



LAND
BRANDENBURG

Ministerium für Ländliche
Entwicklung, Umwelt und
Landwirtschaft

Pflanzenschutz



Mykotoxine

Vorkommen und Bekämpfungsstrategien in Brandenburg

Impressum

Herausgeber:

Ministerium für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Landwirtschaft
des Landes Brandenburg
Referat Presse- und Öffentlichkeitsarbeit
Heinrich-Mann-Allee 103
14473 Potsdam
pressestelle@mlul.brandenburg.de
www.mlul.brandenburg.de

Fachliche Erarbeitung:

Ministerium für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Landwirtschaft
des Landes Brandenburg
Dr. Cornelia Müller

Ministerium der Justiz und für Europa und Verbraucherschutz
Cerstin Hennig, Dr. Ingrid John

Landesamt für Ländliche Entwicklung, Landwirtschaft und Flurneuordnung (LELF)
Luise Hagemann, Stefania Kupfer

Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung e.V. Müncheberg (ZALF)
Dr. Marina Müller (Redaktionsleitung), Grit von der Waybrink

Institut für Getreideverarbeitung GmbH
Dr. Gerd Huschek, Ute Meister, Natalie Batt

Leibniz-Institut für Agrartechnik e.V. Potsdam-Bornim
Dr. Christine Idler

Bildnachweis:

Sofern nicht anders angegeben: LELF, Titelfoto: ZALF

Satz und Druck:

LGB (Landesvermessung und Geobasisinformation Brandenburg)

3. Auflage: 1.000 Exemplare

Stand: Oktober 2014

Hinweis:

Diese Broschüre wird im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit des Ministeriums für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Landwirtschaft herausgegeben. Sie darf nicht während eines Wahlkampfes zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für Landtags-, Bundestags- und Kommunalwahlen sowie auch für die Wahl der Mitglieder des Europäischen Parlaments. Unabhängig davon, wann, auf welchem Wege und in welcher Anzahl diese Schrift den Empfängern zugegangen ist, darf sie auch ohne zeitlichen Bezug zu einer bevorstehenden Wahl nicht in einer Weise verwendet werden, die als Parteinahme der Landesregierung zugunsten einzelner politischer Gruppen verstanden werden könnte.

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis	4
Vorwort	7
1 Einleitung	8
2 Aktuelle Entwicklungen der Mykotoxinforschung	10
2.1 Mutterkorn und Mutterkornalkaloide	10
2.2 Einfluss von Getreidearten und Sortenwahl auf das Mykotoxinvorkommen	12
2.3 Fusarium-Befall bei Mais	14
2.4 Maskierte Mykotoxine	17
2.5 Neue analytische Nachweismethoden für Mykotoxine	18
3 Höchstmengenregelungen für Lebens- und Futtermittel	19
4 Vorkommen von Mykotoxinen in erntefrischen Getreidekörnern in Brandenburg	28
4.1 Regionale Verteilung aller bisher erhobenen Untersuchungen und regionalspezifische Unterschiede im Mykotoxinvorkommen 2002-2013	28
4.2 Vorgehensweise, Methoden und Ergebnisse des Vorerntemonitorings bei Weizen und Triticale 2007-2013	30
4.2.1 DON	30
4.2.2 NIV, T-2, HT-2, acetylierte und glucosylierte DON-Metabolite	33
4.3 Mykotoxinvorkommen aller untersuchten Getreideproben 2002-2013	38
4.3.1 Vergleich der Belastung von Weizen, Roggen und Triticale mit Mykotoxinen	38
4.3.2 Einfluss von Bodenbearbeitung und Vorfrucht auf die DON-Belastung im Winterweizen	40
4.3.3 Vergleich der Toxingehalte in Getreide aus konventionellem und ökologischem Anbau	44
4.3.4 Vorkommen von Alternaria-Toxinen in Weizenproben	46
4.3.5 Vorkommen von Ergotalkaloiden in Roggenproben	48
5 Aktuelle Aspekte in Be- und Verarbeitungsprozessen	51
5.1 Mais und Maissilage für die Fütterung	51
5.2 Silagen für die Biogasproduktion	52
6 Handlungsempfehlungen	55
7 Literatur	57

Abkürzungsverzeichnis

AAL	Toxine der Art <i>Alternaria alternata</i> f.sp. <i>lycopersici</i>
ALT	Altenuen
AME	Alternariolmonomethylether
AOH	Alternariol
ARfD	akute Referenzdosis
ATB	Leibniz-Institut für Agrartechnik e.V. Potsdam-Bornim
ATX	Alttoxine
BEE	Untersuchungsprogramm „Besondere Ernteermittlung“
BfR	Bundesinstitut für Risikobewertung Berlin
CONTAM	EU-Gremium für Kontaminanten in der Lebensmittelkette
DAS	Diacetoxyscirpenol
DLG	Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft
DON	Deoxynivalenol
D3G	Deoxynivalenol-3-β-D-glucopyranosid
EFSA	European Food Safety Authority
ELISA	kompetitive Enzyme Linked Immunoabsorbent Assay
EU	Europäische Union
F.	<i>Fusarium</i>
FUM	Fumonisin
FUS-X	Fusarenon-X
HPLC	Hochleistungsflüssigkeitschromatographie
IGV	Institut für Getreideverarbeitung GmbH
LAG	Landes-Arbeitsgruppe
LC-MS/MS	Tandemmassenspektroskopie
LELF	Landesamt für Ländliche Entwicklung, Landwirtschaft und Flurneuordnung
LfL	Bayrische Landesanstalt für Landwirtschaft
LLBB	Landeslabor Berlin-Brandenburg
LUGV	Landesamt für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz
MIL	Ministerium für Infrastruktur und Landwirtschaft
MUGV	Ministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz
NEL	Netto-Energie-Laktation
NIV	Nivalenol
NOAEL	No Observed Adverse Effect Level
OTA	Ochratoxin A

TeA	Tenuazonsäure
TEN	Tentoxin
TDI	Tolerierbare tägliche Aufnahmemenge (Tolerable Daily Intake)
TM	Trockenmasse
TOF	Time of Flight
TS	Trockensubstanz
VEM	Vorerntemonitoring
VO	Verordnung
ZALF	Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung e.V. Müncheberg
ZEA	Zearalenon
Z14G	Zearolenon-14- β -D-glucopyranosid
Z14S	Zearalenon-14-sulfat
3-Ac-DON	3-Acetyl-Deoxynivalenol
15-Ac-DON	15-Acetyl-Deoxynivalenol

Vorwort



Die erste Broschüre zum Thema „Mykotoxine in Brandenburg“ erschien 2004 und wurde auf der Grünen Woche im Januar 2005 vorgestellt. Das Heft war ein Ergebnis der gemeinsamen Arbeit einer im Dezember 2001 gegründeten Arbeitsgruppe des Ministeriums für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Verbraucherschutz und anderer Einrichtungen des Landes Brandenburg, die sich mit der Problematik Mykotoxine befassen. Die erste Arbeit dieser Gruppe bestand darin, die Ergebnisse aus verschiedenen Untersuchungen zum Vorkommen von Mykotoxinen im Land Brandenburg zusammenzuführen und daraus die von Mykotoxinen ausgehenden Risiken für Lebens- und Futtermittel abzuschätzen. Schnell zeigte sich, dass es noch Lücken und Mängel für eine realistische Einschätzung und Prognose der Mykotoxinbelastung von in Brandenburg erzeugtem Getreide gab.

Deshalb wurde die erste Veröffentlichung dieser Broschüre in Angriff genommen und eine Landesfachtagung unter dem Thema: „Mykotoxine – Risiko für Mensch und Tier?“ organisiert. Dadurch gelang es der Arbeitsgruppe, einen Erfahrungsaustausch mit einem breiten Publikum zu führen. Die wichtigste Aufgabe bestand aber darin, ein regelmäßiges Untersuchungsprogramm zu initiieren, bei dem die Brandenburger Landwirte auf Freiwilligkeitsbasis ihr Getreide schon vor der Ernte auf das Vorkommen von Mykotoxinen untersuchen lassen konnten. Dieses sogenannte Vorerntemonitoring erlaubt es, eine frühzeitige Abschätzung der Mykotoxinbelastung des Brandenburger Getreides vorzunehmen. Die seit 2007 durchgeführten Untersuchungen wurden in jedem Jahr systematisch organisiert, durchgeführt und ausgewertet und stellen die Basis für eine Datenbank dar, die alle Mykotoxinwerte nach Jahren und Landkreisen in Brandenburg auflistet. Mit diesen Ergebnissen konnte bereits 2010 die zweite, stark erweiterte und aktualisierte Auflage der Mykotoxinbroschüre herausgegeben werden. Beide Auflagen riefen ein reges Interesse bei allen, die in irgendeiner Weise mit Mykotoxinen zu tun haben, hervor. Zahlreiche Anfragen zeigten die nach wie vor große Aktualität des Themas und die Dringlichkeit, nach Antworten für die offenen Fragestellungen zu suchen.

Inzwischen sind weitere vier Jahre einer intensiven Arbeit vergangen, in denen Untersuchungen und Forschungsprojekte zum Thema Mykotoxine systematisch weitergeführt und neue Aspekte und Erkenntnisse zu ökologischen, landwirtschaftlich-praktischen und umweltorientierten Fragestellungen einbezogen wurden. Deshalb haben wir uns entschlossen, die 3. Auflage dieser Broschüre herauszugeben. Sie soll in bewährter Weise Erkenntnisse und Erfahrungen aus Wissenschaft und Praxis in allgemein verständlicher Form vermitteln. Die Schwerpunkte liegen zum

einen auf der Auswertung der nun 7-jährigen Analyse von Mykotoxinen in Getreide in Brandenburg vor der Ernte und zum Erntezeitpunkt als auch auf der Erfassung und Bewertung der im Getreideanbau wirkenden Einflussfaktoren. Wir stellen Ihnen die Analyse-Ergebnisse für neue Mykotoxine vor und wollen Sie mit aktuellen Problemen der landwirtschaftlichen Praxis im Zusammenhang mit einer Toxin-Akkumulation vertraut machen.

Die Broschüre informiert aber auch über die aktuellen rechtlichen Regelungen bei den Kontrollen von Getreide, Lebens- und Futtermitteln sowie über neueste Nachweismethoden. Sie leistet damit einen aktiven Beitrag zum Verbraucherschutz.



Jörg Vogelsänger
Minister für Ländliche Entwicklung, Umwelt
und Landwirtschaft des Landes Brandenburg

1. Einleitung

Obwohl Mykotoxine als Kontaminanten bzw. unerwünschte Stoffe in der Nahrungs- und Futtermittelkette bereits seit Jahrzehnten bekannt sind, haben sie ihre Bedeutung beibehalten. Sie gelten in der Landwirtschaft und im Verbraucherschutz nach wie vor als Stoffe, deren Bildung in der wachsenden Ackerpflanze möglichst minimiert und deren Übergang in Lebens- und Futtermittel weitestgehend verhindert werden sollte. Inzwischen wissen Mikrobiologen sehr viel mehr über die Lebensweise von toxinogenen Schimmelpilzen und über die Ursachen der Mykotoxinbildung durch diese Pilze. So können Biochemiker viele verschiedene Mykotoxine in kleinsten Konzentrationen in unterschiedlichen Materialien nachweisen und Toxikologen kennen immer detaillierter die Wirkungen dieser Toxine im tierischen und menschlichen Organismus. Trotzdem werden wir immer wieder überrascht vom nicht vorhersehbaren und teilweise nicht vermeidbaren Auftreten dieser Pilze und deren Mykotoxine in landwirtschaftlichen Erzeugnissen.

Die bekannten Einflussfaktoren, wie z. B. der zunehmende Anteil Getreide in der Fruchtfolge, der verstärkte und mehrjährige Anbau von Mais als Energiepflanze für die Biogasproduktion, die Ausweitung der konservierenden Bodenbearbeitung als Schutzmaßnahme vor Wind- und Wassererosion, erleichtern es den Pilzen, Nährstoffe zu finden, ungünstige Jahreszeiten zu überstehen, in ihre Wirtspflanzen einzudringen und Toxine zu bilden. Die Vielzahl der potenziellen Toxinbildner, ihre Interaktionen und der Einfluss vieler verschiedener biotischer und abiotischer Faktoren erschwert eine Vorhersage nicht nur in einzelnen Jahren, sondern auch für verschiedene Standorte, Regionen und Landschaften. Deshalb sind mögliche Auswirkungen von Klima- und Landnutzungsänderungen auf das potenzielle Auftreten neuer phytopathogener Pilz-Gattungen bzw. auf die Bildung von Mykotoxinen immer noch sehr spekulativ.

Es ist nach wie vor sehr wichtig, umfassende Daten zu Mykotoxinen, Standorten und Einflussfaktoren zu erheben. Mit ihrer Hilfe können Rückschlüsse darüber gezogen werden, welche zeitlichen, örtlichen und/oder Managementfaktoren ein besonderes Gefährdungspotenzial im Hinblick auf eine Mykotoxinkontamination haben. Diese Erkenntnisse sind Grundlage für effektive Minimierungsstrategien, die dann in der landwirtschaftlichen Praxis mit Erfolg angewendet werden können.

Die in den letzten Jahren erfolgreich etablierten neuen hochempfindlichen Analyseverfahren detektieren nicht nur kleinste Konzentrationen an Mykotoxinen. Mit ihrer Hilfe kann auch das simultane Vorkommen mehrerer Mykotoxine, die entweder von einem Pilz oder durch mehrere Pilz-Arten in einer Pflanze gebildet werden, nachgewiesen werden. Die Beurteilung solcher Multi-Mykotoxinfunde in unterschiedlichen Konzentrationsverhältnissen stellt wiederum die Toxikologie vor die Herausforderung, deren Effekte im Organismus zu quantifizieren und zu bewerten. Nach wie vor wird festgestellt, dass die Abschätzung des Risikos dieser Stoffe für die Gesundheit und Leistungsfähigkeit von Mensch und Tier noch nicht genügend geklärt ist.

Die Europäische Union (EU) hat eine Reihe von Höchstmengenverordnungen für Mykotoxine in Lebensmitteln, für Aflatoxine in Futtermitteln sowie für in Futtermitteln gültige Orientierungswerte festgelegt. Ähnliche Bestimmungen (Richtwerte) wurden 2011 auch auf weitere Mykotoxine (T-2, HT-2) ausgeweitet. Darüber hinaus hat das Gremium Höchstmengenverordnungen für Mutterkornalkaloide in Planung und weist durch verschiedene Studien den Kenntnisstand und die mögliche Gefährdung durch weitere Pilz-Gattungen und deren Mykotoxine aus (Gattung *Alternaria*). Diese EU-weit geltenden Grenz- und

Orientierungswerte machen Minimierungsstrategien für die landwirtschaftliche Praxis und Konzepte für die effiziente Nutzung belasteter Rohstoffe zwingend notwendig.

Wir wollen mit der vorliegenden Ausgabe dieser Broschüre vorwiegend auf neue Aspekte der phytopathologischen und epidemiologischen Forschung bei Pilzen und Mykotoxinen hinweisen (Kapitel 2.1 über Mutterkornalkaloide und neue Erkenntnisse zum *Fusarium*-Befall bei Roggen, Gerste und Mais sowie zum Vorkommen von „maskierten“ Mykotoxinen). Desweiteren stellen wir neue analytische Methoden und deren Anwendbarkeit in der Praxis vor (Kapitel 2.2).

Eine Beschreibung der am häufigsten vorkommenden Mykotoxine wie Deoxynivalenol (DON), Zearalenon (ZEA), Fumonisine (FUM) und Ochratoxin A (OTA) findet der Leser in der 2. Auflage der Broschüre umfassend und immer noch aktuell aufgeführt, ebenso wie Angaben zu den toxikologischen Wirkungen und die Regelungskompetenz bei der Risikoanalyse innerhalb der EU (download unter <http://www.mil.brandenburg.de/cms/detail.php/bb1.c.211117.de?highlight=Mykotoxine> oder über die Mitglieder der Arbeitsgruppe kostenlos bestellen).

In der 3. Auflage dieser Broschüre werden die Verordnungen, Entscheidungen und Empfehlungen für Mykotoxine in Lebens- und Futtermitteln aufgeführt und aktualisiert (Kapitel 3). Den Hauptteil der vorliegenden Broschüre nehmen die Ergebnisse der Untersuchungen zum aktuellen Vorkommen von verschiedenen Mykotoxinen in Getreiden in Brandenburg in den Jahren 2009-2013 ein. In unterschiedlichen Studien verschiedener Brandenburgischer Forschungseinrichtungen sind die Konzentrationen wichtiger und häufig vorkommender Mykotoxine vor allem in Weizen (Vorernteproben und Ernteproben), aber auch in Roggen und Triticale

analysiert worden. Ein einheitliches Vorgehen bei der Auswahl von sogenannten Risikoschlägen in allen Brandenburger Landkreisen und deren Beprobung und Analyse in einem akkreditierten Untersuchungslabor erlaubt eine zeitnahe Bestimmung der Mykotoxinkonzentrationen und eine Benachrichtigung der Landwirte meist noch vor der Ernte und macht damit dieses Frühwarnsystem zu einem funktionierenden Instrument der guten landwirtschaftlichen Praxis und des Verbraucherschutzes. Zusätzlich zu diesem Vorerntemonitoring werden auch Ernteproben aus dem Land Brandenburg untersucht, um ein umfassendes Bild der Mykotoxinbelastung des ganzen Landes zu bekommen.

2. Aktuelle Entwicklungen der Mykotoxinforschung

2.1 Mutterkorn und Mutterkornalkaloide

Durch die Alkaloide von *Claviceps purpurea* und das von ihm gebildete Mutterkorn wird die am längsten bekannte pilzliche Vergiftung verursacht. Die als Mutterkorn bezeichneten Sklerotien sind die Überwinterungsform dieses Pilzes. Sie werden in infizierten Fruchtanlagen von Getreide und anderen Gräsern gebildet. Der Pilz befällt besonders Roggen, aber auch Triticale, Weizen sowie vereinzelt Gerste und Hafer. Der zunehmende Einsatz von Hybridroggensorten, nichtwendenden Bodenbearbeitungsverfahren und unbearbeiteten Ackerrandstreifen hat dazu beigetragen, dass Mutterkornbesatz wieder verstärkt zu beobachten ist.

Die Sklerotien bilden sich in infizierten Ähren anstelle des Korns aus. Sie sind hornförmig schwarz bis dunkelviolett gefärbt, werden bis zu sechs Zentimeter groß und ragen aus der Ähre heraus (Abb. 21.1).

Mutterkörner, die bereits vor der Ernte ausfallen oder bei der Ernte in den Boden gelangen, können bis zur nächsten Vegetation überleben. Bei günstigen Witterungsbedingungen entwickeln sich im Frühjahr auf den Sklerotien auf der Bodenoberfläche kleine gestielte Fruchtkörper mit Köpfchen. Die aus den Perithezien der Fruchtkörper ausgestoßenen Sporen gelangen auf die Narben von Getreide- bzw. Gräserblüten. Für eine erfolgreiche Infektion ist der Pilz angewiesen auf unbefruchtete Narben. Etwa sechs bis zehn Tage nach dieser Primärinfektion zeigen die befallenen Ährchen die ersten Symptome. Es bilden sich klebrige Tröpfchen von Honigtau, in ihnen befinden sich die Konidiosporen des Erregers (Abb. 21.2). Durch Verbreitung dieser Konidien im Bestand bzw. ausgehend von infizierten Gräsern an Feldrändern sind Sekundärinfektionen möglich. Nach etwa vier bis sechs Wochen entwickeln sich die Mutterkörner in den infizierten Ähren.



Abb. 21.1: Mutterkornsclerotien in Winterroggenähren



Abb. 21.2: Honigtaubildung an Winterroggenähren

Vor allem bei feuchtkühler Witterung in der Blühphase steigt das Infektionsrisiko. Besonders gefährdet sind Spätschösser, Zwiewuchs und früh lagernde Roggenbestände (Mielke 2000). Wegen ihrer längeren Blühdauer sind Hybridroggensorten generell anfälliger als Populationsroggen. Inzwischen stehen jedoch auch im Hybridroggensortiment Sorten mit einer geringen Anfälligkeit gegenüber Mutterkorn zur Verfügung.

Eine Bekämpfung des Pilzes mit Pflanzenschutzmitteln ist nicht möglich. Umso wichtiger ist es, alle pflanzenbaulichen Maßnahmen auf eine Verringerung der Infektionsgefahr auszurichten. Dazu gehören das Vermeiden einer engen Getreidefruchtfolge, insbesondere des Anbaus von Roggen nach Roggen und eine gezielte Wahl von Sorten mit einer geringeren Anfälligkeit. Alle pflanzenbaulichen Maßnahmen sollten darauf abzielen, einheitliche Bestände mit gleichmäßig kurzer Blühdauer zu erhalten. Durchwuchs von Getreide und Ungräsern ist als mögliches Infektionspotenzial zu bekämpfen. Grasbewuchs an Feldrändern sollte noch vor der Blüte gemäht werden. Eine tiefe Bodenbearbeitung nach der Ernte, bei der ausgefallene Sklerotien vergraben werden, verhindert deren Auskeimen in

den Folgejahren. Mit einer Kontrolle der Anbauflächen vor der Ernte und ggf. getrennter Beerntung von stark befallenen Randstreifen oder Teilflächen mit Zwiewuchs kann in Befallsjahren der Besatz des Ernteguts reduziert werden. In stark befallenen Bereichen ist eine gute Bodenbearbeitung unbedingt erforderlich, um das Infektionsreservoir für das Folgejahr zu beseitigen (Mielke 2000).

Ursache für die Giftigkeit des Mutterkorns sind verschiedene Indolalkaloide, von denen besonders Ergotamine und andere Lysergsäurederivate bekannt sind. Im Fokus der analytischen und toxikologischen Untersuchungen stehen vor allem Ergometrin, Ergotamin, Ergocornin, Ergosin, Ergocristin sowie α - β -Ergokryptin und die entsprechenden Isoverbindungen (-inine) Ergometrinin, Ergotaminin, Ergocorninin, Ergosinin, Ergocristinin und α - β -Ergokryptinin. Diese Substanzen verursachen einzeln oder in Kombination beim Menschen Gliederschmerzen, Lähmungserscheinungen, Muskelkrämpfe und können zum Absterben einzelner Gliedmaßen führen. Zudem sind als Symptome Dysfunktionen des Zentralnervensystems mit Kopfschmerzen, Übelkeit, Krämpfe und Psychosen beschrieben. Diese werden als „Ergotismus convulsivus“ bezeichnet. Im tierischen Bereich treten zusätzlich verminderte Futteraufnahme, Milchmangel und Aborte auf. Eine Aufnahme von 5-10 g Mutterkörner mit entsprechendem Alkaloidgehalt kann für Menschen tödlich sein.

Die Veröffentlichung eines Grenzwertes in der EU-Kontaminantenverordnung (VO [EG] 1881/2006) steht noch aus. Durch die European Food Safety Authority (EFSA 2012) und das Bundesinstitut für Risikobewertung Berlin (BfR 2013) wurden aber aktuelle toxikologische Bewertungen zu Ergotalkaloiden in Lebensmitteln und Futtermitteln vorgenommen. Die EFSA hat in ihrer Stellungnahme für Ergotalkaloide eine tolerierbare tägliche Aufnahmemenge (TDI) von 0,6 μ g/

Kilogramm Körpergewicht (bei lebenslanger Aufnahme) und eine akute Referenzdosis (ARfD) in Höhe von 1 µg/kg Körpergewicht als einmalige maximale Aufnahmemenge für einen Tag abgeleitet.

Die Weltgesundheitsorganisation (WHO) definiert die ARfD wie folgt: Das ist diejenige Substanzmenge pro kg Körpergewicht, die über die Nahrung mit einer Mahlzeit oder innerhalb eines Tages ohne erkennbares Risiko für den Verbraucher aufgenommen werden kann.

Der ARfD-Wert wird in der Regel aus der niedrigsten in Tierversuchen experimentell ermittelten Dosis ohne erkennbare schädliche Wirkung (No Observed Adverse Effect Level [NOAEL]) unter Einrechnung eines Sicherheitsfaktors von 100 abgeleitet. Bei der Bewertung über den ARfD-Wert werden toxikologische Daten und tägliche Verzehrsmengen aus Studien zu Grunde gelegt.

Bei einem Ergotalkaloidgehalt in Roggenbrot für die Gruppe der zwei- bis fünfjährigen Kinder, die im Hinblick auf Brot und Brötchen mit einem Roggenanteil Hochverzehrer darstellen, wird die ARfD mit einem Gehalt von 64 µg/kg Brot zu 100 % ausgeschöpft. Der Wert beruht auf toxikologischen Daten und den Verzehrsmengen der zwei- bis fünfjährigen Kinder aus Verzehrsstudien (Banasiak et al. 2005). Danach nehmen zwei- bis fünfjährige Kurzzeitverzehrer bei einem Körpergewicht von 16,1 kg im Mittel 6,87 g Roggenbroterzeugnisse pro kg Körpergewicht zu sich (BfR 2013). Ein Brot mit einem Alkaloidgehalt über 64 µg/kg Frischgewicht ist damit als nicht sicher im Sinne von Art. 14 Abs. 1 in Verbindung mit Abs. 2b und Abs. 5 der VO (EG) Nr. 178/2002 und für den Verzehr durch den Menschen als ungeeignet zu beurteilen und darf gemäß Art. 14 Abs. 1 der VO (EG) 178/2002 nicht in den Verkehr gebracht werden (CVUA Stuttgart 2013).

2.2 Einfluss von Getreidearten und Sortenwahl auf das Mykotoxinvorkommen

Verschiedene Getreidearten besitzen eine unterschiedliche Anfälligkeit gegenüber Fusariosen. Sie sind deshalb auch im Hinblick auf die Bildung der einzelnen Mykotoxine differenziert zu betrachten. Die Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL 2009) stellte in Auswertung mehrjähriger Untersuchungen ein Ranking der einzelnen Getreidearten bezüglich der relativen DON-Gehalte auf (Abb. 22.1). Die Abbildung zeigt, dass besonders im Durumweizen, aber auch im Hafer und in Triticale höhere DON-Gehalte produziert werden als im Weichweizen.

Nicht nur Gerste sondern auch Roggen gilt als wenig anfällig für eine *Fusarium*-Infektion und eine dadurch bedingte Mykotoxinkontamination. Allerdings gibt es auch hier Ausnahmen. So waren im Jahr 2013 in mehreren Bundesländern auch in diesen Getreidearten örtlich hohe DON-Gehalte zu verzeichnen. Eine Analyse der Bedingungen ergab das Zusammentreffen mehrerer infektionsbegünstigender Faktoren: ein sehr später Vegetationsbeginn, ein nasskalter Mai, ein langer Blütezeitraum und ausreichende Niederschläge vor und während der Winterroggen- bzw. Wintergerstenblüte. Voraussetzung einer erfolgreichen Infektion ist eine ausreichende Durchfeuchtung vor der Blüte, dafür sind Niederschläge über 10 mm nötig (Weinert 2013). Diese Bedingungen waren in Brandenburg und in einigen anderen Bundesländern für Wintergerste und Winterroggen im Jahr 2013 örtlich gegeben. Die Grafik in Abb. 22.2 zeigt die infektionsbegünstigenden Witterungsbedingungen am Beispiel einer Wintergerstenanbaufläche in Brandenburg. Zu einer Niederschlagsmenge von > 10 mm vor Blühbeginn und weiteren Niederschlägen während der Blüte (BBCH 61-69) kam ein relativ langer Blühzeitraum.

Abb. 22.1

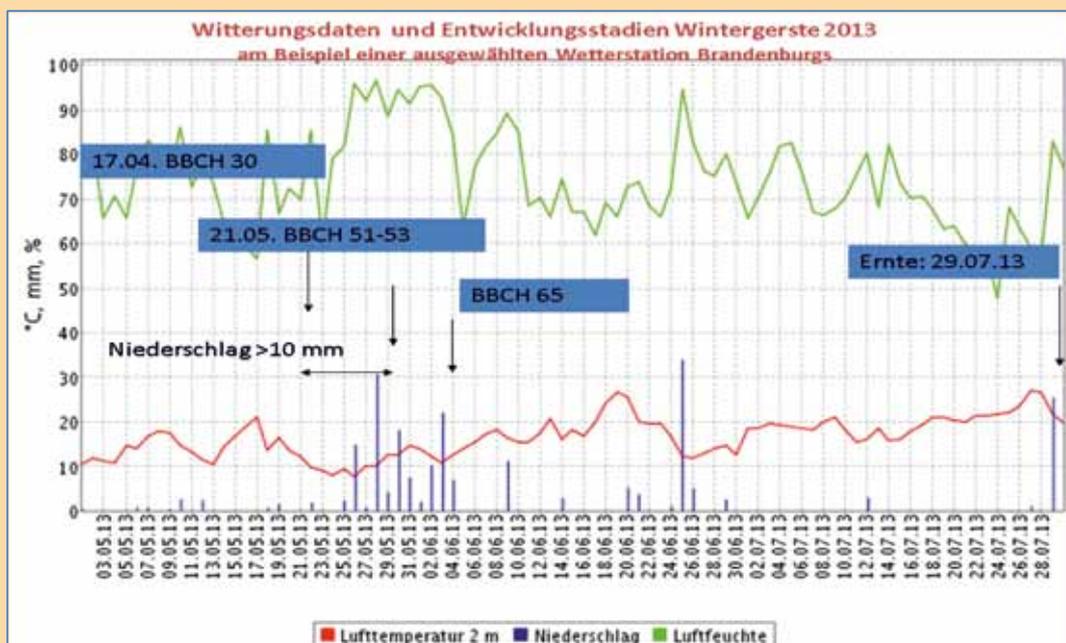
Relative DON Gehalte verschiedener Getreidearten



Quelle: LfL 2009

Abb. 22.2

Infektionsbegünstigende Witterungsbedingungen im Wintergerstenanbau 2013



Quelle: Deutscher Wetterdienst

Es wird davon ausgegangen, dass ein derartiges Zusammentreffen begünstigender Bedingungen und ein damit verbundenes erhöhtes Mykotoxinrisiko in Wintergerste und Winterroggen eine Ausnahmesituation bleibt (Thate 2014).

Im Unterschied zu Wintergerste und Winterroggen stehen für die Bekämpfung von Ährenfusariosen in Weizen und Triticale Fungizidmaßnahmen zur Verfügung. Diese sind aber die letzte Möglichkeit zur Minderung des Toxingehaltes im Erntegut auf dem Feld und sollten Risikoflächen (Maisvorfrucht, nicht wendende Bodenbearbeitung, anfällige Sorten), bei gleichzeitigem Zusammentreffen infektionsfördernder Witterungsbedingungen zur Blüte, vorbehalten bleiben. Außerdem zeigen die bisherigen Ergebnisse, dass nur Wirkungsgrade von 50-80 % erreicht werden. Vor allem in Jahren mit höherer DON-Belastung ist nicht immer gesichert, dass die Mykotoxingehalte durch die Fungizidmaßnahme unter die entsprechenden Richtwerte reduziert werden können. Alle pflanzenbaulichen Maßnahmen zur Vermeidung der Risikofaktoren sollten deshalb im Vordergrund stehen.

2.3 *Fusarium*-Befall bei Mais

Mit der Intensivierung des Maisanbaus (Abb. 23.1) steigt auch der Infektionsdruck durch Maispathogene, darunter *Fusarium*-Pilze. Fusariosen im Mais sind nicht nur wegen des Infektionspotenzials für die nachfolgende Getreidekultur von Bedeutung. *Fusarium*-Arten verursachen Kolbenfäule und Stängelfäule und führen zu erhöhten Mykotoxinbelastungen im Erntegut.

Folgende mykotoxinbildende *Fusarium*-Arten schädigen sowohl Weizen als auch Mais: *F. graminearum*, *F. culmorum*, *F. avenaceum*, *F. crookwellense*, *F. equiseti*, *F. langsethiae*, *F. oxysporum*, *F. poae*, *F. proliferatum*, *F. spor-*

trichoides, *F. tricinctum*, *F. venenatum* und *F. verticillioides* (Dietrichs et al. 2012). *Fusarium*-Infektionen sind während der gesamten Vegetationszeit von Mais möglich. Ausgehend von infizierten Stoppelresten der Vorfrucht treten Infektionen an Wurzelhals und Stängelbasis, am Stängel, an nicht befruchteten Kolbenanlagen und am Kolben auf (Oldenburg 2012). Relativ hohe Temperaturen (18-20°C) und Niederschläge begünstigen die Infektionen.

Zur Siloreife sind die Pflanzen unterhalb des Hauptkolbens am häufigsten mit DON belastet. Die höchsten DON-Gehalte treten hier an den nicht befruchteten Kolbenanlagen auf. Um in Befallsjahren den DON-Gehalt des Ernteguts zu reduzieren, sollte deshalb die Schnitthöhe möglichst hoch gewählt werden. Auch eine rechtzeitige Ernte bei Gesamt-TM-Gehalten von 30-35 % trägt zur Minimierung des DON-Gehaltes bei (Oldenburg und Höpfer 2007). Dabei ist aber zu beachten, dass von den Stoppelresten ein Infektionsrisiko für die Folgekultur ausgeht.

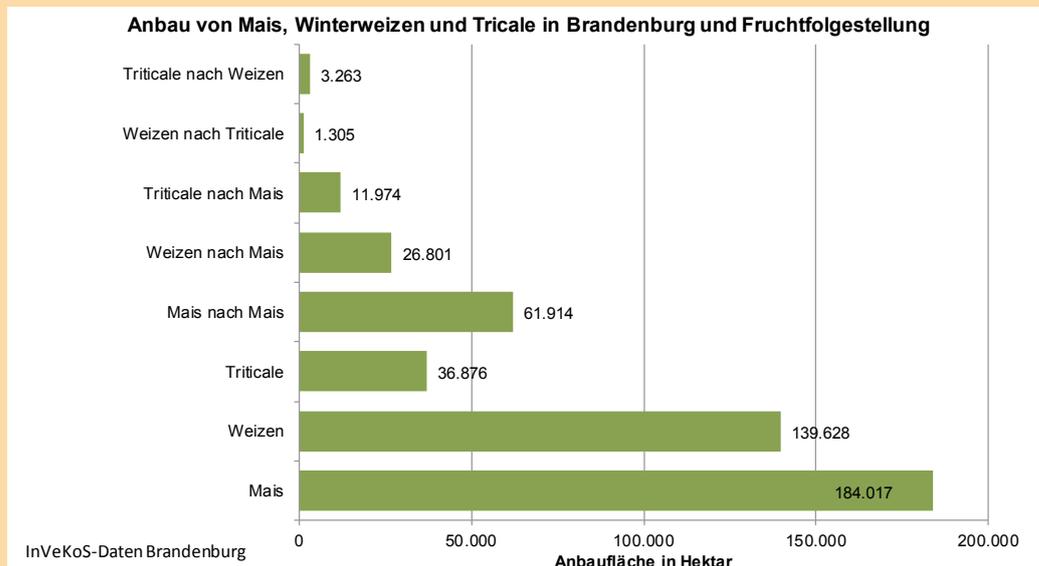
Für einen *Fusarium*-Befall des Kolbens gibt es verschiedene Infektionswege. Durch Infektionen der Narbenfäden mit *Fusarium*-Sporen entsteht ein von der Spitze des Kolbens ausgehender Befall (Abb. 23.2). Eine andere Möglichkeit ist, dass die Pilzsporen über Verletzungen, durch Hagel oder Insekten, wie z. B. Maiszünslerlarven, in den Kolben gelangen und eine Kolbenfäule verursachen (Abb. 23.3). *Fusarium*-Pilze können aber auch ausgehend von infizierten Stängeln in den Kolben hineinwachsen.

Auch im Maisanbau ist ein *Fusarium*-Befall abhängig von den Anbaufaktoren: Fruchtfolge, Bodenbearbeitung, Sorte und den entsprechenden Witterungsbedingungen.

Wo es möglich ist, sollten weitgestellte Fruchtfolgen zum Tragen kommen. Im Maisortiment stehen Sorten mit einer geringeren

Abb. 23.1

Anbauflächen von Getreide-Mais-Fruchtfolgen 2013 in Brandenburg



Quelle: InVeKoS-Daten Brandenburg

Anfälligkeit gegenüber *Fusarium*-Pilzen zur Verfügung. Es ist jedoch zu beachten, dass sich durch Auswahl von Sorten mit geringerer Anfälligkeit zwar der *Fusarium*-Befall und Mykotoxingehalt der Hauptkultur positiv beeinflussen lassen, das Vorfruchtisrisiko aber bestehen bleibt (von Kröcher 2011). Wichtigste Maßnahme zum Schutz der nachfolgenden Kulturen ist die Beseitigung des *Fusarium*-Inokulums. Deshalb sind alle Maßnahmen auf eine möglichst schnelle Verrottung der Maisstoppeln auszurichten (Abb. 23.4). Bei Mulchsaat sollten die Maisstoppeln möglichst sorgfältig zerkleinert und gut eingearbeitet werden, um die Verrottungsprozesse zu beschleunigen.

Obwohl eine Mykotoxinbelastung von Mais und Maisprodukten ein Risiko im Verbraucherschutz darstellt, gibt es derzeit relativ wenige systematische Untersuchungen von Mais (Produkten) im Lebens- und Futtermittelbereich im Land Brandenburg. Die Landesarbeitsgruppe „Mykotoxine“ hat sich deshalb

vorgenommen, ihre Untersuchungen zu Mykotoxinbelastungen beim Maisanbau zu verstärken und somit eine Datengrundlage zur Bewertung dieses Risikos zu erstellen.

2.4 Maskierte Mykotoxine

Mykotoxine als sekundäre pilzliche Metabolite unterliegen schon an ihrem Bildungsort in der Pflanze vielfältigen chemischen Modifikationen. Der Pilz bildet sie als Pathogenitätsfaktor, um eine Pflanze erfolgreich zu infizieren. Aber natürlich hat auch die Pflanze etliche Möglichkeiten, sich gegen eine Infektion zu wehren. Die beiden wichtigsten Abwehrmechanismen der Pflanzen gegenüber Mykotoxinen sind die Änderung deren chemischer Struktur sowie ihr Transport in Vakuolen oder apoplastische Zwischenräume, in denen sie separiert gelagert werden. Ziel dieser pflanzlichen Abwehr ist es, die toxischen Eigenschaften dieser Substanzen zu verringern und dem Pilz das Eindringen in die Pflanze zu erschweren.



Abb. 23.2: Kobenspitzenfäule



Abb. 23.3: Kolbenfäule



Abb. 23.4: Maisstoppeln

Die chemische Modifikation von Mykotoxinen besteht hauptsächlich aus der kovalenten Bindung von Glucose, Malonsäure oder Glutathion an die Hydroxy-, Thiol-, Carboxy- oder Amino-Gruppen der Mykotoxine. Das kann z. B. dazu führen, dass sich die Wasserlöslichkeit der Substanzen erhöht und sie damit dem Transportsystem der Pflanze leichter zugänglich gemacht werden. Die Pflanze kann dann diese konjugierten Toxine aus dem Cytosol in Vakuolen transportieren und sie „ungefährlich“ zwischenlagern. Gleichzeitig verändern diese Reaktionen auch die Bioaktivität der anfangs hoch wirksamen Mykotoxine und schwächen ihre Aggressivität stark ab. Die pflanzlichen Enzyme, die diese Reaktionen vermitteln, sind Transferasen und in vielen Pflanzen nachzuweisen (Matthes und Meyer 2009; Berthiller et al. 2013).

Durch diese Modifikationen sind ein Teil der Mykotoxine bei der herkömmlichen chemischen Analyse von pflanzlichen Proben unsichtbar, deshalb werden sie „maskierte“ Toxine genannt (Berthiller et al. 2009).

Solche pflanzlich veränderten Metabolite sind bis jetzt von DON, Nivalenol (NIV), ZEA, Fusarenon-X (FUS-X), T-2, HT-2, OTA und Fusarsäure bekannt, für FUM werden diese Metabolite vermutet. Einige dieser Metabolite konnten bisher nur in Zellkulturtests detektiert werden, Deoxynivalenol-3- β -D-glucopyranosid (D3G) und Zearalenone-14- β -D-glucopyranosid (Z14G) wurden auch in natürlich infizierten Getreidearten (Weizen, Gerste, Mais) nachgewiesen. Mehrere Studien konnten ein recht stabiles Verhältnis von D3G/DON in unverarbeitetem Getreide von ca. 20 % D3G zeigen. Zwei Studien wiesen jedoch in Abhängigkeit von Jahres- und Genotyp bis zu 46 bzw. sogar bis zu 70 % D3G im Verhältnis zum Gesamt-DON-Gehalt nach. Die ersten Bestimmungen von D3G in brandenburgischem Getreide werden in Kapitel 4.3.5 dargestellt.

Maskierte Formen von ZEA, wie z. B. Z14G oder Zearalenone-14-sulfat (Z14S), wurden sowohl in Weizenproben als auch in Lebensmitteln auf Weizen- und Maisbasis gefunden, allerdings in relativ geringen Konzentrationen (Berthiller et al. 2013).

Eine besondere Bedeutung erlangen diese Konjugate durch den Nachweis, dass sie durch die Pflanze zwar toxikologisch abgeschwächt werden, bei der Lebensmittelherstellung oder spätestens bei der Passage im Darmtrakt von Mensch und Tier wieder reversibel in ihre hochtoxischen Ausgangsprodukte zerfallen (Gareis et al. 1990). Deshalb führt eine Nichtberücksichtigung dieser maskierten Mykotoxine in pflanzlichen Produkten immer zu einer Unterbewertung des toxikologischen Risikos im Verbraucherschutz. Eine bessere Kenntnis des Vorkommens dieser Metabolite und deren mögliche Einbeziehung in Grenz- und Orientierungswerte ist deshalb das Anliegen nationaler und EU-weit handelnder Gremien.

2.5 Neue analytische Nachweismethoden für Mykotoxine

Um den gesetzlichen Anforderungen der Kontrolle von Grenzwerten für Mykotoxine in Lebens- und Futtermitteln zu entsprechen, werden analytische Methoden benötigt, die sowohl selektiv, empfindlich, einfach zu handhaben, schnell und kostengünstig als auch verlässlich in komplex zusammengesetzten Lebens- und Futtermitteln einsetzbar sind.

Zum Nachweis von Mykotoxinen werden zurzeit hauptsächlich folgende analytische Methoden eingesetzt: die Gaschromatographie, die Hochleistungsflüssigkeitschromatographie (HPLC), die HPLC gekoppelt mit der Tandemmassenspektroskopie (LC-MS/MS), Immunologische Assays (kompetitive Enzyme Linked Immunoabsorbent Assays [ELISA]) und Lateral Flow Devices (Schnell- oder Streifentests, Dipstick Assays).

Die immunologischen Schnellverfahren sind aufgrund der schnellen und unkomplizierten Durchführung sehr weit verbreitet. Das Prinzip dieser Methoden beruht auf einer Antigen-Antikörper-Reaktion. Das Mykotoxin wird selektiv gebunden und so beispielsweise über eine gekoppelte enzymatische Reaktion oder durch Präzipitation nachgewiesen. Die Auswertung der Streifentests erfolgt anhand der Ausbildung von Farbbanden in einem Messfeld. Der limitierende Faktor dieser Verfahren ist die begrenzte Empfindlichkeit. Daher sind hier nur qualitative oder halbquantitative Aussagen möglich. Weitere Nachteile: für jedes Toxin ist ein extra Test nötig, außerdem besteht die Gefahr eines falsch-positiven Befundes. Als Screening-Verfahren sind solche Tests prinzipiell geeignet. Im Falle eines positiven Ergebnisses ist allerdings eine Absicherung durch ein weiteres Verfahren (z. B. LC-MS/MS) nötig.

Stark an Bedeutung gewonnen haben in den letzten Jahren Multitoxin-Methoden mittels LC-MS/MS. Bei der *Target-Analytik*, die diesem Verfahren zu Grunde liegt, wird gezielt auf bestimmte Mykotoxine analysiert. Diese Methoden sind hochselektiv, weisen eine große Empfindlichkeit und Spezifität auf. Gleichzeitig können in kurzer Zeit eine Vielzahl von Mykotoxinen gleichzeitig bestimmt und mittels interner Isotop markierter Standards quantifiziert werden. Allerdings sind der apparative Aufwand sowie die Arbeits- und Materialkosten vergleichsweise hoch.

Mit der weiteren Entwicklung der massenspektrometrischen Technik ist es mittlerweile möglich, auch unbekannte Analyten zu identifizieren (*Non-Target-Analytik*). MS-Kombinationen mit der sehr schnell scannenden TOF-Technik (Time of Flight) erlauben ein Unknown-Screening mit der späteren Möglichkeit, nötige Informationen zu extrahieren und auszuwerten.

Der derzeitige Trend bei der Analytik der Mykotoxine liegt bei der quantitativen Multiparameter Target-Analytik (z. B. LC-MS/MS-Technik). Zukünftig könnte auch die Non-Target-Analytik (Unknown-Screening mittels TOF-MS bzw. TOF/TOF) eine größere Rolle in der Mykotoxinanalytik einnehmen.

Höchstmengenregelungen für Lebens- und Futtermittel

3.

Die Vorschriften zur Durchführung der staatlichen Kontrollen auf den Gebieten der Lebens- und Futtermittelherstellung in der Gemeinschaft sind EU-einheitlich in der Verordnung (EG) Nr. 882/2004 des Europäischen Parlaments und des Rates über amtliche Kontrollen zur Überprüfung der Einhaltung des Lebensmittel- und Futtermittelrechts sowie der Bestimmungen über Tiergesundheit und Tierschutz geregelt. Darin werden die Mitgliedsstaaten verpflichtet, das gemeinschaftliche Lebens- und Futtermittelrecht auf allen Stufen der Lebensmittelkette durchzusetzen und die Einhaltung der Vorschriften zu kontrollieren.

Die oben genannte EG-Kontroll-Verordnung verpflichtet jeden Mitgliedsstaat dazu, einen mehrjährigen, integrierten Kontrollplan zu erstellen. Der Plan beschreibt die behördlichen Strukturen, Verantwortlichkeiten und Vorgehensweisen sowie Kriterien, die die Behörden bei ihrer Tätigkeit erfüllen müssen.

In Deutschland obliegt die Durchführung der amtlichen Überwachung den Bundesländern. In Brandenburg wurde die Lebensmittelüberwachung den Landkreisen und kreisfreien Städten übertragen. Die Zuständigkeit für die Futtermittelüberwachung liegt beim Landesamt für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz (LUGV) Frankfurt/Oder (gewerbliche Futtermittelhersteller, Händler, Lagerhalter und Transporteure) sowie bei den Landkreisen und kreisfreien Städten (Landwirte). Die Untersuchung aller Lebens- und Futtermittelproben (Planproben, Verdachtsproben, Beschwerdeproben) erfolgt im Landeslabor Berlin-Brandenburg (LLBB).

Das Ministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz (MUGV) erstellt im Benehmen mit den Überwachungsbehörden und dem LLBB jährlich risikoorientierte Kontroll- und Probenahmepläne. In diesen Plänen werden Kontrollen und Probenahmen zum

Vorkommen von Mykotoxinen in Lebensmitteln oder Futtermitteln vorgegeben, die sich aus Vorschriften der EU, aus Ergebnissen des Schnellwarnsystems für Lebensmittel und Futtermittel und aus nationalen oder landeseigenen Untersuchungsergebnissen und Schwerpunkten ableiten.

Zum Schutz der öffentlichen Gesundheit ist es erforderlich, alle Kontaminanten, die auf jeder Stufe von der Erzeugung bis zum Verbrauch in die Lebensmittel gelangen können, in toxikologisch vertretbaren Grenzen zu halten. Mit der Verordnung (EWG) Nr. 315/93 des Rates zur Festlegung von gemeinschaftlichen Verfahren zur Kontrolle von Kontaminanten in Lebensmitteln wurde die erforderliche Grundlage im Gemeinschaftsrecht erlassen. Auf der Grundlage dieser Verordnung können Höchstwerte für Kontaminanten festgesetzt sowie Probenahme- und Analysemethoden festgeschrieben werden. Die Verordnung gilt für Kontaminanten, die nicht Gegenstand spezieller Gemeinschaftsregelungen sind. Danach darf kein Lebensmittel in den Verkehr gebracht werden, das einen Kontaminanten in einer gesundheitlich und insbesondere toxikologisch nicht vertretbaren Menge enthält.

Kontaminanten sind im Lebensmittel auf so niedrige Werte zu begrenzen, wie sie durch gute Praxis bei der Gewinnung, Verarbeitung, Behandlung, Lagerung, Beförderung und Zubereitung sinnvoll erreicht werden können.

Um einen wirksamen Schutz der öffentlichen Gesundheit sicherzustellen, sollten Erzeugnisse mit einem Gehalt an Kontaminanten, der über dem zulässigen Höchstgehalt liegt, weder als solche noch nach Vermischung mit anderen Lebensmitteln oder als Lebensmittelzutat in den Verkehr gebracht werden.

Die derzeit zulässigen Höchstgehalte für die Mykotoxine Aflatoxin, OTA, Patulin, DON,

ZEA, FUM entsprechend der Verordnung (EG) Nr. 1881/2006 zeigt ein Auszug in Tab. 3.1.

Die Untersuchungen im Rahmen der amtlichen Kontrolle der oben genannten Mykotoxine sind nach den Vorschriften der Verordnung (EG) Nr. 401/2006 durchzuführen.

Da Mykotoxine im Lebensmittel sehr heterogen verteilt sein können, spielt die Probenahme eine entscheidende Rolle für die Genauigkeit der Bestimmung ihres Gehaltes. Anhang I der oben genannten Verordnung regelt Kriterien und Verfahrensweise der Beprobung bei amtlichen Kontrollen des Mykotoxingehaltes in Lebensmitteln und gewährleistet so eine repräsentative Probenahme.

Um sicherzustellen, dass die Kontrolllaboratorien Methoden mit vergleichbarem Leistungsniveau anwenden, wurden allgemeine Kriterien für Probenaufbereitung und Analysemethoden zur Bestimmung der spezifischen Mykotoxine festgelegt. Diese sind in Anhang II der Verordnung (EG) Nr. 401/2006 enthalten.

Die Mitgliedsstaaten teilen der Kommission jährlich die ermittelten Mykotoxingehalte in den Lebensmittelproben sowie Fortschritte bei der Anwendung vorbeugender Maßnahmen mit. Auf der Grundlage der Berichte beurteilt die Kommission, ob die bestehenden Maßnahmen geändert oder eventuell weitere Maßnahmen ergriffen werden müssen.

Tab. 3.1: Höchstgehalte für bestimmte Mykotoxine in Lebensmitteln in µg/kg – Auszug aus der VO (EG) Nr. 1881/2006

	B ₁	Summe aus B ₁ , B ₂ , G ₁ und G ₂	M ₁
Aflatoxin			
Erdnüsse und andere Ölsaaten und deren Verarbeitungserzeugnisse, die zum unmittelbaren Verzehr oder zur Verwendung als Lebensmittelzutat bestimmt sind	2	4	–
Trockenfrüchte und deren Verarbeitungserzeugnisse, die zum unmittelbaren Verzehr oder zur Verwendung als Lebensmittelzutat bestimmt sind	2	4	–
Getreide und Getreideerzeugnisse, einschließlich verarbeiteter Getreideerzeugnisse	2	4	–
Rohmilch, wärmebehandelte Milch und Werkmilch	–	–	0,050
Folgende Gewürzsorten: <i>Capsicum spp.</i> (getrocknete Früchte, ganz oder gemahlen, einschließlich Chili, Chilipulver, Cayennepfeffer und Paprika) <i>Piper spp.</i> (Früchte, einschließlich weißer und schwarzer Pfeffer) <i>Myristica fragrans</i> (Muskat) <i>Zingiber officinale</i> (Ingwer) <i>Curcuma longa</i> (Gelbwurz)	5	10	–
Getreidebeikost und andere Beikost für Säuglinge und Kleinkinder	0,1	–	–
Säuglingsanfangsnahrung und Folgenahrung, einschließlich Säuglingsmilchnahrung und Folgemilch	–	–	0,025
Ochratoxin A			
Unverarbeitetes Getreide		5	
Aus unverarbeitetem Getreide gewonnene Erzeugnisse, einschließlich verarbeitete Getreideerzeugnisse und zum unmittelbaren menschlichen Verzehr bestimmtes Getreide		3	

	B ₁	Summe aus B ₁ , B ₂ , G ₁ und G ₂	M ₁
Getrocknete Weintrauben (Korinthen, Rosinen und Sultaninen)		10	
Geröstete Kaffeebohnen sowie gemahlener gerösteter Kaffee außer löslicher Kaffee		5	
Löslicher Kaffee (Instant-Kaffee)		10	
Getreidebeikost und andere Beikost für Säuglinge und Kleinkinder		0,5	
Gewürze, einschließlich getrockneter Gewürze <i>Piper</i> spp. (Früchte, einschl. weißer und schwarzer Pfeffer) <i>Myristica fragrans</i> (Muskat) <i>Zingiber officinale</i> (Ingwer) <i>Kurkuma</i> (Gelbwurz) <i>Capsicum</i> spp. (Paprika, getrocknete Früchte, ganz oder gemahlen, einschließlich Chili, Chilipulver, Cayennepfeffer und Paprika)		15 30 (bis zum 31.12.2014) 15 (ab 1.1.2015)	
Patulin			
Fruchtsäfte, rekonstituierte Fruchtsaftkonzentrate und Fruchtnektar		50	
Spirituosen, Apfelwein und andere aus Äpfeln gewonnene oder Apfelsaft enthaltende fermentierte Getränke		50	
Feste, für den direkten Verzehr bestimmte Apfelerzeugnisse, einschließlich Apfelkompott und Apfelpüree		25	
Apfelsaft sowie feste Apfelerzeugnisse, einschließlich Apfelkompott und Apfelpüree, für Säuglinge und Kleinkinder, die mit diesem Verwendungszweck gekennzeichnet und verkauft werden		10	
Andere Beikost als Getreidebeikost für Säuglinge und Kleinkinder		10	
Deoxynivalenol			
Unverarbeitetes Getreide, außer Hartweizen, Hafer und Mais		1.250	
Unverarbeiteter Hartweizen und Hafer		1.750	
Unverarbeiteter Mais, außer unverarbeitetem Mais, der zur Verarbeitung durch Nassmahlen bestimmt ist		1.750	
Zum unmittelbaren menschlichen Verzehr bestimmtes Getreide, Getreidemehl als Enderzeugnis für den unmittelbaren menschlichen Verzehr vermarktete Kleie und Keime		750	
Teigwaren (trocken)		750	
Brot (einschließlich Kleingebäck), feine Backwaren, Kekse, Getreide-Snacks und Frühstückscerealien		500	
Getreidebeikost und andere Beikost für Säuglinge und Kleinkinder		200	
Unter KN-Code 1103 13 oder 1103 20 40 fallende Maismahlfractionen mit einer Partikelgröße > 500 µm und unter KN-Code 1904 10 10 fallende andere Maismahlerzeugnisse mit einer Partikelgröße > 500 µm, die nicht zum unmittelbaren menschlichen Verzehr bestimmt sind		750	

	B ₁	Summe aus B ₁ , B ₂ , G ₁ und G ₂	M ₁
Unter KN-Code 1102 20 fallende Maismahlfractionen mit einer Partikelgröße ≤ 500 µm und unter den KN-Code 1904 10 10 fallende andere Maismahlerzeugnisse mit einer Partikelgröße ≤ 500 µm, die nicht zum unmittelbaren menschlichen Verzehr bestimmt sind		1.250	
Zearalenon			
Unverarbeitetes Getreide, außer Mais		100	
Unverarbeiteter Mais (außer unverarbeitetem Mais, der zur Verarbeitung durch Nassmahlen bestimmt ist)		350	
Zum unmittelbaren menschlichen Verzehr bestimmtes Getreide, Getreidemehl, als Enderzeugnis für den unmittelbaren menschlichen Verzehr vermarktete Kleie und Keime		75	
Raffiniertes Maisöl		400	
Brot (einschließlich Kleingebäck), feine Backwaren, Kekse, Getreide-Snacks und Frühstückscerealien, außer Mais-Snacks und Frühstückscerealien auf Maisbasis		50	
Für den unmittelbaren menschlichen Verzehr bestimmter Mais, Snacks und Frühstückscerealien auf Maisbasis		100	
Getreidebeikost (außer Getreidebeikost auf Maisbasis) und andere Beikost für Säuglinge und Kleinkinder		20	
Verarbeitete Lebensmittel auf Maisbasis für Säuglinge und Kleinkinder		20	
Unter KN-Code 1103 13 oder 1103 20 40 fallende Maismahlfractionen mit einer Partikelgröße > 500 µm und unter den KN-Code 1904 10 10 fallende andere Maismahlerzeugnisse mit einer Partikelgröße > 500 µm, die nicht zum unmittelbaren menschlichen Verzehr bestimmt sind		200	
Unter KN-Code 1102 20 fallende Maismahlfractionen mit einer Partikelgröße ≤ 500 µm und unter den KN-Code 1904 10 10 fallende andere Maismahlerzeugnisse mit einer Partikelgröße ≤ 500 µm, die nicht zum unmittelbaren menschlichen Verzehr bestimmt sind		300	
Fumonisine			
Unverarbeiteter Mais außer unverarbeitetem Mais, der zur Verarbeitung durch Nassmahlen bestimmt ist		4.000	
Zum unmittelbaren menschlichen Verzehr bestimmter Mais, zum unmittelbaren menschlichen Verzehr bestimmte Lebensmittel auf Maisbasis		1.000	
Frühstückscerealien und Snacks auf Maisbasis		800	
Getreidebeikost und andere Beikost auf Maisbasis für Säuglinge und Kleinkinder		200	
Unter KN-Code 1103 13 oder 1103 20 40 fallende Maismahlfractionen mit einer Partikelgröße > 500 µm und unter den KN-Code 1904 10 10 fallende andere Maismahlerzeugnisse mit einer Partikelgröße > 500 µm, die nicht zum unmittelbaren menschlichen Verzehr bestimmt sind		1.400	
Unter KN-Code 1102 20 fallende Maismahlfractionen mit einer Partikelgröße ≤ 500 µm und unter den KN-Code 1904 10 10 fallende andere Maismahlerzeugnisse mit einer Partikelgröße ≤ 500 µm, die nicht zum unmittelbaren menschlichen Verzehr bestimmt sind		2.000	

Angesichts der vorhandenen Daten hat das EU-Gremium für Kontaminanten in der Lebensmittelkette (CONTAM-Gremium) der EFSA einen Gruppenwert für die TDI von 100 µg/kg Körpergewicht für die Summe der T-2- und HT-2-Toxine festgelegt. Die derzeitigen Schätzungen zur chronischen Exposition des Menschen mit den Toxinen T-2 und HT-2 in der Nahrung liegen unter der TDI für Populationen aller Altersgruppen und stellen somit keine unmittelbare Gefährdung dar. Ebenfalls wurde die Übertragung von T-2- und HT-2-Toxinen von Futtermitteln auf Lebensmittel tierischen Ursprungs als gering und damit der Beitrag zur Exposition des Menschen mit diesen Toxinen als vernachlässigbar eingeschätzt (EFSA 2011a).

Für die Summe der T-2- und HT-2-Toxine sind in der Empfehlung der Kommission vom 27. März 2013 (2013/165/EU) Richtwerte festgelegt worden (Tab. 3.2), bei deren Überschreitung, insbesondere bei wiederholt festgestelltem Auftreten, Untersuchungen zu den Ursachen bzw. den Auswirkungen der Futter- und Lebensmittelverarbeitung auf das Vorhandensein der Toxine T-2 und HT-2 durchgeführt werden sollten.

Nach der oben genannten Empfehlung sollen unter aktiver Einbeziehung der Akteure der Futter- und Lebensmittelbranche Daten zu Getreide und Getreideerzeugnissen bezüglich des Vorhandenseins dieser Toxine gesammelt werden. Die Proben sind gleichzeitig auf das Vorhandensein der T-2- und HT-2-Toxine sowie anderer Fusarientoxine, wie z. B. DON, ZEA und FUM B₁ und B₂, zu untersuchen, um das Ausmaß des gleichzeitigen Auftretens dieser Toxine bewerten zu können. Sofern das eingesetzte Analyseverfahren dies zulässt, sollten auch die maskierten Mykotoxine, insbesondere mono- und diglycosylierte Konjugate der Toxine T-2 und HT-2 analysiert werden.

Durch die EFSA wurde im Oktober 2011 eine wissenschaftliche Stellungnahme zu den Risiken für Gesundheit von Mensch und Tier durch *Alternaria*-Toxine in Lebensmitteln und Futtermitteln veröffentlicht (EFSA 2011b). *Alternaria*-Toxine sind eine Gruppe von Schimmelpilzgiften (Mykotoxine), die von Pilzen der Gattung *Alternaria* (Schwärzepilze) gebildet werden. Bisher sind über 70 verschiedene Verbindungen identifiziert worden. In der EFSA-Stellungnahme (2011) wurden folgende Verbindungen bewertet: Alternariol (AOH), Alternariolmonomethylether (AME), Tenuazonsäure (TeA), Iso-Tenuazonsäure (iso-TeA), Altertoxine (ATX), Tentoxin (TEN), Altenuen (ALT) und AAL-Toxine. Es wird davon ausgegangen, dass für das gesundheitliche Risiko von *Alternaria*-Toxinen beim Menschen nicht akute, sondern chronische Effekte bedeutsam sind. Die durchgeführte Expositionsabschätzung (Lebensmittel) ergibt danach für die genotoxischen Verbindungen AOH und AME ein mögliches gesundheitliches Risiko; für die nicht-genotoxischen Verbindungen TeA und TEN wird das Risiko hingegen als „unwahrscheinlich“ angesehen.

Für Futtermittel bestehen gegenwärtig Höchstmengenregelungen in Form von Höchstgehalten, Richtwerten und Orientierungswerten. Während das Überschreiten eines Höchstgehaltenes ein totales Verfütterungs- und Vermischungsverbot der betroffenen Partie mit anderen Futtermitteln nach sich zieht (siehe § 23 Futtermittelverordnung), kann die Mykotoxinkonzentration eines Futtermittels bei einer Richt- oder Orientierungswertüberschreitung durch Mischen mit einem weniger belasteten Futtermittel „verdünnt“ werden.

In Futtermitteln sind EU-weit gegenwärtig nur Höchstgehalte für Aflatoxin B₁ und Mutterkorn festgelegt (Tab. 3.3).

Tab 3.2: Richtwerte¹ der Summe der Toxine T-2 und HT-2 in µg/kg (Empfehlung der Kommission 2013/165/EU) in Getreide und Getreideerzeugnissen²

T-2 und HT-2	Richtwert für die Summe der Toxine (µg/kg)
Unverarbeitete Getreide³	
Gerste (einschließlich Malzgerste) und Mais	200
Hafer (ungeschält)	1.000
Weizen, Roggen und sonstige Getreide	100
Getreidekörner für den unmittelbaren Verzehr durch den Menschen	
Hafer	200
Mais	100
Sonstige Getreide	50
Getreideerzeugnisse für den menschlichen Verzehr⁴	
Haferkleie und Haferflocken	200
Getreidekleie mit Ausnahme von Haferkleie, Hafermalerzeugnisse mit Ausnahmen von Haferkleie und Haferflocken sowie Maismalerzeugnisse	100
Sonstige Getreidemalerzeugnisse	50
Frühstücksgetreideerzeugnisse, einschließlich geformte Getreideflocken	75
Brot (einschließlich Kleingebäck), feine Backwaren, Kekse, Getreide-Snacks, Nudeln	25
Getreidebeikost für Säuglinge und Kleinkinder	15
Getreideerzeugnisse für Futtermittel und Mischfuttermittel⁵	
Hafermalerzeugnisse (Spelzen)	2.000
Sonstige Getreideerzeugnisse	500
Mischfuttermittel mit Ausnahme von Futtermitteln für Katzen	250

¹ Die hier aufgeführten Werte sind Richtwerte, bei deren Überschreitung, vor allem jedoch bei wiederholt festgestelltem Auftreten, Untersuchungen zu den für das Vorhandensein der Toxine T-2 und HT-2 ursächlichen Faktoren bzw. zu den Auswirkungen der Futter- und Lebensmittelverarbeitung durchgeführt werden sollten. Die Richtwerte stützen sich auf die in der EFSA-Datenbank vorhandenen einschlägigen Vorkommensdaten, die die EFSA in ihrer Stellungnahme vorgelegt hat. Die Richtwerte sind keine Werte für die Futter- und Lebensmittelsicherheit.

² Für die Zwecke dieser Empfehlungen gelten Reis und Reiserzeugnisse nicht als Getreide bzw. Getreideerzeugnisse.

³ Unverarbeitete Getreide sind Getreide, die keiner physikalischen oder thermischen Behandlung mit Ausnahme von Trocknung, Säuberung und Sortierung unterzogen wurden.

⁴ Getreidekörner für den unmittelbaren menschlichen Verzehr sind Getreidekörner, die Trocknungs-, Säuberungs-, Schäl- und Sortierverfahren durchlaufen haben und die vor ihrer weiteren Verarbeitung in der Lebensmittelkette nicht weiter gesäubert und sortiert werden.

⁵ Die Richtwerte der für Futtermittel und Mischfuttermittel bestimmten Getreide und Getreideerzeugnisse beziehen sich auf ein Futter mit einem Feuchtigkeitsgehalt von 12 %.

Tab. 3.3: Höchstgehalte für Mykotoxine in Futtermitteln – Anhang I der Richtlinie 2002/32/EG über unerwünschte Stoffe in der Tierernährung, zuletzt geändert durch die Verordnung (EU) Nr. 1275/2013

Unerwünschter Stoff	Futtermittel	Höchstgehalt (µg/kg FM)
Aflatoxin B ₁	Futtermittelausgangserzeugnisse Allein- und Ergänzungsfuttermittel für Rinder, Schafe, Ziegen, für Schweine und Geflügel mit Ausnahme des Milchviehs und der Jungtiere	20
Aflatoxin B ₁	Allein- und Ergänzungsfuttermittel für Milchrinder, -schafe und -ziegen sowie alle Jungtiere der genannten Nutztierarten	5
Aflatoxin B ₁	alle weiteren nicht genannten Ergänzungs- und Alleinfuttermittel	10
Mutterkorn	Futtermittelausgangserzeugnisse und Mischfuttermittel, die ungemahlene Getreide enthalten	1.000.000 (1 g)

Jedoch ist die physikalische Bestimmung der Kontaminationsrate von Getreide durch Mutterkorn häufig ungenau, da Größe und Gewicht der Sklerotien erheblich schwanken können. Darüber hinaus ist diese physikalische Bestimmung bei verarbeiteten Futtermitteln und Lebensmitteln unmöglich. Daher wurde vorgeschlagen, zusätzlich zur Kontrolle durch physikalische Methoden auch die Möglichkeit der Kontrolle durch chemische Untersuchung möglicherweise kontaminierter Futtermittel und Lebensmittel vorzusehen, da verschiedene chromatografische Methoden zum Nachweis von Mutterkorn-Alkaloiden in Futtermitteln und Lebensmitteln verfügbar sind. Diese Methoden sind jedoch auf bestimmte Mutterkorn-Alkaloide beschränkt.

Um Daten zum Vorkommen dieser Mutterkorn-Alkaloide bei ungemahlenem Getreide, Getreideerzeugnissen, Mischfuttermitteln und zusammengesetzten Lebensmitteln zu erheben, wurde mit Empfehlung der Kommission 2012/154/EU vom 15. März 2012 ein Monitoring-Programm zur Bestimmung von Mutterkorn-Alkaloiden in Futtermitteln und Lebensmitteln aufgelegt.

Weiterhin sollen Daten zum Mutterkorn-Alkaloid-Muster in Futtermitteln und Lebensmitteln erhoben werden und ein Bezug zwischen dem

Vorkommen der Mutterkorn-Alkaloide und der Menge an Sklerotien hergestellt werden. Der Schwerpunkt liegt auf den sechs am häufigsten vorkommenden Mutterkorn-Alkaloiden Ergometrin, Ergotamin, Ergosin, Ergocristin, Ergocryptin und Ergocornin sowie deren Epimeren (-inin Formen). Die Analyseergebnisse sind der EFSA für die Zusammenstellung in einer Datenbank regelmäßig zu übermitteln.

Für die Toxine DON, ZEA, OTA sowie FUM B₁ und B₂ in Erzeugnissen zur Verfütterung an Tiere gelten Richtwerte der EU-Kommission. Entsprechend der Empfehlung 2006/576/EG wurden Daten über das Vorhandensein der genannten Mykotoxine in Getreide, Getreideerzeugnissen und Mischfuttermitteln erhoben und jährlich an die Kommission übermittelt. In der Empfehlung wird klargestellt, dass die Richtwerte (Tab. 3.4) als obere Werte anzusehen sind.

Die Erhebung von Daten wurde mit der bereits genannten Empfehlung 2013/165/EU der Kommission vom 27. März 2013 auf die Toxine T-2 und HT-2 in Getreiden und Getreideerzeugnissen unter Einbeziehung der Akteure sowohl aus der Futtermittel- bzw. aus der Lebensmittelbranche ausgeweitet und Richtwerte für T-2 und HT-2 in Getreiden und Getreideerzeugnissen festgelegt (Tab. 3.2).

Tab. 3.4: Richtwerte für bestimmte Mykotoxine gemäß Anhang der Empfehlung 006/576/EG ($\mu\text{g}/\text{kg}$ Futtermittel mit einem Feuchtegehalt von 12 %)

Mykotoxin	Zur Fütterung bestimmte Erzeugnisse	Richtwert
Deoxynivalenol	Futtermittelausgangserzeugnisse (*) - Getreide und Getreideerzeugnisse (**) außer Maisnebenprodukte - Maisnebenprodukte	8.000 12.000
	Ergänzungs- und Alleinfuttermittel außer für: - Schweine	5.000 900
	- Kälber (< 4 Monate), Lämmer und Ziegenlämmer	2.000
Zearalenon	Futtermittelausgangserzeugnisse (*) - Getreide und Getreideerzeugnisse (**) außer Maisnebenprodukte - Maisnebenprodukte	2.000 3.000
	Ergänzungs- und Mischfuttermittel für: - Ferkel und Jungsauen - Sauen und Mastschweine	100 250
	- Milchkühe, Schafe und Ziegen (einschließlich deren Jungtiere)	500
Ochratoxin A	Futtermittelausgangserzeugnisse (*) - Getreide und Getreideerzeugnisse (**)	250
	Ergänzungs- und Alleinfuttermittel für: - Schweine	50
	- Geflügel	100
Fumonisin B ₁ + B ₂	Futtermittelausgangserzeugnisse (*) - Mais und Maiserzeugnisse (***)	60.000
	Ergänzungs- und Alleinfuttermittel für: - Schweine, Pferde, Kaninchen und Heimtiere	5.000
	- Fische	10.000
	- Geflügel, Kälber (< 4 Monate), Lämmer und Ziegenlämmer	20.000
	- Wiederkäuer (> 4 Monate) und Nerze	50.000

(*) Bei Getreide und Getreideerzeugnissen, die unmittelbar an Tiere verfüttert werden, ist auf Folgendes zu achten: Ihre Verwendung in einer Tagesration sollte nicht dazu führen, dass das Tier einer höheren Menge an diesen Mykotoxinen ausgesetzt ist als bei einer entsprechenden Exposition, wenn in einer Tagesration nur die Alleinfuttermittel verwendet werden.

(**) Der Begriff „Getreide und Getreideerzeugnisse“ umfasst nicht nur die unter der Überschrift 1 „Getreidekörner, deren Erzeugnisse und Nebenerzeugnisse“ des nicht ausschließlichen Verzeichnisses der wichtigsten Futtermittelausgangserzeugnisse in Teil B des Anhangs zur Richtlinie 96/25/EG des Rates vom 29. April 1996 über den Verkehr mit Futtermittelausgangserzeugnissen (ABl. L 125 vom 23.5.1996, S. 35) aufgeführten Futtermittelausgangserzeugnisse, sondern auch andere aus Getreide gewonnene Futtermittelausgangserzeugnisse, vor allem Getreidegrünfütter und -raufütter.

(***) Der Begriff „Mais und Maiserzeugnisse“ umfasst nicht nur die aus Mais gewonnenen Futtermittelausgangserzeugnisse, die unter der Überschrift 1 „Getreidekörner, deren Erzeugnisse und Nebenerzeugnisse“ des nicht ausschließlichen Verzeichnisses der wichtigsten Futtermittelausgangserzeugnisse in Teil B des Anhangs zur Richtlinie 96/25/EG aufgeführt sind, sondern auch andere aus Mais gewonnene Futtermittelausgangserzeugnisse, vor allem Maisgrünfütter und -raufütter.

In Deutschland gibt es darüber hinaus für die Toxine DON und ZEA nationale Orientierungswerte (BML 2000), die ebenfalls als obere Richtwerte interpretiert werden müssen (Tab. 3.5). Sie gelten für die Tagesration und haben zum Ziel, die Beeinträchtigung der Gesundheit und der Leistungsbereitschaft der Tiere durch die genannten Mykotoxine zu vermeiden.

Tab. 3.5: Orientierungswerte für DON und ZEA in der Tagesration bestimmter Nutztiere ($\mu\text{g}/\text{kg}$ Futtermittel)

Tierart	Tierkategorie	DON	ZEA
Schwein	präpubertäre weibliche Zuchtschweine	1.000	50
	Mastschweine und Zuchtsauen	1.000	250
Huhn	Legehennen und Masthühner	5.000	–
Rind	Kälber (präruminierend)	2.000	250
	weibliche Aufzuchtrinder, Milchkühe	5.000	500
	Mastrinder	5.000	–

4. Vorkommen von Mykotoxinen in erntefrischen Getreidekörnern in Brandenburg

4.1 Regionale Verteilung aller bisher erhobenen Untersuchungen und regionalspezifische Unterschiede im Mykotoxinvorkommen 2002-2013

Ein wesentliches Ziel der im Dezember 2002 gegründeten Landes-Arbeitsgruppe (LAG) „Mykotoxine“ ist die Zusammenführung aller Untersuchungen und Analysen von Getreide auf Mykotoxine für das Land Brandenburg. Sowohl in der amtlichen Überwachung als auch in den verschiedenen Untersuchungen des Landesamtes für Ländliche Entwicklung, Landwirtschaft und Flurneuordnung (LELF) und des im behördlichen Auftrag tätigen Institut für Getreideverarbeitung GmbH (IGV) gibt es Programme zur Erfassung der Mykotoxinkontamination in erntefrischem Getreide, in Mais, Futtermitteln und Lebensmitteln. Mit jährlich wechselnden Schwerpunkten variieren diese Untersuchungen oftmals in Umfang und Verteilung der Proben. Den größten Anteil der Analysen machen DON-Bestimmungen in Winterweizen aus. Wichtige Monitoring-Untersuchungen für Getreideproben im Land Brandenburg sind unter anderem:

- das Vorerntemonitoring der LAG „Mykotoxine“ mit Analysen von Winterweizen und Triticale in den Jahren 2007-2013
- reguläre Ernteuntersuchungen des Landes Brandenburg mit Analysen von Winterweizen und Winterroggen aus konventionellem und ökologischem Anbau in den Jahren 2000-2013
- Monitoring-Untersuchungen von Proben der Kontrollschläge des Pflanzenschutzdienstes des LELF mit Analysen von Winterweizen und Triticale in den Jahren 2003-2013
- BEE-Untersuchungen der bundesweit durchgeführten Besonderen Ernteterminierung von Kontrollschlägen bei Weizen, durch die LAG nutzbar seit 2011

Dazu kommen Forschungsprojekte Brandenburger Institute, des Leibniz-Zentrums für Agrarlandschaftsforschung Müncheberg (ZALF) und des Leibniz-Institutes für Agrartechnik Potsdam-Bornim (ATB), die sich unter ganz verschiedenen Gesichtspunkten mit Mykotoxin-Analysen befassen.

Als am häufigsten nachweisbares und toxikologisch relevantes Mykotoxin wird bei allen Untersuchungen DON analysiert, viele Proben werden auch auf ZEA untersucht. Weitere Mykotoxine wie NIV und die T2- und HT-2-Toxine sowie Diacetoxyscirpenol (DAS), FUS-X und Ergotalkaloide wurden nur in den letzten Jahren und nur bei ausgewählten Proben detektiert.

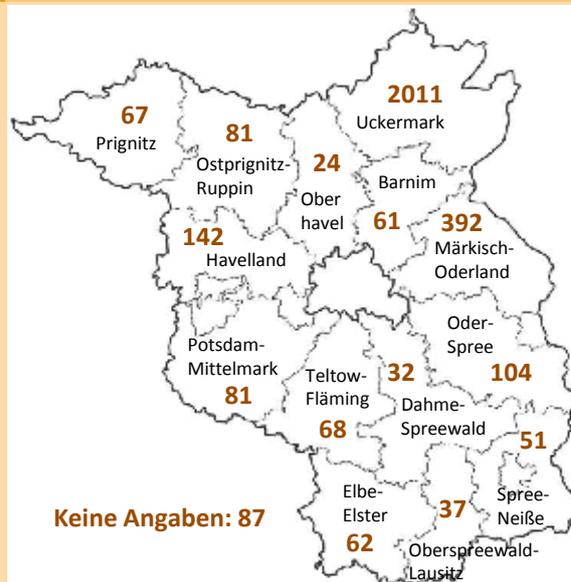
Alle in den Jahren 2002-2013 in oben genannten Untersuchungen erfassten DON-Gehalte werden in der Datenbank „Mykotoxine“ des Landes Brandenburg zusammengeführt und mit möglichst vielen ergänzenden Daten zu Witterung, Management und Topographie verknüpft. Enthalten sind alle DON-Konzentrationswerte sowohl von Risiko- und Nicht-Risiko-Flächen vieler verschiedener landwirtschaftlicher Betriebe als auch von Parzellen- und Feldversuchen. Dabei wurde nicht unterschieden, ob diese untersuchten Getreidepartien anschließend als Lebens- oder Futtermittel weiter verwendet wurden.

Aktuell enthält der Datensatz die Werte von DON-Analysen der Vorernte- und Ernteproben von 3.300 Winterweizenproben, 684 Roggenproben, 221 Triticaleproben, 23 Hafer- und 8 Gersteproben aus den Jahren 2002-2013. Dieser Datensatz kann damit als Grundlage für Berechnungen zum Einfluss des Jahres, der Region und verschiedener agrotechnischer Faktoren dienen.

Die Verteilung aller bisher auf DON untersuchten Weizenproben im Land Brandenburg zeigt Abb. 41.1.

Abb. 41.1

Verteilung aller auf DON untersuchten Weizenproben im Land Brandenburg



Quelle: Datenbank „Mykotoxine“ der LAG; © LGB Brandenburg

Deutlich erkennbar ist der Schwerpunkt der Untersuchungen in den beiden Hauptanbaugebieten für Weizen in Brandenburg: In der Uckermark wurden 2.011 und in Märkisch-Oderland 392 Weizenproben untersucht.

Einen Überblick über die Anzahl der positiven DON-Werte, die Maximalwerte und die Anzahl der DON-Befunde über dem Grenzwert gibt Tab. 41.1.

Um eine Beurteilung der regionaltypischen Verteilung der DON-Belastung im Winterweizen in Brandenburg vorzunehmen, müssen die unterschiedliche Anzahl und die Risikofaktoren der untersuchten Proben berücksichtigt werden. So sind die insgesamt 32 Proben aus Dahme-Spreewald, 24 Proben aus Oberhavel oder 37 Proben aus Oberspreewald-Lausitz nicht ausreichend, um gesicherte Aussagen zu treffen. Außerdem ist der Anteil der untersuchten Risikoschläge in den Landkreisen unterschiedlich. Das wiederum erschwert einen Vergleich der Mykotoxinbelastung von Weizen zwischen den einzelnen Landkreisen. Zumindest die

Weizenproben aus dem Landkreis Dahme-Spreewald sollten aufgrund der relativ vielen positiven Befunde etwas intensiver untersucht werden. Ein Vergleich mit den Landkreisen Uckermark und Märkisch-Oderland ist aufgrund der sehr unterschiedlichen Stichprobenzahlen nur bedingt möglich.

Die beiden Hauptanbaugebiete für Weizen unterscheiden sich im Mittel über alle Jahre nicht wesentlich voneinander (Tab. 41.1), in einzelnen Jahren kann das aber deutlicher sein (vgl. Abb. 51.5 in der Mykotoxinbroschüre, 2. Auflage). Dabei scheint das nördlich gelegene Weizenanbaugebiet sowohl in der Anzahl positiver DON-Befunde als auch in der Höhe der Konzentration auffälliger zu sein.

Tab. 41.1: Anzahl der in den einzelnen Landkreisen auf DON untersuchten Weizenproben, deren Minimum-, Maximum- und Mittelwerte sowie die Anzahl der Proben mit einem DON-Gehalt über dem gesetzlich geregelten Grenzwert von 1.250 µg/kg in den Jahren 2002-2013 (Quelle: Datenbank „Mykotoxine“ der LAG)

Landkreis	Anzahl aller Proben	Anzahl der DON-Proben oberhalb der Bestimmungsgrenze	DON Min ¹ -Max µg/kg	DON Mittelwert µg/kg	Anzahl der Proben oberhalb des gesetzlichen Grenzwertes
BAR	61	24	50-5.983	218,3	2 (3,3 %)
EE	62	25	50-4.847	291,6	2 (3,2 %)
HVL	142	67	50-2.280	203,4	6 (4,2 %)
LDS	32	19	50-5.690	466,0	2 (6,2 %)
LOS	104	52	50-6.373	534,7	10 (9,6 %)
UM	2.011	1.276	50-20.320	723,4	249 (12,4 %)
MOL	392	219	50-14.349	587,8	35 (8,9 %)
SPN	51	21	50-3.837	298,9	3 (5,9 %)
PR	67	27	50-6.330	324,0	2 (3,0 %)
PM	81	25	50-2.360	147,6	2 (2,5 %)
OSL	37	11	50-2.087	129,5	1 (2,7 %)
OPR	81	32	50-7.762	410,5	7 (8,6 %)
OHV	24	8	50-1.277	139,3	1 (4,2 %)
TF	68	27	50-1.471	138,4	1 (1,5 %)
keine Angaben	87	16	50-5.283	144,1	1 (6,2 %)

¹ Der Minimum-Wert von 50 µg/kg entspricht der Bestimmungsgrenze und damit einer nicht nachweisbaren DON-Konzentration.

4.2 Vorgehensweise, Methoden und Ergebnisse des Vorerntemonitorings bei Weizen und Triticale 2007-2013

4.2.1 DON

Das im Jahr 2007 in Brandenburg eingeführte Vorerntemonitoring (VEM) als Mykotoxinfrühwarnsystem für Getreide dient der frühzeitigen Abschätzung der Mykotoxinbelastung des Erntegutes von Winterweizen und Triticale. Für das Monitoring werden von Weizen- und Triticaleschlägen vor der Ernte Ährenproben geschnitten und durch das IGV deren Mykotoxinbelastung geprüft. Die Untersuchung der Triticaleproben wurde

zum Teil in anderen Instituten vorgenommen (2009: ATB Potsdam-Bornim, 2011: Beuth-Hochschule Berlin).

Als Leittoxin wurde DON gewählt, weil dieses Toxin am häufigsten und in zum Teil hohen Konzentrationen im Getreide vorkommt und ein Höchstmengengrenzwert existiert. Die Höhe des DON-Gehaltes in den Körnern der geschnittenen Ähren dient dabei als Indikator für die mögliche Belastung des Erntegutes. Die Mehrzahl der Proben stammt von sogenannten Risikoschlägen.

Kriterien für die Festlegung der Risikoschläge sind:

- Vorfrucht Mais pfluglos
- Vorfrucht Mais gepflügt
- Vorfrucht Winterweizen bzw. Triticale pfluglos
- Vorfrucht Winterweizen bzw. Triticale gepflügt sowie für *Fusarium* anfällige Sorten (Einstufung der Note 6-9 gemäß Bundessortenkatalog)

Wenn in den Proben dieser Risikoschläge keine erhöhten Mykotoxingehalte auftreten, ist davon auszugehen, dass Getreide von Feldern mit geringerem Risiko ebenfalls gering belastet ist. Im umgekehrten Fall gibt die Feststellung von hohen DON-Gehalten in den Proben der Risikoschläge einen Hinweis auf eine allgemein zu erwartende höhere Belastung.

Die Probenahme für das VEM im Land Brandenburg organisieren die Ämter für Landwirtschaft der einzelnen Landkreise. 10-14 Tage vor dem geplanten Erntetermin werden nach einem einheitlichen Schema Getreideähren auf den Risikoschlägen geschnitten und zur Untersuchung gesendet. Alle eingesandten

Ähren werden getrocknet, die Getreidekörner aus den Spelzen gelöst, vermahlen und ihr DON-Gehalt mittels HPLC, ELISA bzw. in den letzten 2 Jahren mittels LC-MS/MS ermittelt. Die DON-Gehalte beziehen sich jeweils auf 14 % Kornfeuchte.

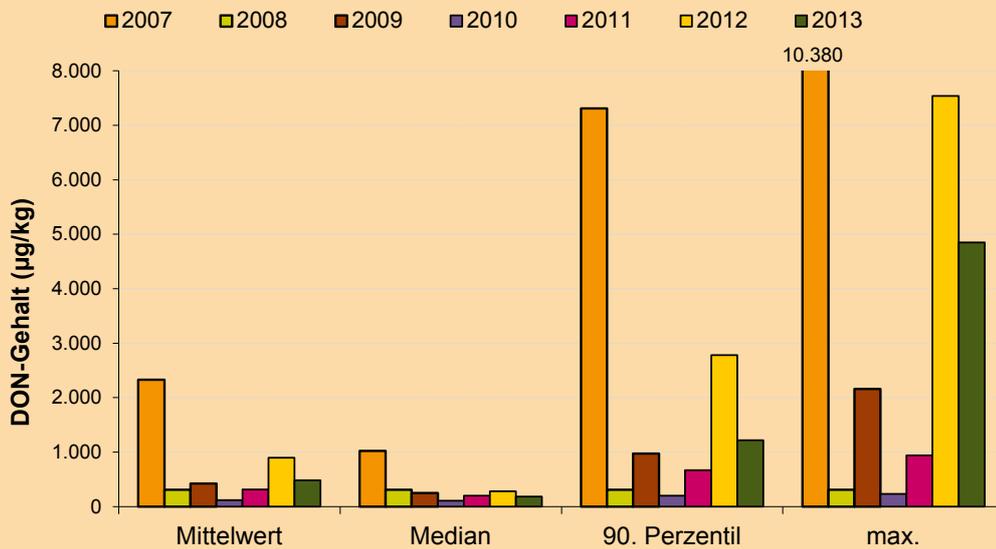
Alle Ergebnisse werden in anonymisierter Form zeitnah auf der Internet-Plattform ISIP.de eingestellt und in der Bauernzeitung der Region Brandenburg veröffentlicht. Liegt in einer Region die DON-Belastung von Risikoschlägen deutlich über dem Höchstmengengrenzwert, können vor und bei der Ernte Regulierungsmaßnahmen zur Verminderung der Mykotoxinbelastung im Erntegut getroffen werden. Dazu zählen zum Beispiel Veränderungen der Einstellungen am Mähdrescher, so dass die kleineren Kümmerkörner gar nicht geerntet werden, die getrennte Beerntung von bereits lagerndem Getreide sowie dessen getrennte Lagerung oder auch eine Ermittlung des DON-Gehaltes vor der Verwendung der Partien als Futtermittel.

In den einzelnen Jahren wurde die folgende Anzahl Proben geprüft:

2007:	46 Proben,	davon 31 Winterweizen	und 15 Triticale
2008:	60 Proben,	davon 30 Winterweizen	und 30 Triticale
2009:	67 Proben,	davon 47 Winterweizen	und 20 Triticale
2010:	77 Proben,	davon 66 Winterweizen	und 11 Triticale
2011:	115 Proben,	davon 73 Winterweizen	und 42 Triticale
2012:	129 Proben,	davon 92 Winterweizen	und 37 Triticale
2013:	145 Proben,	davon 102 Winterweizen	und 43 Triticale

Abb. 421.1

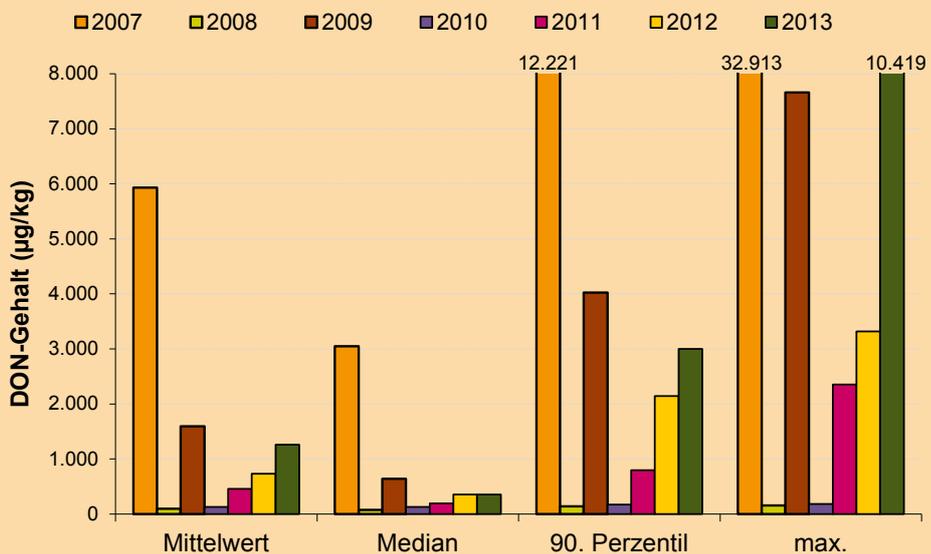
DON Gehalte in Weizen aus dem VEM 2007-2013



Quelle: Datenbank „Mykotoxine“ der LAG; VEM- Vorerntemonitoring

Abb. 421.2

DON Gehalte in Triticale aus dem VEM 2007-2013



Quelle: Datenbank „Mykotoxine“ der LAG; VEM - Vorerntemonitoring

Beim Vergleich der Befunde der Untersuchungsjahre ist auffallend, dass in 2007 ein großer Teil der Proben mit DON kontaminiert war (Abb. 421.1 und 421.2, Huschek et al. 2007-2013). Ca. 50 % der Proben, sowohl Winterweizen als auch Triticale, wiesen erhöhte DON-Gehalte auf, einige davon weit oberhalb des EU-Grenzwertes. Der maximale DON-Gehalt der Weizenproben lag bei 10.380 µg/kg (bei einem Mittelwert von 2.230 µg/kg), die Triticaleproben wiesen sogar einen ca. 3,2fach höheren Maximalwert von 32.910 µg/kg (bei einem Mittelwert von 5.930 µg/kg) auf.

2009, 2012 und 2013 waren Jahre mit mäßiger DON-Belastung in Weizen und Triticale. In diesen Jahren wurden in beiden Getreidearten in Einzelproben hohe Maximalwerte gefunden. So lagen z. B. 2012 die DON-Gehalte in den Weizenproben zwischen 50 und 4.850 µg/kg (Mittelwert 481 µg/kg) und bei Triticale zwischen 50 und 10.420 µg/kg (Mittelwert 1.260 µg/kg). Das Jahr 2008 dagegen war ein Jahr mit einem insgesamt deutlich niedrigeren Infektionsrisiko und entsprechend geringen DON-Gehalten.

Im Regelfall, d. h. wenn die Getreideernte 10-14 Tage nach dem Probenschneiden der Ähren erfolgt, weisen die DON-Gehalte der Vorernteproben und des geernteten Getreides eines Schlages eine relativ hohe Übereinstimmung auf. Kommt es zu Ernteverzögerungen infolge von Schlechtwetterlagen verbunden mit zusätzlichem Lagergetreide, können sich die Mykotoxingehalte im Erntegut erhöhen.

In den sieben Untersuchungsjahren spiegelten sich die Ergebnisse des VEM weitgehend in den Ergebnissen der Ernteuntersuchungen wider. Sowohl 2007 als auch 2012 und 2013 wurde bei der Untersuchung von Ernteproben aus dem Land Brandenburg eine hohe DON-Kontamination festgestellt. 2008 und 2010 waren wie im VEM auch in regulär geernteten Weizenproben kaum Fusarientoxine nach-

weisbar. 2009 und 2011 war DON sowohl in den VEM als auch in den Ernteweizenproben wieder häufiger und in etwas höheren Konzentrationen enthalten (vgl. Kapitel 4.3.3).

4.2.2 NIV, T-2, HT-2, acetylierte und glucosylierte DON-Metabolite

Seit 2009 wurden die VEM-Proben im IGV mittels LC-MS/MS untersucht. Dadurch war es möglich, neben DON auch weitere Fusarientoxine, für die es bisher noch keine Grenzwerte gibt, in einem Analysenschritt zu messen. Bei den Triticaleproben aus dem VEM wurden die Fusarientoxine mittels LC-MS/MS in den Jahren 2010, 2012 und 2013 analysiert. Obwohl die toxikologische Bewertung dieser Toxinbefunde noch nicht geklärt ist, soll hierdurch untersucht werden, ob neben DON noch mit anderen, bisher kaum untersuchten Mykotoxinen in Brandenburger Getreide zu rechnen ist.

NIV war 2009 in einer ungewöhnlich großen Anzahl der Weizenproben nachweisbar (Abb. 422.1). 53 % der Proben waren 2009 mit NIV kontaminiert, in den folgenden Jahren 2010-2012 war der Anteil der positiven Proben mit 2-24 % deutlich niedriger mit Maximalwerten von ca. 30 µg/kg. 2013 war mit 24 % positiven Proben wieder eine größere Probenanzahl mit etwas höheren NIV-Konzentrationen belastet (Maximalwert: 106 µg/kg).

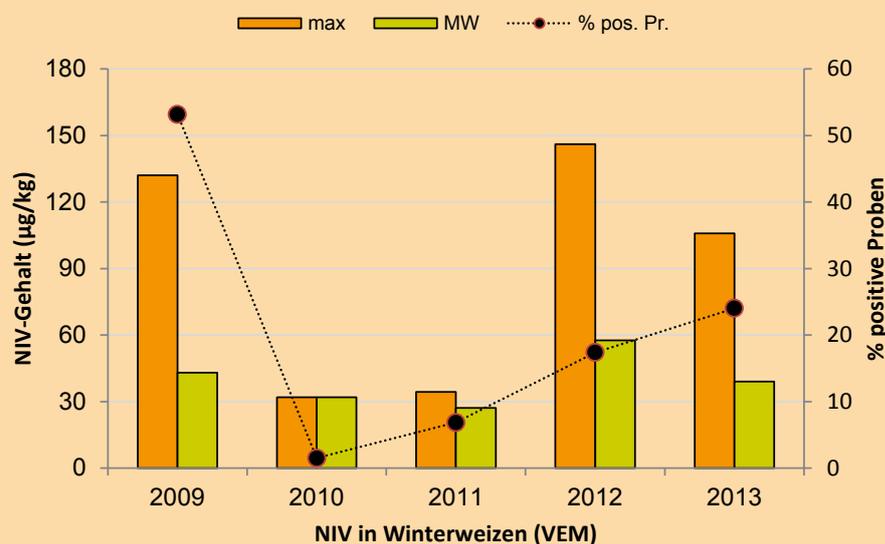
Bei den Triticaleproben war NIV seltener nachweisbar. 2010 gab es gar keinen Nachweis, 2012 war NIV in 14 % der Proben enthalten, 2013 wurde NIV nur in einer Probe (= 2 %) in Höhe von 27 µg/kg nachgewiesen.

T-2- und HT-2-Toxin waren sowohl in den Weizen- als auch in den Triticaleproben des VEM nur äußerst selten und in sehr geringen Konzentrationen (maximal 30 µg/kg) enthalten.

Seit 2010 wurden auch die acetylierten DON-Derivate 3-Acetyl-DON (3-Ac-DON) und

Abb. 422.1

NIV Gehalte in Weizen aus dem VEM 2009-2013



Quelle: Datenbank „Mykotoxine“ der LAG; VEM - Vorerntemonitoring

15-Acetyl-DON (15-Ac-DON) in das LC-MS/MS-Untersuchungsspektrum aufgenommen. Abb. 422.2 zeigt die 3-Ac-DON-Gehalte der Weizenproben aus dem VEM, Abb. 422.3 die 15-Ac-DON-Gehalte. Bei den Triticaleproben aus dem VEM wurden diese beiden Fusarientoxine mittels LC-MS/MS in den Jahren 2010, 2012 und 2013 analysiert.

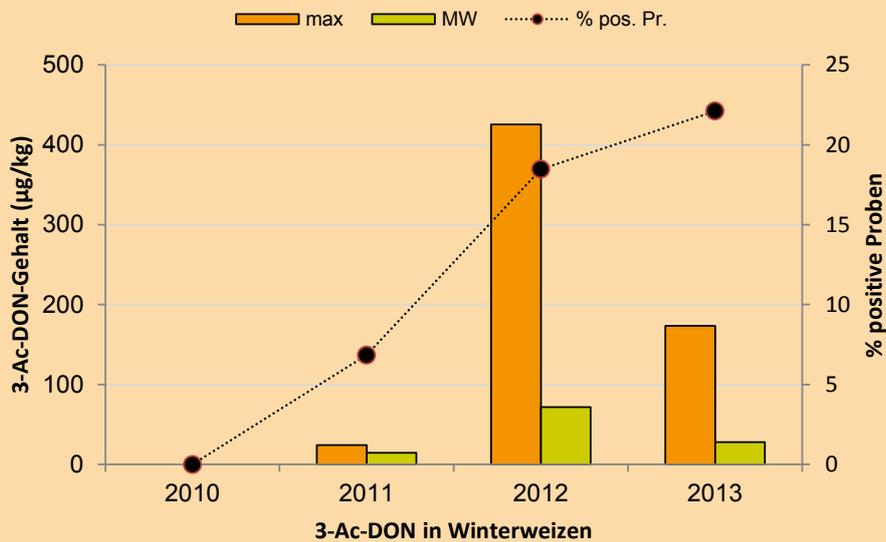
In den Weizenproben des VEM wurde in allen Jahren 3-Ac-DON in etwas höheren Konzentrationen als 15-Ac-DON nachgewiesen, allerdings meist in einem geringeren Prozentsatz der untersuchten Proben. 2010 und 2011 wurden nur in wenigen Proben (max. 12 %) mit insgesamt sehr niedrigen Maximal- und Mittelwerten 3-Ac-DON und 15-Ac-DON detektiert. 2012 und 2013 wurden entsprechend der höheren DON-Belastung auch höhere 3- und 15-Ac-DON-Gehalte gemessen. 3-Ac-DON war 2012 in 17 % der Weizenproben nachweisbar, 15-Ac-DON nur in 10 % der Proben; maximal wurden 425 µg/kg 3-Ac-DON und 164 µg/kg 15-Ac-DON gemessen.

Bei den Triticaleproben aus dem VEM war 2010 und 2012 nur eine geringe Kontamination mit 3- und 15-Ac-DON in sehr wenigen Proben nachweisbar. 2011 erfolgte keine LC-MS/MS-Untersuchung der Triticaleproben. 2013 wurden jedoch deutlich höhere Kontaminationsraten und Gehalte an 3- und 15-Ac-DON in den Triticaleproben im Vergleich zum Weizen festgestellt. 45 % der Triticaleproben enthielten 3-Ac-DON bei Maximalgehalten von bis zu 1.132 µg/kg und in 55 % der Triticaleproben war 15-Ac-DON nachweisbar (Maximalwert: 1.018 µg/kg). Bei Weizen betragen die Maximalwerte nur ca. ein Fünftel und die Mittelwerte der positiven Proben nur ca. ein Viertel der Triticalegehalte.

Ab 2012 wurden die Proben zusätzlich auf die Fusarientoxine DAS und FUS-X untersucht. DAS konnte in Weizen weder 2012 noch 2013 nachgewiesen werden. Bei Triticale war DAS nur 2012 in 11 % der Proben nachweisbar (Maximalwert: 88 µg/kg, Mittelwert der positiven Proben: 54 µg/kg).

Abb. 422.2

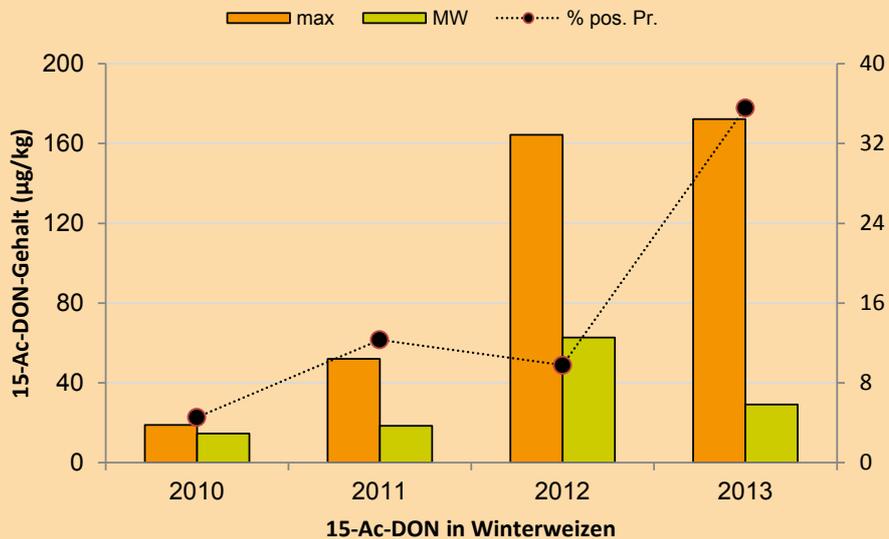
3-Acetyl-DON Gehalte in Weizen aus dem VEM 2010-2013



Quelle: Datenbank „Mykotoxine“ der LAG; VEM - Vorerntemonitoring

Abb. 422.3

15-Acetyl-DON Gehalte in Weizen aus dem VEM 2010-2013



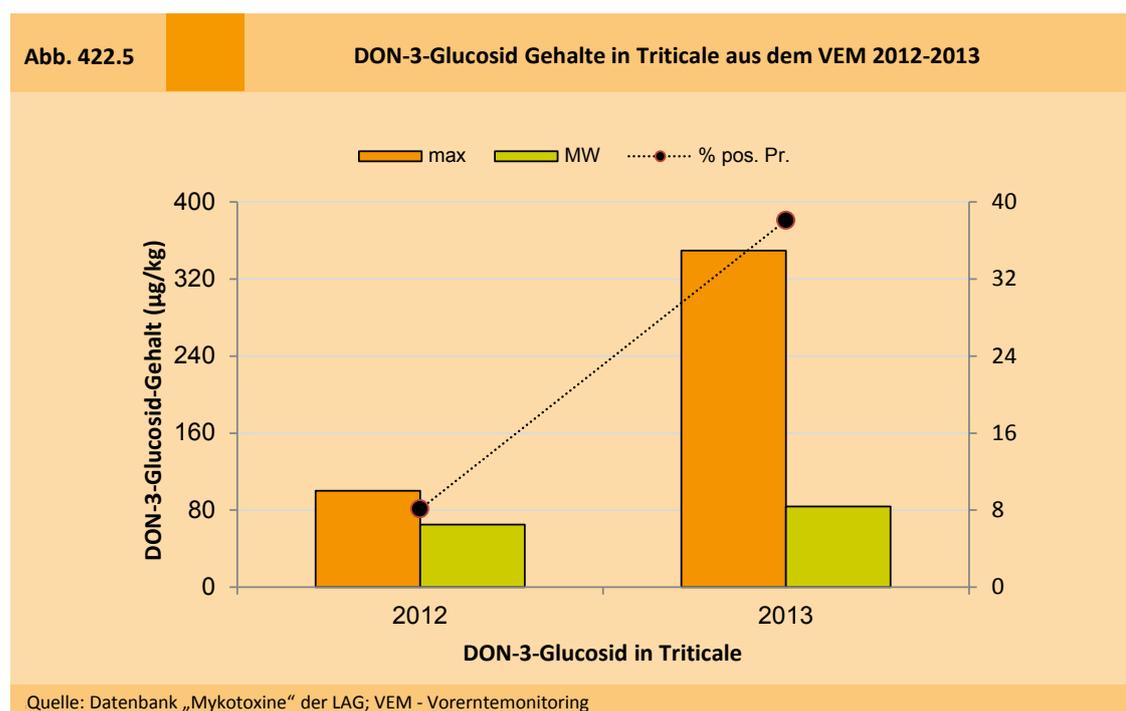
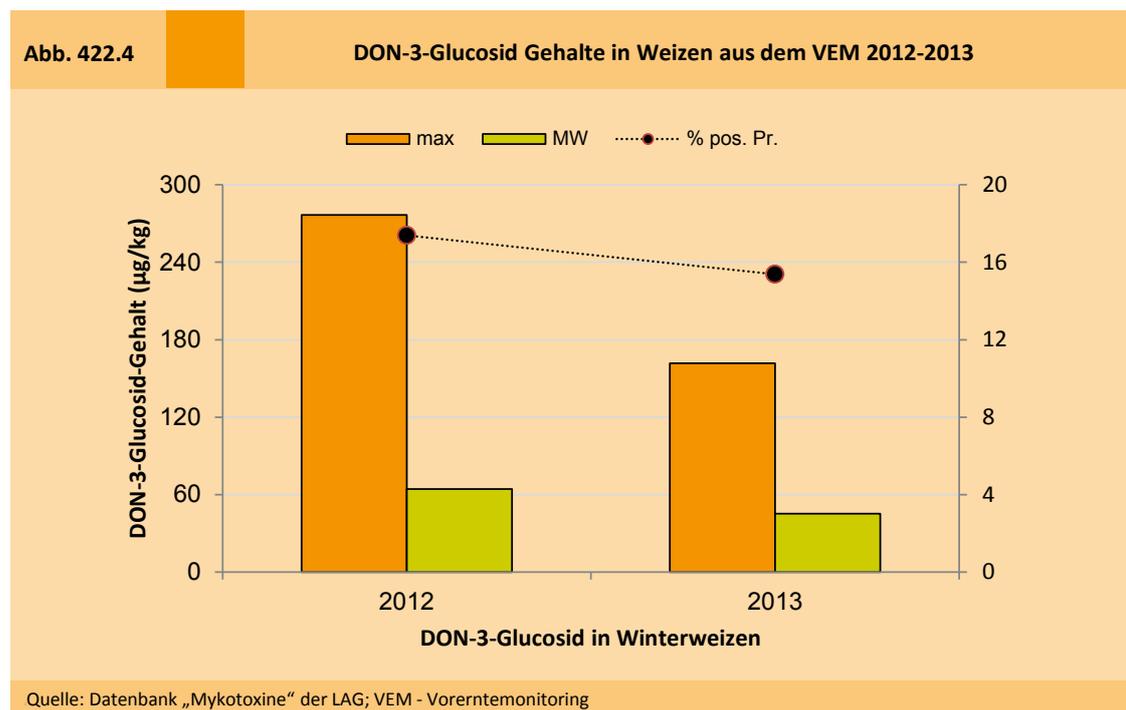
Quelle: Datenbank „Mykotoxine“ der LAG; VEM - Vorerntemonitoring

FUS-X war zwar 2012 sowohl in Weizen- als auch in Triticaleproben nachweisbar, nicht jedoch 2013. Bei den Weizenproben von 2012 waren 15 % kontaminiert; der Maximalwert lag bei 57 µg/kg bei einem Mittelwert der

positiven Proben von 31 µg/kg. Bei den Triticaleproben war FUS-X in 24 % der Proben nachweisbar; maximal wurden 103 µg/kg gemessen bei einem Mittelwert der positiven Proben von 34 µg/kg.

Die in den letzten drei Jahren im Fokus der Wissenschaft stehenden maskierten Mykotoxine wurden seit 2012 analysiert. Seitdem wurden sowohl analytische Nachweisverfahren als auch Standardsubstanzen für diese maskierten Mykotoxine entwickelt,

so dass es jetzt erste Übersichten über das Vorkommen dieser Metabolite in Getreide gibt. Das IGV weist in seinem Analyseverfahren D3G nach, deren Vorkommen in den VEM-Proben in Abb. 422.4 und Abb. 422.5 ersichtlich ist.



Bei den Weizenproben war die Kontaminationshäufigkeit 2012 und 2013 mit 17 bzw. 15 % ähnlich, 2012 wurden jedoch höhere Gehalte als 2013 gemessen. Bei Triticale war dagegen 2013 eine höhere Belastung festzustellen, sowohl in der Kontaminationshäufigkeit als auch in den Gehalten.

Die Abbildungen 422.6 und 422.7 zeigen den Zusammenhang zwischen DON und seinen Derivaten bei Weizen- und Triticaleproben aus dem VEM. Bei Weizen betrug der Anteil der Derivate jeweils ca. 7-10 % des DON-Gehaltes (bezogen auf die Mittelwerte der positiven Proben). Bei Triticale lag der Anteil der Derivate 2012 ebenfalls bei jeweils 4-10 %, 2013 jedoch bei jeweils 13-20 %. 2013 betrug der Anteil der Derivate in der Summe damit ca. 50 % des DON-Gehaltes.

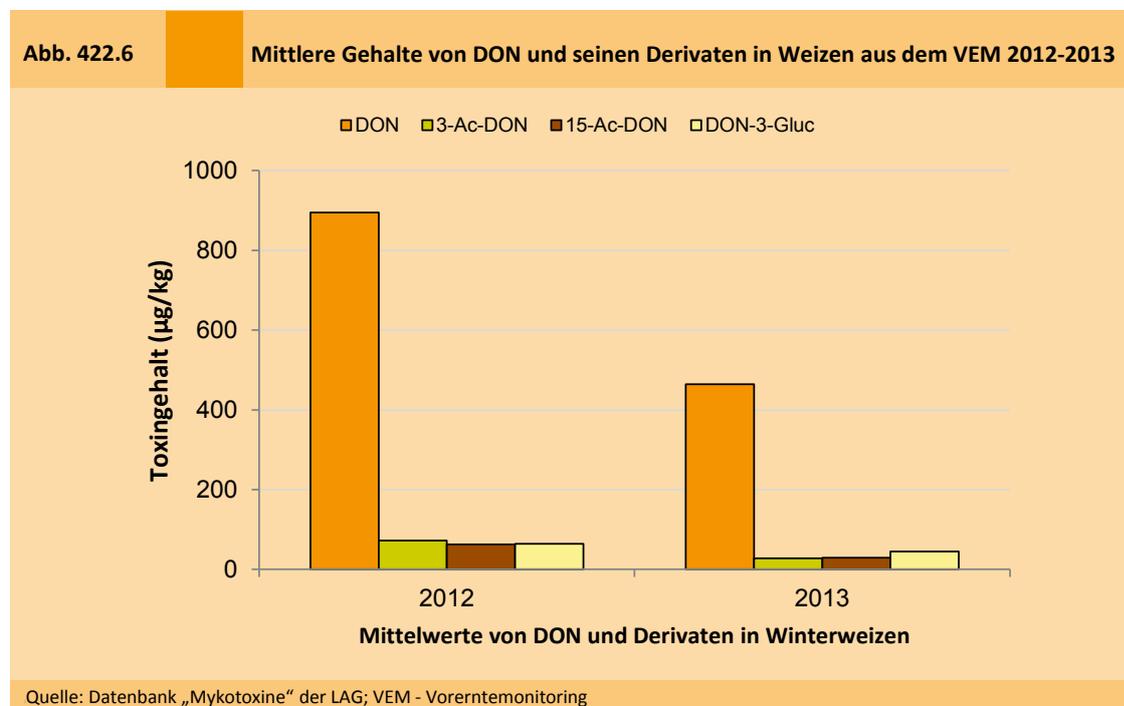
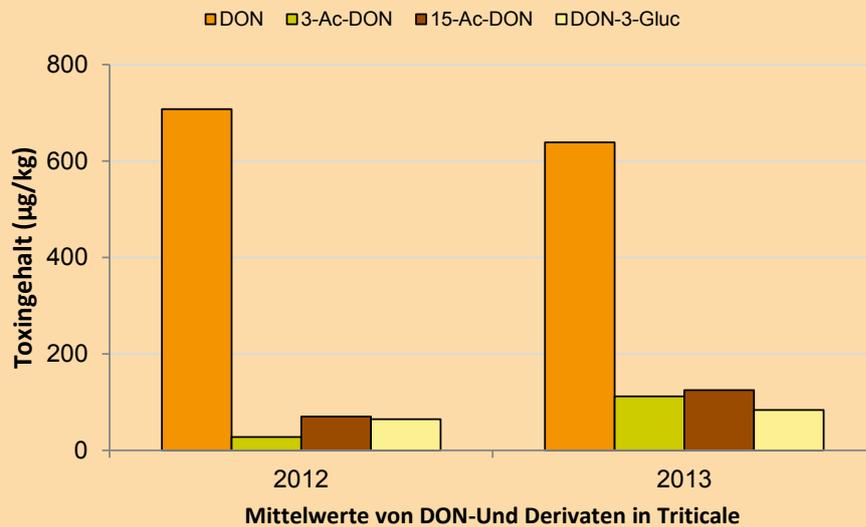


Abb. 422.7

Mittlere Gehalte von DON und seinen Derivaten in Triticale aus dem VEM 2012-2013



Quelle: Datenbank „Mykotoxine“ der LAG; VEM - Vorerntemonitoring

4.3 Mykotoxinvorkommen aller untersuchten Getreideproben 2002-2013

4.3.1 Vergleich der Belastung von Weizen, Roggen und Triticale mit Mykotoxinen

Die bereits erwähnte Datenbank „Mykotoxine“ der LAG vereint sämtliche Untersuchungsergebnisse (aus Vorernte- und Ernteuntersuchungen) für alle Getreidearten und den gesamten Zeitraum und fokussiert sich dabei auf das Vorkommen von DON als Leittoxin. Das erlaubt die unterschiedlichsten Auswertungen, z. B. zum Vergleich der Getreidearten, der Vorfrucht oder der Bodenbearbeitung.

Die drei nachfolgenden Tabellen zeigen die Anzahl aller auf DON untersuchten Weizen-, Roggen- und Triticaleproben insgesamt und mit nachweisbaren Konzentrationen über der analytischen Bestimmungsgrenze sowie die Anzahl der Proben, die den gesetzlichen Grenzwert übersteigen (Tab. 431.1-431.3).

Die Tabellen zeigen, dass Roggen über alle Jahre das am wenigsten mit Mykotoxinen belastete Getreide in Brandenburg ist. Diese auch bundesweit zu erkennende Tendenz, z. B. anhand der BEE-Studie, veranlasste die LAG, die Untersuchung von Roggenproben seit 2012 einzugrenzen und dafür die Untersuchungen von Triticale auszuweiten. Diese Getreideart zeigt eine ähnlich hohe Anfälligkeit für Ährenfusariosen und Mykotoxinbelastung wie Weizen. So gleichen sich die Prozentzahlen von DON-positiven Proben beider Getreidearten, auch die maximalen DON-Konzentrationen sind auf einem ähnlich hohen Niveau und damit bedeutend auffallender als in Roggenproben.

Tab. 431.1: Anzahl der in den Jahren 2002-2013 auf DON untersuchten **Weizenproben**, deren Minimum-, Maximum- und Medianwerte sowie die Anzahl der Proben mit einem DON-Gehalt über dem gesetzlich geregelten Grenzwert von 1.250 µg/kg (Quelle: Datenbank „Mykotoxine“ der LAG)

Weizen	Anzahl aller Proben	Anzahl der Proben oberhalb der DON-Bestimmungsgrenze	DON Min ¹ -Max µg/kg	DON Median µg/kg	Anzahl der Proben oberhalb des gesetzlichen Grenzwertes
2002	154	131 (85 %)	50-2.422	183	12
2003	313	74 (24 %)	50-540	< 50	0
2004	526	237 (45 %)	50-14.349	< 50	28
2005	315	218 (69 %)	50-1.909	115	8
2006	273	148 (54 %)	50-2.960	66	12
2007	282	272 (96 %)	50-20.320	1.140	137
2008	100	9 (9 %)	50-299	< 50	0
2009	262	186 (71 %)	50-2.515	108	4
2010	175	10 (6 %)	50-233	< 50	0
2011	314	189 (60 %)	50-18.606	191	90
2012	313	206 (66 %)	50-8.250	94	14
2013	272	169 (62 %)	50-4.847	107	19

¹ Der Minimum-Wert von 50 µg/kg entspricht der Bestimmungsgrenze und damit einer nicht nachweisbaren DON-Konzentration.

Tab. 431.2: Anzahl der in den Jahren 2003-2012 auf DON untersuchten **Roggenproben**, deren Minimum-, Maximum- und Medianwerte sowie die Anzahl der Proben mit einem DON-Gehalt über dem gesetzlich geregelten Grenzwert von 1.250 µg/kg (Quelle: Datenbank „Mykotoxine“ der LAG)

Roggen	Anzahl aller Proben	Anzahl der Proben oberhalb der DON Bestimmungsgrenze	DON Min ¹ -Max µg/kg	DON Median µg/kg	Anzahl der Proben oberhalb des gesetzlichen Grenzwertes
2003	65	6 (9 %)	50-80	< 50	0
2004	66	22 (33 %)	50-1.095	< 50	0
2005	63	20 (32 %)	50-261	< 50	0
2006	64	38 (59 %)	50-271	52	0
2007	61	26 (43 %)	50-677	< 50	0
2008	64	2 (3 %)	50-60	< 50	0
2009	62	9 (15 %)	50-458	< 50	0
2010	92	2 (2 %)	50-688	< 50	0
2011	94	12 (13 %)	50-376	< 50	0
2012	33	11 (33 %)	50-1.019	< 50	0

¹ Der Minimum-Wert von 50 µg/kg entspricht der Bestimmungsgrenze und damit einer nicht nachweisbaren DON-Konzentration.

Tab 431.3: Anzahl der in den Jahren 2007-2013 auf DON untersuchten **Triticaleproben**, deren Minimum-, Maximum- und Medianwerte sowie die Anzahl der Proben mit einem DON-Gehalt über dem gesetzlich geregelten Grenzwert von 1.250 µg/kg (Quelle: Datenbank „Mykotoxine“ der LAG)

Triticale	Anzahl aller Proben	Anzahl der Proben oberhalb der DON Bestimmungsgrenze	DON Min ¹ -Max µg/kg	DON Median µg/kg	Anzahl der Proben oberhalb des gesetzlichen Grenzwertes
2007	13	12 (92 %)	50-38.272	3.543	8
2008	31	5 (16 %)	50-181	< 50	0
2009	22	22 (100 %)	70-8.909	836	8
2010	11	2 (18 %)	50-182	< 50	0
2011	42	12 (29 %)	50-2.356	194	1
2012	37	29 (78 %)	50-3.316	214	5
2013	65	47 (72 %)	50-10.418	155	8

¹ Der Minimum-Wert von 50 µg/kg entspricht der Bestimmungsgrenze und damit einer nicht nachweisbaren DON-Konzentration.

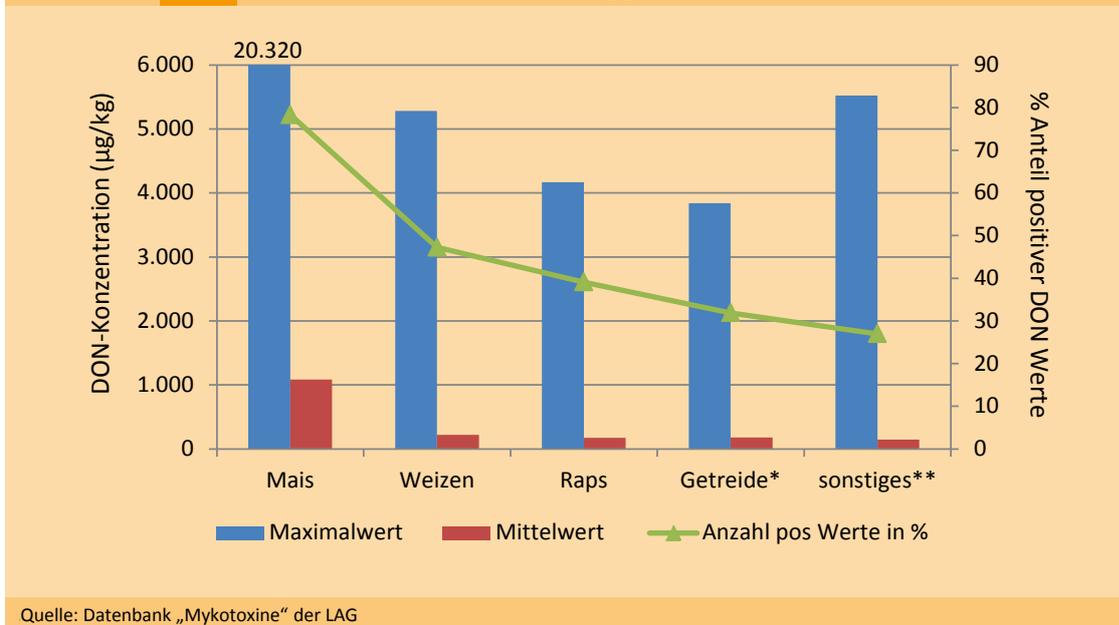
4.3.2 Einfluss von Bodenbearbeitung und Vorfrucht auf die DON-Belastung im Winterweizen

Aus langjährigen Untersuchungen nicht nur in Deutschland, sondern in Europa zeigt sich immer wieder, dass Mais als Vorfrucht in Kombination mit nicht wendender Bodenbearbeitung das höchste Risiko für eine Infektion mit Fusarien darstellt. Aufgrund dieser Tatsache wurde in Brandenburg im VEM der Schwerpunkt auf Weizenflächen mit diesen beiden Risikofaktoren gelegt. Auf den entsprechenden Schlägen wurden erwartungsgemäß die höchsten DON-Gehalte gemessen. Darüber hinaus sind jedoch sowohl bei Vorernte- als auch Ernteproben eine Vielzahl von Weizenschlägen mit anderen Vorfrüchten und einem breiten Spektrum von Bodenbearbeitungsmaßnahmen untersucht worden. Durch das Zusammentragen dieser Ergebnisse in der Datenbank kann auf über 3.000 Proben und deren Auswertung nach verschiedenen Einflussfaktoren zurückgegriffen werden (Abb. 432.1). Nachfolgend wird der Einfluss der Bodenbearbeitung und der Vorfrucht auf die DON-Belastung im Winterweizen dargestellt,

unabhängig vom Untersuchungsjahr und vom Standort (Landkreis).

Die insgesamt 1.475 untersuchten Weizenproben mit Vorfrucht Mais zeigen zu fast 80 % eine Belastung mit DON, davon liegen 273 Proben (18,5 %) über dem Grenzwert von 1.250 µg/kg für unbearbeitetes Getreide. Bei Weizen mit Vorfrucht Raps (820 Proben insgesamt) weisen nur 40 % der Proben positive DON-Nachweise auf, davon 29 über dem EU-Grenzwert. Der Medianwert liegt nur für Weizenproben mit Vorfrucht Mais über der analytischen Bestimmungsgrenze bei 216 µg/kg, für die Weizenproben mit anderen Vorfrüchten liegt der Medianwert unter 50 µg/kg. Bemerkenswert ist, dass Getreide bei Vorfrucht Getreide deutlich niedrigere Mittel- und Medianwerte als bei Vorfrucht Mais aufweist. Das Gefährdungspotenzial von Weizen und anderen Getreiden als Vorfrucht vor Weizen ist – bei Auswertung über alle Jahre mit unterschiedlichem Kontaminationsniveau – als relativ gering einzustufen. Raps als Nichtwirtspflanze für Fusarien zeigt als Vorfrucht vor Weizen zwar deutlich niedrigere

Abb. 432.1

DON Maximal- und Mittelwerte sowie die Anzahl positiver DON Werte von Weizen in den Jahren 2002-2013 in Abhängigkeit von der Vorfrucht


*Getreide außer Weizen; ** dazu gehören Luzerne, Zuckerrübe, Kartoffel, Klee gras, Erbsen, Sonnenblume, Lupine, Ackerbohne

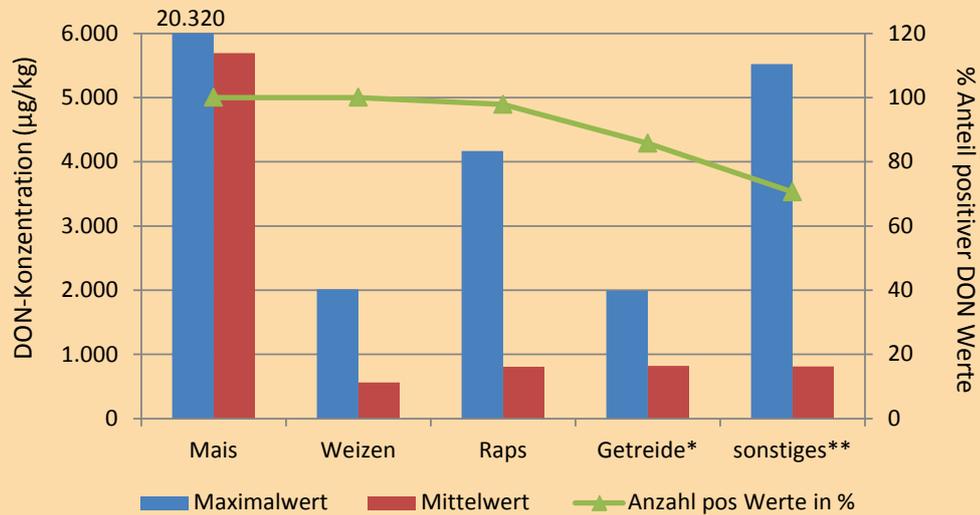
Belastungspotenziale als die Vorfrucht Mais, ist aber gegenüber Getreide als Vorfrucht nur unwesentlich besser. Etwas anders sehen diese Vergleiche aus, wenn man sich die sogenannten Mykotoxinjahre 2007 (Abb. 432.2) und 2011 (Abb. 432.3) ansieht.

In beiden betrachteten Einzeljahren mit einer insgesamt hohen Mykotoxinbelastung im Weizen ist der Einfluss der Vorfrucht Mais beträchtlich. Im Jahr 2007 sind aber auch bei den Vorfrüchten Weizen und Raps erheblich höhere Mykotoxinbelastungen zu verzeichnen. Weizen als Vorfrucht führt zu einer 100%igen Kontamination der untersuchten Weizenproben. Nach Vorfrucht Raps ist die hohe Anzahl DON-positiver Weizenproben mit hohen Maximal- und Mittelwerten auffallend (ausnahmsweise sogar höher als bei Vorfrucht Weizen). 2011 ist allerdings Weizen als Vorfrucht vor Weizen von größerer Bedeutung als Raps.

Insgesamt muss festgestellt werden, dass trotz der insgesamt niedrigen Gefährdung keine vollständige Entwarnung für die Vorfrucht Raps gegeben werden kann. Bei Vorliegen weiterer wichtiger Einflussfaktoren können auch im Weizen, der nach Raps angebaut wurde, DON-Konzentrationen oberhalb des EU-Grenzwertes nachgewiesen werden. Eventuell kann sich hier ein langjähriger Effekt von Mais als Vor-Vor-Frucht bemerkbar machen, der allerdings mit der Datenerfassung in der Datenbank nicht aufzuklären ist (nur die Frucht des Vorjahres wurde erfasst). Der Einfluss der Bodenbearbeitung auf die DON-Kontamination in Weizenproben wird in Abb. 432.4 dargestellt, wobei die Variante „pfluglos“ alle nicht wendenden Bodenbearbeitungstechniken bis max. 15 cm Tiefe zusammenfasst.

Abb. 432.2

DON Maximal- und Mittelwerte sowie die Anzahl positiver DON Werte von Weizen im Jahr 2007 in Abhängigkeit von der Vorfrucht

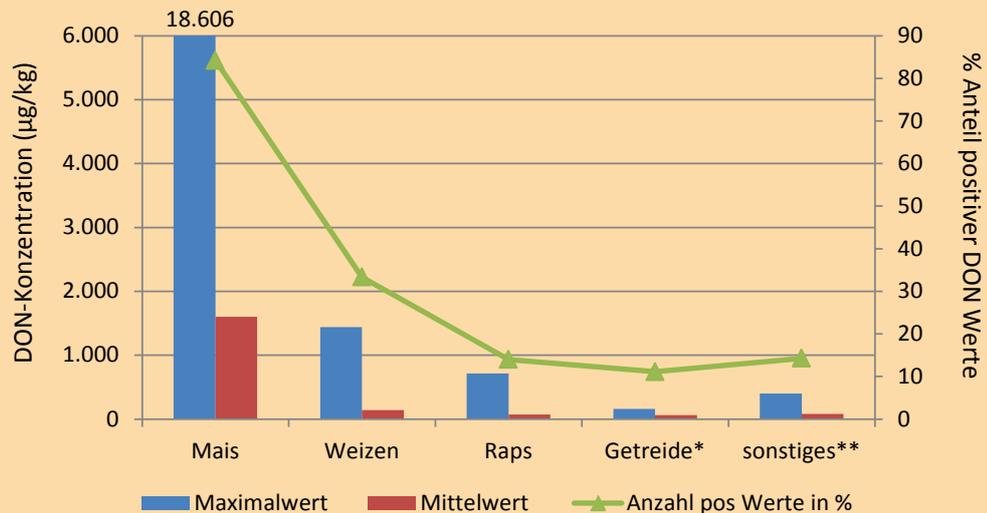


Quelle: Datenbank „Mykotoxine“ der LAG

*Getreide außer Weizen; ** dazu gehören Luzerne, Zuckerrübe, Kartoffel, Klee gras, Erbsen, Sonnenblume, Lupine, Ackerbohne

Abb. 432.3

DON Maximal- und Mittelwerte sowie die Anzahl positiver DON Werte von Weizen im Jahr 2011 in Abhängigkeit von der Vorfrucht

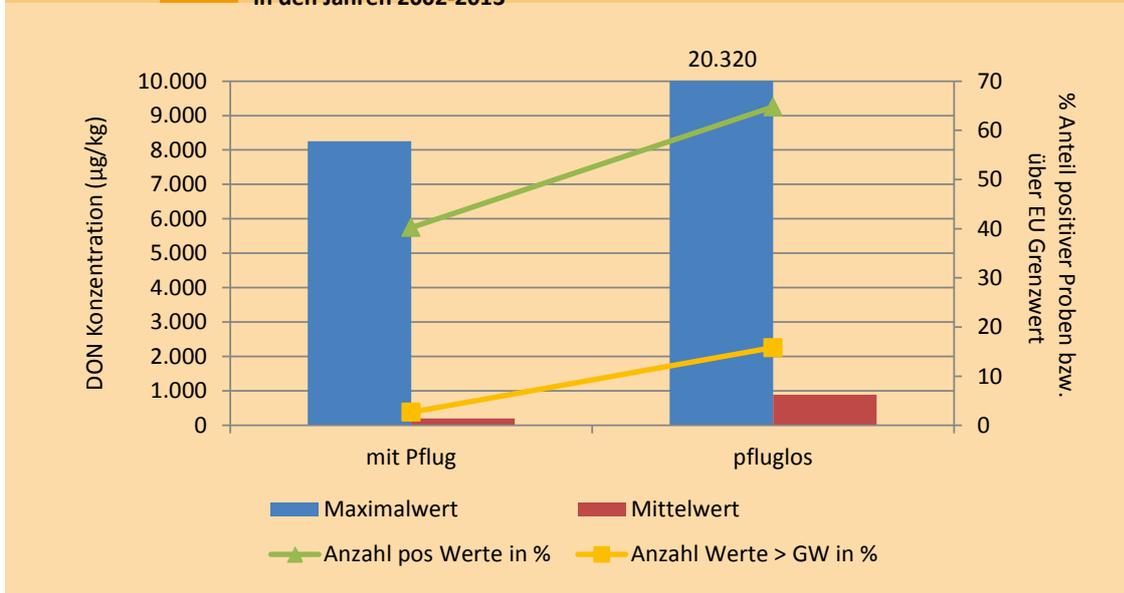


Quelle: Datenbank „Mykotoxine“ der LAG

*Getreide außer Weizen; ** dazu gehören Luzerne, Zuckerrübe, Kartoffel, Klee gras, Erbsen, Sonnenblume, Lupine, Ackerbohne

Abb. 432.4

DON Maximal- und Mittelwerte sowie der Prozentsatz DON positiver Weizenproben und Proben über dem EU-Grenzwert in Abhängigkeit von der Bodenbearbeitung in den Jahren 2002-2013



Quelle: Datenbank „Mykotoxine“ der LAG

Eine pfluglose, nichtwendende Bodenbearbeitung erhöht die Anzahl der positiven DON-Weizenproben und die Anzahl von Weizenproben mit DON-Gehalten über dem EU-Grenzwert von 1.250 µg/kg beträchtlich von 40,2 auf 64,8 % bzw. von 2,7 auf 15,8 %. Während der Medianwert der Weizenproben von Schlägen, die gepflügt wurden, unter der analytischen Bestimmungsgrenze von 50 µg/kg DON liegt, steigt er bei den Weizenproben von nicht gepflügten Feldern auf 125 µg/kg an. Der Mittelwert der ca. 65 % positiven Proben vom pfluglosen Anbau beträgt 1.348 µg/kg, der Mittelwert der positiven Proben von gepflügten Feldern liegt nur bei 434 µg/kg. Werden die Weizenproben von Feldern, die in Mulchsaat angebaut wurden, extra berechnet, dann erhöht sich durch diese Extremvariante der Medianwert auf 170 µg/kg und der Anteil DON-positiver Proben auf 77,7 %.

Es ist bekannt, dass die Kombination von nichtwendender Bodenbearbeitung und Vorfrucht Mais im Weizenanbau zu dramatisch erhöhten DON-Gehalten führen kann. Die

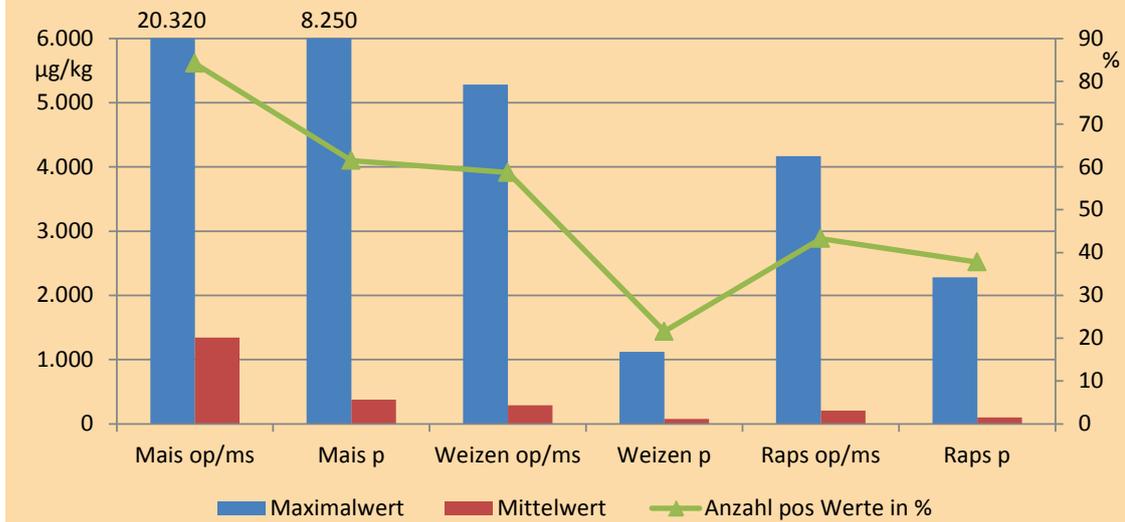
Untersuchungen in Brandenburg über alle Jahre bestätigen diese Tatsache eindrucksvoll (Abb. 432.5).

Auch die Kombination von Weizen als Vorfrucht bzw. Raps als Vorfrucht mit nichtwendender Bodenbearbeitung führt zu deutlich erhöhten DON-Mittelwerten (291 µg/kg gegenüber 98 µg/kg bei Vorfrucht Weizen bzw. 208 µg/kg gegenüber 98 µg/kg bei Vorfrucht Raps) und dem Nachweis von auffallend höheren Maximalwerten.

Nur beim Mais genügt dessen Anbau und das Verbleiben der Erntereste auf dem Feld. Auch bei Pflugeinsatz liegen hier die DON-Maximal- und Mittelwerte beim nachfolgend angebauten Weizen höher als bei Vorfrucht Weizen und Raps bei gleichzeitiger nichtwendender Bodenbearbeitung.

Abb. 432.5

Einfluss der Kombination von Bodenbearbeitung und Vorfrucht auf die DON Konzentration in Winterweizen über die Jahre 2002-2013



Quelle: Datenbank „Mykotoxine“ der LAG; p – gepflügt; op – ohne Pflug; ms - Mulchsaat

4.3.3 Vergleich der Toxingehalte in Getreide aus konventionellem und ökologischem Anbau

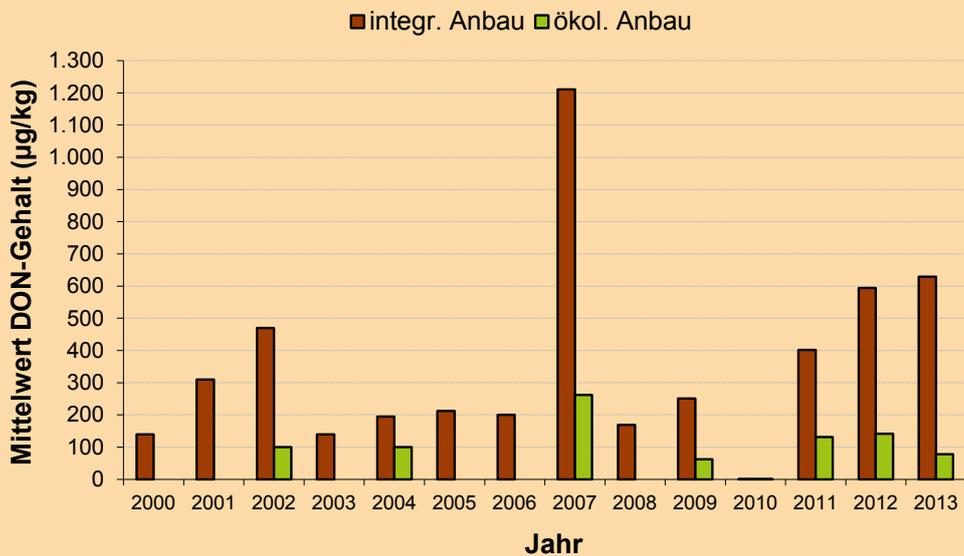
Ein weiterer Datensatz zu Mykotoxinuntersuchungen befasst sich mit der unterschiedlichen Belastung von Weizen und Roggen aus dem konventionellen und ökologischen Anbau. Seit 14 Jahren wird das Brandenburger Brotgetreide neben seinen Inhaltsstoffen und Verarbeitungseigenschaften auch auf die wichtigsten Fusarientoxine mit gesetzlichen Grenzwertregelungen durch das IGV untersucht. Jedes Jahr werden ca. 60 Weizen- und 60 Roggenproben aus allen Landkreisen des Landes Brandenburg analysiert, wobei ein besonderes Augenmerk auf Proben aus ökologischem Anbau gelegt wird. Die Probenanzahl je Landkreis orientiert sich am Ernteaufkommen. Um die Aussagefähigkeit der Untersuchungen zu erhöhen, wurde der Untersuchungsumfang bei den Proben aus ökologischem Anbau verstärkt. So lag der Anteil der Proben aus ökologischem Anbau bei Weizen bei 18-28 %, bei Roggen bei 29-41 %.

Die Abb. 433.1 und 433.2 geben die DON- und ZEA-Kontaminationen von Ernteproben der Jahre 2000-2013 wieder (Roggen bis 2011). In den Untersuchungsjahren zeigten sich die Proben aus ökologischem und konventionellem Anbau unterschiedlich mit *Fusarium*-Toxinen kontaminiert. Die Belastung von ökologisch angebautem Weizen und Roggen war in allen Jahren geringer als die der Proben aus konventionellem Anbau (Meister 2003, 2005, 2009, Huschek et al. 2010-2013). Besonders offensichtlich war der Unterschied in den Jahren 2002 und 2007 sowie 2011-2013 mit einer im Vergleich zu den anderen Jahren deutlich höheren Toxin-Belastung.

In den Jahren 2000 und 2001 sowie 2004-2006 war die Kontamination von Weizen und Roggen mit Fusarientoxinen insgesamt niedrig. DON wurde hauptsächlich in Proben aus konventionellem Anbau und nur gelegentlich in Weizenproben aus ökologischem Anbau nachgewiesen. Die Untersuchungen der Jahre 2008-2010 erbrachten ähnliche

Abb. 433.1

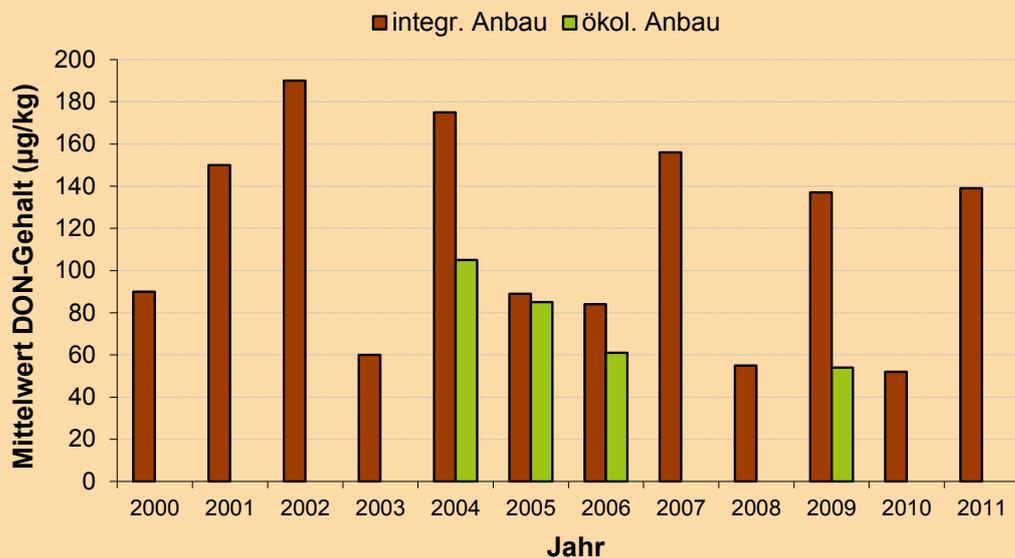
Vergleich der DON Gehalte im Weizen im integrierten und ökologischen Anbau in den Jahren 2000-2013



Quelle: Meister 2003, 2005, 2009; Huschek et al. 2010-2013

Abb. 433.2

Vergleich der DON Gehalte im Roggen im integrierten und ökologischen Anbau in den Jahren 2000-2011



Quelle: Meister 2003, 2005, 2009; Huschek et al. 2010-2011

Ergebnisse, auch hier lagen bei insgesamt geringen Befallswerten die DON- und ZEA-Gehalte der Proben aus ökologischem Anbau unter denen der konventionellen Proben.

In den Jahren 2002, 2007 und 2011-2013 lag die Kontamination der Ernteproben mit *Fusarium*-Toxinen insgesamt wesentlich über der der anderen Untersuchungsjahre. Hier zeigten sich besonders deutliche Unterschiede

zwischen den Proben aus ökologischem und konventionellem Anbau.

2002 war DON in 67 % und ZEA in 39 % der Weizenproben aus konventionellem Anbau nachweisbar. Ermittelt wurden DON-Gehalte von bis zu 4.870 µg/kg. Die ZEA-Gehalte lagen bei maximal 447 µg/kg. Dagegen wiesen nur 43 % der Weizenproben aus ökologischem Anbau DON-Belastungen auf. Hier wurden DON-Gehalte von maximal 200 µg/kg gemessen. Lediglich in einer ökologisch produzierten Probe konnte ZEA in Höhe von 12 µg/kg nachgewiesen werden. Alle Proben mit DON-Gehalten > 1.250 µg/kg und ZEA-Gehalten > 100 µg/kg stammten aus konventionellem Anbau. Beim Roggen wurden DON und ZEA nur in konventionellen Proben nachgewiesen.

Auch 2007, einem weiteren Jahr mit hohem *Fusarium*-Risiko, zeigten sich signifikante Unterschiede zwischen konventionellem und ökologischem Anbau. In 86 % der konventionell produzierten Weizenproben wurde DON und in 49 % ZEA nachgewiesen. Gemessen wurden DON-Gehalte von bis zu 10.440 µg/kg und ZEA-Gehalte von bis zu 451 µg/kg. Bei den Weizenproben aus ökologischem Anbau wiesen 67 % DON und 20 % ZEA auf. Bei Roggen ergab sich bei einer insgesamt geringeren Toxinbelastung ein ähnliches Bild. Die Proben aus konventionellem Anbau enthielten bis zu 677 µg/kg DON und bis zu 37 µg/kg ZEA. In Roggenproben aus ökologischem Anbau wurde DON nur in einer Probe mit 80 µg/kg detektiert, ZEA überhaupt nicht. Alle Proben mit Grenzwertüberschreitungen bei DON und ZEA stammten aus konventionellem Anbau.

Über niedrigere Kontaminationsraten und -höhen von Weizen- und Roggenproben aus ökologischem Anbau berichten mehrere Autoren (Döll et al. 2000, Usleber et al. 2000). Sie fanden bei der Untersuchung von Körnerweizen, Vollkornmehl und Weizenkleie aus ökologischer Produktion niedrigere DON-Gehalte als

in vergleichbaren Produkten aus konventioneller Produktion. Vergleichende Untersuchungen in Weizenmehlen ergaben dagegen keine Unterschiede. Über signifikant niedrigere DON-Gehalte in Weizenmehlen aus organischer Produktion berichteten Schollenberger et al. (2002, 2003). Brot aus ökologischer Produktion hatte – verglichen mit Brot aus konventionellem Getreide – ebenfalls signifikant niedrigere DON-Gehalte. Auch Seidler (2007) fand einen deutlich niedrigeren Median des DON-Gehaltes in Getreidemehlen aus ökologischem Anbau im Vergleich zum konventionellen Anbau.

Gründe für die geringere Kontamination von Getreide aus ökologischem Anbau können z. B. der weitgehende Verzicht auf Mais als Vorfrucht, die Anwendung wendender Bodenbearbeitung (Pflug) und die Wahl von Sorten mit geringerer *Fusarium*-Anfälligkeit sein. Aber auch der Verzicht auf bestimmte Pflanzenschutzmittel wie Fungizide mit „Greening-Effekt“ oder Wachstumsregulatoren, werden als mögliche Ursachen für niedrigeren Fusarienbefall und damit niedrigere Toxingehalte in ökologisch erzeugtem Getreide diskutiert (Meier et al. 2000, Oldenburg 2004).

4.3.4 Vorkommen von *Alternaria*-Toxinen in Weizenproben

Seit 2001 wurden in Brandenburg Winterweizenproben auf das Vorkommen von Mykotoxinen der Gattung *Alternaria* untersucht. Obwohl *Alternaria*-Pilze als häufige Bewohner von Getreide bekannt sind und gleichzeitig als starke Mykotoxinbildner in Laborkulturen gelten, gibt es bisher nur wenige Untersuchungen zum natürlichen Vorkommen dieser Mykotoxine im Getreidefeld. Deswegen hat das ZALF 2001 ein Monitoring-Untersuchungsprogramm zu *Alternaria*-Toxinen gestartet. In jedem Jahr bis 2010 wurden frisch geerntete Weizenproben auf die Toxine AOH, AME, ALT (erst seit 2006) und TeA untersucht (Müller und Korn 2013). Seit 2007 werden auch die Proben des VEM dafür genutzt.

Die insgesamt 1.064 Weizenproben lassen sich verschiedenen Bewirtschaftungsmaßnahmen zuordnen, einen Überblick über Bodenbearbeitung, Vorfrucht und Sorten zeigt Tabelle 434.1.

322 Weizenproben (30 %) der insgesamt 1.064 untersuchten Proben waren mit TeA kontaminiert, 86 (8 %) mit AOH und 33 (3 %) mit AME. Von den insgesamt 267 auf ALT untersuchten Proben waren 7 positiv (3 %). Das am häufigsten gefundene Mykotoxin war TeA. Der Anteil der positiven Proben war jahresabhängig. Nur 1-4 % in den Jahren 2001 und 2008 und bis zu 100 % positive TeA-Proben

in den Jahren 2009 und 2010. Die höchsten TeA-Werte wurden 2007 (4.224 µg/kg), 2010 (3.191 µg/kg), 2009 (2.097 µg/kg) und 2002 (1.965 µg/kg) gefunden.

AOH und AME in relevanten Konzentrationen wurden nur in den Jahren 2002, 2006, 2009 und 2010 nachgewiesen mit Maximalkonzentrationen von 832 µg/kg AOH und 905 µg/kg AME. Die Mittelwerte der positiven Proben lagen in allen Jahren unterhalb von 197 µg/kg.

Die jahresabhängigen Mittel- und Maximalkonzentrationen sowie der Anteil an positiven Proben werden in Tab. 434.2 dargestellt.

Tab. 434.1: Übersicht über die auf Alternaria-Mykotoxine untersuchten Weizenproben und deren Anbaubedingungen (Bodenbearbeitung, Vorfrucht, Sorten) 2001-2010

Jahr	Anzahl Proben	Bodenbearbeitung		Vorfrucht				Anzahl der untersuchten Sorten
		mit Pflug	pfluglos	Mais	Raps	Weizen	Sonst.	
2001	158	83	57	46	32	13	67	18
2002	160	80	80	66	56	22	16	11
2003	256	143	113	45	45	166	0	9
2004	193	75	118	89	41	52	11	14
2005	30	0	30	20	10	0	0	2
2006	32	0	32	16	16	0	0	2
2007	79	8	70	51	17	9	2	20
2008	28	8	20	21	0	7	0	15
2009	47	19	28	34	2	9	2	22
2010	81	25	56	61	2	15	3	26
Summe	1.064	441	604	449	221	293	101	

Tab. 434.2: AOH-, AME- und TeA-Konzentrationen in Weizenproben des Landes in den Jahren 2001-2010 (n = Anzahl, MW = Mittelwert)

Jahr	AOH (µg/kg)			AME (µg/kg)			TeA (µg/kg)		
	n _{pos} (n _{gesamt})	Maximum	MW	n _{pos} (n _{gesamt})	Maximum	MW	n _{pos} (n _{gesamt})	Maximum	MW
2001	0 (158)	-	-	3 (158)	83	61	2 (158)	105	86
2002	14 (160)	230	90	1 (160)	40	40	64 (160)	1.965	211
2003	0 (256)	-	-	0 (256)	-	-	38 (256)	1.562	384
2004	2 (193)	35	27	0 (193)	-	-	24 (193)	893	210
2005	0 (30)	-	-	10 (30)	49	39	4 (30)	68	66
2006	14 (32)	133	82	1 (32)	48	48	8 (32)	167	118
2007	0 (79)	-	-	2 (79)	52	42	52 (79)	4.224	418
2008	0 (28)	-	-	0 (28)	-	-	1 (28)	77	77
2009	36 (47)	738	88	3 (47)	195	113	47 (47)	2.097	351
2010	20 (81)	832	100	13 (81)	905	197	81 (81)	3.191	598

Wenn die TeA-Daten aller Jahre betrachtet werden und dabei gleichzeitig die Bodenbearbeitung außer Acht gelassen wird, ergibt sich ein signifikanter Unterschied zwischen der TeA-Konzentration der Weizenproben, die nach Mais (196 µg/kg) oder Weizen (164 µg/kg) angebaut wurden im Vergleich mit den TeA-Konzentrationen im Weizen nach Raps (94 µg/kg). Ein Einfluss der Bodenbearbeitung wird deutlich, wenn der Datensatz der Weizenproben mit jeweils gleicher Vorfrucht (Mais oder Weizen) verglichen wird. Die TeA-Konzentrationen der Weizenfelder, die pfluglos bearbeitet wurden, waren signifikant höher als Proben von gepflügten Feldern. Bei Vorfrucht Raps konnten diese Unterschiede nicht festgestellt werden, hier waren die TeA-Konzentrationen unabhängig von der Bodenbearbeitung niedrig (Müller und Korn 2013).

Insgesamt kann die Belastung von Weizen mit *Alternaria*-Mykotoxinen als gering (AOH, AME) bis mäßig (TeA) eingeschätzt werden. Allerdings gibt es kaum toxikologische Untersuchungen, die die gesundheitliche Relevanz der analysierten Konzentrationen bewerten. Ebenso kann das gleichzeitige Auftreten von *Fusarium*- und *Alternaria*-Toxinen in Lebens- und Futtermitteln zu einem additiven oder sogar synergistischen toxikologischen Effekt führen. Auf solche Multitoxin-Nachweise sollte deshalb in Zukunft besonderer Wert gelegt werden.

4.3.5 Vorkommen von Ergotalkaloiden in Roggenproben

Entsprechend der Empfehlung der Kommission der Europäischen Union vom 15. März 2012 zum Monitoring von Mutterkorn-Alkaloiden in Futtermitteln und Lebensmitteln wurde 2012 mit der Analyse von Roggenproben aus dem Untersuchungsprogramm des IGV (reguläre Ernteproben aus dem Land Brandenburg aus ökologischem und integriertem Anbau) auf Ergotalkaloide begonnen. Während 2012 Mutterkorn nur in wenigen Roggenproben enthalten war, kam es 2013 in 50 % der Roggen-

proben vor. Ergotalkaloide waren 2012 entsprechend selten, 2013 dagegen sehr häufig nachweisbar (67 % positive Proben). In knapp 10 % der Proben von 2013 wurden sehr hohe Gesamtergotalkaloidgehalte von einigen Tausend µg/kg ermittelt; in 45 % der Proben wurden mittlere bis hohe Gesamtalkaloidgehalte gemessen (siehe Abb. 435.1). Der maximale Gesamtalkaloidgehalt lag bei 4.855 µg/kg, der Mittelwert aller positiven Proben bei 536 µg/kg, der Median bei 237 µg/kg.

Abb. 435.2 zeigt, dass nur eine schwache Korrelation zwischen Mutterkorngehalt und Ergotalkaloiden vorliegt. Die Gründe dafür sind vielfältig. Insbesondere sind die Unterschiede auf die Probeninhomogenität zurückzuführen, da die Mutterkornsklerotien und damit die Ergotalkaloide nicht gleichmäßig in der Probe verteilt sind. Die Ergotalkaloidgehalte der Sklerotien können laut Literaturangaben stark schwanken. Sehr kleine Bruchstücke sowie Stau und Abrieb von zerbrochenen Sklerotien werden bei der Besatzanalyse nicht als Mutterkorn erfasst, gehen jedoch in die Bestimmung der Ergotalkaloide ein.

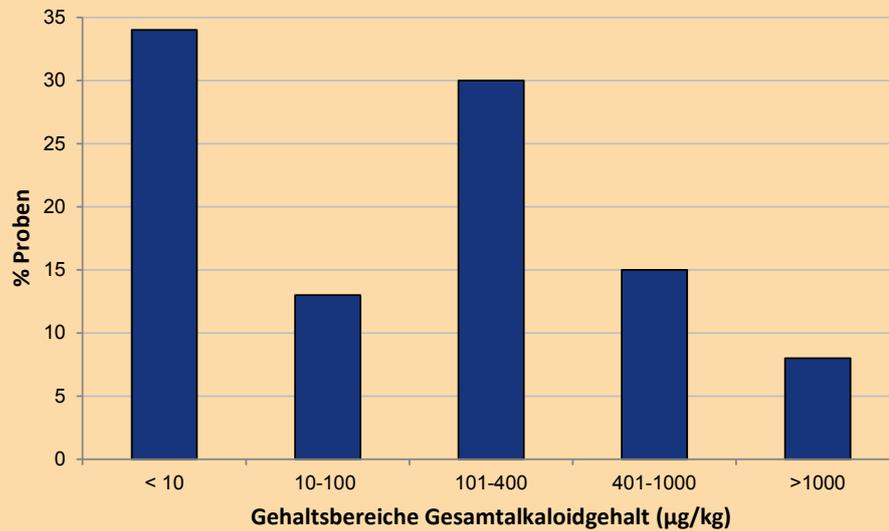
Die sechs Hauptergotalkaloide und ihre Epimere kommen relativ gleichmäßig häufig in den Roggenproben vor. Es kann kein sogenanntes „Leit-Alkaloid“ festgestellt werden. Ergotamin/Ergotaminin waren die am häufigsten vertretenen Ergotalkaloide – sie wurden in 55 % der Roggenproben nachgewiesen (siehe Abb. 435.3).

Hoch kontaminierte Proben enthielten meist alle sechs Ergotalkaloide (in -in- und -inin-Form), während Proben mit niedrigem Ergotalkaloidgehalt auch eine deutlich niedrigere Anzahl an Ergotalkaloiden aufwiesen (siehe Abb. 435.4).

Auch bei den Ergotalkaloiden ist ein Einfluss der Kultivierung (integrierter oder ökologischer Anbau) festzustellen – sowohl bei der Höhe

Abb. 435.1

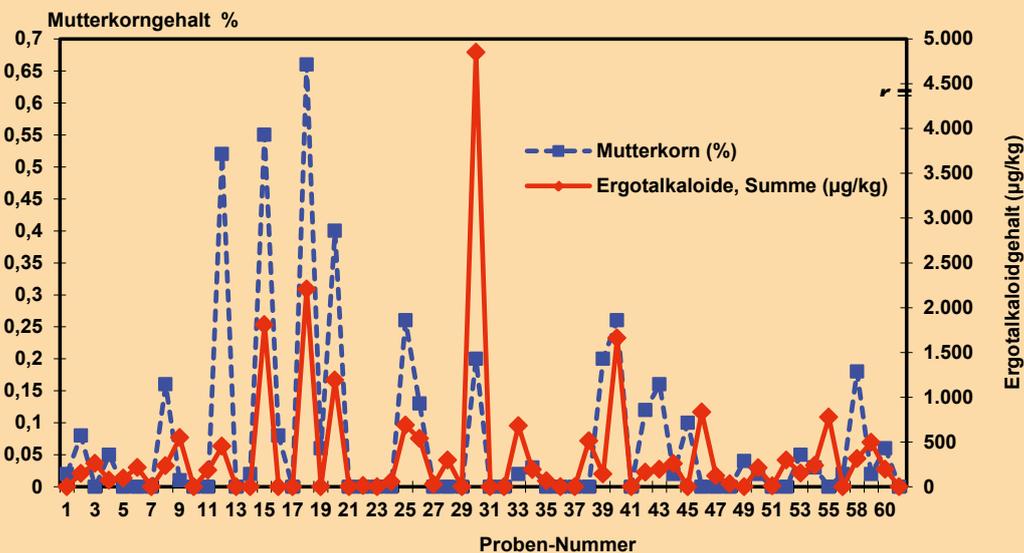
Gesamtalkaloid-Gehalte im Roggen 2013 im Land Brandenburg



Quelle: Huschek et al. 2013

Abb. 435.2

Korrelation zwischen dem Mutterkorn-Gehalt und dem Gesamtalkaloid-Gehalt von Roggenproben



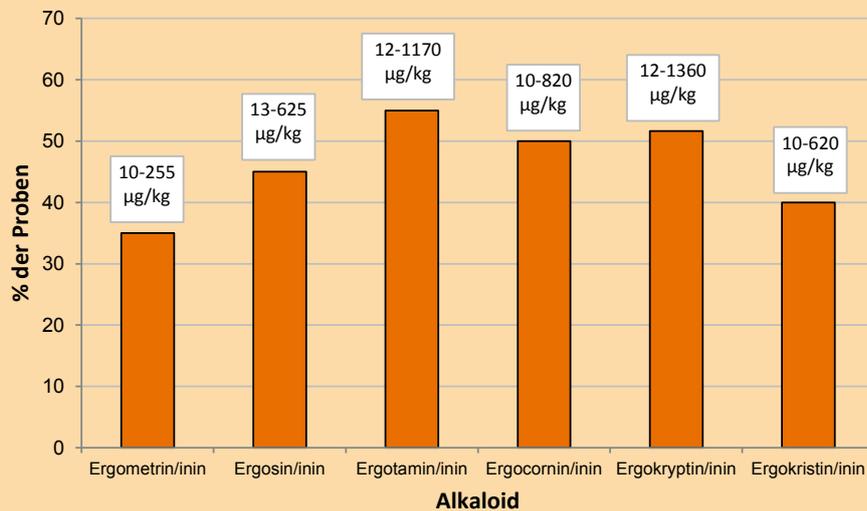
Quelle: IGV 2013

der Gesamtalkaloidgehalte als auch bei der Häufigkeit positiver Befunde. Ähnlich wie bei den Fusarientoxinen wurden auch bei den Ergotalkaloiden die höchsten Gehalte nur in Proben aus integriertem Anbau gemessen. Bei den Proben aus ökologischem Anbau lag der

höchste Gesamtalkaloidgehalt bei 776 µg/kg, bei den Proben aus integriertem Anbau dagegen bei 4.850 µg/kg. Auch die Häufigkeit positiver Befunde war bei den beiden Anbauarten unterschiedlich. Während bei den Proben aus ökologischem Anbau nur ca. 50 % positive Be-

Abb. 435.3

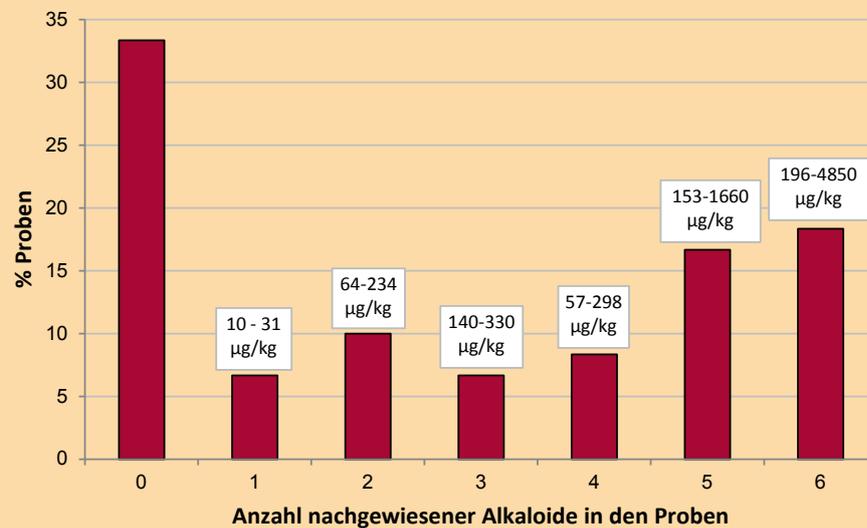
Spektrum der nachgewiesenen Ergotalkaloide in den Roggenproben



Quelle: Huschek et al. 2013

Abb. 435.4

Anzahl der nachgewiesenen Ergotalkaloide in den Roggenproben



Quelle: Huschek et al. 2013

funde zu beobachten waren, wurden bei den Proben aus integriertem Anbau 76 % positive Befunde festgestellt. Nicht nur die Häufigkeit positiver Befunde und die Maximalwerte unterscheiden sich, sondern auch der Mittelwert und der Median der positiven Proben aus ökologischem Anbau sind niedriger als bei den Proben aus integriertem Anbau.

Ursachen dafür sind in der Art der Bodenbearbeitung und der Vorfrucht zu suchen. Die höchsten Ergotalkaloidgehalte wurden erwartungsgemäß bei pflugloser Bodenbearbeitung und nach den Vorfrüchten Mais und Getreide gemessen.

5.1 Mais und Maissilage für die Fütterung

Mit Schimmelpilzen befallenes Grobfutter und Futtermais weisen oft geringere Nährstoffkonzentrationen als unbelastete Partien auf. Die Futteraufnahme belasteter Partien ist häufig reduziert. Die gebildeten Mykotoxine können schon in geringen Konzentrationen Wachstums- und Fruchtbarkeitsstörungen hervorrufen. Einige wirken immunsuppressiv und ermöglichen somit das Auftreten von Infektionserkrankungen. Die Belastung mit Schimmelpilzen wird durch folgende Parameter beeinflusst:

- **Witterung:** Warme und feuchte Bedingungen zur Blütezeit fördern die Fusarieninfektion.
- **Maiszünsler** begünstigen mit ihren Fraßschäden an den Kolben das Aufkommen von Fusarien.
- **Maisstoppeln** auf dem Feld: Pilze überwintern bei Nichteinarbeiten der Stoppeln auf dem Feld und können die nächste Fruchtart befallen.
- Minimale **Bodenbearbeitung:** Nichtwendende Bodenbearbeitung ist ein Risikofaktor hinsichtlich eines Befalls der Folgefrucht mit *Fusarium*.
- **Sortenwahl:** Auf eine standortgerechte Sortenwahl achten, frühe Sorten sind weniger anfällig.
- **Erntezeitpunkt:** Da das Maiskorn im reifen Zustand sehr anfällig gegenüber Pilzbefall ist, darf die Ernte nicht unnötig hinausgezögert werden. Niederschläge zur Zeit der Vollreife begünstigen den Pilzbefall.
- **Lagerung:** Unter 13 % Feuchtigkeit des Erntegutes kommt es zu keiner nachträglichen Verpilzung durch Lagerpilze, unter 17 % Feuchtigkeit werden kaum Mykotoxine gebildet.
- **Reinigung** des Erntegutes: Eine sorgfältige Reinigung kann den Fusarientoxingehalt stark reduzieren. Aspirieren und Gewichtsauslese sind am effektivsten.

Besonders anfällig gegenüber einer Besiedlung mit Schimmelpilzen sind Silagen mit einem hohen Trockensubstanzgehalt. Der Pilzbefall beginnt meist an der Stapeloberfläche und kann sich bei ungenügender Verdichtung und mangelhaftem Luftabschluss in tiefere Schichten ausbreiten. Randschichten, Abstichflächen und ausgelagerte Silagen sind besonders gefährdet. Bei der Silierung sterben z. B. Fusarien unter anaeroben Verhältnissen rasch ab, so dass kaum mit einer zusätzlichen Bildung von Fusarientoxinen im Silierverlauf zu rechnen ist. Die jedoch bereits im Ernteprodukt vorhandenen Fusarientoxine bleiben nach bisherigen Untersuchungen im Silierprozess meist erhalten, die Bildung von Metaboliten durch die Silageflora sowie Reaktionen mit Inhaltsstoffen von Silagen sind jedoch möglich.

Mängel in der Siliertechnik, d. h. Luftzutritt zum Futterstock, führen hauptsächlich zur Entwicklung von Schimmelpilzarten der Gattungen *Penicillium*, *Aspergillus* und *Monascus* (LfL 2008). Der am häufigsten in Maissilagen vorkommende Schimmelpilz ist *Penicillium roquefortii*, der in der Lage ist, eine Vielzahl von Toxinen zu bilden. Hohe Keimzahlen sind oft mit hohen pH-Werten verbunden sowie mit sinkenden Anteilen an Gärsäuren.

Durch folgende Maßnahmen können während der Konservierung von Mais Schimmelpilzentwicklung und damit auch Mykotoxinbildung vermindert werden (ergänzt nach Jänicke 2011):

- Ernte zum optimalen Zeitpunkt
- Vermeidung des Eintrags von Verschmutzungen
- Schädlingsbekämpfung
- Zügige Einlagerung
- Kurze Häcksellänge: 4-7 mm
- Vermeidung extremer Welkgrade: optimaler TS-Gehalt 28-35 %
- Bei Erfordernis Nutzung geeigneter Techniken (z. B. CO₂-Begasung)

- Anwendung von Siliermitteln entsprechend den Guteigenschaften
- Ausreichend hohe Verdichtung des Materials:
 - bei 28 % TS: 225 kg TS/m³, bei 33 % TS: 265 kg TS/m³
 - 2-3 Traktorminuten/t zum Festfahren
- Wirkungsvolle Verhinderung des Luftzutritts durch hohe Luftabschlussgüten
- Glatte Anschnittflächen anstreben (Blockschneider, Fräsen)
- Große Anschnittflächen vermeiden
- Anschnittflächen abdecken
- Keine Verfütterung bereits optisch stark verpilzter Partien

Alle Maßnahmen, vom Anbau bis zur Einlagerung, die zu qualitätsgerechten, stabilen Silagen führen, helfen auch, das Mykotoxinrisiko zu minimieren!

5.2 Silagen für die Biogasproduktion

Maissilagen sind neben Gras- und Getreideganzpflanzensilagen die häufigsten Substrate für Biogasanlagen in Monofermentation oder Kofermentation mit Gülle.

Das Hauptproblem vieler Energiepflanzensilagen ist die aerobe Haltbarkeit. Insbesondere die nährstoffreichen Mais- und Getreideganzpflanzensilagen neigen dazu, während der Entnahme warm zu werden und zu verschimmeln. Verursacht werden diese Umsetzungen durch Hefen und Schimmelpilze, die während der Lagerung in der Silage überdauern haben. Dringt während der Entnahme Luft in die Silage ein, vermehren sie sich sehr rasch. Die aus ihrer Stoffwechselaktivität resultierenden Trockensubstanzverluste sind beträchtlich. Größe und Ausmaß dieses Stoffabbaus bleiben oft unbemerkt bzw. werden erheblich unterschätzt. So gehen z. B. je Grad Celsius Temperaturanstieg pro Tag 0,1 % MJ NEL je kg Trockensubstanz verlo-

ren: Energie, die dann für die Methangaserzeugung nicht mehr zur Verfügung steht. Bei einer Anschnittfläche von z. B. 80 m² verringert sich bei Nacherwärmung die Gasausbeute um ca. 540 m³ pro Tag. Das sind 160 Euro Stromvergütung weniger (AGRAVIS Raiffeisen AG).

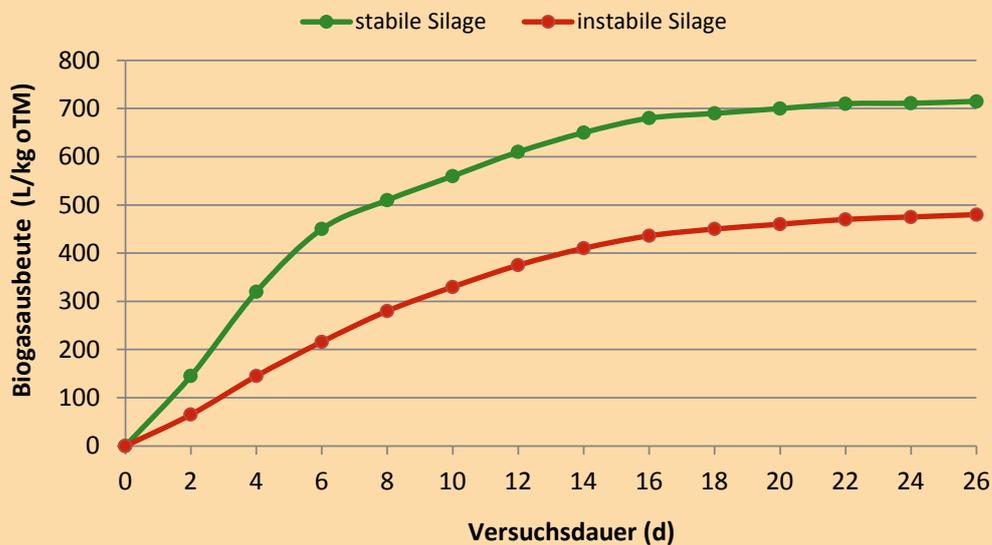
Nacherwärmungen, Schimmelpilzentwicklung und damit verbundene Verluste sind auch bei ungenügendem Luftabschluss im Silo oder bei längerer Zwischenlagerung vor dem Einbringen in den Biogasreaktor zu erwarten.

Wie problematisch die Fütterung der Biogasanlage mit nacherwärmter und verschimmelter Maissilage ist, zeigt Abb. 52.1. Bei schwach nacherwärmten Maissilagen wurde ein Rückgang des Gasbildungspotenzials um 5 % und bei stark erwärmter Silagen von 12 % ermittelt (Weißbach 2009).

Ein weiteres Problem für die Biogasanlage könnten Mykotoxine darstellen, die in verschimmelten Silagen gebildet werden können. Diese stehen im Verdacht, das mikrobielle Milieu in der Biogasanlage empfindlich zu stören. Untersuchungen konnten das für DON allerdings nicht bestätigen. Sowohl in der Restgülle als auch im Gärrest konnte in einem Praxisversuch nach der Co-Fermentation von DON-belasteter Triticale und Rindergülle das Mykotoxin nicht mehr nachgewiesen werden (SMUL 2008, Wesolowski et al. 2008). Ebenso zeigten Untersuchungen, dass Fusariensporen im Biogasfermenter abgetötet werden. Bei vollständig befallenen Ausgangssubstrat konnten schon nach 12 Stunden, unabhängig von der Prozessstemperatur und der Verfahrensweise (Flüssig- bzw. Feststofffermentation), keine keimfähigen Pilze im Fermenter mehr nachgewiesen werden. Erklärbar ist dies unter anderem durch die anaeroben Milieubedingungen der Vergärung (Frauz et al. 2006, Oechsner et

Abb. 52.1

Biogas-Ausbeuten aus aerob stabilen und instabilen Maissilagen



Quelle: modifiziert nach Schaumann-Biogas-Fibel

al. 2008). Silagen und Getreide können jedoch außer Fusarien andere Schimmelpilze und ihre Gifte enthalten. Über deren Auswirkungen während der Biomethanisierung gibt bisher noch keine gesicherten Erkenntnisse. Vom Erreger des Maisbeulenbrands und anderen Schadpilzen gehen nach aktuellem Stand des Wissens keine Gefahren für den Biogasprozess aus.

Werden Silagen oder andere feucht eingelagerte Substrate für die Biomethanisierung eingesetzt, gelten prinzipiell die gleichen Regeln der *Guten Fachlichen Praxis* für Konservierung und Lagerung wie für Fütterungsilagen. Die wesentlichen Maßnahmen sind:

- Angepasste Sortenwahl und gute Bestandsführung
- Frühe Schnitte für hohe Zuckergehalte
- Bei Anwelksilagen TM-Gehalte zwischen 30 und 40 %, für Mais 28-35 %
- Ernte: Stoppelhöhe bei Grünfütterbeständen min. 7 cm, geringe Verschmutzungen (8-10 % Aschegehalt), kurze Häcksellängen: Gras 3 mm, Mais: 5-6 mm

- bei ungünstigen Silierbedingungen chemische Siliermittel einsetzen (flüssige Produkte), bei biologischen Mitteln auf Zusatz von heterofermentativen Bakterien achten, um eine Nacherwärmung zu verhindern (besonders anfällig dafür ist Maissilage)
- Hohe Verdichtung bei der Einlagerung und damit Minimierung der Eindringtiefe der Luft bei der Entnahme
- Sturmsichere, luft- und wasserdichte Abdeckung für eine hohe Luftabschlussgüte, Nährstoffverluste sind Gasverluste, Vogelschutzgitter
- Ausreichende Silierdauer von mindestens 6 Wochen
- Bei Entnahme glatte Anschnittflächen schaffen
- Ausreichender Vorschub bei der Entnahme am Silostock: Winter: > 1 m/Woche, Sommer: > 2-3 m/Woche, Richtwert: 100 m Silolänge für ein Jahr!
- Steile, unzureichend verdichtete Seitenflanken bei Silos ohne Seitenwände vermeiden
- Aufgelockertes Substrat zeitnah entfernen

- Keine oder nur kurze Zwischenlagerung, max. 24 Stunden
- Beim Umsilieren sind vorheriges Entfernen verschimmelter Bereiche, erneutes Verdichten und luftdichtes Abdecken notwendig.

Bei trocken eingelagerten Einsatzstoffen ist auf einen für die Lagerung geringen Feuchtegehalt von < 14 % zu achten. Liegt eine optimale Konservierung vor, werden Schimmelpilzwachstum und somit die mögliche Bildung antibiotischer Stoffe verhindert (mod. nach Ostertag und Preißler 2013).

Was tun mit verschimmelten Silagen?

Sofern die Einsatzstoffe bereits eine sichtbare Schimmelpilzentwicklung aufweisen, kann das verschimmelte Substrat testweise im Biogasprozess eingesetzt werden. Das verpilzte Material sollte dann zunächst nur in geringen Mengen in den Fermenter eingebracht werden – ca. 1 kg verpilztes Substrat/t Einsatzstoff. Sofern dann bereits eine Verschlechterung der Gasqualität oder -produktion auftritt, ist von einer weiteren Zugabe abzusehen. Tritt kein negativer Effekt auf, ist eine langsame Steigerung der Zugabe möglich. Sollte es im weiteren Verlauf, auch Wochen nach Beginn der Zugabe von verschimmelten Einsatzstoffen zu einer Hemmung kommen, so sollte die Zugabe des verpilzten Materials sofort abgesetzt werden und dieses fachgerecht kompostiert oder thermisch verwertet werden.

Für die Zugabe von Festmist und anderen feuchten Einsatzstoffen gilt ebenfalls, dass bei bereits erfolgter Verpilzung nur in geringen Mengen eine testweise Zugabe erfolgen sollte. Die Zugabe von verschimmeltem Getreide, insbesondere Getreidestäuben sollte ebenfalls erst mit geringen Mengen begonnen werden. In der Praxis bewirkten selbst wenige Kilogramm dieser Substrate gelegentlich erhebliche Prozessstörungen.

Rechtliche Rahmenbedingungen

Wurden verpilzte Nachwachsende Rohstoffe (Nawaro) bereits von anderen Abnehmern abgelehnt, z. B. toxinbelastetes *Fusarium*-Getreide an der Getreidemühle, so kann es sich hierbei um einen Abfallstoff handeln, bei dessen Verwertung in Biogasanlagen im Einzelfall zu klären ist, ob der Nawaro-Bonus bezogen werden darf. Insbesondere bei Zukauf solcher Chargen ist auf diesen Umstand zu achten. Auch alle weiteren sich daraus ergebenden Auflagen wie die entsprechende Genehmigung und die Vorgaben durch die Bioabfallverordnung sind zu beachten. Darüber hinaus ist bei der Ausbringung auf die *Gute Fachliche Praxis* zu achten. Weitere Hinweise finden Sie in der Veröffentlichung „Konsequenzen rechtlicher Änderungen 2012 im Hinblick auf die Einsatzstoffe“ (KTBL 2011).

Mykotoxine in Getreide und Mais – Vermeidungs- und Minimierungsstrategien für landwirtschaftliche Betriebe

Fusarium-Pilze verursachen Ährenerkrankungen bei Getreide, Stängel- und Kolbenfäule bei Mais und erhöhte Mykotoxingehalte im Erntegut. Die fusariumanfälligen Getreidearten sind Weizen und Triticale. Bei extrem infektionsbegünstigenden Bedingungen können aber auch in anderen Getreidearten *Fusarium*-Infektionen und hohe Mykotoxingehalte auftreten.

Eine besondere Form der Mykotoxinbelastung bei Getreide stellt das Mutterkorn und die darin enthaltenen Ergotalkaloide dar. Vor allem bei Hybridsorten des Roggens, aber auch beim Weizen, sind Mutterkornbefunde in den letzten Jahren verstärkt aufgetreten.

Das Risiko einer *Fusarium*-Infektion und hoher Mykotoxingehalte der Ernteprodukte

wird durch folgende Faktoren beeinflusst: Witterung, Fruchtfolge, Bodenbearbeitung, Sortenwahl und Fungizidmaßnahmen. Entscheidend für eine *Fusarium*-Infektion der Ähren sind die Witterungsbedingungen zur Getreideblüte. Sie können nicht beeinflusst werden und sind außerdem zum Zeitpunkt der Anbauentscheidung nicht abzuschätzen. Deshalb sollten alle beeinflussbaren Faktoren so ausgewählt werden, dass das Risiko einer *Fusarium*-Infektion möglichst gering ist.

Infektionsquelle für *Fusarium*-Erkrankungen sind die Stoppelreste von Mais oder Getreide. Ausgehend von den infizierten Stoppeln gelangen *Fusarium*-Sporen in die Getreide- bzw. Maispflanze. **Wichtigste Vorsorgemaßnahme ist es zu verhindern, dass sich nicht zersetzte Stoppeln auf der Bodenoberfläche der Getreide- bzw. Maiskultur befinden. Auch wenige nicht verrottete Maisstoppeln aus dem Vorvorjahr sind ein Risiko!**



Abb. 6.1: Maisstoppeln

Maßnahmen vor der Ernte

- Auflockern von engen Getreidefruchtfolgen, Anbau von Blattfrüchten oder Sommergetreide nach Mais
- Einpflügen der Stoppelreste in Mais-Getreidefruchtfolgen, zusätzlich rottefördernde Maßnahmen
- Direktsaat von Weizen nach Mais ist grundsätzlich zu vermeiden
- Bei konservierender Bodenbearbeitung: möglichst Verzicht auf Anbau von Weizen nach Mais, unbedingt rottefördernde Maßnahmen durchführen: Zerkleinern des Strohs, Einarbeiten der Ernterückstände, Integration von Zwischenfrüchten nach der Maiskultur, Auswahl von Weizen- und Triticalesorten mit geringer *Fusarium*-Anfälligkeit
- Düngung und Wachstumsregelung auf gleichmäßige Bestände mit möglichst einheitlicher, kurzer Blühdauer ausrichten, Vermeiden von Lager in Getreidebeständen
- Fungizidmaßnahmen sind in der Kette der Vorsorgemaßnahmen als letztes Glied in Betracht zu ziehen. Eine optimale Wirkung ist nur bei optimalem Anwendungszeitpunkt gegeben.

Ernte

- Getreide: keine Ernteverzögerungen, bei Lager getrennte Beerntung, Einstellungen des Mähdreschers so wählen, dass Spelzen und Schmachtkörner ausgeschieden werden
- Mais: rechtzeitige Ernte bei TM-Gehalten von 30-35 %, bei Silomais in Befallsjahren die Schnitthöhe möglichst hoch wählen

Maßnahmen nach der Ernte

- Getreide vor Konservierung und Lagerung reinigen
- Lagerräume müssen kühl, trocken und sauber sein
- Fugen in Wänden und Fußboden verschließen, Vermeiden von Lagerresten als Infektionsquelle

- Bei der Lagerung von Getreide möglichst schnell Kornfeuchten < 16 %, Mais < 15 % und Korntemperaturen unter 15 °C anstreben
- Kontrolle der Korntemperatur und -feuchte, vor allem in der Kondenszone 50-100 cm unter der Stapelhöhe
- Nachkühlen von Partien, die sich während der Lagerzeit wieder erwärmt haben
- Einsatz von Feuchtkonservierungsverfahren für Futtergetreide prüfen

Grünfutterkonservierung

- Eintrag von Verschmutzungen vermeiden
- Erntegut ausreichend kurz häckseln und zügig einlagern
- Extreme Welkegrade vermeiden
- Wenn nötig, geeignete Techniken nutzen, z. B. DLG-geprüfte Siliermittel
- Material ausreichend hoch verdichten, Luftzutritt verhindern
- Glatte Anschnittflächen anstreben, große Anschnittflächen verhindern
- Anschnittflächen abdecken

Möglichkeiten der Beurteilung von Mykotoxinen vor Ort

- Visuelle Prüfung der Ernte (Schimmelbefall, Mutterkorn)
- Bei Auftreten von verfärbten rötlichen Getreidekörnern – Analyse des Getreides mittels Mykotoxinschnellmethoden
- Bei positiven Befunden des Schnelltests Überprüfung einer repräsentativen Probe durch weiterführende Methoden in einem anerkannten Untersuchungslabor

Kapitel 1 Einleitung

MIL, Land Brandenburg (2010) Mykotoxine. Vorkommen und Bekämpfungsstrategien in Brandenburg. 2. Auflage, 80 Seiten. Verfügbar unter: <http://www.mil.brandenburg.de/cms/detail.php/bb1.c.211117.de?highlight=Mykotoxine>

Kapitel 2 Aktuelle Entwicklungen der Mykotoxinforschung

Banasiak U, Hesecker H, Sieke C, Sommerfeld C, Vohmann C (2005) Abschätzung der Aufnahme von Pflanzenschutzmittel-Rückständen in der Nahrung mit neuen Verzehrsmengen für Kinder. Bundesgesundheitsblatt–Gesundheitsforschung–Gesundheitsschutz 48, 84-98, Springer Medizin Verlag

Berthiller F, Schuhmacher R, Adam G, Krska R (2009) Formation, determination and significance of masked and other conjugated mycotoxins. Anal Bioanal Chem 395, 1243-1252

Berthiller F, Crews C, Dall'Asta C, De Saeger S et al. (2013) Masked mycotoxins: A review. Mol Nutr Food Res 57, 165-186

BfR (2013) Einzelfallbewertung von Ergotalkaloidgehalten in Roggenmehl und Roggenbrot. Stellungnahme Nr. 024/2013 des BfR vom 7. November 2012, aktualisiert am 28. August 2013

CVUA Stuttgart (2013) Mutterkornalkaloide in Roggenmehlen und Roggenbrot <http://www.ua-bw.de/pub/beitrag.asp?subid=0&ID=1814&lang=DE>

Dietrichs W, Birr T, Knott J, Klink H, Verreet J-A (2012) Mykotoxinbelastung in Silomais und Getreide nimmt zu. Bauernblatt 2. Juni 2012, S. 38

EFSA (2012) Scientific opinion on Ergot alkaloids in food and feed. EFSA Journal 10(7), 2798 (158 pp)

Gareis M, Bauer J, Thiem J, Plank G et al. (1990) Cleavage of zearalenone-glycoside, a masked mycotoxin, during digestion in swine. J Vet med B 37, 236-240

LfL (2009) www.lfl.bayern.de/ips/getreide/14708/index.php#Risikofaktoren

Matthes J, Meyer K (2009) Nachweis von "maskierten" Mykotoxinen. GIT Labor-Fachzeitschrift 12, 788-790

Mielke H (2000) Studien über den Pilz *Claviceps purpurea* (Fries) Tulasne unter Berücksichtigung der Anfälligkeit verschiedener Roggensorten und Bekämpfungsmöglichkeiten des Erregers. Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin-Dahlem, H. 375, ISBN 3-8263-3259-8

Oldenburg (2012) Einfluss von Blattkrankheiten und Blattverlusten auf den Ertrag von Mais26. Tagung der DPG-Projektgruppe Krankheiten im Getreide, 28.-29. Januar 2013, Julius Kühn-Institut Braunschweig

Oldenburg E, Höpfner F(2007) Meilensteine für die Futtermittelsicherheit. Landbauforschung Sonderheft 206, ISBN 978-3-86576-030-2, S. 135

Thate A (2014) Warum auch in Wintergerste? DLG-Mitteilungen 4/2014

Von Kröcher C (2011) Fusarium, Maiszünsler und Maiswurzelbohrer- Gefährdungspotential und Gegenstrategien, Deutsches Maiskomitee

Weinert 2013, Auswahl und Risiko- orientierter Einsatz von Fungiziden zur Bekämpfung von Ährenfusariosen. 26. Tagung der DPG-Projektgruppe Krankheiten im Getreide, 28.-29. Januar 2013, Julius Kühn-Institut Braunschweig

Kapitel 3 Höchstmengenregelungen für Lebens- und Futtermittel

Anhang I der Richtlinie 2002/32/EG über unerwünschte Stoffe in der Tierernährung, zuletzt geändert durch die Verordnung (EU) Nr. 1275/2013

BML (2000): Rundschreiben des BML vom 30. Juni 2000-324-3830/323: Orientierungswerte für die Beurteilung der Gehalte an Deoxynivalenol und Zearalenon in Futtermitteln im Rahmen des § 3 des Futtermittelgesetzes

EFSA (2011a) Scientific Opinion on the risks for animal and public health related to the presence of T-2 and HT-2 toxin in food and feed”, EFSA Journal 2011; 9(12): 2481.
<http://www.efsa.europa.eu/de/efsajournal/doc/2481.pdf>

EFSA (2011b) EFSA on contaminants in the food chain (CONTAM) scientific opinion on the risks for animal and public health related to the presence of *Alternaria* toxins in food and feed. EFSA Journal 9(2407), 97pp

EU (2013) Richtwerte für die Summe der T-2 und HT-2 Toxine, 27. März 2013 (2013/165/EU)

Futtermittelverordnung in der Fassung der Bekanntmachung vom 5. Juli 2013. BGBl. I, § 23, S. 2242

Empfehlung der Kommission 2006/576/EG (2006): Empfehlung der Kommission vom 17. August 2006 betreffend das Vorhandensein von Deoxynivalenol, Zearalenon, Ochratoxin A, T-2- und HT-2- Toxin sowie von Fumonisin in zur Verfütterung an Tiere bestimmten Erzeugnissen

Empfehlung der Kommission 2012/154/EU vom 15. März 2012 über ein Monitoring-Programm zur Bestimmung von Mutterkorn-Alkaloiden in Futtermitteln und Lebensmitteln

Empfehlung der Kommission 2013/165/EU vom 27. März 2013 auf die Toxine T-2 und HT-2 in Getreiden und Getreideerzeugnissen

Verordnung (EG) Nr. 882/2004 des Europäischen Parlaments und des Rates über amtliche Kontrollen zur Überprüfung der Einhaltung des Lebensmittel- und Futtermittelrechts sowie der Bestimmungen über Tiergesundheit und Tierschutz

Verordnung (EWG) Nr. 315/93 des Rates zur Festlegung von gemeinschaftlichen Verfahren zur Kontrolle von Kontaminanten

Verordnung (EG) Nr. 1881/2006 über die Höchstgehalte für die Mykotoxine Aflatoxin, OTA, Patulin, DON, ZEA, FUM

Verordnung (EG) Nr. 401/2006 über Untersuchungen im Rahmen der amtlichen Kontrolle der oben genannten Mykotoxine : Probenahme und Probenaufbereitung

Kapitel 4 Vorkommen von Mykotoxinen in erntefrischen Getreidekörnern in Brandenburg

BMEL (2014) Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft: Handlungsempfehlungen zur Minimierung von Mutterkorn und Ergotalkaloiden in Getreide

Döll S, Valenta H, Kirchheim U, Dänicke S, Flachowsky G (2000) Fusarium mycotoxins in conventionally and organically grown grain from Thuringia/Germany. Mycotoxin Res 16A, 38-41

Huschek G, Klotz D, Meister U (2007) Abschlussbericht zum Forschungsauftrag „Ernteuntersuchung zur Getreidequalität und Verarbeitungseignung von Roggen und Weizen unter Berücksichtigung der Schadstoffsituation“, Laufzeit 01-12/2007, gefördert vom Ministerium für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Verbraucherschutz des Landes Brandenburg

Huschek G, Klotz D, Meister U (2008) Abschlussbericht zum Forschungsauftrag „Ernteuntersuchung zur Getreidequalität und Verarbeitungseignung von Roggen und Weizen unter Berücksichtigung der Schadstoffsituation“, Laufzeit 01-12/2008, gefördert vom Ministerium für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Verbraucherschutz des Landes Brandenburg

Huschek G, Klotz D, Meister U (2009) Abschlussbericht zum Forschungsauftrag „Ernteuntersuchungen von Brandenburger Getreide hinsichtlich Qualität und Verarbeitungseigenschaften unter Berücksichtigung von Mykotoxinen und Halmverkürzern“, Laufzeit 01-12/2009, gefördert vom Ministerium für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Verbraucherschutz des Landes Brandenburg

Huschek G, Klotz D, Meister U, Koball G, Meiwald K, Gödeke K, Batt N (2010): Abschlussbericht zum Forschungsauftrag „Ernteuntersuchungen von Brandenburger Getreide hinsichtlich Qualität und Verarbeitungseigenschaften unter Berücksichtigung der Sortenidentifizierung, von Mykotoxinen, Halmverkürzern und Schwermetallen“, Laufzeit 01-12/2010, gefördert vom Ministerium für Infrastruktur und Landwirtschaft des Landes Brandenburg

Huschek G, Klotz D, Meister U, Koball G, Batt N (2011): Abschlussbericht zum Forschungsauftrag „Ernteuntersuchungen von Brandenburger Getreide hinsichtlich Qualität und Verarbeitungseigenschaften unter Berücksichtigung der Sortenidentifizierung, von Mykotoxinen, Halmverkürzern und Schwermetallen“, Laufzeit 01-12/2011, gefördert vom Ministerium für Infrastruktur und Landwirtschaft des Landes Brandenburg

Huschek G, Klotz D, Batt N, Meister U (2012) Abschlussbericht zum Forschungsauftrag „Erhöhung der Erträge und Sicherung von wertbestimmenden Inhaltsstoffen des Brotgetreides im Land Brandenburg, Reduzierung von Kontaminanten“, Laufzeit 01-12/2012, gefördert vom Ministerium für Infrastruktur und Landwirtschaft des Landes Brandenburg

Meier A, Birzele B, Oerke EC, Dehne HW (2000) Impact of growth conditions on the occurrence of *Fusarium* spp. and the mycotoxin content of wheat. *Mycotoxin Res* 16A,12-15

Meister U (2003) *Fusarium* toxins in bread cereals of the Land Brandenburg – Comparison of integrated and ecological cultivation of 2000 to 2002. *Mycotoxin Res* 19,157-161

Meister U (2005) *Fusarium* toxins in bread cereals of the Land Brandenburg 2000-2004 – Comparison of integrated and ecological cultivation. *Mycotoxin Res* 21, 231-236

Meister U (2009) *Fusarium* toxins in cereals of integrated and organic cultivation from the Federal State of Brandenburg (Germany) harvested in the years 2000-2007. *Mycotoxin Res* 25,133-139

Müller MEH, Korn U (2013) *Alternaria* mycotoxins in wheat – A 10 years survey in the Northeast of Germany. *Food Control* 34, 191-197

Oldenburg E (2004) Crop cultivation measures to reduce mycotoxin contamination in cereals. *J Appl Bot Food Qual* 78,174-177

Schollenberger M, Terry Jara H, Suchy S, Drochner W, Müller HM (2002) *Fusarium* toxins in wheat flour collected in an area in southwest Germany. *Int J Food Microbiol* 72,85-89

Schollenberger M, Drochner W, Müller HM (2003) Deoxynivalenol contents in foodstuffs of organical and conventional production. *Mycotoxin Res* 19,39-42

Seidler A (2007) Nachweis der Fusarientoxine Deoxynivalenol und Zearalenon in Lebensmitteln. Dissertation, Justus-Liebig-Universität Gießen, Germany

Usleber E, Lepschy J, Märtilbauer E (2000) Deoxynivalenol in Mehlsproben des Jahres 1999 aus dem Einzelhandel. *Mycotoxin Res* 16A,30-33

Kapitel 5 Aktuelle Aspekte in Be- und Verarbeitungsprozessen

AGRAVIS Raiffeisen AG: Aerobe Haltbarkeit von Silagen: <http://www.biogasanlagen-fuettern.de>
Stand 30. Januar 2014

Frauz B, Weinmann U, Oechsner H (2006) Abtötung von Fusariensporen während des Gärprozesses in landwirtschaftlichen Biogasanlagen. Landtechnik 4, 61-62

Jänicke H (2011) Grobfutter- und Substraterzeugung. In: Praxishandbuch Futterkonservierung. DLG (ed) Frankfurt/M., 8. Auflage, Deutschland, DLG-Verlags- GMBH, S. 35-39

KTBL 2011: Untersuchungen zum phytosanitären Risiko bei der anaeroben Vergärung von pflanzlichen Biomassen in Biogasanlagen. Tagungsband zum KTBL-Fachgespräch am 14. November 2011 in Berlin, Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft

LFL (2008) Schimmelpilze und Mykotoxine in Futtermitteln, 2. Auflage

http://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/ite/dateien/31386_schimmelpilze_und_mykotoxine_in_futtermitteln.pdf, Stand 10. Februar 2014

Oechsner H, Drochner W, Schollenberger M, Frauz B (2008) Untersuchungen zur Inaktivierung von Fusariensporen und zur Reduzierung von Deoxynivalenol in Weizen bei dessen Vergärung in landwirtschaftlichen Flüssig- und Trockenfermentierungsanlagen. Abschlussbericht, Laufzeit 2005-2007, gefördert durch die FNR, Förderkennzeichen: 22015903, <http://www.fnr-server.de/ftp/pdf/berichte/22015903.pdf>, Stand 10. April 2014

Ostertag J, Preißler D (2013) Handlungsempfehlungen zum Einsatz von verpilzten Einsatzstoffen als Biogassubstrat. In: Biogas Forum Bayern Nr. III – 9/2013, Hrsg. ALB Bayern e.V., http://www.biogas-forum-bayern.de/publikationen/Handlungsempfehlung_zum_Einsatz_von_verpilzten_Einsatzstoffen_2013.pdf, Stand 30. Januar 2014

Schaumann Biogas-Fibel: www.schaumann-bioenergy.eu/PDF/de/lit_biogasfibel_d_200707.
Stand: 7. Februar 2014

SMUL (2008) Versuch zum Verhalten von Deoxynivalenol (DON) in einer Biogasanlage. http://www.smul.sachsen.de/lfl/publikationen/download/3398_1.pdf, Stand 30. Januar 2014

Weißbach F (2009) Das Gasbildungspotenzial von Halm- und Körnerfrüchten bei der Biogasgewinnung. Landtechnik 5, 317-321

Wesolowski S, Ohly N, Ferchau E, Mardaus G, Walter G, Jäkel K, Mildner U, Krieg D, Klostermann U (2008) Gaserträge mykotoxinbelasteter Getreidearten. Schriftenreihe des Landesamtes für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Heft 27/2008

**Ministerium für ländliche Entwicklung,
Umwelt und Landwirtschaft
des Landes Brandenburg**

Referat Presse- und Öffentlichkeitsarbeit

Heinrich-Mann-Allee 103
14473 Potsdam
Telefon: 0331 866-7237
E-Mail: pressestelle@mlul.brandenburg.de
www.mlul.brandenburg.de

