Thüringer Landesanstalt
für Landwirtschaft

Risikoüberwachung auf Fusarium/Mykotoxine bei Winterweizen in Thüringen und Empfehlungen für die Vorernteuntersuchung

Themen-Nr.: 46.05.210/2008

Thüringer Ministerium
für Landwirtschaft,
Naturschutz und Umwelt

FREISTAAT
THÜRINGEN

Langtitel:	Qualitätsuntersuchungen der Thüringer Getreide- und Rapsernte anhand repräsentativer Ernteproben
Teilthema:	Risikoüberwachung auf Fusarium/Mykotoxine bei Winterweizen in Thüringen und Empfehlungen für die Vorernteuntersuchung
Kurztitel:	Risikoüberwachung Fusarium/Mykotoxine
Projekt:	Agrarmonitoring und Qualitätssicherung
Projektleiter:	Dr. M. Leiterer
Abteilung:	Untersuchungswesen
Abt.-Leiter:	Dr. M. Leiterer
Themenleiter:	Dr. L. Herold
Laufzeit:	2004 bis 2009
Auftraggeber:	Thüringer Ministerium für Landwirtschaft, Naturschutz und Umwelt
Bearbeiter:	Dr. Lothar Herold Dipl. Agr. Ing. Ök Sabine Wagner Dr. Horst Hartung Dr. Otto Jahn

Jena, Oktober 2008

P. Ritschel
Präsident

Dr. L. Herold
Themenleiter

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung 4

2 Methodik..... 4

3 Ergebnisse 5
3.1 Wirkung der Risikofaktoren auf Fusariumbesatz und Mykotoxingehalt 5
3.2 Beziehung zwischen Fusariumbesatz, DON-Gehalt und ZEA-Gehalt 8
3.3 Fusariumarten und Gesamtbesatz 14
3.4 Vergleich zwischen Ähren- und Kornprobenahme 15

4 Fazit 18

1 Einleitung

In den letzten zehn Jahren hat sich der Befall mit Ährenfusariosen und das Auftreten von Mykotoxinen, insbesondere Deoxynvalenol (DON) auch in Thüringen verstärkt. So kam es in den Jahren 1998, 2002 und 2007 zu einem verstärkten Auftreten bei Winterweizen und Wintertriticale (HEROLD, 2008).
Die Ursachen sind u.a. in der Dominanz pflugloser Bewirtschaftungsverfahren, der Ausdehnung des Maisanbaus und des Fruchtwechsels Winterweizen nach Winterweizen begründet. Im Jahre 2004 beispielsweise lag der Flächenanteil der pfluglosen Bewirtschaftung in Thüringen bei etwa 50 % der Ackerfläche, mit steigender Tendenz zum Pflugverzicht (REICH u. WURLITZER, 2005).
Für die Vermarktung gesunder Lebens- und Futtermittel ist eine Frühinformation zum Mykotoxinstatus des Getreides möglichst vor der Ernte wichtig und hilfreich, um bereits beim Verkauf bzw. der Einlagerung unbelastete Partien von belasteten Partien zu trennen. Eine Vorernteuntersuchung könnte dazu die notwendigen Informationen liefern.
Es war deshalb zu untersuchen, inwieweit Ährenprobenahmen vor der Ernte geeignet sind, verlässliche Informationen zu Fusariumbesatz, DON- und ZEA-Gehalt der erntefrischen Ware zu liefern. Aus den Ergebnissen sollten Praxisempfehlungen für eine mögliche Eigenkontrolle in den Landwirtschaftsbetrieben abgeleitet werden.

2 Methodik

Im Jahr 2004 wurde von der TLL mit der risikoorientierten Fusarium- und Mykotoxinüberwachung bei Winterweizen begonnen. Hierzu waren 20 Risikoflächen nach folgenden Kriterien auszuwählen:

1. Konservierende Bodenbearbeitung
2. Maisvorfrucht (Körner- oder Silomais)
3. Fusariumanfällige Sorte (BSA-Note 6 und 7)

Wenn nicht alle drei Bedingungen einzuhalten waren, sollten zumindest die Positionen 1 und 2 abgesichert werden, da viele Betriebe auf den Risikoflächen kaum noch fusariumanfällige Sorten anbauen.
Mit der Konzentration auf Risikoflächen waren aussagekräftigere Untersuchungsergebnisse zu erwarten, da nicht in jedem Jahr mit einer deutlichen Fusariuminfektion und Mykotoxinbildung zu rechnen war und Laborergebnisse kleiner der Nachweisgrenze keine differenzierte Aussage möglich machen. Das bedeutete jedoch, dass die erzielten Ergebnisse als nicht repräsentativ für Thüringen gelten konnten.

Die Beprobung erfolgte ursprünglich zu vier Terminen:

1. Ährenproben zu drei Terminen
1.1 Zwei Wochen vor der Ernte
1.2 Eine Woche vor der Ernte
1.3 Unmittelbar vor der Ernte
2. Kornprobe zur Ernte (Druschprobe)

Nach Auswertung der in den Jahren 2004 bis 2006 erzielten Ergebnisse und der Empfehlung in der Mehrländer-Arbeitsgruppe „Mykotoxine“ wurde die Risikoüberwachung ab 2007 als Vorerntemonitoring mit einer zweimaligen Beprobung weitergeführt:

1. Ährenproben sieben bis zehn Tage vor der Ernte
2. Kornproben zur Ernte

Beim Vorerntemonitoring waren nicht mehr nur Risikoflächen auszuwählen, sondern überwiegend auch „normal“ bewirtschaftete Winterweizenschläge einzubeziehen. Das Untersuchungsprogramm beinhaltete im Jahr 2007 19 Risikoflächen und 36 Nichtrisikoflächen. Damit sollten für Thüringen normale Anbau- und Bewirtschaftungsverhältnisse erfasst und repräsentative Ergebnisse bereitgestellt werden.
Im vorliegenden Bericht werden jedoch, vergleichbar mit den Vorjahren, nur die Ergebnisse der Risikoflächen ausgewertet.
Die methodischen Vorschriften zur Probenahme blieben im Wesentlichen unverändert.

1. Ährenprobenahme:
   - Probenahme entlang einer Schlagdiagonalen. Für alle Ährenprobenahmen ist die gleiche Beganglinie zu wählen.
   - Entnahme von fünf Ähren (ab 2007: Entnahme von 10 Ähren) an 20 gleichmäßig verteilten Probenahmepunkten entlag der Diagonalen (2004 - 2006: insgesamt 100 Ähren, ab 2007: insgesamt 200 Ähren)
   - Probenahme aus allen Etagen des Ährenbereiches (oben, Mitte, unten)
   - Ährenschnitte ohne Strohanteil (wegen Drusch mit dem Ährendrescher)
   - Probenverpackung und -versand in Papiertüten (keine Kunststoffverpackung, um Schimmelbildung zu vermeiden).
2. Kornprobenahme (Druschprobe):
   - Während des Drusches von möglichst vielen Bunkerfüllungen bzw. Hängerladungen Entnahme von Einzelproben
   - Sammeln der Teilproben in einem Gefäß
   - Homogenisierung der Sammelprobe
   - Entnahme einer Endprobe als Durchschnittsprobe (ca. 500 g) und Probenversand

   Laboruntersuchung: Fusariumdiagnostik, Deoxynivalenol (DON)- und Zearalenon (ZEA)-Gehalt (ELISA-Test)

3 Ergebnisse

3.1 Wirkung der Risikofaktoren auf Fusariumbesatz und Mykotoxingehalt

Aus Untersuchungen in den 90-er Jahren geht hervor, dass bei Weizen eine besondere Mykotoxingefährdung, speziell bei DON, dann besteht, wenn die Pilzsporen der Gattung Fusarium auf nicht vollständig eingearbeiteten Stoppelresten der Vorfrucht überwintern können. Das trifft in erster Linie für Maisstoppeln zu (Silomais, noch kritischer Körnermais), aber auch auf Stoppelweizen (Anbau von Winterweizen nach Winterweizen). Eine vollständige Einarbeitung der Stoppeln findet insbesondere bei pfluglosen Bewirtschaftungsmaßnahmen nicht statt, so dass sich aus der Anbaukombination Winterweizen nach Mais bei gleichzeitigem Pflugverzicht ein beträchtli-

ches Infektionspotenzial ergibt, welches im folgenden Frühjahr den Winterweizen befallen und zu Ährenfusariosen mit ausgeprägter DON-Bildung führen kann.
In den Jahren 2004 bis 2007 wurden deshalb die Kornproben der 20 Risikoflächen mit den Ergebnissen von 145 BEE-Winterweizenschlägen verglichen, welche nach dem Zufallsprinzip ausgewählt wurden und den repräsentativen Querschnitt Thüringens darstellen.
Im Vergleich zu normal bewirtschafteten Winterweizenschlägen wiesen die Risikoflächen im Mittel einen dreifach höheren Fusariumbesatz auf (Abbildung 1).

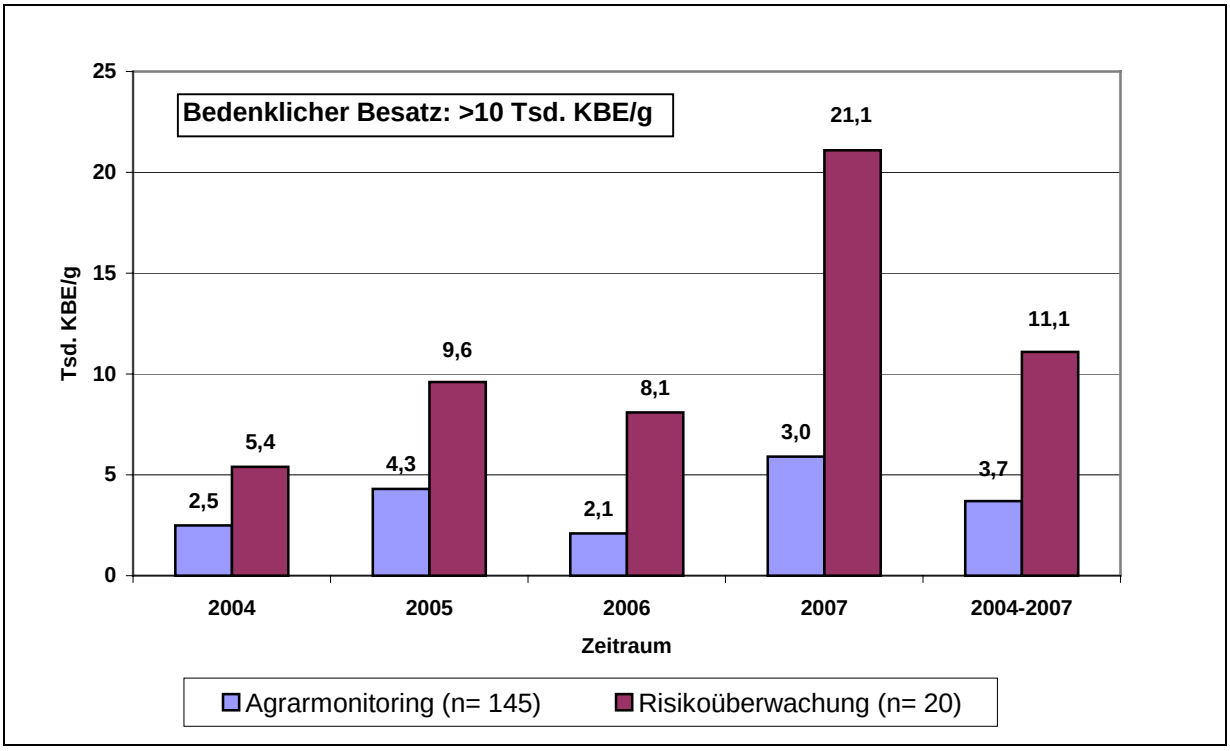

Abbildung 1: Vergleich des Fusariumbesatzes bei Winterweizen zwischen repräsentativer und risikobezogener Flächenauswahl

In den einzelnen Jahren waren sie je nach Witterung und Fusariumbesatzstärke doppelt bis siebenfach höher.
Ein analoges Ergebnis ergab sich beim DON-Gehalt. In allen Untersuchungsjahren führte der erhöhte Fusariumbesatz auf Risikoflächen auch zu erhöhten DON-Gehalten. Sie erreichten, relativ einheitlich in allen vier Untersuchungsjahren, einen vierfach höheren Gehalt im Vergleich zur repräsentativen Flächenauswahl (Abbildung 2).

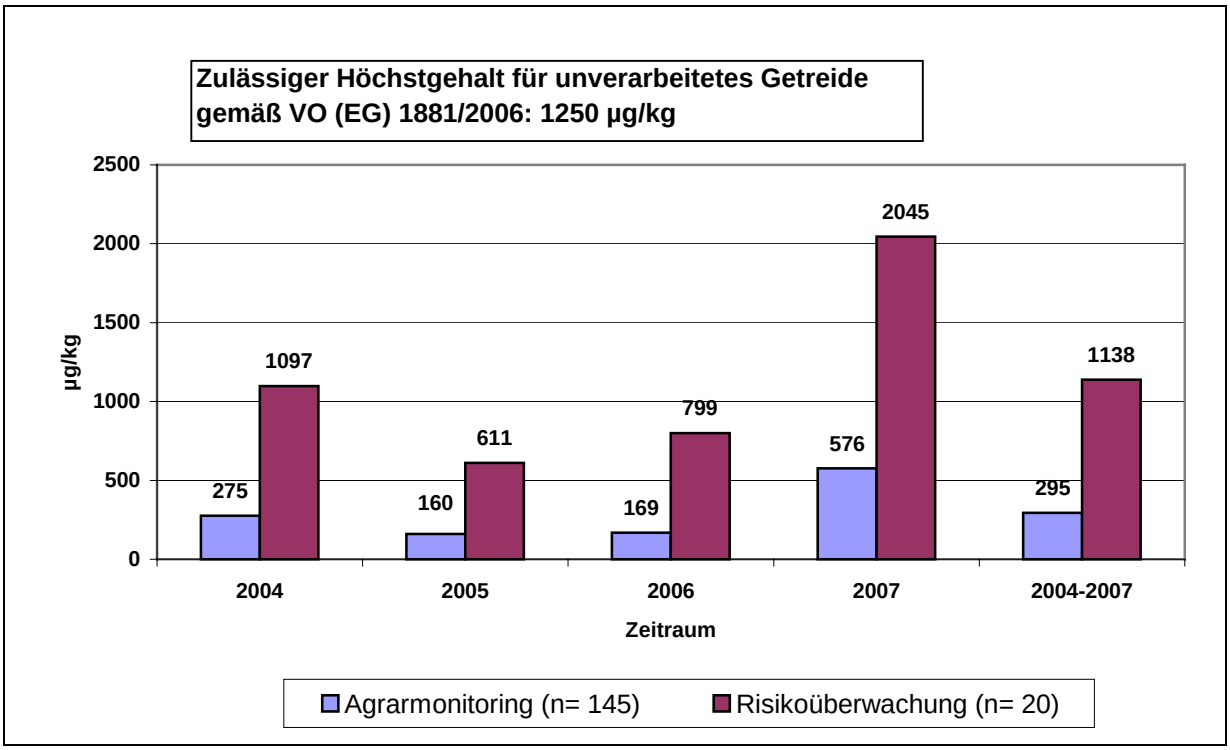

Abbildung 2: Vergleich des DON-Gehaltes bei Winterweizen zwischen repräsentativer und risikobezogener Flächenauswahl

Das führte dazu, dass insbesondere in den Jahren 2004 und 2007 auf einem hohen Anteil der Risikoflächen der zulässige DON-Höchstgehalt von 1250 µg/kg gemäß VO (EG) 1881/2006 für erntefrisches Getreide überschritten wurde und dadurch die Vermarktung der Partien eingeschränkt war. Das betraf im Jahre 2004 sieben von 20 (35 %) und im Jahre 2007 zehn von 19 Risikoflächen, entsprechend 53 %.

Die Vorfrucht Mais und die pfluglose Bodenbearbeitung beeinflussen auch den ZEA-Gehalt im Winterweizen. Dieser war auf Risikoflächen doppelt so hoch wie auf „normalen“ Flächen, wobei der ZEA-Gehalt allgemein als gering einzustufen ist und bisher keine Gefährdung, wie beim DON, vorliegt (Abbildung 3).

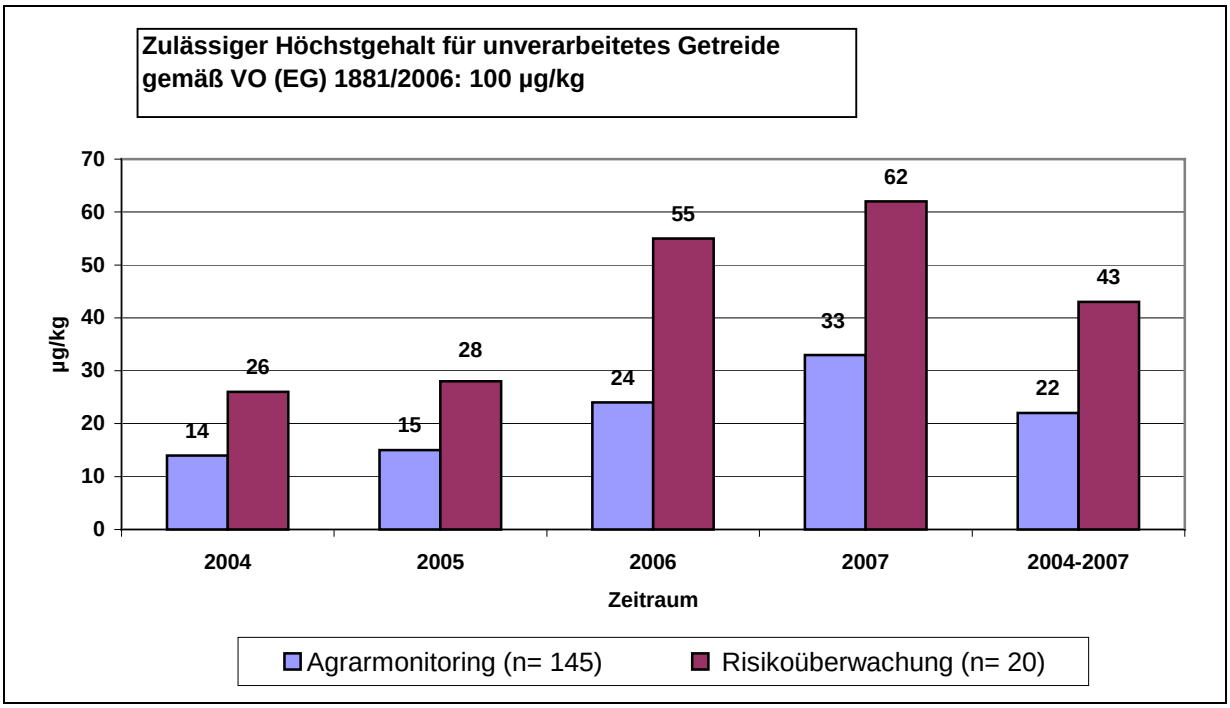

Abbildung 3: Vergleich des ZEA-Gehaltes bei Winterweizen zwischen repräsentativer und risikobezogener Flächenauswahl

Allerdings zeigte sich im Untersuchungszeitraum eine Tendenz zu steigenden Konzentrationen auf Risikoflächen. In den Jahren 2006 und 2007 überschritten vier bzw. drei Partien den zulässigen Höchstgehalt von 100 µg/kg, so dass auch dem Zearalenongehalt künftig stärkere Beachtung geschenkt werden muss.

Zwischenfazit

Die aus der Literatur bekannten Risikofaktoren wie Maisvorfrucht und pfluglose Bewirtschaftung führten auf Risikoflächen zu einer Vervierfachung des Fusariumbesatzes und DON-Gehaltes und zu einer Verdoppelung des ZEA-Gehaltes im Vergleich zu „normal“ bewirtschafteten Flächen. Damit werden frühere Untersuchungen durch aktuelle Ergebnisse bestätigt. Die Landwirtschaftsbetriebe sind gut beraten, eine Häufung von Risikofaktoren beim Weizenanbau zu vermeiden.

3.2 Beziehung zwischen Fusariumbesatz, DON-Gehalt und ZEA-Gehalt

Im Untersuchungszeitraum 2004 bis 2007 können die Jahre 2004 bis 2006 als normale Fusariumjahre eingeordnet werden, während 2007 von einem erhöhten Fusariumbesatz gesprochen werden muss, da auf immerhin 11 der 19 Risikoflächen der als bedenklich einzustufende Fusariumbesatz von >10 Tsd. KBE/g überschritten wurde. Insgesamt überschritten knapp ein Drittel der Partien die Schwelle von 10 Tsd. KBE/g (Abbildung 4).

Das führte dazu, dass in gleichfalls einem Drittel der Flächen der zulässige Höchstgehalt bei DON von 1250 µg/kg erreicht und überschritten wurde (Abbildung 5). Hier heben sich die Jahre 2004 und 2007 mit den meisten Gehaltsüberschreitungen hervor.

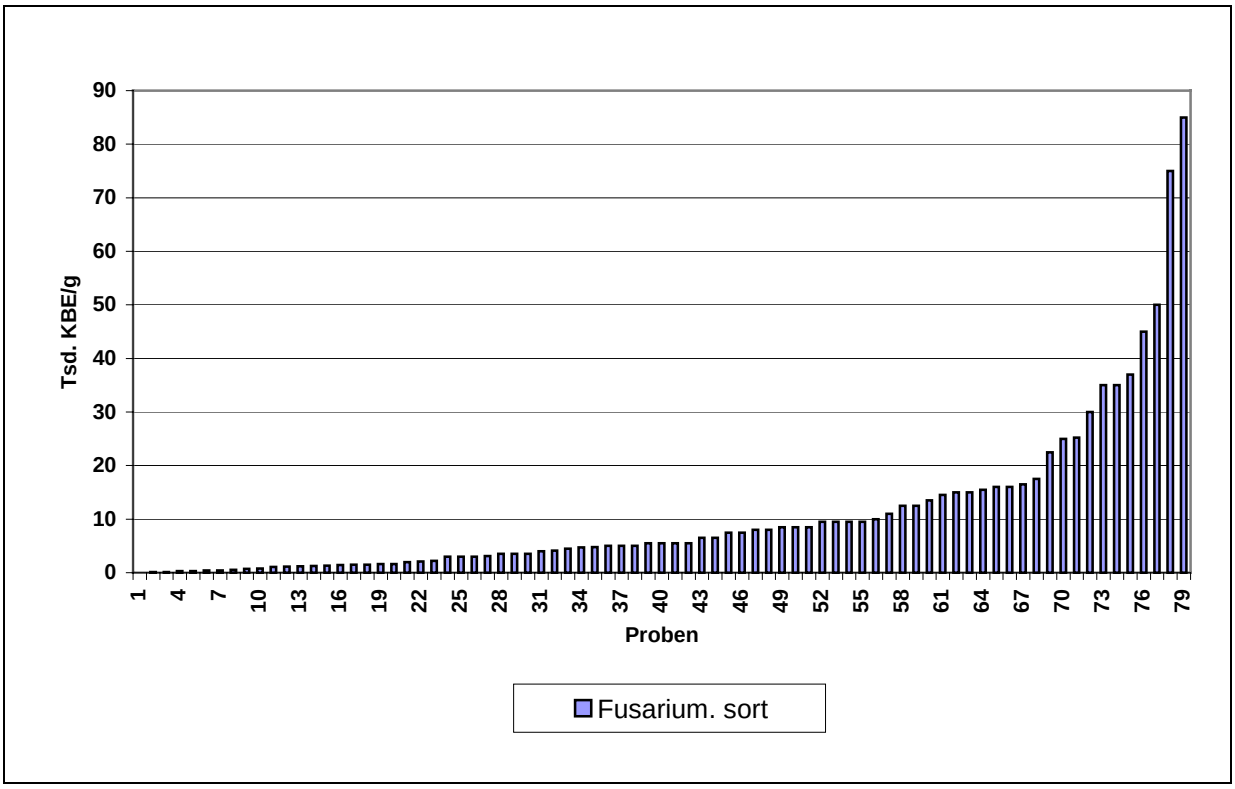

Abbildung 4: Fusariumbesatz bei Winterweizen auf Risikoflächen 2004 bis 2007, aufsteigend sortiert

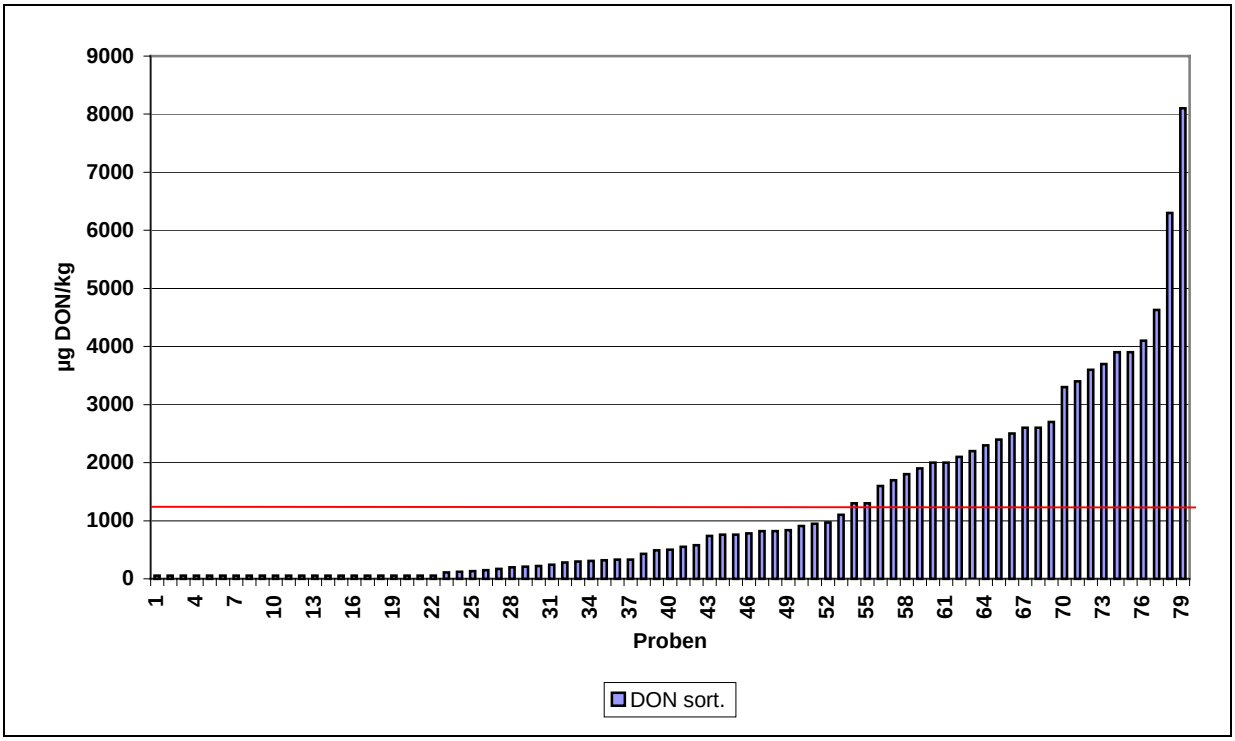

Abbildung 5: DON-Gehalt bei Winterweizen auf Risikoflächen 2004 bis 2007, aufsteigend sortiert

Bei ZEA war im gesamten Untersuchungszeitraum nur in acht von 79 Partien eine Überschreitung des zulässigen Höchstgehaltes von 100 µg/kg zu beobachten, wobei

hier die Jahre 2006 und 2007 hervorzuheben sind. Insgesamt ist mit 10 % Gehaltsüberschreitungen bei ZEA der Anteil deutlich niedriger als bei DON (Abbildung 6).

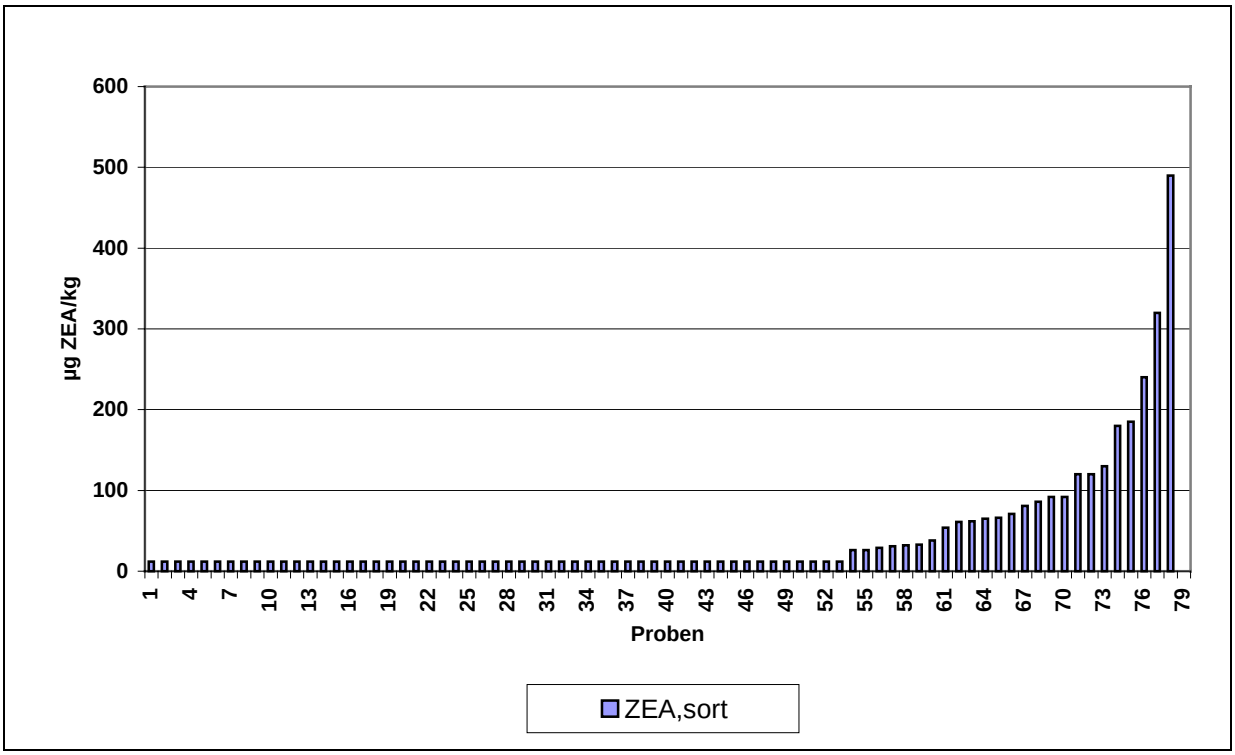

Abbildung 6: ZEA-Gehalt bei Winterweizen auf Risikoflächen 2004 bis 2007, aufsteigend sortiert

Hervorzuheben ist, dass es sich bei den Risikoflächen um verschärfte Prüfbedingungen handelt, welche nicht die reale Situation in Thüringen widerspiegeln, aber erkennen lassen, was bei Missachtung acker- und pflanzenbaulicher Grundsätze passieren kann.
Da die Mykotoxine DON und ZEA nachweislich durch Fusariumpilze gebildet werden, ist eine enge Beziehung zwischen der Höhe des Fusariumbesatzes und des Mykotoxingehaltes zu vermuten. Der Idealfall würde vorliegen, wenn jede Erhöhung des Fusariumbesatzes im Getreidekorn eine gleichzeitige Erhöhung - beispielsweise des DON-Gehaltes - nach sich ziehen würde, so wie es in Abbildung 7 beispielhaft dargestellt ist, mit einem Bestimmtheitsmaß von nahezu 100 %.

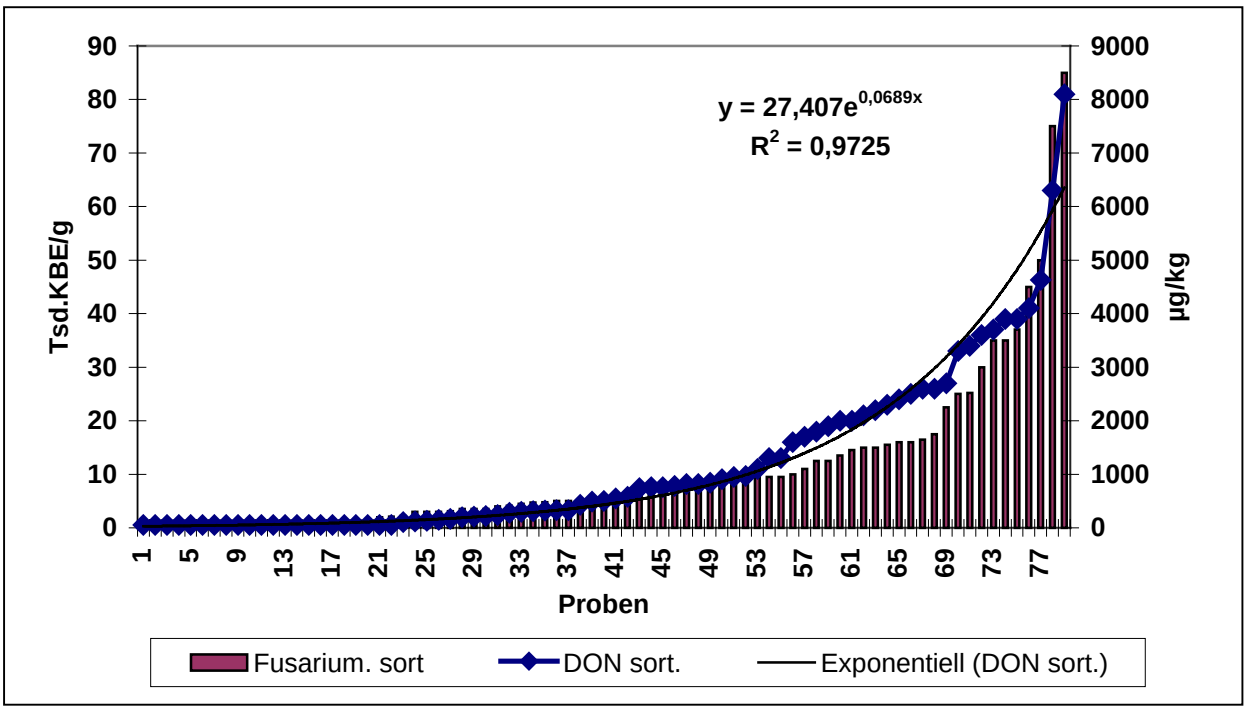

Abbildung 7: Beziehung zwischen Fusariumbesatz und DON-Gehalt auf Winterweizen-Risikoflächen 2004 bis 2007 - Theoretische Idealkonstellation

Derartig enge Beziehungen sind in praxi nicht nachzuweisen. Da es sich um belebte Natur handelt, besteht eine außerordentlich hohe Variabilität mit einer Vielfalt von Einflussmöglichkeiten, die im Einzelnen nicht immer bekannt sind und nicht bewertet werden können. Aus den vierjährigen Ergebnissen konnte im statistischen Sinne lediglich eine lockere Beziehung zwischen Fusariumbesatz in der erntefrischen Ware und DON-Gehalt nachgewiesen werden. Dazu wurden der Fusariumbesatz aufsteigend geordnet, der dazugehörige DON-Gehalt zugeordnet und für den Verlauf des DON-Gehaltes mittels Regressionsanalyse verschiedene Trendlinien berechnet (linear, quadratisch, potenziell, exponentiell, logarithmisch). Dabei wies der exponentielle Kurvenverlauf mit einem Bestimmtheitsmaß von 34 % die engste Beziehung auf (Abbildung 8).

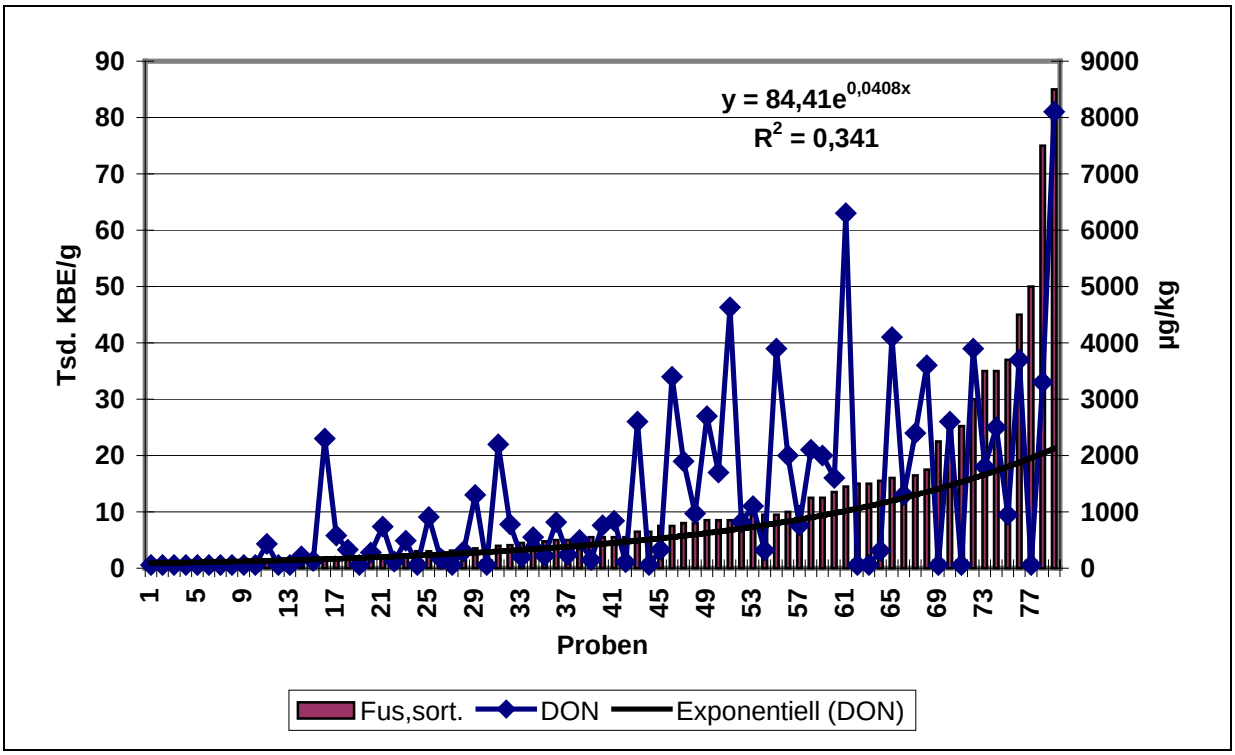

Abbildung 8: Beziehung zwischen Fusariumbesatz und DON-Gehalt auf Winterweizen-Risikoflächen 2004 bis 2007

Der Grund für die nachgewiesene lose Beziehung ist darin begründet, dass einerseits bereits bei geringem Fusariumbesatz ein hoher DON-Gehalt gebildet werden und andererseits bei hohem Fusariumbesatz die DON-Bildung ausbleiben kann. Die Ursache für derartige „Ausreißer" ist nicht exakt zu ermitteln.
Die statistische Abhängigkeit zwischen Fusarium und DON kann etwas besser abgesichert werden, wenn anstatt des Fusarium-Gesamtbesatzes der von Fusarium graminearum herangezogen wird. Hierbei wird bei quadratischer Kurvenberechnung ein Bestimmtheitsmaß von 44 % erreicht (Abbildung 9). Dieses Ergebnis ist plausibel, wenn man berücksichtigt, dass das Mykotoxin Deoxynivalenol hauptsächlich durch Fusarium graminearum gebildet wird.

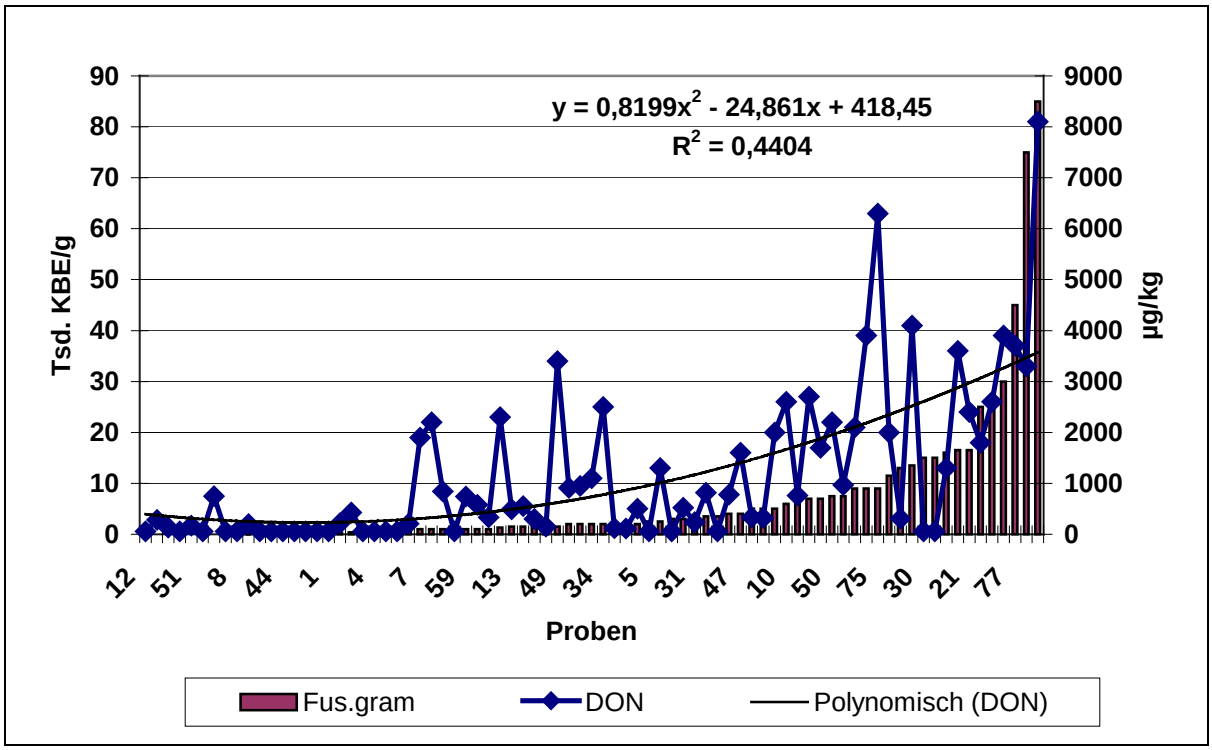

Abbildung 9: Beziehung zwischen Fusarium graminearum und dem DON-Gehalt auf Winterweizen-Risikoflächen 2004 bis 2007

Im Gegensatz zum DON-Gehalt ist beim Zearalenon keine Beziehung zum Fusariumbesatz festzustellen, wie entsprechende Berechnungen belegen (Abbildung 10).

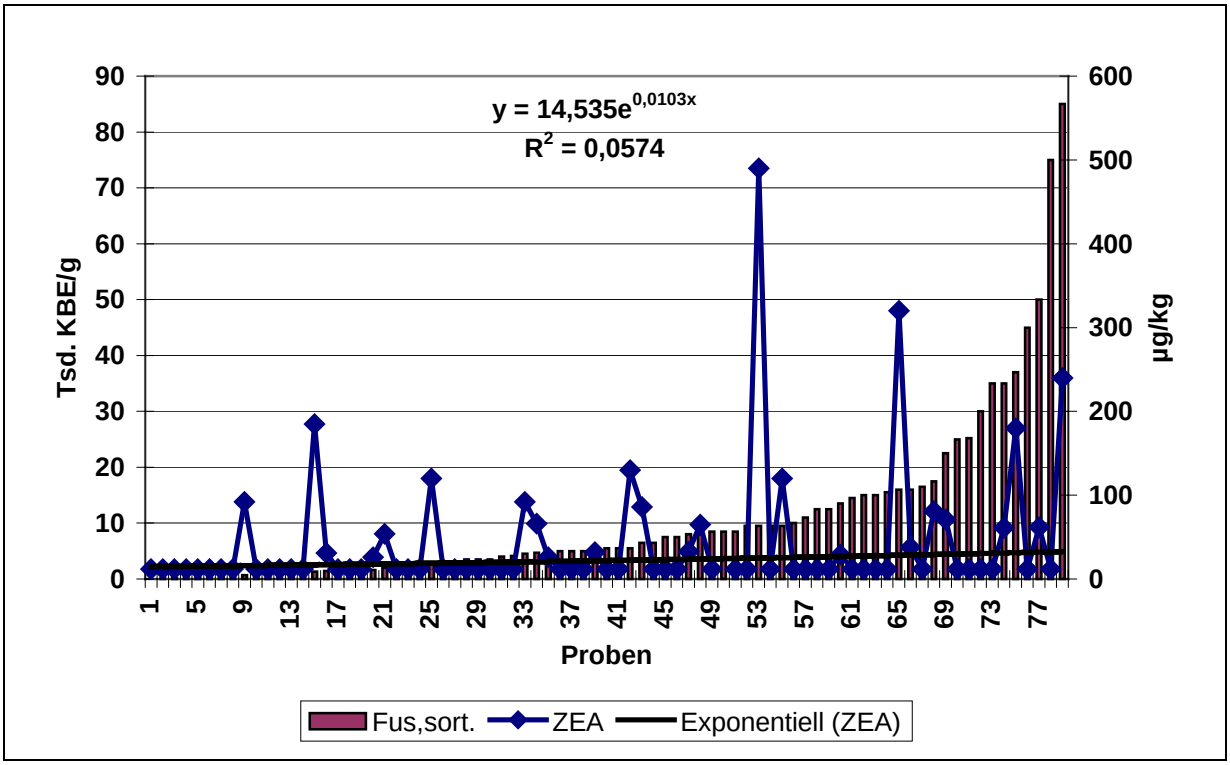

Abbildung 10: Beziehung zwischen Fusariumbesatz und ZEA-Gehalt auf Winterweizen-Risikoflächen 2004 bis 2007

Das Bestimmtheitsmaß lag bestenfalls bei 5 %. Daraus ist abzuleiten, dass andere Einflussfaktoren als die fünf untersuchten Fusariumspezies die ZEA-Bildung im Winterweizen bestimmen.

Zwischenfazit

Aus naturwissenschaftlicher Sicht muss eine enge Ursache-Wirkungs-Beziehung zwischen dem Fusariumbesatz auf dem Korn und dem DON-Gehalt im Korn bestehen. Diese ist auf Grund der hohen Variabilität, insbesondere der Dynamik der Fusariumbildung, jedoch nicht in jedem Fall schlüssig nachzuweisen.

Fusariumpilze wachsen und sterben ab, das Untersuchungsergebnis ist deshalb immer nur eine Momentaufnahme, während das gebildete DON im Korn erhalten bleibt.

Die statistische Beziehung ist besser zu belegen, wenn nicht der Gesamtbesatz herangezogen wird, sondern die Fusariumspezies grameninearum, die bekanntermaßen hauptsächlich für die DON-Bildung verantwortlich zeichnet.

3.3 Fusariumarten und Gesamtbesatz

Im Untersuchungsprogramm wurden neben dem Fusariumgesamtbesatz auch die wichtigsten Fusariumspezies diagnostiziert:

Fusarium poae

Fusarium avenaceum

Fusarium graminearum

Fusarium culmorum

Fusarium trincinctum

Fusarium sonstige

Der Fusarium-Gesamtbesatz wird im Mittel der Jahre zu etwa drei Viertel von Fusarium graminearum bestimmt, bei einer Schwankungsbreite von 50 % bis 80 % in den einzelnen Jahren (Abbildung 11).

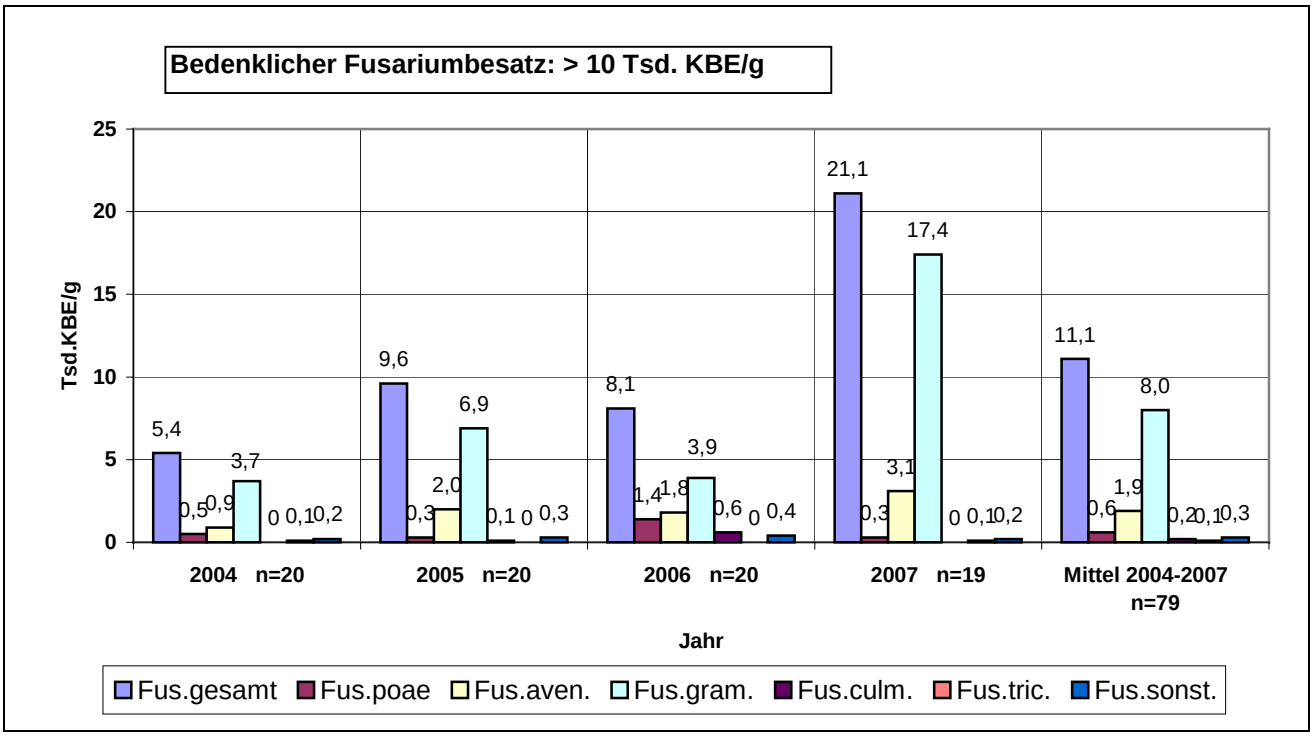

Abbildung 11: Fusarium-Gesamtbesatz und Anteil der Fusariumspezies auf Winterweizen-Risikoflächen 2004 bis 2007

Am Zweithäufigsten wurde Fusarium avenaceum mit einem Anteil von 17 % nachgewiesen, gefolgt von Fusarium poae mit 5 %. Die restlichen Fusariumarten spielten in Thüringen so gut wie keine Rolle.

Durch die Dominanz von Fusarium graminearum erklärt sich auch das gehäufte Auftreten von DON bei Winterweizen und - wie andere Untersuchungen belegen - auch bei Wintertriticale.

In nahezu allen Partien, in denen ein erhöhter Fusarium-graminearum-Besatz vorherrschte, wurden auch erhöhte DON-Werte nachgewiesen. Im Gegensatz dazu ist Fusarium avenaceum zu nennen, bei dessen gehäuftem Auftreten keine erhöhte DON-Bildung analysiert werden konnte.
Für das Mykotoxin Zearalenon sind aus den Untersuchungsergebnissen keine derartigen Beziehungen ableitbar.

3.4 Vergleich zwischen Ähren- und Kornprobenahme

Von Bedeutung ist, ob es Untersuchungsparameter gibt, mit denen durch eine Vorernteuntersuchung (hier: Ährenprobenahme) auf den späteren Gehalt/Besatz in der erntefrischen Ware geschlossen werden kann und der Landwirt bereits vor der (zur) Ernte Informationen zur Qualität des Erntegutes zur Verfügung hat, die ihm gestatten, über den Verwendungszweck der Partie zu entscheiden, ob das Getreide als Nahrungsgetreide, Futtergetreide oder als nachwachsender Rohstoff verwendet werden kann.
Zur Entscheidungsfindung stehen folgende gesetzliche Regelungen bzw. Empfehlungen zur Verfügung:

- Verordnung (EG) Nr. 1881/2006 der Kommission vom 19. Dezember 2006 zur Festsetzung der Höchstgehalte für bestimmte Kontaminanten in Lebensmitteln (Amtsblatt der EU, L 364/5 ff vom 20.12.2006)
- Orientierungswerte für kritische Konzentrationen von DON und ZEA im Tierfutter (µg/kg Futterration bei 88 % TS)
  (Rundschreiben des BML vom 29. Juni 2000)
- Aktuelle Untersuchungsergebnisse der LfL aus Bayern und Sachsen zum Abbau von Fusarium und Deoxynivalenol in Biogasanlagen
  (Weigand, S.: Vortrag in Mehrländer-AG „Mykotoxine“ am 22. April 2008 in Köllitsch)

In den durchgeführten Untersuchungen sind folgende Ergebnisse erzielt worden:

Zwischen der Ährenprobenahme sieben bis zehn Tage vor der Ernte und der Kornprobenahme zur Ernte sind beim Fusariumbesatz deutliche Unterschiede im Besatz ermittelt worden. Im Mittel der Jahre lag der Besatz zur Ernte doppelt so hoch wie zum Zeitpunkt der Ährenprobenahme. Damit ist der Fusariumbesatz für eine Vorernteuntersuchung nicht geeignet (Abbildung 12).

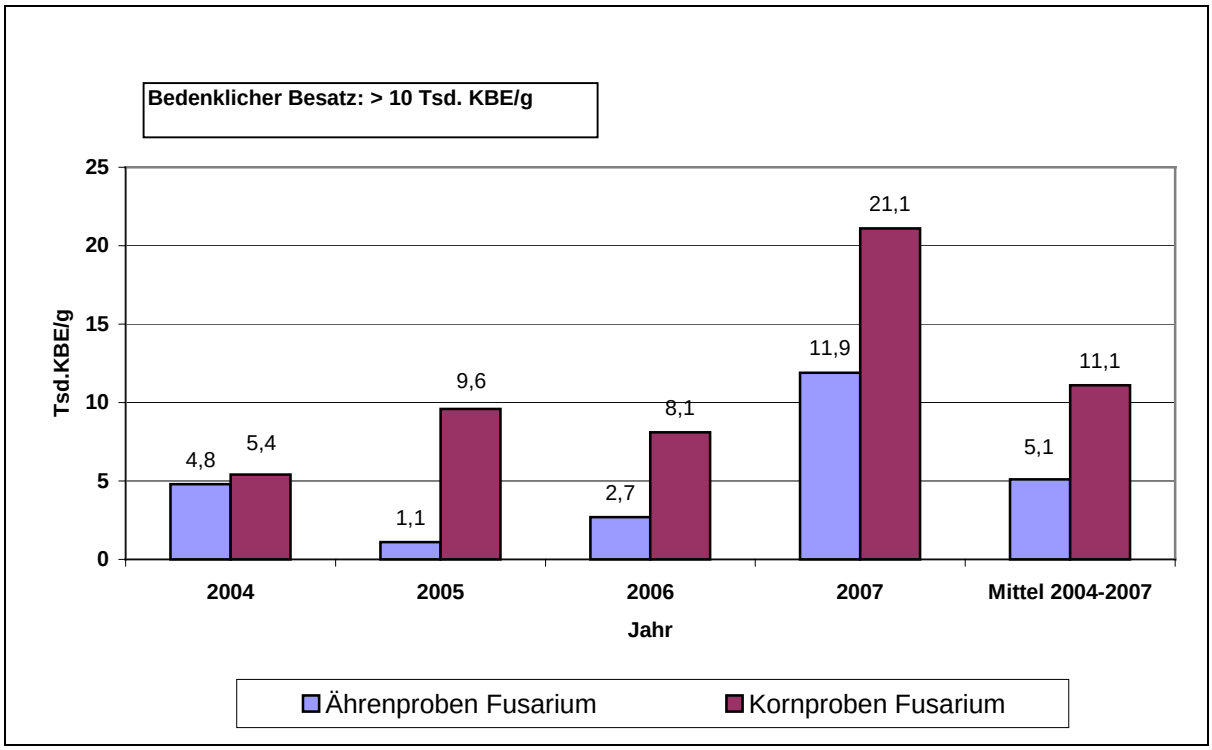

Abbildung 12: Fusariumbesatz bei Winterweizen - Vergleich zwischen Ähren- und Kornproben

Ursache ist die bereits erwähnte dynamische Entwicklung der Fusariumpilze in Abhängigkeit von der Witterung.

Anders verhält es sich mit der DON-Konzentration im Korn. Im Untersuchungszeitraum sind von der Größenordnung her nahezu gleiche DON-Gehalte bei Ähren- und Kornprobenahme festgestellt worden. Offenbar ist die Bildung von DON bereits vor

der Ernte weitgehend abgeschlossen und verändert sich bis zum Drusch nicht mehr entscheidend (Abbildung 13).

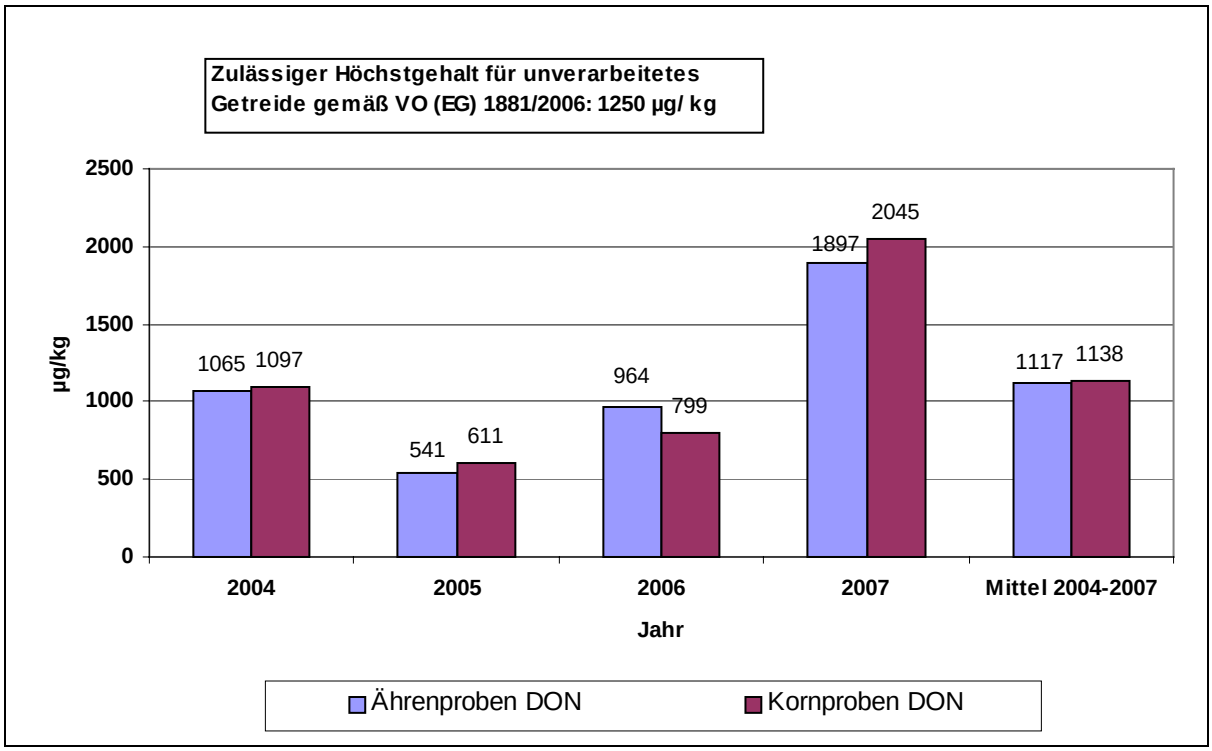

Abbildung 13: DON-Gehalt bei Winterweizen, Vergleich zwischen Ähren- und Kornproben

Damit kann der DON-Gehalt bereits kurz vor der Ernte hinreichend genau ermittelt werden und ist somit für eine Vorernteuntersuchung geeignet.
Der Zearalenongehalt wies zwischen den Ährenproben und den Kornproben in drei der vier Untersuchungsjahre deutliche Konzentrationsunterschiede auf. Im Mittel der Jahre ergab sich ein etwa zweifach höherer ZEA-Gehalt bei den Kornproben (Abbildung 14).

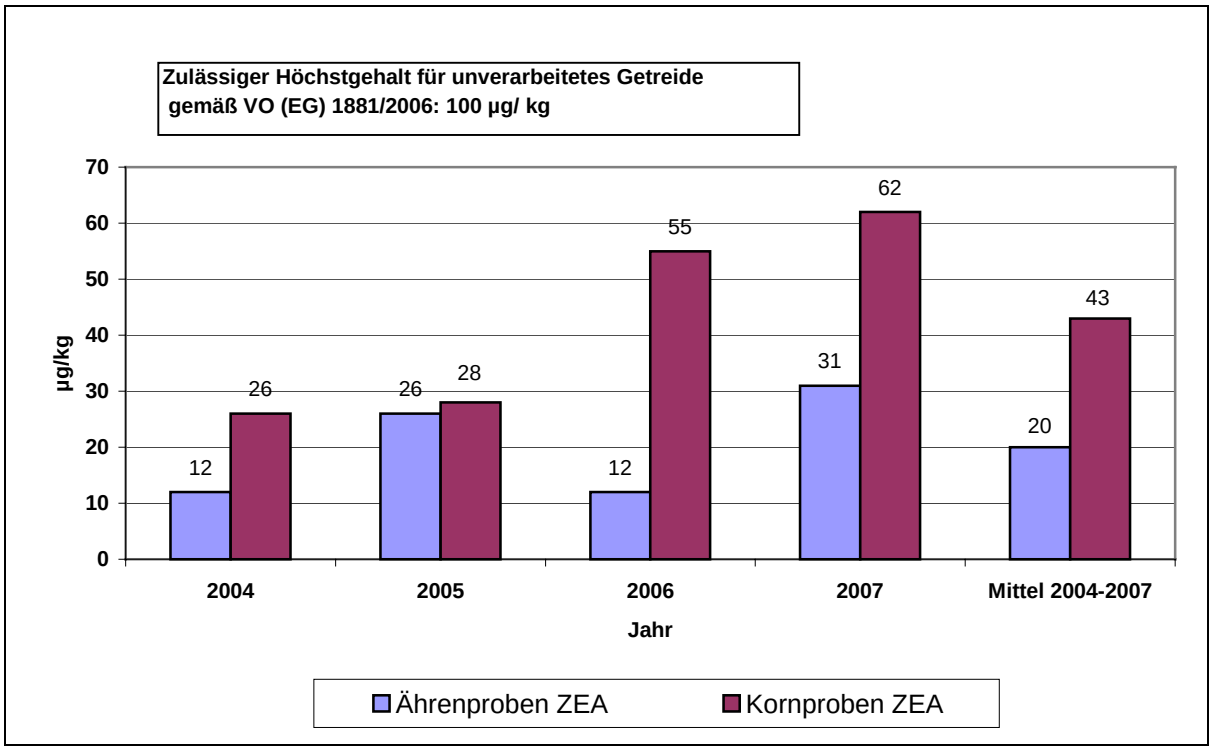

Abbildung 14: ZEA-Gehalt bei Winterweizen - Vergleich zwischen Ähren- und Kornproben

Das sind ähnliche Verhältnisse wie beim Fusariumbesatz, so dass nach vorliegenden Erkenntnissen eine Vorerntebestimmung des ZEA-Gehaltes aus Ährenproben zur Vorhersage ebenfalls nicht geeignet ist. Das gilt einschränkend nur für die vorgefundenen relativ niedrigen Gehalte. Aussagen für den hohen Gehaltsbereich sind nicht möglich.

4 Fazit

- Als Haupteinflussfaktoren für Fusariosen und damit Mykotoxinbildung im Getreide gelten: Witterung, Vorfrucht, Bodenbearbeitung und Sorten
- Die Risikofaktoren Maisvorfrucht und pfluglose Bewirtschaftung führten bei Winterweizen zu einer Vervierfachung von Fusariumbesatz und DON-Gehalt im Vergleich zu normal bewirtschafteten Flächen und bestätigten damit frühere Untersuchungen aus anderen Bundesländern.
- Ein zunehmender Fusariumbesatz führt in der Regel auch zu einem hohen DON-Gehalt, was statistisch nicht immer eindeutig belegbar ist. Die Beziehung Fusarium graminearum und DON-Gehalt ist enger, da diese Fusariumart den Gesamtbesatz dominierte und hauptsächlich für die DON-Bildung verantwortlich ist.
- Aus vierjährigen Untersuchungen kann abgeleitet werden, dass mittels Ährenprobenahme und -untersuchung sieben bis zehn Tage vor der Ernte der DON-Gehalt zur Ernte hinreichend genau vorhergesagt werden kann, während dies für den Fusariumbesatz und ZEA-Gehalt nicht möglich ist.
- Eine Mykotoxin-Frühinformation für DON ist deshalb möglich und sinnvoll und den Landwirtschaftsbetrieben für Eigenkontrollzwecke zu empfehlen.