

Abschlussbericht zum Forschungsvorhaben „Monitoring von Ährenfusariosen unter Einbeziehung molekularbiologischer Methoden zum qualitativen und quantitativen Nachweis von *Fusarium* spp. - Teilprojekt A – Nacherntemonitoring“

Inhaltsverzeichnis		Seite
1	Einleitung	3
2	Stand des Wissens (Stand der Technik)	4
3	Zielstellung	5
4	Material und Methoden	5
5	Ergebnisse	7
5.1	Weizen.....	7
5.1.1	Mykologische Untersuchungen.....	7
5.1.2	DON-Untersuchungen.....	8
5.2	Roggen.....	10
5.2.1	Mykologische Untersuchungen.....	10
5.2.2	DON-Untersuchungen.....	12
6	Diskussion	12
7	Zusammenfassung und Ausblick	14

1 Einleitung

In den letzten Jahren haben Ährenfusariosen insbesondere bei Weizen stark zugenommen (Marasas 2000). Mittlerweile stellen sie weltweit das größte Problem für den Winterweizenanbau dar. Unter unseren Klima- und Anbaubedingungen dominiert dabei *Fusarium graminearum* (Hauptfruchtform *Gibberella zeae*), während *F. culmorum* und *F. poae* eine untergeordnete Rolle spielen. Rintelen (2000a; 2000b) führt dies ist auf die Ausdehnung der Anbaufläche für Mais, der vor allem von *F. graminearum* befallen wird, in den Getreideanbauregionen zurück.

Ährenfusariosen stellen in zweierlei Hinsicht ein Problem dar: Zum einen vermindern sie den Ernteertrag, zum anderen führt der Befall zu einer deutlichen Verschlechterung der Qualität des Weizens. Vor allem die im Korn von *Fusarium* sp. gebildeten Giftstoffe, die sog. Mykotoxine, sind von besonderer Relevanz, da sie z.T. eine erhebliche Belastung des Ernteguts und der daraus produzierten Nahrungsmittel darstellen und somit den Verbraucher gefährden können (Chu 1997). Das Vorkommen des wichtigsten Toxins Deoxynivalenol (DON) in Weizen haben in der Vergangenheit bereits für Bayern ausführlich Beck und Lepschy (2000) sowie für die Bundesrepublik Deutschland Ellner (2000) belegt. Die Toxinproblematik erhält durch die *Fusarium*-Mykotoxin-Höchstmengen-Verordnung höchste Aktualität.

Übersicht über die seit 01.07.2006 in der EU geltenden Höchstmengen für DON

Nahrungsmittel	Höchstmenge ($\mu\text{g}/\text{kg}$ = ppb)
Unverarbeitetes Getreide außer Hartweizen, Hafer und Mais	1 250
Unverarbeiteter Hartweizen und Hafer	1 750
Unverarbeiteter Mais	(1 750)
Getreide-, Maismehl	750
Brot, Feine Backwaren	500
Teigwaren	750
Getreide-Beikost, u.a. für Säuglinge und Kleinkinder	200

Zur Minimierung des Risikos wurden von der EU Höchstwerte für Fusarientoxine, so auch für das besonders bei Weizen problematische DON, festgelegt (EG-Verordnung Nr. 856/2005 vom 06.06.2005). Diese gelten seit 01.07.2006 (vgl. Übersicht). Dadurch erhält das Thema „Mykotoxine“ für Landwirtschaft und Handel auf Dauer höchste Aktualität und Brisanz.

2 Stand des Wissens (Stand der Technik)

Bereits nach dem „*Fusarium*-Jahr“ 1987 wurde an der ehemaligen LBP ein *Fusarium*-Monitoring eingeleitet, das auch in den folgenden Jahren im Rahmen des geförderten Projektes bis dato fortgeführt wurde.

Bei den früheren Arbeiten wurden die Zusammenhänge zwischen den produktionstechnischen Maßnahmen des Landwirts, dem Witterungsverlauf und den Zielgrößen Ährenbefall, Kornbefall und Toxinkonzentration im Erntegut aufgedeckt. Es ergaben sich die im Folgenden aufgeführten Faktoren, die das Risiko einer Mykotoxinbelastung des Ernteguts erhöhen:

- Vorfrucht Mais
- nicht-wendende Bodenbearbeitung nach Mais
- Anbau mittel oder stark anfälliger Weizensorten
- Einsatz von strobilurinholdigen Fungiziden
- warm-feuchte Witterung vor und zur Weizenblüte für den Askosporenflug
- warm-feuchte oder nass-regnerische Witterung für die Ähreninfektion.

Es ist jedoch davon auszugehen, dass dabei noch weitere Parameter eine Rolle spielen.

Derzeit ist es dem Landwirt nur über die Berücksichtigung der oben genannten Risikofaktoren möglich, Einfluss auf die mögliche Toxinbelastung des später geernteten Getreides zu nehmen. Wünschenswert wäre es, während der Vegetationsperiode durch die Applikation von Fungiziden direkt und gezielt in das Befallsgeschehen eingreifen zu können und so eine Minimierung der Toxinbelastung des Getreides erreichen zu können. Eine zufriedenstellende Bekämpfung von *Fusarium* durch Fungizide ist aber nicht möglich, da sich der Befall anders als bei vielen anderen Blatt- und Ährenparasiten unsichtbar aufbaut und erst durch Symptome auf der Ähre evident wird. Für eine wirksame Bekämpfung ist es dann aber zu spät. Große Bedeutung kommt deshalb einer frühzeitigen Diagnose und der Entwicklung hochempfindlicher Verfahren zum Nachweis latenten Befalls zu, wie es in dem Teilprojekt

B durchgeführt wurde (vgl. Abschlussbericht Teilprojekt B „Molekularbiologische Methoden zum qualitativen und quantitativen Nachweis von *Fusarium* spp.“ vom 15.02.2008).

3 Zielstellung

Ziel des „Nach-Ernte-Monitorings“ ist die Ermittlung des mikrobiellen Besatzes sowie der Mykotoxin-Belastung des Erntegutes, insbesondere mit DON. Durch die Untersuchung von Weizen- und Roggenproben wird Landwirten, Händlern und Verarbeitern der beiden Brotgetreidearten ein Überblick über den mikrobiellen Status sowie die Mykotoxin-Belastung gegeben. Darüber hinaus sollen langfristig Informationen über etwaige Veränderungen des *Fusarium*-Artenspektrums und dem damit verbundenen Auftreten anderer Toxine erhalten werden („risk assessment“).

4 Material und Methoden

Zur Untersuchung des Erntegutes wurden im jeweiligen Jahr zwischen 175 und 190 zufällig ausgewählte Weizen- und 60 bis 80 Roggenproben aus ganz Bayern herangezogen. In einem Probennahmeprotokoll erfolgte eine Abfrage zu jeder Probe bezüglich der Vorfrucht, der Art der Bodenbearbeitung, der durchgeführten Pflanzenschutzmaßnahmen, des Blühdatums und des bereits im Vorfeld der Ernte sichtbaren Befalls mit *Fusarium* sp.

Die Lagerung der Proben erfolgte bis zur Bearbeitung bei -20°C .

Zur mikrobiologischen Untersuchung wurden je Probe 200 Körner für 10 Minuten mit Natriumhypochlorit (1,5% wirksames Chlor) desinfiziert. Nach einem Waschschrift mit sterilem Wasser und Abtrocknen auf sterilem Filterpapier in der Sterilbank wurden je 8 Körner in eine Petrischale mit Biomalz-Triton-Agar (pro Liter: 20g Malzextrakt, 15g Agar-Agar, 0,08% Triton X-100; nach dem Autoklavieren Zusatz von 50mg/l Streptomycinsulfat) oder SNA- Agar nach Nirenberg (1981) (pro Liter: 1,0g KH_2PO_4 , 1,0g KNO_3 , 0,5g $\text{MgSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$, 0,5g KCl, 0,2g Glucose, 0,2g Saccharose, 22g Agar-Agar; nach dem Autoklavieren Zusatz von 100mg/l Penicillin G, 10mg/l Chlortetracyclin, 50mg/l Streptomycinsulfat) ausgelegt. Der Zusatz von Triton X-100 bewirkt, dass die auswachsenden Pilze in ihrem Koloniedurchmesser stark begrenzt bleiben. Somit wird ein Ineinanderwachsen der einzelnen Kolonien verhindert, ohne dass jedoch die Sporulation der Pilze gehemmt wird. Die Inkubation der Platten erfolgte bei einer Temperatur von 22°C und Dauerbelichtung mit langwelligem UV-Licht (Schwarzlicht). Nach einer Kulturdauer von 10 bis 14 Tagen fand die mikroskopische Auswertung meist anhand der Makro- und Mikrokonidien bzw. Chlamydosporen bei 160-facher Vergrößerung statt. Die Identifizierung der einzelnen Fusa-

rium-Arten folgte dem Bestimmungsschlüssel nach Nirenberg (1981). Auf Basis dieser Ergebnisse wurde zum einen die Befallshäufigkeit (in %) ermittelt, die das Auftreten einzelner *Fusarium*-Spezies bezogen auf alle untersuchten Proben angibt. Zum anderen wurde die Befallsstärke bestimmt, bei der es sich um den prozentualen Anteil der Körner einer Einzelprobe handelt, welche mit einer bestimmten *Fusarium*-Art befallen ist.

Die Analyse der Proben auf ihren DON-Gehalt erfolgte mittels HPLC und Nachsäulenderivatisierung.

5 Ergebnisse

5.1 Weizen

5.1.1 Mykologische Untersuchungen

Beim Weizen lag in den letzten Jahren mit Ausnahme des Jahres 2003 der Anteil an mit *F. graminearum* infizierten Proben immer bei ca. 70 %. Die maximale Befallsstärke einzelner Proben belief sich auf bis zu 32 % befallener Körner (Tab. 1). Des weiteren zeigte sich, dass *F. culmorum* in meist deutlich geringerer Häufigkeit auftrat. Bis einschließlich 2007 war der Erreger jeweils bei einem Drittel der Proben nachweisbar. Meist lag die maximale Befallsstärke unter 20 % befallener Körner. Im Jahr 2008 konnte jedoch ein deutlich gehäufteres Vorkommen von *F. culmorum* zu beobachtet werden. Bei 74 % der Proben gelang der Nachweis des Pilzes (Tab. 1).

Tabelle 1: *Fusarium*-Befall an Weizenerntegut der Jahre 2003 bis 2008

		2003	2004	2005	2006	2007	2008
<i>F. graminearum</i>	Anteil befallener Proben in %	53	72	70	73	77	71
	Maximalwerte Anteil befallener Körner in %	19	32	26	31	30	26
<i>F. culmorum</i>	Anteil befallener Proben in %	31	23	33	36	39	74
	Maximalwerte Anteil befallener Körner in %	2	3	11	10	20	28

Anhand der Abbildung 1 wird ferner deutlich, dass z. B. sich nicht nur der Anteil infizierter Proben verändern kann, sondern auch die Befallsstärke von Jahr zu Jahr variiert und dies z.T. auch bei gleichbleibender Befallshäufigkeit. So konnte z. B. 2004 und 2005 bei ca. 70 % der Proben *F. graminearum* nachgewiesen werden (Tab. 1). Bei gleichzeitiger Betrachtung der Befallshäufigkeiten zeigt sich eine Verschiebung hin zu höheren Befallsklassen. Solche Veränderungen konnten immer wieder beobachtet werden und sind deshalb hier nur exemplarisch für die Jahre 2003 bis 2005 dargestellt. Zur Vereinfachung wurden die Befallsstärken in Klassen eingeteilt (0 = ohne Befall; > 0 < 2 %; >2 % < 4 % befallene Körner; usw.) und der Anteil der Proben bestimmt, der in die entsprechende Klasse fällt.

Solche Schwankungen traten hingegen bei *F. culmorum* kaum in Erscheinung

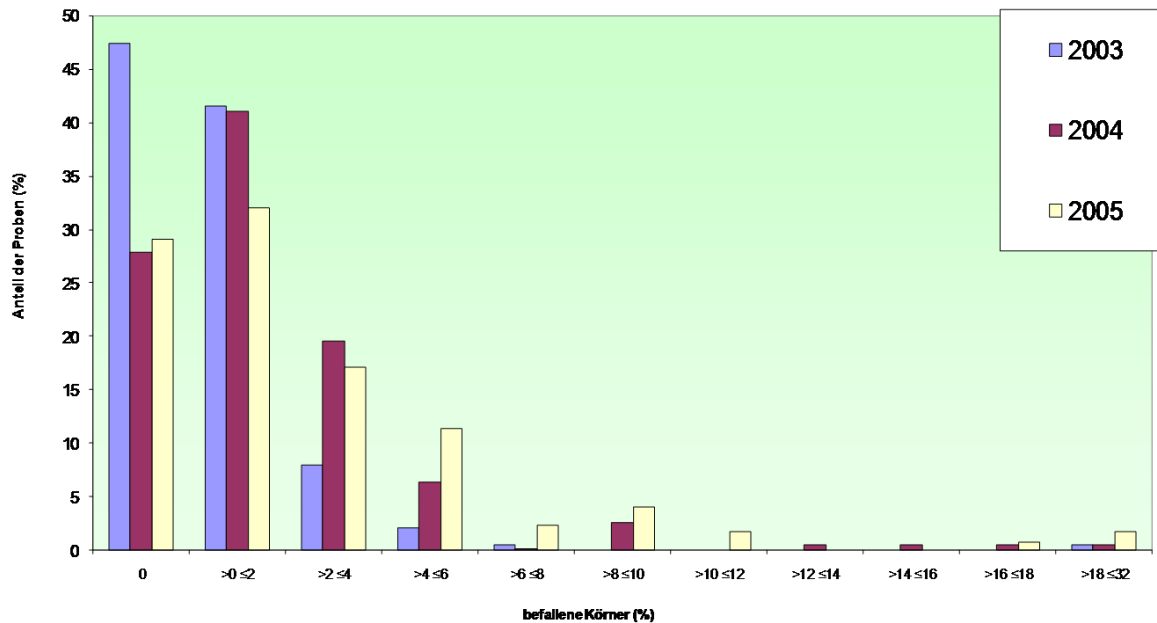


Abbildung 1: Befallsstärkeverteilung *F. graminearum* an Weizen 2003 bis 2005

Neben den beiden DON-produzierenden Arten traten noch eine Vielzahl weitere Vertreter aus der Gattung *Fusarium* auf. Hier sind vor allem *F. avenaceum*, *F. poae*, *F. tricinctum* und *F. sporotrichioides* zu nennen, wobei *F. poae* die mit Abstand am häufigsten vorkommende Art darstellt. In den meisten Jahren konnte dieser Pilz bei mehr als 90 % der Proben nachgewiesen werden.

Gerade im Jahr 2008 trat auch verstärkt *F. sporotrichioides* in Erscheinung. Diese Art ist von Interesse, weil sie als Produzent des T-2 bzw. HT-2 Toxins bekannt ist. Bei 79 % der Proben trat der Organismus mit einer maximalen Befallsstärke 19 % infizierter Körner auf. Im Jahr 2007 hingegen war der Pilz nur bei 55 % der Proben nachzuweisen. Ein vergleichbares Toxinspektrum zeigt *F. langsethiae*. Diese Art – vormals als atypischer *F. poae* bezeichnet – konnte bei ca. 40% der untersuchten Chargen in den letzten beiden Jahren beobachtet werden. Die höchste Befallsstärke lag bei 10 % bzw. 5 % befallener Körner.

5.1.2 DON-Untersuchungen

In den Jahren 2003 und 2004 wurden jeweils 190 Proben Winterweizen, ab 2005 jeweils 175 Proben auf ihren Gehalt an Deoxynivalenol (DON) untersucht. Die statistischen Kennzahlen der DON-Gehalte sind der Tabelle 2 zu entnehmen.

Tabelle 2: DON-Gehalte von Winterweizen (in µg DON/kg)

Erntejahr	Probenzahl	arithmet. Mittel	25% Perz.	Median	75% Perz.	Maximum
2003	190	290	40	100	260	3830
2004	190	345	25	96	288	6460
2005	175	137	13	45	132	2990
2006	173	220	20	70	220	7570
2007	175	229	24	72	223	3288
2008	175	186	35	80	197	3236

Die höchsten Gehalte an DON wurden in den ersten beiden Berichtsjahren registriert mit arithmetischen Mittelwerten von 290 und 345 sowie Medianwerten von 100 und 96 µg/kg. Die Maximalwerte bewegten sich zwischen knapp 3000 und 7600 µg/kg. Wie man der Differenz zwischen Median und Mittelwert sowie den Perzentilen entnehmen kann, lag in allen Jahren eine stark rechtsschiefe Verteilung der Einzelwerte vor, d.h. der Großteil der Werte lag im Bereich unter 200 µg/kg. Die Jahresdifferenzen werden wahrscheinlich weitgehend von den Witterungsbedingungen, insbesondere der Witterung zur Zeit der Blüte bestimmt, da die anderen Einflussfaktoren auf den DON-Gehalt wie Vorfrucht, Sorte und Pflanzenschutzmaßnahmen sich von Jahr zu Jahr nur wenig ändern. In den letzten drei Berichtsjahren blieben die Werte weitgehend stabil. Die regionale Verteilung der DON-Werte folgte meistens dem bereits aus früheren Jahren bekannten Muster, d.h. die südbayerischen Regierungsbezirke wiesen höhere Durchschnittswerte auf, während in den nordbayerischen Regierungsbezirken ein niedriges DON-Niveau vorherrschte mit Ausnahme einzelner Höchstwerte. Eine Ausnahme wurde im Erntejahr 2007 beobachtet, als Oberbayern überraschenderweise den niedrigsten DON-Level aller Regierungsbezirke hatte. Für die Praxis interessant ist die Zahl der Überschreitungen des seit der Ernte 2006 geltenden EU-Rohwarengrenzwerts von 1250 µg/kg DON. Eine Überschreitung dieses Grenzwerts hat für die Verarbeitungsmöglichkeit einer Partie gravierende Konsequenzen. Die Prozentzahlen der Überschreitungen ohne Berücksichtigung möglicher Analysespielräume sind in Tabelle 3 aufgeführt

Tabelle 3: Prozentuale Überschreitungen des EU-Rohwarengrenzwerts von Weizen

Erntejahr	2003	2004	2005	2006	2007	2008
% Überschreitungen	5,8	4,2	0,6	1,7	4,6	1,7

Die Prozentzahlen der Überschreitungen unterscheiden sich je nach Jahr fast um den Faktor 10, wobei aber kein enger Zusammenhang mit der statistischen Kennzahl besteht. So lagen 2007 4,6 % der Proben über dem EU-Grenzwert. Im Vorjahr und nächsten Jahr betrug die Quote bei fast gleichen statistischen Kennzahlen nur 1,7 %.

5.2 Roggen

5.2.1 Mykologische Untersuchungen

Beim Roggen lag in den letzten Jahren mit Ausnahme des Jahres 2007 der Anteil an mit *F. graminearum* infizierten Proben meist bei ca. 50 %. Die maximale Befallsstärke einzelner Proben belief sich auf bis zu 9 % befallener Körner (Tab. 4). Des weiteren zeigte sich, dass *F. culmorum* mit deutlichen Schwankungen auftrat. Während in 2003 bei 50 % der Proben der Erreger nachweisbar war, konnte er in den Jahren 2004 und 2005 lediglich bei 22 % beobachtet werden. Meist lag die maximale Befallsstärke unter 10 % befallener Körner. Im Jahr 2008 waren jedoch einige Chargen mit bis zu 17 % *F. culmorum*-infizierten Körner zu verzeichnen.

Tabelle 4: *Fusarium*-Befall an Roggenerntegut der Jahre 2003 bis 2008

		2003	2004	2005	2006	2007	2008
<i>F. graminearum</i>	Anteil befallener Proben in %	43	65	57	52	70	53
	Maximalwerte Anteil befallener Körner in %	2	9	4	7	6	7
<i>F. culmorum</i>	Anteil befallener Proben in %	50	31	22	22	43	38
	Maximalwerte Anteil befallener Körner in %	2	3	8	2	6	17

Anhand der Abbildung 2 wird ferner deutlich, dass ähnlich wie beim Weizen sowohl der Anteil infizierter Proben als auch die Befallsstärke von Jahr zu Jahr variieren kann; letzteres z.T. auch bei gleichbleibender Befallshäufigkeit. So konnte z. B. 2004 und 2005 bei ca. 60 % der Proben *F. graminearum* nachgewiesen werden (Tab. 2). Bei gleichzeitiger Betrachtung der Befallshäufigkeiten zeigen sich Veränderungen in der Befallsstärkeverteilung. Während in 2004 die Proben eine höhere Belastung mit *F. graminearum* zeigten, lag das Befallsniveau 2005 niedriger. Solche Veränderungen konnten immer wieder beobachtet werden - wenngleich sie nicht die Deutlichkeit wie beim Weizen erreichten - und sind deshalb hier nur exemplarisch für die Jahre 2003 bis 2005 dargestellt. Zur Vereinfachung wurden die Befallsstärken in Klassen eingeteilt (0 = ohne Befall; > 0 < 2 %; >2 % < 4 % befallene Körner; usw.) und der Anteil der Proben bestimmt, der in die entsprechende Klasse fällt.

Wie beim Weizen traten Schwankungen in der Befallsstärkeverteilung bei *F. culmorum* kaum auf. Lediglich im vergangenen Jahr zeigte sich eine Verschiebung hin zu höheren Befallsklassen.

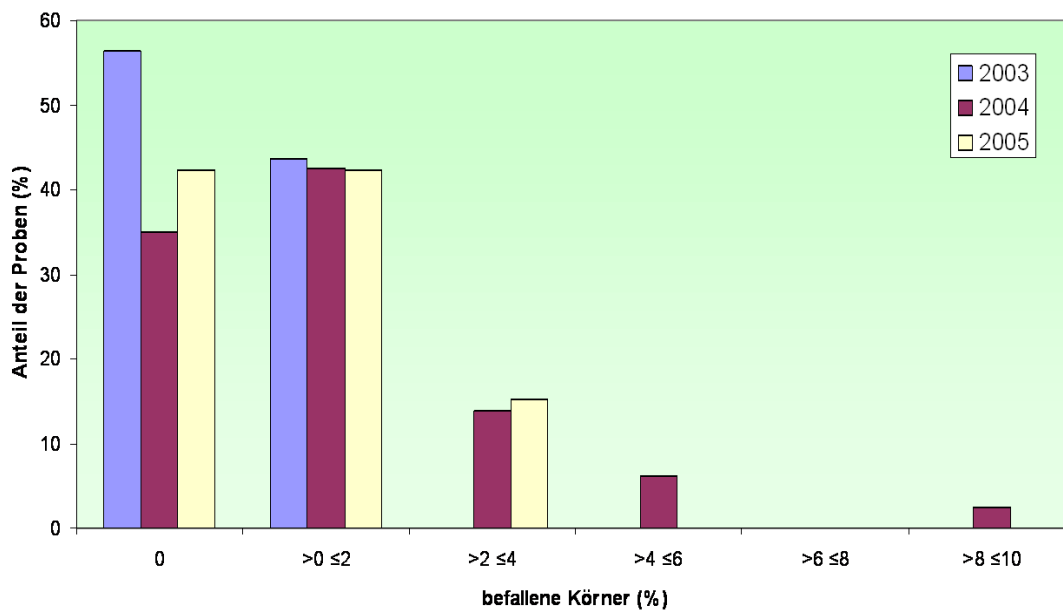


Abbildung 2: Befallsstärkeverteilung *F. graminearum* an Roggen 2003 bis 2005

Neben den beiden DON-produzierenden Arten traten wie beim Weizen noch eine Vielzahl weiterer Vertreter aus der Gattung *Fusarium* auf. Hier sind vor allem *F. avenaceum*, *F. poae*, *F. tricinctum* und *F. sporotrichioides* zu nennen, wobei *F. poae* die mit Abstand am häufigsten vorkommende Art darstellt. In den meisten Jahren konnte dieser Pilz bei 50 bis 60 % der Proben nachgewiesen werden.

Vergleichbar der Situation beim Weizen trat im Jahr 2008 auch verstärkt *F. sporotrichioides* in Erscheinung. Diese Art ist wie bereits oben erwähnt von Interesse, weil

sie als Produzent des T-2 bzw. HT-2 Toxins bekannt ist. Bei 73 % der Proben trat der Organismus mit Befallsstärken bis zu 24 % befallener Körner auf. Im Jahr 2007 waren lediglich 12 % der Chargen mit einem Maximalwert befallener Körner von 2% belastet. Ein vergleichbares Toxinspektrum zeigt *F. langsethiae*. Diese Art konnte bei einem guten Drittel der untersuchten Chargen beobachtet werden. Auch hier war ein Anstieg des Vorkommens gegenüber dem Vorjahr – hier gelang bei 10 % der Proben der Nachweis des Pilzes - zu verzeichnen. Dabei war der Erreger in beiden Jahren jedoch nur bei höchstens bei 1,5 % der Körner detektierbar.

5.2.2 DON-Untersuchungen

In den ersten beiden Berichtsjahren wurden jeweils 80 Proben untersucht, in den folgenden 59 bzw. 60 Proben. Die Ergebnisse der DON-Untersuchung sind in Tabelle 5 enthalten.

Tabelle 5: DON-Gehalte von Winterroggen (in µg DON/kg)

Erntejahr	Proben- zahl	arithmet. Mittel	25% Perz.	Median	75% Perz.	Maximum
2003	80	60	0	0	90	720
2004	80	70	0	0	55	1040
2005	59	25	0	17	34	138
2006	59	70	10	30	60	810
2007	60	43	14	22	41	833
2008	60	33	9	19	43	187

Die Werte sind in allen Kennzahlen wesentlich niedriger als die des Weizens. Keine einzige Probe überschritt den EU-Rohstoffgrenzwert. Auf eine weitergehende Auswertung bezüglich regionaler Verteilung, Vorrucht und Sorte wurde angesichts des niedrigen DON-Levels verzichtet. Insgesamt ist zu konstatieren, dass Roggen als Brotgetreide im Vergleich zu Weizen nicht wesentlich zur DON-Belastung des Verbrauchers beiträgt.

6 Diskussion

Die mehrjährigen Untersuchungen an Erntegut von Weizen und Roggen in Bayern zeigten meist nur einen geringen Befall mit *Fusarium*-Arten, wenngleich in manchen Jahren immer wieder einzelne Partien mit sehr hohen Befallsraten gehäuft auftraten. Gerade im Jahr 2003 war der Besatz mit DON-produzierenden Spezies deutlich

geringer als in den Folgejahren. Dies betrifft sowohl die Befallshäufigkeit als auch die Befallsstärke. Die Ursache hierfür war, dass die große Trockenheit eine Ausbreitung der Pilze behindert hat. In den späteren Jahren bestanden dann häufiger infektionsfördernde Bedingungen.

Ein gravierender Unterschied im *Fusarium*-Artenspektrum zwischen den beiden Hauptarten von Brotgetreide war nicht nachzuweisen. *F. graminearum* war an Weizen die in den meisten Jahren mit Abstand am häufigsten auftretende DON-bildende *Fusarium*-Art. Aufgrund der bei der Probennahme mit erhobenen Daten zur Kulturführung zeigte sich ein Einfluss der Vorfrucht, Bodenbearbeitung und Weizensorte auf das Befallsgeschehen. Ähnlich wie bereits in früheren Jahren beschrieben (Rintelen 2000a, Rintelen 2000b, Obst u. Fuchs 2000, Müller u. Bröther 2002), bestätigte sich z. B., dass Mais als Vorfrucht das Risiko einer Infektion von Weizen mit *F. graminearum* im Folgejahr deutlich erhöht. Die Partien mit den höchsten Befallsraten zwischen 18,5 % und 32,5 % wiesen Mais als Vorfrucht auf. Ebenso waren dies auch meist Partien mit den höchsten DON-Gehalten bis zu 6,1 mg/kg (Lepschy 2004) oder 7,5 mg/kg in 2008.

F. culmorum tritt sowohl in seiner Befallshäufigkeit als auch in der jeweiligen Befallsstärke meist hinter *F. graminearum* zurück. Dieses Phänomen ist nicht nur in Bayern zu beobachten, sondern auch für verschiedene süd-, mittel- und nordeuropäische Staaten (Xu et al. 2005) und Nordamerika (Sutton 1982; Gilbert et al. 1995) beschrieben. So wurde in Großbritannien eine verstärkte Zunahme des Auftretens von *F. graminearum* in den letzten Jahre beobachtet, während noch vor gut 10 Jahren *F. culmorum* wesentlich häufiger zu finden war (Parry et al. 1995). Zum einen wird dies auf einen zunehmenden Maisanbau zurückgeführt (Rintelen 2000 b, Obst et al. 2002, Logrieco et al. 2002). Zum anderen wird eine evolutionäre Anpassung von *F. graminearum* an kühlere Klimazonen vermutet (Xu et al. 2005). Begünstigt wird dies durch die Fähigkeit zur sexuellen Vermehrung, was gleichbedeutend einer höheren genetischen Variabilität ist, die eine Adaptation an veränderte Umweltbedingungen sehr erleichtert. Eine mögliche weitere Ursache könnte auch in der generellen Klimaerwärmung liegen, welche die Entwicklung und Ausbreitung von *F. graminearum* fördert.

Im Gegensatz zu früheren Untersuchungen zwischen 1987 und 1999 in Bayern (Obst und Fuchs 2000) konnte *F. poae* in den Jahren 2003 bis 2007 bei beiden Getreidearten als die am häufigsten vorkommende *Fusarium*-Art identifiziert werden (vgl. Tab. 1 und 2). Ähnliches berichten Xu et al. (2005) für einige mittel- und nordwesteuropäische Staaten wie Ungarn, Großbritannien und Irland. Die Gründe für diese Dominanz bleiben jedoch unklar, zumal gerade *F. poae* als eine der am wenigsten pathogenen bzw. aggressiven *Fusarium*-Art gilt (Brennan et al. 2003; Fer-

andez und Chen 2005). Einen Hinweis auf eine mögliche Ursache des verstärkten Vorkommens von *F. poae* beschreiben Müller und Bröther (2002). Proben mit einem hohen *F. poae*-Befall stammten ausschließlich von Schlägen mit Winterweizen oder Gerste als Vorfrucht. Bei den hier durchgeführten Untersuchungen konnte dies allerdings nicht bestätigt werden.

F. avenaceum wurde in einigen Untersuchungsjahren sowohl beim Roggen als auch beim Weizen z.T. in nicht unerheblichen Häufigkeiten, vergleichbar denen von *F. graminearum*, nachgewiesen. In einigen Partien konnte eine Befallsstärke bis zu 17,5 % festgestellt werden. Über ähnliche Beobachtungen in Brandenburg berichten Müller und Bröther (2002). Aber auch für andere mitteleuropäische Staaten ist dies beschrieben worden (Lukanowski und Sadowski 2002). Allgemein geht man jedoch davon aus, dass es sich bei *F. avenaceum* eher um ein schwaches Pathogen mit geringer Aggressivität handelt. Müller und Bröther (2002) sprechen in diesem Zusammenhang von einem Begleitparasiten.

Gerade in den Jahren 2004 und 2008 konnte auch ein vermehrtes Auftreten von *F. sporotrichioides* bei Weizen und Roggen beobachtet werden. Diese *Fusarium*-Art gilt wie die beiden vorgenannten Spezies als nur schwach pathogen. Zwar spielen beim Krankheitsgeschehen der partiellen Taubährigkeit weder *F. avenaceum*, *F. poae* noch *F. sporotrichioides* eine entscheidende Rolle, aber dennoch sind sie aufgrund ihrer Fähigkeit zur Mykotoxinproduktion (z.B. Fusarine, Moniliformin, T-2- bzw. HT-2 Toxin) nicht zu unterschätzende Pilze, die zu erheblichen Qualitätsverlusten bis hin zur Unbrauchbarkeit des Erntegutes führen können.

Hinsichtlich der Mykotoxinbelastung des Weizens gilt entsprechend dem Auftreten der DON-bildenden *Fusarium*-Arten, dass die Jahresdifferenzen wahrscheinlich weitgehend von den Witterungsbedingungen, insbesondere der Witterung zur Zeit der Blüte bestimmt werden, da die anderen Einflussfaktoren auf den DON-Gehalt wie Vorfrucht, Sorte und Pflanzenschutz sich von Jahr zu Jahr nur wenig ändern. Beim Roggen liegen die Werte wesentlich niedriger als beim Weizen, so dass dieses Brotgetreide nicht wesentlich zur DON-Belastung des Verbrauchers beiträgt.

7 Zusammenfassung und Ausblick

In den Jahren 2003 bis 2008 wurde in Bayern Erntegut von Weizen und Roggen hinsichtlich des auftretenden Artenspektrums der Gattung *Fusarium* und der Mykotoxinbelastung untersucht. Es zeigte sich, dass Roggen meist weniger stark mit *Fusarium* ssp. belastet war als Weizen. Dabei war sowohl bei Weizen als auch bei Roggen *F. graminearum* die am häufigsten vorkommende DON-produzierende Art. Es konnten Befallsstärken von bis zu 31 % infizierter Körner beobachtet werden. *F.*

culmorum trat demgegenüber deutlich in den Hintergrund. Lediglich im Jahr 2008 wurde diese Art deutlich häufiger nachgewiesen. Auffällig war ferner das starke Auftreten von *F. poae* bis hin zu 28,5 % befallener Körner in einzelnen Partien. Daneben konnten *F. avenaceum*, *F. tricinctum*, *F. sporotrichioides* in einem größerem Umfang nachgewiesen werden. In wesentlich geringerem Ausmaß wurden *F. equiseti*, *F. oxysporum* und *Microdochium nivale* beobachtet.

Die höchsten Gehalte an DON beim Weizen wurden in den ersten beiden Berichtsjahren registriert mit arithmetischen Mittelwerten von 290 und 345 sowie Medianwerten von 100 und 96 µg/kg. Die Maximalwerte bewegten sich zwischen knapp 3000 und 7600 µg/kg. Die Jahresdifferenzen sind sehr wahrscheinlich überwiegend auf Witterungseinflüsse zurückzuführen. Die regionale Verteilung der DON-Werte folgte meistens dem bereits aus früheren Jahren bekannten Muster, d.h. die südbayerischen Regierungsbezirke wiesen höhere Durchschnittswerte auf, während in den nordbayerischen Regierungsbezirken ein niedriges DON-Niveau vorherrscht mit Ausnahme einzelner Höchstwerte. Beim Roggen liegen die entsprechenden Kennzahlen wesentlich niedriger, so dass hinsichtlich der Mykotoxinbelastung keine große Gefahr zu sehen ist.

Eine Fortführung des Monitorings ist im Hinblick auf die Produktion sicherer Nahrungs- und Futtermittel sinnvoll und notwendig. Es wird auch in der Zukunft durch die LfL fortgeführt werden. Nur durch eine flächendeckende Analyse des „mykologischen Zustandes“ und Bestimmung der Mykotoxinbelastung (insbes. DON) des Erntegutes kann dies gewährleistet werden. Noch dringlicher werden diese Untersuchungen im Hinblick darauf, dass seit Juli 2007 neue Höchstmengen für weitere *Fusarium*-Toxine durch die EU festgelegt wurden, für die bisher keine Regelungen bestanden. Dabei handelt es sich insbes. um das T-2 und HT-2 Toxin, welche von *F. sporotrichioides* und *F. langsethiae* gebildet werden. Auch die letztgenannten Pilze finden sich auf Getreide und können somit eine Gefahr für die Qualität des Erntegutes darstellen. In diesem Zusammenhang mehren sich in der letzten Zeit Hinweise darauf, dass auch bei Gerste die erwähnten Toxine eine Rolle spielen. Deshalb erscheint es notwendig, auch Gerste mit in das Monitoringprogramm aufzunehmen. Darüber hinaus können durch ein solches Monitoring im Sinne eines Risikomanagements langfristig Informationen über etwaig auftretende Veränderungen im *Fusarium*-Artenspektrum und dem damit verbundenen Vorkommen anderer Mykotoxine gewonnen werden.