

Institut für Pflanzenkrankheiten der  
Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn

**Kornbefall durch *Fusarium*-Arten an Winterweizen in  
Nordrhein-Westfalen in den Jahren 2001 – 2003 unter  
besonderer Berücksichtigung  
Moniliformin-bildender Arten**

**Inaugural-Dissertation**

zur

Erlangung des Grades

Doktor der Agrarwissenschaften

(Dr. agr.)

der

Hohen Landwirtschaftlichen Fakultät

der

Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität

zu Bonn

vorgelegt am 05.09.2005

von Dipl. Biol. Gunter Henning Meyer

aus Mönchengladbach

Referent: Prof. Dr. H.-W. Dehne  
Koreferent: Prof. Dr. J. Leon  
Tag der mündlichen Prüfung: 21.12.2005  
Erscheinungsjahr: 2006

Diese Dissertation ist auf dem Hochschulschriften-Server der ULB Bonn  
[http://hss.ulb.uni-bonn.de/diss\\_online](http://hss.ulb.uni-bonn.de/diss_online) elektronisch publiziert.

## Abkürzungen

°C	Grad Celsius
a.i.	Wirkstoff (active ingredient)
BSA	Bundessortenamt
Aqua demin.	demineralisiertes Wasser
DON	Deoxynivalenol
F	Fahnenblatt
EC	Entwicklungsstadium der Pflanze
g	Gramm
h	Stunden
ha	Hektar
KA	Kartoffel
kg	Kilogramm
l	Liter
min	Minuten
MON	Moniliformin
MW	Mittelwert
n	Anzahl Wiederholungen
N	Stickstoff
Nds.	Niederschlag
n.s.	nicht signifikant
NIV	Nivalenol
PDA	Potato-Dextrose-Agar
r	Korrelationskoeffizient nach Pearson
SNA	synthetisch nährstoffarmer Agar
TBAH	Tetra-Butyl-Ammonium-Hydroxid
Temp.	Temperatur
U	Umdrehungen
WG	Wintergerste
WR	Winterraps
WW	Winterweizen
ZR	Zuckerrübe
ZON	Zearalenon

## ABSTRACT

Gunter Meyer

### Kornbefall durch *Fusarium*-Arten an Winterweizen in Nordrhein-Westfalen in den Jahren 2001 – 2003 unter besonderer Berücksichtigung Moniliformin-bildender Arten

Zwischen 2001 und 2003 kam es in Abhängigkeit von Jahr, Witterung, Standort und Weizensorte an den Standorten der Landessortenversuche zu einem teils extremen Auftreten von Ährenfusariosen. Regional höhere Niederschläge in Westfalen führten in allen drei Untersuchungsjahren zu einem höheren Kornbefall als im Rheinland. Im Jahr 2002 lag das Befallniveau im Rheinland höher als im Jahr 2001, während in Westfalen ein geringerer Befall auftrat. Im Jahr 2003 kam es trotz des trockenen Sommers, mit Ausnahme von Kerpen-Buir, an den Standorten zum höchsten Kornbefall aller Untersuchungsjahre. Im Durchschnitt aller Jahre trat in Nordrhein-Westfalen *Fusarium avenaceum* am häufigsten auf, gefolgt von *F. graminearum*, *F. poae*, *F. culmorum* und *F. tricinctum*. Die Moniliformin-bildenden Arten *F. avenaceum* und *F. tricinctum* kamen zusammen ebenso häufig vor, wie die DON-bildenden Arten *F. graminearum* und *F. culmorum*.

Die Befallshäufigkeit der Körner wurde durch Sorteneigenschaften, Anbauintensität und Witterung bestimmt. Sorten mit besserer Resistenzeinstufung und zunehmender Pflanzenlänge wiesen einer geringere Befallshäufigkeit der Körner mit *Fusarium* spp. auf, obwohl einzelne Sorten, wie Winnetou, deutlich von ihrer Einstufung abwichen. Durch den Einsatz von Wachstumsreglern und Fungiziden in der intensiveren Anbauvariante wurden diese Sorteneigenschaften derart beeinflusst, dass eine erhöhte Befallshäufigkeit in dieser Variante insbesondere bei den langstrohigen bzw. resistenten Sorten zu beobachten war. Kurzstrohige Sorten wie Biscay oder Maverick wiesen in beiden Varianten einen gleich hohen, überdurchschnittlichen Befall auf. Die Zusammensetzung des Artenspektrums beruhte auf Standort und Vorfrucht. Zwar förderte die Vorfrucht Mais den Anteil von *F. graminearum* am Befall, trotzdem trat diese Art an keinem Standort dominant auf.

Der hohe Anteil von *F. avenaceum* und *F. tricinctum* am Befall war jedoch nicht mit einer hohen Belastung der Kornproben mit Moniliformin korreliert, obwohl fast alle geprüften Isolate von *F. avenaceum* und *F. tricinctum* in der Lage waren, Moniliformin *in vitro* zu produzieren. Die höchste Belastung wurde mit 225 ppb in einer Probe aus dem Jahr 2003 nachgewiesen, während die meisten Proben Gehalte von unter 100 ppb aufwiesen. Bei subletalen Dosen von Azoxystrobin reagierten Isolate von *F. avenaceum* und *F. tricinctum* *in vitro* mit geringer Wachstumshemmung, aber einem erhöhten Moniliformingehalt, während Tebuconazol das Wachstum stark hemmte ohne die Moniliforminproduktion zu beeinflussen.

## ABSTRACT

Gunter Meyer

### Grain infection by *Fusarium* species of winter wheat in Northrhine-Westphalia in the years 2001 – 2003 under special observance of moniliformin producing species

Depending on year, weather, location and wheat cultivar, some partially high incidences of *Fusarium* head blight have been observed in Northrhine-Westphalia between 2001 and 2003. In all three years higher precipitation in Westphalia caused higher levels of grain infection than in the Rhineland. In the Rhineland the level of infection in 2002 was higher than in 2001, while in Westphalia it was lower than the year before. Despite the hot summer, at all locations, except Kerpen-Buir, the highest levels of infection occurred in 2003. In average *Fusarium avenaceum* was the most frequent species in Northrhine-Westphalia, followed by *F. graminearum*, *F. poae*, *F. culmorum* and *F. tricinctum*. The moniliformin producing species *F. avenaceum* and *F. tricinctum* were as frequent as the DON-producing species *F. graminearum* and *F. culmorum*.

Beside the weather conditions, the level of grain infection was determined by cultivar properties and cultivation method. Cultivars with higher FHB resistance classification and increasing plant length showed lower levels of grain infection, even though single cultivars, as Winnetou, showed deviation from their classification. Growth regulators and fungicides applied in the intensive cultivation method, resulted higher levels of infections in those cultivars with higher resistance or long straw. The *Fusarium* spectrum was based upon the location and the pre-crop. Even though maize promoted the proportion of *F. graminearum*, at no location this species was predominant.

The high proportion of *F. avenaceum* and *F. tricinctum* was not correlated with a high contamination of wheat samples with moniliformin, even though almost every tested isolate of *F. avenaceum* and *F. tricinctum* produced moniliformin *in vitro*. The highest contamination of a wheat sample with 225 ppb was found in 2003, while moniliformin levels of nearly all other samples were below 100 ppb. With low concentrations of Azoxystrobin in the medium, both isolates of *F. avenaceum* and *F. tricinctum* showed *in vitro* only weak inhibition of growth rate, but increased levels of moniliformin. Tebuconazol inhibited the growth of the mycelium strongly without influencing the concentration of moniliformin in the mycelium.

<b>1 EINLEITUNG .....</b>	<b>1</b>
<b>2 MATERIAL UND METHODEN.....</b>	<b>10</b>
<b>2.1 Organismen.....</b>	<b>10</b>
2.1.1 Mikroorganismen.....	10
2.1.2 Pflanzen.....	11
<b>2.2 Isolierung und Kultivierung der <i>Fusarium</i>-Arten.....</b>	<b>12</b>
2.2.1 Kulturmedien.....	12
<b>2.3 Befallsbestimmung.....</b>	<b>14</b>
2.3.1 Erfassung der Befallshäufigkeit der Körner.....	14
2.3.2 Identifizierung der <i>Fusarium</i> -Arten.....	14
<b>2.4 Nachweis von Mykotoxinen.....</b>	<b>14</b>
2.4.1 Probennahme.....	15
2.4.2 Probenaufarbeitung.....	15
2.4.3 Hochleistungsflüssigkeits-Chromatographie (HPLC).....	15
<b>2.5 Sortenversuche.....</b>	<b>16</b>
2.5.1 Standorte.....	16
2.5.2 Anbauintensität.....	20
<b>2.6 <i>in vitro</i> Tests.....</b>	<b>20</b>
2.6.1 Mykotoxinproduktion.....	20
2.6.2 Fungizidtest.....	20
2.6.3 Probenaufbereitung.....	21
<b>2.7 Statistische Auswertung.....</b>	<b>22</b>
<b>3 ERGEBNISSE .....</b>	<b>23</b>
<b>3.1 Witterung zur Blüte .....</b>	<b>23</b>
3.1.1 Versuchsjahr 2001 .....	23
3.1.2 Versuchsjahr 2002 .....	24
3.1.3 Versuchsjahr 2003 .....	24
<b>3.2 Auftreten von <i>Fusarium</i>-Arten an Winterweizen in NRW.....</b>	<b>26</b>
3.2.1 Versuchsjahr 2001 .....	28
3.2.2 Versuchsjahr 2002 .....	30
3.2.3 Versuchsjahr 2003 .....	32
3.2.4 Einfluss von Standort, Vorfrucht und Jahr .....	35
3.2.5 Korrelation des Auftretens verschiedener <i>Fusarium</i> -Arten.....	41
<b>3.3 Einfluss der Sortenresistenz auf den Befall.....</b>	<b>44</b>
3.3.1 Einfluss auf die Befallshäufigkeit.....	44
3.3.2 Einfluss auf die Artenzusammensetzung .....	46

<b>3.4 Einfluss weiterer Sorteneigenschaften.....</b>	<b>49</b>
3.4.1 Einfluss der Pflanzenlänge .....	49
3.4.2 Einfluss weiterer Pflanzeigenschaften.....	57
<b>3.5 Einfluss der Anbauintensität .....</b>	<b>57</b>
3.5.1 Einfluss auf die Befallshäufigkeit.....	58
3.5.2 Einfluss auf die Artenzusammensetzung.....	59
3.5.3 Einfluss auf die Pflanzenlänge.....	65
3.5.3 Einfluss auf Sorten mit unterschiedlicher Resistenzeinstufungen.....	67
<b>3.6 Moniliformin.....</b>	<b>72</b>
3.6.1 Bildung <i>in vitro</i> .....	72
3.6.1.1 <i>Fusarium</i> -Arten .....	72
3.6.1.2 <i>F. avenaceum</i> .....	73
3.6.1.2 <i>F. tricinctum</i> .....	74
3.6.2 Moniliformingehalt von Getreideproben.....	75
3.6.3 Wirkung von Fungiziden.....	77
3.6.3.1 Wirkung auf <i>Fusarium</i> spp.....	78
3.6.3.2 Wirkung auf Moniliforminbildung.....	80
3.6.3.3 Wirkung auf die gebildete Moniliforminmenge.....	84
<b>4 DISKUSSION .....</b>	<b>88</b>
<b>5 ZUSAMMENFASSUNG .....</b>	<b>112</b>
<b>6 LITERATURVERZEICHNIS .....</b>	<b>115</b>
<b>7 ANHANG.....</b>	<b>131</b>

## 1. Einleitung

Seit der Entdeckung des Zusammenhanges zwischen dem Ährenbefall des Getreides mit *Fusarium* spp. und Mykotoxinen in Lebens- und Futtermitteln hat die Untersuchung der Verbreitung dieser Pilze in den letzten Jahren eine zunehmende Bedeutung erlangt. Die von ihnen produzierten Mykotoxine sind, im Gegensatz zu den in pflanzlichen Rohstoffen und verarbeiteten Lebensmitteln vorkommenden Aflatoxinen und Ochratoxinen der Gattungen *Aspergillus* und *Penicillium*, den meisten Verbrauchern unbekannt, obwohl Getreide in Deutschland auf einer Anbaufläche von rund 6 Millionen ha angebaut wird (ANONYM 2005).

Der Ährenbefall mit *Fusarium* spp. gilt als eine der wichtigsten weltweit auftretenden Krankheiten des Getreides und löst in allen großen Getreideanbau-Regionen wie den USA, Kanada, Europa und China immer wieder große Epidemien aus (FENG *et al.* 2002, STACK 2003, PARRY *et al.* 1995). Insbesondere in feuchten und semi-feuchten Gebieten können so durch den Ausfall von Kornanlagen, Kümmerkornbildung und reduziertes Tausendkorngewicht hohe Ertragsverluste von bis zu 70 % auftreten, zumal schon geringer *Fusarium*-Befall der Ähre von 1 % eine Ertragsminderung um 6,6 % verursachen kann (MAULER-MACHNIK 1994, SNIJDERS 1990). Hauptsächlich treten Ährenfusariosen an Winterweizen, Sommergerste, Durum-Weizen und Triticale auf, während Roggen oder Hafer seltener betroffen sind (TANAKA *et al.* 1988). Die Symptome der Ährenfusariosen werden durch einen Komplex mehrerer *Fusarium*-Arten verursacht, zu dem neben *Fusarium graminearum* (Schwabe), *F. culmorum* (Smith) Sacc., *F. avenaceum* (Corda ex Fr.) und *F. poae* (Peck) Wollenweber (incl. *F. langsethiae*), auch *F. tricinctum*, *F. cerealis*, *F. sporotrichoides* und *F. equiseti* gezählt werden müssen (ADLER *et al.* 1990, BOTTALICO & PERRONE 2002, PARRY *et al.* 1995, LIENEMANN 2002). Zusätzlich verursacht auch *Microdochium nivale* (Fr.) Samuels & Hallett ähnliche Symptome, wobei diese Art im Gegensatz zu den *Fusarium*-Arten aber keine Mykotoxine bildet.

Die Infektion der Weizenähre kann vom Ährenschieben bis zur Teigreife erfolgen, wobei das anfälligste Stadium die Weizenblüte ist (BAI & SHANER 1996, LACEY *et al.* 1999, MCMULLEN *et al.* 1997). In 48-76 Stunden nach der Inokulation dringen die Hyphen in die Spelzen ein und wachsen inter- und intrazellulär in Deckspelzen, den Kornanlagen und der Spindel (KANG & BUCHENAUER 1999, PRITSCH *et al.* 2000). Als erste sichtbare Symptome treten das Ausbleichen einzelner Ährchen oder ganzer Ährenstufen auf, was als „partielle Taubährigkeit“ beschrieben wird (SNIJDERS & KRECHTING 1992). Es entstehen Kümmerkörner oder die Kornbildung unterbleibt ganz, obwohl ausgebleichene Ährchen nicht infiziert sein müssen. Während für die Mehrzahl der *Fusarium*-Arten nur die Nebenfruchtform als pathogen an Winterweizen beschrieben wird, kann *F. graminearum* homothallische Perithezien der Hauptfruchtform *Gibberella zeae* bilden. Unter günstigen



Witterungsbedingungen nach Niederschlägen werden dann die Ascosporen aus den Asci freigesetzt und können vom Wind verfrachtet die Ähren direkt infizieren oder sogar über den Bestand hinaus verbreitet werden (MAULER-MACHNIK & SUTY 1997, OBST & BECHTEL 2000, PARRY *et al.* 1995, PRITSCH *et al.* 2000). Im Gegensatz dazu erfolgt die Infektion bei anderen Arten über vegetativ gebildete Konidiosporen, die durch Spritzwasser auf sukzessiv höhere Blättertagen und angrenzende Pflanzen verfrachtet werden (ADOLF 1998, JENKINSON & PARRY 1994). Trotz der unterschiedlichen Größe werden sowohl die Makrokonidien von *F. culmorum* als auch die Mikrokonidien von *F. poae* durch das Spritzwasser auf ähnliche Weise im Bestand verteilt (HÖRBERG 2002). Später folgt dann die Bildung von orange- bis rosafarbenen Sporenbelägen auf den Deckspelzen und schließlich kommt es häufig zu verstärktem Auftreten von sekundären Schwärzepilzen.

Tab.1: An Getreidekörnern nachgewiesene Erreger der partiellen Taubährigkeit (BACKHOUSE *et al.* 2001, BOTTALICO & PERRONE 2002, PARRY *et al.* 1995, THRANE 2000, u.a.).

Anamorph	Teleomorph
<i>Fusarium avenaceum</i> (Corda ex Fr.) Sacc.	<i>Gibberella avenacea</i> R. J. Cook
<i>Fusarium cerealis</i> (Cooke) Sacc.	unbekannt
<i>Fusarium culmorum</i> (W.G. Smith)	unbekannt
<i>Fusarium equiseti</i> (Corda) Sacc.	<i>Gibberella intricans</i> Wollenw.
<i>Fusarium graminearum</i> Schwabe	<i>Gibberella zeae</i> (Schw.) Petch
<i>Fusarium oxysporum</i> Schlecht. ex Fr.	unbekannt
<i>Fusarium poae</i> (Peck) Wollenw.	unbekannt
<i>Fusarium sporotrichioides</i> Sherb.	unbekannt
<i>Fusarium tricinctum</i> (Corda) Sacc.	<i>Gibberella tricincta</i> El-Guoll, McRit, Schoult. & Rid.
<i>Microdochium nivale</i> (Fr.) Samuels & Hallett	<i>Monographella nivalis</i> (Schaffn.) E. Müller

Das Auftreten dieser Vielzahl von verschiedenen *Fusarium*-Arten wird durch die Wirtspflanzen und die klimatischen Begebenheiten der Region bestimmt (DOOHAN *et al.* 2003). Zusätzlich scheint nach der Beobachtung von BRENNAN *et al.* (2003) die Herkunft der Isolate aus den einzelnen Ländern ihre Aggressivität beeinflusst. So waren von allen Isolaten von *F. avenaceum* die irischen die aggressivsten, während von den Isolaten von *F. culmorum* die italienischen deutlich aggressiver waren als die ungarischen. Die Häufigkeit des regionalen Auftretens der einzelnen Arten variiert aber erheblich zwischen den einzelnen Jahren aufgrund der jahresklimatischen Einflüsse (MÜLLER *et al.* 1997, LANGSETH *et al.* 1995, MAGAN *et al.* 2002).

Für *F. avenaceum*, *F. culmorum* und *F. tricinctum* ist das Vorkommen vor allem in den kühl-maritimen Gebieten Europas mit Temperaturen im Jahresmittel von 5 – 15°C als dominierende Arten beschrieben, während für *F. graminearum* eine durchschnittliche Temperatur von 16°C genannt wird (DOOHAN *et al.* 2003, LACEY *et al.* 1999, OBST & BECHTEL 2000, XU 2003).

In Europa gibt es keine Trennungslinie zwischen den Verbreitungsgebieten der einzelnen *Fusarium*-Arten. Für Irland gaben XU *et al.* (2005) *F. avenaceum* und *F. culmorum* als vorherrschende Arten an, wobei aber auch *F. graminearum* und *F. poae* regelmäßig auftraten. Im Gegensatz zu PARRY (1990), der *F. avenaceum* und *F. culmorum* als häufigste Arten beschrieb, beobachteten sie für Großbritannien ein dominantes Auftreten von *F. poae*, sowie das regelmäßige Auftreten von *F. graminearum*. In Skandinavien treten neben *F. avenaceum* und *F. culmorum* zusätzlich *F. poae* und *F. tricinctum* häufig an den Körnern auf, doch auch hier kommt gelegentlich *F. graminearum* vor (ESKOLA *et al.* 2001, LANGSETH *et al.* 1999, THRANE 2000, YLI-MATTILA *et al.* 2004). In den Niederlanden berichteten WAALWIJK *et al.* (2003) über ein dominantes Auftreten von *F. graminearum* in den Jahren 2000 und 2001 anstelle von *F. culmorum* in den 80er und 90er Jahren des 20. Jahrhunderts. Für Polen liegen mehrere Untersuchungen vor, in denen z.T. sehr unterschiedliche regionale Häufigkeiten der verschiedenen Arten beobachtet wurden. Dabei fanden sich auf Körnern, verrotteten Pflanzenstängeln und Wurzeln von Getreidepflanzen vor allem *F. culmorum*, *F. avenaceum* und *M. nivale* (MANKA *et al.* 1985). In Südost-Polen dagegen trat *F. graminearum* als häufigste Art, gefolgt von *F. poae*, *F. avenaceum* und *F. culmorum* (GRABARKIEWICZ-SZCZESNA *et al.* 2001), während GOLINSKY *et al.* (1999) für einige Regionen Polens zeigten, dass *F. avenaceum* die wichtigste *Fusarium*-Art ist. Auch für Österreich berichteten ADLER *et al.* (1990) über ein gemeinsames Vorkommen verschiedener Arten an Weizen mit hohen Anteilen von *F. poae*, *F. avenaceum* und *F. graminearum*. SHAH *et al.* (2005) wiesen in Italien, bei einem von Nord nach Süd abnehmenden Befall, *F. graminearum* als häufigste Art nach, gefolgt von *F. avenaceum* und *F. poae*. Trotzdem besitzt im südlichen Europa *F. avenaceum* zudem eine große Bedeutung als Pathogen und als potentieller Moniliforminbildner an Durum-Weizen (NIRENBERG *et al.* 1994, BOTTALICO 1998). Obwohl für Deutschland MIELKE & MEYER (1990) auf eine starke Zunahme von *F. culmorum* ab Mitte der achtziger Jahre hinwiesen, konnte ELLNER (2000) für das Jahr 1999 nur einen Anteil von 6% *F. culmorum* am Gesamtaufreten nachweisen. Zu gleicher Zeit zeigten OBST & FUCHS (2000), dass für Nord-, Mittel- und Süddeutschland *F. graminearum* der häufigste Erreger von Ährenfusariosen war, während SCHÜTZE (1999) und LIENEMANN (2002) im Rheinland *F. avenaceum* und *F. poae* häufig fanden.

Da im Gegensatz zu anderen Blatt- und Ährenkrankheiten eine *Fusarium*-Infektion mit dem Auftreten der ersten Symptome nicht mehr bekämpfbar ist, muss der Landwirt zur Vermeidung von Ährenfusariosen alle pflanzenbaulichen Maßnahmen ausnutzen, die ihm zur Verfügung stehen. Hierzu gehören Fruchtfolge, Bodenbearbeitung, insbesondere bei Vorfrucht Mais oder engen Getreidefolgen sowie der Einsatz von *Fusarium*-wirksamen Fungiziden und die Sortenwahl. Eine weit gestellte Fruchtfolge wäre aus Gründen der Pflanzengesundheit wünschenswert, ist aber unter marktwirtschaftlichen Gesichtspunkten für den Landwirt finanziell kaum durchzuhalten. So werden heute z.B. im Rheinland häufig intensive Fruchtfolgen mit Winterweizen – Wintergerste – Kartoffeln / Zuckerrüben angebaut. Dies begünstigt neben dem Auftreten von bodenbürtigen Schaderregern (Schwarzbeinigkeit) auch das Vorkommen von Fusarien. Bei Mais in der Fruchtfolge kommt es zudem zu einer Förderung der am Mais vorkommenden Art *F. graminearum* im Weizen. Auf den Maisstoppeln und Pflanzenresten, die besonders bei Körnermais auf dem Feld verbleiben, finden diese Arten gute Überdauerungsmöglichkeiten. So kann pfluglose Bodenbearbeitung nach Mais laut OBST *et al.* (2000) im Winterweizen ein stärkeres Auftreten von *F. graminearum* und ein vier- bis fünffaches DON-Risiko bewirken. Der Einsatz des Pfluges wirkt sich sehr unterschiedlich auf die verschiedenen *Fusarium*-Arten aus. NIELSEN & JØRGENSEN (2001) konnten zeigen, dass der Anteil von *F. graminearum* befallenen Körnern durch Grubbern verringert und durch Pflügen deutlich reduziert werden konnte. Dagegen wurden *F. avenaceum* und *M. nivale* in beiden Varianten nicht signifikant beeinflusst. Aber auch Ungräser und Unkräuter sind eine mögliche Inokulumquelle. So zeigten MEIER *et al.* (2001) für die Unkrautflora, dass die Samen des Klettenlabkrauts (*Galium aparine*) stärker mit *Fusarium* spp. befallen waren als das Getreide.

Der Ährenbefall mit *Fusarium* spp. kann durch die Wahl der richtigen Sorte vermindert werden (RODEMANN 2004). Bis heute werden aufgrund höherer Ertragsfähigkeit oder geringerer Lagerneigung einige *Fusarium*-anfällige Weizensorten auf rund einem Drittel der Anbaufläche angebaut, wie z.B. die Sorten Ritmo oder Drifter (MIEDANER & SCHNEIDER 2002). In den letzten Jahren wurde aber der *Fusarium*-Resistenz im Winterweizen von den Züchtern eine immer größere Bedeutung zugemessen, so dass vermehrt weniger anfällige Sorten auf den Markt gebracht werden (RODEMANN 2004). Weltweit sind zahlreiche Weizensorten als Quellen der *Fusarium*-Resistenz beschrieben worden, aber bis heute gibt weltweit keine vollkommen resistente Sorte (SNIJDERS 1994, MIEDANER *et al.* 1999, LANGEVIN *et al.* 2004).

Der Einsatz von Fungiziden stellt die einzige direkte Bekämpfungsmöglichkeit der Ährenfusariosen dar. Zurzeit sind nur die hochwirksamen Wirkstoffe Metconazol und Tebuconazol und somit nur wenige Präparate gegen Ährenfusariosen zugelassen. Zudem werden immer wieder große Schwankungen in der Wirksamkeit und Selektivität gegenüber einzelnen *Fusarium*-Arten beobachtet (DARDIS & WALSH 2002, SIMPSON *et al.* 2003, JONES 2000, OBST 1997, PIRGOZLIEV *et al.* 2002). Für eine ausreichende Wirksamkeit ist neben dem Wirkstoff besonders der genaue Applikationszeitpunkt im Verhältnis zur Infektion von größter Bedeutung. Das Zeitfenster zur effektiven Bekämpfung liegt je nach Wirkstoff bei 2-3 Tagen vor bzw. nach einer Infektion. So ist unter ungünstigen Witterungsbedingungen, die keine Bekämpfung zulassen oder erschweren, der Applikationszeitpunkt für eine optimale Wirksamkeit nur schwer zu treffen, zumal nach 48-76 Stunden nach Inokulation bereits Hyphen in die Spelzen eingedrungen sein können (PRITSCH *et al.* 2000). Für die lange Phase potentieller Ähreninfektion von Ährenschieben bis Teigreife bietet kein Wirkstoff einen ausreichenden protektiven Schutz und eine Bekämpfung von möglichen Infektionen nach jedem Niederschlag ist zu aufwendig und kostspielig. Zudem wird der Einfluss von Fungiziden auf die Mykotoxinbildung äußerst kontrovers diskutiert. Einerseits wurde in einigen Versuchen durch die Reduzierung der Pilzpopulation ebenfalls die gebildete Toxinmenge reduziert (MENNITI *et al.* 2004, OBST *et al.* 1992, MIELKE & WEINERT 1996). Andererseits konnte aber auch eine verstärkte Mykotoxinbildung nach einem Einsatz von Strobilurinen beobachtet werden (SIMPSON *et al.* 2003, GAREIS & CEYNOWA 1994, ELLNER 1997).

Gleichzeitig mit der Ausbreitung des Pilzes in der Ähre werden auch Mykotoxine gebildet, die entsprechend ihrer Wasserlöslichkeit in der Pflanze verlagert werden können (SNIJDERS & KRECHTING 1992). Auch in Spelzen, Spindeln und Halmen können diese Toxine gebildet werden und dort in höheren Konzentrationen vorkommen (MILLER *et al.* 1985). Zu den Mykotoxinen, die von den verschiedenen *Fusarium*-Arten gebildet werden, gehören Trichothecene, Zearalenon und seine Derivate, Moniliformin, Fumonisine sowie Fusarin C und Zyklische Peptide, wobei die Trichothecene noch in A- und B-Trichothecene unterteilt werden. Bei den A-Trichothecenen zählen als wichtigste Vertreter T2-Toxin, HT2-Toxin und Dicacetoxyscirpenol, zu den B-Trichothecenen Deoxynivalenol, Nivalenol, 3- bzw. 15-Acetyldeoxynivalenol, und Fusarenon X (DESJARDINS & PROCTOR 2001, THRANE 2001, HERMANN *et al.* 1998). Zu den Zearalenonen gehören das Zearalenon und die sich davon ableitenden Zearalenole und die Gruppe der Fumonisine umfasst die Fumonisine B1, B2 und B3. Von diesen Mykotoxinen treten am häufigsten die Trichothecene sowie Zearalenon im Winterweizen auf (MÜLLER *et al.* 1998, PERKOWSKI & BASINSKI 2002, BOTTALICO & PERRONE 2002).

*F. culmorum* und *F. graminearum* bilden die B-Trichothecene Deoxynivalenol, Nivalenol und ihre acetylierten Formen, Zearalenon (ZEA) und Fusarin C werden (MARASAS *et al.* 1984, MILLER *et al.* 1991). Für *F. poae* ist die Produktion von Fusarin C, NIV und HT-2 Toxin beschrieben, während *F. avenaceum* u.a. Moniliformin, Fusarin C und Antibiotikum Y produziert (CHELKOWSKI *et al.* 1990, DESJARDINS & PROCTOR 2001, MORRISON *et al.* 2002, THRANE 1988). *F. tricinctum* bildet Fusarin C, NIV und auch Moniliformin (LEE & MIROCHA 1984, SCHÜTT 2001, THRANE 1988). Die Funktion der *Fusarium*-Mykotoxine ist für die meisten Verbindungen noch nicht geklärt, auch wenn DON als Virulenzfaktor beschrieben wird. Stämme von *F. graminearum* ohne die Fähigkeit zur Bildung von Trichothecenen verfügten über eine verringerte Aggressivität und verursachten keine Ährensymptome an Sommerweizen (LANGEVIN *et al.* 2004, MESTERHAZY 2002, BAI *et al.* 2001).

Tab.2: Übersicht der durch *Fusarium*-Arten gebildeten Mykotoxine.

<i>Fusarium</i> -Art	Trichothecene	Zearalenone	Fumonisine	Moniliformin
<i>F. avenaceum</i>	-		-	+
<i>F. culmorum</i>	+	+		
<i>F. cerealis</i>	+	+		
<i>F. equiseti</i>	+	+		+
<i>F. graminearum</i>	+	+	-	
<i>F. poae</i>	+			-
<i>F. sporotrichioides</i>	+		+	
<i>F. tricinctum</i>	-			+

- keine Produktion nachgewiesen; + = Produktion nachgewiesen (verändert nach ADLER *et al.* 1990, DESJARDINS & PROCTOR 2001, SCHÜTT 2001)

Weltweit werden einige bei Menschen und Tieren aufgetretene und auftretende Erkrankungen mit Mykotoxinen in Verbindung gebracht. Deoxynivalenol (DON), das am häufigsten in Weizenproben gefundene *Fusarium*-Mykotoxin, wurde unabhängig voneinander 1972 in Japan als Rd-Toxin und in den USA 1973 als Vomitoxin beschrieben. Akute Wirkungen ließen sich bei Schweinen schon ab 0,3 mg DON pro kg Futter eine reduzierte Futtermittelaufnahme und Gewichtszunahme (LACEY *et al.* 1999) beobachten, während Geflügel und Wiederkäuer wesentlich höhere Konzentrationen zu tolerieren scheinen (LEW 1997). Für Menschen besteht bei längerem Konsum von belasteten Nahrungsmitteln die Gefahr von Nierenschäden oder gar Nierenversagen (RODEMANN 1999), aber wie auch anderen Trichothecenen wird DON, seinen acetylierten Derivaten und Nivalenol (NIV) eine immunsuppressive Wirkung zugeschrieben (PESTKA & BONDY 1994).

Das Mykotoxin Zearalenon (ZON) verfügt über östrogene Eigenschaften, was sowohl bei Schweinen als auch bei Kühen zu Fruchtbarkeitsstörungen führen kann (ROTH *et al.* 1990). Fumonisine, welche z.B. von *F. verticillioides* in Mais produziert werden, gelten als Auslöser der Leukoenzephalopathie bei Pferden und des pulmonalen Ödems bei Schweinen (MATTHIASCHK *et al.* 1999). Bis heute wird für die Keshin-Beck-Krankheit, einer endemisch in mehreren Regionen Chinas auftretenden Knochen- und Gelenkkrankheit bei Kindern, über Mykotoxine als Auslöser diskutiert. Während MARASAS *et al.* (1984) *F. poae* und das von ihm produzierte HT2-Toxin für verantwortlich halten, stellen einige Untersuchungen aus China eine Verbindung zum Moniliformin her (YU *et al.* 1995).

Moniliformin wurde 1973 als toxisches Produkt des namensgebenden Pilzes *Fusarium moniliforme* Sheldon entdeckt (COLE *et al.* 1973), welcher von Maispflanzen mit Mais-Blattdürre isoliert worden war. Strukturell kann es als Natrium- bzw. Kalium-Salz des 1-Hydroxycyclobut-1-en-3,4-dion charakterisiert werden, bildet monokline gelbliche Kristalle, die bei 158 °C schmelzen und besitzt in gelöster Form zwei UV-Absorptionsmaxima bei 229 nm und 260 nm (SPRINGER *et al.* 1974, STEYN *et al.* 1974). Für Moniliformin ist eine Reihe von zum Teil voneinander abweichenden LD<sub>50</sub>-Werten bekannt, die in der folgenden Tabelle aufgeführt sind:

Tab.3: Akute Toxizität (LD<sub>50</sub>-Werte) von Moniliformin für verschiedene Tierarten.

Tierart	LD <sub>50</sub> -Wert	Quelle
Hühnerküken	4 mg/kg	COLE <i>et al.</i> 1973
Jungente	4 mg/kg	KRIEK <i>et al.</i> 1977
Maus (männlich /weiblich)	29 / 21 mg/kg	BURMEISTER <i>et al.</i> 1979
“	70 mg/kg	UENO 1985
Ratte (männlich / weiblich)	50 / 42 mg/kg	KRIEK <i>et al.</i> 1977
“	50 mg/kg	MILLER <i>et al.</i> 2001
Nerz	2,6 mg/kg	MORGAN <i>et al.</i> 1999

Neben den in der Tabelle aufgeführten Tieren, konnte auch bei Truthähnen, Schweinen, Pferden, Schafen und Affen eine akute Toxizität nachgewiesen werden (HARVEY *et al.* 1997), wobei sich zeigte, dass Jungtiere sensitiver auf Moniliformin reagierten als adulte Tiere (JAVED *et al.* 1993, MORGAN *et al.* 1998). Untersuchungen zur Zytotoxizität zeigten je nach verwendeter Zellart stark unterschiedliche Ergebnisse (LANGSETH *et al.* 1999, JAVED *et al.* 2005), aber weder genotoxische, mutagene oder karzinogene Wirkungen wurden festgestellt (NORRED *et al.* 1990, PACKA 1998).

Weltweit jedoch betreffen bisher jedoch alle Regelungen und Grenzwerte bezüglich *Fusarium*-Mykotoxinen ausschließlich DON und ZON, nicht aber das Moniliformin, so auch in der Mykotoxinhöchstmengenverordnung der Bundesrepublik Deutschland vom 01. Februar 2004. Für ZEA gibt die Europäische Kommission einen TDI (tolerable daily intake) für den menschlichen Verzehr von 0,2 µg/kg Körpergewicht und für DON einen temporären TDI-Wert von 1 µg DON/kg Körpergewicht an (EUROPEAN COMMISSION 1999).

Tab.4: Grenzwerte für Mykotoxin-Höchstmengen in Lebens- und Futtermitteln.

Land	Produkt	Toxin	Höchstmenge	Quelle
Deutschland	Speisegetreide + Teigwaren	DON	500 µg/kg	Mykotoxin- Höchstmengen- Verordnung (ANONYM 2004)
		ZON	50 µg/kg	
"	Backwaren	DON	350 µg/kg	
		ZON	50 µg/kg	
"	Kindernahrung	DON	100 µg/kg	
		ZON	20 µg/kg	
Niederlande	"	DON	120 µg/kg	SCHEPERS 2001
Österreich	Weizen / Roggen	DON	500 µg/kg	CARDWELL 2001
"	"	ZON	60 µg/kg	"
"	Durum-Weizen	DON	750 µg/kg	"
USA	Weizen/ Weizenprodukte	DON	2000 µg/kg	"
"	fertige Weizenprodukte	DON	1000 µg/kg	CARDWELL 2001
"	Weizen-Futtermittel	DON	4000 µg/kg	"
ehemalige UdSSR	Weizen	DON	500 µg/kg	"
"	Durum-Weizen	DON	1000 µg/kg	"

Obwohl z.B. *F. avenaceum* und *F. tricinctum* in der Lage sind im Winterweizen Moniliformin zu bilden (ABRAMSON *et al.* 2002, ADLER *et al.* 1990, SCHÜTT 2001), wurde dieses Mykotoxin in Deutschland im Getreideanbau bisher nur wenig beachtet. Im Gegensatz zu Deoxynivalenol (Nivalenol) und Zearalenon gibt es bisher nur eine geringe Anzahl von Untersuchungen über das Vorkommen von Moniliformin im Getreide. Am häufigsten wurde Mais aus verschiedenen Ländern untersucht (LEW *et al.* 2002, LOGRIECO *et al.* 2002) und in zahlreichen Proben Moniliformin in geringen Konzentrationen nachgewiesen. Neben Mais sind Untersuchungen an Weizen, Durum-Weizen und Triticale zur natürlichen Moniliforminbelastung durchgeführt worden (ADLER *et al.* 1995, LANGSETH *et al.* 1997).

Für diese Arten gelten die gleichen allgemeinen Voraussetzungen für eine erfolgreiche Infektion der Ähren, wie für die anderen Arten (LEPSCHY 1992, DOOHAN 2003). Die sehr gute Wasserlöslichkeit des Moniliformins lässt aber auch eine Verlagerung und Anreicherung in nicht infiziertem Gewebe möglich erscheinen. Trotzdem konnten GOLINSKI *et al.* (1996a) in sichtbar geschädigten Körnern deutlich höhere MON-Gehalte nachweisen in nicht erkennbar infizierten Körnern. Für Österreich bzw. Polen konnten ADLER *et al.* (1990, 1995), LEW *et al.* (1993) und TOMCZAK *et al.* (2002) unter natürlichen Befallsbedingungen wiederholt niedrige Konzentrationen des Mykotoxins in Weizen nachweisen.

Trotz des sehr unterschiedlichen Potenzials zur Mykotoxinbildung der 17 *Fusarium*-Arten, die als Auslöser von Ährenfusariosen beschrieben wurden, konzentrierte sich die Forschung, auch in Deutschland, in den letzten Jahren vor allem auf *F. graminearum* und *F. culmorum* und die von ihnen gebildeten (Leit-)Toxine Deoxynivalenol (DON) und Zearalenon (ZEA). So konnten Risikofaktoren wie pfluglose Bodenbearbeitung und Mais-Weizen-Fruchtfolgen für *F. graminearum* Art erkannt und Vermeidungsstrategien entwickelt werden. Doch für die im Rheinland häufig auftretenden Arten wie *F. avenaceum* und *F. poae* (LIENEMANN 2002, MEIER 2003) sind diese Vermeidungsstrategien eher ungeeignet (NIELSEN & JØRGENSEN 2001).

Aufgrund der nur geringen Kenntnisse über die Häufigkeit des Auftretens und der Verbreitung dieser Arten ihrer Mykotoxine in Nordrhein-Westfalen sollte durch Untersuchungen von Kornproben aus fünf Standorten im Rheinland und in Westfalen geklärt werden, in wieweit sich die Befallssituation an Winterweizen aus anderen Bundesländern bzw. dem angrenzenden Ausland auf Nordrhein-Westfalen übertragen lässt. Anhand eines Sortiments von Sorten wurde der Einfluss des Standortes, des Jahres und der Vorfrucht auf den Kornbefall erfasst. Innerhalb des Sortiments unterschieden sich die Sorten insbesondere in ihrer Einstufung gegenüber *Fusarium*-Ährenbefall, aber auch in Pflanzenlänge, Bestandesdichte oder Lageranfälligkeit. Der Einfluss der Anbauintensität auf den Kornbefall und die Artenzusammensetzung wurde durch den Vergleich zweier Anbauvarianten der Landessortenversuche der Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen bestimmt. Aufgrund des bekannt hohen Anteils von *F. avenaceum* im Rheinland wurden ergänzende Untersuchungen zur Moniliforminbildung durch *Fusarium*-Arten, der Wirksamkeit von Azoxystrobin und Tebuconazol und der Kontamination der Getreideproben mit diesem Mykotoxin durchgeführt.



## 2. Material und Methoden

### 2.1 Organismen

#### 2.1.1 Mikroorganismen

In den Versuchsjahren 2001 bis 2003 wurden im Rahmen der Versuche neun *Fusarium*-Arten von den Weizenkörnern verschiedener Sorten aus den Landessortenversuchen isoliert und bestimmt. Alle Isolate der Arten *Fusarium avenaceum* und *F. tricinctum* sowie ausgewählte Isolate der Arten *F. graminearum*, *F. culmorum*, *F. cerealis*, *F. poae* und *F. sporotrichoides* aus den Jahren 2002 und 2003 wurden auf ihr Potenzial zur Moniliforminbildung *in vitro* überprüft.

Tab. 5: Zusammenstellung der auf Moniliforminbildung *in vitro* getesteten Isolate von *F. avenaceum*.

Isolat	Herkunft	Jahr
2002 As - 01 ave	Ascheberg	2002
2002 As - 08 ave	Ascheberg	2002
2002 As - 09 ave	Ascheberg	2002
2003 As 2/3.2 - 11 ave	Ascheberg	2003
2002 Du - 04 ave	Haus Düsse	2002
2003 Du 6/3.2 - 5 ave	Haus Düsse	2003
2003 Du 4/3.2 - 5 ave	Haus Düsse	2003
2003 Du 2/3.1 - 19 ave	Haus Düsse	2003
2003 DuSt 10/1 - 11 ave	Haus Düsse	2003
2003 DuSt 10/3 - 25 ave	Haus Düsse	2003
2002 KB - 02 ave	Kerpen-Buir	2002
2002 KB - 07 ave	Kerpen-Buir	2002
2002 KB - 03 ave	Kerpen-Buir	2002
2003 KB 5/1.3 - 02 ave	Kerpen-Buir	2003
2003 KB - 07 ave	Kerpen-Buir	2003
2003 KB 4/1 GM - 01 ave	Kerpen-Buir	2003
2003 KB - 02 ave	Kerpen-Buir	2003
2003 KB 4/1 GM - 6 ave	Kerpen-Buir	2003
2002 LO -05 ave	Lage-Ohrsen	2002
2002 LO - 06 ave	Lage-Ohrsen	2002
2003 LO 2/1.1 - 20 ave	Lage-Ohrsen	2003
2003 LO - 03 ave	Lage-Ohrsen	2003
2003 Nk.-V 5/1.2 - 4 ave	Neukirchen-Vluyn	2003
2003 Nk.-V 3/3.1 61 ave	Neukirchen-Vluyn	2003

Tab. 6: Zusammenstellung der auf Moniliforminbildung *in vitro* getesteten Isolate von *F. tricinctum*.

<b>Isolat</b>	<b>Herkunft</b>	<b>Jahr</b>
2003 As 4/3.1 -25tri	Ascheberg	2002
2002 As -12tri	Ascheberg	2002
2002 As 2/3.1 -5tri	Ascheberg	2002
2003 As 3/3.1 -20tri	Ascheberg	2003
2003 Du 6/3.2 -6tri	Haus Düsse	2002
2002 Du -12tri	Haus Düsse	2003
2002 Du -11tri	Haus Düsse	2003
2002 Du 7/3.2 -25tri	Haus Düsse	2003
2003 KB 4/1 GM -9tri	Kerpen-Buir	2002
2002 KB -12tri	Kerpen-Buir	2003
2003 KB 4/1 GM -5tri	Kerpen-Buir	2003
2003 LO 2/3.2 -14tri	Lage-Ohrsen	2002
2002 LO -12tri	Lage-Ohrsen	2003
2003 Nk.-V 3/3.1 -12tri	Neukirchen-Vluyn	2002
2002 Nk.-V 2/1.1 -11tri	Neukirchen-Vluyn	2003

Tab. 7: Zusammenstellung der auf Moniliforminbildung *in vitro* getesteten Isolate verschiedener *Fusarium*-Arten.

<b><i>Fusarium</i>-Art</b>	<b>Isolat</b>	<b>Herkunft</b>	<b>Jahr</b>
<i>F. graminearum</i>	03DU-17gram	Haus Düsse	2003
<i>F. graminearum</i>	02NKV- 02gram	Neukirchen-Vluyn	2002
<i>F. culmorum</i>	03LO-67cul	Lage-Ohrsen	2003
<i>F. culmorum</i>	02KB -63cul	Kerpen-Buir	2002
<i>F. poae</i>	03AS -32poae	Ascheberg	2003
<i>F. poae</i>	03DU -37poae	Haus Düsse	2003
<i>F. sporotrichoides</i>	02KB-12 sporo	Kerpen-Buir	2002

### 2.1.2 Pflanzen

Als Pflanzenmaterial für Freilanduntersuchungen dienten Winterweizensorten (*Triticum aestivum* L.) mit unterschiedlicher Anfälligkeit gegenüber Ährenfusariosen aus den Landessorten-versuchen der Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen (früher LWK Rheinland und LWK Westfalen). In der Tabelle 8 sind die Eigenschaften der Sorten wie Qualitätsgruppen (A Qualitätsweizen, B Brotweizen, K Kekswweizen, C sonstiger Weizen), aber auch pflanzenbauliche Merkmale angegeben.

Tab. 8: Qualitätseigenschaften und Sortenmerkmale\* der untersuchten Winterweizensorten (ANONYM 2005, Bundessortenliste Getreide).

Sorte	Qualität	Länge	Lager	Ähren-Fusarium	Bestands-dichte	TKM	Korn-ertrag
Batis	A	6	5	4	5	5	7
Complet	A/B	6	4	6	4	6	7
Darwin	A	6	4	6	7	5	7
Drifter	B	5	4	6	6	7	9
Flair	B	5	4	4	5	5	7
Kris	B	3	4	7	6	5	7
Vergas	B	6	3	3	7	5	7
Magnus	A	6	5	4	6	5	7
Maverick	B	3	2	6	6	5	7
Skater	B	5	3	4	6	5	8
Tommi	A	4	2	4	4	6	8
Winnetou	C	5	3	6	6	5	8
Biscay	C	3	3	5	6	6	9
Terrier	B	5	2	5	6	5	8

\*: 1 bedeutet eine geringe Ausprägung und 9 eine sehr starke Ausprägung des Merkmals (Mittel = 5)

## 2.2 Isolierung und Kultivierung der *Fusarium*-Arten

### 2.2.1 Kulturmedien

Die im folgenden aufgeführten Medien wurden bei 121+/-1°C und 1 bar für 25 min autoklaviert und anschließend ca. 20 ml / Platte von Hand in Petrischalen mit einem Durchmesser von 8,5 cm gegossen. Für die Fungizidtests und In vitro- Moniliforminbildung wurden die Platten mit Hilfe einer Dispensette mit einem definierten Volumen von 20 ml je Platte befüllt. Die Agarplatten können steril verpackt bei 5°C für ein bis zwei Wochen im Kühlschrank gelagert werden.

### 2.2.1.1 Czapek-Dox-Iprodion-Dicloran-Agar

Der CZID-Agar, modifiziert nach ABILDGREN *et al.* 1987, dient als Selektivnährmedium für die Isolation der *Fusarium*-Arten. Durch den Zusatz von Rovral (Wirkstoff Iprodion), Chloramphenicol und Antibiotika wird das Wachstum saprophytischer Pilze sowie Bakterien der Kornoberfläche gehemmt, so dass auch langsam wachsende *Fusarium*-Arten isoliert werden konnten.

Czapek-Dox-Agar (Merck)	26,25 g	
Agar-Agar (Roeper)	7,50 g	
Chloramphenicol	37,50 mg	
CuSO <sub>4</sub> x 5 H <sub>2</sub> O	3,75 mg	] als 100-fache Stammlösung (bei 5°C gelagert)
ZnSO <sub>4</sub> x 7 H <sub>2</sub> O	7,50 mg	
Dichloran (0,2% in Ethanol)	0,75 ml	
Aqua demin.	740 ml	

Die Antibiotika wurden in insgesamt 10 ml / 750ml Agar sterilen Aqua demin. gelöst und nach dem Abkühlen des Agars auf unter 60°C zugegeben. In jede Flasche wurden zusätzlich 750µl Rovral-Lösung (50 % Iprodion, 6 mg/ml) hinzupipettiert.

Penicillin	37,5 mg
Tetrachlorcyclin	37,5 mg
Streptomycin	37,5 mg

### 2.2.1.2 Potato-Dextrose-Agar

Der Potatoe-Dextrose-Agar diente als Standard-Medium für die Anzucht der von den Körnern isolierten *Fusarium* spp. zur Bestimmung der Koloniemorphologie, sowie als Basis für die Wachstums- und Fungizidtests. Dort wurde PDA in halber Aufwandmenge verwendet und Agar-Agar (Roeper) hinzugefügt, um die nötige Festigkeit des Mediums zu erreichen.

Potato-Dextrose Agar (Merck)	29,25 g
Aqua demin.	750 ml

### 2.2.1.3 Synthetisch nährstoffarmer Agar (nach NIRENBERG 1976)

Auf dem synthetisch nährstoffarmen Agar kommt es bei den *Fusarium*-Arten unter langwelligem UV-Licht nur zu einem schwachen Myzelwachstum, aber zu einer starken Bildung der für die Bestimmung notwendigen Konidiosporen.

Agar-Agar (Sigma)	15,0 g	
Aqua demin.	750 ml	
Glucose	150 mg	
Saccharose	150 mg	
KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	750 mg	] als 20-fache Stammlösung (bei 5°C gelagert)
KNO <sub>3</sub>	750 mg	
MgSO <sub>4</sub> x 7 H <sub>2</sub> O	375 mg	
KCl	375 mg	

### 2.3.1 Erfassung der Befallshäufigkeit an Getreidekörnern

Weizenkörner wurden mit 1,3 %-igem Natriumhypochlorid für 2 min oberflächlich desinfiziert, anschließend für 2 x 2 min mit Aqua demin. gespült und auf sterilem Filterpapier in einer Petrischale zum Trocknen ausgebreitet. Von diesen Körnern wurden für die Bestimmung der Befallshäufigkeit mit *Fusarium* spp. jeweils 200 Weizenkörner pro Parzelle mit jeweils fünf Körnern pro Platte auf den noch flüssigen CZID-Agar ausgelegt. Durch das Einsinken der Körner in das Medium sind die Körner nach dem Aushärten fixiert und besitzen eine größere Kontaktfläche von dem das Myzel in das Medium wachsen kann. Die Inkubation erfolgte bei langwelligem UV-Licht in einer Klimakammer bei 21+/-1°C. Nach ungefähr einer Woche war es möglich Pilze der Gattung *Fusarium* spp. durch das meist schnellwachsende Myzel sowie die Rotfärbung des Myzels zu identifizieren und den Kornbefall quantitativ zu erfassen. Gelegentlich traten vor allem bei *F. poae* weißliche Isolate bzw. rot gepunktete oder gelbliche Isolate bei *F. tricinctum* auf.

### 2.3.2 Identifizierung der *Fusarium*-Arten

Teile des Myzels der auf dem CZID-Agar als *Fusarium* spp. identifizierten Pilze wurden auf PDA und SNA überimpft und bis zur Sporulation für 2-3 Wochen wiederum unter langwelligem UV-Licht bei 21+/-1°C wachsen gelassen. Auf dem nährstoffarmen SNA-Agar bilden sich unter langwelligem UV-Licht artspezifische Konidien, die zur mikroskopischen Differenzierung der *Fusarium*-Arten nach NELSON *et al.* (1983) genutzt wurden. Zusätzlich bilden die *Fusarium*-Arten auf PDA ihr arttypisches Myzel und führen zu charakteristischen Agarverfärbungen.

## 2.4 Nachweis von Mykotoxinen

Der Nachweis des Moniliformins erfolgte mittels HPLC nach der Methode von SCOTT & LAWRENCE (1987), deren Nachweisgrenzen bei ca. 50 ppb für die Myzelextrakte und bei ca. 100 ppb für die komplexere Getreidematrix liegen.

#### 2.4.1 Probennahme im Getreide

Direkt bei der Ernte wurden 1 kg Weizenkörner von jeder Kleinparzelle der untersuchten Sorten der Landesortenversuche entnommen, von Spelzen und anderen Verunreinigungen befreit und ca. 250 g schließlich in Gefrierbeuteln bei  $-20^{\circ}\text{C}$  bis zur Aufarbeitung gelagert.

#### 2.4.2 Probenaufarbeitung

Aus den beiden Wiederholungen einer Behandlungsstufe wurde aus jeweils 50g Körner eine gut durchmischte Probe hergestellt, die dann mit einer Getreidemühle zu feinem Mehl vermahlen wurde. Von diesem Mehl wurden 10 g in 250 ml Weithalskolben abgewogen, 40 ml Extraktionslösung aus Acetonitril und Aqua demin. im Volumenverhältnis 84:16 (Acetonitril „HPLC Analyzed“, J.T. Baker, Deventer, NL) hinzugefügt und für 90 min auf einem Schüttler bei 200 U/min extrahiert. Vom Überstand wurden 7,5 ml in Kulturröhrchen für die Mykotoxinaufreinigung mit Mycosep<sup>®</sup> Moniliformin-Säulen (Coring System Diagnostix GmbH, Gernsheim) pipettiert.

Das Extrakt wurde in nicht weniger als 30 Sekunden durch die Säule gedrückt und 3 ml des gereinigten Überstandes wurden in ein silanisiertes Reagenzglas überführt und bei  $50^{\circ}\text{C}$  unter einem Stickstoffstrom zur Trockene eingeengt. Der Rückstand wurde in 750  $\mu\text{l}$  Aqua demin.: Acetonitril (90:10) + TBAH-Lösung (Tetrabutylammoniumhydroxid, 10ml/l) resuspendiert, 1 min mit dem Vortex Mixer durchmischt und in 1,5 ml Eppendorfcaps überführt. Die resuspendierten Lösungen wurden dann für 10 min bei 12000 U/min zentrifugiert (Beckmann, GS 15R, Rotor F3602), um Schwebeteilchen zu pelletieren. Schließlich wurden 400  $\mu\text{l}$  des Überstandes in ein Vial mit Einsatz pipettiert und bis zur Messung bei  $-18^{\circ}\text{C}$  gelagert.

#### 2.4.3 Hochleistungsflüssigkeits-Chromatographie (HPLC)

Die quantitative Erfassung der Moniliformins wurde mit einem Hochleistungsflüssigkeits-Chromatographen „HP 1050“ (Hewlett Packard) und integriertem Dioden-Array-Detektor (DAD) durchgeführt. Die isokratische mobile Phase bestand aus einem Gemisch von Acetonitril und Aqua demin. im Volumenverhältnis 10 : 90 mit TBAH-Lösung (10ml/l) als Ionenpaarreagenz. Die stationäre Phase war eine RP-18 LiChrospher<sup>®</sup>100 Säule, 125-4, 5  $\mu\text{m}$  (Merck, Darmstadt) mit einer RP-18 LiChrospher-Vorsäule. Der DAD detektierte bei 229 nm, 227 nm, 220 nm und 260 nm bei einer Flussrate von 1 ml/min. Alle Parameter wurden während der Messung über die Software HPChem 3.2.1 (Hewlett Packard) gesteuert. Die Quantifizierung erfolgte über eine externe Eichreihe, die über den gesamten Konzentrationsbereich von 0, 50, 100, 250, 500, 750, 1000, 2500, 5000 und 10000 linear mit einem Koeffizienten von 0,99995 verlief.

## 2.5 Sortenversuche

### 2.5.1 Standorte

Für die Untersuchungen wurden von der Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen (früher LWK Rheinland und LWK Westfalen) in den Jahren 2001-2003 Ernteproben aus den Landessortenversuchen in Kerpen-Buir, Neukirchen-Vluyn (Rheinland), Ascheberg, Haus Düsse und Lage-Ohrsen (Westfalen) bereitgestellt. Der Anbau der Sorten erfolgte in einer randomisierten Blockanlage in Kleinparzellen von 12,6 m<sup>2</sup> Fläche mit zwei Wiederholungen je Anbauintensität angelegt.

#### 2.5.1.1 Ascheberg (Westfalen)

Der Standort Ascheberg liegt im südlichen Münsterland ca. 20 km nördlich von Dortmund auf ca. 60 m über NN. Die Böden sind Parabraunerden aus sandigen Lehmen mit Ackerzahlen um 49 bis 52. Die Jahresdurchschnittstemperatur liegt bei 9,3°C und die Niederschläge bei ca. 760 mm/a. In allen drei Untersuchungsjahren von 2001 bis 2003 wurde die Fruchtfolge Wintergerste - Winterraps - Winterweizen eingehalten. Die Aussaat des Winterweizens erfolgte jedes Jahr in der letzten Oktoberwoche in einer Saatstärke von 280 Körnern pro m<sup>2</sup> nach wendender Bodenbearbeitung. Der Einsatz von Pflanzenschutzmitteln am Standort Ascheberg des jeweiligen Jahres in der Intensivvariante ist in Tabelle 9 zusammengefasst.

Tab. 9: Anwendung von Fungiziden und Wachstumsreglern in der Intensivvariante in Ascheberg.

Jahr	Datum	EC-Stadium	Behandlung (l/ha)
2001	17.04.2001	30	1,5   CCC
	23.04.2001	32	0,6   CCC
	08.05.2001	34	0,48   Juwel Top + 0,12   Fortress
	20.05.2001	41	0,3   Camposan
	05.06.2001	54	0,5   Amistar + 0,4   Gladio
2002	02.04.2002	26	1,0   CCC
	25.04.2002	31	0,3   CCC + 0,1   Moddus
	08.05.2002	34	0,12   Fortress + 0,48   Juwel Top
	04.06.2002	55	0,6   Stratego
2003	16.04.2003	26	1,0   CCC
	07.05.2003	32	0,3   CCC + 0,1   Moddus + 0,12   Fortress + 0,48   Juwel Top
	11.06.2003	59	0,6   Stratego + 1,0   Pronto Plus

### 2.5.1.2 Haus Düsse (Westfalen)

Der Standort Haus Düsse liegt im nördlichen Sauerland ca. 5 km östlich von Soest auf ca. 70 m über NN. Die sehr heterogenen Böden sind teils pseudovergleyte Parabraunerden aus sandigen Lehmen bis lehmigen Schluff mit Ackerzahlen von 50 bis 75. Mit einer Durchschnittstemperatur von 9,2°C liegt Haus Düsse auf dem gleichen Temperaturniveau wie Ascheberg, ist aber mit Niederschlägen von ca. 840 mm/a deutlich niederschlagsreicher. In den Jahren 2001 bis 2003 wurden an diesem Standort im Landessortenversuch Winterweizen in unterschiedlichen Fruchtfolgen angebaut. In den Jahren 2001 und 2002 war die Fruchtfolge Ackergras - Silomais - Winterweizen und im Jahr 2003 Winterweizen - Zuckerrüben - Winterweizen. Die Aussaat des Winterweizens erfolgte in jedem Jahr Ende Oktober nach wendender Bodenbearbeitung und in einer Saatstärke von 280-300 Körnern pro m<sup>2</sup>.

Tab. 10: Anwendung von Fungiziden und Wachstumsreglern in der Intensivvariante in Haus Düsse.

Jahr	Datum	EC-Stadium	Behandlung (l/ha)
2001	18.03.2001	25	1,0   CCC
	22.04.2001	29/31	0,3   CCC + 0,1   Moddus
	08.05.2001	32	0,6   Juwel Forte Pack
	03.06.2001	51/55	0,6   Stratego + 1,0   Pronto Plus
2002	18.03.2002	25	1,0   CCC
	22.04.2002	32	0,5   CCC + 0,2   Moddus
	13.05.2002	37	0,6   Juwel Forte Pack
	04.06.2002	51	0,6   Stratego + 1,0   Pronto Plus
2003	25.04.2003	25	1,0   CCC
	08.05.2003	31	0,3   CCC + 0,1   Moddus + 0,6   Juwel Top
	03.06.2003	51	0,6   Stratego + 1,0   Pronto Plus

### 2.5.1.3 Lage-Ohrsen (Westfalen)

Lage-Ohrsen liegt im Ostwestfalen ca. 20 km südlich von Bielefeld am Rande des Teutoburger Waldes auf ca. 110 m über NN. Die Böden sind Parabraunerden aus sandigen Lehmen mit Ackerzahlen um 65. Die Jahresdurchschnittstemperatur liegt mit 9,6°C etwas über denen der anderen Westfälischen Standorten und die Niederschläge erreichen mit ca. 840 mm/a die gleichen Werte wie in Haus Düsse. Auch an diesem Standort wurden unterschiedliche Fruchtfolgen gefahren. In den Jahren 2001 und 2002 war die Fruchtfolge



Wintergerste - Kartoffeln - Winterweizen und im Jahr 2003 Wintergerste - Zuckerrüben - Winterweizen. Nach wendender Bodenbearbeitung wurde der Winterweizen Ende Oktober und in einer Saatstärke von 290 Körnern pro m<sup>2</sup> ausgesät.

Tab. 11: Anwendung von Fungiziden und Wachstumsreglern in der Intensivvariante in Lage-Ohrsen.

Jahr	Datum	EC-Stadium	Behandlung (l/ha)
2001	23.04.2001	28	0,9 l CCC
	02.05.2001	31	0,3 l CCC
	14.05.2001	32	0,6 l Juwel Forte Pack
	11.06.2001	55	0,5 l Amistar + 0,4 l Gladio
2002	18.03.2002	25	1,0 l CCC
	22.04.2002	32	0,5 l CCC + 0,2 l Moddus
	13.05.2002	37	0,6 l Juwel Forte Pack
	04.06.2002	51	0,6 l Stratego + 1,0 l Pronto Plus
2003	25.04.2003	25	1,0 l CCC
	08.05.2003	31	0,3 l CCC + 0,1 l Moddus + 0,6 l Juwel Top
	03.06.2003	51	0,6 l Stratego + 1,0 l Pronto Plus

#### 2.5.1.4 Kerpen-Buir (Rheinland)

Der Standort Kerpen-Buir liegt im Rheinland in der südlichen Kölner Bucht auf ca. 84 m über NN. Die Böden sind ertragreiche Parabraunerden aus schluffigen Lehmen mit Ackerzahlen um 85, die sich auf den Lössablagerungen der Region gebildet haben. Die durchschnittliche Jahrestemperatur liegt wie in Westfalen bei 9,3°C, die Niederschläge mit ca. 680 mm/a deutlich darunter. An diesem Standort wurde Winterweizen im Landessortenversuch wie in Haus Düsse in unterschiedlichen Fruchtfolgen angebaut. Im Jahr 2001 war die Fruchtfolge Roggen - Kartoffeln - Winterweizen, im Jahr 2002 Roggen - Zuckerrübe - Winterweizen und im Jahr 2003 Wintergerste - Zuckerrübe - Winterweizen. Die Aussaat des Winterweizens erfolgte wie an den anderen Standorten nach wendender Bodenbearbeitung Ende Oktober in einer Saatstärke von 270-280 Körnern pro m<sup>2</sup>. Der Einsatz von Pflanzenschutzmitteln des jeweiligen Jahres in der Intensivvariante am Standort Kerpen-Buir ist in Tabelle 12 zusammengefasst.

Tab. 12: Anwendung von Fungiziden und Wachstumsreglern in der Intensivvariante in Kerpen-Buir.

Jahr	Datum	EC-Stadium	Behandlung (l/ha)
2001	24.04.2001	31/32	1,0   CCC + 0,7   Gladio
	21.05.2001	39	0,7   Juwel Top
	05.06.2001	59/61	1,0   Opus Top + Insektizid
2002	22.04.2002	31/32	1,0   CCC + 0,15   Moddus + 1,0   Pronto Plus
	22.05.2002	49/59	1,0   Juwel Top
2003	23.04.2003	31/32	1,0   CCC + 0,15   Moddus + 1   Pronto Plus
	26.05.2003	39/49	0,6   Acanto + 0,6   Acanto Duo
	03.06.2003	51	0,6   Stratego + 1,0   Pronto Plus

### 2.5.1.5 Neukirchen-Vluyn (Rheinland)

Der Standort Neukirchen-Vluyn liegt am linken Niederrhein ca. 10 km nördlich von Krefeld auf ca. 52 m über NN. Die Böden sind Parabraunerden aus sandigen Lehmen aus Alluvien und Diluvien mit Ackerzahlen von ca. 70 Punkten. Mit 9,8°C Jahresdurchschnittstemperatur ist diese der wärmste Standort aller Standorte und liegt ca. 760 mm/a Niederschlägen auf demselben Niveau wie Ascheberg. In den Jahren 2001-2003 wurden an diesem Standort der Landessortenversuch Winterweizen nach unterschiedlichen Vorfrüchten angebaut. Im Jahr 2001 war die Fruchtfolge Wintergerste - Silomais - Winterweizen, in 2002 Wintertriticale - Zuckerrüben - Winterweizen und im Jahr 2003 Wintertriticale - Silomais - Winterweizen. Die Aussaat des Winterweizens erfolgte Ende Oktober nach wendender Bodenbearbeitung in Saatstärken von 290-330 Körnern pro m<sup>2</sup>.

Tab. 13: Anwendung von Fungiziden und Wachstumsreglern in der Intensivvariante in Nk.-Vluyn.

Jahr	Datum	EC-Stadium	Behandlung (l/ha)
2001	22.04.2001	31/32	1,0   CCC + 0,8   Gladio
	21.05.2001	39/49	0,7   Juwel Top
	05.06.2001	59	0,6   Opus Top + 0,25   Somicidin
2002:	22.04.2002	31/32	1,0   CCC+0,1l Moddus + 1l Pronto Plus
	17.05.2002	39/49	1,0   Juwel Top
2003:	29.04.2003	31/32	1,0   CCC + 0,15   Moddus + 1   Pronto Plus
	26.05.2003	49	0,6   Acanto + 0,6   Agent

### 2.5.2 Anbauintensität

Das Auftreten der Ährenfusariosen im Winterweizen wird nicht nur durch verschiedene Sorteneigenschaften sondern auch durch verschiedene Anbaubedingungen beeinflusst. Von den drei bei den Landessortenversuchen vorliegenden Versuchsgliedern wurden die Basisvariante und die Intensivvariante für die Untersuchungen ausgewählt und miteinander verglichen. Die Varianten unterschieden sich in der Höhe der Stickstoffgabe und dem Einsatz von Wachstumsregulatoren und Fungiziden in der Intensivvariante. Die Basisvarianten wurden mit 180 kg N/ha (50/50/80) und die Intensiv-Variante mit 210 kg N/ha (50/80/80) gedüngt.

## 2.6 *In vitro* Tests

### 2.6.1 Mykotoxinproduktion

Auf ihre Moniliforminbildung *in vitro* wurden 24 Isolate von *F. avenaceum*, 18 Isolate von *F. tricinctum*, je 2 Isolate von *F. graminearum*, *F. culmorum*, *F. poae* und ein Isolat von *F. sporotrichoides* getestet. Hierzu wurden Isolate zuerst auf PDA-Vollmedium überimpft und für 7-8 Tage wachsen gelassen. Anschließend wurden aus den frisch bewachsenen Platten am Rande des Myzels mit einem Korkbohrer 0,5 cm große Stücke ausgestochen und zentral auf Platten mit 20 ml PDA-Medium überimpft. Pro Isolat wurden fünf Platten überimpft und anschließend bei 21±1°C bei Dunkelheit für drei Wochen inkubiert.

### 2.6.2 Fungizidtest

Für den Fungizidtest wurden drei Isolate von *F. avenaceum* und ein Isolat von *F. tricinctum*, sowie jeweils zwei Isolate von *F. graminearum*, *F. culmorum* und *F. poae* verwendet. Als Fungizide wurden der, gegen *Fusarium* spp. als nur gering wirksam beschriebene, Wirkstoff Azoxystrobin (als Amistar 250 g/l, Syngenta, Basel) und der für die Bekämpfung von Ährenfusariosen zugelassenen Wirkstoff Tebuconazol (als Folicur 250 g/l, Bayer Cropscience, Monheim) verwendet. Für beide Fungizide liegt die empfohlene Aufwandmenge bei 1 l/ha. Von beiden Fungiziden wurde zuerst mit Aqua demin. eine Stammlösung von 5000 ppm hergestellt und mit 0,45 µm-Sterilfiltern sterilfiltriert. Unter der Impfbank wurde dann in sterilen 100 ml Schottflaschen mit autoklaviertem Aqua demin. eine Verdünnungsreihe hergestellt, aus der jeweils 10 ml Fungizidlösung zu 490 ml Agar hinzupipettiert wurden. Die endgültigen Konzentrationsreihen der Fungizide lagen bei 0 (Kontrolle), 0.1, 0.5, 1, 5, 10, 30, 60 und 100 ppm für den Fungizid-Moniliformin-Test und bei 0 (Kontrolle), 0.5, 1, 5, 10, 50 und 100 ppm für den ED<sub>50/95</sub>-Test.

Bei der Untersuchung dieser Fungizide auf die Moniliforminproduktion *in vitro* wurde für zwei Wochen jeden zweiten Tag das Myzelwachstum auf der Plattenunterseite mit einem wasserfesten Edding markiert. Aus den durchschnittlichen Wachstumsraten der ersten 8-10 Tage wurden die ED<sub>50/95</sub>-Werte der Isolate von *F. avenaceum* und *F. tricinctum* ermittelt. Nach einer weiteren Woche erfolgte dann die Extraktion der Mykotoxine, um den Einfluss der Fungizide auf die Moniliforminbildung *in vitro* zu ermitteln.

In einem weiteren ED<sub>50/95</sub>-Test wurden neben den Isolaten von *F. avenaceum* und *F. tricinctum* auch je zwei Isolate von *F. graminearum*, *F. culmorum* und *F. poae* auf die Wirksamkeit von Azoxystrobin und Tebuconazol getestet. Auch hier wurden 0,5 cm Agarstücke zentral auf die Agarplatten überimpft und die Platten anschließend bei 21+/-1°C und Dunkelheit inkubiert. Sobald die Platten der Kontrolle vollständig bewachsen waren wurden das Myzelwachstum bei den verschiedenen Fungizidkonzentrationen markiert und daraus die ED<sub>50/95</sub>-Werte bestimmt.

### 2.6.3 Probenaufbereitung

Nach drei Wochen erfolgte die Extraktion der Mykotoxine für eine Doppelbestimmung. Dafür wurde das Luftmyzel mit einem Spatel vorsichtig von der Agaroberfläche entfernt und für jeweils zwei Platten direkt in ein Kulturröhrchen der Mykosep-Moniliformin®-Säulen eingewogen. Anschließend wurden 6 ml Extraktionslösung (84:16, Acetonitril: Wasser) hinzugegeben, die Röhrchen mit Parafilm verschlossen und kurz gevortext. Die Extraktion erfolgte nun für 90 min auf dem Schüttler bei 120 U/min. Nach einem weiteren Durchmischen auf dem Vortex-Mischer wurde der Parafilm entfernt und die Mykosep-Festphasensäule in ca. 30 sec. langsam durch die Lösung hindurchgedrückt. Drei Milliliter des klaren, gelegentlich leicht gefärbten Überstandes wurden in ein silanisiertes Kulturröhrchen überführt und im Wasserbad bei 60°C unter Stickstoff zur Trockene eingeengt. Der Rückstand wurde in 750 µl Aqua demin.: Acetonitril (90:10vv) + TBAH-Lösung. (Tetrabutylammoniumhydroxid, 10ml/l) resuspendiert, 1 min mit dem Vortex Mixer durchmischt und in 1,5 ml Eppendorfcaps überführt. Die resuspendierten Lösungen wurden dann für 10 min bei 12000 U/min zentrifugiert (Beckmann, GS 15R, Rotor F3602). Schließlich wurden 400 µl des Überstandes in ein Vial mit Einsatz pipettiert und bis zur Messung bei -18°C gelagert.

## 2.7 Statistische Auswertungen

Die statistische Auswertung erfolgte mit Hilfe der Statistik-Software SPSS, Version 10.0. Die Daten wurden auf Normalverteilung geprüft und varianzanalytisch verrechnet. Bei der Verrechnung der Befallshäufigkeiten mit *Fusarium* spp. und deren Befallsanteilen waren die Daten häufig nicht normalverteilt und wurden mit dem Tamhane-T2 Test auf signifikante Unterschiede geprüft. Normalverteilte Variablen wurden mit dem Anova-Test geprüft. Es wurde eine Irrtumswahrscheinlichkeit von  $p = 0,05$  zugrunde gelegt und signifikante Unterschiede in den Tabellen bzw. Abbildungen durch unterschiedliche Buchstaben gekennzeichnet. Um die Stärke einer Beziehung zweier Variablen zu bestimmen, wurde der Korrelationskoeffizient nach Pearson berechnet. Die Irrtumswahrscheinlichkeit betragen in diesem Testverfahren  $p = 0,05$  bzw.  $p = 0,01$ , wobei beide Signifikanzen in den Tabellen nebeneinander dargestellt wurden.

### 3. Ergebnisse

Für die Erfassung der Befallshäufigkeit und der Zusammensetzung des Spektrums der *Fusarium*-Arten an Winterweizen in Nordrhein-Westfalen wurden in den Jahren 2001 bis 2003 Kornproben von je sieben Weizensorten von fünf Standorten der Landessortenversuche NRW untersucht. Jeder der beprobten Standorte repräsentiert mit seinen klimatischen Bedingungen, Böden und seiner Fruchtfolge eine wichtige Weizenanbauregion in NRW. Alle beprobten Weizensorten waren ohne Inokulation nur dem natürlichen Befallsdruck unter der Fruchtfolge ausgesetzt. Um den Einfluss von Sortenresistenz zu erfassen, wurden Sorten nach einem möglichst großen Unterschied der *Fusarium*-Anfälligkeit nach BSA ausgewählt. Die Auswirkungen der Anbauintensität auf den Befall wurden durch den Vergleich der Anbauvarianten BI (Basisvariante: 180kg N/ha, kein Wachstumsregulator, keine Fungizide) und BIII (Intensiv-Variante: 210kg N/ha, Wachstumsregler, 1-2 Fungizid-Behandlungen) ermittelt.

#### 3.1 Witterung zur Blüte

Die Witterung zum anfälligsten Stadium der Weizenblüte in der Zeit von Ende Mai bis Mitte Juni ist von entscheidender Bedeutung für den Kornbefall. Aufgrund der ca. 7 Tage späteren Weizenblüte in Westfalen orientiert sich der Vergleich von Temperatur und Niederschlägen zwischen Rheinland und Westfalen am Beginn des Ährenschiebens.

##### 3.1.1 Jahr 2001

Klimatisch war das Jahr 2001 von einem normal temperierten, aber sehr feuchten Frühjahr geprägt, gefolgt von einem sehr warmen und trockenem Mai, in dessen zweiter Hälfte eine Trockenperiode von bis zu zehn Tagen direkt vor dem Ährenschieben auftrat. Der Juni war insbesondere zu Beginn ca. 1,5-2,0°C kühler als im langjährigen Mittel, während die Niederschläge regional sehr unterschiedlich verteilt waren. Im Juli und August lagen die Temperaturen wieder über dem langjährigen Mittel, die Niederschläge darunter.

Ende Mai setzten in Ascheberg stärkere Niederschläge ein, die bis zum Beginn des Ährenschiebens anhielten. Gleichzeitig sanken auch die durchschnittlichen Tagestemperaturen auf relativ kühle 14,0°C bis Mitte Juni. Weitere Niederschläge gab es Mitte Juni, so dass insgesamt 55 mm Niederschlag während Ährenschieben und Blüte fielen. Der Witterungsverlauf in Lage-Ohrsen entsprach weitgehend dem in Ascheberg. In der Niederschlagsperiode von Ende Mai bis Mitte Juni fielen mit 59 mm die gleichen Niederschlagsmengen, aber die durchschnittliche Temperatur lag mit 13,3°C etwas niedriger, während in Haus Düsse mit 76 mm bei durchschnittlichen Temperaturen von 14,1°C die größten Niederschlagsmengen gemessen wurden.

Die Trockenperiode von Mitte bis Ende Mai dauerte in Kerpen-Buir zwölf Tage, aber wie an den anderen Standorten setzten Ende Mai Niederschläge ein. Mit knapp 40 mm während Ährenschieben und Blüte fiel aber weniger Niederschlag als in Westfalen und die durchschnittlichen Temperaturen waren mit 14,4°C etwas höher. In Neukirchen-Vluyn fiel von Ende Mai bis Mitte Juni mit 38 mm wenig Niederschlag, der sich auf zweimal drei Tage konzentrierte. Mit durchschnittlichen Temperaturen von rund 14,7°C war Neukirchen-Vluyn im Jahr 2001 der wärmste Standort.

### **3.1.2 Jahr 2002**

Für das Untersuchungsjahr 2002 lagen die Monatsmittel von März bis August um 1,4°C über dem langjährigen Mittel, während Niederschlagsmengen je nach Standort ca. 80 – 90 % des langjährigen Mittels ausmachten. Ab Mitte Juli kam es immer wieder zu starken Niederschlagsereignissen und ab Ende Juli zu starkem Dauerregen, der die Ernte in Westfalen bis Ende August verzögerte.

In Ascheberg lagen die durchschnittlichen Temperaturen während Ährenschieben und Blüte mit 17,8°C um 3,8° über dem Temperaturmittel des Vorjahres und mit knapp 72 mm zwischen Ährenschieben und Blühende fiel deutlich mehr Niederschlag als im Vorjahr. In Lage-Ohrsen waren die durchschnittlichen Temperaturen mit 16,8°C deutlich höher als im Vorjahr, lagen aber immer noch knapp 1°C unter dem Mittel von Aschberg. Zwischen Ährenschieben und Blüte fiel mit 59 mm genauso viel Niederschlag wie im Vorjahr. In Haus Düsse waren die durchschnittlichen Temperaturen mit rund 17,3°C deutlich höher als im Vorjahr. Vom Ährenschieben bis zum Ende der Blüte fiel mit 84 mm etwas mehr Niederschlag, wobei allein 49 mm zwischen dem 5. und 7. Juni fielen.

In Kerpen-Buir waren die Monate Mai und Juni zu warm und die Niederschläge geringer als im Vorjahr. Von Ende Mai bis Mitte Juni fielen mit rund 26 mm Niederschlag nur etwas mehr als die Hälfte des Niederschlages des Vorjahres, während die durchschnittlichen Temperaturen mit 16,4°C in diesem Zeitraum höher waren. In Neukirchen-Vluyn fielen mit 43 mm während Ährenschieben und Blüte fünf Millimeter mehr als im Vorjahr, während die Temperaturen mit 16,6°C über dem langjährigen Mittel lagen.

### **3.1.3 Jahr 2003**

Die Witterung im Jahr 2003 war ausgesprochen warm und der Mai 1-2°, der Juni 2,5-4° und der Juli 1,8-2,7° wärmer als das langjährige Mittel. Gleichzeitig fielen mit Ausnahme des westlichen Münsterlandes durchschnittlich nur 70-80 % der üblichen Niederschlagsmenge. Zwischen Ende Mai und Mitte Juli fiel in Ascheberg mit 28 mm während Ährenschieben und Blüte weniger als die Hälfte der Niederschläge des Vorjahres. Gleichzeitig lagen die Temperaturen mit rund 19,2°C weit über dem langjährigen Mittel. In Lage-Ohrsen stiegen ab Anfang Juni die Temperaturen deutlich an und lagen bei durchschnittlich 18,6°C um 2,5°

über dem Mittel, gleichzeitig fielen aber mit 40 mm ca. 70-80 % der normalen Niederschläge. In Haus Düsse lagen die Temperaturen von Ende Mai bis Mitte Juni mit rund 19,8°C deutlich über dem langjährigen Mittel. Gleichzeitig fielen nur 45 mm Niederschlag und damit etwas mehr als die Hälfte des Vorjahres, wobei sich die Niederschläge auf vier Starkregenereignisse mit jeweils mehr als 8,5 mm pro Tag am 1./2. Juni beim Ährenschieben, am 8. und 10. Juni zur Vollblüte und zum 16. Juni am Blüteende konzentrierten.

Auch in Kerpen-Buir waren die Temperaturen ab Ende Mai mit 20,4 °C um rund 4,5°C höher als das langjährige Mittel und als die Temperaturen der Vorjahre. Die Niederschlagsmengen lagen während des Ährenschiebens mit 7 mm sehr niedrig, während in der ersten Junihälfte, mit zwei Starkregenereignissen vom 8. und 11. Juni mit 22,6 bzw. 17,5 mm, insgesamt 46 mm Niederschlag fielen. Am Standort Neukirchen-Vluyn lagen die Temperaturen während des Ährenschiebens und der Blüte bei 20,5°C. Vom Ährenschieben bis Blühende fielen mit 53 mm Niederschlag mehr als in den Vorjahren, wobei sich die Niederschläge vor allem auf zwei Starkregenereignisse Anfang Juni konzentrierten.

Tab. 14: Niederschlagsmengen und Durchschnittstemperaturen während Ährenschieben und Blüte des Winterweizens an den Untersuchungsstandorten 2001-2003.

	2001		2002		2003		Mittel	
	Nds.	Temp.	Nds.	Temp.	Nds.	Temp.	Nds.	Temp.
Ascheberg	55 mm	14,0 °C	72 mm	17,8 °C	28 mm	19,2 °C	52 mm	17,0 °C
Haus Düsse	76 mm	14,1 °C	84 mm	17,3 °C	45 mm	19,8 °C	68 mm	17,1 °C
Lage-Ohrsen	59 mm	13,3 °C	59 mm	16,9 °C	40 mm	18,6 °C	53 mm	16,3 °C
Kerpen-Buir	40 mm	14,4 °C	22 mm	16,4 °C	46 mm	20,4 °C	36 mm	17,1 °C
Nk.-Vluyn	38 mm	14,7 °C	43 mm	16,6 °C	53 mm	20,5 °C	45 mm	17,3 °C
Mittel	54 mm	14,1 °C	56 mm	17,0 °C	42 mm	19,7 °C	51 mm	17,0 °C

Insgesamt waren die Jahre 2001 bis 2003 vor allem in Bezug auf die durchschnittlichen Temperaturen zu Ährenschieben und Blüte sehr unterschiedlich. Im Jahr 2001 waren die Temperaturen mit ca. 14,1 °C sehr niedrig, im Jahr 2002 mit 17,0 °C etwas überdurchschnittlich und im Jahr 2003 mit 19,7 °C sehr hoch. In 2001 und 2003 wurden die höheren Durchschnittstemperaturen im Rheinland, im Jahr 2002 in Westfalen gemessen. Im Mittel der Jahre war Lage-Ohrsen mit 16,3°C der kühlsste Standort.

Im Allgemeinen wurden in Westfalen die höheren Niederschläge zum Zeitpunkt des Ährenschiebens und der Blüte gemessen, wobei im heißen Jahr 2003 dort die geringsten Niederschläge fielen. Haus Düsse war mit durchschnittlich 68 mm der Standort mit den höchsten Niederschlägen, gefolgt von Ascheberg und Lage-Ohrsen mit 52 bzw. 53 mm. Von den rheinischen Standorten war Kerpen-Buir mit rund 36 mm noch etwas trockener als Neukirchen-Vluyn mit 45 mm Niederschlag.



### 3.2 Auftreten von *Fusarium*-Arten an Winterweizen in NRW

Das Befallsniveau variierte in den Jahren 2001 bis 2003 im Mittel über alle Sorten, Anbauintensitäten und Standorte erheblich, wie man anhand der großen Abweichungen in Abb. 1 erkennen kann.

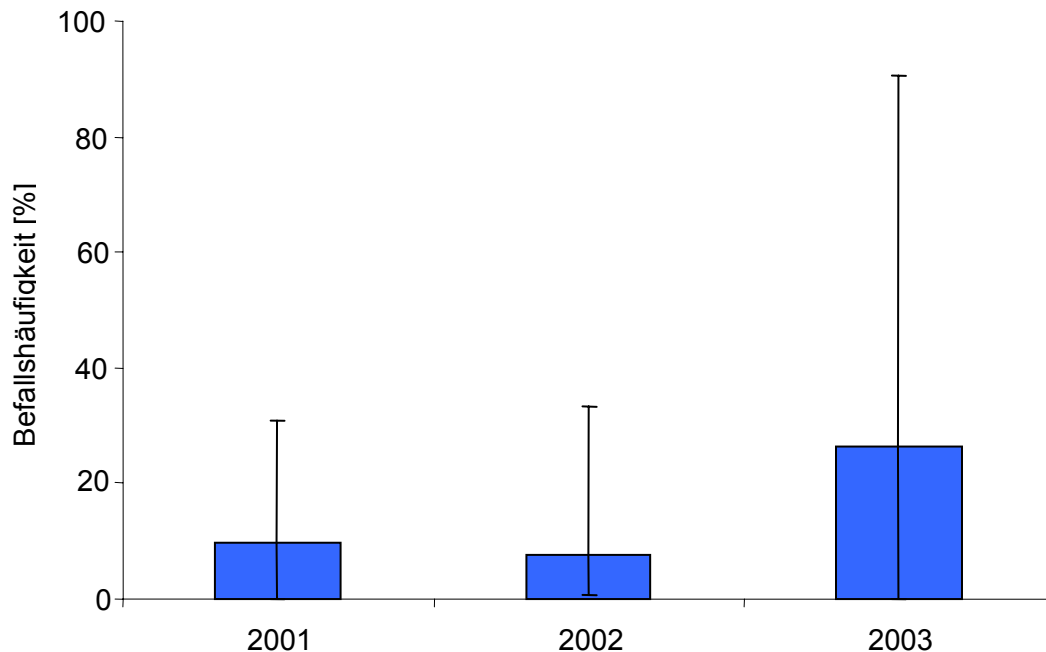


Abb.1: Befallsniveau von Weizenkörnern mit *Fusarium* spp. in den Jahren 2001 – 2003 in NRW (gemittelt über 5 Standorte, 7 Weizensorten und 2 Anbauintensitäten; Balken: Maximum und Minimum des Befalls)

Der durchschnittliche Befall der Weizenkörner mit *Fusarium* spp. im Jahr 2001 an den fünf untersuchten Standorten lag mit 9,9 % Befallshäufigkeit höher als 2002 mit 8,5 %. 2003 wurde der mit Abstand höchste Kornbefall von durchschnittlich 26,3 % festgestellt. In den Jahren 2001 bis 2003 waren von den fast 80.000 untersuchten Körnern der fünf Standorte insgesamt 13,2% mit *Fusarium* spp. befallen. Dabei handelte es sich vor allem um *Fusarium avenaceum* mit 3,5%, *F. graminearum* mit 2,7 %, *F. poae* mit 2,4 %, *F. culmorum* mit 2,2 %, *F. tricinctum* mit 1,8 % und *F. cerealis* mit 0,5 %. Zu den restlichen *Fusarium*-Arten gehörten *F. sporotrichoides*, *F. equiseti*, *F. merismoides*, sowie einige nicht bestimmte *Fusarium*-Isolate.

Differenziert man die Befallsergebnisse regional nach Rheinland und Westfalen auf, so ergibt sich ein deutlicher Unterschied (Abb.2). In allen drei Untersuchungsjahren lag der Kornbefall in Westfalen in allen Jahren höher als im Rheinland, weshalb im Folgenden die Ergebnisse der Befallsuntersuchungen immer nach den Regionen unterteilt dargestellt werden.

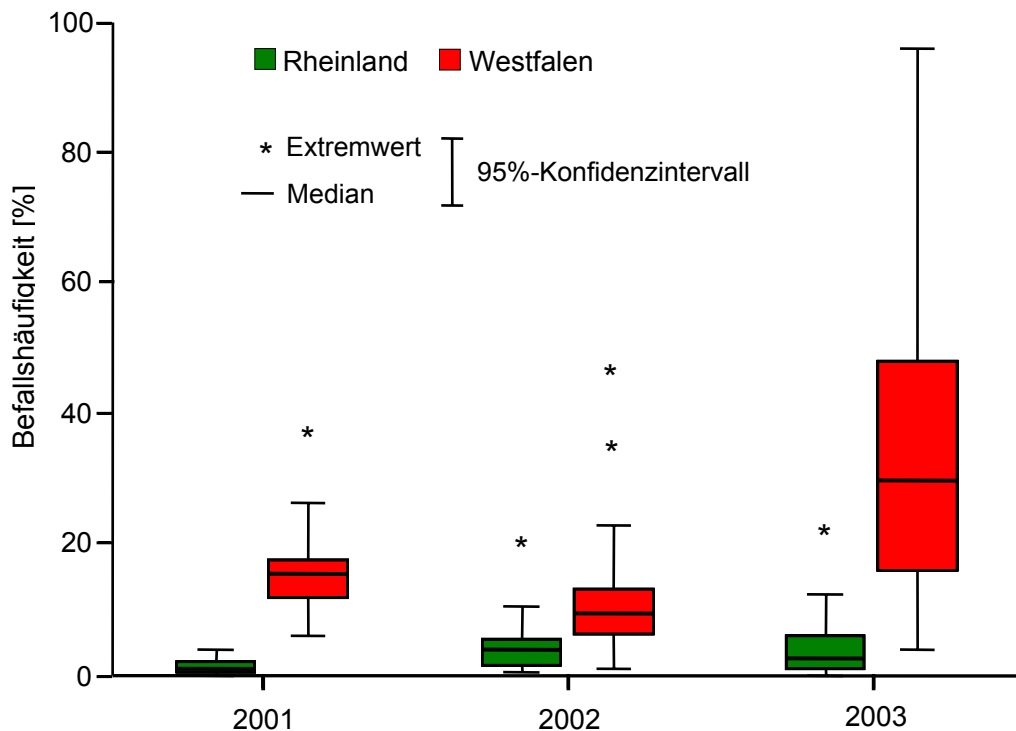


Abb. 2: Kornbefall im Winterweizen mit *Fusarium* spp. in den Jahren 2001 – 2003 in NRW; gemittelt über 2 (Rheinland) bzw. 3 Standorte (Westfalen), 7 Weizensorten und 2 Anbauintensitäten

Im Jahr 2001 lag der Kornbefall mit *Fusarium* spp. im Rheinland bei durchschnittlich 1,4% und in den Jahren 2002 und 2003 bei jeweils ca. 4,6 %. An den beiden untersuchten Standorten entwickelten sich die Befallshäufigkeiten jedoch sehr unterschiedlich. Während in Kerpen-Buir die Befallshäufigkeit im Jahr 2002 mit 6,8 %, gegenüber jeweils ca. 1,7 % in 2001 und 2003, am höchsten lag, kam es in Neukirchen-Vluyn nach 1,2 % in 2001 und 2,5 % in 2002, schließlich in 2003 mit 7,6 % zum größten Befallshäufigkeit. Im Mittel der Jahre waren 3,6 % der Körner im Rheinland mit *Fusarium* spp. befallen. Dabei spielten *F. avenaceum* mit 1,1 % und *F. poae* mit 1,0 % die wichtigste Rolle, gefolgt vom *F. culmorum* mit 0,5 %, *F. graminearum* mit 0,4 % und *F. tricinctum* mit 0,3 %. Andere Arten traten nur sporadisch auf.

In Westfalen lag der durchschnittliche Befall 2001 bei 16,1 %, in 2002 bei 11,1 % und im Jahr 2003 bei 36 %, wobei der Befall in 2001 und 2003 signifikant über dem des Rheinlandes lag. Dieser Verlauf mit 2002 als befallsschwächstem Jahr war an allen drei westfälischen Standorten zu beobachten, wobei im Jahr 2003 besonders der extrem hohe Befall in Haus Düsse den Mittelwert sehr stark beeinflusste. Dies spiegelt sich auch in der hohen Standardabweichung für Westfalen 2003 wider. In der Artenzusammensetzung war bei einem mittleren Befall von 21,9 % *F. avenaceum* mit 5,4 % wie im Rheinland die häufigste Art. Danach folgten *F. graminearum* mit 4,4 %, *F. culmorum* mit 3,6 %, *F. poae* mit 3,5 % und *F. tricinctum* mit 3,0 %. *F. cerealis* trat nur 2003 mit größerer Häufigkeit auf.

### 3.2.1 Jahr 2001

Im Jahr 2001 wurden die Sorten Batis (4), Complet (6), Darwin (6), Drifter (6), Flair (4), Kris (7) und Vergas (3) auf Kornbefall mit *Fusarium* spp. untersucht, wobei die Sorten Darwin und Vergas nicht in Haus Düsse angebaut wurden. Nach der Bewertung der *Fusarium*-Resistenz durch das Bundessortenamt (in Klammern) ergab sich eine mittlere Einstufung von 5,2 (für Haus Düsse 5,4 bei fünf Sorten).

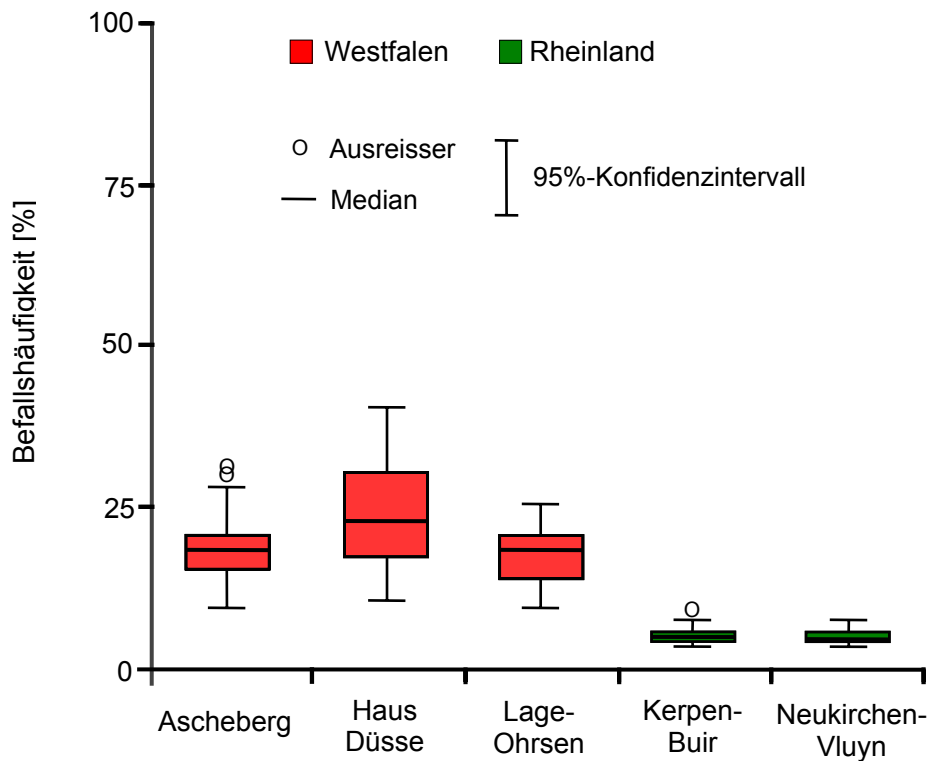


Abb. 3: Kornbefall im Winterweizen mit *Fusarium* spp. im Jahr 2001 (gemittelt über 7 Weizensorten und 2 Anbauintensitäten)

#### 3.2.1.1 Westfalen

Der durchschnittliche Befall für das Jahr 2001 lag im Sortenmittel in Westfalen bei 15,7% und variierte zwischen 13,8% in Lage-Ohrsen und 20,6% in Haus Düsse. Die als wenig anfällig eingestufte Sorte Vergas war mit 11,4% Kornbefall auch die am wenigsten befallene Sorte, während Kris mit 22,8% deutlich über dem Durchschnitt lag. Die anderen Sorten wiesen einen mittleren Befall zwischen 13,3% (Darwin) und 17,7% (Batis) auf. Insgesamt traten in Westfalen insgesamt 5 *Fusarium*-Arten regelmäßig und relativ häufig an den untersuchten Winterweizenkörnern auf. Hierbei handelte es sich um *F. avenaceum* (5,1%), *F. poae* (4,7%), *F. graminearum* (2,6%), *F. culmorum* (1,7%) und *F. tricinctum* (1,3%).

Bei einem durchschnittlichen Kornbefall von 15,2% teilten sich in Ascheberg die Sorten in drei Gruppen auf. Die Sorten Vergas und Flair lagen mit 11,0 bzw. 11,9% Kornbefall deutlich unter dem Sortenmittel, die Sorten Complet, Darwin und Drifter mit 13,1% bis 15,6% um

den Mittelwert, während Batis mit 19,5 % und Kris mit 21,6 % deutlich über dem Mittel lagen. Signifikante Befallsunterschiede gab es nur zwischen den Sorten Vergas, Flair, Drifter einerseits und Kris andererseits. Von den *Fusarium*-Infektionen entfielen jeweils etwas mehr als ein Drittel auf *F. avenaceum* (5,3 %) und *F. poae* (5,2 %). Das restliche Drittel teilte sich auf die Arten *F. graminearum* (1,9 %), *F. tricinctum* (1,3 %) und *F. culmorum* (0,8 %) auf.

In Lage-Ohrsen ergab sich ein durchschnittlicher Befall von 13,8 %. Dabei gab es zwischen den Befallshäufigkeiten der einzelnen Sorten keine so deutlichen Unterschiede wie in Ascheberg. Mit Ausnahme von Batis (16,9 %) und Kris (16,8 %) lagen die Befallshäufigkeiten aller anderen Sorten zwischen 11,8 % und 13,5 %. Wie in Ascheberg waren auch in Lage-Ohrsen *F. avenaceum* und *F. poae* für mehr als zwei Drittel aller Infektionen verantwortlich, auch wenn hier *F. poae* häufiger vorkam als *F. avenaceum*. Regelmäßig kamen auch *F. graminearum*, *F. culmorum* und *F. tricinctum* vor.

Im Zusammenhang mit den hohen Niederschlägen kam es in Haus Düsse mit 20,6 % zum höchsten Befall aller Standorte in diesem Jahr. Auch gab es zwischen den fünf Sorten die größten Unterschiede zwischen den Befallshäufigkeiten. Während Complet (15,3 %) und Batis (16,6 %) einen relativ niedrigen Befall aufwiesen, war die als unterdurchschnittlich anfällig beschriebene Sorte Flair mit 21,4 % sogar höher befallen als die anfällige Sorte Drifter (19,9 %). Mit Abstand den höchsten Befall zeigte die sehr anfällige Sorte Kris mit 30,0 % *Fusarium*-infizierter Körnern. Von den anderen westfälischen Standorten unterschied sich Haus Düsse in den Anteilen der *Fusarium*-Arten. Zwar kam auch hier *F. avenaceum* mit 5,5 % am häufigsten vor, doch waren *F. graminearum* und *F. culmorum* mit 4,8 % bzw. 3,9 % häufiger als *F. poae*, auch *F. tricinctum* und *F. cerealis* wurden regelmäßig von den Körnern isoliert.

### 3.2.1.2 Rheinland

Im Rheinland blieb der Kornbefall des Weizens im Jahr 2001 mit 1,4 % gering und zwischen den Sorten gab es nur geringe Unterschiede. Die als anfällig eingestufteten Sorten Darwin und Kris waren mit 2,2 % bzw. 2,1 % die am stärksten befallenen Sorten, während die Sorte Drifter mit 0,9 % nur wenig Befall aufwies. Der niedrigste Befall wurde mit 0,6 % an der relativ resistenten Sorte Vergas festgestellt. Im Gegensatz zu Westfalen traten im Rheinland vorwiegend nur zwei *Fusarium*-Arten häufiger auf, nämlich *F. poae* mit 0,6 % und *F. avenaceum* mit 0,5 %. Gelegentlich wurde noch *F. tricinctum* isoliert, die anderen Arten *F. graminearum*, *F. culmorum* oder *F. cerealis* wurden nur vereinzelt nachgewiesen.

Aufgrund der niedrigen Niederschläge lagen für Kerpen-Buir mäßige Infektions-Bedingungen vor und mit 1,7% lag ein nur geringer Kornbefall vor, wobei der Befall an den verschiedenen Sorten nur wenig variierte. Deshalb konnte kein signifikanter Unterschied zwischen den Sorten festgestellt werden. Die Sorte Vergas war mit 0,6 % Befall die am wenigsten

befallene Sorte, gefolgt von Drifter, Flair, Batis, Complet, Kris (1,1 % bis 2,1 %) und schließlich Darwin mit 3,1 %. Gut die Hälfte machte *F. avenaceum* mit 0,8 % aller gefundenen *Fusarium*-Infektionen aus, gefolgt von *F. poae* mit 0,4 %, *F. tricinctum* mit 0,3 % und *F. culmorum* mit 0,1 %. Andere Arten wie *F. graminearum*, *F. cerealis*, *F. equiseti* wurden vereinzelt gefunden.

In Neukirchen-Vluyn waren aufgrund der geringen Niederschläge die Infektionsbedingungen ungünstig, was sich in einem durchschnittlichen Befall von 1,2 % widerspiegelte. Die Sortenunterschiede waren sehr gering und nicht signifikant. Für die Sorte Darwin lag in Neukirchen-Vluyn mit 1,3 % ein durchschnittlicher Befall vor, während Kris mit 2 % die Sorte mit dem höchsten und wiederum Vergas mit 0,5 % den niedrigsten Befall aufwies. Von allen isolierten Fusarien wurden fast zwei Drittel (0,8 %) als *F. poae* identifiziert. Bei den weiteren Fusarien handelte es sich fast ausschließlich um *F. avenaceum* (0,3 %), andere Arten wurden nur selten gefunden.

### 3.2.2 Jahr 2002

Aufgrund des Wechsels der Sorten innerhalb der Landessortenversuche konnten im Jahr 2002 nur die Sorten Complet (6) und Drifter (6) weiterhin für die Untersuchungen genutzt werden. Als weitere Sorten wurden Magnus (4), Maverick (6), Skater (4), Tommi (4) und Winnetou (6) ausgewählt, so dass die mittlere Einstufung bei 5,1 lag.

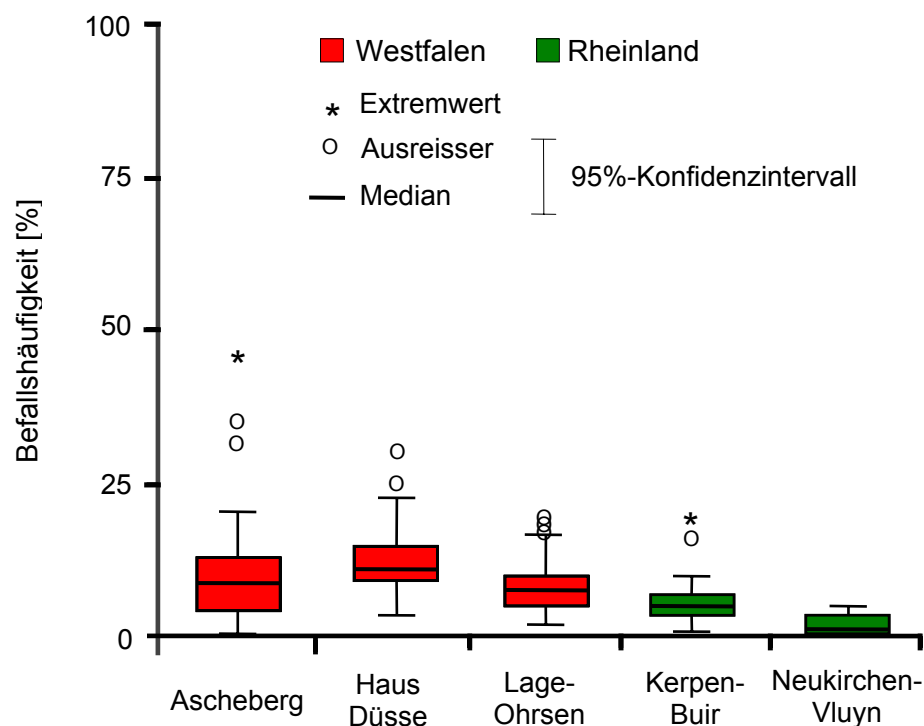


Abb. 4: Kornbefall im Winterweizen mit *Fusarium* spp. im Jahr 2002 (gemittelt über 7 Weizensorten und 2 Anbauintensitäten)

### 3.2.2.1 Westfalen 2002

Mit durchschnittlich 11,1% lag 2002 die Befallshäufigkeit rund 4.6% niedriger als im Vorjahr und damit wurden auch die Unterschiede zwischen den Standorten und die Variabilität der überprüften Sorten geringer. Die Sorten Magnus, Skater, Drifter und Tommy wiesen mit 7,0 % bis 9,1 % unterdurchschnittliche, Winnetou und Complet mit 11,0 % bzw. 13,2 % durchschnittliche Befallswerte auf, während Maverick mit 21,8 % signifikant höchst befallene Sorte darstellte. Auch die Zusammensetzung des Artenspektrums änderte sich gegenüber dem Vorjahr. Während *F. graminearum* und *F. tricinctum* häufiger auftraten, kamen alle anderen Arten weniger häufig vor. Insbesondere für *F. avenaceum* und *F. poae* lag die Zahl der befallenen Körner bei der Hälfte bzw. einem Drittel. So war 2002 *F. graminearum* die häufigste Art in Westfalen.

Obwohl in Ascheberg zwischen Ährenschieben und Blüteende mehr Niederschlag bei deutlich höheren Temperaturen als im Vorjahr fiel, lag die durchschnittliche Befallshöhe mit 11,7 % unter dem Wert des Vorjahres. Dieser Durchschnittswert wurde zudem durch den sehr hohen Befall der Sorte Maverick von 33,5 % sehr stark nach oben gezogen. Ansonsten lagen mit Ausnahme der Sorte Winnetou (13 %) die Befallswerte der anderen Sorten unter 10 % und wiesen einen Kornbefall zwischen 5,1 % und 9,4 % auf.

Es kam zu einer Verschiebung der Anteile der einzelnen *Fusarium*-Arten. Die Zahl der mit *F. avenaceum* und *F. poae* befallenen Körner erreichte mit 2,7 % die Hälfte bzw. mit 1,0 % ein Fünftel des Vorjahres. Gleichzeitig verdoppelten sich die Anteile von *F. graminearum* und *F. tricinctum* auf 3,6 % bzw. 2,8 %, der Anteil von *F. culmorum* nahm um die Hälfte zu.

In Lage-Ohrsen fiel genauso viel Niederschlag wie im Vorjahr, während die Temperaturen deutlich höher waren. Trotzdem kam es zu mit 8,9 % niedrigeren Kornbefall. Auch für Lage-Ohrsen wies die Sorte Maverick mit 18,1 % Kornbefall eine signifikant überdurchschnittliche Befallshäufigkeit auf. Im Gegensatz dazu lag die Sorte Winnetou mit 6,3 % im unteren Bereich der Befallswerte, die von 5,4 % (Skater) bis 10.5 % (Complet) reichten. Wie in Ascheberg nahm der Anteil von *F. avenaceum* und *F. poae* ab, auch wenn nicht so stark. Für *F. graminearum* wurde ein leichter Anstieg beobachtet, während die Zahl mit *F. tricinctum* und *F. culmorum* befallener Körner abnahm.

In Haus Düsse blieb, trotz leicht erhöhter Niederschläge und höherer Temperaturen, der durchschnittliche Kornbefall mit 12,7% um 8% unter dem des Vorjahres. Im Gegensatz zu den anderen westfälischen Standorten wies die Sorte Complet am Standort Haus Düsse mit 23,9 % den mit Abstand höchsten Befall auf. Die Sorten Maverick, Winnetou und Tommy lagen knapp um den Mittelwert, während Drifter, Magnus und Skater unterdurchschnittliche Befallswerte aufwiesen. Auch in der Zusammensetzung der Arten ergab sich ein etwas anderes Bild. Der niedrigere Befall gegenüber dem Vorjahr beruhte auf dem starken

Rückgang von *F. poae* auf 1,2 % (-65 %), *F. avenaceum* auf 2,1 % (-61 %), *F. culmorum* auf 1,7 % (-56 %) und *F. cerealis* auf 0,2 % (-78 %). Eine gegenläufige Entwicklung zeigten *F. graminearum* und *F. tricinctum* mit geringfügigen Anstiegen.

### 3.2.2.2 Rheinland 2002

Im Gegensatz zu den sinkenden Befallswerten in Westfalen war der durchschnittliche Befall im Rheinland mit 4,6 % im Jahr 2002 deutlich höher als im Vorjahr, insbesondere durch einen deutlich erhöhten Befall am Standort Kerpen-Buir. Ebenso wie in Westfalen war Maverick mit 9,9 % die signifikant am stärksten befallene Sorte, gefolgt von Complet mit 5,4 % Kornbefall. Alle anderen Sorten lagen mit Befallswerten zwischen 2,9 % und 4,1 % unter dem Durchschnitt. Der Anstieg des Befalls im Rheinland zeigte sich auch durch die Zunahme bei allen *Fusarium*-Arten. Der Anteil von *F. avenaceum* befallener Körner war mit 1,8 % dreimal so hoch, während *F. poae* mit 0,8 % geringfügig zunahm. *F. graminearum* und *F. culmorum* traten mit 0,6 % bzw. 0,8 % deutlich häufiger als im Vorjahr auf.

Obwohl weniger Niederschlag als im Vorjahr fiel, vervierfachte sich der durchschnittliche Befall von 1,7 % im Jahr 2001 auf 6,8 % im Jahr 2002. Die als anfällig geltende Sorte Winnetou zeigte mit 2,9 % den deutlich niedrigsten Befall, während die gleich eingestufte Sorte Maverick mit 15,1 % den signifikant höchsten Befall aufwies. In der Artenzusammensetzung dominierte weiterhin *F. avenaceum* mit 3,2 %, dessen Anteil sich auch vervierfachte, zudem nahmen die Anteile von *F. graminearum* und *F. culmorum* auf jeweils 1,1 % zu. In Neukirchen-Vluyn kam es aufgrund höherer Niederschläge gegenüber 2001 zu einer Verdoppelung des Kornbefalls auf 2,5 %. Mit Ausnahme von Maverick (4,8 %) lagen die Befallswerte der Sorten zwischen 1,1 % (Magnus) und 3,1 % (Complet). Der Anstieg beruhte auf der Zunahme von *F. culmorum* und *F. tricinctum* auf 0,4 % bzw. 0,3 %, aber auch *F. poae* und *F. avenaceum*.

### 3.2.3 Jahr 2003

Nach dem Wegfall von Complet aus dem Sortiment der Landessortenversuche blieb im Jahr 2002 von den ursprünglichen Sorten nur Drifter (6) übrig. Aus dem Jahr 2002 konnten mit Magnus (4), Skater (4), Tommi (4) und Winnetou (6) vier weitere Sorten erneut untersucht werden. Ergänzt durch die Sorten Biscay (4) und Terrier (5) ergab sich eine mittlere Einstufung der *Fusarium*-Resistenz von 4,9.

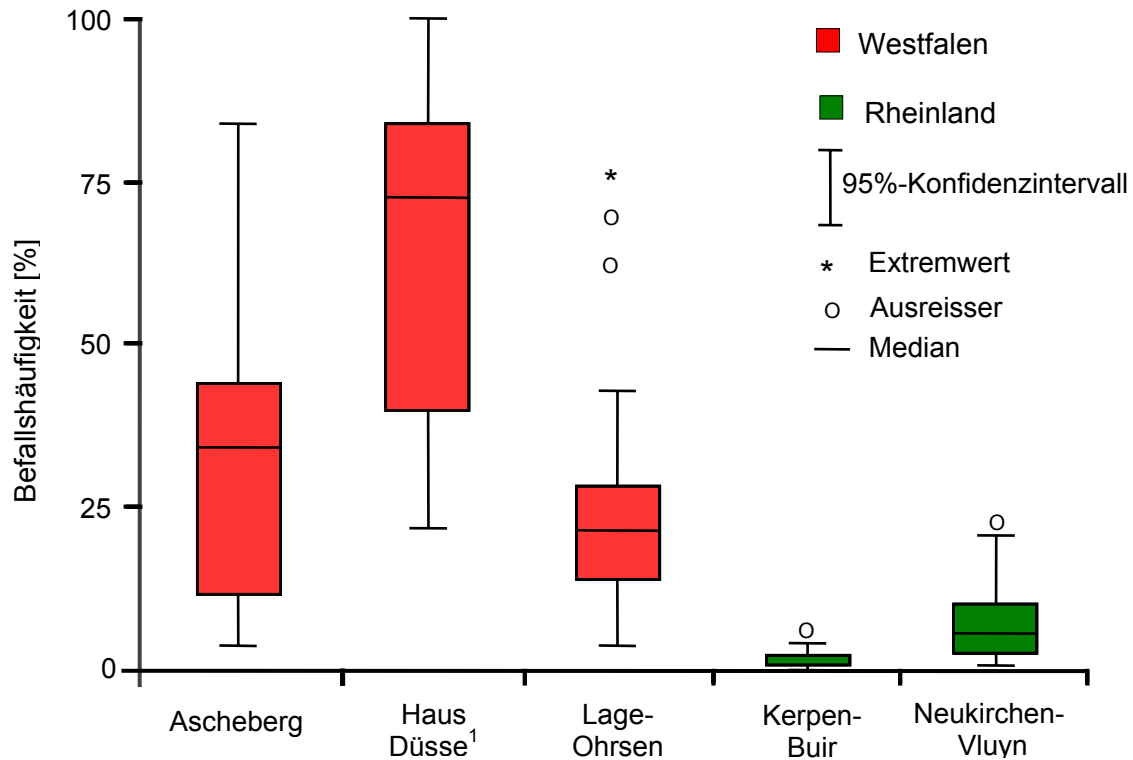


Abb. 5: Kornbefall im Winterweizen mit *Fusarium* spp. im Jahr 2003 (gemittelt über 7 Weizensorten und 2 Anbauintensitäten, <sup>1</sup> Haus Düsse nur Intensivvariante)

### 3.2.3.1 Westfalen

Entgegen der allgemeinen Erwartung eines geringen Befalls bedingt durch den extrem trockenen Sommer war in Westfalen 2003 ein Jahr mit einem sehr hohen Befall von 36 %. Dabei variierte der Befall von 25,5 % in Lage-Ohrsen, über 32,3 % in Ascheberg bis zu 64,4 % in Haus Düsse. Aufgrund des hohen Befallsdruckes ergaben sich auch z.T. erhebliche Unterschiede in der Befallshöhe zwischen den untersuchten Sorten. Die anfällige Sorte Winnetou und die weniger anfällige Sorte Magnus wiesen mit 17,8 % bzw. 25,5 % signifikant unterdurchschnittliche Befallswerte auf. Der Befall der Sorten Skater, Tommy, Biscay und Terrier lagen zwischen 33,8 % und 40,7 %. Der signifikant höchste Befall wurde bei der Sorte Drifter mit 54,9 % festgestellt. Die Verdreifachung des Befallsniveaus von 11,1 % auf 36,0 wurde durch ein verstärktes Auftreten aller sechs *Fusarium*-Arten bewirkt. *F. avenaceum* war mit 8,4 % wieder die häufigste Art, dicht gefolgt von *F. culmorum* mit 8,1 %, sowie *F. graminearum* mit 6,8 %, *F. tricinctum* mit 5,8 % und *F. poae* mit 4,4 %. Die Zunahme der einzelnen Arten fiel jedoch recht unterschiedlich aus. Die Zahl der mit *F. graminearum* infizierten Körner verdoppelte sich knapp, die der mit *F. avenaceum*, *F. poae* und *F. tricinctum* nahm auf das Dreifache zu. Noch stärker war die Zunahme von *F. culmorum* mit einer Versiebenfachung des Kornbefalls mit dieser Art.



Trotz der geringen Niederschläge in Ascheberg verdreifachte sich der Befall gegenüber dem Vorjahr auf über 32% und lag damit doppelt so hoch wie im Jahr 2001. Durch diesen hohen Befall ergab sich auch ein deutlicher Unterschied zwischen den untersuchten Sorten. Durch die signifikant weniger befallenen Sorten Winnetou (8,8 %) und Sorte Magnus (13,8 %) wurde der durchschnittliche Befall deutlich gesenkt. Die Befallswerte der anderen Sorten variierten zwischen 35,8 % (Skater) und 49 % (Drifter). Mit der Zunahme des Befalls kam es auch zu einer deutlichen Veränderung im Auftreten der einzelnen Arten. Mit 10,8 % befallener Körner war *F. tricinctum* nun die häufigste Art, gefolgt von *F. poae* und *F. avenaceum*. Nach 3,6 % im Vorjahr war *F. graminearum* mit 3,3 % die einzige Art, deren Häufigkeit abnahm.

Bei niedrigeren Niederschlägen und höheren Temperaturen verdreifachte sich der Befall in Lage-Ohrsen auf 25,5 % und lag damit fast doppelt so hoch wie im Jahr 2001. Zwischen den Sorten gab es dadurch erhebliche Unterschiede. Doch im Gegensatz zu Ascheberg lagen die Befallswerte von fünf der sieben Sorten unter dem Durchschnitt, der durch Drifter, mit 52,0 % signifikant am höchsten befallen, und Terrier deutlich angehoben wurde. Mit dem dreifachen Befall traten auch fast alle *Fusarium*-Arten des Vorjahres häufiger auf. Wie in den beiden vorangegangenen Jahren war *F. avenaceum* die häufigste Art. Danach folgten *F. culmorum* und *F. graminearum*, während *F. poae*, *F. tricinctum* und *F. cerealis* etwas seltener auftraten. Während *F. graminearum*, *F. avenaceum* und *F. tricinctum* gegenüber dem Vorjahr ungefähr 2,5mal häufiger auftraten, nahmen *F. culmorum* um das sechzehnfache und *F. cerealis* um das sechsfache zu. Nur die Befallshäufigkeit der Körner mit *F. poae* blieb konstant.

Trotz der niedrigen Niederschläge wurde in Haus Düsse ein extremer Befallsanstieg auf über 64 % im Mittel beobachtet. Dies entsprach einer Verfünffachung gegenüber dem Jahr 2002 und einer Verdreifachung gegenüber dem Jahr 2001. Zwischen den Sorten ergaben sich daher auch signifikante Unterschiede in der Befallshäufigkeit. Während bei fünf Sorten der Kornbefall nahe dem Mittelwert lag, wiesen zwei Sorten signifikante Abweichungen auf. Der Kornbefall der Sorte Biscay war mit 90,5 % der signifikant höchste, der der Sorte Winnetou mit 30,0 % der signifikant niedrigste. Die beteiligten *Fusarium*-Arten waren in ganz unterschiedlichem Maße an der Befallssteigerung beteiligt. Die häufigste Art wurde *F. culmorum* mit einem Anstieg von 1,7 % auf 21,3 %, gefolgt von *F. graminearum* mit 16,7 % (2002: 5,2 %) und *F. avenaceum* mit 14,2 % (2002: 2,1 %). Auffällig war der stark erhöhte Anteil von *F. cerealis* von 6,0 % nach 0,2 % im Vorjahr, wodurch sie zur vierthäufigsten Art wurde.

### 3.2.3.2 Rheinland

Im Gegensatz zu Westfalen waren die Niederschläge im Rheinland höher als im Vorjahr. Entsprechend der gegenläufigen Entwicklungen an den beiden Standorten Kerpen-Buir und Neukirchen-Vluyn, blieb der durchschnittliche Kornbefall mit *Fusarium* spp. im Rheinland mit 4,6 % konstant. Zwischen den Sorten kam es zu größeren Unterschieden, die aber nicht signifikant waren. Die Sorten Winnetou und Tommy wiesen mit rund 2 % den niedrigsten, die Sorte Biscay mit knapp 9 % den höchsten Kornbefall auf. Die unterschiedliche Entwicklung an den beiden Standorten machte sich auch in der Zusammensetzung der Arten bemerkbar. Die Anteile von *F. poae* und *F. tricinctum* verdoppelten sich auf 1,6 % bzw. 0,6 %, während *F. avenaceum* fast um die Hälfte sank. Die Befallshäufigkeiten mit *F. culmorum* und *F. graminearum* lagen geringfügig unter denen des Vorjahres.

Trotz der höheren Niederschläge sank die Befallshöhe in Kerpen-Buir auf 1,7 %, dem gleichen Stand wie in 2001, und erreichte nur ein Viertel des Vorjahreswertes. Aufgrund des niedrigen Befallsniveaus wurden auch keine signifikanten Unterschiede zwischen den Sorten festgestellt. Der Anteil mit *F. avenaceum* befallener Körner sank um gut zwei Drittel, der Anteil von *F. poae* halbierte sich, während der Anteil von *F. tricinctum* gleich blieb. Die im Vorjahr regelmäßig auftretenden Arten *F. graminearum* und *F. culmorum* traten nur vereinzelt auf.

Vom Ährenschieben bis Blüteende fiel in Neukirchen-Vluyn mehr Niederschlag als in den Vorjahren, wobei sie sich vor allem auf zwei Starkregenereignisse Anfang Juni konzentrierten. So kam es hier, wie an den westfälischen Standorten, mit 7,6 % zu einer Verdreifachung des Befalls gegenüber 2002, jedoch auf einem deutlich niedrigeren Niveau. Zwischen den Sorten zeigten sich z.T. erhebliche Unterschiede im Kornbefall. Die Sorten Tommy signifikant mit 2,3 %, sowie Winnetou und Skater lagen unter, Terrier und Magnus knapp über dem Durchschnitt, während Drifter und Biscay (15,5 %, signifikant) stark befallen waren. Diese Zunahme des Befalls resultierte aus dem verstärkten Auftreten mehrerer Arten. Die ohnehin häufigste Art *F. poae* verdreifachte sich auf 2,9 % und auch *F. avenaceum*, *F. culmorum* und *F. tricinctum* verdoppelten bis verdreifachten sich gegenüber dem Vorjahr und *F. graminearum* trat mit 1,0 % um eine vielfaches häufiger auf (2002: 0,1 %).

### 3.2.4 Einfluss von Standort, Vorfrucht und Jahr

Auf das Auftreten von Ährenfusariosen haben zahlreiche Faktoren einen Einfluss. Dazu gehören neben den Sorteneigenschaften wie *Fusarium*-Resistenz und Pflanzenlänge, die in einem späteren Kapitel besprochen werden, auch standorttypische Faktoren wie Witterung, Vorfrucht, Boden und Bodenbearbeitung, die einen Einfluss auf das lokale Inokulum-Potential des jeweiligen Jahres haben.

### 3.2.4.1 Einfluss des Standortes

Im Durchschnitt aller Untersuchungsjahre unterschieden sich die Anteile der einzelnen *Fusarium*-Arten am Gesamtbefall zwischen den verschiedenen Standorten z.T. signifikant, wie man an der folgenden Tabelle 14 entnehmen kann. So trat *F. graminearum* mit 31,7 % Anteil in Haus Düsse signifikant am häufigsten auf, gefolgt von den beiden anderen westfälischen Standorten Lage-Ohrsen und Ascheberg. An den beiden rheinischen Standorten Neukirchen-Vluyn und Kerpen-Buir lagen die Anteile mit 7,2 % bzw. 6,2 % sehr niedrig. Für den Anteil von *F. culmorum* ergab sich wiederum ein etwas anderes Bild. Zwar war auch diese Art mit 18,4 % in Haus Düsse am häufigsten vertreten, eng gefolgt von Neukirchen Vluyn sowie Lage-Ohrsen, während die Anteile in Ascheberg und in Kerpen-Buir unter 10 % lagen. Der Anteil von *F. avenaceum* lag in Kerpen-Buir mit fast 50 % mit Abstand am höchsten, gefolgt von Lage-Ohrsen, dann Ascheberg und Haus Düsse und schließlich Neukirchen-Vluyn. Der Anteil von *F. poae* lag mit über 40 % in Neukirchen-Vluyn am höchsten, dann schon signifikant weniger in Ascheberg und Lage-Ohrsen und in Haus Düsse und Kerpen-Buir noch deutlich niedriger. Für *F. tricinctum* war der Anteil in Ascheberg mit 19,9 % am Gesamtbefall signifikant am höchsten, gefolgt von den anderen Standorten mit Anteilen von 11,6 % (Haus Düsse) bis 6,2 % (Neukirchen-Vluyn).

Tab. 15: Durchschnittlicher Anteil der *Fusarium*-Arten am Kornbefall von Winterweizen.

	Kerpen-Buir	Nk.-Vluyn	Ascheberg	Haus Düsse	Lage-Ohrsen
<i>F. graminearum</i>	6,2 c <sup>1</sup>	7,2 c	17,7 b	31,7 a	19,5 b
<i>F. culmorum</i>	6,4 b	16,6 ab	9,2 b	18,4 a	11,9 ab
<i>F. avenaceum</i>	47,9 a	15,8 d	26,3 c	21,8 cd	34,4 b
<i>F. poae</i>	12,4 c	45,0 a	24,7 b	11,9 c	23,5 b
<i>F. tricinctum</i>	8,6 bc	6,2 c	19,9 a	11,6 b	6,5 c
<i>F. cerealis</i>	2,3 a	2,0 a	1,7 a	3,6 a	3,0 a

<sup>1</sup> Zahlen mit verschiedenen Buchstaben unterscheiden sich signifikant zwischen den Standorten (Tamhane-T2, p=0.05)

### 3.2.4.2 Einfluss von Jahr und Vorfrucht

Durch den Pflugeinsatz an allen Standorten wurde das lokale Inokulum-Potential durch Witterung und Vorfrucht beeinflusst, die aufgrund der Versuchsanlage nicht zu trennen waren. Der durchschnittliche Anteil der einzelnen *Fusarium*-Arten unterschied sich an den einzelnen Standorten z.T. signifikant von Jahr zu Jahr.

Trotz der in allen Jahren gleich gebliebenen Fruchtfolge Wintergerste-Winterraps-Winterweizen schwankte nicht nur der der Gesamtbefall signifikant zwischen 15,2 % (2001), 11,7 % (2002) und 32,3 % (2003), sondern auch die anteilmäßige Zusammensetzung zeigte erhebliche Unterschiede. So lag z.B. der Anteil von *F. graminearum* im Jahr 2001 bei

knapp 12 %, in 2002 signifikant höher bei 30 % und im Jahr 2003 mit knapp 11 % wieder auf dem Niveau von 2001, während *F. poae* sich entgegengesetzt verhielt. Die Anteile von *F. culmorum* nahmen ebenso von 2001 bis 2003 zu, wie die von *F. tricinctum*, während *F. avenaceum* signifikant abnehmende Anteile aufwies. Die Anteile von *F. cerealis* lagen ohne signifikante Unterschiede in den drei Jahren bei 1-2 %. Die Anteile und signifikanten Unterschiede sind in der folgenden Tabelle 16 zusammengestellt:

Tab. 16: Durchschnittlicher Anteil der *Fusarium*-Arten am Kornbefall im Winterweizen in Ascheberg

Jahr	<i>F. graminearum</i>	<i>F. culmorum</i>	<i>F. avenaceum</i>	<i>F. poae</i>	<i>F. tricinctum</i>	<i>F. cerealis</i>
2001	11,9 b <sup>1</sup>	4,9 a	35,0 a	36,6 a	8,8 b	1,4 a
2002	30,4 a	11,0 a	23,8 b	11,4 c	20,7 a	1,5 a
2003	10,7 b	11,7 a	20,2 b	26,2 b	30,0 a	2,3 a
'01-'03	17,7	9,2	26,3	24,7	19,9	1,7

<sup>1</sup> Zahlen mit verschiedenen Buchstaben unterscheiden sich signifikant zwischen den Standorten (Tamhane-T2, p=0.05)

In dem Jahren 2001 und 2002 war am Standort Haus Düsse mit Mais als Vorfrucht der Kornbefall mit 20,6 % bzw. 12,7 % zwar der höchste von allen untersuchten Standorten, doch im Jahr 2003 kam es nach der Vorfrucht Zuckerrüben zu dem extrem hohen Kornbefall von 64,4 %. Sowohl die innerhalb der ersten beiden Jahre, als auch nach dem Vorfruchtwechsel kam es zu signifikanten Veränderungen innerhalb der durchschnittlichen Anteile der *Fusarium*-Arten am Befall der Parzellen. In allen Untersuchungsjahren lagen in Haus Düsse die Anteile von *F. graminearum* am höchsten von allen Standorten, wobei im Jahr 2002 bei dem geringsten Gesamtbefall der Anteil signifikant am höchsten war als in den anderen Jahren. Einen ähnlichen Verlauf zeigte *F. tricinctum*, während entgegengesetzt die Anteile von *F. culmorum*, *F. avenaceum* und *F. cerealis* von 2001 zu 2002 abnahmen, um dann im Jahr 2003 knapp über den Anteil von 2001 zuzunehmen, wobei jedoch nur für *F. avenaceum* eine signifikante Verringerung im Jahr 2002 festgestellt wurde. Nur die Anteile von *F. poae* gingen kontinuierlich zurück, wie man der folgenden Tabelle 17 entnehmen kann.

Tab. 17: Durchschnittlicher Anteil der *Fusarium*-Arten am Kornbefall im Winterweizen in Haus Düsse

Jahr	<i>F. graminearum</i>	<i>F. culmorum</i>	<i>F. avenaceum</i>	<i>F. poae</i>	<i>F. tricinctum</i>	<i>F. cerealis</i>
2001	23,5 b <sup>1</sup>	17,2 a	26,4 a	17,8 a	9,6 b	3,5 a
2002	39,5 a	13,1 a	15,5 b	11,4 a	16,0 a	1,9 a
2003	27,9 b	30,7 a	27,6 a	4,4 b	6,0 b	7,4 a
01-03	31,7	18,4	21,8	11,9	11,6	3,6

<sup>1</sup> Zahlen mit verschiedenen Buchstaben unterscheiden sich signifikant zwischen den Standorten (Tamhane-T2, p=0.05)

In Lage-Ohrsen lag der Kornbefall bei 13,8 % im Jahr 2001 und bei 8,9 % im Jahr 2002 mit der Vorfrucht Kartoffel um im Jahr 2003 nach der Vorfrucht Zuckerrüben auf 25,5 % zuzunehmen. Wie in Haus Düsse kam es sowohl zwischen den beiden ersten Jahren, als auch nach dem Vorfruchtwechsel zu Verschiebungen zwischen den *Fusarium*-Arten.

In allen drei Untersuchungsjahren blieb der Anteil von *F. avenaceum* in Lage-Ohrsen mit 34-35% äußerst konstant und wies damit im Mittel den zweithöchsten Anteil dieser Art nach Kerpen-Buir auf. Auch die Anteile von *F. tricinctum* blieben mit 5,4-7,4 % zwischen in den Jahren relativ konstant. Die Anteile von *F. graminearum* nahmen signifikant von 2001 auf rund 24% im Jahr 2002 zu und blieben 2003 auf demselben Niveau. Die Anteile von *F. poae* nahmen jedes Jahr signifikant zum Vorjahr ab, während die Anteile von *F. culmorum* nach 5-7 % in den Jahren 2001 und 2002, explosionsartig im Jahr 2003 auf rund 24 % zunahmen. Die Anteile von *F. cerealis* nahmen geringfügig aber kontinuierlich von 1 % auf 4 % zu.

Tab. 18: Durchschnittlicher Anteil der *Fusarium*-Arten am Kornbefall im Winterweizen in Lage-Ohrsen

Jahr	<i>F. graminearum</i>	<i>F. culmorum</i>	<i>F. avenaceum</i>	<i>F. poae</i>	<i>F. tricinctum</i>	<i>F. cerealis</i>
2001	12,2 b <sup>1</sup>	7,4 b	34,2 a	37,0 a	6,7 a	1,1 b
2002	24,3 a	4,8 b	34,3 a	24,2 b	7,3 a	3,6 ab
2003	22,1 a	23,5 a	34,8 a	9,4 c	5,4 a	4,3 a
01-03	19,5	11,9	34,4	23,5	6,5	3,0

<sup>1</sup> Zahlen mit verschiedenen Buchstaben unterscheiden sich signifikant zwischen den Standorten (Tamhane-T2, p=0.05)

Der Kornbefall am Standort Kerpen-Buir mit *Fusarium* spp. stieg von 1,4 % nach der Vorfrucht Kartoffel im Jahr 2001 auf 7,3% im Jahr 2002 mit der Vorfrucht Zuckerrüben an und ging im Jahr 2003 ebenfalls nach der Vorfrucht Zuckerrüben wieder auf 1,4 % zurück. In Kerpen-Buir war *F. avenaceum*, mit kontinuierlich zunehmenden Anteilen ohne signifikante

Unterschiede, die mit Abstand häufigste Art. Nach dem Vorfruchtwechsel von 2001 nach 2002 nahmen die Anteile von *F. graminearum* und von *F. culmorum* zu, um im zweiten Jahr mit der Vorfrucht Zuckerrüben wieder auf den Ausgangswert zurückzugehen, während die Anteile von *F. tricinctum* abnahmen, um im dritten Jahr wieder zuzunehmen. Wie auch in Lage-Ohrsen und Haus Düsse nahm der Anteil von *F. poae* kontinuierlich ab, wobei sich jedoch nur die Anteile der Jahre 2001 und 2003 sich signifikant unterschieden, während der Anteil von *F. cerealis* dagegen geringfügig zunahm.

Tab. 19: Durchschnittlicher Anteil der *Fusarium*-Arten am Kornbefall im Winterweizen in Kerpen-Buir

Jahr	<i>F. graminearum</i>	<i>F. culmorum</i>	<i>F. avenaceum</i>	<i>F. poae</i>	<i>F. tricinctum</i>	<i>F. cerealis</i>
2001	3,6 b <sup>1</sup>	2,8 b	41,8 a	23,4 a	19,2 a	0,0 a
2002	18,2 a	14,3 a	48,4 a	10,8 ab	2,5 b	1,6 a
2003	0,0 a	2,1 b	58,8 a	6,5 b	7,7 b	7,0 a
'01-'03	6,2	6,4	49,6	13,6	9,8	2,9

<sup>1</sup> Zahlen mit verschiedenen Buchstaben unterscheiden sich signifikant zwischen den Standorten (Tamhane-T2, p=0.05)

In Neukirchen-Vluyn wurde bei der gleichen Fruchtfolge wie am Standort Haus Düsse in dem Jahren 2001 und 2002 Mais und im Jahr 2003 Zuckerüben als Vorfrucht angebaut. Wenn auch auf geringerem Niveau mit 1,2 % bzw. 2,4 % Kornbefall in den Jahren 2001 und 2002, schließlich im Jahr 2003 der signifikant höchste Befall, hier mit 7,8 %, nach Zuckerrüben beobachtet. In allen Untersuchungsjahren gab es mit *F. poae* mit Anteilen eine dominierende Art, wobei die signifikant. Einander ähnliche Verläufe zeigten *F. avenaceum* und *F. culmorum*, deren Anteile von 2001 zu 2002 zunahmen und dann wieder auf den Ausgangswert zurückgingen, ohne dass signifikante Unterschiede auftraten. Die Anteile von *F. graminearum* und *F. cerealis* nahmen kontinuierlich im Verlauf der Jahre zu und der Anteil von *F. tricinctum* erhöhte sich signifikant von 1 % in 2001 auf rund 9 % in 2002.

Tab. 20: Durchschnittlicher Anteil der *Fusarium*-Arten am Kornbefall im Winterweizen in Neukirchen-Vluyn

Jahr	<i>F. graminearum</i>	<i>F. culmorum</i>	<i>F. avenaceum</i>	<i>F. poae</i>	<i>F. tricinctum</i>	<i>F. cerealis</i>
2001	2,3 b <sup>1</sup>	14,3 a	12,9 a	68,8 a	0,9 b	0,0 b
2002	4,5 b	24,3 a	20,4 a	34,6 b	9,4 a	2,3 ab
2003	14,8 a	14,8 a	14,1 a	42,2 b	8,3 a	3,5 a
'01-'03	7,2	17,8	15,8	48,6	6,2	2,0

<sup>1</sup> Zahlen mit verschiedenen Buchstaben unterscheiden sich signifikant zwischen den Standorten (Tamhane-T2, p=0.05)

### 3.2.4.3 Jahr

Betrachtet man die durchschnittlichen Anteile der einzelnen *Fusarium*-Arten, so ergeben sich zwischen den einzelnen Jahren z.T. deutliche Unterschiede. Mit einem durchschnittlichen Anteil von rund 9 % lag die Art *F. graminearum* im Jahr 2001 auf dem selben Niveau wie die Arten *F. culmorum* und *F. tricinctum*, nahm im Jahr 2002 signifikant zu, während die beiden anderen Arten einen geringeren Anstieg zu verzeichnen hatten. Im Jahr 2003 lag der Anteil von *F. graminearum* zwischen den Werten der Vorjahre, während die Anteile von *F. culmorum* und *F. tricinctum* sich noch leicht erhöhten. Die Art *F. poae*, die im Jahr 2001 die häufigste Art war, nahm signifikant zum Jahr 2002 auf einen Anteil von knapp 19 % ab, der sich im Jahr 2003 kaum veränderte. Im Gegensatz dazu blieben die Anteile von *F. avenaceum* nahezu konstant.

Tab. 21: Durchschnittlicher Anteil der *Fusarium*-Arten am Kornbefall im Winterweizen in den Jahren 2001- 2003

Jahr	<i>F. graminearum</i>	<i>F. culmorum</i>	<i>F. avenaceum</i>	<i>F. poae</i>	<i>F. tricinctum</i>	<i>F. cerealis</i>
2001	9,3 c <sup>1</sup>	8,9 b	30,3 a	37,9 a	9,0 a	1,0 b
2002	23,4 a	13,5 ab	28,5 a	18,5 b	11,2 a	2,2 b
2003	13,7 b	15,0 a	31,5 a	19,2 b	12,1 a	4,6 a
'01-'03	15,6	12,4	30,0	25,1	10,8	2,6

<sup>1</sup> Zahlen mit verschiedenen Buchstaben unterscheiden sich signifikant zwischen den Standorten (Tamhane-T2, p=0.05)

### 3.2.4.4 Vorfrucht

Die Zusammensetzung der *Fusarium*-Arten am Befall in Nordrhein- Westfalen variierte nicht nur zwischen den Untersuchungsjahren und verschiedenen Vorfrüchten, sondern bei gleicher Vorfrucht.

Nach der Vorfrucht Kartoffel trat *F. avenaceum* als häufigste Art auf, gefolgt von *F. poae*, *F. graminearum* und *F. tricinctum*, sowie *F. culmorum* und *F. cerealis*. Auch nach der Vorfrucht Zuckerrübe war *F. avenaceum* mit rund 39 % die häufigste Art. Danach kamen *F. graminearum*, *F. culmorum* und *F. poae* mit Anteilen von 13-18 % etwa gleich häufig von, sowie auch *F. tricinctum* und *F. cerealis* mit 6 % bzw. 4 %. Etwas anders sieht das Bild nach Mais als Vorfrucht aus. Hier war *F. poae* mit rund 34 % die häufigste Art, gefolgt von *F. graminearum* mit knapp 20 % und *F. culmorum* bzw. *F. avenaceum* mit rund 15-17 %. Bei der nur am Standort Ascheberg angebauten Vorfrucht Raps waren mit Anteilen von rund 25-26 % *F. poae* und *F. avenaceum* die häufigsten Arten. Als dritthäufigste Art trat *F. tricinctum* auf, knapp vor *F. graminearum*. Eher selten kamen *F. culmorum* und *F. cerealis* vor.

Die im Durchschnitt häufigste Art *F. avenaceum* trat nach den Vorfrüchten Kartoffeln und Zuckerrübe signifikant häufiger auf als bei Raps oder dem signifikant niedrigsten Anteil nach Mais. Die anteilmäßig zweithäufigste Art *F. poae* war signifikant häufiger nach der Vorfrucht Mais zu finden, als nach Raps, während er nach Kartoffeln dazwischen lag. Signifikant am seltensten trat *F. poae* nach Zuckerrübe auf. Auch *F. graminearum* war nach Mais am häufigsten vertreten, jedoch nicht signifikant häufiger als nach Raps, die sich nur signifikant von den 12 % nach Kartoffeln, nicht aber von den 13 % nach Zuckerrüben unterschieden. Am häufigsten kam *F. culmorum* nach Zuckerrüben vor und somit signifikant häufiger nach Raps, während die rund 15 % nach Mais eine Mittelstellung einnahmen. Am signifikant seltensten war *F. culmorum* nach Kartoffeln zu finden. Die Art *F. tricinctum* war mit rund 20 % nach der Vorfrucht Raps signifikant häufiger vertreten als nach den anderen Vorfrüchten, die sich nicht signifikant unterschieden. Trotz der nur geringen Unterschiede zwischen den einzelnen Vorfrüchten kam *F. cerealis* nach Zuckerrübe öfter vor als nach den Vorfrüchten Kartoffeln, Raps oder Mais.

Tab. 22: Durchschnittlicher Anteil der *Fusarium*-Arten am Kornbefall im Winterweizen in NRW nach verschiedenen Vorfrüchten

Vorfrucht	<i>F. graminearum</i>	<i>F. culmorum</i>	<i>F. avenaceum</i>	<i>F. poae</i>	<i>F. tricinctum</i>	<i>F. cerealis</i>
Kartoffel	12,3 c <sup>1</sup>	5,0 c	36,7 a	28,2 ab	11,1 b	1,5 b
Zuckerrübe	13,0 bc	17,7 a	39,2 a	14,1 c	6,2 b	4,2 a
Mais	19,8 a	14,7 ab	16,6 c	36,4 a	8,6 b	2,1 ab
Raps	17,7 ab	9,2 b	26,3 b	24,7 b	19,8 a	1,7 b
Mittel	15,6	12,4	30,0	25,1	10,8	2,6

<sup>1</sup> Zahlen mit verschiedenen Buchstaben unterscheiden sich signifikant zwischen den Standorten (Tamhane-T2, p=0.05)

### 3.2.5 Korrelation des Auftretens verschiedener *Fusarium*-Arten

Der Befall und die Zusammensetzung des Artenspektrums variierten nicht nur zwischen den Jahren und Standorten sondern sogar zwischen den Anbauintensitäten und Wiederholungen der einzelnen Sorten. Trotzdem konnten an allen Standorten signifikante und enge Korrelationen zwischen verschiedenen Arten beobachtet werden.

#### 3.2.5.1 Westfalen

In Ascheberg war insbesondere das Auftreten der drei Arten *F. avenaceum*, *F. poae* und *F. tricinctum* mit Korrelationskoeffizienten zwischen 0,52 bis 0,62 eng miteinander korreliert. Weitere enge Korrelationen bestanden zwischen *F. culmorum* und *F. tricinctum* sowie zwischen *F. poae* und *F. cerealis*. Der Befall mit *F. graminearum* war mit den anderen Arten eher gering korreliert und mit *F. poae* konnte keine Korrelation nachgewiesen werden (s.



Anhang Tab.: 6.1). Auch in Haus Düsse kam es zu signifikanten Korrelationen zwischen dem Auftreten zahlreiche Arten, auch wenn die Korrelationskoeffizienten mit Ausnahme der Korrelationen zwischen *F. graminearum* und *F. avenaceum* mit 0,63 bzw. zwischen *F. tricinctum* und *F. cerealis* mit 0,61 meist etwas niedriger als in Ascheberg ausfielen. Insgesamt lagen in Haus Düsse enge Korrelationen zwischen den drei Arten *F. graminearum*, *F. culmorum* und *F. avenaceum*, während sich für *F. poae* keine Korrelationen zu anderen Arten zeigten. In Lage-Ohrsen kam es zu einem eng korrelierten Auftreten von vier *Fusarium*-Arten, nämlich *F. graminearum*, *F. culmorum*, *F. avenaceum* und *F. cerealis*. Dabei lagen die Korrelationskoeffizienten zwischen 0,46 für *F. graminearum* und *F. culmorum* und 0,72 für *F. culmorum* und *F. cerealis*. Auch hier konnte keine Korrelation von zwischen dem Auftreten von *F. poae* und anderen *Fusarium*-Arten beobachtet werden, während für *F. tricinctum* die Korrelationskoeffizienten zu den anderen Arten zwischen 0,26 und 0,45 lagen.

In Westfalen die Korrelationskoeffizienten zwischen den Jahren deutlich. Im Jahr 2001 war der Befall mit *F. avenaceum* und *F. graminearum* einerseits, bzw. von *F. graminearum* und *F. culmorum* eng korreliert, während das Vorkommen von *F. poae* oder *F. tricinctum* mit keiner anderen Art korreliert war. Im Jahr 2002 ergab sich eine besonders enge Korrelation zwischen *F. graminearum* und *F. culmorum*, das Vorkommen von *F. poae* war nur mit *F. avenaceum* nur schwach korrelierte. Im Jahr 2003 war wieder die Korrelation zwischen *F. graminearum* und *F. avenaceum* eng und zum ersten Mal war das Auftreten von *F. poae* sehr eng mit einer anderen Art, nämlich *F. tricinctum* korreliert. Insgesamt war über die Jahre 2001 bis 2003 das Auftreten von *F. graminearum*, *F. culmorum* und *F. avenaceum*, sowie *F. cerealis* eng miteinander verknüpft, ebenso wie *F. poae* und *F. tricinctum* und in einem geringeren Maße mit *F. avenaceum*, wie man in der Tabelle 23 sehen kann:

Tab. 23: Korrelation zwischen dem Auftreten einzelner *Fusarium*-Arten am Winterweizen in Westfalen

	<i>F. culmorum</i>	<i>F. avenaceum</i>	<i>F. poae</i>	<i>F. tricinctum</i>	<i>F. cerealis</i>
<i>F. graminearum</i>	0,492**	0,570**	0,020	0,171**	0,385**
<i>F. culmorum</i>		0,413**	-0,020	0,090	0,191**
<i>F. avenaceum</i>			0,256**	0,310**	0,126
<i>F. poae</i>				0,512**	0,101
<i>F. tricinctum</i>					0,160*
N	230	230	230	230	230

(Pearson, zweiseitig: \* signifikant, p=0.05; \*\* p=0.01)

### 3.2.5.2 Rheinland

In Kerpen-Buir dominierte in allen Untersuchungsjahren *F. avenaceum* und wies mit *F. graminearum*, *F. culmorum* und *F. poae* signifikante Korrelationen mit hohen Korrelationskoeffizienten von 0,54 bis 0,76 auf. Im Gegensatz dazu konnten mit *F. tricinctum* und *F. cerealis* keine Korrelationen beobachtet werden. Im Gegensatz zu den westfälischen Standorten ergaben sich in Kerpen-Buir neben den engen Korrelationen zwischen *F. graminearum*, *F. culmorum* und *F. avenaceum* auch signifikante Korrelationen zwischen diesen Arten und *F. poae*. Das Auftreten von *F. tricinctum* war nur mit dem von *F. poae* korreliert und dies nur in einem geringen Maße, während *F. cerealis* mit keiner anderen Art korreliert auftrat. In Neukirchen-Vluyn wies die dominierende Art *F. poae*, mit Ausnahme von *F. cerealis*, signifikante Korrelationen mit hohen Korrelationskoeffizienten von 0,46 bis 0,66 mit allen anderen *Fusarium*-Arten auf. Zu einen traten zwischen *F. tricinctum*, *F. avenaceum* und *F. poae* hohe Korrelationskoeffizienten auf, zum anderen zwischen *F. graminearum* und *F. poae* bzw. *F. cerealis*.

Wie in Westfalen lagen auch im Rheinland in einem Jahr signifikante Korrelationen vor, die in anderen Jahren fehlten. So traten 2001 *F. avenaceum* und *F. tricinctum* als einzige Arten miteinander korreliert auf. Mit dem höheren Befall in Kerpen-Buir im Jahr 2002 kam *F. avenaceum* eng korreliert mit *F. graminearum* und *F. culmorum* vor, etwas schwächer zwischen *F. poae* und *F. tricinctum*. Im Jahr 2003 trat *F. poae* sehr eng korreliert mit *F. tricinctum*, *F. culmorum* und *F. graminearum* auf. Weitere signifikante Korrelationen gab es zwischen *F. graminearum* und *F. culmorum* bzw. *F. cerealis*, sowie zwischen *F. avenaceum* und *F. tricinctum*. Auch wenn im Rheinland fast alle *Fusarium*-Arten miteinander korreliert auftraten, wie man der folgenden Tabelle 24 entnehmen kann, ergab sich wie in Westfalen eine hoher Korrelationskoeffizient zwischen *F. tricinctum* und *F. poae*. Auch zwischen den drei Arten *F. graminearum*, *F. culmorum* und *F. avenaceum* zeigte sich eine enger Zusammenhang.

Tab. 24: Korrelation zwischen dem Auftreten einzelner *Fusarium*-Arten am Winterweizen im Rheinland

	<i>F. culmorum</i>	<i>F. avenaceum</i>	<i>F. poae</i>	<i>F. tricinctum</i>	<i>F. cerealis</i>
<i>F. graminearum</i>	0,522**	0,438**	0,413**	0,242**	0,364**
<i>F. culmorum</i>		0,510**	0,415**	0,275**	0,280**
<i>F. avenaceum</i>			0,160*	0,227**	0,077
<i>F. poae</i>				0,614**	0,123
<i>F. tricinctum</i>					0,090
N	168	168	168	168	168

(Pearson, zweiseitig: \* signifikant, p=0.05; \*\* p=0.01)

### 3.2.5.3 Nordrhein-Westfalen

Trotz der Unterschiede im Befallsniveau der beiden Regionen oder Dominanz einzelner Arten an den Standorten im Rheinland ergibt sich für Auftreten der meisten *Fusarium*-Arten eine signifikante Korrelation. *F. graminearum* besaß mit allen anderen Arten eine signifikante Korrelation, wobei das Vorkommen von mit dem von *F. avenaceum* und *F. culmorum* eng, mit *F. cerealis* geringer und am geringsten mit dem von *F. poae* oder *F. tricinctum* korreliert war. Weitere enge Korrelationen bestanden zwischen *F. poae* und *F. tricinctum*, sowie zwischen *F. graminearum* und *F. culmorum*. Keine Korrelation dagegen bestand nur zwischen *F. poae* und *F. culmorum*. Insgesamt lassen sich für ganz Nordrhein-Westfalen, wie für beide Regionen für das Auftreten der *Fusarium*-Arten zwei Gruppen unterscheiden. Eine Gruppe sind die Arten *F. graminearum*, *F. culmorum*, *F. avenaceum* und eingeschränkt *F. cerealis*. Zu der zweiten Gruppe gehören *F. poae* und *F. tricinctum*, sowie auch *F. avenaceum*, welche beide Gruppen verbindet.

### 3.3 Einfluss der Sortenresistenz auf den Befall

Aufgrund des wechselnden Sortenspektrums in den Landessortenversuchen wurden die Sorten entsprechend ihrer Einstufung nach der Bundessortenliste ausgewählt und auf eine Korrelation zwischen ihrer Einstufung und dem Kornbefall untersucht. Um die z.T. sehr unterschiedlichen Befallswerte miteinander vergleichen zu können, wurde für die Berechnung die relative Befallshäufigkeit der einzelnen Sorte im Vergleich zum Jahresmittel verwendet. Alle relativen Befallswerte der jeweiligen Bezugsebene wurden auf eine Korrelation mit der Resistenzeinstufung der entsprechenden Sorten geprüft.

#### 3.3.1 Einfluss auf die Befallshäufigkeit

Wie sich schon in der Darstellung der Befallsergebnisse der einzelnen Standorte und Jahre zeigte, variierten die Befallsunterschiede zwischen den einzelnen Sorten erheblich. Trotzdem wurden für einzelne Standorte und Jahre signifikante Korrelation zwischen Sorteneinstufung und relativer Befallshäufigkeit festgestellt. Bei Standorten mit geringen Befallsunterschieden konnte eine Signifikanz trotz relativ hoher Koeffizienten nicht festgestellt werden (Tab.: s. Anhang 6.2).

#### Westfalen

Für Westfalen ergab sich über die verschiedenen Jahre und Standorte ein sehr heterogenes Bild. Im Jahr 2001 lag im Mittel in Westfalen die Korrelation zwischen relativer Befallshöhe und Sorteneinstufung bei 0,27 und variierte zwischen der signifikanten Korrelation von 0,33 in Ascheberg bis 0,20 in Lage-Ohrsen. Im Jahr 2002 lagen an allen Standorten und damit auch in ganz Westfalen mit 0,40 die Korrelationen signifikant, wie man der nachfolgenden Tabelle 25 entnehmen kann. Sie lagen in Lage-Ohrsen bei 0,54, in Haus Düsse bei 0,42 und in Ascheberg bei 0,35. Im Jahr 2003 war nur in Lage-Ohrsen mit 0,47 eine signifikante

Korrelation gegeben, so dass Westfalen keinerlei Korrelation festgestellt wurde. Insgesamt gab es an jedem Standort im Mittel der drei Jahre eine signifikante Korrelation zwischen dem relativen Kornbefall und der Sorteneinstufung. Die Korrelation variierte zwischen 0,21 in Ascheberg, 0,27 in Haus Düsse und 0,35 in Lage-Ohrsen, was einer mittleren Korrelation von 0,27 für ganz Westfalen entsprach.

### Rheinland

Im Jahr 2001 gab es in Kerpen-Buir eine signifikante Korrelation mit einem Koeffizienten von 0,49 zwischen relativem Sortenbefall und Sorteneinstufung, während in Neukirchen-Vluyn aufgrund des niedrigen Befalls für einen Koeffizienten von 0,31 eine Signifikanz nachgewiesen werden konnte. Damit lag im Rheinland eine signifikante Korrelation mit einem Korrelationskoeffizienten von 0,40 vor. Im Jahr 2002 kam es in Kerpen-Buir zu keiner signifikanten Korrelation, während in Neukirchen-Vluyn ein signifikanter Zusammenhang festgestellt wurde. Damit lag der Korrelationskoeffizient für das Rheinland bei 0,37. Im Jahr 2003 konnte an keinem der beiden Standorte eine signifikante Korrelation beobachtet werden. In Neukirchen-Vluyn lag der Korrelationskoeffizient bei 0,19, war in Kerpen-Buir mit -0,30 aber negativ, was für das Rheinland eine Gesamtkorrelation von -0,06 bedeutete. Trotz der jeweils nur einmalig an jedem Standort nachgewiesenen signifikanten Korrelation, lag an beiden Standorten über alle Jahre die signifikante, positive Korrelation vor und zwar in Kerpen-Buir mit 0,22 und in Neukirchen-Vluyn mit 0,31. Für das Rheinland ergab sich damit eine signifikante Korrelation von 0,26.

### Nordrhein-Westfalen

Für Nordrhein-Westfalen gab es in den Untersuchungsjahren 2001 und 2002 insgesamt eine signifikante positive Korrelation zwischen Sorteneinstufung und relativem Kornbefall. Im Jahr 2001 lag dieser Wert bei 0,33 und im Jahr 2002 bei 0,39. In 2003 konnte, mit Ausnahme des Standortes Lage-Ohrsen, keine Korrelation dieser Werte festgestellt werden. Im Mittel aller Jahre waren die Korrelationskoeffizienten in beiden Regionen nahezu identisch, was im Mittel in Nordrhein-Westfalen einer Gesamtkoeffizienten von 0,26 ergab.

Tab. 25: Korrelation zwischen Sorteneinstufung und Kornbefall mit *Fusarium* spp. im Winterweizen in NRW

Jahr	Westfalen	Rheinland	NRW
2001	0,27** (n=76)	0,40** (n=56)	0,33** (n=132)
2002	0,40** (n=84)	0,37** (n=56)	0,39** (n=140)
2003	0,19 (n=70)	0,06 (n=56)	0,08 (n=126)
`01-`03	0,27** (n=230)	0,26** (n=168)	0,26** (n=398)

(Pearson, zweiseitig: \* signifikant, p=0.05; \*\* p=0.01)

### 3.3.2 Einfluss auf die Artenzusammensetzung

Um den Einfluss der Sorteneinstufung auf das Auftreten der verschiedenen *Fusarium*-Arten bestimmen zu können, wurde für jede Sorte und Jahr die Anteil jeder *Fusarium*-Art am Gesamtbefall einer Parzelle ermittelt auf eine Korrelation zur Resistenzeinstufung der Sorten geprüft. Dabei konnte keinerlei Einfluss der Resistenzeinstufung auf das Artenspektrum ermittelt werden.

#### 3.3.2.1 Einfluss der Sorte auf die Artenzusammensetzung

Die Resistenzeinstufung der Sorten gibt jedoch keine Auskunft über die an der Pathogen-Abwehr beteiligten Resistenzmechanismen, die unterschiedlich auf die verschiedenen *Fusarium*-Arten wirken können. Um eine besondere Anfälligkeit einzelner Sorten gegenüber einer speziellen *Fusarium*-Art zu überprüfen, wurden die mehrjährig in der Untersuchung vorhandenen Weizensorten auf Unterschiede in der Artenzusammensetzung ihres Kornbefalls gegenüber dem gesamten Sortiment untersucht. Die Befallsdaten der einzelnen Sorten wurden mit Anova auf signifikante Differenzen zum Mittel aller Sorten geprüft.

#### Drifter 2001-2003

Die Sorte Drifter war die einzige der untersuchten Sorten, die in allen drei Jahren in den Landessortenversuchen angebaut wurde. Es handelt sich hierbei um eine mittellange B-Weizensorte mit einer erhöhten Anfälligkeit für Ährenfusariosen (6), die aufgrund ihres extrem hohen Ertragspotentials (9) trotzdem weit verbreitet angebaut wird.

In den Jahren 2001 und 2002 lag der Befall der Sorte Drifter, entgegen der hohen Anfälligkeitseinstufung, um  $-0,5\%$  bzw.  $-2,1\%$  unter dem Mittelwert des jeweiligen Jahres. Dabei variierten im Jahr 2001 die Abweichungen vom Mittelwert der einzelnen *Fusarium*-Arten zwischen  $-0,7\%$  für *F. avenaceum* und  $+0,7\%$  für *F. culmorum*, ohne dass eine Differenz signifikant war. In 2002 waren alle *Fusarium*-Arten, bis auf *F. cerealis* und *F. poae*, etwas seltener als im Mittel auf. Unter dem hohen Befallsdruck im Jahr 2003 lag der durchschnittliche Befall der Sorte Drifter signifikant um  $11,4\%$  über dem Mittelwert. Diese hohe Befallsdifferenz wurde, mit Ausnahme von *F. cerealis*, durch ein verstärktes Auftreten aller *Fusarium*-Arten verursacht. Die Differenzen lagen zwischen  $+1,4\%$  für *F. culmorum* und signifikanten  $+3,9\%$  für *F. tricinatum*, wobei letztere Art mehr als doppelt so häufig an Drifter auftrat wie im Mittel aller Sorten. Im Mittel aller Jahre lag der Befall der Sorte Drifter mit  $+2,8\%$  nur wenig über dem durchschnittlichen Befall, wobei alle *Fusarium*-Arten an dem erhöhten Befall beteiligt waren. Jedoch nur für *F. tricinatum* konnte für die Zunahme von  $1,8\%$  auf  $2,8\%$  befallener Körner eine signifikante Differenz nachgewiesen werden.

Im Rheinland lag im Mittel aller Jahre der Befall der Sorte Drifter knapp über dem Mittel der anderen Sorten. Die Abweichungen des Befalls durch die einzelnen *Fusarium*-Arten variierte geringfügig um  $\pm 0,1\%$ . In Westfalen lag die Befallsdifferenz zwischen der Sorte Drifter um

4,7 % über dem Mittelwert und die Abweichungen der einzelnen *Fusarium*-Arten vom Mittel lagen zwischen 0,1 % für *F. cerealis*, und signifikanten +1,6 % für *F. tricinctum*.

### **Magnus 2002-2003**

Von der Sorte Magnus wurden, wie von den folgenden Sorten Skater, Tommi und Winnetou, in den Jahren 2002 und 2003 Kornproben auf *Fusarium*-Befall untersucht. Die Sorte Magnus ist eine langstrohige A-Weizensorte (6) mit einer etwas mäßigen Anfälligkeit für Ährenfusariosen (4).

In den beiden Jahren 2002 und 2003 lag der Befall der Sorte Magnus, entsprechend seiner unter dem Sortenmittel liegenden Anfälligkeitseinstufung unter dem Mittelwert, wobei der Befallsunterschied im Jahr 2002 signifikant war. Im Jahr 2002 lagen die Abweichungen der *Fusarium*-Arten zwischen 0,1 % für *F. poae* und -1,0 % für *F. graminearum*. Einzig signifikanter Unterschied waren die -1,0 % von *F. avenaceum*. Im Jahr 2003 traten alle *Fusarium*-Arten, mit Ausnahme von *F. culmorum*, alle anderen *Fusarium*-Arten mit -1,1 % für *F. cerealis* und -2,6 % für *F. tricinctum* seltener als im Mittel auf. Über beide Jahre betrachtet, lag der Befall der Sorte Magnus um 4,3 % unter dem durchschnittlichen Befall und alle *Fusarium*-Arten, bis auf *F. culmorum* mit einem um 1,1 % erhöhten Kornbefall, seltener an Magnus auf. Der Befall mit *F. graminearum* und *F. avenaceum* lag signifikant um -1,6 % bzw. -1,5 % unter dem Mittel.

Wie für die Sorte Drifter variierten für die Sorte Magnus im Rheinland die Abweichungen des Befalls mit den einzelnen *Fusarium*-Arten von -0,4 % für *F. avenaceum* und +0,1 % für *F. culmorum* und der Befall lag um -0,6 % unter dem Mittel von 4,6 %. In Westfalen lag die Befallsdifferenz zwischen der Sorte Magnus mit einem Befall von 15,4 % und dem Befallsmittel der anderen Sorten von 22,4 % eine Differenz von -7,0 % vor. Die Befallsdifferenzen der einzelnen *Fusarium*-Arten variierten zwischen +1,9 % für *F. culmorum* und signifikanten -2,3 % bzw. -2,6 % für *F. avenaceum* und *F. graminearum*.

### **Skater 2002-2003**

Die Sorte Skater ist eine B-Weizensorte mit mittellangem Halm (6) und einer mäßigen Anfälligkeit für Ährenfusariosen (4), wie die zuvor behandelte Sorte Magnus.

In beiden Jahren lag der Befall der Sorte Skater um 2,4 % bzw. 1,6 % unter dem jeweiligen Mittelwert und somit auch im Mittel beider Jahre. Dabei variierten in 2002 traten alle *Fusarium*-Arten seltener als im Mittel, wobei nur das um 0,5 % verringerte Auftreten von *F. culmorum* signifikant war. Ein ähnliches Bild ergab sich, mit Ausnahme von *F. tricinctum* auch im Jahr 2003 und damit auch im Mittel beider Jahre. Im Rheinland und in Westfalen zeigten sich auch für die Sorte Skater die gleichen Unterschiede wie für Magnus. Für beide Regionen konnte keine signifikante Abweichung vom denn Sorten beobachtet werden.

### Tommi 2002-2003

Im Gegensatz zu den beiden vorangegangenen Sorten ist die A-Weizensorte Tommi etwas kurzstrohiger (4), verfügt aber über eine ähnliche mäßige Anfälligkeit für Ährenfusariosen (4).

Im Jahr 2002 lag die Befallshäufigkeit der Sorte Tommi um – 1,8 % unter dem Mittel der andere von 8,5 % und die Abweichungen der Befallshäufigkeiten variierten zwischen 0,0 % für *F. cerealis* und –0,8 % für *F. avenaceum*. In 2003 traten alle *Fusarium*-Arten, mit Ausnahme von *F. culmorum* und *F. tricinctum*, die anderen Arten nicht so häufig wie im Mittel auf, was einen geringfügig niedrigeren Gesamtbefall bewirkte. Im Mittel lag die die Befallshäufigkeit der Sorte Tommi um –1,9 % unter dem durchschnittlichen Befall. Dabei waren alle *Fusarium*-Arten, außer *F. culmorum*, seltener als im Mittel vertreten, auch wenn bei dieser Sorte traten keine signifikanten Differenzen auftraten. Im Gegensatz zu den anderen Sorten war trotz der unterschiedlichen Befallsniveaus die Befallsdifferenz der Sorte Tommi im Rheinland größer als in Westfalen, ohne jedoch signifikant zu sein. Im Rheinland traten Abweichungen des Befalls von mittleren Befall von –0,7 % für *F. poae* und –0,1 % für *F. cerealis* während in Westfalen die Befalldifferenzen der einzelnen *Fusarium*-Arten stärker variierten.

### Winnetou 2002-2003

Bei der Sorte Winnetou handelt es sich eine mittellange C-Weizensorte (5) mit einer höheren Anfälligkeit für Ährenfusariosen (6) als die vorangegangenen Sorten.

Im Gegensatz zu seiner überdurchschnittlich hohen Anfälligkeitseinstufung lag der Befall der Sorte Winnetou in den Jahren 2002 und 2003 unter dem Mittelwert des jeweiligen Jahres. Im Jahr 2002 variierten bei einem um –0,7 % niedrigeren Befall die Abweichungen der prozentualen Häufigkeit zwischen –0,4 % für *F. avenaceum* und +0,6 % von *F. tricinctum*, welche als einzige Art häufiger auftrat. In 2003 traten bei dieser Sorte trotz des hohen Befallsdrucks alle *Fusarium*-Arten mit –1,1 % für *F. cerealis* und –3,1 % für *F. culmorum* seltener als im Mittel der anderen Sorten auf, was insgesamt zu einem signifikant niedrigeren Befall führte. Im Mittel der beiden Jahre lag der Befall der Sorte Winnetou signifikant um –5,8 % unter dem durchschnittlichen Befall der anderen Sorten von 14,9 %, wobei alle *Fusarium*-Arten mit seltener auftraten. In beiden Regionen war der Befall der Sorte Winnetou niedriger als der durchschnittliche Befall Im Rheinland lag die Differenz bei signifikanten –2,4 %. Die größten und auch signifikanten Unterschiede wurden bei *F. culmorum* und *F. avenaceum* mit –0,6 % bzw. –1,0 % beobachtet. In Westfalen lag die Befalldifferenz bei einem Befall von 14,1 % und dem Befallsmittel der anderen Sorten von 22,4 % eine Differenz von –8,3 % vor und die Befalldifferenzen der einzelnen *Fusarium*-Arten variierten zwischen –0,8 % für *F. cerealis* und –2,3 % für *F. culmorum*.

### 3.4 Einfluss weiterer Sorteneigenschaften

Neben der genetischen *Fusarium*-Resistenz können weitere Sorteneigenschaften wie Pflanzenlänge oder Kornzahl pro Ähre einen Einfluss auf den Kornbefall einer Sorte ausüben. Während eine zunehmende Pflanzenlänge die Wahrscheinlichkeit einer erfolgreichen Spritztropfen-Infektion verringert, könnte eine höhere Kornzahl pro Ähre zu einem langsameren Abtrocknen des Bestandes bzw. der Ähre führen, was die Infektionsbedingungen verbessern würde. Um den Einfluss der Parameter zu testen, wurde der relative Befall einer Sorte auf Korrelationen zu den Einstufungen der Sorten in der Bundessortenliste für diese Merkmale untersucht.

#### 3.4.1 Pflanzenlänge

##### 3.4.1.1 Einfluss auf die Befallshäufigkeit

Im Allgemeinen war der Kornbefall negativ mit der Pflanzenlänge korreliert, d.h. je länger die Sorte, desto geringer der Kornbefall. Trotzdem kam es zu teilweise erheblichen Unterschieden zwischen den einzelnen Jahren und Standorten (Tab.: s. Anhang 6.4).

#### Westfalen

Zwischen den verschiedenen Jahren und Standorten in Westfalen ergaben sich z.T. sehr unterschiedliche Korrelationen zwischen Pflanzenlänge und Kornbefall. Für das Jahr 2001 lag das Mittel in Westfalen bei -0,40 und reichte den signifikanten Korrelationen von Haus Düsse mit -0,59 und Ascheberg mit -0,41 bis zur nicht signifikanten Korrelation von Lage-Ohrsen mit -0,19. Im Jahr 2002 lagen in Ascheberg und Lage-Ohrsen mit -0,74 bzw. -0,51 zwei hoch signifikante und enge Korrelationen vor, während in Haus Düsse die langstrohigeren Sorten geringfügig höher befallen waren als die kurzstrohigen. Insgesamt lag die Korrelation für ganz Westfalen mit Koeffizienten von -0,45 etwas höher als im Vorjahr. Im Untersuchungsjahr 2003 konnte an keinem Standort und damit auch nicht für Westfalen, eine signifikante Korrelation festgestellt werden.

Tab. 26: Korrelation zwischen Pflanzenlänge und Kornbefall mit *Fusarium* spp. im Winterweizen in Westfalen

Jahr	Ascheberg	Haus Düsse	Lage-Ohrsen	Westfalen
2001	- 0,41* (n=28)	- 0,59** (n=20)	- 0,19 (n=28)	- 0,40** (n=76)
2002	- 0,74** (n=28)	0,14 (n=28)	- 0,51** (n=28)	- 0,45** (n=84)
2003	- 0,36 (n=28)	- 0,29 (n=14)	0,08 (n=28)	- 0,18 (n=70)
'01-'03	- 0,50** (n=84)	- 0,19 (n=62)	- 0,19 (n=84)	- 0,33** (n=230)

(Pearson, zweiseitig: \* signifikant,  $p=0.05$ ; \*\*  $p=0.01$ )



Insgesamt gab es in Westfalen nur am Standort Ascheberg im Mittel aller Jahre eine signifikante Korrelation zwischen der Befallshäufigkeit und der Pflanzenlänge. Die Korrelationen an den Standorten Haus Düsse und Lage-Ohrsen waren nicht signifikant. Insgesamt ergab sich eine signifikante mittlere Korrelation von -0,33 für ganz Westfalen.

### Rheinland

Im Jahr 2001 gab es in Kerpen-Buir eine signifikante und starke Korrelation von - 0,48 zwischen Befallshäufigkeit und Pflanzenlänge, während in Neukirchen-Vluyn keine Korrelation festgestellt werden konnte, was für das Rheinland keine signifikante Korrelation erkennen ließ. Für das Jahr 2002 lagen sowohl in Kerpen-Buir als auch in Neukirchen-Vluyn signifikante Korrelationen vor und damit auch im Mittel für das Rheinland mit einem Korrelationskoeffizienten von -0,46. Im Jahr 2003 konnte im Rheinland ebenso wie in Westfalen für keinen der beiden Standorte eine signifikante Korrelation beobachtet werden, wie man in der Tabelle 27 erkennen kann:

Tab. 27: Korrelation zwischen Pflanzenlänge und Kornbefall mit *Fusarium* spp. im Winterweizen im Rheinland

Jahr	Kerpen-Buir	Nk.-Vluyn	Rheinland
2001	- 0,48** (n=28)	- 0,05 (n=28)	- 0,26 (n=56)
2002	- 0,43* (n=28)	- 0,49** (n=28)	- 0,46** (n=56)
2003	- 0,25 (n=28)	- 0,16 (n=28)	- 0,21 (n=56)
01-03	- 0,38** (n=84)	- 0,22* (n=84)	- 0,30** (n=168)

(Pearson, zweiseitig: \* signifikant,  $p=0.05$ ; \*\*  $p=0.01$ )

Im Mittel aller Jahre lag die Korrelation zwischen Pflanzenlänge in Kerpen-Buir deutlich über der in Neukirchen-Vluyn. Im Mittel beider Standorte lag die Korrelation für das Rheinland bei -0,30 und damit geringfügig niedriger als in Westfalen.

### Nordrhein-Westfalen

In Nordrhein-Westfalen ergaben sich sowohl im Jahr 2001 als auch im Jahr 2002 insgesamt hoch signifikante negative Korrelationen zwischen Pflanzenlänge und relativem Kornbefall. Im Jahr 2001 lag dieser Wert bei -0,30, 2002 bei -0,45. Obwohl im Jahr 2003 an keinem Standort eine signifikante Korrelation festgestellt werden konnte, lag im Mittel aller Standorte eine signifikante, wenn auch im Vergleich zu den beiden anderen Jahren niedrigere Korrelation von -0,19 vor. Im Mittel aller Jahre lagen die Korrelationskoeffizienten in beiden Regionen auf gleichem Niveau und für Nordrhein-Westfalen ergab sich ein Gesamtkoeffizient von -0,31.

In beiden Regionen war unabhängig von der Resistenzeinstufung der Kornbefall der extrem kurzstrohigen Sorten (Einstufung 3) signifikant höher als der durchschnittliche Befall der anderen Längeneinstufungen. Im Rheinland lag Befall signifikant rund doppelt so hoch wie das Mittel der anderen Längen, während zwischen den anderen Längen keine Unterschiede auftraten. In Westfalen lag ebenso der Befall der extrem kurzstrohigen Sorten signifikant bei rund dem 1,7 fachen des Mittels der anderen, während auch hier zwischen den anderen Längen keine signifikanten Unterschiede auftraten. Damit lag im Mittel in Nordrhein-Westfalen der Befall mit diesen Sorten um 175% über dem Mittel der anderen Längen, die sich von einander nicht unterschieden. Die entsprechenden Daten sind auf der folgenden Seite in Tabelle 28 zusammengestellt.

Tab. 28: Kornbefall mit *Fusarium* spp. im Winterweizen bei unterschiedlicher Längeneinstufung in NRW

Länge	Westfalen	Rheinland	NRW
3	26,1 a <sup>1</sup>	6,1 a	17,9 a
4	15,3 b	2,5 b	9,9 b
5	15,9 b	3,1 b	10,5 b
6	15,4 b	3,3 b	10,2 b
Mittel	17,2	3,5	11,4

<sup>1</sup> Befallshäufigkeiten mit verschiedenen Buchstaben unterscheiden sich signifikant (Tamhane-T2, p=0.05)

### 3.4.1.2 Einfluss auf die Artenzusammensetzung

Für die Untersuchung der Auswirkung der Pflanzenlänge auf das Auftreten der einzelnen *Fusarium*-Arten wurde der Anteil der Art am Gesamtbefall der einzelnen auf eine lineare Korrelation zur Pflanzenlänge untersucht. Tabellen für die Korrelationen an den einzelnen Standorten finden sich im Anhang.

#### ***F. graminearum***

Für Westfalen ergab sich über die verschiedenen Jahre und Standorte ein sehr heterogenes Bild des Einflusses der Pflanzenlänge auf das Auftreten der einzelnen *Fusarium*-Arten. Für *F. graminearum* ergab sich im Jahr 2001 nur in Lage-Ohrsen eine signifikante Korrelation mit einem Koeffizienten von  $-0,63$ , nicht aber in Ascheberg und Haus Düsse. Somit lag ein durchschnittlicher Korrelationskoeffizient von  $-0,32$  vor. In 2002 konnten an keinem Standort signifikante Korrelationen festgestellt werden, wobei die Koeffizienten zwischen  $-0,20$  in Haus Düsse und  $0,18$  in Lage-Ohrsen variierten und lag damit im Mittel bei  $-0,03$ . Im Jahr 2003 waren alle Korrelationskoeffizienten negativ, wobei aber nur in Ascheberg mit  $-0,47$  eine signifikante Korrelation vorlag. Zusammen mit den Koeffizienten  $-0,30$  in Lage-Ohrsen und  $-0,25$  in Haus Düsse ergab für Westfalen eine signifikante Korrelation mit einem

Koeffizienten von  $-0,29$ . Im Mittel der drei Jahre wurde an allen drei Standorten und damit in Westfalen eine negative Korrelation zwischen Pflanzenlänge und dem Auftreten von *F. graminearum* beobachtet. Diese Korrelationen waren an den Standorten Haus Düsse und Ascheberg nicht signifikant, während in Lage-Ohrsen mit  $-0,25$  eine Signifikanz vorlag. Für Westfalen ergab sich im Mittel aller Standorte, Sorten und Jahre eine signifikante negative Korrelation mit  $-0,20$ .

Im Rheinland wurde für *F. graminearum* weder an einzelnen Standort noch in einzelnen Jahren eine Korrelation zwischen Pflanzenlänge und dem Anteil dieser Art am Gesamtbefall beobachtet. Die Korrelationskoeffizienten variierten zwischen  $-0,20$  und  $0,18$  in Neukirchen Vluyn und zwischen  $-0,12$  und  $0,13$  in Kerpen-Buir. So ergab sich auch über alle Untersuchungsjahre für keinen Standort ebenso wenig eine Korrelation, wie auch im Mittel über beide Standorte innerhalb eines Jahres.

In Nordrhein-Westfalen gab es insgesamt eine signifikante negative Korrelation zwischen Pflanzenlänge und dem Anteil von *F. graminearum* von  $-0,13$ . Während im Rheinland keine Korrelationen festgestellt wurden, lagen in Westfalen in den Jahren 2001 und 2003 signifikante negative Korrelationen vor und damit im Mittel auch eine signifikante Korrelation über alle drei Jahre. Die Korrelationskoeffizienten für das Rheinland lagen im Jahr 2001 bei signifikanten  $-0,21$ , während in den Jahren 2002 und 2003 sich keine signifikante Korrelation ergab.

Tab. 28: Korrelation zwischen Pflanzenlänge und Kornbefall von Winterweizen mit *F. graminearum* in NRW.

Jahr	Westfalen	Rheinland	NRW
2001	- 0,32** (n=76)	- 0,11 (n=56)	- 0,21* (n=132)
2002	- 0,03 (n=84)	0,01 (n=56)	- 0,01 (n=140)
2003	- 0,29* (n=70)	0,08 (n=56)	- 0,13 (n=126)
'01-'03	- 0,20** (n=230)	- 0,05 (n=168)	-0,13** (n=398)

(Pearson, zweiseitig: \* signifikant,  $p=0.05$ ; \*\*  $p=0.01$ )

### ***F. culmorum***

Im Gegensatz dazu wurde in keinem Jahr und an keinem Standort in Westfalen eine signifikante Korrelation zwischen der Pflanzenlänge und dem Anteil von *F. culmorum* am Gesamtbefall beobachtet. Die Korrelationskoeffizienten variierten in 2001 und 2002 zwischen  $-0,16$  in Lage-Ohrsen und Ascheberg und  $0,03$  in Haus Düsse und lagen in ganz Westfalen bei  $-0,11$  (2001) bzw.  $-0,08$  (2002). Im Jahr 2003 wurden an allen Standorten positive, aber nicht signifikante Korrelation beobachtet werden und auch die Korrelation für Westfalen mit einem Korrelations-koeffizienten von  $0,33$  war nicht signifikant. An keinem Standort in

Westfalen ergab sich somit eine signifikante Korrelation zwischen Pflanzenlänge und dem Auftreten von *F. culmorum* beobachtet, und somit auch nicht für Westfalen.

Auch im Rheinland wurde für *F. culmorum* in keinem Jahr und an keinem Standort eine signifikante Korrelation zwischen der Pflanzenlänge und dem Anteil dieser Art am Gesamtbefall beobachtet werden. Die Korrelationskoeffizienten lagen zwischen  $-0,02$  in Neukirchen-Vluyn 2003 und  $0,34$  in Kerpen-Buir, im Rheinland bei  $0,06$  im Jahr 2001,  $0,17$  im Jahr 2002 und  $0,02$  im Jahr 2003. An den beiden Standorten und im Rheinland insgesamt wurde keine Korrelation festgestellt.

Für *F. culmorum* zeigten sich keine signifikanten Korrelationen zwischen der Pflanzenlänge und dem Anteil dieser Art am Gesamtbefall. Trotz sehr unterschiedlicher Koeffizienten von  $-0,11$  bis  $0,33$  in Westfalen und von  $0,02$  bis  $0,17$  im Rheinland, ergab sich für Nordrhein-Westfalen 2003 eine positive signifikante Korrelation von  $0,18$ . Im Mittel über alle Jahre und Standorte konnte jedoch kein signifikanter Zusammenhang beobachtet werden.

Tab. 30: Korrelation zwischen Pflanzenlänge und Kornbefall von Winterweizen mit *F. culmorum* in NRW.

Jahr	Westfalen		Rheinland		NRW	
2001	$-0,11$	(n=76)	$0,06$	(n=56)	$-0,01$	(n=132)
2002	$-0,08$	(n=84)	$0,17$	(n=56)	$0,06$	(n=140)
2003	$0,33$	(n=70)	$0,02$	(n=56)	$0,18^*$	(n=126)
'01-'03	$0,01$	(n=230)	$0,06$	(n=168)	$0,04$	(n=398)

(Pearson, zweiseitig: \* signifikant,  $p=0.05$ ; \*\*  $p=0.01$ )

### ***F. avenaceum***

Für *F. avenaceum* konnte an keinem Standort und in keinem Jahr in Westfalen eine signifikante Korrelation zwischen der Pflanzenlänge und dem Anteil von *F. avenaceum* am Gesamtbefall festgestellt werden. Die Korrelationskoeffizienten variierten zwischen  $-0,24$  in Ascheberg 2001 und  $0,29$  in Haus Düsse 2003, bzw. in ganz Westfalen zwischen  $-0,04$  (2001) und  $-0,06$  (2003). Für die einzelnen Standorte und somit auch für Westfalen konnte im Mittel der drei Jahre keine Korrelation zwischen Pflanzenlänge und dem Auftreten von *F. avenaceum* beobachtet werden. Anders als bei den vorgenannten Arten und in Westfalen wurden für *F. avenaceum* im Rheinland, mit einer Ausnahme (Kerpen-Buir, 2001), nur negative Korrelationen beobachtet, von denen nur die in Kerpen-Buir 2003 signifikant war. Die Korrelationskoeffizienten variierten zwischen  $0,08$  und  $-0,40$  in Kerpen-Buir.

Auch die Korrelationen für das Rheinland waren nur im Jahr 2003 signifikant und lagen zwischen  $-0,08$  im Jahr 2001 und  $-0,27$  im Jahr 2003. Obwohl in keinem Jahr in Neukirchen-Vluyn eine signifikante Korrelation vorlag, so lag jedoch über alle drei Versuchsjahre eine

signifikante negative Korrelation mit einem Koeffizienten von -0,26 vor, während in Kerpen-Buir die Korrelation mit dem Koeffizienten -0,19 nicht signifikant war. Für den gesamten Untersuchungszeitraum ergab sich schließlich eine signifikante Korrelation zwischen der Pflanzenlänge und dem Anteil dieser Art am Gesamtbefall von -0,19.

Für *F. avenaceum* wurden ausschließlich negative Korrelationen in beiden Regionen und drei Untersuchungsjahren festgestellt. Doch anders als bei *F. graminearum* lag im Rheinland 2003 eine signifikante, negative Korrelation mit einem Korrelationskoeffizienten von -0,27 vor. Im Mittel über alle Jahre und Standorte ergab sich insgesamt eine signifikante negative Korrelation von -0,11.

Tab. 31: Korrelation zwischen Pflanzenlänge und Kornbefall von Winterweizen mit *F. avenaceum* in NRW.

Jahr	Westfalen		Rheinland		NRW	
2001	- 0,04	(n=76)	- 0,08	(n=56)	- 0,06	(n=132)
2002	- 0,02	(n=84)	- 0,19	(n=56)	- 0,11	(n=140)
2003	- 0,06	(n=70)	- 0,27*	(n=56)	- 0,19*	(n=126)
01-03	- 0,01	(n=230)	- 0,19*	(n=168)	-0,11*	(n=398)

(Pearson, zweiseitig: \* signifikant,  $p=0.05$ ; \*\*  $p=0.01$ )

### ***F. poae***

Anders als bei den vorgenannten Arten wurden für *F. poae* mit Ausnahme von Haus Düsse 2003 (- 0,32), nur positive Korrelationskoeffizienten zwischen Pflanzenlänge und dem Anteil von *F. poae* festgestellt, auch wenn diese in den einzelnen Jahren und an den Standorten nie signifikant waren. Die Korrelationskoeffizienten variierten zwischen 0,10 in Lage-Ohrsen 2002 und 0,32 in Lage-Ohrsen 2003. Auch für Westfalen waren in den einzelnen Jahren nicht signifikant. Im Mittel der drei Untersuchungsjahre wurde an allen Standorten in Westfalen eine positive Korrelation zwischen Pflanzenlänge und dem Auftreten von *F. poae* beobachtet. Diese Korrelationen waren in Lage-Ohrsen und Ascheberg signifikant, nicht aber in Haus Düsse. Für Westfalen ergab sich im Mittel aller Standorte, Sorten und Jahre eine signifikante positive Korrelation mit einem Korrelationskoeffizienten von 0,24 ( $p<0.01$ ).

Im Gegensatz zu Westfalen wurden für *F. poae* im Rheinland keine signifikanten Korrelationen zwischen Pflanzenlänge und dem Auftreten dieser Art beobachtet. Die Korrelationskoeffizienten waren in den Jahren 2001 und 2002 an beiden Standorte negativ und wie für das Rheinland nicht signifikant. Im Jahr 2003 lagen die Korrelationskoeffizienten mit 0,22 in Neukirchen-Vluyn und 0,26 in Kerpen-Buir im positiven Bereich, aber weder diese Werte noch das Mittel für das Rheinland mit 0,16 waren signifikant. Im Mittel der drei Untersuchungsjahre ergab sich an keinem der beiden Standorte und im Rheinland insgesamt eine Korrelation zwischen Pflanzenlänge und dem Anteil von *F. poae*.

Anders als bei den beiden vorgenannten Arten wurden für *F. poae* hauptsächlich positive Korrelationen zwischen Pflanzenlänge und dem Auftreten von *F. poae* beobachtet, auch wenn diese wie bei *F. culmorum* in den einzelnen Jahren und an den Standorten nie signifikant waren. Die Korrelationskoeffizienten variierten von -0,07 im Rheinland 2002 und 0,19 in Westfalen 2001, wie Tabelle 49 zu entnehmen ist. Im Mittel der drei Untersuchungsjahre war trotzdem in Westfalen eine signifikante positive Korrelation beobachtet, im Rheinland keine Korrelation beobachtet wurde. Für Nordrhein-Westfalen ergab sich im Mittel aller Standorte, Sorten und Jahre eine signifikante positive Korrelation mit dem Korrelationskoeffizienten von 0,12.

Tab. 32: Korrelation zwischen Pflanzenlänge und Kornbefall von Winterweizen mit *F. poae* in NRW.

Jahr	Westfalen		Rheinland		NRW	
2001	0.19	(n=76)	- 0,06	(n=56)	0,03	(n=132)
2002	0.15	(n=84)	- 0,07	(n=56)	0,03	(n=140)
2003	0.15	(n=70)	0.16	(n=56)	0,15	(n=126)
'01-'03	0,24**	(n=230)	0,06	(n=168)	0.12*	(n=398)

(Pearson, zweiseitig: \* signifikant,  $p=0.05$ ; \*\*  $p=0.01$ )

### ***F. tricinatum***

Für *F. tricinatum* wurde im Jahr 2001 an allen drei westfälischen Standorten eine positive Korrelation zwischen dem Anteil dieser Art und der Pflanzenlänge beobachtet, die aber nicht signifikant waren. Die Korrelationskoeffizienten variierten zwischen 0,20 in Haus und 0,30 in Lage-Ohrsen, was für Westfalen einen durchschnittlichen signifikanten Korrelationskoeffizienten von -0,24 ( $p<0.05$ ) bedeutete. In 2002 konnten keine Korrelation in Ascheberg und Haus Düsse festgestellt werden und in Lage-Ohrsen lag ein negativer, wenn auch nicht signifikanter Korrelationskoeffizient von -0,28 vor. Für Westfalen lag somit kein signifikanter Zusammenhang vor.

Im Jahr 2003 waren die Korrelationskoeffizienten für Ascheberg und Haus Düsse negativ, während in Ascheberg ein positiver Korrelationskoeffizient von 0,16 vorlag, die aber alle nicht signifikant waren. Somit lag auch im Jahr 2003 für Westfalen keine Korrelation vor.

Im Rheinland wurde für *F. tricinatum* im Jahr 2001 in Neukirchen-Vluyn eine negative Korrelation beobachtet, während in Kerpen-Buir eine positive Korrelation vorlag. Dies führte für das Rheinland zu einem Korrelationskoeffizienten von -0,21. In 2002 konnten keine Korrelation in Kerpen-Buir und Neukirchen-Vluyn festgestellt werden und an beiden Standorten lag ein negativer Koeffizient vor. Im Jahr 2003 war der negative Korrelationskoeffizient in Kerpen-Buir mit -0,37 ebenso wenig signifikant wie der positive Korrelationskoeffizient von 0,20 in Neukirchen-Vluyn. Somit lag auch im Jahr 2003 für das

Rheinland keine Korrelation vor, wie in Tabelle 44 dargestellt. Sowohl für die einzelnen Standorte und somit auch für das Rheinland konnte im Mittel der drei Untersuchungsjahre keine Korrelation zwischen Pflanzenlänge und dem Anteil von *F. tricinatum* beobachtet werden.

Für *F. tricinatum* wurde im Jahr 2001 in Westfalen eine signifikante positive Korrelation von 0,24 beobachtet, während im Rheinland eine negative Korrelation vorlag und für Nordrhein-Westfalen das Fehlen einer Korrelation bedeutete. In den anderen Jahren konnten keinerlei Korrelationen festgestellt werden. Für die einzelnen Regionen und somit auch für Nordrhein-Westfalen konnte im Mittel der drei Untersuchungsjahre keine Korrelation zwischen Pflanzenlänge und dem Anteil von *F. tricinatum* beobachtet werden.

Tab. 33: Korrelation zwischen Pflanzenlänge und Kornbefall von Winterweizen mit *F. tricinatum* in NRW.

Jahr	Westfalen	Rheinland	NRW
2001	0,24* (n=76)	- 0,21 (n=56)	- 0.06 (n=132)
2002	- 0,01 (n=84)	- 0,05 (n=56)	- 0.03 (n=140)
2003	- 0,03 (n=70)	- 0,07 (n=56)	- 0.04 (n=126)
01-03	- 0,02 (n=230)	- 0,11 (n=168)	- 0.06 (n=398)

(Pearson, zweiseitig: \* signifikant,  $p=0.05$ ; \*\*  $p=0.01$ )

### ***F. cerealis***

Ähnlich wie für *F. graminearum* wurden auch für *F. cerealis*, mit Ausnahme von Ascheberg 2001 (0,14), fast ausschließlich negative Korrelationskoeffizienten zwischen der Pflanzenlänge und dem Anteil von *F. cerealis* am Gesamtbefall beobachtet. Die Korrelationskoeffizienten variierten in den Jahren 2001 und 2002 zwischen  $-0,02$  in Lage-Ohrsen und  $-0,22$  in Haus Düsse, in ganz Westfalen zwischen  $-0,10$  (2001) und  $-0,06$  (2002). Im Jahr 2003 wurden an allen Standorten jeweils die stärksten negativen Korrelationen ermittelt, die aber nur in Haus Düsse mit  $-0,65$  ( $p<0.01$ ) signifikant war. Für Westfalen ergab sich eine signifikante Korrelation mit einem Korrelationskoeffizienten von  $0,32$  ( $p<0.01$ ). Im Mittel der drei Untersuchungsjahre lag an allen Standorten in Westfalen eine negative Korrelation zwischen Pflanzenlänge und dem Auftreten von *F. cerealis* vor. Diese Korrelationen war jedoch nur in Haus Düsse signifikant ( $r=-0,30$ ;  $p<0.01$ ). Für Westfalen ergab sich im Mittel aller Standorte, Sorten und Jahre eine signifikante, negative Korrelation mit einem Korrelationskoeffizienten von  $-0,18$ .

Für *F. cerealis*, welches sehr selten und im Jahr 2001 gar nicht im Rheinland an Getreide auftrat, wurde keine oder positive Korrelationen zwischen der Pflanzenlänge und dem Anteil von *F. cerealis* am Gesamtbefall beobachtet. Die Korrelationskoeffizienten variierten in den Jahren 2002 und 2003 zwischen  $0,00$  in Kerpen-Buir 2003 und  $0,31$  in Kerpen-Buir 2002, im

Rheinland zwischen 0,23 (2002) und 0,09 (2002), wobei keine Korrelation nicht signifikant war. So lag im Gegensatz zu Westfalen im Mittel der drei Untersuchungsjahre für das Rheinland keine Korrelation zwischen Pflanzenlänge und dem Auftreten von *F. cerealis* vor.

Für *F. cerealis* wurde im Rheinland nur positive Korrelationen zwischen der Pflanzenlänge und dem Anteil von *F. cerealis* am Gesamtbefall beobachtet, während in Westfalen nur negative Korrelationen vorlagen. Für Nordrhein-Westfalen ergaben sich keine Korrelationen und die Korrelationskoeffizienten variierten zwischen -0,09 und 0,06. Obwohl in Westfalen im Mittel der drei Untersuchungsjahre eine signifikante Korrelation vorlag, konnte für Nordrhein-Westfalen keine Korrelation zwischen Pflanzenlänge und dem Auftreten von *F. cerealis* festgestellt.

Tab. 34: Korrelation zwischen Pflanzenlänge und Kornbefall von Winterweizen mit *F. cerealis* in NRW.

Jahr	Westfalen		Rheinland		NRW	
2001	- 0,10	(n=76)	--	(n=56)	- 0,08	(n=132)
2002	- 0,06	(n=84)	0,23	(n=56)	0,06	(n=140)
2003	- 0,32**	(n=70)	0,09	(n=56)	- 0,09	(n=126)
'01-'03	- 0,18**	(n=230)	0,04	(n=168)	- 0,07	(n=398)

(Pearson, zweiseitig: \* signifikant,  $p=0.05$ ; \*\*  $p=0.01$ )

Zusammenfassend ergibt sich daraus, dass sich das Artenspektrum mit zunehmender Pflanzenlänge geringfügig ändert. Während die Anteile von *F. culmorum*, *F. tricinctum* und *F. cerealis* nicht beeinflusst werden, sinken mit zunehmender Halmlänge die Anteile von *F. graminearum* und *F. avenaceum*, während der Anteil von *F. poae* zunimmt.

### 3.4.2 Einfluss weiterer Pflanzeigenschaften

Anhand der vorliegenden Daten konnte kein Einfluss anderer Pflanzeigenschaften, wie Kornzahl pro Ähre, Bestandesdichte oder Lagerneigung auf den Kornbefall nachgewiesen werden.

### 3.5 Einfluss der Anbauintensität auf den Befall

Nicht nur zwischen den einzelnen Sorten eines Standortes und Jahres unterschieden sich in der Befallshäufigkeit der Körner, sondern es traten z.T. auch zwischen den Anbauintensitäten größere Unterschiede auf. Für die Bestimmung des Einflusses der Anbauintensität auf die Häufigkeit von *Fusarium*-infizierten Körnern wurden die Befallshäufigkeiten entsprechend der beiden Behandlungsintensitäten auf signifikante Unterschiede untersucht (Tab.: s. Anhang 6.5).



### 3.5.1 Einfluss auf die Befallshäufigkeit

#### Westfalen

Im Allgemeinen lag in Westfalen mit Ausnahme von Haus Düsse im Jahr 2001 (-1,8 %) und Lage-Ohrsen im Jahr 2002 (- 0,6 %) der Befall der Intensivvariante über dem der Basisvariante. Signifikante Unterschiede konnten im Jahr 2001 in Lage-Ohrsen mit 6,9 % und in Ascheberg mit 4,1 % festgestellt werden. Zusammen mit dem negativen Wert für Haus Düsse ergab sich für Westfalen ein erhöhter Befall von 3,6 % in der Intensivvariante. In 2002 variierten die Differenzen zwischen beiden Varianten von -0,6 % in Lage-Ohrsen und 3,1 % in Ascheberg. Im Jahr 2003 waren die Differenzen zwischen Intensiv- und Basisvariante in Ascheberg mit 3,3 % und Lage-Ohrsen mit 3,2 % nahezu identisch und lag somit in Westfalen bei 3,2 %, zumal in Haus Düsse nur die Intensivvariante angebaut worden war. Im Mittel über alle Jahre konnte an keinem Standort in Westfalen ein signifikanter Unterschied in Befallshöhe mit *Fusarium* spp. zwischen Intensiv- und Basisvariante beobachtet werden. In Ascheberg lag die Differenz bei 3,5 % und in Lage-Ohrsen bei 3,2 %, während in Haus Düsse im Mittel der Jahre 2001 und 2002 kein Unterschied festgestellt werden konnte. Für ganz Westfalen bedeutet dies, dass der Befall der Intensivvariante mit 18,5 % (ohne Haus Düsse 2003) und 2,6 % über dem der Basisvariante von 15,9 % lag.

Tab. 35: Kornbefall von Winterweizen in Intensiv- und Basisvariante in Westfalen.

Jahr	Ascheberg		Haus Düsse		Lage-Ohrsen		Westfalen	
	B I	B III	B I	B III	B I	B III	B I	B III
2001	13,1	17,2*	21,5	19,8	10,3	17,2*	14,3	17,9*
2002	10,1	13,2	12,0	13,3	9,3	8,6	10,5	11,7
2003	30,6	34,0	-----	64,4	23,9	27,1	27,3	30,5
'01-'03	18,0	21,5	16,0	16,0	14,5	17,7	16,2	18,8

\* Befallshäufigkeiten unterscheiden sich signifikant zwischen den Anbauintensitäten (Tamhane-T2, p=0.05)

#### Rheinland

Auch im Rheinland war im Allgemeinen, mit Ausnahme von Kerpen-Buir im Jahr 2002, die Befallshäufigkeit in der Intensivvariante immer höher als in der Basisvariante, auch wenn aufgrund des geringeren Befallsdruckes die Differenzen deutlich geringer ausfielen. Im Jahr 2001 konnte in Neukirchen-Vluyn ein signifikanter Unterschied von 0,9 % beobachtet werden, der zusammen mit den 0,2 % in Kerpen-Buir eine signifikante Differenz von 0,7 % im Rheinland ergab. Im Jahr 2002 lagen die Differenzen zwischen beiden Varianten bei -1,6 % in Kerpen-Buir und 0,7 % in Neukirchen-Vluyn und somit im Rheinland bei -0,5 %, wobei jedoch keine Differenz signifikant war. Im Jahr 2003 lag die Differenz zwischen Intensiv- und

Basisvariante in Neukirchen-Vluyn bei 2,5 % und Kerpen-Buir bei 0,4 % und damit im Rheinland bei 1,4 %. In Neukirchen-Vluyn lag die Differenz bei 1,4 % und in Kerpen-Buir bei 0,3 %, so dass im Rheinland der Befall der Intensivvariante mit 3,8 % um 0,5 % über dem der Basisvariante lag. Im Mittel über alle Jahre konnte, wie in Westfalen, kein signifikanter Unterschied in der Befallshöhe mit *Fusarium* spp. zwischen Intensiv- und Basisvariante beobachtet werden.

Tab. 36: Kornbefall von Winterweizen in Intensiv- und Basisvariante im Rheinland.

Jahr	Nk.-Vluyn		Kerpen-Buir		Rheinland	
	B I	B III	B I	B III	B I	B III
2001	0,7	1,6*	1,5	1,8	1,1	1,7
2002	2,1	2,8	7,6	6,0	4,9	4,4
2003	6,4	8,8	1,4	1,9	3,9	5,3
01-03	3,1	4,4	3,5	3,2	3,3	3,8

\* Befallshäufigkeiten unterscheiden sich signifikant zwischen den Anbauintensitäten (Tamhane-T2,  $p=0.05$ )

### Nordrhein-Westfalen

Aufgrund der unterschiedlichen Befallshöhen in den beiden Regionen konnte für Nordrhein-Westfalen kein signifikanter Unterschied festgestellt werden, auch wenn, mit Ausnahme vom Rheinland im Jahr 2002, die Befallshäufigkeit in der Intensivvariante immer höher als in der Basisvariante. Im Jahr 2001 lag in Nordrhein-Westfalen ein Unterschied von 2,3% vor, der im Folgejahr 2002 auf 0,6% sank und im Jahr 2003 wieder auf 2,3 % stieg. Im Mittel über alle Jahre lag die Befallshöhe mit *Fusarium* spp. zwischen Intensiv- und Basisvariante in Nordrhein-Westfalen mit 12,2 % um 1,7% über dem der Basisvariante lag.

### 3.5.2 Einfluss auf die Artenzusammensetzung

Um den Einfluss der Anbauintensität auf die verschiedenen *Fusarium*-Arten zu bestimmen, wurde für jede Sorte, Parzelle und Jahr der Anteil der *Fusarium*-Art am Befall. Dabei wurden Körner aus denen zwei *Fusarium*-Arten isoliert wurden für beide Arten gezählt und berechnet, weshalb die Summe der Anteile über 100% liegen kann. Dann wurden die Daten entsprechend der beiden Behandlungsintensitäten geteilt und auf der jeweiligen Bezugsebene auf signifikante Unterschiede untersucht.

## Westfalen

In Westfalen zeigten sich abhängig von Standort und Jahr sehr unterschiedliche Auswirkungen der Anbauintensität auf die Zusammensetzung des Artenspektrums.

In Ascheberg lag im Jahr 2001 bei einem durchschnittlichen Befall von 15,2 % eine signifikante Differenz zwischen beiden Anbauintensitäten von 4,1 % vor, wobei alle *Fusarium*-Arten in der Intensivvariante häufiger am Kornbefall beteiligt waren als in der Basisvariante, aber nur die Arten *F. poae* und *F. graminearum* kamen mit +1,3 % bzw. mit signifikanten +1,4 % deutlich häufiger vor. Im Jahr 2002 ergab sich bei einer durchschnittlichen Befallshäufigkeit von 11,7% eine Befallsdifferenz von +3,1 %, wobei die Arten *F. culmorum*, *F. graminearum* und *F. cerealis* nur sehr geringe Unterschiede in der Befallshäufigkeit zwischen den Anbauintensitäten aufwiesen. Im Gegensatz dazu waren *F. poae* mit signifikanten +0,7 %, sowie *F. avenaceum* und *F. tricinctum* häufiger vertreten, ohne dass eine Differenz signifikant war. In 2003 gab es bei 33,4 % durchschnittlichem Befall eine Differenz in der Befallshäufigkeit von +3,3 % zwischen den Anbauintensitäten. Die Befallshäufigkeit mit *F. graminearum* und *F. culmorum* war in der Intensivvariante niedriger, für *F. avenaceum* und *F. cerealis* geringfügig und für *F. tricinctum* und *F. poae* deutlich höher. Im Mittel über alle Jahre konnte in Ascheberg bei einem durchschnittlichen Befall von 19,7 % für keine Art eine signifikante Differenz für die Befallshäufigkeit ermittelt werden. Die Befallshäufigkeiten für *F. culmorum*, *F. graminearum* und *F. cerealis* waren kaum verändert, während *F. avenaceum*, *F. tricinctum* und *F. poae* häufiger in der Intensiv- als in der Basisvariante auftraten.

In Haus Düsse war in 2001 bei einem durchschnittlichen Befall von 20,6 % die Intensivvariante um 1,8 % niedriger befallen als die Basisvariante, wobei jedoch die *Fusarium*-Arten unterschiedliche Tendenzen zeigten. Während *F. culmorum*, *F. cerealis*, *F. avenaceum* und *F. graminearum* seltener auftraten, kamen *F. tricinctum* und *F. poae* verstärkt vor, wenn auch nicht signifikant. Im Jahr 2002 lag sich bei einem durchschnittlichen Befall von 12,7 % die Befallsdifferenz bei +1,3 %, wobei die Arten *F. avenaceum*, *F. culmorum*, *F. cerealis* und *F. poae* nur sehr geringe Unterschiede in der Befallshäufigkeit zwischen den Anbauintensitäten zeigten. Im Gegensatz dazu waren *F. graminearum* und *F. tricinctum* mit jeweils +0,7 % häufiger vertreten. Im Jahr 2003 konnte aufgrund des Fehlens der Basisvariante keine Differenz gebildet werden. Im Mittel für die Jahre 2001 und 2002 ergab sich für Haus Düsse ein durchschnittlicher Befall von 16,0 % für beide Anbauintensitäten. Dabei wurde nur für *F. tricinctum* eine signifikante Zunahme von 0,6% in der Intensivvariante festgestellt. Die Befallshäufigkeiten mit *F. culmorum*, *F. avenaceum* und *F. cerealis* waren in der Basisvariante höher, während *F. graminearum* und *F. poae* leicht in der Intensivvariante zunahmen.

Im Jahr 2001 Für Lage-Ohrsen ergab sich bei einer Befallshäufigkeit von 13,8 % ein signifikant erhöhter Befall in der Intensivvariante von 6,9 % gegenüber der Basisvariante. Alle *Fusarium*-Arten traten in der Intensivvariante zumindest genauso häufig auf, wie in der Basisvariante. Während der Befall mit *F. culmorum* und *F. cerealis* sich nicht veränderte, kamen *F. tricinctum*, *F. avenaceum* und *F. graminearum* häufiger vor, wobei die Differenzen für *F. tricinctum* und *F. graminearum* signifikant waren. Insbesondere die Befallshäufigkeit der Körner mit *F. poae* war stark und signifikant erhöht. In 2002 führte ein verringertes Auftreten fast aller Arten in der Intensivvariante gegenüber der Basisvariante zu einem um 0,6 % verringerten Befall derselben. Nur *F. poae* trat mit +0,7 % häufiger in der Intensiv- als in der Basisvariante auf. Im Jahr 2003 gab es bei einem durchschnittlichen Befall von 25,5 % wieder eine Differenz in der Befallshäufigkeit von +3,3 % zwischen den Anbauintensitäten, wobei der Kornbefall mit *F. avenaceum*, *F. graminearum*, *F. poae* und *F. tricinctum* zunahm, während der Befall mit *F. culmorum* sank. Wie in Ascheberg kam es innerhalb des Artenspektrums nur zu geringen Veränderungen. Im Mittel über alle Jahre konnte in Lage-Ohrsen bei einem durchschnittlichen Befall trat in Lage-Ohrsen, *F. poae* mit +1,6% signifikant häufiger in der Intensivvariante auf. Die Befallshäufigkeiten der anderen Arten variierten zwischen – 0,5% für *F. culmorum* und + 0,9% für *F. tricinctum*, waren aber nicht signifikant.

In Westfalen zeigten in 2001 bei einer signifikanten Differenz von + 3,6 %, bis auf *F. culmorum* und *F. cerealis*, fast alle Arten eine höhere Befallshäufigkeit in der Intensivvariante. Während für *F. graminearum* und *F. avenaceum* die Differenzen von nicht signifikant waren, konnten für *F. tricinctum* mit + 0,6 % und für *F. poae* mit + 2,1 % signifikante Unterschiede festgestellt werden. Im Jahr 2002 verringerte sich bei einer gesunkenen Befallshäufigkeit von 11,1 % die Differenz von beiden Anbauvarianten auf 1,3 %. Dabei traten *F. culmorum*, *F. avenaceum*, *F. cerealis* und *F. graminearum* in beiden Varianten nahezu gleich häufig auf, während *F. poae* und *F. tricinctum* mit einer Differenz von + 0,6 % jeweils die Hälfte der Befallsdifferenz ausmachten. Eine Signifikanz konnte jedoch nur für *F. poae* nachgewiesen werden. In 2003 ergab sich bei einem durchschnittlichen Befall von 28,9 % (ohne Haus Düsse 2003) eine Differenz in der Befallshäufigkeit von + 3,3 % zwischen Intensiv- und Basisvariante, aber keine Signifikanzen für die Befallshäufigkeiten mit den einzelnen Arten. Die Befallshäufigkeiten variierten zwischen – 0,9 % für *F. culmorum* und + 1,6 % für *F. tricinctum*. Im Mittel über alle Jahre konnte bei einem durchschnittlichen Befall in Westfalen von 17,5 % bei einer durchschnittlichen Differenz von 2,6 % für *F. poae* mit + 1,3 % ein signifikant höheres Auftreten in der Intensivvariante nachgewiesen werden.

Tab. 37: Kornbefall von Winterweizen mit *Fusarium* spp. in der Basis- und Differenz zur Intensivvariante in Westfalen

<i>Fusarium</i> -Art	2001		2002		2003 <sup>1</sup>		`01-`03 <sup>1</sup>	
	B I	B III	B I	B III	B I	B III	B I	B III
<i>F. graminearum</i>	2,2	+ 1,0	3,6	+ 0,1	4,3	+ 0,1	3,3	+ 0,4
<i>F. culmorum</i>	1,9	- 0,4	1,1	- 0,1	5,4	- 0,9	2,5	- 0,4
<i>F. avenaceum</i>	4,9	+ 0,5	2,7	0,0	6,9	+ 0,4	4,5	+ 0,3
<i>F. poae</i>	3,7	+ 2,1**	1,2	+ 0,6*	4,3	+ 1,4	2,9	+ 1,3**
<i>F. tricinctum</i>	1,0	+ 0,6*	1,5	+ 0,6	5,7	+ 1,6	2,4	+ 0,8
<i>F. cerealis</i>	0,4	- 0,1	0,2	0,0	0,9	+ 0,3	0,4	+ 0,1
gesamt	14,3	+ 3,6*	10,5	+ 1,2	27,3	+ 3,3	16,2	+ 2,6

Befallshäufigkeiten unterscheiden sich signifikant zwischen den Anbauintensitäten (Anova, \*p=0.05, \*\*p=0.01); <sup>1</sup> ohne Haus Düsse 2003;

### Rheinland

Im Jahr 2001 lag aufgrund eines niedrigen Befallsdruckes die Differenz zwischen beiden Anbauintensitäten in Kerpen-Buir bei + 0,3 %. *F. avenaceum* war mit +0,8 % in der Intensivvariante signifikant häufiger am Befall beteiligt als in der Basisvariante. Während *F. culmorum* und *F. poae* etwas seltener vertreten waren, kamen *F. tricinctum* und *F. graminearum* in beiden Varianten gleich häufig vor. In 2002 traten bei einem erhöhten Befall von 6,8 % und einer Befallsdifferenz von – 1,6 % mit Ausnahme von *F. tricinctum*, alle anderen Arten seltener in der Intensivvariante auf, obwohl keiner der Unterschiede signifikant war. Im Jahr 2003 gab es bei einem gesunkenen Gesamtbefall von 1,6 % wieder eine Differenz in der Befallshäufigkeit von + 0,4 % zwischen Intensiv- und Basisvariante. *F. graminearum* kam in keiner der beiden Anbauvarianten vor und die Befallshäufigkeit mit *F. poae*, *F. tricinctum*, *F. culmorum* oder *F. cerealis* lag in beiden auf dem gleichen Niveau wie in der Basisvariante, nur *F. avenaceum* kam mit + 0,4 % häufiger in der Intensivvariante vor. Im Mittel über alle Jahre kamen in Kerpen-Buir bei einem durchschnittlichen Befall von 3,4% bei einer Differenz von – 0,3 % alle Arten in beiden Anbauvarianten nahezu gleich häufig vor.

In 2001 wurde in Neukirchen-Vluyn mit 1,3 % der niedrigste Befall aller Jahre und Standorte von 1,2 % beobachtet, trotzdem lag die Differenz zwischen beiden Anbauintensitäten bei signifikanten + 1,0 %. Während *F. culmorum*, *F. tricinctum* und *F. graminearum* in beiden Varianten gleich häufig vertreten waren, kamen *F. avenaceum* und *F. poae* mit jeweils + 0,4 % häufiger vor, wobei die Differenz für *F. avenaceum* signifikant war. Im Jahr 2002 traten bei einem Befall von 2,5 % und einer Differenz von + 0,7 %, *F. graminearum* mit signifikanten +0,2 % und *F. poae* mit + 0,8 % häufiger auf, während die anderen Arten nahezu

unverändert auftraten. In 2003 wurde mit 7,6 % Befallshäufigkeit in Neukirchen-Vluyn der höchste Befall aller drei Untersuchungsjahre festgestellt und die Differenz für die Befallshäufigkeit lag bei + 2,5 %. Die Differenzen der Befallshäufigkeiten mit den verschiedenen Arten variierten zwischen -0,2 % für *F. cerealis* und +0,6 % für *F. tricinatum* und sogar + 1,6 % für *F. poae*. Im Mittel über alle Jahre lag bei einem durchschnittlichen Befall von 3,7 % die Differenz in der Befallshäufigkeit bei +1,4 %. Die Differenzen der Befallshäufigkeiten mit *F. graminearum*, *F. culmorum*, *F. avenaceum*, *F. tricinatum* und *F. cerealis* variierten zwischen -0,1 % und + 0,2 %, während die signifikante Befallserhöhung für *F. poae* bei 0,9 % lag.

In 2001 ergab sich im Rheinland bei einem durchschnittlichen Befall von 1.4 % eine signifikante Differenz von + 0.6 % zwischen beiden Anbauvarianten. Trotz dieses geringen Befallsniveaus konnte für die Arten *F. avenaceum* mit + 0,6 % eine signifikant höhere Befallshäufigkeit festgestellt werden, während für die anderen Arten zwischen beiden Varianten keine Unterschiede auftraten. Im Jahr 2002 lag bei einem durchschnittlichen Befall von 4,6 % die Befallshäufigkeit in der Basisvariante über der der Intensivvariante und damit die Differenz bei -0,5 %.

Dabei traten *F. graminearum*, *F. tricinatum* und *F. cerealis* in beiden Varianten nahezu gleich häufig in beiden Varianten auf, während *F. avenaceum* und *F. culmorum* etwas seltener auftraten. Mit einer Befallsdifferenz von +0,3 % kam nur *F. poae* in der Intensivvariante häufiger vor. In 2003 ergab sich eine Differenz in der Befallshäufigkeit von +1,4 % zwischen den Anbauintensitäten bei einem durchschnittlichen Befall von 4,6 %, aber es traten wiederum keine signifikanten Differenzierungen zwischen den Häufigkeiten der einzelnen Arten auf. Alle Arten traten in beiden Varianten mindestens gleich häufig auf und die Differenzen der Befallshäufigkeiten variierten zwischen 0,0 % für und +0,8 %. Im Rheinland konnte im Mittel aller Jahre für keine Art für die Befallshäufigkeit zwischen den Anbauintensitäten ermittelt werden.

Tab. 38: Kornbefall von Winterweizen mit *Fusarium* spp. in der Basisvariante und Differenz zur Intensivvariante im Rheinland.

Fusarium-Art	2001		2002		2003		`01-`03	
	B I	B III	B I	B III	B I	B III	B I	B III
<i>F. graminearum</i>	0,0	+ 0,1*	0,6	0,0	0,5	0,0	0,4	0,0
<i>F. culmorum</i>	0,1	- 0,1	0,9	- 0,3	0,6	+ 0,1	0,5	- 0,1
<i>F. avenaceum</i>	0,3	+ 0,6**	2,0	- 0,4	0,9	+ 0,3	1,1	+ 0,2
<i>F. poae</i>	0,6	0,0	0,7	+ 0,3	1,1	+ 0,8	0,8	+ 0,4
<i>F. tricinctum</i>	0,2	0,0	0,2	+ 0,1	0,4	+ 0,3	0,3	+ 0,1
<i>F. cerealis</i>	0,0	0,0	0,1	- 0,1	0,2	0,0	0,1	0,0
gesamt	1,1	+ 0,6*	4,9	- 0,5	3,9	+ 1,4	3,3	+ 0,4

\* Befallshäufigkeiten unterscheiden sich signifikant zwischen den Anbauintensitäten (Anova, \*p=0.05, \*\*p=0.01)

### Nordrhein-Westfalen

Im Jahr 2001 war in Nordrhein-Westfalen bei einem durchschnittlichen Befall von 9,9 % die Intensivvariante um +2,3 % höher befallen als die Basisvariante. Dabei traten, mit Ausnahme von *F. culmorum* und *F. cerealis*, alle anderen Arten häufiger in der Intensivvariante auf. Signifikante Differenzen ergaben sich für *F. tricinctum* und *F. poae* mit +0,3 % bzw. +1,2 %, während die für *F. avenaceum* und *F. graminearum* es nicht waren. In 2002 sank die Differenz zwischen beiden Anbauvarianten auf 0,6 %. Dabei traten *F. graminearum*, *F. cerealis*, *F. culmorum* und *F. avenaceum* in beiden Varianten nahezu gleich häufig auf, während *F. tricinctum* und *F. poae* mit + 0,4 % bzw. signifikanten + 0,5 % häufiger in der Intensivvariante zu finden waren.

Im Jahr 2003 ergab sich einem durchschnittlichen Befall von 15,6 % (ohne Haus Düsse) eine Differenz in der Befallshäufigkeit von 2,4 %, erlaubte aber keine signifikante Differenzierung zwischen den Häufigkeiten oder Anteilen der einzelnen Arten zwischen den Anbauintensitäten. Mit Ausnahme von *F. culmorum*, dessen Häufigkeit um –0,4 % abnahm, lagen die Differenzen bei den anderen Arten zwischen + 0,1 % für *F. graminearum* und + 1,1 % für *F. poae*. Im Mittel über alle Jahre wurde in Nordrhein-Westfalen eine Differenz von + 1,7 % für die Befallshäufigkeit zwischen den Anbauintensitäten ermittelt. Mit Ausnahme von *F. poae* mit signifikanten + 0,9 % konnte für die anderen Arten kein signifikanter Unterschied festgestellt werden, deren Befallshäufigkeiten zwischen – 0,3 % für *F. culmorum* und + 0,5 % für *F. tricinctum* variierten.

### 3.5.3 Einfluss auf die Pflanzenlänge

Von den Sorteneigenschaften besaß nur die Pflanzenlänge einen signifikanten Einfluss auf den Kornbefall mit *Fusarium* spp., andererseits wirken sich Wachstumsregler in der intensiveren Anbauvariante auf die Pflanzenlänge aus. Um diesen Einfluss zu überprüfen, wurden die relativen Befallshäufigkeiten entsprechend der unterschiedlichen Längeneinstufungen und der Anbauintensität ermittelt und die Korrelationen von Pflanzenlänge und Auftreten der einzelnen *Fusarium*-Arten berechnet.

#### Befallsunterschiede

Wie auch schon bei dem Einfluss der Pflanzenlänge auf den Kornbefall besprochen, zeigt sich dass in beiden Anbaustufen in beiden Regionen die extrem kurzstrohigen Sorten einen signifikant höheren Befall als die anderen Längeneinstufungen. Zudem ist bei allen Längeneinstufungen der Kornbefall in der Intensivvariante höher als in der Basisvariante. Im Rheinland schwanken bei eher geringen Stufenunterschieden die Differenzen für die einzelnen Längeneinstufungen zwischen 0,1 % und 1,1 % und sind nicht signifikant. Unter dem hohen Befallsdruck in Westfalen zeigt sich mit zunehmender Pflanzenlänge eine immer größer werdende Differenz zwischen beiden Anbauintensitäten. Lag die Differenz bei Längeneinstufung 3 bei 0,3 %, so stieg sie kontinuierlich auf signifikante 3,5 % bei Längeneinstufung 6. Aufgrund der Unterschiedlichkeit der Regionen zeigen sich im Mittel in Nordrhein-Westfalen keine signifikanten Unterschiede.

Tab. 39: Kornbefall von Winterweizen mit *Fusarium* spp. bei unterschiedlicher Pflanzenlänge und Anbauintensitäten in NRW.

Längeneinstufung	Westfalen		Rheinland		NRW	
	BI	BIII	B I	B III	BI	BIII
3	26,0 *	26,3 *	5,6 *	6,7 *	17,2 *	18,4 *
4	14,4	16,1	2,0	3,0	8,9	10,9
5	14,8	16,9	3,0	3,1	9,6	11,4
6	13,6 b	17,1 a	2,8	3,7	8,9	11,4
alle	16,0	18,3	3,2	3,8	10,4	12,4

(\* signifikant zwischen Pflanzenlängen Tamhane-T2,  $p=0.05$ ; a,b: signifikant zwischen Stufen, Anova,  $p=0,05$ )

#### Westfalen

Zwischen den verschiedenen Jahren und Standorten in Westfalen ergaben sich für die verschiedenen *Fusarium*-Arten beiden Anbauintensitäten z.T. stark unterschiedliche Korrelationen zwischen Pflanzenlänge und Kornbefall, wobei im Jahr 2002 die geringsten Unterschiede bei allen Koeffizienten vorlagen. Für *F. graminearum* lagen in Westfalen die



Korrelationskoeffizienten zwischen  $-0,19$  und  $-0,06$  und damit im Mittel bei  $-0,15$  für die Basisvariante. In der Intensivvariante variierten die Korrelationskoeffizienten zwischen hoch signifikanten  $-0,48$  im Jahr 2001,  $0,03$  im Jahr 2002 und wieder signifikanten  $-0,43$  im Jahr 2003, woraus sich im Mittel eine signifikante negative Korrelation von  $-0,25$  ergab. Im Gegensatz dazu lagen die Koeffizienten für *F. culmorum* in der Basisvariante unter denen der Intensivvariante, woraus sich im Mittel eine Korrelation von  $-0,10$  für die Basisvariante und  $+0,10$  für die Intensivvariante ergaben. Die Korrelationskoeffizienten für *F. avenaceum* lagen für die Basisvariante bei  $0,05$  bzw.  $-0,09$  für die Intensivvariante. Bei *F. poae* ergaben sich in allen Untersuchungsjahren positive Korrelationskoeffizienten, welche zwischen von  $0,04$  bis  $0,36$  für die Basis- und von  $0,01$  bis zu signifikanten  $0,35$  für die Intensivvariante variierten. Aus diesen Werten ergab sich für *F. poae* in Westfalen signifikante Korrelationen von  $0,21$  für die Basisvariante und  $0,27$  für die Intensivvariante. Mit Ausnahme einer signifikanten Korrelation für die Basisvariante in 2001, ergaben sich für *F. tricinctum* keine Korrelationen zwischen Pflanzenlänge und Befallshäufigkeit für beide Varianten. Bei *F. cerealis* ergaben sich in allen Untersuchungsjahren negative Korrelationskoeffizienten somit im Mittel Korrelationskoeffizienten von  $-0,15$  für die Basisvariante und  $-0,09$  für die Intensivvariante.

### **Rheinland**

Auch im Rheinland zeigten sich unterschiedliche Korrelationen von Pflanzenlänge und Kornbefall für die verschiedenen *Fusarium*-Arten zwischen beiden Anbauintensitäten. Für *F. graminearum*, welche als Art im Jahr 2001 an den beiden Standorten im Rheinland nicht auftrat, lagen die Korrelationskoeffizienten im Mittel bei  $-0,08$  in der Basisvariante bzw.  $-0,03$  in der Intensivvariante. Die Koeffizienten für *F. culmorum* zeigten keine Korrelationen in beiden Anbauvarianten. Für *F. avenaceum* lagen nur negative Korrelationskoeffizienten vor, die im Mittel für die Basisvariante bei signifikanten  $-0,25$  und für die Intensivvariante bei  $-0,14$  lagen. Bei *F. poae* ergaben sich aus den Korrelationskoeffizienten für die Basis- und Intensivvariante im Mittel von  $0,04$  bzw.  $0,07$ . Für *F. tricinctum* zeigten sich keine signifikanten Korrelationen zwischen Pflanzenlänge und Befallshäufigkeit für bei Anbauvarianten, ebenso wie für *F. cerealis*.

### **Nordrhein-Westfalen**

In Nordrhein-Westfalen zeigten aufgrund der sehr unterschiedlichen Korrelationskoeffizienten in den beiden Regionen auch im Gesamtbild große Heterogenitäten. Mit Ausnahme der Korrelationen von  $-0,29$  für die Intensivvariante im Jahr 2001 für *F. graminearum* und  $0,27$  für *F. poae* in der Basisvariante 2003 ergaben sich in den einzelnen Jahren keine signifikanten Korrelationen. Dabei variierten die Koeffizienten zwischen  $-0,24$  für *F. avenaceum* und  $0,25$  für *F. culmorum*. Im Mittel der Jahre waren die Koeffizienten

zwischen Halmlänge und Kornbefall in der Basisvariante für alle Arten mit Ausnahme von *F. poae* negativ, ohne signifikant zu sein. In der Intensivvariante dagegen gab es neben *F. poae* mit signifikanten 0,14, mit *F. culmorum* eine zweite Art mit einem positiven Korrelationskoeffizienten. Während bei *F. cerealis* keine Korrelation vorlag, waren die Koeffizienten für *F. tricinatum* und für *F. graminearum* negativ.

Tab. 40: Korrelation von Kornbefall von Winterweizen mit *Fusarium* spp. und Pflanzenlänge bei unterschiedlicher Anbauintensität in NRW.

<i>Fusarium</i> -Art	2001		2002		2003		alle	
	BI	BIII	BI	BIII	BI	BIII	BI	BIII
<i>F. graminearum</i>	-0,13	-0,29*	-0,05	0,03	-0,05	-0,19	-0,11	-0,14
<i>F. culmorum</i>	-0,05	0,09	0,01	0,14	0,09	0,25	-0,02	0,10
<i>F. avenaceum</i>	-0,09	-0,04	0,00	-0,21	-0,24	-0,19	-0,13	-0,11
<i>F. poae</i>	-0,10	0,17	0,04	0,02	0,27*	0,05	0,10	0,14*
<i>F. tricinatum</i>	0,08	-0,17	-0,11	0,04	-0,02	-0,04	-0,05	-0,08
<i>F. cerealis</i>	-0,14	-0,02	0,08	0,04	-0,07	0,11	-0,06	0,01

(Pearson, zweiseitig: \* signifikant,  $p=0.05$ ; \*\*  $p=0.01$ )

### 3.5.3 Einfluss der Anbauintensität auf Sorten mit unterschiedlicher Resistenzeinstufung

Um den Einfluss der Anbauintensität auf die Sortenresistenz zu bestimmen, wurde für die Berechnung der relative Befall jeder Wiederholung aller Sorten im Vergleich zum Jahresmittel verwendet. Dann wurden die Daten entsprechend der beiden Anbauintensitäten geteilt und alle relativen Befallswerte einer Anbauintensität für die jeweilige Bezugsebene auf eine Korrelation mit den Resistenzeinstufungen geprüft. In die Auswertung wurden die Daten aus Haus Düsse des Jahres 2003 nicht mit einbezogen, da in diesem Jahr Winterweizen nur in der Intensivvariante angebaut wurde.

#### Westfalen

Die Korrelation zwischen Kornbefall und der Einstufung der Sorten nach ihrer Anfälligkeit für Ährenfusariosen war in Westfalen nur bedingt zu erkennen und für die einzelnen Standorte niemals signifikant. Mit Ausnahme von Haus Düsse 2001, lag der Korrelationskoeffizient der Basisvariante über dem der Intensivvariante. Im Gegensatz zu den zahlreichen signifikanten Korrelationen von Befallshöhe und Sorteneinstufung ergab sich aufgrund der geringen Basis von zwei Wiederholungen an keinem Jahr an einem Standort eine signifikante Korrelation, auch wenn z.T. die Korrelationskoeffizienten in einigen Fällen sehr hoch waren. Für die Basisvariante variierten diese zwischen 0,23 und 0,66, für die Intensivvariante zwischen – 0,26 und 0,52.

An allen drei Standorten lag der Korrelationskoeffizient im Mittel der Jahre für die Basisvariante über dem der Intensivvariante. In Ascheberg und in Lage-Ohrsen traten in der Basisvariante signifikante Korrelationen von 0,35 bzw. 0,48 auf, nicht aber in Haus Düsse oder der Intensivvariante.

Im Jahr 2001 lag im Mittel in Westfalen der Korrelationskoeffizient zwischen Befallshöhe und Sorteneinstufung für die Basisvariante bei signifikanten 0,42 und für die Intensivvariante bei 0,23. In 2002 waren an allen Standorten die Korrelationen besser und damit auch in ganz Westfalen mit 0,47 bzw. 0,39 für beide Anbauvarianten signifikant. Im Jahr 2003 schließlich waren beide Korrelation in Westfalen nicht signifikant. Insgesamt lag für Westfalen die Korrelation bei signifikanten 0,39 ( $p < 0,01$ ) für die Basisvariante und bei nicht signifikanten 0,22 für die Intensivvariante, wie man der folgenden Tabelle 41 entnehmen kann:

Tab. 41: Einfluss der Anbauintensität auf Korrelation von Kornbefall von Winterweizen mit *Fusarium* spp. und Resistenzeinstufung in Westfalen

Jahr	Ascheberg		Haus Düsse		Lage-Ohrsen		Westfalen	
	BI	BIII	BI	BIII	BI	BIII	BI	BIII
2001	0,59	0,08	0,32	0,52	0,26	0,15	0,42*	0,23
2002	0,43	0,33	0,60	0,34	0,66	0,51	0,47*	0,39*
2003	0,23	-0,23	--	-0,26	0,66	0,52	0,42	0,17
`01-`03	0,35*	0,09	0,48	0,25	0,47*	0,22	0,39**	0,22

(Pearson, zweiseitig: \* signifikant,  $p=0,05$ ; \*\*  $p=0,01$ )

### Rheinland

Im Gegensatz zu Westfalen lagen im Rheinland die Korrelationskoeffizienten enger beieinander und waren in der Hälfte der Fälle in der Intensivvariante größer als in der Basisvariante, waren aber trotz z.T. großer Werte an keinem Standort signifikant. In 2001 lagen in Kerpen-Buir die Korrelationskoeffizienten bei 0,46 in der Basis- bzw. 0,51 in der Intensivvariante, während in Neukirchen-Vluyn die Koeffizienten mit 0,53 bzw. 0,23 entgegengesetzt verteilt waren. Damit ergaben sich für das Rheinland signifikante Korrelationen für beide Anbauvarianten. Im Jahr 2002 kam Neukirchen-Vluyn trotz hoher Koeffizienten ebenso wenig zu signifikanten Korrelationen wie in Kerpen-Buir. Auch für das Rheinland konnte für keine der beiden Varianten eine signifikante Korrelation beobachtet werden.

Tab. 42: Einfluss der Anbauintensität auf Korrelation von Kornbefall von Winterweizen mit *Fusarium* spp. und Resistenzeinstufung im Rheinland

Jahr	Nk.-Vluyn		Kerpen-Buir		Rheinland	
	BI	BIII	BI	BIII	BI	BIII
2001	0,53	0,23	0,46	0,51	0,58*	0,47*
2002	0,54	0,57	0,33	0,26	0,45	0,43
2003	0,02	0,34	-0,27	-0,32	0,16	0,02
`01-`03	0,42	0,31	0,22	0,22	0,35*	0,29

(Pearson, zweiseitig: \* signifikant,  $p=0.05$ ; \*\*  $p=0.01$ )

Im Mittel aller Jahre lag die Korrelationen für Basis- und Intensivvariante in Kerpen-Buir bei jeweils 0,22, in Neukirchen-Vluyn bei 0,42 bzw. 0,31 und damit für das Rheinland bei signifikanten 0,35 bzw. nicht signifikanten 0,29.

### Nordrhein-Westfalen

Für Nordrhein-Westfalen ergaben sich in 2001 und 2002 in beiden Anbauvarianten signifikante positive Korrelation zwischen Sorteneinstufung und relativem Kornbefall. Im Jahr 2001 lagen die Korrelationskoeffizienten bei 0,49 für die Basis- und 0,36 in der Intensivvariante, im Jahr 2002 bei 0,46 ( $p<0.01$ ) bzw. 0,40. Im Jahr 2003 konnte für beide Anbauvarianten keine Korrelationen zwischen diesen Werten festgestellt werden, was damit auch für Nordrhein-Westfalen zum Fehlen jeglicher Korrelationen führte. Über Mittel aller Jahre ergaben sich Korrelationskoeffizienten in der Basisvariante von signifikanten 0,37 ( $p<0,01$ ) und in der Intensivvariante von deutlich niedrigeren 0,22 ( $p<0,05$ ). Gleichzeitig mit der geringeren Korrelation zwischen *Fusarium*-Resistenz und Kornbefall tritt ein insgesamt erhöhter durchschnittlicher Befall auf. Dies deutet darauf hin, dass es in der intensiveren Variante nicht zu einem reduzierten Befall bei den anfälligen Sorten kommt, sondern zu einem erhöhten Befall in den resistenteren Sorten. Dies lässt sich gut in den folgenden Abbildungen 6 und 7 für Westfalen und das Rheinland gut beobachten.

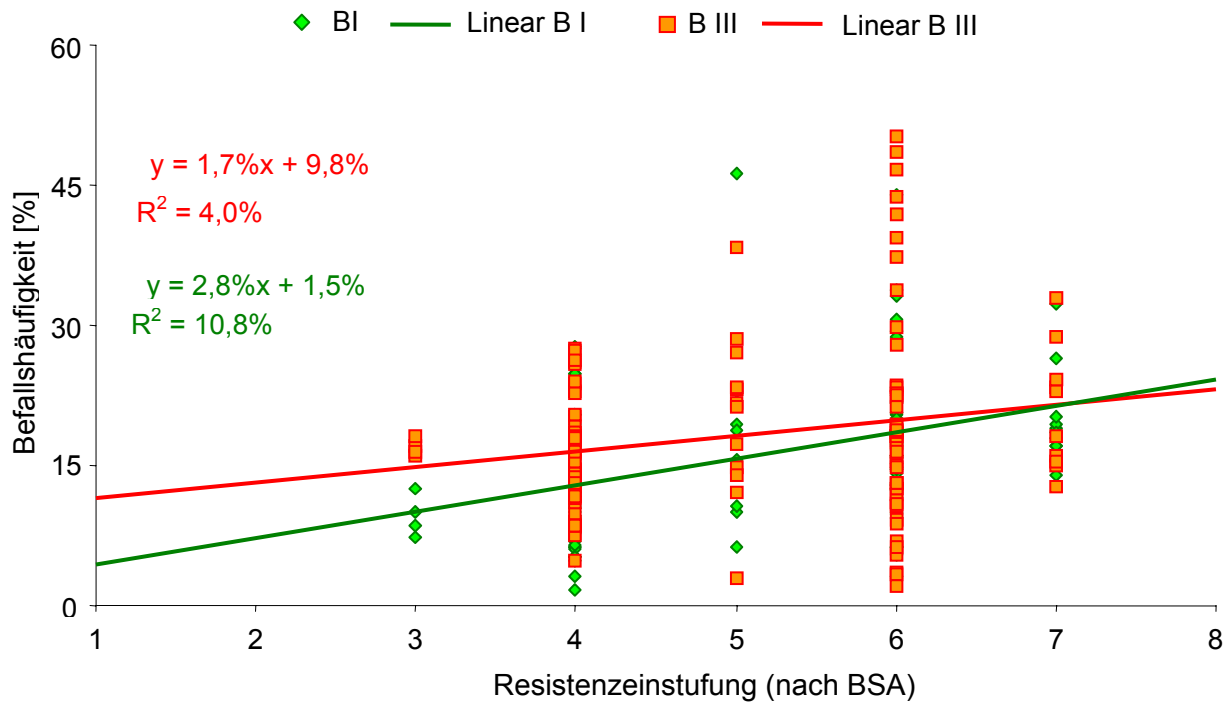
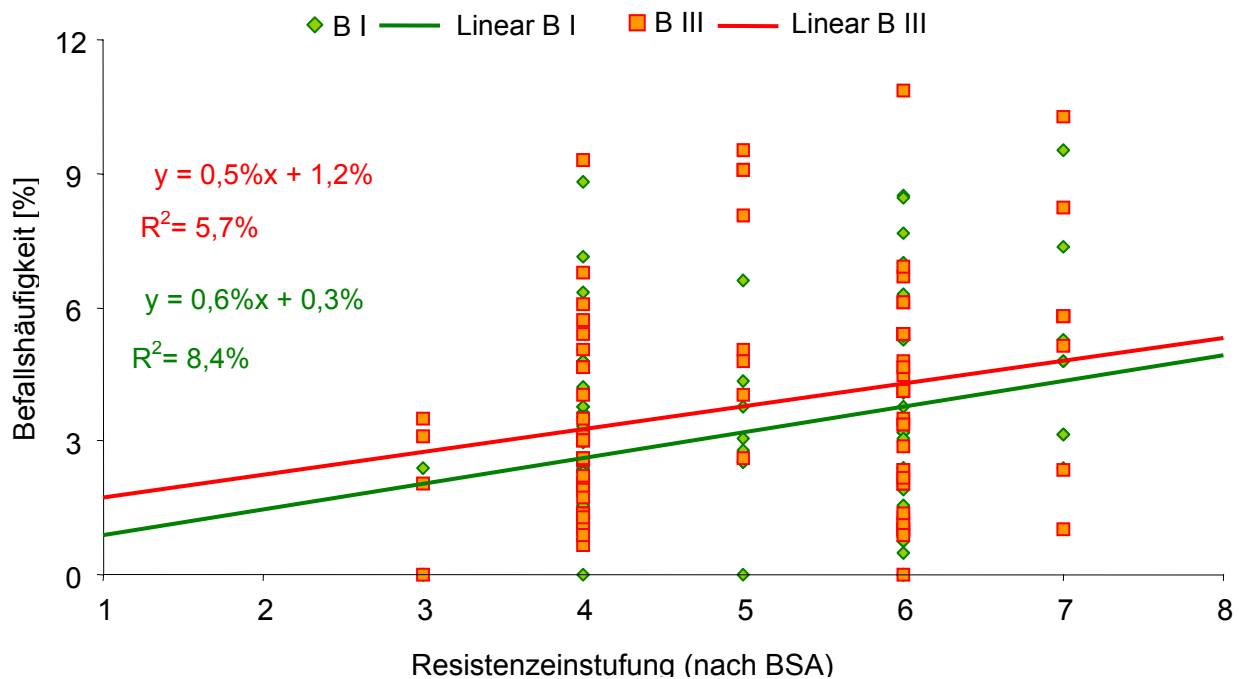


Abb. 6: Korrelation zwischen Sorteneinstufung, Anbauintensität und Kornbefall in Westfalen für die Jahre 2001-2003

In Westfalen gibt es aufgrund des hohen Befallsdruckes sehr deutliche Unterschiede zwischen den Auswirkungen der Anbauintensität auf die *Fusarium*-Resistenz und dem Kornbefall. Der korrigierte durchschnittliche Befall lag in der Basisvariante mit 16% um 2,5% unter dem der Intensivvariante und zusammen mit der signifikanten höheren Korrelation ergibt sich, sowohl für die linearen als auch für die logarithmischen Ausgleichsgeraden ein Schnittpunkt bei der Sorteneinstufung in der Kategorie 7 (anfällig). Während sich also bei anfälligen Sorten sich die Anbauintensität unter dem Befallsdruck in Westfalen nicht bemerkbar macht, kommt es zu umso größeren Unterschieden desto resistenter die Sorten eingestuft werden. So würde nach der logarithmischen Berechnung der durchschnittliche Befall von Sorten der Einstufung 2 für die Basisvariante bei ca. 3% liegen. Dagegen wären in der Intensivvariante mit 10,8% immer noch ein erheblicher Teil der Körner mit *Fusarium* spp. befallen.



Grafik 7: Korrelation zwischen Sorteneinstufung, Anbauintensität und Kornbefall im Rheinland für die Jahre 2001-2003

Unter dem signifikant geringeren Befallsdruck im Rheinland sind die Auswirkungen der Anbauintensität auf die Sortenresistenz deutlich geringer. Die beiden Ausgleichsgeraden verlaufen nahezu parallel und würden sich innerhalb der Sorteneinstufung von 1 bis 10 nicht schneiden. Hierdurch ergibt sich, dass im Rheinland die Differenzen zwischen den Anbauintensitäten fast ausschließlich auf einem erhöhten Grundbefall beruhen. Dieser fällt z.B. mit 0,5% für die Sorteneinstufung 5 zwischen Basisvariante (3,4%) und Intensivvariante (3,9%) nur sehr gering aus.

### 3.6 Moniliformin

Die Bildung von Moniliformin durch *Fusarium* spp. ist sowohl *in vitro* als auch *in vivo* auf dem Feld nachgewiesen worden. Dabei zeigten Isolate der Arten *F. avenaceum* und *F. tricinctum* in der Regel die Befähigung zur Bildung dieses Mykotoxins. In dieser Untersuchung sollte überprüft werden, in wie weit sich die Ergebnisse auf die in Nordrhein-Westfalen gewonnenen Isolate und damit auch auf die Moniliforminbelastung der Getreideproben übertragen lassen.

#### 3.6.1 Bildung *in vitro*

Die Untersuchungen der Moniliforminproduktion *in vitro* wurden an Isolaten verschiedener *Fusarium*-Arten der Jahre 2002 und 2003 aus Nordrhein-Westfalen durchgeführt, die für zwei Wochen auf PDA-Agar angezogen worden waren. Die Extraktion erfolgte aus dem Luftmyzel, da sich in Voruntersuchungen, die hier nicht dargestellt werden, zeigte, dass im und auf dem Luftmyzel in Form von Exsudaten, weit aus mehr Moniliformin vorlag als im Agar. Die Nachweisgrenze für die Moniliforminbestimmung mittels HPLC lag für die Myzelextrakte bei 50 ppb.

##### 3.6.1.1 *Fusarium*-Arten

In einer ersten Untersuchung wurden insgesamt 44 *Fusarium*-Isolate auf die Moniliforminproduktion *in vitro* untersucht. Hierunter waren 24 Isolate von *F. avenaceum*, 13 Isolate von *F. tricinctum*, je zwei Isolate von *F. graminearum*, *F. culmorum* und *F. poae* und ein Isolat von *F. sporotrichoides*.

Bei den untersuchten Isolaten der Arten *F. graminearum*, *F. culmorum*, *F. poae* und *F. sporotrichoides* konnte im Luftmyzel kein Moniliformin nachgewiesen werden, wie man der folgenden Tabelle 42 entnehmen kann. Auch bei einigen Isolaten von *F. avenaceum* und *F. tricinctum* konnte kein Moniliformin nachgewiesen werden. Die überwiegende Mehrzahl der Isolate dieser beiden Arten produzierte aber Moniliformin *in vitro*, wobei jedoch erhebliche Unterschiede zwischen den einzelnen Isolaten der einzelnen Art auftraten. Im Mittel der untersuchten Isolate produzierte *F. avenaceum* mit 46 µg/g Luftmyzel etwas mehr Moniliformin als *F. tricinctum* mit 38 µg/g Luftmyzel, ohne dass Unterschiede zwischen den Arten zu erkennen waren.

Tab. 43: Gebildete Moniliforminmenge *in vitro* pro g Luftmyzel<sup>1</sup> durch verschiedener *Fusarium*- Arten nach 14 Tagen

Art	Isolat	Toxingehalt (µg/g) <sup>1</sup>
<i>F. graminearum</i>	03DU -17gram	n.n.
“	02NKV -02gram	n.n.
<i>F. culmorum</i>	03LO -67cul	n.n.
“	02KB -63cul	n.n.
<i>F. avenaceum</i>	2002 KB -02ave	86,0
“	2003 LO 2/1.1 -20ave	4,6
<i>F. poae</i>	03AS -32poae	n.n.
“	03DU -37poae	n.n.
<i>F. tricinctum</i>	2002 Du -11tri	11,0
“	2003 Du 6/3.2-6tri	87,3
<i>F. sporotrichoides</i>	02 KB -12sporo	n.n.

<sup>1</sup>: Frischmasse

### 3.6.1.2 *F. avenaceum*

Zwischen den untersuchten Isolaten von *F. avenaceum* ergaben sich erhebliche Unterschiede in der produzierten Moniliforminmenge pro Gramm Luftmyzel. Bei zwei Isolaten, nämlich 2003 LO-03ave und 2002 AS-09ave konnte kein Moniliformin mittels HPLC-DAD nachgewiesen werden. Acht weitere Isolate produzierten nur geringe Mengen Moniliformin von 0,4 bis 18 µg/g Luftmyzel und weitere zehn Isolate Mengen von 21 bis 68 µg/g Luftmyzel. Drei der restlichen vier Isolate, 2002 KB-02ave, 2003 KB5/13-02ave und 2003 DU4/32-5ave produzierten mit 86 bis 124 µg/g Luftmyzel erhebliche Toxinmengen. Das Isolat 2003 DU-6/32-5ave zeigte die mit Abstand höchste Moniliforminproduktion *in vitro* von durchschnittlich 327 µg/g Luftmyzel. Somit produzierten 18 von 24 Isolaten nachweisbare Moniliforminmengen von 1 bis 86 µg/g Luftmyzel, was sich auch im Mittelwert von 46 µg/g Luftmyzel und dem Median von 32 µg Moniliformin pro Gramm Luftmyzel widerspiegelt. Bei der regionalen Verteilung konnte für keinen Standort der für keine Region ein Unterschied in der Moniliforminproduktion der Isolate festgestellt werden. In der folgenden Grafik 8 sind die Ergebnisse detailliert dargestellt:



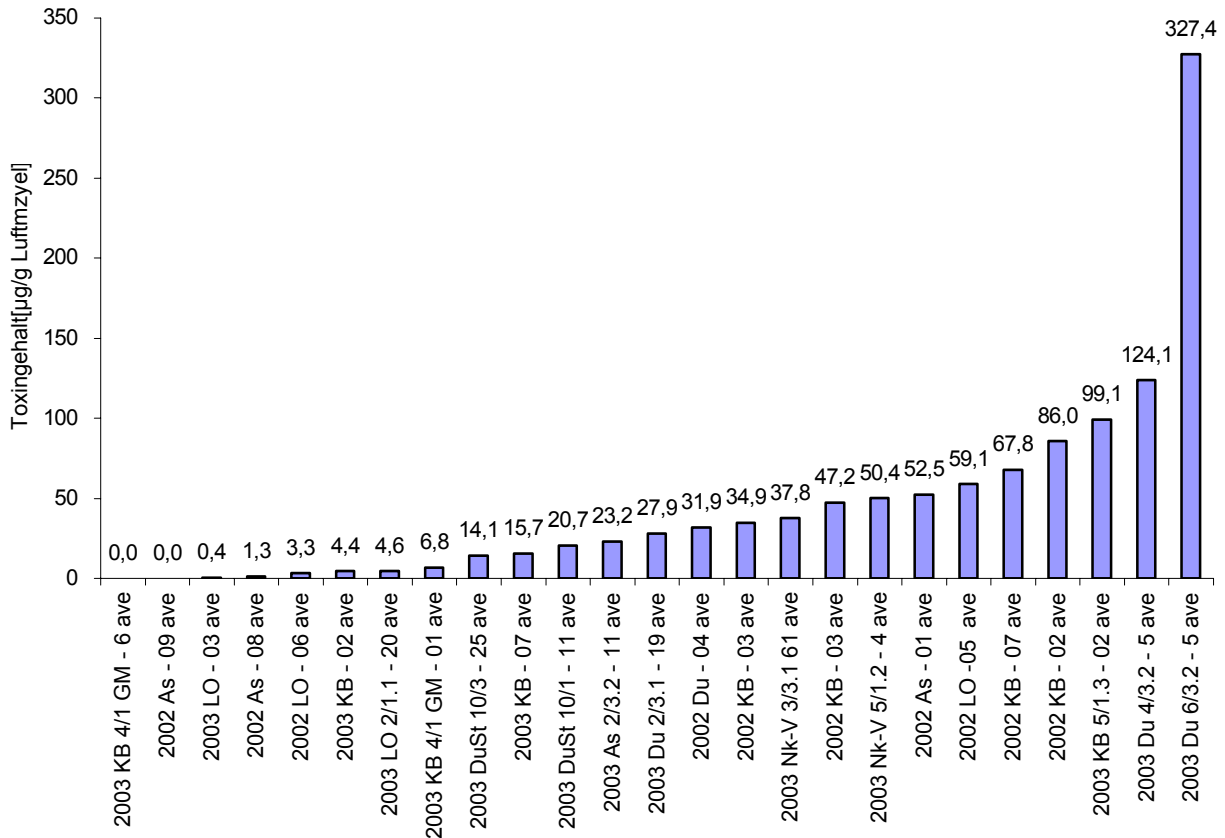
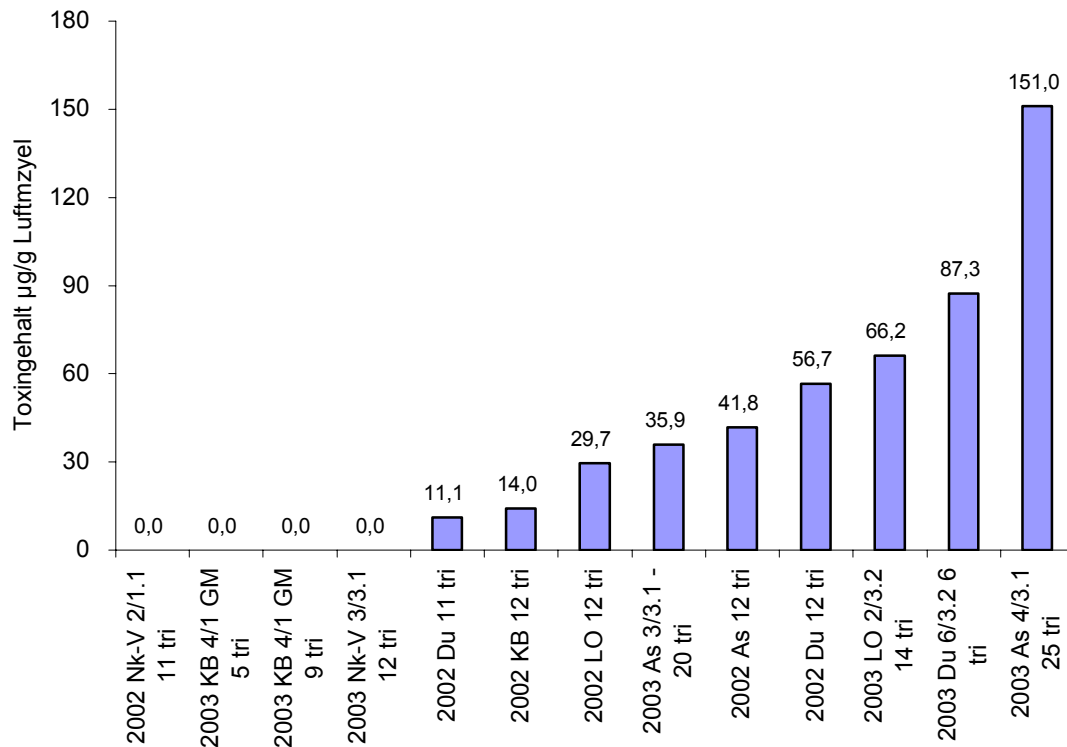


Abb. 8: Gebildete Moniliforminmenge *in vitro* pro g Luftmyzel (Frischmasse) durch Isolate von *F. avenaceum*

### 3.6.1.3 *F. tricinctum*

Wie bei Isolaten von *F. avenaceum* ergaben sich auch zwischen den Isolaten von *F. tricinctum* z.T. erhebliche Unterschiede in der produzierten Menge Moniliformin pro Gramm Luftmyzel. Bei vier Isolaten konnte kein Moniliformin nachgewiesen werden. Weitere acht Isolate produzierten Moniliformin in Mengen von 11 bis 87 µg/g Luftmyzel und ein Isolat, 2003 As4/3.1- 25tri, mit einer Produktion *in vitro* von 151 µg Moniliformin/g Luftmyzel ein sehr hohes Bildungspotential. Neun von 13 Isolaten von *F. tricinctum* bildeten somit nachweisbare Moniliforminmengen von 11 bis 151 µg/g Luftmyzel, was ungefähr der Verteilung der produzierten Moniliforminmengen durch die Isolate von *F. avenaceum* entsprach. Daher ergaben sich auch ähnliche Werte in Bezug auf den Mittelwert von 38 µg Moniliformin bzw. dem Median von 29,7 µg Moniliformin pro Gramm Luftmyzel. Dabei wiesen die Isolate von *F. tricinctum* aus Westfalen eine deutlich höhere Moniliforminbildung auf als die Isolate aus dem Rheinland.



Grafik 9: Gebildete Moniliforminmenge *in vitro* pro g Luftmyzel (Frischmasse) durch Isolate von *F. tricinctum*

### 3.6.2 Moniliformingehalt von Getreideproben

Aufgrund des Potenzials zahlreicher Isolate von *F. avenaceum* und *F. tricinctum*, war eine Kontamination von Weizenproben mit Moniliformin zu erwarten, zumal an einzelnen Standorten und Jahren einige Sorten einen hohen Anteil mit diesen Arten befallenen Körnern auswiesen. Daher wurden Getreideproben mit unterschiedlicher Befallshäufigkeit mit *F. avenaceum* und *F. tricinctum* ausgesucht, um die Auswirkung der Befallshäufigkeit auf den Moniliformingehalt der Probe zu untersuchen. Da bei mittleren und hohem Befall meist beide Arten in den Proben gemischt auftraten, wurden sowohl Proben mit überwiegend *F. avenaceum* bzw. *F. tricinctum* als auch mit gleichen Anteilen beider Arten analysiert.

In den untersuchten Getreideproben des Jahres 2001 waren die Körner hauptsächlich mit *F. avenaceum* und weniger mit *F. tricinctum* befallen. Der Gesamtbefall lag zwischen einem und neun Prozent und die Gehalte der Proben schwankten, mit Ausnahme der der Sorte Drifter aus Ascheberg, in der kein Moniliformin nachgewiesen werden konnte, zwischen 63 und 76 ppb. Überraschenderweise war das Mehl der Sorte Kris aus Neukirchen-Vluyn mit einem Prozent Kornbefall durch *F. avenaceum* mit 76 ppb ähnlich mit Moniliformin belastet wie das Mehl der gleichen Sorte aus Ascheberg mit 63 ppb, welche einen Kornbefall mit *F. avenaceum* von neun Prozent aufwies. Bei den sieben untersuchten Getreideproben der Jahres 2002 lag der Gesamtbefall mit den Moniliformin-bildenden *Fusarium*-Arten zwischen

zwei und 31 Prozent, wobei bei den drei am höchsten befallenen Sorten *F. tricinctum* gegenüber *F. avenaceum* dominierte. Mit Ausnahme der Sorte Maverick aus Kerpen-Buir mit knapp 9 % Befall und einem Gehalt von 71 ppb und der Sorte Ritmo aus dem Stoppelweizenversuch aus Haus Düsse mit rund 31 % und einem Gehalt von 86 ppb, lag trotz höherem Befall als im Jahr 2001 in den meisten Proben der Moniliformingehalt unter der Nachweisgrenze. Für das Untersuchungsjahr 2003 konnte bei Befallshäufigkeiten mit *F. avenaceum* und *F. tricinctum* von 3 bis 34 % in allen untersuchten Getreideproben Moniliformin nachgewiesen werden. Dabei war die Sorte Biscay aus Kerpen-Buir mit 3% Kornbefall mit 225 ppb am höchsten und die Sorte Tommi aus Lage-Ohrsen mit 8 % befallenen Körnern mit 52 ppb am geringsten befallen. Bei den anderen Sorten lagen die Moniliformingehalte zwischen 66 und 114 ppb.

Dabei bestand kein Zusammenhang zwischen der Befallshäufigkeit mit den Moniliforminbildenden *Fusarium*-Arten und dem Gehalt der Proben an Moniliformin. In den Jahren 2001 und 2003 wiesen die Getreideproben mit dem geringsten Kornbefall durch Moniliforminbildende Arten die höchsten Moniliformingehalte auf und hohe prozentuale Häufigkeiten waren nicht mit starken Belastungen verbunden. Eher scheint es einen Zusammenhang mit dem Untersuchungsjahr zu geben, denn während im Jahr 2001 in der Mehrzahl der Getreideproben Moniliformin nachgewiesen wurde, lag bei der Mehrzahl der Getreideproben des Jahres 2002 bei höherem Befall der Moniliformingehalt unter der Nachweisgrenze. Im Jahr 2003 konnte in allen Getreideproben sowohl bei niedrigem als auch bei hohem Befall Moniliformin nachgewiesen werden. Weitere Ergebnisse lassen sich auf der folgenden Seite der Tabelle 44 entnehmen:

Tab. 44: Prozentuale Befallshäufigkeiten von Weizenkörnern mit *F. avenaceum* und *F. tricinctum* und Moniliformingehalt des Mehls in ppb (nach Jahren geordnet)

Probe	<i>F. avenaceum</i>	<i>F. tricinctum</i>	gesamt	Gehalt (ppb)
2001 AS Drifter BI	5.5 %	0.5 %	6.0 %	<NWG
2001 AS Kris BI	9.3 %	0.5 %	9.8 %	63
2001 AS Flair BIII	5.0 %	0.3 %	5.3 %	75
2001 NKV Kris BIII	1.0 %	0.0 %	1.0 %	76
2002 AS Maverick BI/III	7.8 %	8.1 %	15.9 %	<NWG
2002 DU Complet BIII	4.8 %	4.0 %	8.8 %	<NWG
2002 DU Skater St-BIII	0.5 %	20.5 %	21.0 %	<NWG
2002 DU Maverick St-BIII	1.3 %	29.5 %	30.8 %	<NWG
2002 DU Ritmo St-BIII	2.8 %	28.0 %	30.8 %	89
2002 KB Maverick BI	8.8 %	0.5 %	9.3 %	71
2002 KB Tommy BI	2.0 %	0.0 %	2.0 %	<NWG
2003 AS Drifter BI	9.0 %	25.0 %	34.0 %	99
2003 AS Biscay BIII	11.5 %	10.5 %	22.0 %	99
2003 AS Terrier BIII	12.0 %	15.5 %	27.5 %	89
2003 DU Drifter BIII	9.0 %	0.5 %	9.5 %	114
2003 DU Tommy B III	8.5 %	3.0 %	11.5 %	78
2003 DU Terrier BIII	25.0 %	4.0 %	29.0 %	66
2003 KB Biscay BIII	3.0 %	0.0 %	3.0 %	225
2003 LO Winnetou BI	9.5 %	0.5 %	10.0 %	102
2003 LO Tommy BIII	7.5 %	0.5 %	8.0 %	52

### 3.6.3 Wirkung von Fungiziden

Um die Wirksamkeit von Fungiziden *in vitro* auf die verschiedenen *Fusarium*-Arten, aber auch die unterschiedliche Reaktion verschiedener Isolate zu überprüfen, wurden insgesamt 10 Isolate von fünf *Fusarium*-Arten getestet. Als Fungizide wurden der nur wenig *Fusarium*-wirksame Wirkstoff Azoxystrobin (als Amistar) und der gegen Ährenfusariosen zugelassene Wirkstoff Tebuconazol (als Folicur) ausgewählt und für einen Wachstumstest in Konzentrationen von 0,1 ppm bis 100 ppm im PDA-Medium eingesetzt. In einem zweiten Test wurde dann die Wirkung dieser Fungizide auf die Moniliforminproduktion durch verschiedene Isolate von *F. avenaceum* und *F. tricinctum* untersucht.

### 3.6.3.1 Wirkung auf *Fusarium* spp.

#### Azoxystrobin

Die zehn überprüften Isolate reagierten schon bei geringen Konzentrationen von 0,1 - 0,5 ppm Azoxystrobin im Medium sehr unterschiedlichen. Während der Wirkstoff bei den beiden Isolate von *F. graminearum*, dem *F. tricinctum* sowie einem Isolat von *F. avenaceum* bei 0,5 ppm mit 1,6 % bis 4,4 % nur über eine geringe Wirksamkeit verfügte, zeigten ein Isolat von *F. culmorum* und beide Isolate von *F. poae* mit 25,2 % bis 30,0% schon ein deutliche Hemmung. Die größten Unterschiede zwischen den Isolaten ergaben sich bei 50 ppm mit rund 29 % Hemmung für das Isolat 02NKV- 02gram und 60 % Hemmung für das Isolat 03DU-37poae. Bei der Konzentration von 100 ppm Amistar im Medium zeigten die Isolate von *F. graminearum* und *F. tricinctum* mit 33% bis 38 % Hemmung sich nur gering beeinflusst, gefolgt von den beiden Isolaten von *F. culmorum* mit 42% bis 46% Hemmung und schließlich mit 58% bis 64% Hemmung die fünf Isolate von *F. avenaceum* und *F. poae*. Somit konnte bei einer Konzentration von 100 ppm bei keiner *Fusarium*-Art eine vollständige Hemmung erreicht werden. Insgesamt reagieren die Isolate einer Art z.T. sehr unterschiedlich auf geringe Konzentrationen oder den Konzentrationsanstieg des Fungizids, doch bei hohen Konzentrationen gleichen sie einander mehr als Isolaten anderer *Fusarium*-Arten.

Tab. 45: Hemmung des Wachstums *in vitro* von *Fusarium*-Isolaten durch Azoxystrobin

Isolat	ppm							
	0.1	0.5	1.0	5.0	10.0	50.0	100.0	
03DU -19ave	5.2 cd <sup>1</sup>	12.5 bc	27.9 ef	36.6 cd	41.3 cd	53.6 c	58.9 d	
02KB -07ave	0.3 a	6.7 ab	15.8 bc	39.0 d	45.5 de	56.4 c	62.8 d	
02LO -05ave	3.6 bc	4.4 a	22.2 d	37.5 cd	46.8 de	53.3 c	58.4 d	
03LO -14tri	1.4 ab	2.2 a	20.1 cd	24.5 b	32.0 b	34.4 ab	33.2 a	
03DU - 17gram	0.7 ab	1.6 a	10.5 ab	17.0 a	22.4 a	30.9 a	38.1 abc	
02NKV -02gram	0.1 a	2.0 a	7.8 a	12.8 a	19.0 a	28.9 a	37.0 ab	
03LO -67cul	11.9 e	28.3 d	32.5 fg	37.4 cd	38.5 c	43.0 b	46.2 c	
02KB -63cul	5.9 cd	13.9 c	22.6 de	33.2 c	36.6 bc	43.7 b	42.6 bc	
03AS -32poae	7.1d	30.0 d	35.6 g	40.4 d	48.8 e	58.6 c	64.8 d	
03DU -37poae	12.0 e	25.2 d	30.9 fg	38.6 cd	46.1 de	60.2 c	63.6 d	

<sup>1</sup> Zahlen mit unterschiedlichen Buchstaben unterscheiden sich signifikant; Tukey, p<0.05

**Folicur**

Bei allen zehn Isolaten und in allen Konzentrationen war die Effektivität des Tebuconazol signifikant höher als die von Azoxystrobin. Schon bei der niedrigsten Konzentration von 0,1 ppm Tebuconazol im Medium ergaben sich zwischen den einzelnen Isolaten große Unterschiede. Während das Isolat 03DU-17gram eine Hemmung von 10% aufwies, wurde das Isolat 03AS-32 poae bereits um 34 % gehemmt. Insbesondere bei den Isolaten von *F. culmorum* und *F. poae* kam es zu einer raschen Zunahme der Wirksamkeit und ab 10 ppm trat eine vollständige Hemmung des Wachstums auf. Obwohl die beiden Isolate von *F. graminearum* bei 10 ppm bereits eine Hemmung von über 80 % auftrat, konnte auch bei 100 ppm keine vollständige beobachtet werden. Bei dem Isolat von *F. tricinctum* fiel die Zunahme der Wirksamkeit bis auf 80 % bei 50 ppm von allen Arten am geringsten aus und bei 100 ppm war die Hemmung von 88 % die signifikant geringste. Die drei Isolate von *F. avenaceum* zeigten eine sehr ähnliche Sensitivität gegenüber Tebuconazol, trotzdem ergaben sich im mittleren Konzentrationsbereich z.T. signifikante Unterschiede. Das Isolat 02LO -05ave wurde schon bei 1 ppm um 50% gehemmt und bei 10 ppm um 81%. Im Gegensatz dazu lag die Hemmmrate bei dem Isolat 03DU -19ave bei 1 ppm um 34% und bei 10 ppm bei 56%. Ebenso wie bei Amistar reagierten die Isolate einer Art unterschiedlich auf geringe Konzentrationen von Folicur, doch insbesondere jeweils die Isolate von *F. graminearum*, *F. culmorum* und *F. poae* zeigten einander ähnliche Hemmungen des Wachstums bei zunehmender Konzentration.

Tab. 46: Hemmung des Wachstums *in vitro* von *Fusarium*-Isolaten durch Tebuconazol

Isolat	ppm							
	0.1	0.5	1.0	5.0	10.0	50.0	100.0	
03DU -19ave	14.4 ab <sup>1</sup>	28.8 a	34.2 a	38.6 a	55.9 a	98.9 d	100.0 c	
02KB -07ave	26.1 de	28.0 a	40.1a	69.3 c	79.6 c	91.4 b	95.1 b	
02LO -05ave	22.3 cd	32.8 ab	51.5 b	71.6 c	81.0 c	96.7 cd	98.3 c	
03LO -14tri	23.6 cd	42.4 cd	46.2 b	54.8 b	63.5 b	80.3 a	88.8 a	
03DU - 17gram	10.6 a	36.3 bc	48.5 b	69.7 c	83.9 d	96.7 cd	98.9 c	
02NKV -02gram	19.1 bc	46.9 e	59.0 c	71.7 c	81.1 cd	94.1 bc	98.7 c	
03LO -67cul	21.7 cd	60.3 f	72.5 d	95.2 d	100.0 e	100.0 d	100.0 c	
02KB -63cul	31.4 ef	71.6 g	86.5 f	98.7 d	100.0 e	100.0 d	100.0 c	
03AS -32poae	34.1 e	69.6 g	78.9 e	98.4 d	100.0 e	100.0 d	100.0 c	
03DU -37poae	24.5 cd	66.9 g	76.7 de	98.2 d	100.0 e	100.0 d	100.0 c	

<sup>1</sup> Zahlen mit unterschiedlichen Buchstaben unterscheiden sich signifikant; Tukey,  $p < 0.05$

### 3.6.3.2 Wirkung auf Moniliforminbildung

In der Literatur sind immer wieder, z.T. sogar gegensätzliche Auswirkungen von Fungiziden auf die Mykotoxinbildung von *Fusarium* spp. beschrieben worden. In einigen Fällen kam es gleichzeitig mit der Wachstumshemmung zu einer verminderten Toxinproduktion, in anderen Fällen führten subletale Dosen von Fungiziden zu einer deutlichen Erhöhung des Toxingehaltes im Myzel. Bei den untersuchten Arten handelte es sich dabei meist um die B-Trichothecen-bildenden Arten *F. graminearum* und *F. culmorum*. Um zu überprüfen, ob ähnliche Effekte auch bei Moniliformin-bildenden Arten beobachten lassen, wurden für drei Isolate von *F. avenaceum* und eins von *F. tricinctum* mit unterschiedlicher Fähigkeit zur Toxinbildung die Wirkung von Azoxystrobin und Tebuconazol getestet auf die Bildung von Moniliformin untersucht.

Tab. 47: Einfluss verschiedener Konzentrationen von Azoxystrobin und Tebuconazol auf den Moniliformingehalt\* bei Isolaten von *F. avenaceum* und *F. tricinctum*

	02 LO -05 ave	02 KB-07 ave	03 Du -19 ave	03LO - 14 tri
ohne Fungizid	10	29	11	53
Azoxystrobin 0.1 ppm	8	59	12	47
Azoxystrobin 0.5 ppm	20	30	17	95
Azoxystrobin 1 ppm	26	30	14	70
Azoxystrobin 5 ppm	41	67	9	94
Azoxystrobin 10 ppm	38	18	5	57
Azoxystrobin 30 ppm	7	23	4	38
Azoxystrobin 60 ppm	5	23	3	44
Azoxystrobin 100 ppm	5	45	12	19
Tebuconazol 0.1 ppm	9	10	7	52
Tebuconazol 0.5 ppm	20	10	6	26
Tebuconazol 1 ppm	15	12	5	33
Tebuconazol 5 ppm	14	27	16	36
Tebuconazol 10 ppm	18	5	26	36
Tebuconazol 30 ppm	3	6	13	60
Tebuconazol 60 ppm	-	-	-	-
Tebuconazol 100 ppm	-	-	-	-

\*: Gehalt in µg Moniliformin pro Gramm Luftmyzel (Frischmasse)

Alle drei *F. avenaceum* zeigten mit 10-29 µg Moniliformin pro Gramm Luftmyzel deutlich geringere Toxingehalte als in dem vorherigen Arten-Vergleich, während das *F. tricinctum*-Isolat mit 53 µg/g Luftmyzel nur wenig unter diesem Wert blieb. Bei Tebuconazol-Konzentrationen von 60ppm konnte aufgrund der geringen Myzelmasse bei allen Isolaten keine Moniliforminbestimmung durchgeführt werden.

Von den drei Isolaten von *F. avenaceum* zeigte das Isolat 03D -19ave im Vergleich zu den anderen den geringsten Einfluss der Fungizide auf den Toxingehalt im Myzel. Von 11 µg/g in der Kontrolle ohne Fungizid stieg der Gehalt auf 17 µg/g bei 0,5 ppm Azoxystrobin, um dann bis auf 3 µg/g bei 60 ppm zu fallen. Bei Tebuconazol sank der Toxingehalt geringfügig bis 1 ppm, stieg dann bis 10 ppm deutlich an und fiel dann wieder ab.

Bei Isolat 02LO-05ave zeigte Azoxystrobin einen deutlich stärkeren Einfluss auf die Toxinproduktion. Schon bei 0,5 ppm hatte sich der Toxingehalt im Vergleich zur Kontrolle auf 20 µg/g verdoppelt und erreichte bei 5 bis 10 ppm mit ca. 40 µg/g das Vierfache des Ausgangswertes. Erst danach fiel der Toxingehalt wieder unter den Ausgangswert. Auch beim Wirkstoff Tebuconazol verdoppelte sich der Toxingehalt bis 0,5 ppm, blieb dann bis 10 ppm relativ konstant zwischen 14 und 18 µg/g und dann bis 30 ppm auf 3 µg/g abzufallen.

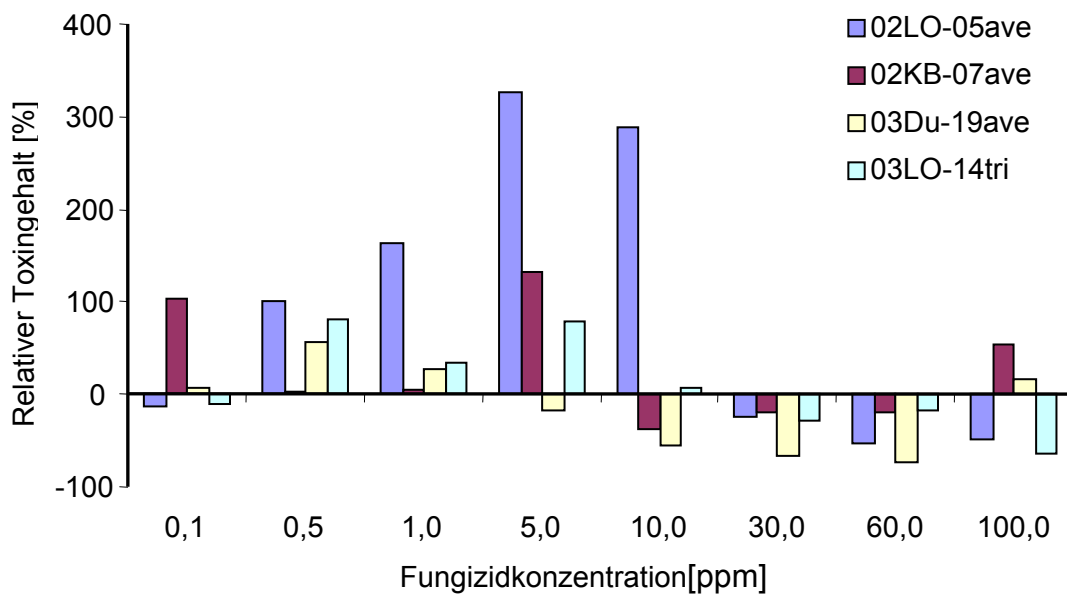
Das Isolat 02KB-07ave reagierte bei Azoxystrobin mit erheblichen Schwankungen bei der Toxinproduktion. Schon bei 0,1 ppm stieg der Toxingehalt deutlich an, fiel dann bei 0,5-1 ppm auf den Ausgangswert zurück und stieg bei 5 ppm sehr stark auf 69 µg/g an. Bei Konzentrationen von 10-60 ppm pendelte der Toxingehalt um 18-23 µg Moniliformin pro Gramm Luftmyzel, um dann bei 100 ppm wieder 45 µg/g zu erreichen. Im Gegensatz dazu verringerte Tebuconazol über den ganzen Konzentrationsbereich den Toxingehalt im Luftmyzel. Von 0,1-1 ppm lagen die Toxingehalte zwischen 10 und 12 µg/g, zwischen 10 und 30 ppm bei 5-6 µg/g. Nur bei 5 ppm erreichte der Toxingehalt mit 27 µg/g Luftmyzel den Ausgangswert.

Das Isolat 03LO-14tri wies bei 0,5 - 5 ppm Azoxystrobin im Medium erhöhte Toxingehalte von 70 bis 95 µg/g auf. Bei 10 bis 60 ppm lagen die Gehalte mit 38 bis 55 µg/g knapp unter der Kontrolle und sanken bei 100 ppm auf 19 µg/g. Tebuconazol verringerte über fast den ganzen Konzentrationsbereich den Toxingehalt im Luftmyzel. Bei Konzentrationen von 0,5 bis 10 ppm lagen die Toxingehalte mit 26 – 36 µg/g bei ungefähr 50% der Kontrolle. Nur bei 0,1 und 30 ppm lagen die Gehalte mit 52 bzw. 60 ppm so hoch wie in der Kontrolle.



### Azoxystrobin

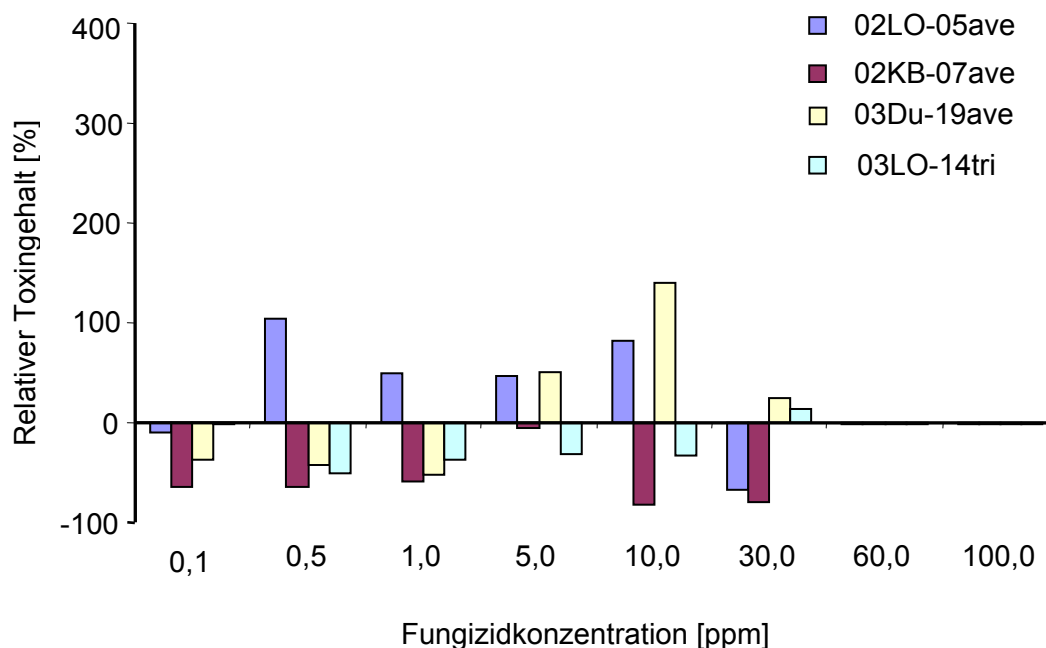
Gegenüber dem Wirkstoff Azoxystrobin des Fungizids Amistar reagierten die Isolate von *F. avenaceum* und *F. tricinctum* über den ganzen Konzentrationsbereich von 0,1 ppm bis 100 ppm relativ ähnlich. Zwischen 0,1 und 5 ppm kam es im allgemeinen zu einer Erhöhung der Toxinkonzentration im Luftmyzel um 10-130%, beim Isolat 02LO-05ave sogar bis zu 320%, um dann ab 30 ppm Azoxystrobin um 20-70% unter den Wert der Kontrolle zu sinken. Bei zwei Isolaten wurde bei 100ppm eine erneute Erhöhung des Toxingehaltes um 16% bzw. 55% beobachtet.



Graphik 10: Einfluss verschiedener Konzentrationen des fungiziden Wirkstoffs Azoxystrobin auf den Moniliformingehalt im Luftmyzel (unbehandelte Kontrolle = 100%)

### Folicur

Anders als gegenüber dem Wirkstoff Azoxystrobin, zeigte sich bei Tebuconazol zwischen den untersuchten Isolaten deutliche Unterschiede in ihrem Moniliformingehalt. Das Isolat 02KB-07ave lag über den ganzen Konzentrationsbereich von 0,1 bis 30 ppm eine Reduzierung der Moniliformingehalte im Luftmyzel um bis zu 70% vor, während die Gehalte im Luftmyzel des Isolates 02LO-05ave zwischen 0,5 und 10 ppm um 47-102% zunahmen und erst bei 30 ppm wieder unter dem der unbehandelten Kontrolle sanken. Das dritte Isolat von *F. avenaceum* 03DU-19ave zeigte zwischen 0,1 ppm und 1 ppm eine geringe Hemmung der Toxinproduktion um 37-52% und zwischen 5 ppm und 30 ppm eine Steigerung um 25-131%. Das *F. tricinctum*-Isolat reagierte bei geringen Konzentrationen von Tebuconazol mit einem reduzierten Toxingehalt und nur bei 30 ppm konnte eine leichte Steigerung um festgestellt werden.



Graphik 11: Einfluss verschiedener Konzentrationen des fungiziden Wirkstoffs Tebuconazol auf den Moniliformingehalt im Luftmyzel (unbehandelte Kontrolle = 100%)

Im Mittel aller drei Isolate von *F. avenaceum* führten Konzentrationen von 0,1 ppm bis 10 ppm zu einem gesteigerten Moniliformingehalt um bis zu 150% im Luftmyzel, während von 30 ppm bis 60 ppm ein, um bis zu 50% reduzierte Gehalt beobachtet wurde. Bei der leichten Steigerung im Verhältnis zu Kontrolle bei Reduzierung bei 100 ppm scheint es sich um einen Ausreißer zu handeln. Im Gegensatz dazu reagierten die Isolate im Mittel auf geringe Konzentrationen von Tebuconazol von 0,1 ppm bis 1 ppm mit einem bis verringertem Toxingehalt. Zwischen 5 ppm und 10 ppm wurde eine Erhöhung des Gehaltes von bis zu 47% beobachtet und bei 30 ppm wieder eine Abnahme um 40%. Bei den Konzentrationen 60 und 100 ppm konnte aufgrund der vollständigen Wachstumshemmung kein Luftmyzel untersucht werden.

Tab. 48: Einfluss verschiedener Konzentrationen von Azoxystrobin und Tebuconazol auf den durchschnittlichen Moniliformingehalt *in vitro* der Isolate von *F. avenaceum*

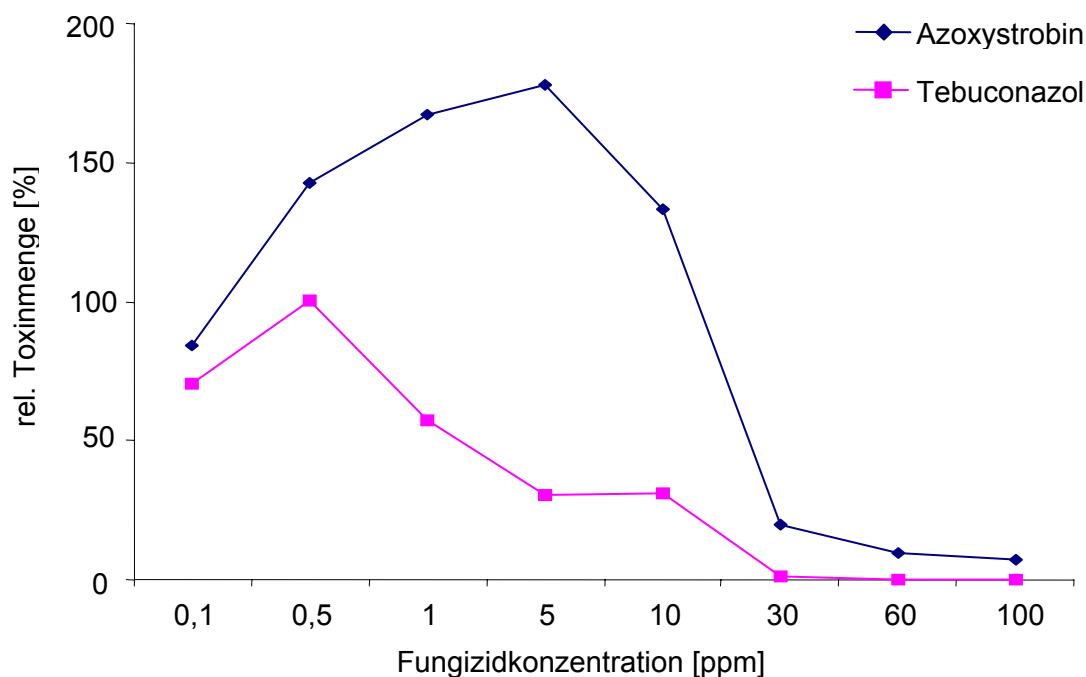
ppm	0.1	0.5	1	5	10	30	60	100
Azoxystrobin	+ 33 %	+ 54 %	+ 65 %	+147 %	+ 65 %	- 36 %	- 48 %	+ 7 %
Tebuconazol	- 37 %	- 1 %	- 21 %	+ 31 %	+ 47 %	- 40 %	-	-

### 3.6.3.3 Wirkung auf die gebildete Moniliforminmenge

Um den Einfluss der Fungizide auf die bei den einzelnen Konzentrationen gebildete Toxinmenge zu erfassen, wurde die gemessene Toxinkonzentration im Luftmyzel mit der beobachteten Wachstumshemmung in diesem Versuch verrechnet.

#### *F. avenaceum*

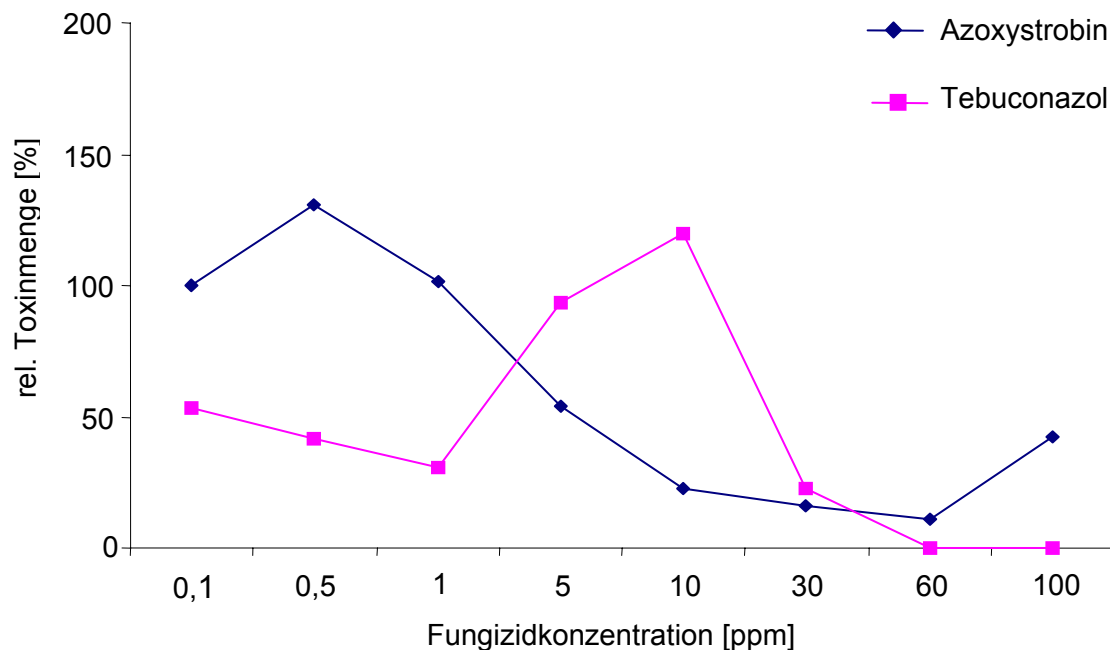
Das Isolat 02LO-05ave reagierte bei 0,1 ppm Azoxystrobin mit einer leichten Wachstumshemmung bei einem leicht reduzierten Toxingehalt, bei 0,5 ppm bis 10 ppm führte die starke Zunahme des Toxingehaltes im Myzel trotz einer zunehmenden Wachstumshemmung zu einer Erhöhung der produzierten Toxinmenge um bis zu 80 % bei 5 ppm. Erst ab 30 ppm sank die Toxinmenge aufgrund des reduzierten Toxingehaltes und des inzwischen stark gehemmten Wachstums unter 20% der Kontrolle. Bei Tebuconazol kam es trotz der erhöhten Toxingehalte durch das schon bei geringen Konzentrationen stark gehemmten Wachstums zwischen 0,1 ppm und 30 ppm zu einer Reduzierung der Gesamttoxinmenge. Nur bei 0,5 ppm lag aufgrund einer Hemmung von 50 % und eines erhöhten Gehaltes von 200 % die produzierte Toxinmenge auf dem gleichen Niveau wie die Kontrolle.



Graphik 12: Einfluss verschiedenen Konzentrationen von Azoxystrobin und Tebuconazol auf die produzierte Moniliforminmenge *in vitro* von *F. avenaceum* (Isolat 02LO-05ave; unbehandelte Kontrolle = 100 %)

**Isolat 03DU-19ave**

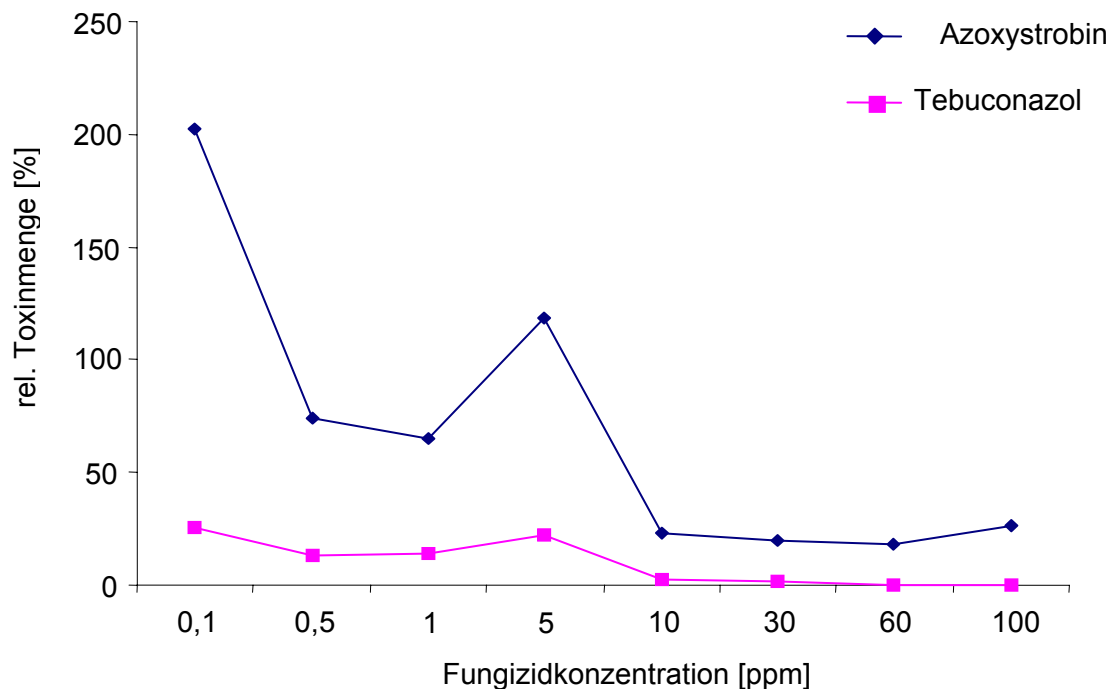
Die produzierte Toxinmenge des Isolates 03DU-19ave wird vom Azoxystrobin nicht so stark beeinflusst wie bei dem vorigen Isolat. Bei 0,1 ppm bis 1.0 ppm steigt der Toxingehalt bei weitem nicht so stark an, so dass eine geringe Wachstumshemmung zu einer Zunahme der Toxinmenge um 30 % bewirkt. Bei Konzentrationen zwischen 5 ppm und 60 ppm führte die immer stärkere Wachstumshemmung und die verringerten Moniliformingehalte zu einem Rückgang der produzierten Toxinmenge um bis zu 90 % bei 60 ppm. Bei 100 ppm stieg die Toxinmenge aufgrund des überraschend hohen Toxingehaltes trotz des stark gehemmten Wachstums 40 % der Kontrolle. Bei Tebuconazol sanken bei leicht reduzierten Toxingehalten und gehemmten Wachstums zwischen 0,1 ppm und 10 ppm die Toxinmenge stark auf rund 30 % der Kontrolle. Zwischen 5 ppm und 10 ppm führten die stark erhöhten Toxingehalte trotz zunehmender Hemmung zu einem Anstieg bis 20 % über der Kontrolle. Erst die sehr starke Hemmung bei 30 ppm führte zu einer Reduzierung der Gesamtoxinmenge.



Graphik 13: Einfluss verschiedenen Konzentrationen von Azoxystrobin und Tebuconazol auf die produzierte Moniliforminmenge *in vitro* von *F. avenaceum* (Isolat 03DU-19ave; unbehandelte Kontrolle = 100 %)

**Isolat 02KB-07ave**

Das Isolat 02KB-07ave reagierte ähnlichen Wachstumshemmungen auf den Wirkstoff Azoxystrobin wie das vorige Isolat, die Toxingehalte lagen dagegen bis 5 ppm über der Kontrolle mit zwei Extremwerten von 200 und 232 % bei 0,1 ppm bzw. 5 ppm. So lagen die insgesamt produzierten Toxinmengen bei 200 % für 0,1 ppm, bei 74 % bzw. 65 % bei 0,5 ppm und 1,0 ppm, sowie 118 % bei 5 ppm. Erst danach führten Wachstumshemmung und reduzierte Toxingehalte zu einer Verringerung der produzierten Toxinmenge um bis zu 80 % bei 60 ppm. Bei Tebuconazol kam es über den ganzen Konzentrationsbereich zu einer starken Reduzierung des Toxingehaltes und gleichzeitig zu einer starken Hemmung des Wachstums, so dass bei allen Konzentrationen die produzierte Toxinmenge um mehr als 75 % der Kontrolle reduziert war.

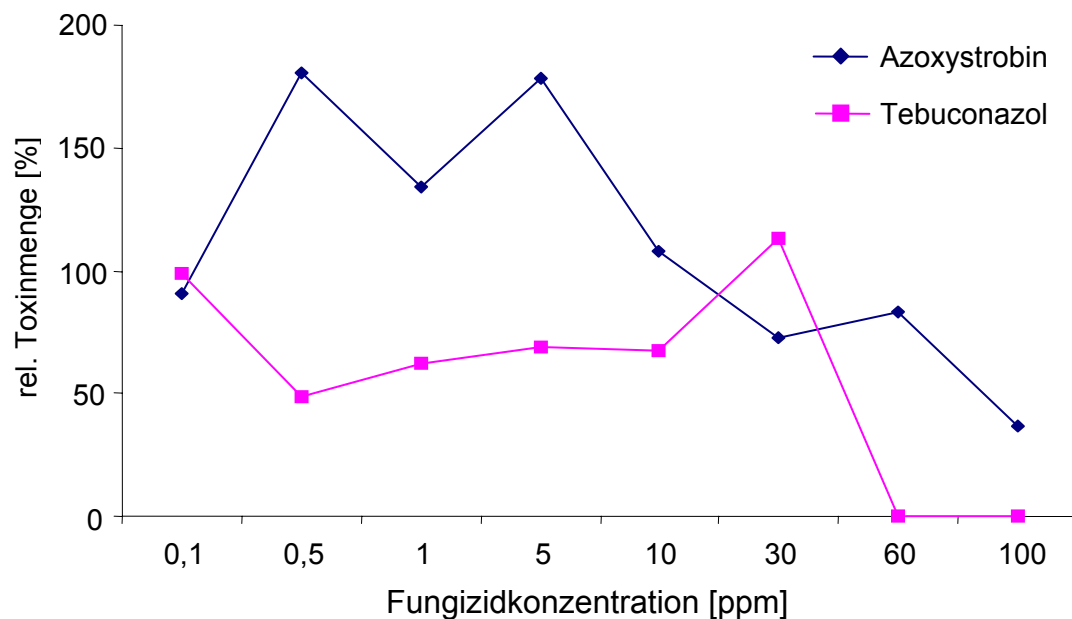


Graphik 14: Einfluss verschiedenen Konzentrationen von Azoxystrobin und Tebuconazol auf die produzierte Moniliforminmenge *in vitro* des Isolates von *F. avenaceum* (02KB-07ave; unbehandelte Kontrolle = 100 %)

***F. tricinctum***

Das Isolat 03LO-14tri unterschied sich in seiner geringeren Sensitivität gegenüber Azoxystrobin deutlich von den Isolaten von *F. avenaceum*. Bei geringen Konzentrationen wurde sogar eine leichte Wachstumssteigerung von bis zu 10 % beobachtet und bei 30 ppm lag die Hemmung bei nur 15 %. Gleichzeitig führten Konzentrationen bis 10 ppm zu einem erhöhten Toxingehalt.

So wurden zwischen 0,1 ppm und 10 ppm zwischen 95 % und 180 % sehr große Moniliforminmengen im Verhältnis zu Kontrolle gebildet. Erst ab 30 ppm bis 100 ppm kam es zu einem Absinken der Toxinmengen auf 62-17 %. Bei Tebuconazol kam durch die in der Regel reduzierten Toxingehalte und das gehemmte Wachstums zu einer Reduzierung der Toxinmengen von 40 % bei 0,1 ppm und rund 80 % bei 10 ppm bis 30 ppm.



Graphik 15: Einfluss verschiedenen Konzentrationen von Azoxystrobin und Tebuconazol auf die produzierte Moniliforminmenge *in vitro* des Isolates von *F. tricinctum* (03LO-14tri; unbehandelte Kontrolle = 100 %)

#### 4. Diskussion

In den letzten zwanzig Jahren hat im Rahmen des vorbeugenden Verbraucherschutzes die Mykotoxinbildung durch *Fusarium*-Arten im Getreideanbau eine immer größere Bedeutung erlangt, denn Ährenfusariosen sind weltweit verbreitet und führen zu Ertragseinbußen und zur Belastung der Getreidekörner mit Mykotoxinen (BOTTALICO & PERRONE 2002, DALCERO *et al.* 1997, MCMULLEN *et al.* 1997, STACK 2003). Auch in Deutschland traten immer wieder nach überdurchschnittlichen Niederschlägen zur Getreideblüte verstärkt Ährenfusariosen auf, was zu stark toxinbelasteten Getreideernten führte (MÜLLER *et al.* 1997, OBST *et al.* 1990, LIENEMANN 2002). Dabei tritt an befallenen Körnern häufig ein Komplex verschiedener *Fusarium*-Arten auf, dessen Zusammensetzung von einer Vielzahl unterschiedlicher Faktoren abhängig ist. Neben dem Einfluss der lokalen Witterung und spezifischen Ansprüchen der verschiedenen Arten spielen auch standortspezifische Faktoren wie Fruchtfolge, Anbauintensität oder Bodenbearbeitung eine wichtige Rolle. So wurde in den neunziger Jahren des 20. Jahrhunderts durch die Zunahme von Minimalbodenbearbeitung und Mais in der Fruchtfolge eine Zunahme insbesondere von *F. graminearum* im Winterweizen beobachtet, dessen Anteil durch Grubbern verringert und durch Pflügen signifikant reduziert werden kann, während *F. avenaceum* kaum beeinflusst wird (NIELSEN & JORGENSEN 2001, OBST *et al.* 2000, OBST & FUCHS 2000).

Die Komplexität der Einflussfaktoren und der Heterogenität der Standorte in Deutschland steht im Gegensatz zu den großen, klimatisch einheitlichen Anbauflächen in Kanada oder den USA. Zwar wurde in Nord-, Mittel- und Süddeutschland auch *F. graminearum* als häufigster Erreger von Ährenfusariosen beschrieben, doch konnten für das Rheinland *F. avenaceum* und *F. poae* als häufige Arten nachgewiesen werden (LIENEMANN 2002, MEIER *et al.* 2001, OBST & FUCHS 2000, SCHÜTZE 1999). Trotzdem konzentrierte sich die Forschung in Deutschland vor allem auf die Arten *Fusarium graminearum* und *F. culmorum* und damit auf die von diesen Arten gebildeten (Leit-) Toxine Deoxynivalenol (DON) und Zearalenon (ZON), für die es seit Februar 2004 eine Höchstmengenverordnung gibt (ANONYM 2004). In wieweit sich die Befallssituation bei Weizen aus anderen Bundesländern auf Nordrhein-Westfalen übertragen lässt, sollte durch Untersuchungen von Kornproben aus fünf regional unterschiedlichen Standorten der Landessortenversuche der Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen geklärt werden. An sieben Weizensorten unterschiedlicher Anfälligkeit und zwei Anbauintensitäten wurde in den Jahren 2001-2003 die Befallshäufigkeit mit verschiedenen *Fusarium*-Arten durch Auslegen der Körner auf Selektivnährmedium ermittelt und die beteiligten Arten anschließend mikroskopisch differenziert (ABILDGREN *et al.* 1987, NELSON 1983).

Die Schwerpunkte lagen dabei auf folgenden Punkten:

- a) Erfassung des Kornbefalls mit *Fusarium* spp. in verschiedenen Regionen in NRW
- b) Einfluss klimatischer und standortspezifischer Faktoren
- c) Einfluss morphologischer und physiologischer Erscheinungen des Genotyps auf den Ährenbefall und deren Veränderung durch die Anbauintensität
- d) Erfassung der Moniliforminbelastung von Getreideproben und der Einfluss von Fungiziden
- e) Erfassung des Potenzials von *Fusarium*-Arten zur Bildung von Moniliformin und der Einfluss von Fungiziden

#### 4.1 Befallshäufigkeit

Insgesamt zeigte sich in Nordrhein-Westfalen sowohl ein jahresabhängiger Einfluss der Witterung auf die Befallshäufigkeit als auch regionale und lokale Einflüsse auf die Zusammensetzung des Artenkomplexes. Im Rheinland lag der durchschnittliche Kornbefall mit *Fusarium* spp. bei 3,8 %, in Westfalen dagegen wurden deutlich höhere Befallswerte beobachtet. Wie bei MEIER (2003) waren die häufigsten *Fusarium*-Arten *F. avenaceum*, *F. graminearum*, *F. culmorum*, *F. poae* und *F. tricinctum*, die jedes Jahr an allen Standorten nachgewiesen werden konnte. Entsprechend der Untersuchungen von ELLNER (2002) war das Artenspektrum über die Jahre konstant, aber die Häufigkeiten der einzelnen Arten variierten. Gleichzeitig unterschieden sich die Standorte in der Zusammensetzung des Artenspektrums: im Rheinland dominierte *F. avenaceum* in Kerpen-Buir bzw. *F. poae* in Neukirchen-Vluyn, während in Westfalen der Kornbefall sich gleichmäßig auf mehrere *Fusarium*-Arten aufteilte.

##### 4.1.1 Witterungseinflüsse

Die standortbedingte Witterung zum anfälligsten Stadium der Weizenblüte Ende Mai bis Mitte Juni ist von entscheidender Bedeutung für die Befallshäufigkeit der Körner (LIENEMANN 2002). Aufgrund der zeitlich um ca. 7-10 Tage späteren Weizenblüte in Westfalen orientiert sich der Vergleich von Temperatur und Niederschlägen zwischen Rheinland und Westfalen am Beginn des Ährenschiebens. Aber nicht nur die absoluten Niederschlagsmengen sind für eine erfolgreiche *Fusarium*-Infektion der Ähre von Bedeutung, sondern auch die Niederschlagsverteilung (OBST & FUCHS 2000). Da die Verbreitung der Konidien durch Regenspritzer erfolgt und die Blattnässedauer Keimung und Hyphenwachstum des Pilzes beeinflussen, nimmt mit der Anzahl der Regentage die Verbreitung der Konidien zu (ROSSI *et al.* 2000, HÖRBERG 2002).



Die Niederschlagsverteilung erklärt die Befallshäufigkeiten und die Unterschiede im Jahr 2001 besser als die Gesamtniederschlagsmengen. Die niedrigen Befallshäufigkeiten im Rheinland lassen sich zum einen durch die Trockenperiode erklären, die in der zweiten Maihälfte den Aufbau eines Inokulumpotenzials unterdrückte, zumal die an diesen Standorten dominierenden Arten *F. avenaceum* bzw. *F. poae* kühl-feuchte Klimate bevorzugen (PARRY *et al.* 1995, SCHILLING *et al.* 1997, DOOHAN *et al.* 2003). Im Gegensatz dazu konnte sich in Westfalen bei deutlich höheren Niederschlagsmengen eine größere Inokulummenge aufbauen, so dass bei gleichen Niederschlagsmengen zur Blüte sich eine höhere Befallshäufigkeit ergab. Zudem fielen in Westfalen die Niederschläge um die Zeit der Vollblüte und damit der empfindlichsten Phase der Weizenblüte. Durch eine zweite Trockenphase waren nach der Blüte die Wachstumsbedingungen für die *Fusarium*-Arten im Rheinland nicht so günstig wie in Westfalen.

Die erhöhten Befallshäufigkeiten im Jahr 2002 im Rheinland lassen sich durch fast tägliche Niederschläge ab Ende Ährenschieben/ Beginn Blüte erklären, auch wenn nur insgesamt knapp über die Hälfte der Niederschläge des Vorjahres fiel. Der niedrigere Befall in Westfalen erklärt sich durch Konzentration der Niederschläge am Ende der Blüte, die somit nicht die Hauptinfektionsphase trafen. Zudem waren die Temperaturen zum Ährenschieben mit rund 15°C relativ niedrig.

Im Jahr 2003 dagegen stiegen zu Beginn des Ährenschiebens die Temperaturen von 15°C auf 20°C, während einige Starkregenereignisse zu Beginn der Blüte zur Inokulumbildung und -verbreitung führten, auch wenn insgesamt die Niederschläge geringer ausfielen als im Vorjahr. Dies reichte aus, um an den westfälischen Standorten zu einem hohen Befall der Körner mit *Fusarium* spp. zu führen. Der höhere Befall in Neukirchen-Vluyn erklärt sich durch die höchsten Niederschläge aller drei Jahre, zumal es keine vorangehende Trockenperiode gab. Im Gegensatz dazu fiel in Kerpen-Buir fast kein Niederschlag, was den Aufbau eines Inokulums unterdrückte.

Haus Düsse war der Standort mit den höchsten Niederschlägen und gleichzeitig dem höchsten Kornbefall, gefolgt von Ascheberg und Lage-Ohrsen. An diesen beiden Standorten fiel im Mittel der Jahre etwa gleich viel Niederschlag, doch verringern die niedrigeren Temperaturen in Lage-Ohrsen den Befallsdruck. Im Rheinland fielen deutlich weniger Niederschläge und Kerpen-Buir wies als Standort mit den niedrigsten Niederschlägen den auch den geringsten Kornbefall auf.

#### 4.1.2 Standorteinfluss

Während die jährlichen Witterungsverläufe sich insbesondere auf die Befallshäufigkeiten mit *Fusarium* spp. auswirken, beeinflussen auf regionaler Ebene hauptsächlich die kontinentale Lage sowie das Klima die Verteilung der *Fusarium*-Arten (BACKHOUSE *et al.* 2001, DOOHAN *et al.* 2003). Außerdem besitzen auch das spezifische Standortklima, sowie auf lokaler Ebene Bodenart, Landnutzung und Vegetationsart einen starken Einfluss (GEISLER 1988). Das Spektrum der *Fusarium*-Arten war selbst bei Standorten mit gleicher Vorfrucht und Weizensorte sehr unterschiedlich und trotz wechselnder Vorfrucht dominierten an einigen Standorten bestimmte *Fusarium*-Arten. Im Rheinland waren *F. avenaceum* und *F. poae* mit durchschnittlich je einem Drittel aller gefundenen *Fusarium*-Infektionen sehr häufig vertreten, während andere Arten insgesamt nur wenig auftraten. Die beiden Standorte unterschieden sich jedoch erheblich.

War am Standort Kerpen-Buir in allen drei Untersuchungsjahren *F. avenaceum* die häufigste Art, wie auch schon LIENEMANN (2002) feststellte, trat in Neukirchen-Vluyn entgegen ihrer Beobachtung nicht *F. culmorum* oder *F. graminearum*, sondern *F. poae* als dominante Art mit einem durchschnittlichen Anteil von 50 % auf. In Westfalen dagegen konnte bei einem höheren Befallsdruck an keinem Standorte eine einzige Art dominieren.

Die Unterschiede in der Befallshäufigkeit mit den verschiedenen *Fusarium*-Arten bei gleichen Vorfrüchten, aber auch die Dominanz einzelner Arten bei wechselnden Vorfrüchten deuten auf einen lokalklimatischen Einfluss hin (MÜLLER *et al.* 1998, LANGSETH *et al.* 1995, LIENEMANN 2002). So besitzt jede *Fusarium*-Art ihre spezifischen Wachstumsansprüche an Temperatur, Luftfeuchtigkeit oder Niederschlag und unterscheidet sich in ihrer saprophytischen Lebensweise. Obwohl für *F. avenaceum*, *F. culmorum* und *F. tricinctum* Temperaturen im Jahresmittel von 5 – 15°C beschrieben sind und für *F. graminearum* von 16°C (DOOHAN *et al.* 2003, LACEY *et al.* 1999, OBST & BECHTEL 2000), war in dem relativ kühlen und niederschlagsreichen Jahr 2002 *F. graminearum* an den meisten Standorten häufiger als in den anderen Jahren vertreten.

Die Vorfrucht besitzt höchstwahrscheinlich sowohl einen direkten als auch einen indirekten Einfluss auf das Auftreten der verschiedenen *Fusarium*-Arten (CHAMPEIL *et al.* 2004, LIENEMANN 2002). Der Zusammenhang zwischen Mais als Vorfrucht bei entsprechender Witterung und hohem Befall mit *F. graminearum* kann als gesichert gelten (CROMEY *et al.* 2002, OBST *et al.* 2000). Auch *F. culmorum* oder *F. avenaceum* können an anderen Kulturpflanzen, wie Kartoffeln bzw. Zuckerrübe auftreten, was bisher jedoch nicht systematisch untersucht wurde. Daher ist eine direkte Förderung des Befalls mit bestimmten Arten durch andere Vorfrüchte nicht auszuschließen, da nach Pflanzenrückständen und Bodenpartikeln die wichtigsten Inokulumquellen für die saprophytisch lebenden *Fusarium*-Arten sind (BIRZELE *et al.* 2002, HALL & SUTTON 1998). Andererseits dürften die auf dem

Feld verbliebenen Ernterückstände der Vorfrucht durch ihr C/N-Verhältnis, Erntezeitpunkt oder Bodenbearbeitung auch die Bodenmikroflora und das Überleben von *Fusarium* spp. beeinflussen (WONG *et al.* 2002). Diese ist im nächsten Jahr auch wiederum das Ausgangsmaterial für die kompetitive Besiedlung der Pflanzen mit *Fusarium* spp. und anderen saprophytischen Pilzen. So wiesen BECK & LEPSCHY (2000) darauf hin, dass Maisstroh im Boden langsamer als anderes Getreidestroh verrottet und nach ein bis zwei Jahren Verweildauer durch erneutes Pflügen an die Oberfläche gelangen kann, wo es erneut den Nährboden für *Fusarium* spp. bietet. Daher tritt im organischen Landbau ohne Mais *F. graminearum* seltener auf, womit auch die Belastung durch DON im Allgemeinen geringer ausfällt (DÖLL *et al.* 2002, LIENEMANN 2002).

Bei wendender Bodenbearbeitung werden organische Bodenpartikel in tiefere Bodenschichten verlagert und durch mikrobielle Zersetzung im Boden das Inokulumpotenzial von *Fusarium* spp. reduziert (OBST *et al.* 1997). Dabei wird die konkurrierende oder antagonistische Bodenmikroflora und somit die Fähigkeit organisches Material abzubauen außerdem durch die Bodenart, den Humusgehalt oder den pH-Wert beeinflusst (DAMM 1998, WONG *et al.* 2002). Daher können die unterschiedlichen Bodenarten der einzelnen Standorte (uL, SL, Lehm) zusammen mit der Vorfrucht ein weiterer Faktor für die Unterschiede sein. Dass insbesondere *F. graminearum* durch die wendende Bodenbearbeitung reduziert wird, nicht jedoch *F. avenaceum* deutet auf das Vorhandensein weiterer Inokulumquellen hin (NIELSEN & JORGENSEN 2001). So wiesen MEIER *et al.* (2001) bei Unkräutern einen teilweise starken *Fusarium*-Befall nach. Zudem besteht die Möglichkeit der Verbreitung einzelner *Fusarium*-Arten durch Insekten, wie z.B. von *F. poae* durch Thripse (STURZ & JOHNSON 1983).

#### **4.1.3 Auftreten der *Fusarium*-Arten**

Insgesamt wurde in Nordrhein-Westfalen an Weizenkörnern das gleiche Artenspektrum vorgefunden, wie es LIENEMANN (2002) für das Rheinland beschrieben hat, auch wenn sich die prozentualen Anteile der einzelnen Arten unterschieden. Es kamen vor allem die sechs Arten *F. avenaceum*, *F. poae*, *F. graminearum*, *F. culmorum*, *F. tricinctum* und *F. cerealis* in NRW vor. In den Jahren 2001 bis 2003 trat *Microdochium nivale* an allen Standorten, mit nur ganz wenigen Ausnahmen, äußerst selten auf (0-2%). Neben diesen Pilzen waren zahlreiche Körner mit *Epicoccum* spp., *Alternaria* spp., *Cladosporium* spp. und anderen saprophytischen Pilzen befallen. Nach dem heißen Sommer 2003 wurde vereinzelt auch *Trichothecium* spp. von den Körnern aus Kerpen-Buir isoliert.

Der Ausgangspunkt für eine Infektion der Ähren mit *Fusarium* spp. sind am Boden verbliebene Pflanzenreste, auf denen die Pilze saprophytisch in Form von Myzel, als Chlamydosporen oder als Perithezien überdauern. Im späten Frühjahr oder Frühsommer kommt es bei ausreichenden Niederschlägen und entsprechenden Temperaturen zur Bildung von Ascosporen oder Konidiosporen, die sich witterungsabhängig im Bestand verbreiten. Bei *F. graminearum* setzt die Hauptfruchtform *Gibberella zeae* Ascosporen frei, die vom Wind verfrachtet direkt die Ähren infizieren oder über den Bestand hinaus verbreitet werden können (MAULER-MACHNIK & SUTY 1997, OBST & BECHTEL 2000, PARRY *et al.* 1995).

Im Gegensatz dazu ist nichts über die Rolle der Ascosporen der Hauptfruchtformen von *F. avenaceum* und *F. tricinctum* (*G. avenacea* bzw. *G. tricincta*) bei der Infektion von Weizenähren bekannt. Diese beiden Arten breiten sich wie *F. culmorum*, *F. poae* und alle anderen Arten durch vegetativ gebildete Konidiosporen im Bestand aus, die durch Spritzwasser bis zu 1 m horizontal und bis zu 0,6 m vertikal auf höhere Blattetagen und angrenzende Pflanzen verfrachtet werden können (HÖRBERG 2002, JENKINSON & PARRY 1994). Von einem Ausgangspunkt mit Inokulum breiten sich die Infektionen vor allem in der Hauptwindrichtung aus (FERNANDO *et al.* 1997). Auskeimende Sporen von *Fusarium* spp. können über Stomata das Blattgewebe infizieren und dort asexuelle Konidien produzieren, welche einen Infektionsverlauf über die Blattetagen fördern. So konnte ADOLF (1998) die Sporulation von *Fusarium* spp. auf symptomfreien, grünen Blättern nachweisen und PRITSCH *et al.* (2000) beobachteten den gleichen Vorgang bei *F. graminearum* an Spelzen.

Trotz ihrer unterschiedlichen Größe werden sowohl die Makrokonidien von *F. culmorum* als auch die Mikrokonidien von *F. poae* durch das Spritzwasser auf ähnliche Weise im Bestand verteilt (HÖRBERG 2002). Bei ihren Untersuchungen konnte ADOLF (1998) *Fusarium*-Sporen auf den unteren Blattetagen bis F-4 schon früh nachweisen, auf den Blattetagen F-3 bis F aber erst später in der Vegetationsperiode. Auch LIENEMANN (2002) beobachtete im Laufe der Vegetationsperiode ein Fortschreiten der *Fusarium*-Infektion an den Blättern. So waren bereits zum Ende der Schoßphase (BBCH 39) alle Blattetagen bis auf das Fahnenblatt infiziert. Trotz zunehmender Sporenmengen auf den Blättern vom Beginn des Ährenschiebens (BBCH 51) bis zum Blühbeginn (BBCH 61) wurden diese erst gegen Ende dieser Phase auf dem Fahnenblatt nachgewiesen. Dabei wiesen die Blätter zu keinem Termin Symptome eines *Fusarium*-Befalls auf, wie es bereits von ADOLF (1998) beschrieben wurde.

***F. avenaceum***

*F. avenaceum* trat in den Untersuchungsjahren mit einer durchschnittlichen Befallshäufigkeit von 3,4 % und einem Anteil von rund 30 % am Gesamtbefall als häufigste Art in Nordrhein-Westfalen auf. Diese Art ist bodenbürtiger Saprophyt weit verbreitet und verfügt über einem großen Wirtspflanzenkreis monokotyler und dikotyler Pflanzen. Die in Nordrhein-Westfalen typische Witterung mit Temperaturen im Jahresmittel von 9°C und Jahresniederschlägen zwischen 600 – 800 mm, bietet für *F. avenaceum* gute Lebensbedingungen, da das Auftreten dieser Art in Regionen mit Temperaturen von 5 - 15°C im Jahresmittel und jährlichen Niederschlägen mit mehr als 500 mm nachgewiesen wurde (ABBAS *et al.* 1987, KOMMEDAHL *et al.* 1988). Im Allgemeinen deutet sein Vorkommen in den europäischen Nachbarländern auf eine Verbreitung in nördlichen, kühleren Regionen hin (LANGSETH *et al.* 1997, SNIJDERS & PERKOWSKI 1990, THRANE 2000).

Bereits SCHÜTZE (1999) wies für das Rheinland im Jahr 1995/96 *F. avenaceum* als die am häufigsten auftretende Art nach, unabhängig von Standort. Auch die Untersuchungen von LIENEMANN (2002) zeigten für diese Art an den höchsten Anteil im Rheinland hin, während ELLNER (2000) an 75 Standorten im gesamten Bundesgebiet *F. avenaceum* als zweithäufigste Art beschrieb. Die Häufigkeit von *F. avenaceum* beruht zum Teil auf der Fruchtfolge Winterweizen – Wintergerste – Zuckerrübe/Kartoffel, denn das Vorkommen von *F. avenaceum* ist positiv mit dem Anteil von Gras oder Getreide in der Fruchtfolge korreliert (HALL & SUTTON 1998). In dieser Fruchtfolge wurden in den Jahren 2001-2003 nach den Vorfrüchten Zuckerrübe und Kartoffel *F. avenaceum* am häufigsten von Körnern isoliert, seltener nach Raps und deutlich seltener nach Mais. Dies entspricht den Beobachtungen mehrerer Autoren, die diese Art häufig an organischen Bodenpartikeln nach Vorfrüchten Weizen, Gras, Klee oder Kartoffeln nachwiesen, seltener nach Mais (DAMM 1998, MEIER *et al.* 2001, RINTELEN 1967). Zudem zeigten NIELSEN & JØRGENSEN (2001), dass *F. avenaceum* nach Direktsaat, Grubber- oder Pflugbearbeitung stets mit einem gleichen Anteil an den Körnern auftrat. Die von LIENEMANN (2002) diskutierte Möglichkeit des starken Auftretens dieser Art durch das Fehlen aggressiverer Arten, wie *F. graminearum*, mag für das Rheinland gelten, nicht jedoch für Westfalen. Insbesondere am Standort Lage-Ohrsen tritt *F. avenaceum* trotz des starken Vorkommens anderer *Fusarium*-Arten als häufigste Art auf. Ein Faktor spielt dabei die Fruchtfolge Winterweizen - Wintergerste – Zuckerrüben / Kartoffeln, aber auch in Haus Düsse mit Mais oder in Ascheberg mit Raps tritt *F. avenaceum* häufig auf. Diese als konkurrenzschwach und wenig aggressiv geltende *Fusarium*-Art ist anscheinend doch in der Lage sich gegen andere Arten in der kompetitiven Besiedlung der Weizenpflanze durchzusetzen (MANKA *et al.* 1985).

LIENEMANN (2002) beobachtete bei *F. avenaceum* im Epidemieverlauf einen Blattbefall, der zur Milchreife maximal 48 % am F-4 erreichte und bis zur Abreife auf keiner Blattetage 50% überschritt. Auch RINTELEN (1995) konnte an Weizenkörnern zwischen Milch- und Teigreife (BBCH 75 – BBCH 85) einem starken, kontinuierlichen Befallszuwachs mit *F. avenaceum* und *F. graminearum* an den Körnern nachweisen, während der Befall mit *F. culmorum* auf einem niedrigen, konstantem Niveau verblieb, was LIENEMANN (2002) als mögliches antagonistisches Verhalten von *F. culmorum* und *F. avenaceum* diskutierte, zumal beide Arten stark auf den Blättern sporulierten. Bei der Verbreitung im Bestand durch Spritzwasser oder Wind können die Makrokonidien von *F. avenaceum* Distanzen von 45 cm vertikal und 90 cm horizontal überbrücken, die von *F. culmorum* von 60 cm bzw. 100 cm (JENKINSON & PARRY 1994). Die Unterschiede decken sich mit eigenen Beobachtungen, bei denen sich zwischen Pflanzenlänge und dem Befall mit *F. avenaceum* eine signifikante negative Korrelation ergab, während für *F. culmorum* kein Zusammenhang festgestellt wurde. NIRENBERG *et al.* (1994) beobachteten zudem eine niederschlagsunabhängige Verbreitung der im Luftmyzel gebildeten Mikrokonidien von *F. avenaceum* durch Wind, was die geringen Korrelationskoeffizienten von Pflanzenlänge und Befall für diese Art in Westfalen erklärt. So ist ein Zuflug von Konidien aus benachbarten Flächen möglich, zumal JENKINSON & PARRY (1994) für Konidien von *F. avenaceum* und *F. culmorum* Transporte in der Luft von bis zu 30 m postuliert haben. Somit wäre auch der relativ konstante Anteil von *F. avenaceum* in NRW bei wechselnden Vorfrüchten an den Standorten zu erklären.

### ***F. poae***

*F. poae* (incl. *F. langsethiae* = „powdery poae“; TORP & LANGSETH 2000) war mit einer durchschnittlichen Befallshäufigkeit von 2,7 % und einem Anteil von rund 24 % die zweithäufigste Art in Nordrhein-Westfalen. Eine Differenzierung zwischen *F. poae* und *F. langsethiae* erfolgte nicht, obwohl einige Isolate auf PDA ein pudriges Aussehen besaßen und der typische Geruch fehlte. Es kann also davon ausgegangen werden das beide Arten im Rheinland vertreten sind, wie auch LIENEMANN (2002) vermutete. Im relativ kühlen und feuchten Jahr 2001 traten diese Arten mit einem Anteil von knapp 38% am häufigsten auf, während ihr Anteil in 2002 und 2003 bei rund 19% lag. Dabei traten in Abhängigkeit vom Standort erhebliche Schwankungen auf. Bereits zwischen 1988 – 1993 wurde in Deutschland eine deutliche Zunahme und Verbreitung von *F. poae* beobachtet und auch Untersuchungen in Großbritannien und in Norwegen wiesen *F. poae* als eine der am weitesten verbreiteten Art nach (LANGSETH *et al.* 1999, THRANE 2000, SCHÜTZE 1999, XU *et al.* 2005). Diese Verbreitung von *F. poae* deutet auf eine Bevorzugung kühlerer Klimate hinzudeuten, wo sich der Pilz besser etablieren kann als andere Arten. Bereits LIENEMANN (2002), MEIER *et al.* (2001) und ELLNER (2000) wiesen das häufige Auftreten dieser Art im Rheinland bzw. in Deutschland nach.

Im Gegensatz zu LIENEMANN (2002), die keinen fördernden Einfluss bestimmter Vorfrüchte auf das Auftreten von *F. poae* beobachtete, zeigten sich bei den eigenen Untersuchungen signifikante Unterschiede zwischen verschiedenen Vorfrüchten. Während nach Kartoffeln und Raps durchschnittliche Anteile dieser Art nachgewiesen wurden, zeigte sich nach Zuckerrüben ein deutlich verringerter, nach Mais ein signifikant erhöhter Anteil. Insbesondere der verringerte Anteil nach Zuckerrübe mag mit dem starken kompetitiven Auftreten von *F. avenaceum* und *F. culmorum* zusammenhängen, die über ähnliche Wachstumsansprüche verfügen (ABBAS *et al.* 1987, DOOHAN *et al.* 2003, LACEY *et al.* 1999, OBST & BECHTEL 2000). Im Gegensatz zu LIENEMANN (2002), die eine Korrelation von *F. poae* mit *F. cerealis* beobachtete, trat in den Jahren 2001 – 2003 diese Art eng korreliert mit *F. tricinctum* auf. Beide Arten bevorzugen ähnliche Klimate und bilden Mikrosporen (NELSON *et al.* 1983). Für beide Arten ist zudem nichts über Epidemiologie und Ausbreitung in Weizenbeständen bekannt. LIENEMANN (2002) beobachtete nur eine geringe Blattinfektion mit *F. poae* und konnte Sporen dieser Art erst zu BBCH 75 nur an der Ähre nachweisen, wo sie dann aber gegenüber den anderen Arten dominierten. Ebenso beobachtete ADOLF (1998) das bevorzugte Auftreten von *F. poae* an der Ähre und RINTELEN (1995) wies zu BBCH 75 an Körnern ausschließlich *F. poae* nach.

An seinen monophialiden Konidienträgern bildet *F. poae* auf kleinster Fläche eine große Anzahl von Mikrosporen mit 8-10 µm Durchmesser aus, die Sekundärinfektion an weiteren Ährchen auslösen können. Das starke Auftreten luftbürtiger Konidien zwei bis drei Tage nach einem Niederschlagsereignis führten ROSSI *et al.* (2000) auf Konidienbildung an befallenen Weizenähren zurück. Da die Makrokonidien von *F. culmorum* als auch die Mikrokonidien von *F. poae* durch Spritzwasser auf ähnliche Weise im Bestand verteilt werden, scheint insgesamt die windbürtige Verbreitung der Sporen von *F. poae* eine bedeutende Rolle zu spielen (HÖRBERG 2002). So ist *F. poae* in der Lage konkurrierenden Arten, wie *F. graminearum* oder *F. culmorum*, durch Windverbreitung und hohe vegetative Reproduktion bei der Besiedlung der Ähre zuvorzukommen. Dies zeigte sich beim Einfluss der Pflanzenlänge auf den Kornbefall in Westfalen in einer positiven Korrelation von zunehmender Pflanzenlänge und dem Befall mit *F. poae*, während die Anteile der anderen Arten eher abnahmen. Insgesamt spricht auch für eine Windverbreitung der Mikrokonidien, dass am Standort Neukirchen-Vluyn, an dem *F. poae* mit einem Anteil von rund 50% dominant auftrat, der negative Korrelationskoeffizient zwischen Pflanzenlänge und Befallshäufigkeit der Körner am geringsten ausfiel. Ein weiteres Argument ist die Beobachtung von LIENEMANN (2002), dass sie kaum Sporen auf den Blättern bzw. nur geringe Blattgewebeeinfektionen durch diese Art im Verlauf der Vegetation an den untersuchten Pflanzen nachweisen konnte. Zudem trat *F. poae*, obwohl nicht für die Inokulation verwendet, häufig an ihren mit *Fusarium* spp. inokulierten Weizenpflanzen auf,

was sie auf Zuflug zurückführte. Der Ursprung des Inokulums von *F. poae* jedoch nicht bekannt, auch nicht welche anderen Wirtspflanzen eine Rolle bei der Ausbreitung dieser Art spielen. Einen Hinweis bietet möglicherweise die Beobachtung von STURZ & JOHNSON (1983), dass in Gerstenbeständen mit einem frühen Ährenbefall durch *F. poae* auch Thripse der Art *Lemothrips denticornis* stark auftraten, welche diese Art von anderen Wirtspflanzen übertragen könnten.

### ***F. graminearum***

In Mittel der Jahre 2001-2003 trat *F. graminearum* in Nordrhein-Westfalen mit durchschnittlich 2,3 % auf, während der Anteil am Gesamtbefall aufgrund des signifikant geringeren Anteils im Rheinland nur bei 16% lag. *F. graminearum* kann saprophytisch an den auf dem Feld verbleibenden Maisresten überwintern und sich in der folgenden Vegetationsperiode durch Ascosporen und Konidiosporen im Bestand verbreiten (OBST 1994). Obwohl nur in Neukirchen-Vluyn Mais in der Fruchtfolge vorkam, unterschieden sich im Rheinland die beiden Standorte Kerpen-Buir und Neukirchen-Vluyn im Kornbefall mit dieser Art nicht von einander. An beiden Standorten war *F. graminearum* nur im jeweils befallsstärksten Jahr (Kerpen-Buir 2002, Nk.-Vluyn 2003) in größerer Zahl am Befall beteiligt, während LIENEMANN (2002) in Neukirchen-Vluyn in den Jahren 1998-2000 einen hohen Anteil dieser Art beobachtete. In Westfalen trat *F. graminearum* nur in Haus Düsse mit einem Anteil 32 % als häufigste Art auf, während in Ascheberg und Lage-Ohrsen der Anteil bei 18-20 % lag. An allen drei Standorten war diese Art im Jahr 2002 mit ihrem höchsten Anteil vertreten. Insbesondere in Westfalen war das Auftreten von *F. graminearum* eng mit dem von *F. avenaceum* und *F. culmorum* korreliert, obwohl für letztere Arten andere klimatische Bedingungen genannt werden (DOOHAN *et al.* 2003, LACEY *et al.* 1999, OBST & BECHTEL 2000). Das parallele Vorkommen dieser Arten deutet auf Übergangslage Nordrhein-Westfalen zwischen den kühl-maritimen bzw. kontinental-heißen Verbreitungszonen der verschiedenen Arten hin.

Der hohe Anteil in Haus Düsse kann durch Mais als Vorfrucht in den Jahren 2001 und 2002 und auf benachbarten Anbauflächen in 2003 erklärt werden, während in Neukirchen-Vluyn, trotz Mais als Vorfrucht in 2001 und 2003, die notwendigen Klimabedingungen für den Aufbau eines Inokulums fehlten. Im Jahr 2003 erreichte trotz Zuckerrübe als Vorfrucht *F. graminearum* in Haus Düsse einen hohen Anteil von rund 28 %. Da auf benachbarten Flächen diese Versuchsstandortes Mais häufiger Bestandteil der Fruchtfolge ist, scheint auch ein Zuflug von Asco- oder Konidiosporen eine potentielle Inokulumquelle zu sein (ADOLF 1998). Die Ausbreitung von Ascosporen von *F. graminearum* im Weizenbestand durch den Wind verursachte, in Abhängigkeit von der Windrichtung, bei Entfernungen von 5 – 22 m von der Inokulumquelle eine Korninfektion von 10% des maximalen Befalls



(FERNANDO *et al.* 1997). Auch waren die Konidien von *F. graminearum* in der Lage, 8 m breite Raps-Isolationsstreifen in einem Weizenbestand zu überwinden (YI *et al.* 2000).

Für *F. graminearum* scheint in den Untersuchungsjahren die Infektion der Ähren durch Ascosporen eine untergeordnete Rolle gespielt zu haben, wenn man sich die Korrelationen zwischen dem Befall mit *F. graminearum* und der Pflanzenlänge betrachtet. Denn bei einer Ähreninfektion durch windverbreitete Ascosporen sollte die Pflanzenlänge keinen Einfluss haben und somit der Anteil von *F. graminearum* bei allen Sorten gleich sein. Aber insbesondere in Westfalen lagen in den meisten Fällen an den Standorten negative Korrelationskoeffizienten vor, auch wenn diese meistens nicht signifikant waren. Aber für Westfalen ergaben sich in den Jahren 2001 und 2003 signifikante negative Korrelationen. Im Jahr 2002, in dem *F. graminearum* anteilmäßig am häufigsten in Westfalen auftrat, konnte kein Zusammenhang beobachtet werden. Dies lässt vermuten, dass in Haus Düsse 2001 sowie in Ascheberg und Lage-Ohrsen 2002 die für die Ascosporenbildung und -infektion notwendigen Witterungsbedingungen geherrscht haben. Laut OBST & BECHTEL (2000) sind für die nach dem Ascosporenflug von *F. graminearum* gebildeten Konidiosporen fünf Tage mit Niederschlägen oder Blattnässe für eine erfolgreiche Infektion nötig. Zudem führen Trockenperioden von 4 - 8 Tagen nach Inokulation mit *F. graminearum* zu deutlich schwächeren Ährensymptomen als bei durchgängiger Feuchtigkeit (ANDERSEN 1948).

### ***F. tricinctum***

In Nordrhein-Westfalen trat *F. tricinctum* mit durchschnittlich 2,2 % als vierthäufigste Art regelmäßig an Winterweizen auf. In Ascheberg war diese Art im Jahr 2003 mit rund 11% Kornbefall und einem Anteil von 30% die häufigste aller *Fusarium*-Arten vor *F. avenaceum* und *F. poae*. Zusammen mit *F. culmorum* zählen diese vier Arten in Skandinavien zu den am häufigsten von Getreidekörnern isolierten Arten (LANGSETH *et al.* 1999, THRANE 2000, UHLIG *et al.* 2004, YLI-MATTILA 2004), jedoch ist nichts über die Verbreitungsbiologie oder die klimatischen Infektionsbedingungen bekannt. Das Vorkommen in nördlichen Regionen jedoch deutet auf eine Bevorzugung kühlerer Klimate hin. Insgesamt trat *F. tricinctum* in den Jahren 2001-2003 sehr eng mit *F. poae* korreliert auf, die Korrelation mit *F. avenaceum* fiel deutlich niedriger aus und eine Korrelation mit *F. culmorum* war gar nicht vorhanden. Im Gegensatz dazu beobachtete LIENEMANN (2002) eine enge Korrelation insbesondere mit *F. avenaceum* und *F. sporotrichoides*. Taxonomisch gehören beide Arten zu unterschiedlichen *Fusarium*-Gruppen, *F. tricinctum* zur Sektion *Sporotrichiella*, *F. avenaceum* zur Sektion *Roseum* (NELSON 1983). Von Arten der Sektion *Sporotrichiella* ist keine Hauptfruchtform bekannt, von Arten der Sektion *Roseum* dagegen die teleomorphe Form *Gibberella*, die bisher nicht an Weizen beschrieben wurde (SAMUELS *et al.* 2001). Im Gegensatz zu der klassischen Taxonomie kamen die molekulargenetische Analysen von YLI-MATTILA *et al.* (2000) zu dem Schluss, dass *F. avenaceum* und *F. tricinctum* einer

„Genospecies“ zugeordnet werden müssen. Ein weiterer Hinweis ist die bei beiden Arten nachgewiesene Fähigkeit das Mykotoxin Moniliformin zu produzieren (SCHÜTT 2001).

*F. tricinctum* ist in der Lage, sowohl einzellige Mikrokonidien als auch mehrzellige Makrokonidien zu bilden. Wie sich diese Konidien im Bestand verbreiten oder welche weiteren Wirtspflanzen es gibt ist für diese Art nicht bekannt. Das signifikant häufigere Auftreten dieser Art nach der Vorfrucht Raps ist nur bedingt aussagefähig, da diese Vorfrucht nur in Ascheberg angebaut wurde. Aus dem signifikant stärkeren Kornbefall mit *F. tricinctum* nach der Vorfrucht Winterweizen folgerte LIENEMANN (2002) ein ähnliche saprophytische Lebensweise wie bei *F. avenaceum*. Obwohl das Auftreten von *F. tricinctum* mit dem von *F. poae* korreliert war, scheint eine Verbreitung der Sporen von *F. tricinctum* durch den Wind eine untergeordnete Rolle zu spielen, denn im Gegensatz zu *F. poae* nahm der Anteil von *F. tricinctum* mit zunehmender Pflanzenlänge signifikant ab. So ist zu vermuten, dass ähnlich wie bei *F. avenaceum*, die Makrokonidien im Bestand durch Spritzwasser verbreitet werden.

### ***F. culmorum***

*F. culmorum* war in den Jahren 2001-2003 mit durchschnittlich 1,6 % nur die fünft häufigste Art in Nordrhein-Westfalen. Der höchste Anteil von 15 % wurde im warm-trockenen Jahr 2003 erreicht, obwohl für diese Art ähnliche Temperatur- und Feuchtigkeitsansprüche wie für *F. avenaceum* genannt werden (DOOHAN *et al.* 2003, LACEY *et al.* 1999, OBST & BECHTEL 2000). Die schon besprochene enge Korrelation mit dem Auftreten von *F. avenaceum* und *F. graminearum* deutet zudem, wie die Beobachtungen von LIENEMANN (2002), auf eine breite klimatische Anpassungsfähigkeit von *F. culmorum* hin.

Ebenso wie bei LIENEMANN (2002) wurde *F. culmorum* am häufigsten nach der Vorfrucht Zuckerrübe von den Körnern isoliert, genau wie *F. avenaceum*, so dass das Auftreten dieser Arten durch die rheinische Fruchtfolge begünstigt wird. Im Gegensatz dazu tritt *F. culmorum* nach Kartoffel jedoch nur sehr schwach auf. Hierbei mögen antagonistische Wechselwirkungen zwischen den Arten eine Rolle spielen, wobei *F. avenaceum* möglicherweise an Kartoffelresten zu einer höheren Sporenproduktion im Boden in der Lage ist (FISCHER 1977). Auch die stärkere Verbreitung von *F. avenaceum* gegenüber *F. culmorum* kann damit zusammenhängen. Im Gegensatz zu den beiden anderen Arten ist für *F. culmorum* keine Hauptfruchtform bekannt, so dass die Verbreitung im Bestand nur durch Makrokonidien erfolgen kann. Trotz ihrer Größe werden diese Konidien ähnlich wie die Mikrokonidien von *F. poae* im Bestand verbreitet und können im Bestand durch Spritzwasser Distanzen von 60 cm vertikal und 100 cm horizontal überbrücken (HÖRBERG 2002, JENKINSON & PARRY 1994). Die Unterschiede sind zwar gering, trotzdem decken sich diese mit eigenen Beobachtungen in den Jahren 2001-2003, bei denen sich zwischen

Pflanzenlänge und dem Befall mit *F. culmorum* kein Zusammenhang ergab, während für *F. avenaceum* eine negative Korrelation vorlag.

LIENEMANN (2002) beobachtete eine stetige Zunahme der Blattinfektionen mit *F. culmorum* im Vegetationsverlauf mit einem starken Befallszuwachs zwischen Milchreife und Abreife der Pflanze, während RINTELEN (1995) an Weizenkörnern zwischen Milch- und Teigreife (BBCH 75 – BBCH 85) einen Befall mit *F. culmorum* auf einem niedrigen, konstantem Niveau feststellte, obwohl *F. culmorum* in der Lage ist Kornanlagen und Körner über einen langen Zeitraum (BBCH 47 – 75) zu befallen und zu infizieren (DIEHL & FEHRMANN 1989).

### ***F. cerealis***

*F. cerealis* (= *F. crookwellense*) wurde, wie von LIENEMANN (2002), mit durchschnittlich 1,1 % eher selten in Nordrhein-Westfalen an Winterweizen nachgewiesen und damit nur etwas häufiger als die Arten *F. sporotrichoides* und *F. equiseti*, welche gelegentlich auftraten. Der höchste Anteil von rund 7 % wurde im warm-trockenen Jahr 2003 an den Standorten Kerpen-Buir und Haus Düsse erreicht. Während in Kerpen-Buir bei einem geringen Befall von 1,3 % nur wenig *F. cerealis* gefunden wurden, war in Haus Düsse diese Art bei höherem Befall für eine größere Anzahl von Korninfektionen verantwortlich. Bei den meisten Sorten lag ein Befall von bis 3,5 % mit *F. cerealis* vor, nur in der am höchsten befallenen Sorte Biscay erreichte der Wert 31%, wobei sich der Befall hauptsächlich auf eine Parzelle mit 55% konzentrierte.

Über die Ansprüche dieser Art ist in der Literatur wenig bekannt, aber die engste Korrelation lag für ein gemeinsames Auftreten mit *F. graminearum* vor. Dabei könnten zwei Faktoren eine Rolle spielen. Zum einen wäre dies eine Bevorzugung ähnlicher Wachstumsbedingungen und Infektionsvoraussetzungen wie *F. graminearum*. Zum anderen bildet *F. cerealis* wie *F. graminearum* und *F. culmorum* nur Makrokonidien aus, die für eine Windverbreitung eher ungünstig sind (NELSON 1983). Dafür sprechen auch der auf eine einzige Parzelle konzentrierte Extrembefall und den mit zunehmender Länge abnehmenden Anteil dieser Art.

#### **4.1.4 Sortenresistenz**

Obwohl Ährenfusariosen durch die Wahl der richtigen Sorte vermindert werden kann, werden bis heute aufgrund höherer Ertragsfähigkeit oder geringerer Lagerneigung einige *Fusarium*-anfällige Sorten wie Ritmo oder Drifter immer noch häufig angebaut (MIEDANER & SCHNEIDER 2002, RODEMANN 2004). In den letzten Jahren wurde aber der *Fusarium*-Resistenz im Winterweizen von den Züchtern eine immer größere Bedeutung zugemessen, so dass vermehrt weniger anfällige Sorten auf den Markt gebracht werden. Weltweit sind zahlreiche Weizensorten als Quellen der *Fusarium*-Resistenz beschrieben worden, aber bis heute gibt weltweit keine Sorte, die nicht befallen wird (BUERSTMAYR *et al.* 1996,

MESTERHAZY *et al.* 2005, MIEDANER *et al.* 1999). Die Resistenz gegenüber Ährenfusariosen ist polygener Natur, d.h. sie wird durch eine Anzahl von Genen kontrolliert. Die Anzahl beteiligter Gene sowie die Lokalisierung auf den Chromosomen sind jedoch noch unklar (BUERSTMAYR *et al.* 1997, MENTEWAB *et al.* 2000).

In den Jahren 2001-2003 wurden Sorten der Landessortenversuche in Kerpen-Buir, Neukirchen-Vluyn, Ascheberg, Haus Düsse und Lage-Ohrsen auf *Fusarium*-Befall untersucht. Die Sorten, deren *Fusarium*-Anfälligkeiten nach BSA-Einstufung von Note 3 (Vergas) bis Note 7 (Darwin, Kris) variierten, unterlagen dabei nur dem natürlichen Befallsdruck der Standorte. Die hier gewonnenen Ergebnisse zeigen erhebliche Unterschiede zwischen den einzelnen Weizensorten in ihrer Anfälligkeit gegenüber Ährenfusariosen. In einigen Fällen korrelierten die Befallshäufigkeiten der Körner sehr gut mit der Sorteneinstufung, in anderen Fällen jedoch gar nicht.

Aufgrund des wechselnden Sortenspektrums zwischen den Untersuchungsjahren ist zwar ein direkter Vergleich kaum möglich, so dass mit dem relativen Befall erst eine Angleichung durchgeführt werden musste. Unter den natürlichen Befallsbedingungen erwiesen sich die Sorten Maverick, Kris und Darwin als besonders anfällig. Dabei werden die beiden letztgenannten Sorten durch das BSA als anfällig (Note 7) eingestuft, die vorgenannte Sorte als mäßig anfällig (Note 6). Zwischen den einzelnen Jahren kam es jedoch auch immer wieder zu sehr unterschiedlichen Befallsergebnissen bei den Sorten, die in zwei, oder wie Drifter in allen drei Jahren untersucht wurden. So lag Drifter, obwohl als mäßig anfällig eingestuft, in den Jahren 2001 und 2002 eher im mittleren bis unteren Bereich der Befallshäufigkeit, wurde der Kornbefall dieser Sorte im Jahr 2003 nur von den Extremwerten der Sorte Biscay übertroffen. Gegensätzlich dazu reagierte die ebenfalls mit Note 6 bewertete Sorte Winnetou. Gehörte sie im Jahr 2002 zusammen mit den Sorten Complet und Maverick zu den höher befallenen Sorten, war sie im Jahr 2003 die signifikant am geringsten befallene Sorte.

Über die Abweichung von einzelnen Weizensorten von ihrer Einstufung durch das Bundessortenamt berichtet auch LIENEMANN (2002) aus den Versuchsjahren 1998 bis 2001. In ihrer dreijährigen Studie erwiesen sich Hybnos, Residence und Convent als die am wenigsten anfälligsten Sorten, obwohl sie jedoch laut BSA mit den Noten 4 bzw. 5 nur als mittelanfällig eingestuft werden. Im Gegensatz dazu schnitt Pajero, die als wenig anfällig bewertet wird (Note 3), schlechter ab und lag nach ihren Untersuchungen im mittleren Anfälligkeitsbereich. Differenzen zwischen der BSA-Einstufung bei einigen Sorten und den eigenen Sortenbeurteilungen beobachtete auch WOSNITZA (2000). Sie untersuchte in den Jahren 1998 und 1999 die Sortenanfälligkeit mittels Ährenbonitur und den DON- und NIV-Gehalten der Körner. Dazu wurden Weizensorten an sechs Standorten im gesamten Bundesgebiet unter „naturnahen“ Bedingungen, d.h. Förderung des Befalls mit *F.*

*graminearum* durch Maisstoppelreste und Direktsaat angebaut. Besonders bei Sorten im mittleren Anfälligkeitsbereich traten Abweichungen von der BSA-Benotung auf, was hauptsächlich auf die unterschiedlichen Infektionsbedingungen (Sprühinokulation, „naturnahe“ Infektion, natürlicher Infektionsdruck) zurückgeführt werden kann. Die Sortenprüfung beim Bundessortenamt (BSA) erfolgte bis 2001 an mehreren Standorten durch eine Sprühinokulation der Ähren mit *F. graminearum* und *F. culmorum* und der anschließenden visuellen Bonitur der daraus resultierenden Taubährigkeitssymptome (RODEMANN *et al.* 2001). Durch eine Sprühinokulation werden z.B. die passiven Resistenzmechanismen einer Pflanze, wie die Pflanzenlänge, weitgehend ausgeschaltet, wodurch nur die physiologischen Prozesse der Resistenz genutzt werden (LEMMENS *et al.* 2004b). Die verschiedenen Resistenz-Typen sind: Resistenz gegenüber einer Erstinfektion der Ähre (Typ I), Ausbreitungsresistenz (Typ II), Resistenz gegenüber einer Korninfektion (TYP III), Toleranz gegenüber einem hohen Kornbefall bzw. gegenüber einer hohen Mykotoxinbelastung (Typ IV) und Metabolisierung der Mykotoxine (Typ V) (MESTERHAZY 1995, SNIJDERS & PERKOWSKI 1990). Deshalb muss zwischen den sichtbaren Ährensymptomen und dem Befall der Körner kein enger Zusammenhang bestehen. So zeigten z.B. 14 Tage nach der Inokulation der Sorte Dream keine Ährensymptome, obwohl 31% der Körner mit *Fusarium* spp. befallen waren (LIENEMANN 2002). Vor allem Sorten mit dem Resistenztyp II könnten aufgrund starker sichtbarer Reaktionen schlechter beurteilt werden, als es ihrer eigentlichen Resistenz entspricht (LEMMENS *et al.* 2004b). Um den Einfluss der Genotyps auf die Infektion und Ausbreitung von *Fusarium* spp. an der Ähre zu erfassen, ist es notwendig, Resistenzen an mehreren Standorten und über mehrere Jahre zu prüfen (MESTERHÁZY 1987, MESTERHAZY *et al.* 2005), wobei der auftretende Standardfehler am sichersten durch eine Erhöhung der Umwelten und in zweiter Linie erst durch eine höhere Anzahl von Wiederholungen verkleinert werden kann (CAMPELL & LIPPS 1998). Dabei sollten nach Meinung der Autoren mindestens vier Wiederholungen je Standort vorliegen. In den Landessortenversuchen wurden sieben Weizensorten über drei Jahre an fünf Standorten mit unterschiedlichen Fruchtfolgen geprüft. Leider konnte durch das wechselnde Sortiment der Einfluss der Witterung oder anderer Standortfaktoren nur bedingt relativiert werden. Zudem lagen jeweils nur zwei Wiederholungen vor, was dazu führte, dass einige Befallsunterschiede zwischen den Sorten nur gelegentlich statistisch abgesichert werden konnten.

Auch das standortspezifische *Fusarium*-Spektrum spielt in diesem Zusammenhang eine Rolle, denn an Standorten mit mehreren *Fusarium*-Arten, die in ihren Ansprüchen für eine Infektion variieren, können unter den unterschiedlichsten Witterungsbedingungen über einen längeren Zeitraum die Ähren infiziert werden. Dabei darf jedoch nicht von einer selektiven Resistenz einer Weizensorte gegenüber einzelnen *Fusarium*-Arten ausgegangen werden

(MESTERHAZY et al. 2005). An keinem der untersuchten Standorte gab es eine allein dominierende *Fusarium*-Art, auch wenn im Rheinland *F. avenaceum* in Kerpen-Buir und *F. poae* in Neukirchen-Vluyn sehr häufig auftraten. Diese beiden Arten sind jedoch nur als mäßig pathogen beschrieben und lösen im Gegensatz zu DON-bildenden Isolaten von *F. graminearum* und *F. culmorum* nur geringe Ährensymptome hervor. So ist die alleinige Ährenbonitur nicht ausreichend, um die Resistenz gegenüber Ährenfusariosen zu beurteilen. Auch lag nirgendwo ein hohes Inokulumpotenzial von *F. graminearum* vor, welches unter günstigen Witterungsbedingungen zu einer homogenen Infektion hätte führen können. MUTHOMI (2001) wies für das Rheinland eine hohe Variabilität der Aggressivität und Mykotoxinproduktion zwischen Isolaten der B-Trichothecen bildenden Arten *F. graminearum* und *F. culmorum* nach und EVANS et al. (2000) fanden nach der Inokulation zweier Gerstensorten mit 3 verschiedenen Isolaten von *F. graminearum* eine unterschiedliche Sortenanfälligkeit und DON-Gehalte in Abhängigkeit vom Isolat.

Bedeutend für den Ährenbefall ist hauptsächlich das zeitliche Aufeinandertreffen eines hohen Infektionsdrucks durch entsprechende Witterungsbedingungen und dem Blühzeitpunkt einer Sorte. Durch das Fehlen oder Vorhandensein einer Koinzidenz zwischen dem Auftreten des Pathogens und dem empfindlichen Blühstadium der Pflanzen kann es zu einer Scheinresistenz, oder einer Scheinanfälligkeit kommen (COOK 1981). Als Beispiel für eine erhöhte Anfälligkeit nennt LIENEMANN (2002) die Sorte Ludwig, deren Blüte in Hennef 1999 in eine niederschlagsreiche Periode fiel. Dies führte zu einem höheren Kornbefall als bei der anfälligen Sorte Hanseat, die witterungsbedingt einem geringeren Inokulumdruck ausgesetzt war. Solche Jahreseffekte konnten z.B. bei der Sorte Drifter (Note 6) in Lage-Ohrsen beobachtet werden. In den Jahren 2001 und 2002 lag der Befall dieser Sorte im mittleren Bereich und nie signifikant über den gering befallenen Sorten, wogegen sie im Jahr 2003 jedoch mit 52% die mit Abstand am stärksten befallene Sorte war.

#### 4.1.5 Anbauintensität

Die *Fusarium*-Resistenz einer Pflanze wird von der aktiven Resistenz durch physiologische Prozesse und durch die passive Resistenz aufgrund morphologischer Eigenschaften bestimmt (MESTERHAZY 1995). Hierzu gehören die Pflanzenlänge, der Abstand von Fahnenblatt und Ähre und Stellung des Fahnenblattes (HÖRBERG 2002, LIENEMANN 2002). Diese morphologischen Eigenschaften werden jedoch durch Düngung und die Anwendung von Wachstumsreglern und Fungiziden ebenso beeinflusst, wie die Bestandesdichte, die Bestockung oder der Verlauf der Blüte. Der Einsatz von Wachstumsreglern führt neben einer verstärkten Bestockung zu einem verringerten Abstand von Fahnenblatt und Ähre und einer kürzeren, gleichmäßigeren Blüte. Die dichteren Bestände trocknen langsamer ab und erhöhen die Wahrscheinlichkeit einer erfolgreichen Verbreitung der Konidien durch Spritzwasser ebenso wie eine Ähreninfektion durch den

verringerten Abstand des Fahnenblattes zur Ähre. Die Zeit der Vollblüte und damit die Phase der höchsten Anfälligkeit ist verkürzt und verringert damit die Wahrscheinlichkeit des Auftretens von günstigen Infektionsbedingungen. Treten diese Bedingungen jedoch genau zu diesen Zeiten bieten sich *Fusarium* spp. zahlreiche gute Infektionsmöglichkeiten. Andererseits verringert sich besonders bei lageranfälligen Sorten die Gefahr von Lagerbildung vor der Blüte, so dass sich der Einsatz von Wachstumsreglern sowohl befalls-mindernd als auch befalls-fördernd auswirken kann.

Im Mittel über alle Jahre und Standorte lag der durchschnittliche Befall in der intensiveren Variante über dem der Basisvariante und beide Standardabweichungen lagen auf ähnlichem Niveau, wie es auch CHAMPEIL *et al.* (2004) beobachteten. Der Einfluss der Anbauintensität lässt sich nur schwer belegen, zumal in den einzelnen Jahren nur im Jahr 2001 ein signifikanter Unterschied zwischen beiden Varianten bestand. Vergleicht man jedoch die Korrelation zwischen der Einstufung der Sortenresistenz und dem Kornbefall beider Intensitäten, so ergibt sich ein interessanter Zusammenhang. Die Auswirkungen der intensiveren Bestandesführung lassen sich umso stärker beobachten, desto resistenter die Sorte eingestuft wird. Die Veränderungen der kurzstrohigen, anfälligen Sorten durch Wachstumsregler sind deutlich geringer als bei langstrohigen, resistenteren Sorten. Das spiegelt auch den relativ hohen Befall der kurzstrohigen Sorten im Vergleich zu den anderen Sortenlängen wider, bei dem unter dem hohen Befallsdruck in Westfalen mit zunehmender Länge eine immer größere Differenz zwischen den beiden Anbauvarianten auftrat. Eine Vielzahl von Faktoren scheint sich auf den Kornbefall mit *Fusarium* spp. auszuwirken (LIENEMANN 2002). Während Klima, Sortenwahl oder Bodenbearbeitung unabhängig von der Anbaumethode sind, führt der Einsatz von Wachstumsreglern zu einer Halmverkürzung, die eine Infektion der Ähre begünstigt. Andererseits reduziert sich dadurch insbesondere bei langstrohigen Sorten die Lagerneigung, was sich befalls-mindernd auswirkt. Der Einsatz von Fungiziden zur Behandlung von Blattkrankheiten kann ebenso zu einer erhöhten Infektion führen (HENRIKSEN & ELEN 2005), wie auch eine erhöhte Stickstoffdüngung (LEMMENS *et al.* 2004a), auch wenn die verwendeten Stickstoffmengen deutlich höher waren.

#### **4.2 Moniliforminbildung *in vitro***

Im Gegensatz zu Untersuchungen von ADLER *et al.* 1990, LOGRIECO *et al.* 1990, SCHÜTT 2001 wurden die Isolate für die Untersuchung der Moniliforminbildung nicht auf Minimalmedium oder Körnern kultiviert, sondern auf PDA-Medium. Dabei zeigte es sich, dass es auch hier zu keiner Beeinflussung des Moniliformin-Nachweises durch die *in vitro* Anzucht der *Fusarium*-Isolate auf PDA-Medium kam. Zudem beschränkten sich die eigenen Untersuchungen auf die Extraktion auf das Luftmyzel, da sich bei Voruntersuchungen herausgestellt hatte, dass die Moniliformin-Konzentration im Myzel deutlich höher war als im umgebenden Medium. Dabei erwies sich die HPLC-Methode nach SCOTT & LAWRENCE

(1987) als sehr gut für die quantitative Bestimmung des Moniliformins geeignet. Trotz der veränderten Extraktion und Aufreinigung mittels Mycosep-Moniliformin<sup>®</sup>-Säulen konnte mit rund 98% eine ähnliche Wiederfindungsrate beobachtet werden, während die Nachweisgrenze von 50 ppb etwa dem doppelten der ursprünglichen Methode entspricht.

#### 4.2.1 Moniliforminbildung durch *Fusarium* spp.

Ziel der Untersuchungen zur Moniliforminbildung *in vitro* war, die Fähigkeit zur Produktion von Moniliformin, der auf Winterweizen gefundenen, *Fusarium*-Arten zu bestimmen, so dass eine Risikoabschätzungen bezüglich einer potentiellen Kontamination von Weizenkörnern mit Moniliformin abschätzen zu können.

Für *F. graminearum* konnte SCHÜTT (2001) keine Moniliforminproduktion feststellen und schloss das Potenzial zur Moniliforminbildung aus, da auch in zahlreichen anderen Studien keine Moniliforminbildung bei dieser Art festgestellt wurde (ABBAS *et al.* 1989a, ABBAS *et al.* 1990, ADLER *et al.* 1990, ADLER *et al.* 1995, BOTTALICO *et al.* 1982, LOGRIECO *et al.* 1990). Auch die in den eigenen Untersuchungen verwendeten Isolate von *F. graminearum* zeigten keine Befähigung zur Bildung von Moniliformin. Der von LAMPRECHT *et al.* (1986) als moniliforminbildend beschriebene Stamm wurde von SCHÜTT (2001) als *F. pseudograminearum* charakterisiert und bildete kein Moniliformin. Das positive Ergebnis erklärte er dadurch, dass keine Reinkultur verwendet wurde.

Auch die Art *F. culmorum* scheint nicht in der Lage zu sein, Moniliformin zu produzieren. Die selber getesteten Isolate waren genauso wenig dazu in der Lage, wie die von SCHÜTT (2001) untersuchten Isolate. Auch von zahlreichen anderen Autoren wurde keine Bildung von Moniliformin durch diese Art beschrieben (ABBAS *et al.* 1989b, ADLER *et al.* 1990, ADLER *et al.* 1995, BOTTALICO *et al.* 1982, LOGRIECO *et al.* 1990).

Im Gegensatz zu den beiden vorgenannten Arten ist für *F. avenaceum* die Bildung von Moniliformin durch zahlreiche Arbeiten belegt. Der erste Nachweis von Moniliformin bei dieser Art wurde von MARASAS *et al.* (1979) publiziert, aber auch von ABBAS *et al.* (1989a), ABRAMSON *et al.* 2002, ADLER *et al.* (1990), ADLER *et al.* (1995), BOTTALICO *et al.* (1982), CHELKOWSKI *et al.* (1990), CLEAR *et al.* (2000), LOGRIECO *et al.* (1990) wurde für alle bzw. den überwiegenden Teil der Isolate Moniliformin nachgewiesen. ABRAMSON *et al.* (2001) wiesen bei 40 von 42 Isolaten und SCHÜTT (2001) bei 11 von 14 Isolaten von *F. avenaceum* die Bildung von Moniliformin nach. Dieses Verhältnis entspricht den eigenen Untersuchungen, bei denen von 24 Isolaten von *F. avenaceum* 22 in der Lage waren Moniliformin zu bilden. Dabei ergaben sich jedoch erhebliche Unterschiede zwischen den einzelnen Isolaten, wobei das Potenzial zur Bildung einer Normalverteilung entsprach. Der Grund für den fehlenden Nachweis von Moniliformin in zwei Isolaten mag mehrere Gründe haben. Eine Degeneration durch nährstoffreiche Nährmedien, kann ebenso wenig



ausgeschlossen werden, wie ein natürlicher Gendefekt. Die Bildung von Moniliformin durch *F. avenaceum* wird von SCHÜTT (2001) als artspezifisch bewertet.

*F. avenaceum* tritt weltweit an einem großen Wirtspflanzenspektrum auf, kommt vor allem aber in den temperierten Zonen als Pathogen häufig an Getreidearten und Mais vor (BOTTALICO 1998, ESKOLA *et al.* 2001, LANGSETH *et al.* 1997). Daher ist es nicht überraschend, dass Kontaminationen von Weizen und Triticale mit Moniliformin beobachtet wurden, die auf *F. avenaceum* zurückgeführt werden konnten, wie z.B. in Polen und Österreich (ADLER *et al.* 1990, ADLER *et al.* 1995, GOLINSKI *et al.* 1995, TOMCZAK *et al.* 2002). Auf diese Weise kann von *F. avenaceum* durch die Produktion von Moniliformin eine gesundheitliche Gefährdung von Verbrauchern ausgehen.

In der vorliegenden Untersuchung konnte für keins der beiden Isolate von *F. poae* eine Produktion von Moniliformin nachgewiesen werden. Für diese Art gibt es eine Anzahl von Publikationen, die alle durchgängig das Fehlen einer Moniliforminbildung beschrieben haben (ADLER *et al.* 1990, ALTOMARE *et al.* 1989, MARASAS *et al.* 1979). Auch SCHÜTT (2001) konnte in seinen Untersuchungen keine Moniliforminproduktion für diese Art nachweisen, so dass man davon ausgehen kann, dass *F. poae* kein Potenzial zur Moniliforminbildung besitzt.

Wie für *F. avenaceum* ist für *F. tricinctum* die Bildung von Moniliformin in zahlreichen Studien belegt worden, zumal YLI-MATTILA *et al.* (2000) nach phylogenetischer Analyse Ähnlichkeiten zwischen beiden Arten feststellen, obwohl beide Arten unterschiedlichen Gruppen zugeordnet werden. Zwischen 1979 und 1989 wurde in mehreren Studien die Moniliforminbildung durch Isolate von *F. tricinctum* überprüft, konnte aber nicht nachgewiesen werden (ALTOMARE *et al.* 1989, BOTTALICO *et al.* 1982, MARASAS *et al.* 1979). Erst CHELKOWSKI *et al.* (1990) und ADLER *et al.* (1990) konnten die Bildung von Moniliformin bei zwei von neun Isolaten bzw. sechs von zehn Isolaten von *F. tricinctum* nachweisen. Wie auch SCHÜTT (2001), der bei seinen Untersuchungen bei fünf von sieben Isolaten eine Moniliforminproduktion nachwies, produzierten in der vorliegenden Untersuchung neun von dreizehn Isolaten Moniliformin, was dem gleichen Verhältnis entspricht. Die produzierten Toxinmengen lagen dabei auf dem gleichen Niveau wie bei *F. avenaceum*. Doch im Gegensatz zu seinen Beobachtungen ergaben sich für die überprüften Isolate Unterschiede zwischen den beiden Großregionen in Nordrhein-Westfalen. Während nur eins von fünf Isolaten aus dem Rheinland Moniliformin produzierte, konnten bei allen acht Isolaten aus Westfalen das Mykotoxin nachgewiesen werden. Ob dieser Effekt sich aus der geringen Stichprobengröße ergibt oder es zwischen beiden Regionen tatsächlich Unterschiede vorhanden sind, kann nur durch weitere Untersuchungen geklärt werden. Für die fehlende Moniliforminproduktion können zwar degenerative Effekte nicht ausgeschlossen werden, doch scheint die Fähigkeit zur Bildung von Moniliformin bei *F. tricinctum* zwar prinzipiell vorhanden, aber nicht immer ausgebildet zu sein. Zudem kann die Toxinproduktion

nur begrenzt zur Unterscheidung von *F. tricinctum* und morphologisch ähnlichen Arten genutzt werden (SCHÜTT 2001).

*F. tricinctum* tritt weltweit an zahlreichen Wirtspflanzen auf, insbesondere jedoch wie *F. avenaceum* als Pathogen an Weizen und Mais der temperierten Breiten, weshalb eine Kontamination des Erntegutes durch Moniliformin nicht auszuschließen ist (BOTTALICO & PERRONE 2002, JESTOI *et al.* 2004, LOGRIECO *et al.* 2002, THRANE 2000). Obwohl *F. tricinctum* nur als schwach pathogen gilt und die Moniliforminbildung von SCHÜTT (2001) als nicht artspezifisch bewertet wurde, lassen die gebildeten Toxinmengen, insbesondere der westfälischen Isolate, das von *F. tricinctum* ausgehende Risiko einer Moniliforminkontamination ähnlich dem von *F. avenaceum* erscheinen.

Für die ebenfalls an Weizen vorkommenden Arten *F. sporotrichioides* und *F. equiseti* konnte in zahlreichen Untersuchungen kein Moniliformin nachgewiesen werden (ALTOMARE *et al.* 1989, CHELKOWSKI *et al.* 1990, SCHÜTT 2001, BOTTALICO *et al.* 1982, ADLER *et al.* 1990, LOGRIECO *et al.* 1990, ADLER *et al.* 1995). Nur bei einigen wenigen Autoren wird für einzelne Isolate dieser Arten über eine Moniliforminproduktion berichtet (RABIE *et al.* 1982). Insgesamt kann jedoch davon ausgegangen werden, dass beide Arten kein Moniliformin bilden.

#### 4.2.2 Moniliforminbildung *in vitro* durch *F. avenaceum* und *F. tricinctum*

Die Abhängigkeit der Mykotoxinbildung vom jeweiligen Isolat von *F. avenaceum* konnte in mehreren Untersuchungen nachgewiesen werden, wobei eine große Variationsbreite des Potenzials zur Moniliforminbildung beobachtet wurde. Je nach Autor und verwendetem Medium lagen die gebildeten Moniliforminmengen zwischen von 4 und 2385 µg/g bei 38 Isolaten von *F. avenaceum* auf Reismedium (ABBAS *et al.* 1989b), zwischen 70 und 2670 µg/g bei 18 Isolaten auf Reis (CHELKOWSKI *et al.* 1990) oder bei 40 bis 2000 µg/g bei fünf Isolaten auf Maismedium (LOGRIECO *et al.* 1990). ABRAMSON *et al.* (2001) wiesen bei 40 von 42 Isolaten von *F. avenaceum* Moniliformingehalte zwischen 1,3 und 140 µg/g nach. Wie bei den meisten Isolaten von SCHÜTT (2001) oder ADLER *et al.* (1990) lagen die gebildeten Toxinmengen zwischen 0,4 und 330 µg/g Luftmyzel, wenn auch auf PDA-Medium, doch wurden keine Extremwerte beobachtet. Für *F. tricinctum* wurden in der vorliegenden Untersuchung mit 11 bis 160 µg/g ähnliche Toxinkonzentrationen wie bei SCHÜTT (2001) und etwas niedriger als bei ADLER *et al.* (1990) auf Maiskörnern beobachtet. Da für beide Arten die Toxinproduktion einer Normalverteilung entsprach, bei dem Mittelwert und Median nur geringfügig von einander abwichen, muss für beide Arten von einem ähnlichen Potenzial zu Kontaminierung von Getreideproben ausgegangen werden. Ein Faktor für die z.T. niedrigeren Werte bei *F. avenaceum* mag das verwendete Medium sein, auf dem deutlich andere Wachstumsbedingungen und Nährstoffe vorliegen als in den anderen

Untersuchungen. Auch die schon zuvor genannte Möglichkeit einer Degeneration der Isolate durch eine Kultivierung auf nährstoffreichem Medium ist nicht auszuschließen (SCHÜTT 2001), ebenso wenig wie der Einfluss der unterschiedlichen Herkunft der Isolate (BRENNAN *et al.* 2003). Nur drei Isolate von SCHÜTT (2001) waren von Getreide isoliert worden sowie je eins von Raps bzw. Kartoffel. Während seine Isolate von Getreide aus Russland und Finnland, sowie dem von Raps aus Deutschland nur geringe Spuren von Moniliformin aufwiesen, produzierte das Isolat von Getreide aus Japan mit fast 2050 µg/g extrem hohe Mengen. Das Isolat von Kartoffel aus Deutschland zeigte mit rund 300 µg/g ähnliche Moniliformingehalte wie in den eigenen Untersuchungen. Im Gegensatz dazu waren die meisten Isolate von *F. tricinctum* von Getreide oder Gräsern aus Deutschland bzw. Europa isoliert worden, was allein aufgrund der Wirtspflanzen schon eine bessere Vergleichbarkeit erwarten lässt.

#### 4.2.3 Moniliforminbelastung von Kornproben

Im Allgemeinen sind von den in Nordrhein-Westfalen an Winterweizen gefundenen *Fusarium*-Arten nur *F. avenaceum* und *F. tricinctum* in der Lage, Moniliformin zu produzieren und somit Getreidekörner mit diesem Toxin zu kontaminieren. Da sie jedoch regelmäßig und in z.T. großer Häufigkeit an Weizenkörnern auftreten, war eine Belastung des Erntegutes nicht auszuschließen, weshalb stark mit diesen Arten befallenen Kornproben auf Moniliformin untersucht wurden.

Für *F. graminearum* und *F. culmorum* gibt es zahlreiche Untersuchungen, die eine starke Korrelation zwischen den unter *in vitro* und *in vivo* Mykotoxinproduktion festgestellt haben (SNIJDERS & PERKOWSKI 1990), während für die Moniliforminbildung verschiedener *Fusarium*-Arten es deutlich weniger Untersuchungen gibt. Die von RABIE *et al.* (1982) untersuchten Isolate von *Fusarium moniliforme* var. *subglutinans* variierten sowohl unter *in vitro* als auch unter *in vivo* Bedingungen stark in der Intensität ihrer Moniliforminbildung, wobei *in vivo* wesentlich geringere Moniliforminmengen gebildet wurden als *in vitro*. Bei SCHÜTT (2001) produzierte *F. avenaceum* Stamm BBA 69055 sowohl *in vitro* als auch *in vivo* mehr Moniliformin als Stamm BBA 64151, womit deutlich wird, dass das Isolat von *F. avenaceum* einen ganz erheblichen Einfluss auf die Produktion von Moniliformin unter natürlichen Bedingungen haben kann. Bei der Verwendung dieser Isolate mit hoher Moniliforminproduktion (305,8 bzw. 2047,5 µg/g *in vitro*) zur Inokulation von Weizenähren führte zu einer Belastung des Getreides mit 0,24-0,55 µg Moniliformin pro Gramm Getreide. Unter ähnlichen klimatischen Bedingungen stellten ADLER *et al.* (1995) in natürlich mit *F. avenaceum* infiziertem Durum-Weizen aus verschiedenen Regionen Österreichs Moniliformin-konzentrationen zwischen 0,06 und 0,88 µg/g fest, während die davon gewonnenen Isolate von *F. avenaceum* *in vitro* zwischen 32 und 800 µg/g produzierten, also ein vielfaches des *in vivo* Gehaltes, wie auch SCHÜTT (2001) beobachtete. GOLINSKI *et al.*

(1996) in polnischem Weizen ohne Inokulation mit *F. avenaceum* Moniliformingehalte zwischen 0,18 und 0,28 µg/g lagen und LEW *et al.* (1993) in visuell gesunden Weizenkörnern mittlere Moniliforminkonzentrationen zwischen 0,23 und 0,61 µg/g nach, während in Weizenkörnern mit deutlichen Infektionsmerkmalen mittlere Moniliformingehalte zwischen 7,7 und 23,6 µg/g ermittelt wurden, was den Gehalten bei SCHÜTT (2001) nach einer Inokulation mit dem Stamm BBA 69055 unter mediterranen Temperaturen entspricht (18,37-44,82 µg/g). Auch TOMCZAK *et al.* (2002) wiesen Gehalte bis 1,72 mg Moniliformin pro kg Getreide in befallenen Körnern nach. Trotz eines häufigen Auftretens von *F. avenaceum* in norwegischen Getreideproben, konnten UHLIG *et al.* (2004) Moniliforminkonzentrationen von bis zu 950 ppb nachweisen, wobei maximal der Median bei 120 ppb und der Mittelwert bei 210 ppb lagen. Auch JESTOI *et al.* (2004) fanden je nach Getreidesorte häufig Moniliformingehalte zwischen 40 und 300 ppb. Vereinzelt Proben wiesen Gehalte bis 890 ppb auf.

Im Gegensatz zu zahlreichen Untersuchungen, die eine Korrelation zwischen Kornbefall mit *F. graminearum* bzw. *F. culmorum* und DON-Gehalt nachgewiesen haben (GANG *et al.* 1998, LANGEVIN *et al.* 2004, LEMMENS *et al.* 2004), konnte in der vorliegenden Untersuchung keine Korrelation zwischen der Befallshäufigkeit mit *F. avenaceum* und *F. tricinctum* einerseits und dem Moniliformingehalt der Kornproben andererseits ermittelt werden. So wurde in drei von vier Proben mit einem Befall von 1-9% mit diesen moniliforminbildenden Arten aus dem Jahr 2001 Moniliformin mit 65-76 ppb knapp über der Nachweisgrenze nachgewiesen. Trotz z.T. erheblich höherer Befallshäufigkeiten im Jahr 2002 von bis zu 31% lag in nur zwei Proben der Moniliformingehalt über der Nachweisgrenze und im Jahr 2003 wurde bei Befallshäufigkeiten von 3-30% in allen Getreideproben nachgewiesen. Die höchste Kontamination fand sich bei der Sorte Biscay vom Standort Kerpen-Buir mit 225 ppb bei 3% Befall mit beiden Arten.

Diese Ergebnisse spiegeln eine natürliche Moniliforminbelastung bei einer Mischinfektion mit mehreren *Fusarium*-Arten unter Feldbedingungen wider, wie sie auch JESTOI *et al.* (2004), UHLIG *et al.* (2004) oder YLI-MATTILA *et al.* (2004) beobachteten, wobei die Isolate von *F. avenaceum* und *F. tricinctum* zudem ein sehr unterschiedliches Bildungspotenzial für Moniliformin besitzen. Die Moniliformingehalte korrelierten mit der durchschnittlichen Temperatur zwischen Blüte und Ernte, wie es auch von SCHÜTT (2001) bei Inokulationsversuchen bei unterschiedlichen klimatischen Bedingungen beschrieben hat. Insbesondere im trockenen und warmen Jahr 2003 enthielten alle Getreideproben Moniliformin und es wurden die höchsten Gehalte aller Untersuchungsjahre gemessen. Sie liegen aber deutlich unter den oben aufgeführten Gehalten, was unter anderem auf die unterschiedlichen klimatischen Bedingungen in Nordrhein-Westfalen bzw. Polen oder Österreich liegt. Die Temperatur ist neben hoher Luftfeuchtigkeit bzw. Niederschlägen zur

Blüte ein entscheidender klimatischer Faktor, der die Mykotoxinbildung beeinflusst (DOOHAN *et al.* 2003, HALL & SUTTON 1998, MÜLLER *et al.* 1997, SCHÜTT 2001).

Das Fehlen einer Korrelation mag zudem auf der geringeren Aggressivität von *F. avenaceum* und *F. tricinctum* beruhen, die eventuell in einer geringeren Pilzmasse in den Körnern resultiert über die die Bestimmung der Befallshäufigkeit keine Aussage machen kann. Ein weiterer Faktor mag der Zeitpunkt der Infektion sein, zumal RINTELEN (1995) an Weizenkörnern zwischen Milch- und Teigreife einen starken, kontinuierlichen Befallszuwachs mit *F. avenaceum* nachwies. Vielleicht ist diese Art nur zur der Blüte in der Lage die Kornanlagen vollständig zu infizieren, während *F. culmorum* Kornanlagen und Körner über einen längeren Zeitraum (BBCH 47 – 75) befallen kann (DIEHL & FEHRMANN 1989). Insgesamt war die Belastung mit Moniliformin unter den Infektionsbedingungen, wie sie in Nordrhein-Westfalen herrschten, eher gering. Trotzdem ist eine Beeinflussung der menschlichen Gesundheit nicht völlig auszuschließen, da in Kombination mit anderen Mykotoxinen additive oder synergistische Effekte auftreten können.

#### 4.2.4 Einfluss von Fungiziden

Eine vollständige Bekämpfung des Ährenfusariosen mit Fungiziden ist im Allgemeinen nicht möglich (BAI & SHANER 1996, SIMPSON *et al.* 2003, SUTY & MAULER-MACHNIK 1996, PIRGOZLIEV 2003). *In vitro* zeigten zahlreiche Studien sowohl eine Verringerung oder Hemmung als auch eine potenzielle Zunahme der Mykotoxinbildung nach Fungizidbehandlung (CROMEY *et al.* 2001, D'MELLO 1998, MAGAN *et al.* 2002, PLACINTA 1996, PIRGOZLIEV *et al.* 2003, SIMPSON *et al.* 2001). Da Wachstum und Metabolismus mykotoxinbildender Pilze auf Nährmedien sich deutlich vom Freiland unterscheiden, können *in vitro* Versuche nur zur Ermittlung tendenzieller Wirkungen herangezogen werden.

Eine Anzahl von Studien wurde mit Fungiziden mit dem zur Ährenbehandlung gegen *Fusarium*-Befall zugelassenen Wirkstoff Tebuconazol durchgeführt. Dabei lag der Wirkungsgrad in der Befallsreduktion bei 50-70 % (ELLNER 2000, MIELKE & MEYER 1990, OBST *et al.* 1992, SUTY & MAULER-MACHNIK 1996, PIRGOZLIEV *et al.* 2003). Zudem reduzierte der Wirkstoff in vielen Untersuchungen die DON-Bildung entsprechend der prozentualen Abnahme des *Fusarium*-Befalls (MCMULLEN *et al.* 1997, ELLNER 1997, KANG *et al.* 2001, MESTERHAZY & BARTOK 1996). GAREIS & CEYNOWA (1994) beobachteten ebenfalls die Abnahme vom DON-Gehalt, doch trat in ihrer Studie eine Erhöhung des NIV-Gehaltes auf. Im Gegensatz dazu wird auch die Wirkung der Strobilurin-haltigen Fungizide bewertet. Während einige Autoren eine signifikante Steigerung des DON-Gehaltes bei *F. graminearum* und *F. culmorum* nachgewiesen haben (ELLNER & SCHROER 2000, OBST *et al.* 1999), beobachteten MATTHIES *et al.* (2000) und PIRGOZLIEV *et al.* (2002) etwas verringerte DON-Konzentrationen nach Anwendung dieser Wirkstoffgruppe.

Der gleiche Effekt lässt sich in der vorliegenden Untersuchung beim Fungizid Amistar beobachten. Bei einer Konzentration von 100 ppm Azoxystrobin im Medium bewirkt eine maximale Hemmung des Wachstums des Isolats von *F. tricinctum* um 33% und die Isolate von *F. avenaceum* um die 60% gehemmt waren. Gleichzeitig führen Konzentrationen bis 10 ppm Azoxystrobin bei den Isolaten von *F. avenaceum* und *F. tricinctum* zu einer Erhöhung der Moniliformingehaltes je nach Isolat um bis zu 300%. Im Laborversuch bewirkten subletale Dosen wie bei Trichothecen-bildenden *Fusarium*-Arten eine Steigerung der Toxinproduktion. Gleichzeitig wirkt der Wirkstoff Azoxystrobin selektiv gegenüber den verschiedenen *Fusarium*-Arten, aber auch anderer Saprophyten, wodurch sich auch einige erhöhte Toxinbelastungen in Feldversuchen erklären lassen (PIRGOZLIEV *et al.* 2003, SIMPSON *et al.* 2001), da höchstwahrscheinlich *M. nivale* und *F. avenaceum* deutlich sensibler reagieren als andere Arten, wie auch EDWARDS *et al.* (2001) beobachteten.

Gegenüber dem Fungizid Folicur mit dem Wirkstoff Tebuconazol reagierten alle *Fusarium*-Isolate deutlich sensibler. KANG *et al.* (2001) beobachteten *F. culmorum* eine Hemmung von 50% bei 20 ppm Tebuconazol, sowie eine deutliche Abnahme der DON-Konzentration im Myzel, wobei der Versuchsaufbau sich jedoch unterschied. Bei den Moniliformin-bildenden Isolaten zu sehr unterschiedlichen Reaktionen des Moniliformingehalt auf das Fungizid, wie es auch MAGAN *et al.* (2002) für andere Azol-Fungizide beobachteten. Trotz der starken Hemmung jedoch kam es jedoch bei 10 bis 30 ppm Tebuconazol im Medium zu einer leicht erhöhten Gesamtmoniliforminmenge. Aufgrund seiner hohen Wirksamkeit gegen alle *Fusarium*-Arten eignet sich der Wirkstoff Tebuconazol sowohl zur Bekämpfung von Trichothecen- als auch Moniliformin-bildenden Arten im Getreide (PIRGOZLIEV *et al.* 2003), obwohl die genaue Terminierung der Ährenbehandlung zur *Fusarium*-Bekämpfung im Feld schwierig ist.

Das Prognosemodell von OBST & BECHTEL (2000) wurde für *F. graminearum* aufgestellt, kann aber aufgrund der Situation in Nordrhein-Westfalen mit den verschiedenen *Fusarium*-Arten und ihren unterschiedlichen Ansprüchen an Witterung oder Fruchtfolge nur schwer auf diese übertragen werden. Da die Witterung nicht beeinflussbar ist, sollte durch weite Fruchtfolgen und wendende Bodenbearbeitung, insbesondere aber durch die Wahl langstrohiger und *Fusarium*-resistenter Sorten das Infektionsrisiko senken (BARTELS & RODEMANN 2003, LIENEMANN 2002). Insgesamt muss in Nordrhein-Westfalen nur mit einer geringen Belastung mit Moniliformin im Winterweizen gerechnet werden, da günstige klimatische Bedingungen für die wärmebeeinflusste Toxinproduktion durch *F. avenaceum* und *F. tricinctum* eher selten auftreten.

## 5. Zusammenfassung

Die Symptome der Ährenfusariosen im Getreide, vor allem im Winterweizen, können durch verschiedene *Fusarium*-Arten ausgelöst werden. Dadurch kann es nicht nur zu größeren Ertragsverlusten, sondern auch zu einer erheblichen Belastung des Erntegutes mit Mykotoxinen kommen. In den letzten Jahren konzentrierte sich die Forschung insbesondere auf die (Leit-) Toxine Deoxynivalenol und Zearalenon, die hauptsächlich von *Fusarium graminearum* und *F. culmorum* gebildet werden. Für das Rheinland wurde aber mehrmals das starke Auftreten der Arten *F. avenaceum* und *F. poae* beschrieben, die andere Mykotoxine wie Moniliformin bzw. T2-Toxin produzieren.

Um den Einfluss verschiedener Faktoren auf das Auftreten der verschiedenen *Fusarium*-Arten an Winterweizen in Nordrhein-Westfalen zu erfassen, wurden in der vorliegenden Arbeit über drei Jahre Getreideproben von fünf verschiedenen Standorten mikrobiologisch auf ihren Kornbefall mit *Fusarium* spp. untersucht. Zusätzlich wurde, unter natürlichen Befallsbedingungen, der Einfluss von Standort, Witterung, Vorfrucht, Sorteneigenschaften und Anbauintensität erfasst und bewertet. Von Getreidekörnern gewonnene *Fusarium*-Isolate, insbesondere der Arten *F. avenaceum* und *F. tricinctum*, wurden auf ihre Moniliforminbildung untersucht und ausgewählte Getreideproben mittels HPLC-DAD auf die Belastung mit Moniliformin untersucht.

- Die Befallshäufigkeit der Körner mit *Fusarium* spp. wurde in den Jahren 2001 bis 2003 stark durch den Witterungsverlauf zur Blüte, die Region bzw. den Standort und die Weizensorte beeinflusst. Der durchschnittliche Befall lag bei 9,9 % (2001), 8,6% (2002) und 26,3% (2003). Der Kornbefall im Rheinland lag mit 1,4 %, 4,6 % und 4,6 % in jedem Jahr signifikant unter dem Kornbefall in Westfalen mit 16,1 %, 11,1 % bzw. 36,0 %. Grund hierfür waren höhere Niederschlagsmengen in Westfalen zwischen Ährenschieben und Ende der Blüte.
- In den Jahren 2001 bis 2003 waren im Mittel rund 13% der Körner mit *Fusarium* spp. befallen. Dabei handelte es sich vor allem um die Arten *F. avenaceum* mit 3,4%, *F. graminearum* mit 2,7 %, *F. poae* mit 2,4 %, *F. culmorum* mit 2,2 %, *F. tricinctum* mit 1,8 % sowie *F. cerealis* mit 0,5 %. Zu den restlichen *Fusarium*-Arten gehörten *F. sporotrichoides*, *F. equiseti* und *F. merismoides* sowie einige nicht bestimmte *Fusarium*-Isolate.
- In der Zusammensetzung des *Fusarium*-Spektrums gab deutliche Unterschiede zwischen Rheinland und Westfalen. Im Rheinland dominierten bei einem Kornbefall von 3,6 % vor allem *F. avenaceum* (1,1 %) und *F. poae* (1,0 %), während in Westfalen sich das Artenspektrum bei einer Befallshäufigkeit von 21,9 % aus *F. avenaceum* (5,4 %), *F. graminearum* (4,4 %), *F. culmorum* (3,6 %), *F. poae* (3,5 %) und *F. tricinctum* (3,0 %) zusammensetzte, während *F. cerealis* nur im Jahr 2003 verstärkt auftrat.

- In Nordrhein-Westfalen ergab sich für 2001 bis 2003 eine enge Korrelation zwischen dem Auftreten von *F. graminearum* mit *F. avenaceum*, *F. culmorum* und *F. cerealis* einerseits und von *F. poae* mit *F. tricinctum* und etwas geringer mit *F. avenaceum* andererseits. Obwohl für *F. graminearum* und *F. cerealis* eher kontinental-warme Klimabedingungen und für *F. avenaceum*, *F. culmorum* und *F. tricinctum* kühl gemäßigte Optima beschrieben sind, ließ sich diese Tendenz unabhängig von der Region beobachten.
- Trotz teilweise wechselnder Vorfrüchte blieben die Anteile von *F. avenaceum* und *F. tricinctum* in den Untersuchungsjahren mit 29 - 32 % bzw. 9 - 12 % relativ konstant, während die Anteile der anderen Arten stärker schwankten. *F. avenaceum* trat nach den Vorfrüchten Kartoffeln und Zuckerrüben signifikant häufiger auf als nach Mais. Dagegen erreichten *F. poae* und *F. graminearum* ihre höchsten Anteile von 20% bzw. 36% nach Mais. *F. culmorum* trat anteilmäßig nach Zuckerrüben am häufigsten auf und *F. tricinctum* nach Raps.
- Die Einstufung der Sorten entsprechend ihrer zunehmenden Anfälligkeit gegenüber Ährenfusariosen war signifikant mit der Befallshäufigkeit korreliert. Nur im Jahr 2003 ergab sich für Nordrhein-Westfalen keine Korrelation, auch wenn sich die Zusammensetzung des Artenspektrums nicht von den anderen Jahren unterschied. Eine selektive Wirkung der Sorteneinstufung, aber auch der Sorte selber auf einzelne *Fusarium*-Arten konnte nicht festgestellt werden.
- Kurzstrohige Sorten, wie Biscay oder Maverick, waren im Mittel fast doppelt so hoch befallen wie langstrohige Sorten. So ergab sich für Nordrhein-Westfalen eine negative Korrelation von Pflanzenlänge und Kornbefall, wobei sich das Rheinland und Westfalen trotz unterschiedlichem Befallsdruck und Artenverteilung nicht unterschieden. Die Pflanzenlänge beeinflusste im geringen Maß die Zusammensetzung des Artenspektrums von *Fusarium* spp. an den Körnern. Mit zunehmender Pflanzenlänge nahmen die Anteile der Arten mit großen Makrokonidien wie *F. graminearum*, *F. avenaceum* und *F. cerealis* tendenziell leicht ab, während der Anteil der durch Mikrokonidien auch windbürtig verbreiteten Art *F. poae* zunahm.
- Die intensivere Anbauintensität führte im Allgemeinen gegenüber der Basisvariante zu einer Zunahme der Befallshäufigkeit, wenn auch die Differenzen meist nicht signifikant ausfielen. Nur im Jahr 2001 lagen sowohl im Rheinland als auch in Westfalen signifikante Unterschiede zwischen beiden Anbauintensitäten vor. Zwischen beiden Varianten kam es zu einer Verschiebung innerhalb des Artenspektrums, da im Vergleich zur Basisvariante *F. poae* in der Intensivvariante signifikant häufiger auftrat.



- Die halmverkürzende Wirkung der Wachstumsregler führte mit zunehmender Pflanzenlänge zu einer steigenden Differenz in der Befallshäufigkeit zwischen beiden Varianten, die unter dem hohen Befallsdruck in Westfalen bei den langstrohigsten Sorten signifikant war. Der gleiche Effekt trat auch bei der Resistenzeinstufung auf, wobei resistente Sorten von einem erhöhten Befall betroffen waren, während bei den anfälligen Sorten keine Veränderung zu erkennen war. Somit war der Korrelationskoeffizient für Nordrhein-Westfalen zwischen Resistenzeinstufung und Kornbefall für die Basisvariante fast doppelt so groß wie der für die Intensivvariante.
- Moniliforminbildung *in vitro* konnte für Isolate der Arten *F. graminearum*, *F. culmorum*, *F. poae* und *F. sporotrichoides* nicht nachgewiesen werden. Die meisten Isolate von *F. avenaceum* und *F. tricinatum* waren der Lage Moniliformin *in vitro* zu bilden, wobei die Variabilität der Toxinmengen innerhalb der Arten erheblich war. Im Mittel der gebildeten Moniliforminmengen unterschieden sich beide Arten nur geringfügig.
- Die Belastung der Kornproben mit Moniliformin war trotz der z.T. hohe Befallshäufigkeit mit *F. avenaceum* und *F. tricinatum* eher gering. Im Jahr 2001 wurde in drei von vier Proben Moniliformin nachgewiesen, im kühleren Jahr 2002 nur in zwei von sieben. Im trockenheißen Jahr 2003 wurde in allen neun Proben Moniliformin nachgewiesen und insgesamt auch die höchsten Gehalte mit 100 - 225 ppb gefunden. Daraus ergab sich ein Zusammenhang zwischen der Höhe der Temperatur im Untersuchungsjahr und dem durchschnittlichen Moniliformingehalt.
- Azoxystrobin bzw. Tebuconazol zeigten *in vitro* eine Abhängigkeit ihrer Wirksamkeit von der getesteten Art *Fusarium*-Art. Auf Azoxystrobin reagierten die Isolate von *F. avenaceum* und *F. poae* am empfindlichsten, während *F. tricinatum* und *F. graminearum* in ihrem Wachstum deutlich geringer gehemmt wurden. Signifikant effektiver war der Wirkstoff Tebuconazol, der insbesondere bei *F. culmorum* und *F. poae* schon bei geringen Konzentrationen das Wachstum stark hemmte.
- Subletale Dosen beider Wirkstoffe lösten z.T. eine gesteigerte Bildung von Moniliformin bei *F. avenaceum* und *F. tricinatum* aus. Konzentrationen bis 10 ppm Azoxystrobin im Medium führten bei Isolaten von *F. avenaceum* im Mittel zu einer Verdoppelung des Moniliformingehaltes im Luftmyzel und zu einer Erhöhung der gebildeten Toxinmenge. Im Gegensatz dazu kam es bei Tebuconazol nur zu einer leichten Erhöhung des Moniliformingehaltes im Luftmyzel, so dass aufgrund der starken Hemmung des Wachstums die gebildete Gesamttoxinmenge unter der Menge der unbehandelten Kontrolle lag.

**6. Literaturverzeichnis**

- Abbas HK, Mirocha CJ, Berdal BP, Sundheim L, Gunther R, Johnsen B (1987): Isolation and toxigenicity of *Fusarium* species from various areas of Norway. *Acta Agric. Scand.* **37**(4), 427-435.
- Abbas HK, Mirocha, CJ, Kommedahl T, Vesonder RF & Golinski P (1989a): Production of trichothecene and nontrichothecene mycotoxins by *Fusarium* species isolated from maize in Minnesota. *Mycopathologia* **108**, 55-58
- Abbas HK, Mirocha CJ & Gunther R (1989b): Mycotoxins produced by toxic isolates obtained from agricultural and nonagricultural areas (Arctic) of Norway. *Mycopathologia* **105**: 143-151.
- Abbas HK, Mirocha CJ, Vesonder RF & Gunther R (1990): Acute toxic effects of an isolate of moniliformin-producing *Fusarium oxysporum* and purified moniliformin on rats. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* **19**, 433-436.
- Abildgren MP, Lund F, Thrane U, Elmholt S (1987): Czapek-Dox agar containing iprodione and dicloran as a selective medium for the isolation of *Fusarium* species. *Letters in Applied Microbiology* **5**, 9-15.
- Abramson D, Clear RM, Gaba D, Smith DM, Patrick SK, Saydak D (2001): Trichothecene and moniliformin production by *Fusarium* species from Western Canadian wheat. *Ca. Journal of Food Protection* **64**(8), 1220-1225.
- Abramson D, McCallum B, Smith DM, Tekauz A (2002): Moniliformin in barley inoculated with *Fusarium avenaceum*. *Food Additives and Contaminants* **19**(8), 765-769.
- Adler A, Lew H, Edinger W (1990): Vorkommen und Toxigenität von Fusarien auf Getreide und Mais aus Österreich. *Die Bodenkultur* **41**(2), 145-152.
- Adler A, Lew H, Brodacz W, Edinger W, Oberforster M (1995): Occurrence of moniliformin, deoxynivalenol, and zearalenone in durum wheat (*Triticum durum* Desf.). *Mycotoxin Research* **11**, 9-15.
- Adolf B (1998): Epidemiologie und Nachweis von Getreidefusariosen: Untersuchungen an Weizen und Gerste. Herbert Utz Verlag, Wissenschaft, München.
- Altomare C, Bottalico A, Logrieco A (1989): Some chemotaxonomic features of genus *Fusarium* in relation to mycotoxin production. *Micologia Italiana* **18**, 21-24.
- Andersen A (1948): The development of *Gibberella zeae* head blight of wheat. *Phytopathology* **38**, 595-611.

- Anonym (2000): Beschreibende Sortenliste 2000 - Getreide, Mais, Ölf Früchte, Leguminosen, Hackfrüchte. Herausgegeben vom Bundessortenamt, Landbuch Verlagsgesellschaft mbH, Hannover.
- Anonym (2004): Verordnung zur Veränderung der Mykotoxin-Höchstmengenverordnung und der Diätverordnung. Bundesgesetzblatt 2004, 1(5) 151-152.
- Anonym (2005): Beschreibende Sortenliste 2005 - Getreide, Mais, Ölf Früchte, Leguminosen, Hackfrüchte. Herausgegeben vom Bundessortenamt, Landbuch Verlagsgesellschaft mbH, Hannover.
- Backhouse D, Burgess LW, Summerell BA (2001): Biogeography of *Fusarium*. *Fusarium* - Paul E. Nelson Memorial Symposium, ed. by Summerell BA, Leslie JF, Backhouse D, Bryden WL, Burgess LW. APS Press, St. Paul, Minnesota 2001, 122-137.
- Bai GH, Shaner G (1996): Variation in *Fusarium graminearum* and cultivar resistance to wheat scab. *Plant Disease* **80**(9), 975-979.
- Bai GH, Desjardins AE, Plattner RD (2001): Deoxynivalenol-nonproducing *Fusarium graminearum* Causes Initial Infection, but does not Cause Disease Spread in Wheat Spikes. *Mycopathologia* **153**, 91-98.
- Bartels G, Rodemann B (2003): Strategien zur Vermeidung von Mykotoxinen im Getreide(Prevention strategies of mycotoxins in grain). *Gesunde Pflanzen* 55(5), 125 -
- Beck R, Lepschy J (2000): Ergebnisse aus dem *Fusarium*-Monitoring 1989-1999 – Einfluss der produktionstechnischen Faktoren Fruchtfolge und Bodenbearbeitung. *Bodenkultur und Pflanzenbau* **4**(3), 39-49.
- Bottalico A, Visconti A, Solfrizzo M (1982): Production of moniliformin by *Fusarium* species in Italy. *Phytopath Medit* **21**, 105- 106
- Bottalico A (1998): *Fusarium* diseases of cereals: species complex and related mycotoxin profiles. *J. Plant Pathology* **80**, 85-103.
- Bottalico A, Perrone G (2002): Toxigenic *Fusarium* species and Mykotoxins Associated with Head Blight in Small-Grain Cereals in Europe. *European Journal of Plant Pathology* **108**(7), 611-624.
- Brennan JM, Fagan B, van Maanen A, Cooke BM, Doohan FM (2003): Studies on *in vitro* growth and pathogenicity of European *Fusarium* fungi. *European Journal of Plant Pathology* **109**, 577–587.
- Buerstmayr H, Lemmens M, Grausgruber H, Ruckenbauer P (1996): Scab Resistance of international wheat germplasm. *Cereal Res. Comm.* **24**(2), 195-202.

- Buerstmayr H, Lemmens M, Berlakovich S, Ruckenbauer P (1997): Combining ability of resistance to head blight caused by *Fusarium culmorum* (W.G. Smith) in the F1 of a seven parent diallel of winter wheat (*Triticum aestivum* L.). *Euphytica* **110**(3), 199-206.
- Burmeister HR, Ciegler A, Vesonder RF (1979). Moniliformin. a metabolite of *Fusarium moniliforme* NRRL 6322: Purification and Toxicity. *Appl Environ Microbiol.* 37: 11-13.
- Campbell KAG, Lipps PE (1998): Allocation of resources: sources of variation in *Fusarium* head blight screening nurseries. *Phytopathology* **88**(10), 1078-1086.
- Chelkowski J, Zawadzki M, Zajkowski P, Logrieco A, Bottalico A (1990): Moniliformin production by *Fusarium* species. *Mycotoxin Research* **6**(1), 41-45.
- Clear RM, Abramson D, Gaba D (2000): Trichothecene and moniliformin production by *Fusarium* isolates from western Canadian wheat. Proceedings of the 6<sup>th</sup> European *Fusarium* seminar In: Mitt Biol. Bundesanst Land- Forstwirtsch, Berlin-Dahlem 377, Paul Parey Verlag Berlin.
- Cole RJ, Kirksey JW, Cutler HG, Doupnik BL, Peckham JC (1973): Toxin from *F. moniliforme*: effects on plants and animals. *Science* **179**, 1324-1326
- Cook RJ (1981): *Fusarium* diseases of wheat and other small grains in North America. In: *Fusarium Diseases, Biology and Control*, ed. by Nelson PE, Tousson TA and Cook RJ. Pennsylvania State Univ. Press, University Park, 39-52.
- Cromey MG, Shorter SC, Lauren DR, Sinclair KI (2002): Cultivar and crop management influences on *Fusarium* head blight and mycotoxins in spring wheat. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural science* **30**(4), 301-308.
- D'Mello JP, MacDonald AMC, Postel D, Dijkema WTP, Dujardin A, Placinta CM (1998): Pesticide use and mycotoxin production in *Fusarium* and *Aspergillus* phytopathogens. *European J. of Plant Pathology* **104**(8), 741-751.
- Dalcerio A, Torres A, Etcheverry M, Chulze S, Varsavsky E (1997): Occurrence of Deoxynivalenol and *Fusarium graminearum* in Argentinian wheat. *Food Additives and Contaminants* **14**(1), 11-14.
- Damm U (1998): Pilzbesiedlung von Pflanzen und Boden in zwei unterschiedlich bewirtschafteten Weizenbeständen unter besonderer Berücksichtigung der *Fusarium*-Arten. Diss. Humboldt-Universität Berlin 1998. Verlag für Wissenschaft und Forschung GmbH, Berlin.
- Dardis J, Walsh EJ (2000): Studies on the effectiveness of metconazole in controlling *Fusarium* head blight caused by *Fusarium culmorum* in spring wheat (*Triticum aestivum* L.). *Cereal Res. Comm.* **28**(3), 443-450.

- Desjardins AE, Proctor RH, Bai GH, McCormick SP, Shaner G, Buechley G, Hohn TM (1996): Reduced virulence of trichothecene-nonproducing mutants of *Gibberella zeae* in wheat field tests. *Molecular Plant Microbe Interactions* **9**(9), 775-781.
- Desjardins AE, Plattner RD, Nelson PE (1997): Production of fumonisin B1 and moniliformin by *Giberella fujikuroi* from rice from various geographic areas. *Appl. Environ. Microbiol.* **63**, 1838-1842.
- Desjardins AE, Proctor RH (2001): Biochemistry and Genetics of *Fusarium* Toxins in: *Fusarium* - Paul E. Nelson Memorial Symposium, ed. by Summerell BA, Leslie JF, Backhouse D, Bryden WL, Burgess LW. APS Press, St. Paul, Minnesota 2001, 1-15.
- Deutscher Wetterdienst (2001): Monatlicher Witterungsbericht **44**(5/6). Verlag Deutscher Wetterdienst, Offenbach am Main.
- Deutscher Wetterdienst (2002): Monatlicher Witterungsbericht **45**(5/6). Verlag Deutscher Wetterdienst, Offenbach am Main.
- Deutscher Wetterdienst (2003): Monatlicher Witterungsbericht **46**(5/6). Verlag Deutscher Wetterdienst, Offenbach am Main.
- Diehl T, Fehrmann H (1989): Wheat fusarioses - influence of infection date, tissue injury and aphids on leaf and ear attack. *J. Plant Disease and Protection* **96**(4), 393-407.
- Döll S, Valenta H, Dänicke S, Flachowsky G (2002): *Fusarium* mycotoxins in conventionally and organically grown grain from Thuringia/Germany. *Landbauforschung Völkenrode* **2**(52), 91-96.
- Doohan FM, Brennan J, Cooke BM (2003): Influence of climatic factors on *Fusarium* species pathogenic to cereals. *European Journal of Plant Pathology* **109**: 755–768.
- Edwards SG, Pirgozliey SR, Hare MC, Jenkinson P (2001): Quantification of Trichothecene-Producing *Fusarium* Species in Harvested Grain by Competitive PCR To Determine Efficacies of Fungicides against *Fusarium* Head Blight of Winter Wheat. *Applied and Environmental Microbiology* **67**(4), 1575-1580.
- Ellner, FM (1997): Influence of fungicide treatment on deoxynivalenol content in winter wheat artificially infected with *Fusarium culmorum*. *Cereal Res. Communic.* **25**(3/2), 735-737.
- Ellner FM, Schroer R (2000): Effects of fungicides containing strobilurin on mycotoxin production in wheat. *Mitt Biol Bundesanst Land- Forstwirtsch, Berlin- Dahlem* **377**, Paul Parey Verlag Berlin. 101-102.
- Ellner FM (2000): Occurrence of *Fusarium* toxins in the 1999`s harvest. *Proceedings of the 22rd Mykotoxin-Workshop Bonn 2000, Mycotoxin Research*, **16A**(1), 21-26.

- Ellner FM (2001): *Fusarium* toxins in cereals – results from eight German Federal States in 2000. Proceedings of the 23rd Mykotoxin-Workshop Wien 2001, Mycotoxin Research, **17A**(1), 41-45.
- Eskola M, Parikka P, Rizzo A (2001): Trichothecenes, ochratoxin A and zearalenone contamination and *Fusarium* infection in Finnish cereal samples in 1998. Food Additives and Contaminants **18**(8), 707-718.
- European Commission (1999): Opinion in *Fusarium* toxins, Part 1: Deoxynivalenol (DON). [http://www.europa.eu.int/comm/dg24/health/sc/scf/index\\_en.html](http://www.europa.eu.int/comm/dg24/health/sc/scf/index_en.html).
- Evans CK, Xie W, Dill-Macky R, Mirocha CJ (2000): Biosynthesis of deoxynivalenol in spikelets of barley inoculated with Macroconidia of *Fusarium graminearum*. Plant Disease **84**(6), 654-660.
- Feng QL, Yu WL, Xue YL, Yoshikawa T (2002): *Fusarium* toxins in wheat from an area in Henan Province, PR China, with a previous human red mould intoxication episode. Food Additives and Contaminants **19**(2), 163-167.
- Fernando WGD, Paulitz TC, Seaman WL, Dutilleul P, Miller JD (1997): Head blight gradients caused by *Gibberella zeae* from area sources of inoculum in wheat field plots. Phytopathology **87**(4), 414-421.
- Fischer H (1977): Untersuchungen über Fußkrankheiten an Weizen unter besonderer Berücksichtigung von *Fusarium* spp. - als Fußkrankheitserreger. Diss. Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn 1999.
- Gang G, Miedaner T, Schuhmacher U, Schollenberger M, Geiger HH (1998): Deoxynivalenol Production by *Fusarium culmorum* Isolates Differing in Aggressiveness Toward Winter Rye. Phytopathology **88**(9), 879-884.
- Gareis M, Ceynowa J (1994): Einfluss des Funizids Matador (Tebuconazol/Triadimenol) auf die Mykotoxinbildung durch *Fusarium culmorum*. Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und -Forschung **198**, 244-248.
- Gareis M (1999): Mykotoxine und Schimmelpilze. Forschungsreport Ernährung-Landwirtschaft-Forsten **20**, 4-5.
- Golinski P, Kostecki M, Lasocka I, Wisniewska H, Chelkowski J & Kaczmarek Z (1996a): Moniliformin accumulation and other effects of *Fusarium avenaceum* (Fr.) Sacc. on Kernels of winter wheat cultivars. J. Phytopathology **144**, 495-499.
- Golinski P, Perkowski J, Kosteki M, Grabarkiewicz-Szezesna J & Chelkowski J (1996b): *Fusarium* species and *Fusarium* toxins in wheat in Poland – a comparison with neighbour countries. Sydowia **48**, 12- 22.

- Golinski P, Kiekana I, Kaczmarek Z, Kostecki M, Kaptur P, Wisniewska H & Chelkowski J (1999): Scab response of selected winter wheat cultivars after inoculation with *Fusarium avenaceum* (Fr.) Sacc. J. Phytopathology **147**, 717-723.
- Grabarkiewicz-Szczesna J, Kostecki M, Golinski P, Kiekana I (2001): Fusariotoxins in kernels of winter wheat cultivars field samples collected during 1993 in Poland. Nahrung/Food **1**, 28-30.
- Hall R, Sutton JC (1998): Relation of weather, crop, and soil variables to the prevalence, incidence, and severity of basal infections of winter wheat in Ontario. Canadian J. Plant Pathology **20**(1), 69-80.
- Harvey RB, Kubena LF, Rottinghaus GE, Turk JR, Buckley SA (1997a): Effects of fumonisin and moniliformin from culture materials to growing swine. Cer. Res. Communic. **25**, 415-417.
- Henriksen B, Elen O. (2005): Natural Fusarium Grain Infection Level in Wheat, Barley and Oat after Early Application of Fungicides and Herbicides. Journal of Phytopathology **153**(4), 214 – .
- Hörberg (2002): Patterns of splash dispersed conidia of *Fusarium poae* and *Fusarium culmorum*. European Journal of Plant Pathology **108**, 73–80.
- Ioos R, Belhadj A, Menez M (2004): Occurrence and distribution of *Microdochium nivale* and *Fusarium* species isolated from barley, durum and soft wheat grains in France from 2000 to 2002. Mycopathologia **158**, 351–362.
- Javed T, Bennett GA, Richard JL, Dombrink-Kurtzman MA, Cote LM, Buck WB (1993): Mortality in broiler chicks on feed amended with *Fusarium proliferatum* culture material or with purified fumonisin B1 and moniliformin. Mycopathologia **123**, 171-184.
- Javed T, Bunte RM, Dombrink-Kurtzman MA, Richard JL, Bennett GA, Cote LM, Buck WB (2005): Comparative pathologic changes in broiler chicks on feed amended with *Fusarium proliferatum* culture material or purified fumonisin B1 and moniliformin. Mycopathologia **159**: 553–564.
- Jenkinson P, Parry DW (1994): Splash dispersal of conidia of *Fusarium culmorum* and *Fusarium avenaceum*. Mycological Research **98**(5), 506-510.
- Jestoi M, Rokka M, Yli-Mattila T, Parikka P, Rizzo A, Peltonen K (2004): Presence and concentrations of the *Fusarium*-related mycotoxins beauvericin, enniatins and moniliformin in Finnish grain samples. Food Additives and Contaminants, Vol. **21**(8), 794–802.

- Jones RK (2000): Assessments of *Fusarium* head blight of wheat and barley in response to fungicide treatment. *Plant Disease* **84**(9), 1021-1030.
- Jørgensen LN (2001): Control of *Fusarium* ear blight in winter wheat. Proceedings of the 17th Danish Plant Protection Conference II, DJF-rapport **24**, 197-210.
- Kang Z, Buchenauer H (1999): Immunocytochemical localization of *Fusarium* toxins in infected wheat spikes by *Fusarium culmorum*. *Physiological and Molecular Plant Pathology* **55**, 275-288.
- Kang Z, Huang L, Krieg U, Mauler-Machnik A, Buchenauer H (2001): Effects of tebuconazole on morphology, structure, cell wall components and trichothecene production of *Fusarium culmorum* *in vitro*. *Pest Management Science* **57**(6), 491-500.
- Kommedahl T, Abbas HK, Burnes PM, Mirocha CJ (1988): Prevalence and cytotoxicity of *Fusarium* species from soils of Norway near the Arctic circle. *Mycologia* **80**(6), 790-794.
- Kononenko GP, Soboleva NA, Leonov AN(1996): The Intensity of moniliformin biosynthesis in *Fusarium avenaceum* and *Fusarium moniliforme* isolates. *Appl. Biochem. Microbiol.* **32**, 304-307.
- Kriek NPJ, Marasas WFO, Steyn PS, van Rensburg SJ, Steyn M (1977): Toxicity of a moniliformin-producing strain of *Fusarium moniliforme* var. *subglutinans* isolated from maize. *Fd. Cosmet. Toxicol.* **15**, 579-587.
- Langevin F, Eudes F, Comeau A (2004): Effect of trichothecenes produced by *Fusarium graminearum* during *Fusarium* head blight development in six cereal species. *European Journal of Plant Pathology* **110**, 735–746.
- Langseth W, Hoie R, Gullord M (1995): The influence of cultivars, location and climate on deoxynivalenol contamination in Norwegian oats 1985-1990. *Acta Agric. Scand. Section B, Soil and Plant Science* **45**(1), 63-67.
- Langseth W, Kosiak B, Clasen PE, Torp M, Gareis M (1997): Toxicity and occurrence of *Fusarium* species and mycotoxins in late harvested and overwintered grain from Norway, 1993. *J. Phytopathology* **145**, 409-416.
- Langseth W, Bernhoft A, Rundberget T, Kosiak B and Gareis M (1999): Mycotoxin production and cytotoxicity of *Fusarium* strains isolated from Norwegian cereals. *Mycopathologia* **144**(2), 103-113.
- Lemmens M, Haim K, Lew H, Ruckenbauer P (2004a): The Effect of Nitrogen Fertilization on *Fusarium* Head Blight Development and Deoxynivalenol Contamination in Wheat. *Journal of Phytopathology* **152**(1) 1- .



- Lemmens M, Buerstmayr H, Krska R, Schuhmacher R, Grausgruber H, Ruckenbauer P (2004b): The effect of inoculation treatment and long-term application of moisture on *Fusarium* head blight symptoms and deoxynivalenol contamination in wheat grains. *European Journal of Plant Pathology* **110**, 299–308.
- Lepschy J (1992): Fusarientoxine in Getreide - ihre Entstehung und Vorbeugungsmaßnahmen. *Gesunde Pflanze* **44**(2), 35-39.
- Lew H, Chelkowski J, Wakulinski W, Edinger W (1993): Moniliformin in wheat and triticale grain. *Mycotoxin Res.* **9**, 66- 71.
- Lew H (1994): Zur Taxonomie, Häufigkeitsverteilung und Toxigenität der Getreidefusarien. In: *Mykotoxine in der Nahrungskette*, Selbstverlag, Stuttgart-Hohenheim, Germany, 77-80.
- Lew H, Adler A, Edinger W, Brodacz W, Kiendler E, Hinterholzer J (2002): *Fusarium* species and their toxins in Austrian maize. *Bodenkultur* **52**(3), 199-207.
- Lienemann K (2002): Auftreten von *Fusarium*-Arten an Winterweizen im Rheinland und Möglichkeiten der Befallskontrolle unter besonderer Berücksichtigung der Weizensorte. Diss. Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn 2002.
- Logrieco A, Bottalico A, Ricci V (1990): Occurrence of *Fusarium* species and their mycotoxins in cereal grains from some Mediterranean countries. *Phytopath Medit* **29**, 81-89.
- Logrieco A, Bottalico A, Mulè G, Moretti A, Perrone G (2003): Epidemiology of toxigenic fungi and their associated mycotoxins for some Mediterranean crops. *European Journal of Plant Pathology* **109**, 645–667.
- Magan N, Hope R, Colleate A, Baxter ES (2002): Relationship between growth and mycotoxin production by *Fusarium* species, biocides and environment. *European Journal of Plant Pathology* **108**, 685-690.
- Manka M, Visconti A, Chelkowski J, Bottalico A (1985): Pathogenicity of *Fusarium* isolates from wheat, rye and triticale toward seedlings and their ability to produce trichothecenes and zearalenone. *Phytopath. Zeitung* **113**(1), 24-29.
- Marasas WFO, Leistner L, Hofmann G, Eckhardt C (1979) Occurrence of toxigenic strains of *Fusarium* in maize and barley in Germany. *Europ J Appl Microbiol Biotechnol* **7**, 289-305.
- Marasas WFO, Nelson PE, Toussoun TA (1984): *Toxigenic Fusarium species identity and mycotoxicology*. Pennsylvania State University Press, University Park, 216-252.
- Marasas WFO, Thiel PG, Rabie CJ (1986): Moniliformin production in *Fusarium* section *Liseola*. *Mycologia* **78**, 242-247.

- Matthiasch G, Spott HJ, Weber R (1999): Fumonisine in Lebensmitteln des deutschen Marktes. Bundesgesundheitsbl.-Gesundheitsforsch.-Gesundheitsschutz **42**, 161-164.
- Matthies A, Buchenauer H (1995): Investigations on the action of different active ingredients on the biosynthesis of mycotoxins in *Fusarium culmorum* and *Fusarium graminearum*. In: Lyr, H., Russell, P.E. & Sisler, H.D. (Hrsg.) Modern fungicides and antifungal compounds, 11st International Symposium. Intercept, Andover, Großbritannien.
- Matthies A, Flatter A, Semar M, Bleiholder H, Oppitz K (2000a): *Fusarium* in wheat: importance and toxin production in the field - possibilities and limits of fungicide treatments. Proceedings of the 22rd Mykotoxin-Workshop Bonn 2000, Mycotoxin Research **16A**(1), 6-10.
- Matthies A, Menck BH, Bleiholder H (2000b): A comparative study into the effects of strobilurin containing and azole fungicides on the content of deoxynivalenol (DON) in wheat samples of 1999-initial results-. Gesunde Pflanzen **52**. 26-32.
- Mauler-Machnik A, Zahn K (1994): Ährenfusariosen an Weizen - neue Erkenntnisse zur Epidemiologie und zur Bekämpfung mit Folicur (Tebuconazol). Pflanzenschutz Nachrichten Bayer **47**(2), 133-160.
- Mauler-Machnik A, Suty A (1997): New findings on the epidemiology, importance and control of *Fusarium* ear blight on wheat. Fifth European *Fusarium* Seminar, Szeged, Hungary, **25**(3/2), 707-709.
- McMullen M, Jones R, Gallenberg D (1997): Scab of wheat and barley: A re-emerging disease of devastating impact. Plant Disease **81**(12), 1340-1348.
- 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. Proceedings of the 22rd Mykotoxin- Workshop Bonn 2000, Mycotoxin Research, **16A**(1), 12-15.
- Meier A, Birzele B, Oerke EC, Steiner U, Krämer J, Dehne HW (2001): Significance of different inoculum sources for the *Fusarium* infection of wheat ears. Proceedings of the 23rd Mykotoxin-Workshop Wien 2001, Mycotoxin Research, **17A**(1), 71-75.
- Meier A (2003): Zur Bedeutung von Umweltbedingungen und pflanzenbaulichen Maßnahmen auf den Fusarium-Befall und die Mykotoxinbelastung von Weizen. Diss. Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn 2003.
- Mentewab A, Rezanoor HN, Gosman N, Worland AJ, Nicholson P (2000): Chromosomal location of *Fusarium* head blight resistance genes and analysis of the relationship between resistance to head blight and brown foot rot. Plant Breeding **119**(1), 15-20.

- Mesterházy Á (1987): Selection of head blight resistant wheats through improved seedling resistance. *Plant Breeding* **98**(1), 25-36.
- Mesterházy Á (1995): Types and components of resistance to *Fusarium* head blight of wheat. *Plant Breeding* **114**(5), 377-386.
- Mesterházy Á, Bartok T (1996): Control of *Fusarium* head blight of wheat by fungicides and its effect on the toxin contamination of the grains. *Pflanzenschutz Nachrichten Bayer* **49**: 187-206.
- Mesterházy Á (2002): Role of deoxynivalenol in aggressiveness of *Fusarium graminearum* and *F. culmorum* and in resistance to *Fusarium* head blight. *European Journal of Plant Pathology* **108**, 675-684.
- Mielke H, Meyer D (1990): Neuere Untersuchungen zur Bekämpfung der Auswirkungen des Fungizideinsatzes auf Ertragsleistung und Backqualität beim Weizen. *Nachrichtenbl. Dtsch. Pflanzenschutzdienst* **42**(11), 161-170.
- Mielke H, Weinert J (1996): Untersuchungen zur Wirkung verschiedener Fungizide gegenüber dem Erreger der Partiellen Taubährigkeit (*Fusarium culmorum* (W.G.Sm.) Sacc.). *Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd.* **48**, 93-95.
- Miller JD, Young JC, Sampson DR (1985): Deoxynivalenol and *Fusarium* head blight resistance in spring cereals. *Phytopathologische Zeitschrift* **113**(4), 359-367.
- Miller JD, Greenhalgh R, Wang YZ, Lu M (1991): Trichothecene chemotypes of 3 *Fusarium* species. *Mycologia* **83**, 121-130.
- Miller JD, Ewen MA (1997): Toxic effects of deoxynivalenol on ribosomes and tissues of the spring wheat cultivar Frontana and Casavant. *Natural Toxins* **5**, 234-237.
- Mirocha CJ, Pathre SV, Christensen CM (1977): Zearalenone. In: *Mycotoxins in human and animal health*, ed. by Rodricks-JV, Hesseltine-CW and Mehlman-AM. Pathotox Publishers Inc., Park Forest South, Ill.
- Morgan MK, Fitzgerald SD, Rottinghaus GE, Bursian SJ, Aulerich RJ (1999): Toxic effects to mink of moniliformin extracted from *Fusarium fujikuroi* culture material. *Vet. Human Toxicol.* **41**, 1-5.
- Morrison E, Kosiak B, Ritieni A, Aastveit A, Uhlig S, Bernhoft A (2002): Mycotoxin Production by *Fusarium avenaceum* Isolated from Norwegian Grain and the Cytotoxicity of Rice Culture Extracts to Porcine Kidney Epithelial Cells. *J. Agric. Food Chem.* **50**, 3070-3075.
- Müller HM, Reiman J, Schumacher U, Schwadorf K (1997): *Fusarium* toxins in wheat harvested during six years in an area of southwest Germany. *Natural Toxins* **5**(1), 24-30.

- Müller HM, Reiman J, Schumacher U, Schwadorf K (1998): Natural occurrence of *Fusarium* toxins in oats harvested during five years in an area of southwest Germany. *Food Additives and Contaminants* **15**(7), 801-806.
- Muthomi JW (2001): Comparative studies on virulence, genetic variability and mycotoxin production among isolates of *Fusarium* species infecting wheat. Ph.D. thesis. University of Nairobi, Kenya 2001.
- Nelson PE, Poussoun TA, Marasas WFO (1983): *Fusarium* species: An illustrated manual for identification. Pennsylvania State University Press. University Park, London.
- Nielsen GH, Jørgensen LN (2001): Which factors influence the content of toxins from *Fusarium* species in wheat? Proceedings of the 17th Danish Plant Protection Conference II, DJF-rapport **40**, 131-148.
- Nirenberg HI (1976): Untersuchungen über die morphologische und biologische Differenzierung in der *Fusarium*-Sektion *Liseola*. Mitt. der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Berlin-Dahlem **169**, 1-117.
- Nirenberg HI, Schmitz-Elsherif H, Kling CI (1994): Auftreten von Fusarien und Schwärzepilzen an Durumweizen in Deutschland. - I. Befall mit *Fusarium*-Arten. Z. Pfl. Krankh. Pfl. Schutz **101**(5), 449-459.
- Norred WP, Bacon CW, Porter JK, Voss KA (1990): Inhibition of protein synthesis in rat primary hepatocytes by extracts of *Fusarium moniliforme*-contaminated corn. *Fd. Chem. Toxic.* **28**, 89-94.
- Obst A, Obst L, Streckert G (1990): Natürliche Gifte im Getreide - eine Gefahr für unsere Lebensmittel? Fördergemeinschaft Integrierter Pflanzenbau **6**, Bonn.
- Obst, A., Lepschy J, Huber G (1992): Zur gezielten Bekämpfung der Ährenfusarien bei Weizen – Beobachtungen und Versuchsergebnisse aus Bayern. *Gesunde Pflanzen* **44**: 40-47.
- Obst A (1994): Untersuchungen zur Epidemiologie und Bekämpfung des Ährenparasiten *Fusarium graminearum* an Weizen. Mitt. der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Berlin-Dahlem **301**, 73.
- Obst A, Lepschy J, Beck R (1997): Ährenfusariosen nicht unterschätzen! *Top agrar* **5**, 48-54.
- Obst A, Bechtel A (2000): Witterungsvoraussetzungen für den Ährenbefall des Weizens mit *Fusarium graminearum*. *Bodenkultur und Pflanzenbau* **4**(3), 81-88.
- Obst A, Fuchs H (2000): Der *Fusarium*-Besatz bei Winter- und Sommergetreide – Untersuchungsergebnisse von Saatgetreidestichproben aus Bayern 1987-1999. *Bodenkultur und Pflanzenbau* **4**(3), 21-26.

- Obst A, Obst L, Streckert G (2000): Zusammenfassende Bewertung der Ergebnisse des LBP-Forschungsverbundes *Fusarium*. *Bodenkultur und Pflanzenbau* **4**(3), 105-107.
- Packa D (1998): Potential genotoxicity of *Fusarium* mycotoxins in *Vicia* and *Pisum* cytogenic tests. *J. Appl. Genet.* **39**, 171- 192.
- Parry DW (1990): The incidence of *Fusarium* spp. In stem bases of elected crops of winter wheat in the Midlands, UK. *Plant Pathology*, **39**(4), 619-622.
- Parry DW, Jenkinson P, McLeod L (1995): *Fusarium* ear blight (scab) in small grain cereals - A review. *Plant Pathology* **44**(2), 207-238.
- Perkowski J, Basinski T (2002): Natural Contamination of oat with group A trichothecene mycotoxins in Poland. *Food Additives and Contaminants* **19**(5), 478-482.
- Pestka JJ, Bondy GS (1994): Immunotoxic effect of mykotoxins. In: *Mycotoxins in grain. Compounds other than aflatoxin*, ed. by Miller JD and Trenholm HL. Eagan Press, St. Paul, Minnesota, 339-358.
- Pirgozliev SR, Edwards SG, Hare MC, Jenkinson P (2002): Effect of dose rate of azoxystrobin and metconazole on the development of *Fusarium* head blight and the accumulation of deoxynivalenol (DON) in wheat grain. *European Journal of Plant Pathology* **108**, 469-478.
- Pirgozliev SR, Edwards SG, Hare MC, Jenkinson P (2003): Strategies for the control of *Fusarium* head blight in cereals. *European Journal of Plant Pathology* **109**, 731–742.
- Placinta CM, MacDonald AMC, D’Mello JPF, Harling R (1996): The influence of carbendazim on mycotoxin production in *Fusarium sporotrichioides*. In: Brighton Crop Protection Conference- Pests & Diseases. Brighton, UK, 18.-21. Nov. 1996. 415-416.
- Polley RW, Turner JA, Cockerell V, Robb J, Scudamore KA, Sanders MF, Magan N (1991): Survey of *Fusarium* species infecting winter wheat in England, Wales and Scotland, 1989-1990. Home Grown Cereals Authority Project Report **39**, in: Home Grown Cereals. Authority Publication, London.
- Pritsch C, Muehlbauer GJ, Bushnell WR, Somers DA, Vance CP (2000): Fungal Development and induction of defense response genes during early infection of wheat spikes by *Fusarium graminearum*. *Molecular Plant-Microbe Interactions* **13**(2), 159-169.
- Rabie CJ, Marasas WFO, Thiel PG, Lübben A, Vleggaar R (1982): Moniliformin production and toxicity of different *Fusarium* species from southern Africa. *Appl. Environ. Microbiol.* **43**: 517-521.
- Rintelen J (1967): Die Häufigkeit von Fusarien in Ackerböden mit Mais-starken und Maisarmen Fruchtfolgen. Bayer. Landw. Jahrbuch **62**, 1019-1024.

- Rintelen J (1995): Zum Infektionszeitpunkt von Fusarien an Weizenkörnern. *Gesunde Pflanze* **47**(8), 315-317.
- Rodemann B (1999): Mykotoxine im Getreide. Forschungsreport Ernährung-Landwirtschaft-Forsten 2/1999: 6-9.
- Rodemann B, Mielke H, Bartels G (2001): Einfluss der Sortenwahl auf den Befall mit Ährenfusariosen. *GetreideMagazin* **3**, 152-155.
- Rodemann B (2004): Ährenfusarium- Biologie, Epidemiologie und Sortenleistung. *GetreideMagazin* **4**, 203-207.
- Rossi V, Patteri E, Languasco L, Giosuè S (2000): Dispersal of *Fusarium* species causing head blight of wheat under field conditions. *Mitt. der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Berlin-Dahlem* **377**, 45-46.
- Roth L, Frank H, Kormann K (1990): Giftpilze - Pilzgifte. Ecomed Verlagsgesellschaft mbH, Landberg/Lech.
- Samuels GJ, Nirenberg HI, Seifert KA (2001): Perithecial species of *Fusarium*. *Fusarium - Paul E. Nelson Memorial Symposium*, ed. by Summerell BA, Leslie JF, Backhouse D, Bryden WL, Burgess LW. APS Press, St. Paul, Minnesota 2001, 1-15.
- Schepers HTAM (2001): Vorkommen und Bedeutung der Ährenfusariose in den Niederlanden. *Pflanzenschutz Kurier Bayer* **2**/2001, 9-11.
- Schilling AG, Miedaner T and Geiger HH (1997): Molecular variation and genetic structure in field populations of *Fusarium* species causing head blight in wheat. *Cereal Res. Comm.* **25**, 549-554.
- Schütt F (2001): Moniliforminbildung von *Fusarium*-Arten unter definierten Bedingungen. Diss. Technische Universität Berlin 2001.
- Schütze A (1999): Auftreten und biologische Charakterisierung von *Fusarium*-Arten im Weizenbau. Diss. Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn 1999.
- Scott PM, Lawrence GA (1987) Liquid chromatographic determination and stability of the *Fusarium* mycotoxin moniliformin in cereal grains. *J Assoc Off Anal Chem* **70**, 850-853.
- Shah D A, Pucci N, Infantino A (2005): Regional and varietal differences in the risk of wheat seed infection by fungal species associated with fusarium head blight in Italy. *European Journal of Plant Pathology* **112**, 13–21.
- Sharman M, Gilbert J, Chelkowski J (1991): A survey of the occurrence of the mycotoxin moniliformin in cereal samples from sources worldwide. *Fd Add Contam* **8**, 459- 466.

- Simpson DR, Weston GE, Turner JA, Jennings P, Nicholson P (2001): Differential control of head blight pathogens of wheat by fungicides and consequences for mycotoxin contamination of grain. *European Journal of Plant Pathology* **107**, 421-431.
- Snijders CHA (1990): Genetic variation for resistance to *Fusarium* head blight in bread wheat. *Euphytica* **50**, 171-179.
- Snijders CHA, Perkowski J (1990): Effect of head blight caused by *Fusarium culmorum* on toxin content and weight of wheat kernels. *Phytopathology* **80**(6), 566-570.
- Snijders CHA, Krechting CH (1992): Inhibition of deoxynivalenol translocation and fungal colonization in *Fusarium* head blight resistant wheat. *Canadian J. Botany* **70**(8), 1570-1576.
- Snijders CHA (1994): Breeding for resistance to *Fusarium* in wheat and maize. In: *Mycotoxins in grain: compounds other than aflatoxin*, ed. by Miller JD and Trenholm HL. Eagan Press, St. Paul, Minnesota, 37-58.
- Springer JP, Clardy J, Cole RJ, Kirksey JW, Hill RK, Carlson RM, Isidor JL (1974): Structure and synthesis of moniliformin a novel cyclobutane microbial toxin. *J. Americ. Chem. Soc.* **96**: 2267-2268.
- Stack RW, Horst RK and Langhans RW (1986): Effects of nitrogen and potassium fertilization on infection of florists carnations by *Gibberella zeae*. *Plant Disease* **70**(1), 29-31.
- Steinbrenner K (1996): Über die Wirkung ackerbaulicher Maßnahmen auf das Bodenleben. *Habilitationsschrift der Landw.-Gärtn. Fakultät der Humboldt-Univ. Berlin* 1996.
- Sturz AV, Johnson HW (1983): Early colonisation of wheat and barley by *Fusarium poae*. *J. Plant Pathology* **5**, 30-34.
- Tanaka T, Hasegawa A, Yamamoto S, Lee US, Sugiura Y, Ueno Y (1988): Worldwide contamination of cereals by the *Fusarium* mycotoxins nivalenol, deoxynivalenol, and zearalenone. I. Survey of 19 countries. *J. Agric. Fd. Chem.* **36**: 979-983.
- Thrane U (1988): Screening for fusarin C production by European isolates of *Fusarium* species. *Mycotoxin Research* **4**(1), 2-10.
- Thrane U (1989): *Fusarium* species and their specific profiles of secondary metabolites. In: Chelkowski, J. (Hrsg.) *Fusarium. Mycotoxins, Taxonomy and Pathogenicity*. Elsevier, Amsterdam, 199-225.

- Thrane U, Seifert KA, Bissett J, Blackwell BA, Lois-Seize G, Nikiforuk JH, Savard ME, McDonald J, Wong E (2000): A multidisciplinary taxonomic study of *F. avenaceum*, *F. tricinctum* and *F. stilboides*. Mitt Biol Bundesanst Land- Forstwirtsch, Berlin-Dahlem **377**, Paul Parey Verlag Berlin. 21.
- Thrane U (2000): Mykotxin producing *Fusarium* species occurring in Danish cereals. Proceedings of the 17th Danish Plant Protection Conference II, DJF-rapport **24**, 165-169.
- Thrane U (2001): *Fusarium* species and their mycotoxin: *Fusarium* - Paul E. Nelson Memorial Symposium, ed. by Summerell BA, Leslie JF, Backhouse D, Bryden WL, Burgess LW. APS Press, St. Paul, Minnesota 2001.
- Tomczak M, Wisniewska H, Stcepien L, KostECKI M, Chelkowski J, Golinski P (2002): Deoxynivalenol, nivalenol and moniliformin in wheat samples with head blight (scab) in Poland (1998-2000). European Journal of Plant Pathology **108**(7), 625-630.
- Torp M, Langseth W (2000): Production of T-2 toxin by a *Fusarium* resembling *Fusarium poae*. Mycopathology **147**(2), 89-96.
- Ueno Y (1985): The toxicology of mycotoxins. Critical Reviews in Toxicology **14**(2), 99-132.
- Uhlig S, Torp M, Jarp J, Parich A, Gutleb AC, Krska R (2004): Moniliformin in Norwegian grain. Food Additives and Contaminants, **21**(6), 598-606.
- Van Ginkel M, Van der Schaar W, Zhuping Y, Rajaram S (1996): Inheritance of resistance to scab in two wheat cultivars from Brazil and China. Plant Disease **80**(8), 863-867.
- Vesonder RF, Gasdorf H, Peterson RE (1993): Comparison of the cytotoxicities of *Fusarium* metabolites and *Alternaria* metabolite AAL-Toxin to cultured mammalian cell lines. Arch. Environ. Contam. Toxicol. **24**, 473-477.
- Waalwijk C, Kastelein P, de Vries I, Kerényi Z, van der Lee T, Hesselink T, Köhl J, Kema G (2003): Major changes in *Fusarium* spp. in wheat in the Netherlands. European Journal of Plant Pathology **109**, 743-754.
- Wong PTW, Meat JA, Croft MC (2002): Effect of temperature, moisture, soil type and *Trichoderma* species on the survival of *Fusarium pseudograminearum* in wheat straw. Australasian Plant Pathology **31**(3), 253-257.
- Wosnitza A (2000): Verbesserung der *Fusarium*-Resistenzbewertung bei Weizen. Bodenkultur und Pflanzenbau **4**(3), 59-75.



- Xu XM, Parry DW, Nicholson P, Thomsett MA, Simpson D, Edwards SG, Cooke BM, Doohan FM, Brennan JM, Moretti A, Tocco G, Mule G, Hornok L, Giczey G, Tatnell J (2005): Predominance and association of pathogenic fungi causing *Fusarium* ear blight in wheat in four European countries. *European Journal of Plant Pathology* **112**, 143–154.
- Yli-Mattila T, Paavanen-Huhtala SM, Bulat SA, Alekhina IA, Nirenberg HI (2000): Molecular and phylogenetic analysis of the *Fusarium avenaceum* / *F. arthrosporioides* / *F. tricinctum* species complex. *Mitt. der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Berlin-Dahlem* **377**, 20.
- Yli-Mattila T, Paavanen-Huhtala S, Parikka P, Konstantinova P, Gagkaeva TY (2004): Molecular and morphological diversity of *Fusarium* species in Finland and northwestern Russia. *European Journal of Plant Pathology* **110**, 573–585.
- Yu SR, Liu XJ, Wang YH, Liu J (1995): A survey of moniliformin contamination in rice and corn from Keshan disease and non-Keshan disease areas in China. *Biomed. Environ. Sciences* **8**, 330-334.

## 6. Anhang

### 6.1 Korrelation des Auftretens verschiedener *Fusarium*-Arten

Tab. 6.1.1: Korrelation zwischen dem Kornbefall durch verschiedene *Fusarium* spp. in Ascheberg

	<i>F. culmorum</i>	<i>F. graminearum</i>	<i>F. poae</i>	<i>F. tricinctum</i>	<i>F. cerealis</i>
<i>F. graminearum</i>	,231*	,396**	,189	,359**	,360**
<i>F. culmorum</i>		,318**	,285**	,573**	,177
<i>F. avenaceum</i>			,622**	,517**	,317**
<i>F. poae</i>				,582**	,528**
<i>F. tricinctum</i>					,381**
N	84	84	84	84	84

(Pearson, zweiseitig: \* signifikant, p=0.05; \*\* p=0.01)

Tab. 6.1.2: Korrelation zwischen dem Kornbefall durch verschiedene *Fusarium* spp. in Haus Düsse

	<i>F. culmorum</i>	<i>F. avenaceum</i>	<i>F. poae</i>	<i>F. tricinctum</i>	<i>F. cerealis</i>
<i>F. graminearum</i>	,458**	,630**	,227	,480**	,376**
<i>F. culmorum</i>		,405**	,018	-,037	,125
<i>F. avenaceum</i>			,094	,303*	,058
<i>F. poae</i>				,275*	,314*
<i>F. tricinctum</i>					,613**
N	62	62	62	62	62

(Pearson, zweiseitig: \* signifikant, p=0.05; \*\* p=0.01)

Tab. 6.1.3: Korrelation zwischen dem Kornbefall durch verschiedene *Fusarium* spp. in Lage-Ohrsen

	<i>F. culmorum</i>	<i>F. avenaceum</i>	<i>F. poae</i>	<i>F. tricinctum</i>	<i>F. cerealis</i>
<i>F. graminearum</i>	,462**	,623**	,099	,264*	,551**
<i>F. culmorum</i>		,562**	-,011	,289**	,720**
<i>F. avenaceum</i>			,128	,449**	,681**
<i>F. poae</i>				,126	,012
<i>F. tricinctum</i>					,348**
N	84	84	84	84	84

(Pearson, zweiseitig: \* signifikant, p=0.05; \*\* p=0.01)

Tab. 6.1.4: Korrelation zwischen dem Kornbefall durch verschiedene *Fusarium* spp. in Kerpen-Buir

	<i>F. culmorum</i>	<i>F. avenaceum</i>	<i>F. poae</i>	<i>F. tricinctum</i>	<i>F. cerealis</i>
<i>F. graminearum</i>	,631**	,606**	,419**	,152	,040
<i>F. culmorum</i>		,756**	,461**	,180	,142
<i>F. avenaceum</i>			,536**	,195	,086
<i>F. poae</i>				,349**	-,131
<i>F. tricinctum</i>					,005
N	84	84	84	84	84

(Pearson, zweiseitig: \* signifikant, p=0.05; \*\* p=0.01)

Tab. 6.1.5: Korrelation zwischen dem Kornbefall durch verschiedene *Fusarium* spp. in Neukirchen-Vluyn

	<i>F. culmorum</i>	<i>F. avenaceum</i>	<i>F. poae</i>	<i>F. tricinctum</i>	<i>F. cerealis</i>
<i>F. graminearum</i>	,426**	,259*	,538**	,320**	,632**
<i>F. culmorum</i>		,412**	,455**	,326**	,365**
<i>F. avenaceum</i>			,513**	,595**	,193
<i>F. poae</i>				,654**	,170
<i>F. tricinctum</i>					,108
N	168	168	168	168	168

(Pearson, zweiseitig: \* signifikant, p=0.05; \*\* p=0.01)

Tab. 6.1.6: Korrelation zwischen dem Kornbefall durch verschiedene *Fusarium* spp. in NRW

	<i>F. culmorum</i>	<i>F. avenaceum</i>	<i>F. poae</i>	<i>F. tricinctum</i>	<i>F. cerealis</i>
<i>F. graminearum</i>	0.534**	0.653**	0.208**	0.283**	0.397**
<i>F. culmorum</i>		0.464**	0.093	0.159**	0.214**
<i>F. avenaceum</i>			0.394**	0.403**	0.166**
<i>F. poae</i>				0.565**	0.139**
<i>F. tricinctum</i>					0.188**
N	398	398	398	398	398

(Pearson, zweiseitig: \* signifikant, p=0.05; \*\* p=0.01)

## 6.2 Einfluss der Sortenresistenz auf den Befall

Tab. 6.2.1: Korrelation zwischen Sorteneinstufung und Kornbefall von Winterweizen in Westfalen

Jahr	Ascheberg		Haus Düsse		Lage-Ohrsen		Westfalen	
2001	0,33*	(n=28)	0,31	(n=20)	0,20	(n=28)	0,27**	(n=76)
2002	0,35*	(n=28)	0,42*	(n=28)	0,54**	(n=28)	0,40**	(n=84)
2003	0,02	(n=28)	- 0,16	(n=14)	0,47**	(n=28)	0,19	(n=70)
`01-`03	0,21*	(n=84)	0,27*	(n=62)	0,35**	(n=84)	0,27**	(n=230)

(Pearson, zweiseitig: \* signifikant,  $p=0.05$ ; \*\*  $p=0.01$ )

Tab. 6.2.2: Korrelation zwischen Sorteneinstufung und Kornbefall von Winterweizen im Rheinland

Jahr	Nk.-Vluyn		Kerpen-Buir		Rheinland	
2001	0,31	(n=28)	0,49**	(n=28)	0,40**	(n=56)
2002	0,44**	(n=28)	0,30	(n=28)	0,37**	(n=56)
2003	0,19	(n=28)	- 0,30	(n=28)	- 0,06	(n=56)
`01-`03	0,31**	(n=84)	0,22*	(n=42)	0,26**	(n=168)

(Pearson, zweiseitig: \* signifikant,  $p=0.05$ ; \*\*  $p=0.01$ )

## 6.3 Einfluss der Sorte auf die Artenzusammensetzung

Tab. 6.3.1: Durchschnittlicher Kornbefall der Winterweizensorte Drifter mit *Fusarium* spp. in NRW

Jahr	Gesamt- befall	<i>F.</i> <i>graminearum</i>	<i>F.</i> <i>culmorum</i>	<i>F.</i> <i>avenaceum</i>	<i>F.</i> <i>poae</i>	<i>F.</i> <i>tricinctum</i>	<i>F.</i> <i>cerealis</i>	
2001	Drifter	9,4	1,3	1,7	2,5	2,7	0,9	0,1
	alle	9,9	1,5	1,0	3,2	3,0	0,8	0,1
2002	Drifter	6,4	2,0	0,8	1,6	1,2	0,7	0,1
	alle	8,5	2,4	1,0	2,3	1,2	1,2	0,1
2003	Drifter	33,4*	6,6	6,3	7,4	4,7	7,4*	1,2
	alle	22,0	4,1	5,0	5,3	3,2	3,5	1,2
01-03	Drifter	15,8	3,2	2,8	3,7	2,8	2,8*	0,6
	alle	13,2	2,7	2,2	3,5	2,4	1,8	0,5

\* Befall unterscheidet sich signifikant zwischen Drifter und dem Mittel aller Arten (Anova,  $p=0.05$ )

Tab. 6.3.2: Durchschnittlicher Kornbefall der Winterweizensorte Magnus mit *Fusarium* spp. in NRW

Jahr	Gesamt- befall	<i>F.</i> <i>graminearum</i>	<i>F.</i> <i>culmorum</i>	<i>F.</i> <i>avenaceum</i>	<i>F.</i> <i>poae</i>	<i>F.</i> <i>tricinctum</i>	<i>F.</i> <i>cerealis</i>	
2002	Magnus	5,5*	1,4	0,6	1,3*	1,1	0,9	0,1
	alle	8,5	2,4	1,0	2,3	1,2	1,2	0,2
2003	Magnus	16,3	1,9	7,7	3,3	2,3	0,9	0,3
	alle	22,0	4,1	5,0	5,3	3,2	3,5	1,0
02/03	Magnus	10,6	1,6*	4,0	2,2*	1,6	0,9	0,2
	alle	14,9	3,2	2,9	3,7	2,2	2,3	0,6

\* Befall unterscheidet sich signifikant zwischen Magnus und dem Mittel aller Arten (Anova, p=0.05)

Tab. 6.3.3: Durchschnittlicher Kornbefall der Winterweizensorte Skater mit *Fusarium* spp. in NRW

Jahr	Gesamt- befall	<i>F.</i> <i>graminearum</i>	<i>F.</i> <i>culmorum</i>	<i>F.</i> <i>avenaceum</i>	<i>F.</i> <i>poae</i>	<i>F.</i> <i>tricinctum</i>	<i>F.</i> <i>cerealis</i>	
2002	Skater	6,1	1,6	0,5*	2,0	0,8	1,0	0,1
	alle	8,5	2,4	1,0	2,3	1,2	1,2	0,2
2003	Skater	20,4	3,8	4,0	5,3	2,5	4,6	0,8
	alle	22,0	4,1	5,0	5,3	3,2	3,5	1,2
02/03	Skater	12,9	2,7	2,1	3,5	1,6	2,7	0,4
	alle	14,9	3,2	2,9	3,7	2,2	2,3	0,7

\* Befall unterscheidet sich signifikant zwischen Skater und dem Mittel aller Arten (Anova, p=0.05)

Tab. 6.3.4: Durchschnittlicher Kornbefall der Winterweizensorte Tommi mit *Fusarium* spp. in NRW

Jahr	Gesamt- befall	<i>F.</i> <i>graminearum</i>	<i>F.</i> <i>culmorum</i>	<i>F.</i> <i>avenaceum</i>	<i>F.</i> <i>poae</i>	<i>F.</i> <i>tricinctum</i>	<i>F.</i> <i>cerealis</i>	
2002	Tommi	6,7	2,1	0,9	1,5	1,1	0,8	0,2
	alle	8,5	2,4	1,0	2,3	1,2	1,2	0,2
2003	Tommi	20,6	2,8	6,1	4,4	2,8	3,9	1,1
	alle	22,0	4,1	5,0	5,3	3,2	3,5	1,2
02/03	Tommi	13,3	2,4	3,3	2,9	1,9	2,3	0,6
	alle	14,9	3,2	2,9	3,7	2,2	2,3	0,7

\* Befall unterscheidet sich signifikant zwischen Tommi und dem Mittel aller Arten (Anova, p=0.05)

Tab.6.3.5: Durchschnittlicher Kornbefall der Winterweizensorte Winnetou mit *Fusarium* spp. in NRW

Jahr		Gesamt- befall	<i>F.</i> <i>graminearum</i>	<i>F.</i> <i>culmorum</i>	<i>F.</i> <i>avenaceum</i>	<i>F.</i> <i>poae</i>	<i>F.</i> <i>tricinctum</i>	<i>F.</i> <i>cerealis</i>
2002	Winnetou	7,8	2,1	0,7	2,0	0,9	1,8	0,2
	alle	8,5	2,4	1,0	2,4	1,2	1,2	0,2
2003	Winnetou	10,6*	2,1	1,9	3,6	1,8	1,1	0,1
	alle	22,0	4,1	5,0	5,3	3,2	3,5	1,2
02/03	Winnetou	9,1*	2,1	1,3	2,7	1,3	1,4	0,2
	alle	14,9	3,2	2,9	3,7	2,2	2,3	0,7

\* Befall unterscheidet sich signifikant zwischen Winnetou und dem Mittel aller Arten (Anova,  $p=0.05$ )

#### 6.4 Einfluss der Pflanzenlänge auf den Kornbefall und Artenzusammensetzung

Tab. 6.4.1: Korrelation zwischen Pflanzenlänge und Kornbefall von Winterweizen mit *Fusarium* spp. in Nordrhein-Westfalen

Jahr	Westfalen	Rheinland	NRW
2001	- 0,40** (n=76)	- 0,26 (n=56)	- 0,30** (n=132)
2002	- 0,45** (n=84)	- 0,46** (n=56)	- 0,45** (n=140)
2003	- 0,18 (n=70)	- 0,21 (n=56)	- 0,19* (n=126)
`01-`03	- 0,33** (n=230)	- 0,30** (n=168)	- 0,31** (n=398)

(Pearson, zweiseitig: \* signifikant,  $p=0.05$ ; \*\*  $p=0.01$ )

Tab. 6.4.2: Korrelation zwischen Pflanzenlänge und Kornbefall von Winterweizen mit *F. graminearum* in Westfalen

Jahr	Ascheberg	Haus Düsse	Lage-Ohrsen	Westfalen
2001	- 0,33 (n=28)	0,01 (n=20)	- 0,63** (n=28)	- 0,32** (n=76)
2002	- 0,07 (n=28)	- 0,20 (n=28)	0,18 (n=28)	- 0,03 (n=84)
2003	- 0,47* (n=28)	- 0,25 (n=14)	- 0,30 (n=28)	- 0,29* (n=70)
`01-`03	- 0,20 (n=84)	- 0,14 (n=62)	- 0,25* (n=84)	- 0,20** (n=230)

(Pearson, zweiseitig: \* signifikant,  $p=0.05$ ; \*\*  $p=0.01$ )

Tab. 6.4.3: Korrelation zwischen Pflanzenlänge und Kornbefall von Winterweizen mit *F. culmorum* in Westfalen

Jahr	Ascheberg	Haus Düsse	Lage-Ohrsen	Westfalen
2001	- 0,05 (n=28)	- 0,07 (n=20)	- 0,16 (n=28)	- 0,11 (n=76)
2002	- 0,16 (n=28)	0,03 (n=28)	- 0,06 (n=28)	- 0,08 (n=84)
2003	0,36 (n=28)	0,40 (n=14)	0,29 (n=28)	0,33 (n=70)
`01-`03	- 0,01 (n=84)	0,09 (n=62)	- 0,03 (n=84)	0,01 (n=230)

(Pearson, zweiseitig: \* signifikant, p=0.05; \*\* p=0.01)

Tab. 6.4.4: Korrelation zwischen Pflanzenlänge und Kornbefall von Winterweizen mit *F. avenaceum* in Westfalen

Jahr	Ascheberg	Haus Düsse	Lage-Ohrsen	Westfalen
2001	- 0,24 (n=28)	- 0,12 (n=20)	0,11 (n=28)	- 0,04 (n=76)
2002	0,02 (n=28)	0,10 (n=28)	- 0,14 (n=28)	- 0,02 (n=84)
2003	- 0,18 (n=28)	0,29 (n=14)	- 0,20 (n=28)	- 0,06 (n=70)
`01-`03	0,01 (n=84)	0,07 (n=62)	- 0,09 (n=84)	- 0,01 (n=230)

(Pearson, zweiseitig: \* signifikant, p=0.05; \*\* p=0.01)

Tab. 6.4.5: Korrelation zwischen Pflanzenlänge und Kornbefall von Winterweizen mit *F. poae* in Westfalen

Jahr	Ascheberg	Haus Düsse	Lage-Ohrsen	Westfalen
2001	0,17 (n=28)	0,13 (n=20)	0,15 (n=28)	0,19 (n=76)
2002	0,20 (n=28)	0,25 (n=28)	0,10 (n=28)	0,15 (n=84)
2003	0,25 (n=28)	- 0,32 (n=14)	0,32 (n=28)	0,15 (n=70)
`01-`03	0,25* (n=84)	0,17 (n=62)	0,27* (n=84)	0,24** (n=230)

(Pearson, zweiseitig: \* signifikant, p=0.05; \*\* p=0.01)

Tab. 6.4.6: Korrelation zwischen Pflanzenlänge und Kornbefall von Winterweizen mit *F. tricinatum* in Westfalen

Jahr	Ascheberg	Haus Düsse	Lage-Ohrsen	Westfalen
2001	0,29 (n=28)	0,20 (n=20)	0,30 (n=28)	0,24* (n=76)
2002	0,07 (n=28)	0,04 (n=28)	- 0,28 (n=28)	- 0,01 (n=84)
2003	- 0,10 (n=28)	- 0,38 (n=14)	0,16 (n=28)	- 0,03 (n=70)
`01-`03	- 0,09 (n=84)	0,04 (n=62)	0,03 (n=84)	- 0,02 (n=230)

(Pearson, zweiseitig: \* signifikant, p=0.05; \*\* p=0.01)

Tab. 6.4.7: Korrelation zwischen Pflanzenlänge und Kornbefall von Winterweizen mit *F. cerealis* in Westfalen

Jahr	Ascheberg		Haus Düsse		Lage-Ohrsen		Westfalen	
2001	0,14	(n=28)	- 0,22	(n=20)	- 0,04	(n=28)	- 0,10	(n=76)
2002	- 0,20	(n=28)	- 0,04	(n=28)	- 0,02	(n=28)	- 0,06	(n=84)
2003	- 0,28	(n=28)	- 0,65*	(n=14)	- 0,12	(n=28)	- 0,32**	(n=70)
`01-`03	- 0,15	(n=84)	- 0,30*	(n=62)	- 0,10	(n=84)	- 0,18**	(n=230)

(Pearson, zweiseitig: \* signifikant, p=0.05; \*\* p=0.01)

Tab. 6.4.8: Korrelation zwischen Pflanzenlänge und Kornbefall von Winterweizen mit *F. graminearum* im Rheinland

Jahr	Nk.-Vluyn		Kerpen-Buir		Rheinland	
2001	- 0,20	(n=28)	0,13	(n=28)	- 0,11	(n=56)
2002	0,18	(n=28)	- 0,12	(n=28)	0,01	(n=56)
2003	0,13	(n=28)	n.v.	(n=28)	0,08	(n=56)
`01-`03	- 0,02	(n=84)	- 0,09	(n=84)	- 0,05	(n=168)

(Pearson, zweiseitig: \* signifikant, p=0.05; \*\* p=0.01)

Tab. 6.4.9: Korrelation zwischen Pflanzenlänge und Kornbefall von Winterweizen mit *F. culmorum* im Rheinland

Jahr	Nk.-Vluyn		Kerpen-Buir		Rheinland	
2001	0,08	(n=28)	0,02	(n=28)	0,06	(n=56)
2002	0,14	(n=28)	0,34	(n=28)	0,17	(n=56)
2003	- 0,02	(n=28)	0,09	(n=28)	0,02	(n=56)
`01-`03	0,06	(n=84)	0,11	(n=84)	0,06	(n=168)

(Pearson, zweiseitig: \* signifikant, p=0.05; \*\* p= 0.01)

Tab. 6.4.10: Korrelation zwischen Pflanzenlänge und Kornbefall von Winterweizen mit *F. avenaceum* im Rheinland

Jahr	Nk.-Vluyn		Kerpen-Buir		Rheinland	
2001	- 0,23	(n=28)	0,08	(n=28)	- 0,08	(n=56)
2002	- 0,34	(n=28)	- 0,08	(n=28)	- 0,19	(n=56)
2003	- 0,20	(n=28)	- 0,40*	(n=28)	- 0,27*	(n=56)
`01-`03	- 0,26*	(n=84)	- 0,19	(n=84)	- 0,19*	(n=168)

(Pearson, zweiseitig: \* signifikant, p=0.05; \*\* p=0.01)



Tab. 6.4.11: Korrelation zwischen Pflanzenlänge und Kornbefall von Winterweizen mit *F. poae* im Rheinland

Jahr	Nk.-Vluyn		Kerpen-Buir		Rheinland	
		(n=28)		(n=28)		(n=56)
2001	- 0,11	(n=28)	- 0,01	(n=28)	- 0,06	(n=56)
2002	- 0,08	(n=28)	- 0,08	(n=28)	- 0,07	(n=56)
2003	0,22	(n=28)	0,26	(n=28)	0,16	(n=56)
`01-`03	0,04	(n=84)	0,12	(n=84)	0,06	(n=168)

(Pearson, zweiseitig: \* signifikant,  $p=0.05$ ; \*\*  $p=0.01$ )

Tab. 6.4.12: Korrelation zwischen Pflanzenlänge und Kornbefall von Winterweizen mit *F. tricinatum* im Rheinland

Jahr	Nk.-Vluyn		Kerpen-Buir		Rheinland	
		(n=28)		(n=28)		(n=56)
2001	- 0,37	(n=28)	0,13	(n=28)	- 0,21	(n=56)
2002	- 0,14	(n=28)	- 0,04	(n=28)	- 0,05	(n=56)
2003	0,20	(n=28)	- 0,37	(n=28)	- 0,07	(n=56)
`01-`03	- 0,06	(n=84)	- 0,19	(n=84)	- 0,11	(n=168)

(Pearson, zweiseitig: \* signifikant,  $p=0.05$ ; \*\*  $p=0.01$ )

Tab. 6.4.13: Korrelation zwischen Pflanzenlänge und Kornbefall von Winterweizen mit *F. cerealis* im Rheinland

Jahr	Nk.-Vluyn		Kerpen-Buir		Rheinland	
		(n=28)		(n=28)		(n=56)
2001	--	(n=28)	--	(n=28)	--	(n=56)
2002	0,20	(n=28)	0,31	(n=28)	0,23	(n=56)
2003	0,30	(n=28)	0,00	(n=28)	0,09	(n=56)
`01-`03	0,12	(n=84)	0,07	(n=84)	0,04	(n=168)

(Pearson, zweiseitig: \* signifikant,  $p=0.05$ ; \*\*  $p=0.01$ )

## 6.5. Einfluss der Anbauintensität auf den Befall

Tab. 6.5.1: Kornbefall von Winterweizen mit *Fusarium* spp. in Intensiv- und Basisvariante in Nordrhein-Westfalen

Jahr	Westfalen		Rheinland		NRW	
	B I	B I	B I	B III	B I	B III
2001	14,3	17,9*	1,1	1,7	8,7	11,0
2002	10,5	11,7	4,9	4,4	8,2	8,8
2003 <sup>1</sup>	27,3	30,5	3,9	5,3	15,6	17,9
`01-`03	16,2	18,8	3,3	3,8	10,5	12,2

\* Befallshäufigkeiten unterscheiden sich signifikant zwischen den Anbauintensitäten (Tamhane-T2,  $p=0.05$ ) <sup>1</sup> ohne Haus Düsse;

Tab. 6.5.2: Kornbefall von Winterweizen mit *Fusarium* spp. in Intensiv- und Basisvariante in Ascheberg

<i>Fusarium</i> -Art	2001		2002		2003		`01-`03	
	B I	B III	B I	B III	B I	B III	B I	B III
<i>F. graminearum</i>	1,3	+ 1,4*	3,5	+ 0,1	4,0	- 1,4	2,9	+ 0,0
<i>F. culmorum</i>	0,7	+ 0,2	1,3	- 0,2	3,6	- 0,2	1,9	- 0,1
<i>F. avenaceum</i>	5,1	+ 0,5	2,3	+ 1,0	6,0	+ 0,5	4,4	+ 0,7
<i>F. poae</i>	4,6	+ 1,3	0,6	+ 0,7*	6,8	+ 2,1	4,0	+ 1,4
<i>F. tricinctum</i>	1,2	+ 0,4	2,2	+ 1,2	10,4	+ 1,1	4,6	+ 0,9
<i>F. cerealis</i>	0,1	+ 0,2	0,1	+ 0,1	0,6	+ 0,5	0,3	+ 0,3
gesamt	13,1	+ 4,1*	10,1	+ 3,1	30,6	+ 3,3	18,0	+ 3,5

\* Befallshäufigkeiten unterscheiden sich signifikant zwischen den Anbauintensitäten (Anova, \*p=0.05, \*\*p=0.01)

Tab. 6.5.3: Kornbefall von Winterweizen mit *Fusarium* spp. in Intensiv- und Basisvariante in Haus Düsse

<i>Fusarium</i> -Art	2001		2002		2003		`01-`02	
	B I	B III	B I	B III	B I	B III	B I	B III
<i>F. graminearum</i>	4,9	- 0,2	4,9	+ 0,7	-	(17,6)	4,9	+ 0,4
<i>F. culmorum</i>	4,9	- 1,9	1,7	0,0	-	(22,4)	3,0	- 0,8
<i>F. avenaceum</i>	5,8	- 0,4	2,4	- 0,4	-	(14,9)	3,8	- 0,4
<i>F. poae</i>	2,8	+ 1,2	1,1	+ 0,4	-	(2,5)	1,8	+ 0,7
<i>F. tricinctum</i>	1,4	+ 0,5	1,5	+ 0,7	-	(3,5)	1,5	+ 0,6*
<i>F. cerealis</i>	1,2	- 0,6	0,1	+ 0,1	-	(6,2)	0,6	- 0,1
gesamt	21,5	- 1,8	12,0	+ 1,3	-	(64,4)	16,0	0,0

Befallshäufigkeiten unterscheiden sich signifikant zwischen Anbauintensitäten (Anova, \*p=0.05, \*\*p=0.01)

Tab. 6.5.4: Kornbefall von Winterweizen mit *Fusarium* spp. in Intensiv- und Basisvariante in Lage-Ohrsen

<i>Fusarium</i> -Art	2001		2002		2003		`01-`03	
	B I	B III	B I	B III	B I	B III	B I	B III
<i>F. graminearum</i>	1,1	+ 1,3*	2,4	- 0,5	4,6	+ 1,7	2,7	+ 0,8
<i>F. culmorum</i>	0,9	+ 0,1	0,4	- 0,1	7,2	- 1,6	2,8	- 0,5
<i>F. avenaceum</i>	4,0	+ 1,2	3,4	- 0,6	7,8	+ 0,3	5,1	+ 0,3
<i>F. poae</i>	3,4	+ 3,5**	1,8	+ 0,7	1,9	+ 0,8	2,4	+ 1,6**
<i>F. tricinctum</i>	0,6	+ 0,8*	0,8	- 0,1	1,0	+ 2,1	0,8	+ 0,9
<i>F. cerealis</i>	0,1	0,0	0,3	- 0,1	1,2	+ 0,0	0,5	- 0,1
gesamt	10,3	+ 6,9**	9,3	- 0,6	23,9	+ 3,3	14,5	+ 3,2

\* Befallshäufigkeiten unterscheiden sich signifikant zwischen den Anbauintensitäten (Anova, \*p=0.05, \*\*p=0.01)

Tab. 6.5.5: Kornbefall von Winterweizen mit *Fusarium* spp. in Intensiv- und Basisvariante in Kerpen-Buir

<i>Fusarium</i> -Art	2001		2002		2003		`01-`03	
	B I	B III	B I	B III	B I	B III	B I	B III
<i>F. graminearum</i>	0,0	0,0	1,3	- 0,3	0,0	0,0	0,4	- 0,1
<i>F. culmorum</i>	0,1	- 0,1	1,3	- 0,3	0,1	0,0	0,5	- 0,1
<i>F. avenaceum</i>	0,5	+ 0,8**	3,6	- 0,8	0,9	+ 0,4	1,6	+ 0,1
<i>F. poae</i>	0,6	- 0,4	0,8	- 0,1	0,1	- 0,1	0,5	- 0,2
<i>F. tricinctum</i>	0,4	0,0	0,1	+ 0,2	0,2	- 0,1	0,2	0,0
<i>F. cerealis</i>	0,0	0,0	0,1	- 0,1	0,1	+ 0,1	0,1	0,0
gesamt	1,5	+ 0,3	7,6	- 1,6	1,4	+ 0,4	3,5	- 0,3

\* Befallshäufigkeiten unterscheiden sich signifikant zwischen den Anbauintensitäten (Anova, \*p=0.05, \*\*p=0.01)

Tab. 6.5.6: Kornbefall von Winterweizen mit *Fusarium* spp. in Intensiv- und Basisvariante in Nk.-Vluyn

<i>Fusarium</i> -Art	2001		2002		2003		`01-`03	
	B I	B III	B I	B III	B I	B III	B I	B III
<i>F. graminearum</i>	0,0	+ 0,1	0,0	+ 0,2*	1,0	0,0	0,3	+ 0,1
<i>F. culmorum</i>	0,1	- 0,1	0,6	- 0,2	1,0	+ 0,2	0,6	0,0
<i>F. avenaceum</i>	0,1	+ 0,4*	0,5	0,0	0,9	+ 0,1	0,5	+ 0,2
<i>F. poae</i>	0,5	+ 0,4	0,6	+ 0,8	2,1	+ 1,6	1,1	+ 0,9*
<i>F. tricinctum</i>	0,0	0,0	0,3	0,0	0,7	+ 0,6	0,3	+ 0,2
<i>F. cerealis</i>	0,0	0,0	0,1	- 0,1	0,4	- 0,2	0,2	- 0,1
gesamt	0,7	+ 1,0**	2,1	+ 0,7	6,4	+ 2,5	3,0	+ 1,4

\* Befallshäufigkeiten unterscheiden sich signifikant zwischen den Anbauintensitäten (Tamhane-T2, p=0.05)

Tab. 6.5.7: Kornbefall von Winterweizen mit *Fusarium* spp. in Intensiv- und Basisvariante in NRW

<i>Fusarium</i> -Art	2001		2002		2003 <sup>1</sup>		`01-`03 <sup>1</sup>	
	B I	B III	B I	B III	B I	B III	B I	B III
<i>F. graminearum</i>	1,2	+ 0,6	2,4	0,0	2,4	+ 0,1	2,0	+ 0,1
<i>F. culmorum</i>	1,1	- 0,3	1,0	- 0,2	3,0	- 0,4	1,6	- 0,3
<i>F. avenaceum</i>	2,9	+ 0,6	2,4	- 0,2	3,9	+ 0,3	3,0	+ 0,2
<i>F. poae</i>	2,4	+ 1,2*	1,0	+ 0,5*	2,7	+ 1,1	2,0	+ 0,9*
<i>F. tricinctum</i>	0,7	+ 0,3*	1,0	+ 0,4	3,1	+ 0,9	1,5	+ 0,5
<i>F. cerealis</i>	0,2	0,0	0,2	0,0	0,6	+ 0,1	0,3	0,0
gesamt	8,7	+ 2,3	8,2	+ 0,6	15,6	+ 2,4	10,5	+ 1,7

\* Befallshäufigkeiten unterscheiden sich signifikant zwischen den Anbauintensitäten (Anova, \*p=0.05, \*\*p=0.01); <sup>1</sup> ohne Haus Düsse 2003;

Tab. 6.5.8: Korrelation von Kornbefall im Winterweizen und Pflanzenlänge bei unterschiedlicher Anbauintensität in Westfalen

Fusarium-Art	2001		2002		2003		alle	
	BI	BIII	BI	BIII	BI	BIII	BI	BIII
<i>F. graminearum</i>	-0,19	-0,48**	-0,06	0,03	-0,19	-0,43*	-0,15	-0,25*
<i>F. culmorum</i>	-0,26	0,10	-0,10	-0,05	0,22	0,40*	-0,10	0,10
<i>F. avenaceum</i>	0,09	-0,22	0,10	-0,15	-0,30	-0,03	0,05	-0,09
<i>F. poae</i>	0,04	0,35*	0,12	0,17	0,36	0,01	0,21*	0,27**
<i>F. tricinctum</i>	0,46*	-0,02	-0,05	0,01	-0,13	0,11	-0,02	-0,03
<i>F. cerealis</i>	-0,17	-0,01	-0,10	-0,05	-0,15	-0,21	-0,15	-0,09

(Pearson, zweiseitig: \* signifikant, p=0.05; \*\* p=0.01)

Tab. 6.5.9: Korrelation von Kornbefall im Winterweizen und Pflanzenlänge bei unterschiedlicher Anbauintensität im Rheinland

Fusarium-Art	2001		2002		2003		alle	
	BI	BIII	BI	BIII	BI	BIII	BI	BIII
<i>F. graminearum</i>	--	--	-0,16	-0,08	0,08	0,10	-0,08	-0,03
<i>F. culmorum</i>	0,04	0,13	0,08	0,28	-0,04	-0,09	0,04	0,11
<i>F. avenaceum</i>	-0,24	-0,01	-0,10	-0,29	-0,26	-0,29	-0,25*	-0,14
<i>F. poae</i>	-0,19	0,10	-0,01	-0,12	0,24	0,08	0,04	0,07
<i>F. tricinctum</i>	-0,14	-0,27	-0,22	0,09	0,09	-0,30	-0,07	-0,14
<i>F. cerealis</i>	--	--	0,21	0,32	-0,05	0,23	-0,01	0,10

(Pearson, zweiseitig: \* signifikant, p=0.05; \*\* p=0.01)

Tab. 6.5.10: Einfluss der Anbauintensität auf die Korrelation von Kornbefall im Winterweizen und Resistenzeinstufung in NRW

Jahr	Westfalen		Rheinland		NRW	
	BI	BIII	BI	BIII	BI	BIII
2001	0,42*	0,23	0,45*	0,34	0,49**	0,36*
2002	0,47*	0,39*	0,41*	0,33	0,46**	0,40**
2003	0,42	0,17	-0,14	0,02	0,12	0,12
`01-`03	0,39**	0,17	0,29**	0,24*	0,37**	0,22*

(Pearson, zweiseitig: \* signifikant, p=0.05; \*\* p=0.01)

## **Danksagungen**

Herrn Prof. Dr. H.-W. Dehne danke ich für die Überlassung des Themas, für die Unterstützung und das mir entgegengebrachte Vertrauen in die Durchführung dieser Arbeit.

Herrn Prof. Dr. J. Leon vom Institut für Pflanzenbau danke ich für sein Interesse und die freundliche Übernahme des Koreferats.

Frau Dr. U. Steiner-Stenzel und Herrn Dr. E.-C. Oerke danke ich für die unermüdliche Unterstützung bei Fragen und Problemen, für zahlreiche Diskussionen und Anregungen.

Bei den Mitarbeitern und Versuchstechnikern der Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen bedanke ich mich für die Bereitstellung der Getreideproben und Anbaudaten.

Meinen Kollegen aus dem Institut für Pflanzenkrankheiten danke ich für alle Hilfe, für fachliche und außerfachliche Unterstützung und Diskussionen.

Allen Mitarbeitern des Instituts für Pflanzenkrankheiten danke ich für ihre Hilfsbereitschaft und die freundliche Arbeitsatmosphäre.