jetzt werden diese Grenzwerte für Interventionsgetreide herangezogen. Deshalb kommt bei der Getreideerzeugung bereits jetzt der Vermeidung von erhöhtem Fusarienbesatz durch Berücksichtigung der bekannten Risikofaktoren eine große Bedeutung zu. Zugleich benötigt die Landwirtschaft aber auch kostengünstige, einfach handzuhabende und zeitsparende Untersuchungsmethoden, um spätestens im Erntezeitraum die diesbezügliche Qualität der Partien überschlägig bewerten zu können und über den Vermarktungsweg oder die Durchführung von zusätzlichen Bearbeitungsmaßnahmen zu entscheiden.

Nachdem in unserer Einrichtung in den letzten Jahren der Arbeitsschwerpunkt besonders auf den Vermeidungsstrategien lag, wurden mit dieser Forschungsleistung in Einheit von Zwischen- und Abschlussbericht Fragestellungen zu einer Frühinformation zur Mykotoxinsituation im Erntezeitraum und der Praktikabilität von Schnelltestmethoden bearbeitet. Im vorliegenden Abschlussbericht werden weiterführend zum Zwischenbericht die abschließenden Ergebnisse eines neuen Untersuchungsansatzes zur Vorerntebewertung und zur Bewertung eines von den kooperierenden Landesanstalten vorgeschlagenen Schnelltests dargestellt. Weiterhin erweist sich die abschließende Bearbeitung der Beziehungen zwischen Fusarienbesatz und entsprechenden Mykotoxingehalten als notwendig, da in der Praxis oft aus Zeit- und Kostengründen die Bewertung über den Pilzbesatz noch favorisiert wird, wobei eventuell falsche Ableitungen getroffen werden.

2 Gesetzliche Regelungen

Ergänzend zu den Ausführungen im Zwischenbericht sind für das Jahr 2005 wichtige Regelungen zu Höchstmengen (= Grenzwerten) für Mykotoxine, speziell für Fusarienmykotoxine, bei Nahrungsgetreide und Getreideerzeugnisse getroffen worden. So wurden ergänzend zu der bereits seit dem Jahr 2001 vorliegenden Verordnung (EG) Nr. 466/2001 vom 8. März 2001 zu Aflatoxin und Ochratoxin A (OTA) mit der Verordnung (EG) 856/2005 vom 6. Juni 2005 erstmals auch Höchstmengen für die wichtigsten Fusarientoxine einheitlich für alle EU-Mitgliedsstaaten im Lebensmittelbereich geregelt. Damit sind lediglich für Mutterkorn- und Alternaria-Toxine noch keine EU-Grenzwerte festgelegt. Mit der neuen VO 856/2005 werden nicht nur die Höchstmengen für die DON- und die ZEA-Gehalte bei verarbeiteten Getreide, d. h. von Mühlenprodukten und Getreideerzeugnissen ab Gültigkeitstermin 1. Juli 2006 festgeschrieben, sondern ebenfalls für Rohgetreide oder unverarbeitetes Getreide unmittelbar vor der ersten Verarbeitungsstufe festgelegt. Mit der Verordnung werden weiterhin Höchstgehalte für das ebenfalls wie DON den Trichothecenen zuzuordnende T-2 und das HT-2 Toxin sowie für Fumonisine (Summe B1 und B2) angestrebt, die derzeit noch nicht benannt sind, aber zum 1. Juli 2007 in Kraft treten sollen. Mit der Tabelle 1 wird dazu ein zusammenfassender Überblick gegeben.

Tabelle 1: Auszug aus der VO(EG) 856/2005 zu Mykotoxinhöchstwerten bei Rohgetreide und verarbeiteten Getreide

Produkt	Höchstgehalt ($\mu\text{g}/\text{kg}$) für Deoxynivalenol	Höchstgehalt ($\mu\text{g}/\text{kg}$) für Zearalenon
andere unverarbeitete Getreide ⁽¹⁾ als Hartweizen, Hafer und Mais	1250	100
unverarbeiteter Hartweizen und Hafer	1750	100
unverarbeiteter Mais	_(2)	_(2)
Getreidemehl, einschließlich Maismehl, Maisgrits und Maisschrot ⁽³⁾	750	75 ⁽⁴⁾
Maismehl, Maisgrits und Maisschrot ⁽³⁾	s.o.	_(5)

(1) Die für „unverarbeitetes Getreide“ festgelegten Höchstgehalte gelten für Getreide, das zur ersten Verarbeitungsstufe in den Verkehr gebracht wird.

(2) Wird vor dem 1. Juli 2007 kein spezifischer Gehalt festgelegt, gilt ein Gehalt von 1750 $\mu\text{g}/\text{kg}$ danach für unter dieser Nummer genannten Mais

(3) Zu dieser Kategorie zählen auch ähnliche, anders bezeichnete Erzeugnisse wie Grieß.

(4) Getreidemehl außer Maismehl, Maisgrits und Maisschrot.

(5) Werden bis 1. Juli 2005 keine spezifischen Gehalte festgelegt, gilt danach der Gehalt von

- 200 $\mu\text{g}/\text{kg}$ für unverarbeiteten Mais, Maismehl, Maisschrot, Maisgrits und raffinierte Maisöle,
- 50 $\mu\text{g}/\text{kg}$ für Mais-Snacks und Frühstückscerealien

Ausgehend von Presseinformationen bestehen jedoch unterschiedliche Auffassungen zur Interpretation der für die Primärproduktion wichtigen Gehaltsgrenze der Anlieferungspartien zur Verarbeitung. Nach Münzing und Masloff, BFEL Detmold (2005), zählen laut EU-Definition Reinigungs-, Sortier- und Trocknungsverfahren nicht als Verarbeitung und damit nicht zur „Ersten Verarbeitungsstufe“, da diese jegliche physikalische oder thermische Behandlung des Kornes außer Trocknung beinhaltet. Getreidetechnologisch beginnt die Verarbeitung in der Mühle frühestens mit der Oberflächenbeanspruchung während der so genannten „Weißreinigung“. Davon ausgehend schlussfolgern die Autoren, dass die Mykotoxinhöchstmengen für unverarbeitetes Getreide nicht auf der Stufe der Primärproduktion gelten, sondern erst unmittelbar vor der ersten Verarbeitungsstufe, d. h. nach notwendiger Vorreinigung durch die Mühlen. Dieser Interpretation der EU Verordnung wird durch den Vertreter des Verbandes Deutscher Mühlen (Weizbauer, 2005) deutlich widersprochen,

weil seiner Auslegung nach der Höchstgehalt für alle Getreidepartien einzuhalten ist, die an Verarbeiter im Lebensmittelgewerbe (Mühlen, Mälzer) geliefert werden. Ansonsten hat die Müllerei keine Chance, die Mykotoxingehalte durch Reinigung und Vermahlung auf die deutlich niedrigeren Werte für vermahlene Getreide zu reduzieren. Auch die in der Verordnung getroffenen Festlegungen zur Intervention für 2005/2006 lassen den Schluss zu, dass die Höchstmenge von 1250 µg/kg bei der Partieübergabe an die Lagerhaltung durch den landwirtschaftlichen Erzeuger einzuhalten ist. Entscheidend für die Getreideproduzenten ist damit die Umsetzung aller erforderlichen Maßnahmen zur Begrenzung der Fusarien- und Mykotoxinbelastung, die sowohl die vorbeugenden ackerbaulichen Maßnahmen als auch die Anwendung geeigneter Reinigungsverfahren zur Aussortierung fusariengeschädigter, stark DON-belasteter Körner einschließen.

Überraschend erfolgte bei der erst im Jahr 2004 beschlossenen deutschen Mykotoxin-Höchstmengenverordnung durch Bundesratsbeschluss eine Anpassung der bisherigen strengeren Höchstmengen bei DON und ZEA für Getreideerzeugnisse von 500 µg/kg bzw. 50 µg/kg auf die Werte der neuen EU-Verordnung, wobei diese Regelung erst am 1. Juli 2006 ihre Gültigkeit erlangt. Darüber hinaus wird eine weitere Anpassung der nationalen Grenzwerte an die EU-Regelungen erwartet.

Die angekündigten EU-Grenzwerte im Futtersektor sind bisher nicht beschlossen worden und scheinen nach Presseinformationen vom Tisch. Statt dessen werden tierartspezifische Orientierungswerte für DON, ZEA, Ochratoxin A und Fumonisine in Produkten, die zur Tierernährung bestimmt sind, als Empfehlungen der Kommission angestrebt (2. Entwurf vom 25.07.2005). Auf Grund der nur entwurfsseitigen Verfügbarkeit wird auf eine Darstellung verzichtet.

3 Auswertung der Untersuchungen zur Vorernteanalyse bei Getreide

Im Zwischenbericht wurden erste Ergebnisse zur Vorernteanalyse mittels Ährenprobenahme und anschließender Mykotoxinuntersuchung der daraus gewonnenen Körner dargestellt. Die aus zwei Versuchreihen dazu vorliegenden Ergebnisse wiesen zwar gleiche Trends auf, ermöglichten jedoch durch den begrenzten Probenumfang keine abschließende statistische Bearbeitung. Mit der diesjährigen erneuten Durchführung der beiden Versuchreihen wurde neben der Wiederholbarkeit die Grundlage zur Berechnung statistischer Maßzahlen geschaffen.

Bei der im Referat 210 unter Leitung von Dr. Herold durchgeführten Untersuchung wurden folgende Aufgabenstellung geprüft.

In die Untersuchung waren 20 über ganz Thüringen verteilte Winterweizenschläge einbezogen, wobei die Auswahl risikoorientiert erfolgte (Maisvorfrucht, nicht wendende Bodenbearbeitung, Sorte), um einen ausreichenden Belastungsgrad zu erzielen. Die Beprobung wurde nach dem gleichen Schema wie in der vorjährigen Versuchsreihe durchgeführt. Dementsprechend erfolgte die Ährenprobenahme in einem Abstand von 14 und von 7 Tagen vor dem voraussichtlichen Erntetermin. Dieses Probenspektrum wurde noch durch eine Ährenprobennahme zum Erntetermin und durch die Beprobung des Erntegutes unmittelbar nach dem Drusch ergänzt. Die Gewinnung der Ährenproben erfolgte in Anlehnung an die Probeziehung von Bodenproben. So umfasste die Probenahme je Schlag 20 auf einer Diagonale gleichmäßig verteilte Entnahmepunkte. An jedem Probepunkt wurden fünf Ähren aus allen Etagen des Ährenbereiches entnommen und in unserer Einrichtung nach der Probenaufbereitung der Gehalt an den Fusarienmykotoxinen DON und ZEA mittels ELISA in den Körnern ermittelt. Das Untersuchungsspektrum wurde durch die Ermittlung der Fusarienkeimzahl ergänzt. In den nachfolgenden Auswertungen wird schwerpunktmäßig auf die DON-Gehalte Bezug genommen, da beim ZEA nur eine geringe Belas-

tung auftrat und die Mehrzahl der Proben Werte unterhalb der Nachweisgrenze von 25 µg/kg aufwies. In Abbildung 1 erfolgt die Gegenüberstellung der DON-Werte der Einzelproben nach 14- bzw. 7-tägigem Vorernteabstand mit dem Ergebnis der Druschprobe.

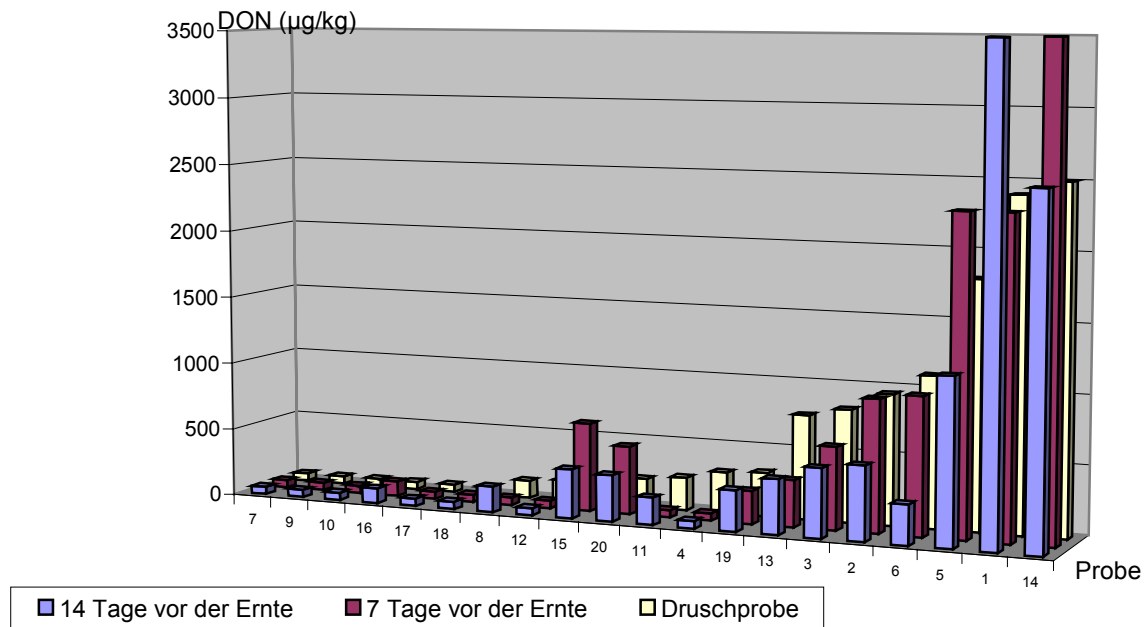


Abbildung 1: Vergleich der DON- Werte bei Ährenprobenahme von Winterweizen 14 bzw. 7 Tage vor Ernte gegenüber dem Gehalt in der Druschprobe

Bei der Berechnung der mittleren Mykotoxinwerte für die einzelnen Probenahmezeitpunkte ergab sich das in Tabelle 2 ausgewiesene Ergebnis. Der durchschnittliche DON- Wert und der Anteil an Proben unter der Nachweisgrenze zum ersten Probenahmezeitpunkt entspricht den Werten des Erntezeitraumes. Die Ergebnisse beim siebentägigen Beprobungszeitraum weichen davon leicht ab. Durch die Berechnung der Korrelationen soll die Beziehung auf der Basis der Einzelproben noch besser verdeutlicht werden (Tab. 3).

Tabelle 2: Mittlere Mykotoxingehalte (µg/kg) nach unterschiedlicher Ährenprobenahme gegenüber der Nach-
ernteprobe (n= 20 Proben)

Probenahme- Zeitpunkt	Deoxynivalenolgehalt		Zearalenongehalt	
	%-Proben < NG*	̄ ohne < NG	%-Proben < NG**	̄ ohne < NG
14 Tage vor Ernte	35	784	40	36
7 Tage vor Ernte	45	1096	60	31
Ernte/Ährenprobe	35	895	75	40
Ernte/Druschprobe	30	833	70	65

* 110 µg/kg = Nachweisgrenze für DON ** 25 µg/kg = Nachweisgrenze für ZEA

Tabelle 3: Korrelationskoeffizienten für den DON-Gehalt nach unterschiedlichen Zeitpunkten der Probenahme und zusammengefassten Untersuchungsserien 2004 und 2005 (n= 39)

Probenahme-Zeitpunkt	14 Tage vor Ernte	7 Tage vor Ernte	Ährenprobe Ernte	Druschprobe Ernte
14 Tage vor Ernte	-	0,788***	0,872***	0,785***
7 Tage vor Ernte	-	-	0,740***	0,808***
Ernte/ Ährenprobe	-	-	-	0,785***
Ernte/ Druschprobe	-	-	-	-

*** P < 0,001

Für beide Zeitpunkte der Vorerntebeprobung konnten generell enge, hoch signifikante Zusammenhänge im DON-Gehalt mit der Ährenprobenahme zum Erntezeitpunkt bzw. der Beprobung des Erntegutes ermittelt werden. Die ebenfalls errechneten mittleren bis hohen Bestimmtheitsmaße lassen den Schluss zu, dass bei sachgerechter Probenahme und normalen Witterungsverläufen mittels einer Ährenprobennahme innerhalb der letzten vierzehn Tage vor dem Erntetermin und der anschließenden labormäßigen Untersuchung auf den DON-Gehalt eine Grobabschätzung des Belastungsgrades des beprobten Schlages zum Erntezeitpunkt möglich ist. Damit kann rechtzeitig über den Verwendungszweck oder notwendige Bearbeitungsschritte entschieden werden.

Eine zweite Untersuchungsreihe wurde wie bereits im Jahr 2004 wiederholend in diesem Jahr unter Leitung von R. Götz im Referat 410 durchgeführt. Durch die Verknüpfung mit weiteren Versuchsinhalten erfolgte hier eine von der voranstehenden Untersuchung leicht abweichende Versuchsanstellung. So fand bei gleichem Probenahmeprinzip nur eine Vorerntebeprobung 14 Tage vor dem zu erwartenden Erntetermin statt, deren Mykotoxinbefund dann mit dem Ergebnis aus einer Ährenprobenahme zur Ernte verglichen wurde. Einbezogen waren 14 über Thüringen verteilte Winterweizenschläge, von denen 13 abschließend zur Auswertung kamen. Die Untersuchung erfolgte für DON und ZEA. Wie auch in der voranstehenden Untersuchung erweist sich die Auswertung für ZEA als nicht angebracht, da bei den Proben insgesamt eine niedrige Belastung ermittelt und in 39 % der Proben die Nachweisgrenze zu beiden Probenahmezeitpunkten nicht überschritten wurde. Die Tabelle 4 weist die ermittelten DON- Werte aus.

Tabelle 4: Mittlere DON-Gehalte nach unterschiedlichen Zeitpunkten der Ährenprobenahme (n= 13 Proben)

Probenahmezeitpunkt	Anteil Proben < NG*	\bar{x} Deoxynivalenolgehalt ohne Proben < NG
	%	$\mu\text{g}/\text{kg}$
14 Tage vor Ernte	62	1190 \pm 986
Ernte/ Ährenprobe	38	956 \pm 757

* NG = Nachweisgrenze mit 110 $\mu\text{g}/\text{kg}$

Da mit der zusammenfassenden Darstellung die Abweichungen zwischen den beiden Probenahmezeitpunkten nur bedingt darstellbar sind, wurde hier ebenfalls für den Einzelprobenvergleich die grafische Darstellungsform (Abb. 2) gewählt. Auch hier zeigte sich mit Ausnahme der Probe 3, dass der Wertebereich des DON zur Ernte bereits mit der Beprobung 14 Tage vor dem Erntetermin bestimmt und in Hinblick auf den jetzt verfügbaren Schwellenwert von 1250 $\mu\text{g}/\text{kg}$ differenziert werden kann. Auf die Berechnung der Korrelation für den DON-Wert zwischen den beiden Probenahmezeitpunkten wurde wegen der beträchtlichen Anzahl an Wertepaaren unterhalb der Nachweisgrenze verzichtet.

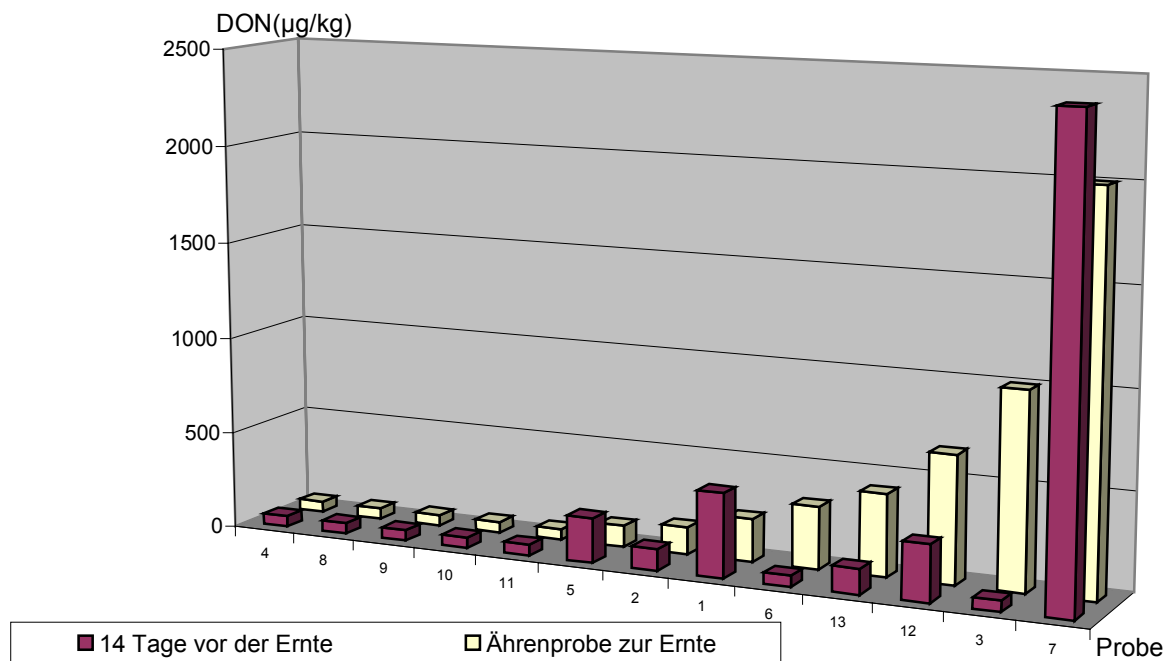


Abbildung 2: Gegenüberstellung der DON-Gehalte bei Ährenprobennahme 14 Tage vor Erntetermin und zum Erntetermin

Aufwandsseitig sind für diese Prüfmethode Arbeitszeitkosten für die Beprobung im Bestand, Proben-transport- bzw. -versandkosten zu einem Untersuchungslabor und Untersuchungskosten zu veranschlagen. Überschlägig kalkuliert ergeben sich für eine Probe ca. 35 € Gesamtkosten, die sich aus dem Zeitaufwand zur Probeziehung von einer Stunde, dem Probenversand per Post und einem DON-Nachweis mittels ELISA-Verfahren zusammensetzen.

4 Untersuchungen zur Handhabbarkeit und Aussagesicherheit des Schnelltests mittels Fusarienkorzählung

Der von Munzert und Lepschy (2004) vorgestellte Schnelltest auf Fusarium und der daraus möglichen Abschätzung des DON-Gehaltes wäre hinsichtlich seiner Praktikabilität für die Praxis von großem Interesse. Dementsprechend sollte mit einer Untersuchung seine Aussagesicherheit überprüft werden, um entsprechende Anwendungsempfehlungen aussprechen zu können.

Nach einer ersten Untersuchungsreihe unter Einbeziehung der Außendienstmitarbeiter des Referates 410 mit widersprüchlichen Ergebnissen erfolgte eine zweite Untersuchungsreihe mit folgendem methodischen Ansatz. Auswahl von 10 Winterweizenproben mit differenzierten, aber dem Beurteiler unbekanntem DON-Gehalt aus dem TLL-Probenbestand. Sachgerechte Teilung bis zur Einzelprobe mit ca. 40 g, die zur Beurteilung zur Verfügung gestellt wurde. Bei den so bereitgestellten 10 Untersuchungsmustern erfolgte durch den gleichen Beurteiler die Auszählung der Fusarienkörner in Anlehnung an die Empfehlungen von Munzert und Lepschy (2004). Zusätzlich zur Erfassung der Anzahl Fusarienkörner wurde die Restprobe ausgezählt und außerdem beide Teilproben gewichtsmäßig erfasst. Ausgehend von dem im Beitrag veröffentlichten Umrechnungsschlüssel zwischen Fusa-

rienkornanteil und DON Gehalt erfolgte die DON-Abschätzung für die angegebene mittlere DON-Konzentration von 75000 µg/kg Fusarienkörner. Es wurden die in der Tabelle 5 ausgewiesenen Ergebnisse erzielt.

Tabelle 5: Vergleich des DON- Gehaltes durch Fusarienkornabschätzung mit dem Analysewert

Probe Nr.	Fusarienkörner			Restprobekörner			DON-Gehalt	
	Anzahl	Anteil	\bar{x} Kornge- wicht	Anzahl	Anteil	\bar{x} Kornge- wicht	Kalkuliert	Analysiert
		%	g		%	g	µg/kg	µg/kg
140	218	19,8	0,026	883	80,2	0,037	>1960	1500
148	21	2,4	0,026	869	97,6	0,044	1310-1630	800
155	67	7,0	0,026	887	93,0	0,040	>1960	660
157	19	2,0	0,024	950	98,0	0,040	980-1310	1700
163	22	2,3	0,022	935	97,7	0,040	1310-1630	1100
179	16	1,9	0,018	830	98,1	0,046	980-1310	<110
202	38	4,7	0,024	778	95,3	0,048	>1960	2200
209	13	1,3	0,022	968	98,7	0,040	650-980	490
214	30	3,3	0,028	867	96,7	0,044	>1960	<110
221	54	5,7	0,021	894	94,3	0,041	>1960	120

Fusarienkörner lassen sich durch ihre deutlich hellere (weißliche) Färbung, durch eine eingedellte, schrumpelige Form und teilweise durch ihre rötliche Färbung an der Kornspitze optisch von gesunden Körnern differenzieren. Dieser bei der Untersuchung angelegte Bewertungsmaßstab ermöglichte jedoch nur für einen Teil der Proben eine dem tatsächlichen DON-Gehalt adäquate Abschätzung der DON-Menge. Wie Abbildung 3 verdeutlicht, scheint bei höheren Mykotoxinwerten eine meist ausreichende Übereinstimmung vorzuliegen, währenddessen bei Proben mit DON-Werten im Bereich der Nachweisgrenze eine extreme Überschätzung des tatsächlichen Wertes aus der Fusarienkornauszählung resultierte. Ausgehend von den Ergebnissen der Teilprobenwägungen ist festzustellen, dass durch das niedrige Gewicht auch dementsprechend typische Fusarienkörner ausgewählt wurden. Entweder sind noch härtere Auswahlmaßstäbe zur Klassifizierung der charakteristischen Fusarienkörner durch den Beurteiler anzulegen, oder die zwar optisch zutreffenden Körner können je nach Herkunftspartie einen stark variierenden DON-Gehalt aufweisen. Letzteres würde die Aussagesicherheit dieser Beurteilungsmethode in Frage stellen, konnte durch die sehr geringen Körnermengen aber nicht analytisch abgeklärt werden.

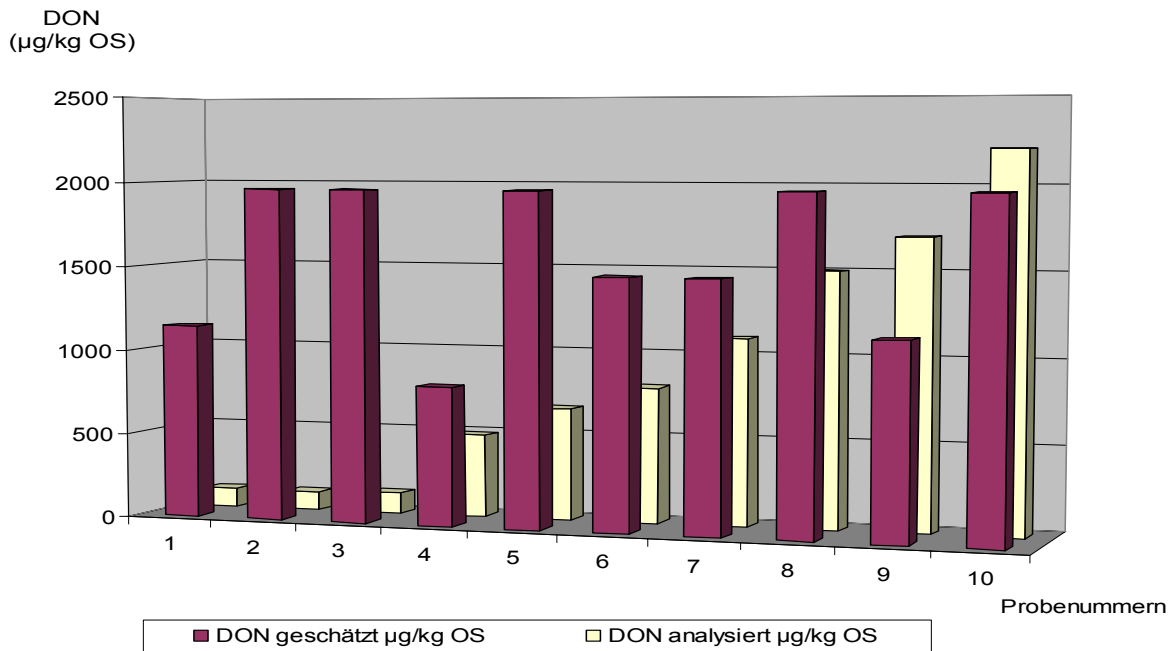


Abbildung 3: Gegenüberstellung des über Fusarienkorncählung geschätzten DON-Gehalt zum analysierten Gehalt

5 Untersuchungen zu den Beziehungen zwischen Fusarienbesatz und Mykotoxinbelastung (DON)

Bei der Bearbeitung des Themas Mykotoxinfrühinformationssystem im vorangegangenen Zwischenbericht wurde auf die Notwendigkeit verwiesen, die Beziehungen zwischen der Fusarienkeimzahl und dem tatsächlichen Mykotoxingehalt an einem größeren Datenmaterial zu quantifizieren. Diese Aufgabenstellung resultiert aus der immer noch in der Produktionspraxis verbreiteten Auffassung, dass mit der Kenntnis des Belastungsgrades durch Fusarien bereits aussagefähige Rückschlüsse auf die Mykotoxinbelastung, insbesondere die DON-Konzentration, gezogen werden können. Zur Abklärung dieses Sachverhaltes erfolgte eine Bearbeitung des entsprechenden Datenmaterials aus der „Ergänzenden Erntermittlung“ der Jahrgänge 2002 (hohe Belastung) und 2004 (niedrige Belastung). Von den verfügbaren Getreidearten wurden zur Absicherung einer möglichst großen Variationsbreite mit dem Winterweizen und der Wintertriticale diejenigen mit der höchsten DON-Belastung ausgewählt (Kirchheim u. a. 2003; Herold u. a. 2005). Die Bewertung des Fusarienbesatzes erfolgte durch die unmittelbar nach der Ernte mikrobiologisch ermittelte Fusarienkeimzahl. Da die Mykotoxinbildung vorwiegend pilzspeziesabhängig ist und DON besonders von *Fusarium graminearum* gebildet wird (Oerke u. Steiner, 2002; Herold u. a. 2003), wurde weiterhin auch dieses Merkmal einbezogen und die Beziehung zum DON-Gehalt ermittelt. In der Tabelle 6 sind die Ergebnisse für Winterweizen auf Basis des Gesamtmaterials (n= 145) und der Differenzierung nach Keimzahlhöhe für die Auswertungsjahre dargestellt.

Tabelle 6: Beziehungen zwischen Merkmalen des Fusariumbesatzes und dem DON-Gehalt bei Winterweizen (n= 145 für 2002 bzw. 2004)

Jahr	Probenart	DON ($\mu\text{g}/\text{kg}$) \bar{x}	Fusarienkeimzahl (Tsd KBE/g ¹)		Fusarium graminearum (Tsd KBE/g)	
			\bar{x}	r	\bar{x}	r
2002	Gesamtmaterial	646	10,2	0,38***	4,3	0,52***
2002	< \bar{x}	440	2,6	0,43***	0,7	0,16
2002	> \bar{x}	838	17,3	0,30***	9,4	0,26**
2004	Gesamtmaterial	275	2,5	0,41***	1,0	0,38***
2004	< \bar{x}	179	0,5	0,47***	0,1	0,46***
2004	> \bar{x}	377	4,7	0,38***	2,5	0,27***

1) KBE = koloniebildende Einheiten
Signifikanz bei **P < 0,01, *** P < 0,001

Sowohl bei den Proben des Jahres 2002 mit einer relativ hohen DON-Belastung von im Mittel 646 $\mu\text{g}/\text{kg}$ als auch bei denen des Jahres 2004 mit durchschnittlich nur 275 $\mu\text{g}/\text{kg}$ DON konnten zwischen der Fusarienkeimzahl und dem DON-Gehalt bei diesem umfangreichen Gesamtprobenmaterial zwar hoch signifikante, in ihrer Wertigkeit aber nur niedrige Korrelationen ermittelt werden. Auch der durch den Jahresvergleich bzw. durch die Probengruppierung nach niedrigen bzw. hohen Fusarienkeimzahlen mögliche Differenzierung nach der Stufe der DON-Belastung führte zu keinen graduell gerichteten Unterschieden. Ausgehend von diesen nur geringen Korrelationen ergaben sich auch niedrige Bestimmtheitsmaße von maximal 20 %. Damit lässt sich die Variation der DON-Werte nur zu einem Anteil < 20 % aus der Veränderung des Fusariumbesatzes erklären, so dass in der Praxis die Abschätzung der DON-Belastung aus der Höhe der Fusarienkeimzahl als nicht geeignet angesehen werden muss.

Größere Erwartungen wurden an die Aussagefähigkeit der Keimzahlen von *Fusarium graminearum* zur Höhe der DON-Gehalte gesetzt, da hier eine der beiden für die DON-Bildung charakteristischen Fusariumspezies bewertet wird. Aber auch hier sind zwar meist signifikante Beziehungen nachzuweisen, jedoch liegen die Korrelationen ebenfalls mehrheitlich im niedrigen Bereich. Ausnahme stellt der mittlere Korrelationskoeffizient für den Gesamtprobenumfang des Jahres 2002 mit den hohen DON-Belastungen dar. Das sich daraus ergebende Bestimmtheitsmaß fällt mit 26 % immer noch zu niedrig aus, um sichere Ableitungen zum DON-Gehalt zu treffen.

Ein abweichendes Bild wurde bei den Auswertungen für die Wintertriticale ermittelt. Einerseits waren nur sehr lose und noch deutlich unter dem Winterweizen liegende Beziehungen der Fusarienkeimzahl zum DON festzustellen. Demgegenüber lagen die Korrelationen zwischen *Fusarium graminearum* und DON wesentlich höher, besonders im Mykotoxinjahr 2002 mit einem mittleren DON-Wert der analysierten 45 Proben von 1319 $\mu\text{g}/\text{kg}$. Daraus resultierte mit ca. 70 % ein hohes Bestimmtheitsmaß, dass hier Ableitungen auf den DON-Gehalt zulässt. Der geringe Probenumfang je Untersuchungsjahr erlaubte keine weitere Untergliederung der Jahrgänge.

Tabelle 7: Beziehungen zwischen Merkmalen des Fusariumbesatzes und dem DON-Gehalt bei Wintertriticale (n= 35 bzw.45)

Jahr	Probenumfang	\bar{x} DON ($\mu\text{g}/\text{kg}$) \bar{x}	Fusariumkeimzahl (Tsd KBE/g)		Fusarium graminearum (Tsd KBE/g)	
			\bar{x}	r	\bar{x}	r
2002	Gesamtmaterial	1319	75,5	0,12	8,8	0,83***
2004	Gesamtmaterial	589	3,1	0,18	1,0	0,64***

*** P < 0,001

6 Aktualisierung des komplexen Fusarien-/Mykotoxinmanagement in der TLL

Mit den vorliegenden Ergebnissen dieses Abschlussberichtes macht sich die Aktualisierung des bereits im Zwischenbericht vorgestellten Übersichtsschemas zum komplexen Fusarien-/Mykotoxinmanagement in der TLL erforderlich. Dabei werden auch die Hinweise zu einer besseren begrifflichen Differenzierung der zeitlichen Untersuchungsebenen berücksichtigt. Die Früherkennung über die Ährenuntersuchungen im Bestand wird als Vorerntetestung bezeichnet, da damit die inhaltliche Zielstellung am geeignetsten verdeutlicht wird. Anwendungsseitig wird diese Methode der Praxis empfohlen, sie dient jedoch nicht als planmäßige Bewertungsmethode in der TLL. Für das bereits etablierte TLL-Ernteinformationssystem auf Mykotoxine sollte die bisher gewählte Bezeichnung als Frühinformationssystem für Fusarien und Mykotoxine beibehalten werden, da hier mit beginnenden Ernteverlauf eine Frühinformation zum zu erwartenden Endergebnis der Erntesituation gegeben wird. Der Begriff „Schnell-“ sollte wie bereits etabliert, zur Charakterisierung der Untersuchungsmethoden dienen und nicht als Bezeichnung von Untersuchungssystemen dienen.

In der Tabelle 8 werden die Bearbeitungsebenen und vorliegenden Ergebnisse zum Fusarien- und Mykotoxinmanagement der TLL zusammenfassend dargestellt.

Tabelle 8: Übersicht zum Fusarien-/Mykotoxinmanagement in der TLL

Stufe	Maßnahmen	Inhalt	Wertigkeit/ Eignung	Umsetzung TLL
I	Vorbeuge durch Risikoabschätzung	<u>Risikofaktoren</u>		
		Witterungsverlauf	+++	keine Vorhersage/Warndienstinfo, kontinuierlich in Saison
		Vorfrucht Mais	+++	Merkblatt Fusarium, 07/2005
		Bodenbearbeitung	+++	Merkblatt Fusarium, 07/2005
		Sorte	+++	Sorten-Ratgeber, jährlich aktualisiert
		Fungizidbehandlung	++	Warndienstinfo, kontinuierlich in Saison
II	Vorerntediagnostik im Bestand	visuelle Ährenbonitur	+	nicht bearbeitet
		Ährenprobenahme < 14 d vor Ernte/ELISA	+++	Fo.-Leistung abgeschlossen, AB 12/2005
		Visuelle Fusarienkörnerbonitur	x	Teilleistung, AB 12/2005
		Mikrobiologischer Keimbesatz	+	Fo.-Leistung abgeschlossen, AB 12/2005
III	Ernteschnelldiagnostik	Visuelle Fusarienkörnerbonitur	x	Teilleistung, AB 12/2005 Weiterbearbeitung geplant
		Apperative Fusarienkörnerbonitur	x	Noch in Erprobung, in TLL nicht bearbeitet
		Mikrobiologischer Keimbesatz	+	Fo.-Leistung abgeschlossen, AB 12/2005
		Labortechnische Ernteprobenuntersuchung mittels ELISA	+++	Für Praxis Methode der Wahl, TLL- seitig bereits mehrjährig praktiziert
		repräsentative Ernteprobenuntersuchung mittels Teststreifen bzw. Minilabor	x	z.Z. geplant als neues Thema
		Thüringenweite Erntefrüherinformation	++	Frühinformationssystem in TLL, nach Erntebeginn aktualisierend verfügbar
IV	Ernteproduktverwendung	Ablaufschema Deoxynivalenol	+++	Aktualisiert in 12/05
		Ablaufschema Zearalenon	+++	Aktualisiert in 12/05

+ = gering, ++ = ausreichend, +++ = hoch, x = noch keine abschließende Bewertung möglich

7 Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Aus den bei der Themenbearbeitung ermittelten Ergebnissen lassen sich folgende Ableitungen treffen:

- Mit der Verordnung (EU) 856/2005 werden mit Gültigkeit ab 1.7.2006 Höchstmengen auf europäischer Ebene für unverarbeitetes Getreide und für Getreideerzeugnisse nach der 1. Verarbeitungsstufe festgelegt. Mit diesen Grenzwerten haben sich die Anforderungen an die Landwirtschaft bei der Erzeugung von Nahrungsgetreide weiter erhöht. Zusätzlich zu dem Hauptaktionsfeld, der Vermeidung von Fusarienbesatz, nimmt der Stellenwert von Methoden der Früherkennung des Belastungsgrades für die Ableitung von zusätzlichen Reinigungsschritten und für eine rechtzeitige Verwendungsentscheidung zu.

- Die in der TLL erarbeitete und über zwei Erntejahrgänge mit vier Versuchsserien geprüfte Vorernte-Testung mittels Ährenprobenahme und ELISA-Test der Körner bewies eine ausreichende Aussagesicherheit in Bezug auf die graduelle Bewertung des DON-Gehaltes im Erntegut. Damit kann unter Einhaltung des angeführten Probenahmeprinzips mit einer Ährenprobenahme innerhalb der letzten 14 Tage vor dem Erntetermin und anschließender labortechnischer DON-Analyse rechtzeitig zum Erntezeitpunkt der zu erwartende DON-Gehalt hinreichend zuverlässig abgeschätzt werden. Diese Untersuchungsmethode wird der Praxis zur Anwendung empfohlen und könnte besonders zur rechtzeitigen Abklärung bei Risikoschlägen dienen. Aufwandsseitig ist für eine Schlagbeprobung mit ca. 35 € zu kalkulieren.
- Die in der Fachpresse zur Anwendung vorgeschlagene DON-Bewertung über die Auszählung der Fusarienkörner im Erntegut und anschließender Umrechnung auf den DON-Gehalt wäre für die Praxis wegen der methodischen Einfachheit, der schnellen Durchführung und einer Zugriffsmöglichkeit auf nur geerntete Partien sehr interessant. Erste eigene Untersuchungen zur Reproduzierbarkeit zeigten bei begrenzter Probenanzahl (n= 10) jedoch eine unzureichende Aussagesicherheit in Bezug auf den tatsächlichen DON-Gehalt der Proben. Auf Grund des Praxisinteresses an dieser Testmethode sollte sie in unserer Einrichtung an einem umfangreicheren Probenmaterial nochmals geprüft werden.
- Weiterführende Auswertungen zur Beziehung zwischen Merkmalen des Fusarienbesatzes bei frisch geerntetem Getreide und dem analysierten DON-Gehalt erfolgten bei großem Stichprobenumfängen für zwei Getreidearten und unterschiedliche Belastungsstufen. Als Bewertungskriterien wurden die bei mikrobiologischen Untersuchungen praktizierte Bestimmung der Fusarienkeimzahl sowie die Anzahl an *Fusarium graminearum*-Keimen herangezogen. Beim Winterweizen traten selbst bei der Differenzierung nach Belastungsstufen zwar hoch signifikante, aber überwiegend nur niedrige Korrelationen der beiden Merkmale zum DON-Gehalt auf. Die sich daraus ableitenden niedrigen Bestimmtheitsmaße von < 20 % verdeutlichen die geringe Aussagesicherheit für die einzelne Probe. Ein davon abweichendes Bild ergab sich aus den Analysen der Wintertriticale. Hier konnten enge Beziehungen des Merkmals Keimzahl von *Fusarium graminearum* zum DON-Gehalt ermittelt werden, die offensichtlich aus anderen Infektionsbedingungen resultieren und wegen der hohen DON-Belastung bei Triticale weiter abzuklären sind. Generell muss der Praxis jedoch empfohlen werden, auf die Ableitung der DON-Belastung aus dem Besatz an Fusarien wegen der nur geringeren Aussagesicherheit zu verzichten und stattdessen den direkten DON-Nachweis mittels Schnelltest oder labormäßiger Untersuchung durchzuführen.
- Für eine überschaubarere und aktuelle Information zum Fusarien- und Mykotoxinmanagement wurde die bereits erstellte komplexe Übersicht der einzelnen Bearbeitungsstufen aktualisiert. Diese Darstellung sollte als Übersichtsschema im AINFO der TLL eingestellt werden und dem Nutzer einen zum Komplex Fusarienmykotoxine übersichtlicheren und schnelleren Zugriff auf die verfügbaren Leistungen und Beratungsinhalte ermöglichen.
- Die Ergebnisse der Themenbearbeitung werden zusätzlich zum Abschlussbericht in einem Merkblatt zusammengestellt und veröffentlicht.

8 Literaturverzeichnis

- Böhm, J. (2000): Fusarientoxine und ihre Bedeutung in der Tierernährung. Übers. Tierernährung 28, 95-132
- Fink-Gremmels, J. (2005): Mykotoxikosen und Tiergesundheit. European Mykotoxin Seminar Series, Alltech 2005, 31-43
- Herold, L., Wagner, S., Etting, S., Hartung, H., Hesse, A., Steinecke, M., Hahmann, U. u. Jahn, O. (2003): Qualitätsuntersuchungen der Thüringer Getreide-, Raps- und Körnermaisernte anhand repräsentativer Ernteproben/Untersuchungsbericht 2002. TLL Jena
- Herold, L., Wagner, S., Kirmse, R., Hartung, H., Hesse, A., Jahn, O., Bargholz, J. u. Hahmann, U. (2005): Qualitätsuntersuchungen der Thüringer Getreide- und Rapserte anhand repräsentativer Ernteproben/Untersuchungsbericht 2004. TLL Jena
- Kirchheim, U., Hartung, H., Herold, H. u. Meixner, B. (2003): Fusarientoxine in Thüringer Getreide, Getreideerzeugnissen und Futtermitteln. Poster 25. Mykotoxin-Workshop Gießen 19-21. 5. 2003
- Munzert, M. und Lepschy, J. (2004): DON-Belastung selbst kontrollieren. dlz Heft 10, S. 29-31
- Münzing, K. und Masloff, S. (2005): Einhaltung neuer Mykotoxinhöchstwerte bei Getreidepartien. Getreidetechnologie 59, S. 289-293
- Oerke, E.-C. und Steiner, U.: Viele Fusarien – viele Toxine. DLG-Mitteilungen 3/2002, S. 50-53
- Weizbauer, M. (2005): Ein Grenzwert für Getreide wird begrüßt. Ernährungsdienst Nr. 55, 20. Juli, S. 1