

Ährenbefall mit Fusarien und Toxingehalt im Korngut bei verschiedenen Wintergetreidearten

Fusarium Infection and Toxin Concentrations in Grains of Winter Cereals

W. Hermann, E. Kübler & W. Aufhammer
Institut für Pflanzenbau und Grünland, Universität Hohenheim

Zusammenfassung

Die Fragestellung ist auf den Befall von Wintergetreidebeständen (Weizen, Roggen, Triticale) mit Ährenfusarien (*F. graminearum*, *F. culmorum*) unter differenzierten Aufwuchsbedingungen, die Mykotoxinkonzentration im produzierten Korngut und die Beziehungen zwischen Befallsbonitur und Toxinkonzentration gerichtet. Hierzu wurden zweijährig und zweiartig Feldversuche mit gezielter Inokulation (Ausbringung infizierter Haferkörner) durchgeführt. Das Meßprogramm umfaßte die Dokumentation des Entwicklungsverlaufs der Bestände in Parallelität mit dem Witterungsverlauf, die Bonitur des Ähren- und des Kornbefalls sowie die qualitative und die quantitative Analyse der Toxine in den Kornproben.

In keinem Versuch wurde durch Inokulation ein Befall mit *F. culmorum* erzielt, hingegen erreichte der Befallsgrad mit *F. graminearum* durchgängig ein mittleres Niveau. Toxinanalysen erfolgten daher nur an Kornproben aus *F. graminearum*-inokulierten Varianten. Alle untersuchten Proben enthielten Deoxynivalenol (DON) und Derivate von DON. In Interaktion mit den Aufwuchsbedingungen wurden im Weizen bis zu 14 mg kg⁻¹, in Triticale bis zu 18 mg kg⁻¹ DON gemessen, bei Roggen blieben die Konzentrationen zumeist geringer. Insbesondere Weizen enthielt darüber hinaus weitere Toxine (Nivalenol, HT-2-, T2-Toxin). Die DON-Konzentration im Korngut stand mit dem Ährenbefall der Getreidearten nur in loser, mit dem Kornbefall in etwas engerer Beziehung.

Schlüsselworte: Wintergetreide, Ährenfusarien, *Fusarium graminearum*, *Fusarium culmorum*, Befallsbedingungen, Mykotoxingehalt

Summary

The problems investigated are the infection of winter cereals (wheat, rye, triticale) with *Fusarium graminearum* or *F. culmorum* under various growth conditions, the mycotoxin concentrations in the produced grains and the correlation between infection scores and toxin concentrations. Two years field trials were conducted at two locations with artificial inoculation treatments spreading infected oat grains. The parameters determined concerned the development of the crops combined with weather conditions, the evaluation of ear and grain infection and qualitative and quantitative analyses of toxins in grain samples.

In contrary to the inoculation treatments with *F. graminearum* inoculation treatments with *F. culmorum* were not successful. The *F. graminearum* infection scores generally reached medium high levels. Toxins were analyzed

only in grain samples from *F. graminearum* treatments. All samples contained Deoxynivalenol (DON) and derivatives of DON. Depending on growing conditions wheat contained up to 14 mg DON kg⁻¹, triticale contained up to 18 mg DON kg⁻¹ grain. In rye DON-concentrations mostly remained distinctly smaller. Predominantly wheat grains contained additionally other toxins (Nivalenol, HT-2-, T2-toxin). DON-concentrations of grains correlated only very loosely with ear infection scores, somewhat closer correlations were found with grain infection scores.

Keywords: winter cereals, fusarium infection, *fusarium graminearum*, *fusarium culmorum*, growing conditions, mycotoxin-concentrations

Einleitung

Die Pilze *Fusarium graminearum* und *Fusarium culmorum* überdauern an Ernterückständen von Getreide und Mais (SUTTON 1982, WEINERT & WOLF 1995). Dort werden Konidiosporen produziert. Bei *F. graminearum* dienen hauptsächlich in Perithezien gebildete Ascosporen der Hauptfruchtform *Gibberella zeae* als Inokulum (OBST & PAUL 1993, SUTY & MAULER-MACHNIK 1996). Die reifen Ascosporen werden ausgeschleudert und vom Wind im Umkreis von ca. 30 m direkt auf die Ähren getragen (BECK et al. 1997). Vermutlich gelangen die Konidien beider Pilzarten durch Spritzwasser, unterstützt von Wind, verbunden mit einer symptomlosen Blattpassage auf die Ähren (DIEHL 1984, ZINKERNAGEL et al. 1997). Darüber hinaus kann *F. culmorum* offensichtlich im Halm systemisch wachsen (SNIJDERS 1990b, WEINERT & WOLF 1995). Ein auf diesem Wege hervorgerufener Ährenbefall wurde aber bisher nicht nachgewiesen.

Fusarien sind Schwächeparasiten und auf Eintrittspforten in die Pflanze angewiesen (DIEHL 1984, OBST & PAUL 1993). Die Ähren sind insbesondere in der Blühperiode infektionsgefährdet (STRANGE et al. 1974, OBST & PAUL 1993, WEINERT & WOLF 1994, 1995). Die Ascosporen bzw. die Konidien keimen auf oder in den Weizenährchen aus und befallen die ausgetretenen Staubbeutel, die Spelzen und die Körner. Über die Spindel breiten sich die Pilze in der Ähre basipetal aus (BECK et al. 1997). Im befallenen Teil der Ähre entstehen weiße, bzw. später rot gefärbte infizierte Kümmerkörner. Über der Befallsstelle werden in Folge zerstörter Transportwege ebenfalls Kümmerkörner gebildet, die aber nicht befallen sind.

Die Ausbreitung der Erreger hängt entscheidend vom Witterungsverlauf ab. Stärkerer Befall tritt vor allem in Jahren mit ausgedehnten Niederschlagsperioden während und nach der Blüte auf (SUTTON 1982, TUIE et al. 1990).

Der Erreger *F. graminearum* beansprucht mit 18–30 °C ein höheres Temperaturniveau als der Erreger *F. culmorum*, für den ein Temperaturbereich von 12–28 °C genannt wird (ANDERSEN 1948, OBST 1988). Über die Beeinträchtigung des Kornertrags und der technologischen Kornqualität hinaus steht die Produktion giftiger Stoffwechselprodukte der Pilze im Vordergrund. Beide Pilze produzieren im wesentlichen die gleichen Mykotoxine. Neben Zearalenon werden Toxine gebildet, die zur Gruppe der Trichothecene gehören. Insgesamt sind aus dieser Toxingruppe ca. 150 Verbindungen bekannt (LEPSCHY v. GLEISSENTHAL 1992). Hinsichtlich der Häufigkeit des Auftretens und der Quantität steht das Deoxynivalenol (DON) an der Spitze (MÜLLER & SCHWADORF 1993). Die Richtwerte anderer Länder variieren erheblich, beispielsweise von 500 µg DON kg⁻¹ Brotweizen in Österreich bis zu 2000 µg DON kg⁻¹ Brotweizen in den USA. In der BRD liegen bisher keine Richtwerte vor. Abhängig von der Art und der Konzentration der Substanzen kann der Genuß von kontaminiertem Korngut in Futter- und Lebensmitteln insbesondere längerfristig zu erheblichen physiologischen Störungen und Krankheitserscheinungen führen (LEPSCHY v. GLEISSENTHAL 1991). Die Frage der Anfälligkeit von Getreidebeständen ist zweifellos ein vordringliches pflanzenbauliches Problem. Der vorliegende Beitrag ist daher auf folgende Fragen ausgerichtet:

In welchem Ausmaß differieren der Ähren- und der Kornbefall der Getreidearten Winterweizen, -roggen und -triticale mit den Erregern *Fusarium graminearum* und

F. culmorum in Abhängigkeit von den Standorts- und den Witterungsbedingungen?

Wie weit kann vom bonitierbaren Ährenbefall auf die Kontamination des Kornguts mit Toxinen geschlossen werden?

Material und Methoden

Feldversuchsanlage

In den Vegetationsperioden 1994/95 und 1995/96 wurden auf der Versuchsstation für Pflanzenbau und Pflanzenschutz der Universität Hohenheim, Ihinger Hof, und in eingeschränktem Umfang auf der Versuchsstation Oberer Lindenhof mehrfaktorielle Feldversuche durchgeführt (Tab. 1). Die Versuchsstandorte unterscheiden sich erheblich in der Höhenlage und damit im Temperatur- und im Niederschlagsniveau.

Um eine gegenseitige Beeinflussung der Inokulationsvarianten durch einen Ascosporenflug von *F. graminearum* auszuschließen, bildeten die Inokulationsvarianten orthogonale Teilversuche, die jeweils im Abstand von 40 m angelegt wurden. Innerhalb der Teilversuche bildeten die Arten die Großteilstücke, getrennt durch Pufferparzellen. Die Fungizid- und die N-Stufen, auf deren Effekte im vorliegenden Betrag nicht eingegangen wird, stellten die Untereinheiten dar. Die unterste Hierarchiestufe bildeten die Sorten. Jede Art wurde durch zwei Sorten repräsentiert (Tab. 1).

Tab. 1: Feldversuchsanlage: Versuchsfaktoren und Faktorstufen

Experimental design: factors and factor levels

Faktoren		Faktorstufen		
Jahre		1994/95 1995/96		
Standorte Höhe		Ihinger Hof 480 m NN	Oberer Lindenhof 700 m NN	
Vorfrucht		V1–V3 Körnererbse nach Sommergerste V4 Klee gras	V1–V3 Hafer nach Klee gras	
Bearbeitung		Grubber + Kreiselegge		Pflug + Eggenkombination
Arten Sorten hohe Kornzahl pro Ähre niedrige Kornzahl pro Ähre		Winterweizen Kontrast (Ko) 7 ¹⁾ Pegassos (Pe) 3	Wintertriticale Trimaran (Tr) 8 Purdy (Pu) 3	Winterroggen Amando (Am) 7 Gambit (Ga) 4
Inokulation		V1, V4 = keine Inokulation V2 = Inokulation mit <i>F. culmorum</i> V3 = Inokulation mit <i>F. graminearum</i>	V1 V2 V3	
Krankheitsbekämpfung		F1 = kein Fungizideinsatz F2 = EC 31/33 1,25 l ha ⁻¹ Sportak Delta (Prochloraz 360 g l ⁻¹ + Cyproconazol 48 g l ⁻¹) EC 37/39 je 1,5 l ha ⁻¹ Opus Top (Epiconazol 84 g l ⁻¹ + Fenpropimorph 250 g l ⁻¹) EC 59 nochmalige Behandlung wie in EC 37/39		
N-Düngung		N1 = kein mineralisches N-Angebot N2 = 120 kg N ha ⁻¹ + Wachstumsregulator (ortspezifisch)	– nur N2	
Erntetermine ²⁾		E1 = Vollreife (EC 89) E2 = Totreife (EC 92)	nur E1 –	

¹⁾ Kornzahl pro Ähre, Boniturnoten in Beschreibender Sortenliste des Bundessortenamtes 1995 (1 = sehr gering, 9 = sehr hoch)

²⁾ nur am Standort Ihinger Hof bei einem orthogonalen Ausschnitt von Winterweizen (HERMANN 1998)

Vorfrucht-Inokulation

Um den natürlichen Infektionsbedingungen möglichst nahe zu kommen, wurden Ernterückstände einer mit *F. graminearum* bzw. *F. culmorum* befallenen Vorfrucht, z. B. von Mais, simuliert. Hierzu wurden vor Schoßbeginn mit *F. graminearum* bzw. *F. culmorum* bewachsene lufttrockene Haferkörner im Versuchsjahr 1995 bei beiden Erregern mit einer Menge von 6 g m^{-2} ausgebracht (OBST 1994). Ausgehend von dem begrenzten Ährenbefall im Versuchsjahr 1995 wurden im Versuchsjahr 1996 die Inokulummengen bei *F. graminearum* auf 9 g m^{-2} und bei *F. culmorum* auf $2 \times 6 \text{ g m}^{-2}$ erhöht. Zur Inokulumproduktion wurde in beiden Versuchsjahren ein Gemisch aus zehn verschiedenen *F. graminearum*-Isolaten bzw. im Versuchsjahr 1995 ein Gemisch aus fünf verschiedenen *F. culmorum*-Isolaten verwendet. Die Stämme wurden von der Bayerischen Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau (LBP) in München zur Verfügung gestellt. Im Versuchsjahr 1996 wurde von *F. culmorum* ein Einsporenisolat, das vom Institut für Pflanzenzüchtung, Saatgutforschung und Populationsgenetik der Universität Hohenheim bereit gestellt wurde, herangezogen.

Als Vorfrüchte dienten auf dem Standort Ihinger Hof Erbsen, auf dem Standort Oberer Lindenhof Hafer. Hinweise auf eine Förderung des Ährenbefalls durch eine Klee-grasvorfrucht veranlaßten den Einbezug einer entsprechenden Vorfruchtvariante auf dem Standort Ihinger

Hof (Tab. 1). Die Ernterückstände sowohl der Vorfrucht Erbsen als auch der Vorfrucht Klee-gras verblieben im Zuge einer Grundbodenbearbeitung mit dem Grubber z. T. auf der Bodenoberfläche. Auf dem Standort Oberer Lindenhof wurden die Ernterückstände der Vorfrucht Hafer hingegen untergepflügt.

Erfasste Parameter

Das Messprogramm enthält die Tab. 2. Durch mobile Wetterstationen in den Versuchsbeständen wurden die Witterungsdaten erfaßt.

Die durch den Fusariumbefall bedingte „Weißährigkeit“ wurde zu den Zeitpunkten EC 75 (Mitte Milchreife), EC 77 (späte Milchreife) und EC 83 (frühe Teigreife = Endbonitur) durch Bonitur (Skala 1–9) der Gesamt-parzelle erfaßt (MIEDANER 1986).

Zur Prüfung des Kornbefalls wurden aus dem geernteten Korngut der Vorfrucht-/Inokulationsvarianten V1–V4 je Parzelle zufällig 50 Körner entnommen, mit Ethanol (70%) benetzt und anschließend in Natriumhypochlorit (1% aktives Chlor) drei Minuten lang oberflächensterilisiert. Nach dem Abtrocknen auf sterilem Filterpapier wurden jeweils fünf Körner auf einer SNA-Platte (Spezifisch nährstoffarmer Agar, NIRENBERG 1981) mit einem Zusatz von 80 mg l^{-1} Streptomycinsulfat ausgelegt. Die belegten Agarplatten standen zunächst 24 Stunden bei Raumtempe-

Tab. 2: Erfasste und errechnete Parameter

Measured and calculated traits

Parameter	Dimension	Erfassung	Entwicklungsstadium
Witterungsverlauf Lufttemperatur Niederschlag rel. Luftfeuchte	°C mm %	mobile Wetterstation mobile Wetterstation mobile Wetterstation	EC 01-92 EC 01-92 EC 01-92
Entwicklungsverlauf	EC 00-99	Entwicklungsstadien ¹⁾	EC 09-92
Krankheitsbefall ²⁾ Ährenfusarium Kornbefall/Fusarium	1–9 %	Bonitur Weißährigkeit ³⁾ Rückisolierung ⁴⁾	EC 72-75 EC 75-85 EC 99
Kornqualität Toxingehalte ⁵⁾	$\mu\text{g kg}^{-1}$ ⁶⁾	GC-MS ⁷⁾ , HPLC ⁸⁾	EC 99
Boniturnote	% Befall	Beschreibung ⁹⁾	
1	0	kein Befall sichtbar	
2	1–5	beginnende Ausbleichung einzelner Ährchen	
3	6–15	an allen Ähren einzelne Ährchen ausgebleicht	
4	16–25	Ausbleichung zusammenhängender Ährenzeilen	
5	26–45	Ähren bis zur Hälfte ausgebleicht	
6	46–65	Ähren zu 2/3 ausgebleicht	
7	66–85	Ähren zu 3/4 ausgebleicht	
8	88–95	über 75% der gesamten Ährenfläche ausgebleicht	
9	96–100	völlige Ausbleichung aller Ähren	

¹⁾ BLEIHOLDER et al. 1989

²⁾ Fuß-, Blatt- und Ährenbefall mit Krankheitserregern außer Fusarium

³⁾ MIEDANER 1986

⁴⁾ NIRENBERG 1981

⁵⁾ DON, 15-ADON, 3-ADON, NIV, HT-2 Toxin, DAS, Fus X, ZON (Ausschnitt)

⁶⁾ bezogen auf 89,5% Trockensubstanz

⁷⁾ GC-MS: Gaschromatograph mit Massenspektrometer

⁸⁾ HPLC: Hochleistungsflüssigkeitschromatographie

⁹⁾ Boniturskala MIEDANER (1986)

Tab. 3: Verfahrensschritte zur Analyse von Fusarientoxinen im Korngut, Nachweis- und Bestimmungsgrenzen

Procedures to analyze *Fusarium*-toxins in grains, evidence and determination limits

Verfahren				
Ernte	Mährdrusch			
Trocknung	Belüftung (30 °C)			
Vorreinigung	Fritzen-Westfalia Vorreiniger			
Probenahme	Handentnahme/Probenteiler			
Konservierung	Einfrieren (-20 °C)			
Probenvorbereitung	Auftauen (20 °C)			
Mahlen	Kreuzschlagmühle (1 mm Sieb)			
Extraktion	Acetonitril/Wasser (75/25)			
	Trichothecene		Zearalenon	
Aufreinigung	1. Phase: Florisilkartusche ¹⁾ 2. Phase: Kationenaustauscherkartusche ²⁾		Immunoaffinitätsäule ³⁾	
Derivatisierung	Tri-Fluor-Essigsäureanhydrid		nicht erforderlich	
Analyse/Detektion	GC-MS (Ionenfalle) ⁴⁾ Rektandgas: Isobutan		HPLC ⁵⁾ UV-/Fluoreszenzdetektion	
Toxin	Nachweis-	Bestimmungs-	Nachweis-	Bestimmungs-
	grenze ⁶⁾	grenze ⁶⁾	grenze ⁶⁾	grenze ⁶⁾
	µg kg ⁻¹	µg kg ⁻¹	µg kg ⁻¹	µg kg ⁻¹
Deoxynivalenol (DON)	7	23		
15-Acetyl-DON (15-ADON)	7	22		
3-Acetyl-DON (3-ADON)	5	16		
Nivalenol (NIV)	12	38		
HT-2-Toxin (HT-2)	5	18		
T-2-Toxin (T-2)	2	6		
Fusarenon X (FUS)	6	21		
Diacetoxyscirpenol (DAS)	7	22		
			ZON	1 2

¹⁾ Fa. Varian: Mega Bond Elut Florisil²⁾ Fa. Varian: Mega Bond Elut CBA³⁾ Fa. Coring Systems: Easiextract Zearalenon⁴⁾ Fa. Varian GC 3400, Split/Splitlessinjektor 1075; Säule: DB-5 MS; Fa. Finnigan MAT: Magnum⁵⁾ Fa. Merck: Pumpe 6200 A; Fluoreszenzdetektor F1050; UV-Detektor 4250⁶⁾ nach DIN 32645, Deutsche Industrienorm, Nachweis-, Erfassungs- und Bestimmungsgrenze, Ermittlung unter Wiederholbedingungen ICS 71.040.40

ratur im Labor, anschließend erfolgte die Inkubierung unter langwelligem UV-Licht (Fa. Sylvania, Typ black-light blue F-36N-BWB) bei einer Raumtemperatur von 15 °C. Nach ungefähr drei Wochen konnte eine Bestimmung der ausgewachsenen Pilze anhand ihrer Konidien unter dem Mikroskop vorgenommen werden.

Die Toxinanalysen erfolgten ebenfalls an repräsentativen Kornproben aus der Druschparzelle. Die Verfahrensschritte, die Nachweis- und die Bestimmungsgrenzen sind in der Tab. 3 aufgeführt (SCHOLLENBERGER et al. 1998). Die gemessenen Toxingehalte beziehen sich auf eine Kornfeuchte von 10,5%.

Die erfaßten Parameter wurden varianzanalytisch mit Hilfe der Prozedur GLM des Statistikpakets SAS (SAS Institute Inc., 1989) überprüft. Für Effekte, die im F-Test eine Irrtumswahrscheinlichkeit von 5% unterschritten, wurden Grenzdifferenzen mit Hilfe des t-Tests errechnet. Die Korrelationskoeffizienten wurden mit der SAS-Prozedur CORR bestimmt.

Ergebnisse

Befallsbedingungen

In der Abb. 1 sind der Blühverlauf sowie die Befallsbedingungen an beiden Standorten für beide Versuchsjahre

zusammenfassend dargestellt. Hinsichtlich des Blühens und der Blühdauer unterschieden sich die Arten generell, aber auch in Interaktion mit den Jahren und den Standorten. Warme Temperaturen bewirkten 1995 an beiden Standorten eine kurze Kornfüllungsphase und eine schnelle Abreife. Vom Blühbeginn bis zur Reife fielen am Standort Oberer Lindenhof zwischen 83 und 129 mm mehr Niederschlag als am Standort Ihinger Hof.

Der kühl-feuchte Juli 1996 verzögerte die Abreife, infolge von Lager und langsamer Abtrocknung erfolgte auch die Ernte deutlich später als im Vorjahr. Auf dem Standort Ihinger Hof wurden zwischen Blüte und Reife im Mittel nur knapp 16 °C mittlere Tagestemperatur gemessen, auf dem Oberen Lindenhof wurden kaum 14 °C erreicht. Das Temperaturniveau lag damit deutlich unter der für eine Ähreninfektion durch *F. graminearum* günstigen Schwelle von 17 °C (LBP 1997).

Zusammengefaßt unterschied sich 1995 die Witterung während der für den Ährenbefall wichtigen Periode vom Ährenschieben bis zur Reife zwischen den Arten, hingegen wurden 1996 auf standortunterschiedlichem Niveau für die Arten nahezu gleiche Temperatur- und Niederschlagsverhältnisse festgestellt.

Bei regelmäßig durchgeführten Feldkontrollen wurden auf den ausgebrachten Haferkörnern mit *F. graminearum*- und *F. culmorum*-Inokulum Konidien festgestellt. Zu Be-

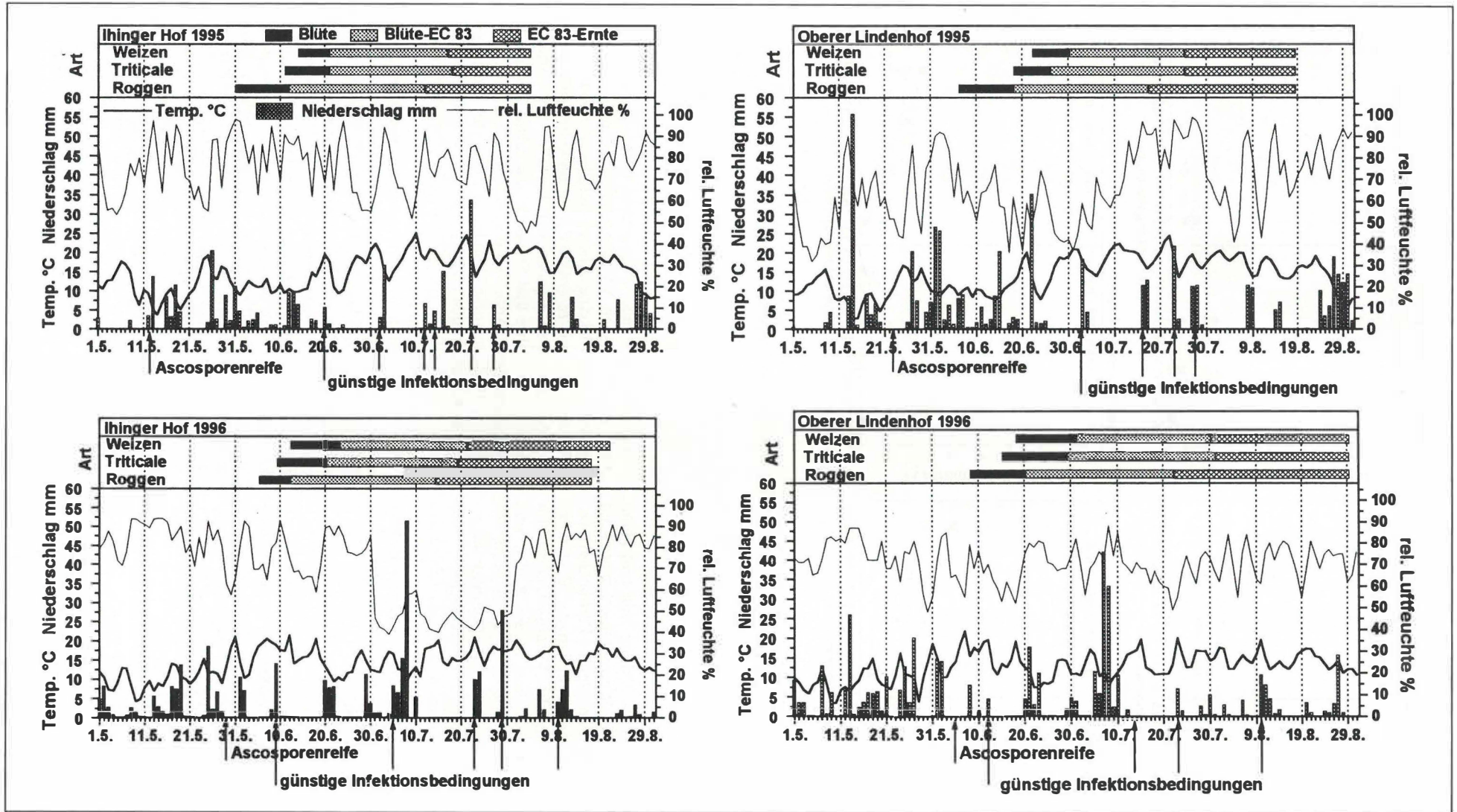


Abb. 1: Tagesdurchschnittstemperatur (°C), Niederschlagssumme (mm) und relative Luftfeuchte (%) von Anfang Mai bis Ende August sowie der Entwicklungsverlauf von Weizen, Triticale und Roggen auf den Standorten Ihinger Hof und Oberer Lindenhof in den Versuchsjahren 1995 und 1996

Temperature means (°C), precipitation (mm) and relative air humidity (%) from May to August and the development of wheat, triticale and rye at the sites Ihinger Hof and Oberer Lindenhof in 1995 and 1996

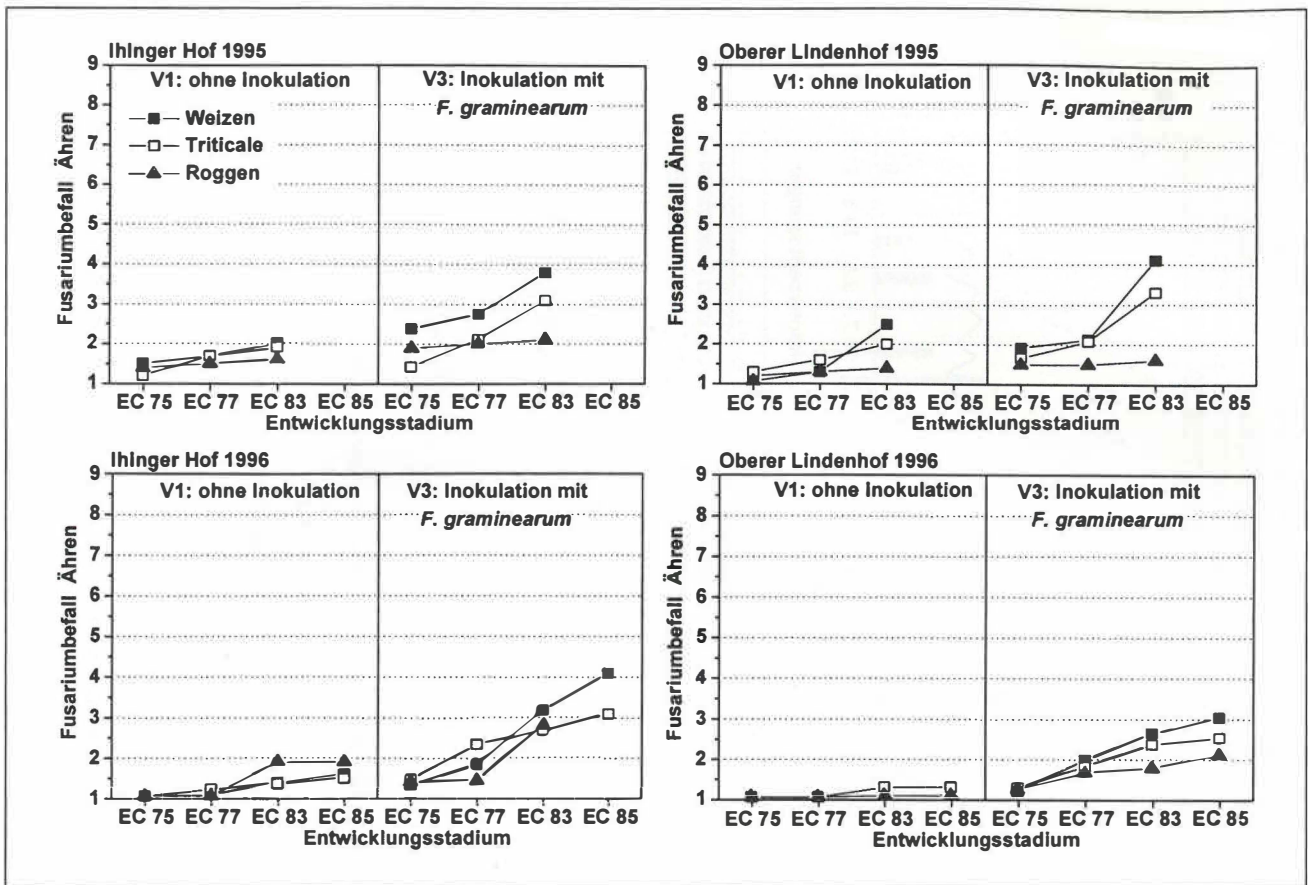


Abb. 2: Verlauf des Ährenbefalls (Bonitur 1–9) mit *Fusarium graminearum* bei Weizen, Triticale und Roggen in den Varianten V1 und V3 in Abhängigkeit von den Standorten und den Versuchsjahren

Course of ear infection with *Fusarium graminearum* (scores 1–9) at wheat, triticale and rye, V1 and V3, in relation to sites and years

ginn der Roggenblüte, spätestens Anfang Juni und damit noch vor der Triticale- und der Weizenblüte konnten auf dem *F. graminearum*-Inokulum reife Perithezien beobachtet werden. Damit lagen bezüglich der Bestandes- und der Inokulumentwicklung die Voraussetzungen für einen Befall mit Ährenfusarium vor. In der Abb. 1 sind durch Pfeile die Tage gekennzeichnet, an denen bezüglich der Temperatur- und der Feuchtigkeitsverhältnisse ausgesprochen günstige Infektionsbedingungen herrschten. Auch über die Blühperiode hinaus konnten in beiden Jahren und an beiden Orten noch mehrfach geeignete Befallskonstellationen festgestellt werden. Dies erscheint wichtig, wenn berücksichtigt wird, daß ein Kornbefall bis zu einer Kornfeuchte von 22% möglich ist.

Ähren- und Kornbefall

In Abb. 2 ist der Verlauf des Ährenbefalls in den Varianten ohne Inokulation (V1) und mit Inokulation von *F. graminearum* (V3) bei den drei Getreidearten dargestellt. Die ersten Befallssymptome wurden im Versuchsjahr 1995 während der Milchreife (EC 75), im Versuchsjahr 1996 erst etwas später (EC 77) bonitiert.

In beiden Versuchsjahren wies bei allen Getreidearten der mit *F. graminearum* inokulierte Teilversuch (V3) mit Boniturnoten bis 4,0 den höchsten Ährenfusariumbefall auf (Abb. 3). Extrem hohe Befallswerte wurden jedoch auch hier nicht festgestellt. Die Inokulation mit *F. culmorum* bewirkte in keinem der beiden Versuchsjahre und auf keinem der beiden Standorte im Vergleich zum Befall der nicht

inokulierten Bestände (V1) einen höheren Ährenbefall. Auch im Teilversuch V4 (Vorfrucht Klee gras) wurden im Vergleich zum V1 keine höheren Befallswerte bonitiert.

Werden die mit *F. graminearum* inokulierten Bestände (V3) betrachtet, so ergaben sich bei allen drei Arten im Vergleich der Jahre und Standorte nur relativ geringe Befallsunterschiede (Abb. 3). Lediglich bei Roggen wurde im Versuch 1996 auf dem Standort Ihinger Hof ein höherer Ährenbefall als in den anderen Versuchen festgestellt. Der Weizen wies gefolgt von Triticale und Roggen den höchsten Ährenbefall mit *Fusarium* auf.

Dem Ährenbefall folgend wurde nur am Korngut von mit *F. graminearum* inokulierten Varianten nennenswerter Befall mit *F. graminearum* festgestellt. Dennoch trat in nahezu allen Fällen ein, allerdings sehr geringer, natürlicher Befall mit *F. graminearum* auf. Ein Befall mit *F. culmorum* konnte auch nach der Inokulation mit diesem Erreger nur auf dem Standort Ihinger Hof bei Roggen im zweiten Versuchsjahr an 4% der untersuchten Körner nachgewiesen werden. In der Abb. 4 wird der Pilzbefall der Körner an beiden Standorten und in beiden Versuchsjahren dargestellt. Den Hauptanteil am Kornbefall stellten „andere Pilze“, vor allem *Alternaria* und *Epicoccum*, dar. Der Erreger des Schneeschimmels, *Microdochium nivale*, wurde am Kornmaterial vom Standort Ihinger Hof bei allen drei Getreidearten festgestellt, bis zu 40% der untersuchten Körner wiesen Befall auf. Insbesondere in Teilversuchen mit geringem *F. graminearum*-Befall wurden hohe Anteile ermittelt. Pilzbesatzfreie Körner konnten nur in minimalem Umfang beobachtet werden (Abb. 4).

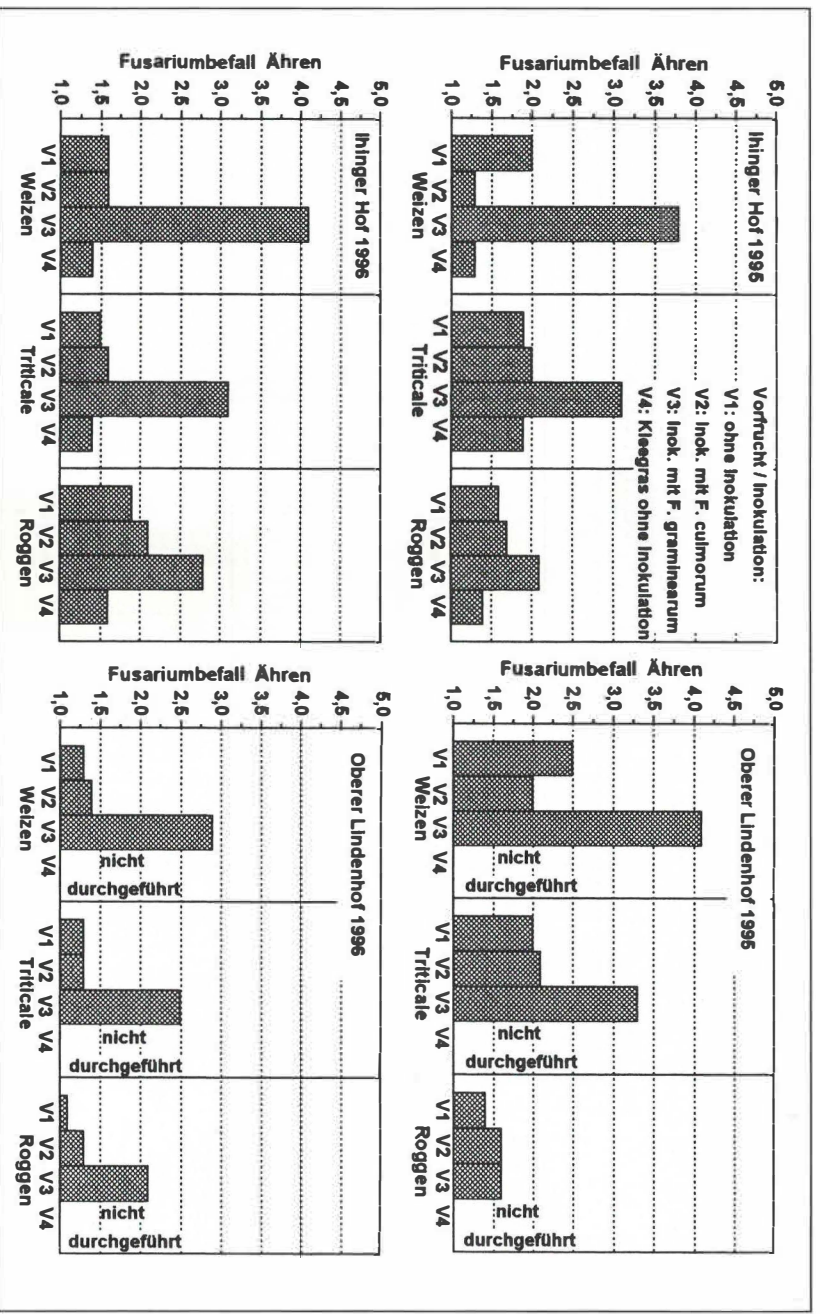


Abb. 3: Endbefall der Ähren (Bonitur 1-9) bei Teigreife mit *Fusarium* sp. bei Weizen, Triticale und Roggen in Abhängigkeit von den Varianten V1-V4, den Standorten und den Versuchsjahren
Final infection of ears with *Fusarium* sp. at wheat, triticale and rye, V1-V4, in relation to sites and years

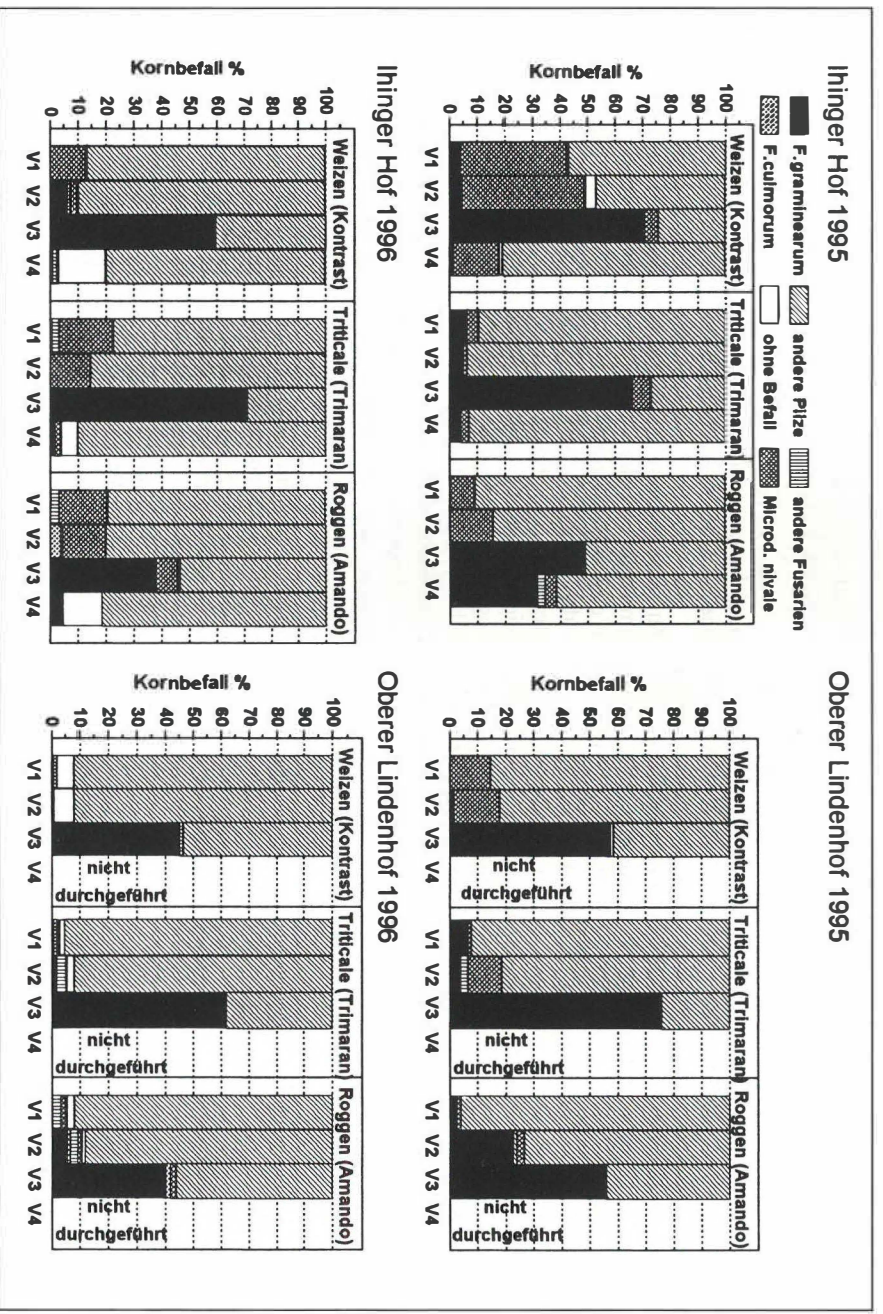


Abb. 4: Kornbefall mit *Fusarium* sp. und anderen pilzlichen Krankheitserregern bei Weizen (Sorte Kontrast), Triticale (Sorte Trimaran) und Roggen (Sorte Amanda) in Abhängigkeit von den Varianten V1-V4, den Standorten und den Versuchsjahren
Infection of grains with *Fusarium* sp. and other fungi at wheat (cv. Kontrast), triticale (cv. Trimaran) and rye (cv. Amanda), V1-V4, in relation to sites and years

Tab. 4: Anteile positiver Proben (% , Anzahl untersuchter Proben = 100) in Bezug auf DON, 15-ADON, 3-ADON, NIV, HT-2-Toxin, T-2-Toxin, Fus. X, DAS und ZON bei Weizen, Triticale und Roggen nach Inokulation mit *F. graminearum* in Abhängigkeit von den Standorten und den Versuchsjahren

Portions of positive samples (% , numbers of investigated samples = 100) concerning DON, 15-ADON, 3-ADON, NIV, HT-2-Toxin, T-2-Toxin, Fus. X, DAS and ZON at wheat, triticale and rye, inoculated with *F. graminearum* in relation to sites and years

Toxin	Ihinger Hof			Oberer Lindenhof		
	Weizen	Triticale	Roggen	Weizen	Triticale	Roggen
Versuchsjahr 1995						
DON	100	100	100	100	100	100
15-ADON	83	100	79	100	92	100
3-ADON	50	67	46	100	100	83
NIV	13	4	4	75	17	8
HT-2 Toxin	46	0	4	50	0	0
T-2 Toxin	8	8	4	33	0	0
Fus X	0	0	0	0	0	0
DAS	0	0	0	0	0	0
ZON	100	nicht analysiert		100	nicht analysiert	
Versuchsjahr 1996						
DON	100	100	100	100	100	100
15-ADON	96	96	100	100	92	52
3-ADON	92	88	88	58	92	100
NIV	13	0	0	0	58	33
HT-2	4	4	0	17	42	33
T-2	0	0	0	0	6	8
Fus X	0	0	0	0	0	0
DAS	0	0	0	0	0	0
ZON	100	nicht analysiert		100	nicht analysiert	

Toxingehalte des Kornguts

Überragende Bedeutung kam dem Deoxynivalenol (DON) zu, das in allen untersuchten Getreideproben in wesentlich höheren Konzentrationen als andere Toxine festgestellt wurde. Die Anteile positiver Proben enthält die Tab. 4. Diacetoxyscirpenol (DAS) und Fusarenon X (Fus X) wurden in den untersuchten Proben nicht gefunden. Hohe Toxingehalte wurden in allen Fällen in den mit *F. graminearum* inokulierten Varianten (V3) ermittelt. Die Werte lagen eine bis zwei Zehnerpotenzen über den Toxingehaltswerten der Varianten V1, V2 und V4.

Im Erntejahr 1995 wurden auf beiden Standorten in einem hohen Anteil der Weizenproben die Toxine Nivalenol (NIV), HT-2-Toxin und T-2-Toxin festgestellt. Im Erntejahr 1996 traten bei Triticale und Roggen auf dem Standort Oberer Lindenhof beträchtliche Anteile an Proben, die diese Toxine enthielten, auf. Zearalenon (ZON) wurde in allen Weizenproben gefunden. Über beide Jahre und Standorte hinweg wiesen die Kornproben von Weizen und Triticale nach der Inokulation mit *F. graminearum* hohe DON-Gehaltswerte in Größenordnungen von $8000 \mu\text{g kg}^{-1}$ bis $11000 \mu\text{g kg}^{-1}$ auf, obwohl nur mittlerer Ährenbefall bonitiert worden war. Die DON-Konzentrationen der übrigen Varianten (V1, V2, V4) lagen, den niedrigen Bonituren von 1,5–2 folgend, mit einer Ausnahme, bei maximal $189 \mu\text{g kg}^{-1}$ (Abb. 5).

Im Erntejahr 1995 lag der DON-Gehalt des Kornguts vom Standort Oberer Lindenhof bei Weizen, Triticale und Roggen in der mit *F. graminearum* inokulierten Variante V3 auf einem wesentlich höheren Niveau als der Gehalt des Kornguts vom Standort Ihinger Hof (Abb. 5). Im Erntejahr 1996 wurden hingegen auf dem Standort Ihinger Hof bei Weizen und Roggen höhere DON-Gehalte gemessen. Mit *F. graminearum* inokulierter Roggen wies im Jahr 1996 auf dem Standort Ihinger Hof mit $6387 \mu\text{g kg}^{-1}$ im

Vergleich zum Jahr 1995 einen achtfach höheren DON-Gehalt auf. Die DON-Konzentration des Roggenkornguts erreichte hier das Niveau des Weizens.

Beziehungen zwischen dem Ähren- bzw. dem Kornbefall und dem DON-Gehalt im Korngut

Zur Überprüfung der Beziehungen zwischen dem Fusariumbefall und der Toxinkonzentration wurden die DON-Werte herangezogen, da dieses Toxin in allen Proben auftrat. Zum Verständnis der in den Tab. 5 und 6 dargestellten Korrelationskoeffizienten sei zudem darauf hingewiesen, daß die infizierten Haferkörner bereits bei Schoßbeginn ausgebracht wurden. Andere Versuchsansteller führen sehr häufig eine direkte Ähreninokulation mit einer Konidien suspension durch, aus der eine ganz andere Befallssituation resultiert. Darüber hinaus: bei der visuellen Bonitur des Ährenbefalls wird die ausgebleichte Ährenfläche in der Milch- und Teigreife geschätzt. Dieses Verfahren erwies sich insbesondere bei den hellen und begranneten Triticaleähren als fragwürdig.

Unter Einbezug beider Jahre und Orte wurden die Korrelationskoeffizienten zwischen der Endbonitur des Ährenbefalls und dem Kornbefall (%) mit *F. graminearum* ermittelt (Tab. 5). Zwar wird bei Weizen – im Gegensatz zu Triticale und Roggen – die Signifikanzschwelle überschritten, der Wert von $r = 0,45^*$ belegt jedoch nur einen losen positiven Zusammenhang. In der Tab. 6 sind die Beziehungen zwischen dem Ährenbefall bzw. dem Kornbefall und dem DON-Gehalt der Körner dargestellt. Zwischen den Bonituren des Ährenbefalls bei Milchreife und dem DON-Gehalt der Weizen- bzw. der Triticalekörner ist eine positive Beziehung nachweisbar, doch ist auch diese keineswegs eng. Bei Roggen ließ sich zwischen dem Ährenbefall zu diesem Boniturtermin und dem DON-Gehalt

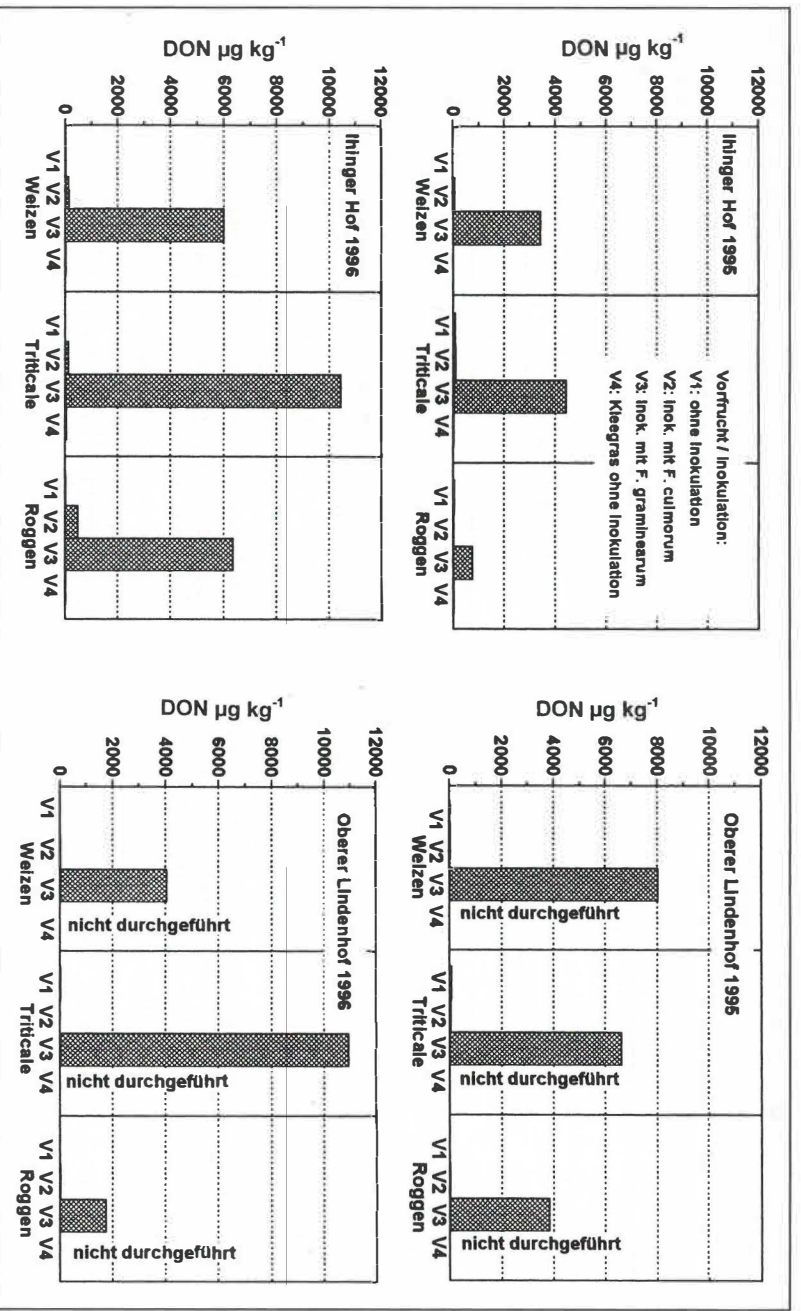


Abb. 5: DON-Gehalt im Korngut bei Weizen, Triticale und Roggen in Abhängigkeit von den Varianten V1–V4, den Standorten und den Versuchsjahren

DON-content of grains at wheat, triticale and rye, V1–V4, in relation to sites and years

der Körner kein Zusammenhang erkennen. Wurden die Bonituren bei Teigreife verwendet, erreichten die Korrelationskoeffizienten bei Weizen, nicht bei Triticale, höhere Werte als bei Verwendung der Milchreifebonituren. Bei Roggen zeigten die Koeffizienten annähernd die gleiche Größenordnung wie bei Weizen.

Diskussion

Zwar traten in allen Versuchen geeignete Infektionszeitpunkte auf, in beiden Jahren erschienen jedoch, insbesondere auf dem Standort Oberer Lindenhof, die Temperatur-verhältnisse infektionsbegrenzend. Trotz der relativ geringeren Temperaturansprüche von *F. culmorum* blieb die Inokulation der Bestände mit diesem Erreger ohne nachweisbare Wirkung. Es erscheint allerdings fraglich, ob die

Temperaturverhältnisse als alleinige Ursache betrachtet werden können. Auch die größeren Mengen an Inokulationsmaterial, die im zweiten Versuchsjahr ausgebracht wurden, blieben wirkungslos. Offensichtlich gelang es dem Pilz nicht, von den Haferkörnern aus die Ähren der Bestände zu erreichen. Sprühinfektionen führten unter ähnlichen Umweltbedingungen durchaus zu massivem Befall (MIEDANER & REINBRECHT 1997). Möglicherweise wurden in den vorliegenden Versuchen auf die Blätter gelange Konidiosporen durch relativ hohe Niederschläge wieder abgewaschen.

Der im Artenvergleich höhere Befall von Weizen mit *F. graminearum* deckt sich mit Befunden von FRAUENSTEIN (1985), PERKOWSKI et al. (1990, 1991), LEPSCHY v. GLESENTHAL et al. (1989). Neben den Differenzen im Entwicklungsverlauf und den Interaktionen mit den Witterungsbedingungen (CHELKOWSKI 1989) können zu diesen Unterschieden zwischen den Arten die Wuchshöhen beitragen. Die Weizenbestände blieben mit im Mittel 0,96 m Wuchshöhe kürzer als die Triticale- (1,17 m) und die Roggenbestände (1,34 m). Wenn trotzdem im Jahr 1996 der Ährenbefall des Roggens am Ihinger Hof höhere Werte als 1995 erreichte, dann dürfte dies vor allem auf das starke Lager und die dadurch massiv vergrößerten Infektionswege zur Ähre zurückzuführen sein (ATANASOFF 1920, MUNTEANU et al. 1972, HÄNI 1980, LANGSETH & STABBETORP 1996).

Mit Unterschieden zwischen den Arten wurden im Erntejahr 1995 im Korngut des Standorts Oberer Lindenhof verglichen mit dem Korngut des Standorts Ihinger Hof teils mehrfach höhere DON-Gehalte gemessen. Anderen Untersuchungen zufolge können die unterschiedlichen Niederschlagsmengen zwischen dem Ährenschleiben und der Ernte als eine der wesentlichen Ursachen für differen-

Tab. 5: Korrelationskoeffizienten zwischen dem Endbefall mit Ährenfusarium (Boniturnote 1–9) und dem Kornbefall (%), Anzahl untersucher Körner = 100) mit *F. graminearum* bei Weizen, Triticale und Roggen

Correlation coefficients between ear infection (scores 1–9) and grain infection (%), numbers of investigated grain = 100) with *Fusarium graminearum* at wheat, triticale and rye

	Kornbefall mit <i>F. graminearum</i>		
	Weizen	Triticale	Roggen
n = 54			
Ährenbefall mit <i>F. graminearum</i>	0,45*	0,30	-0,05

*: signifikant bei <5% Irrtumswahrscheinlichkeit

Tab. 6: Korrelationskoeffizienten zwischen dem *F. graminearum*-Ährenbefall (Boniturnote 1–9) zur Milch- und Teigreife, bzw. dem *F. graminearum*-Kornbefall zur Totreife (%) und dem DON-Gehalt im totreifen Korngut ($\mu\text{g kg}^{-1}$) bei Weizen, Triticale und Roggen

Correlation coefficients between ear infection with *F. graminearum* (scores 1–9) at milk- and doughripe-stage respectively or between grain infection with *F. graminearum* (%), numbers of investigated grains = 100) and the DON content of deadripe grains ($\mu\text{g kg}^{-1}$) at wheat, triticale and rye

Parameter		Ährenbefall n = 102				Kornbefall n = 54
		Bonitur Milchreife		Bonitur Teigreife		
		EC 75 ¹⁾	EC 77	EC 83	EC 83/85 ²⁾	
DON-Gehalt	Weizen	0,28**	0,36***	0,45***	0,62***	0,77***
	Triticale	0,44***	0,37***	0,32***	0,37***	0,75***
	Roggen	-0,05	-0,10	0,55***	0,55***	0,60***

** , ***; signifikant bei <1%, <0,1% Irrtumswahrscheinlichkeit

¹⁾ Entwicklungsstadien siehe Tab. 3

²⁾ Datenbasis Endbefall: 1995: EC 83; 1996 EC 85

ziertes Pilzwachstum und unterschiedliche Toxinproduktion betrachtet werden (PUGH et al. 1933, ANDERSEN 1948, HANSON et al. 1950, SNIJDERS 1990a, PARRY et al. 1995, MÜLLER et al. 1997). Auf dem Standort Oberer Lindenhof fielen 1995 in dieser Zeitspanne, abhängig von der Getreideart, bis zu 129 mm mehr Niederschlag als auf dem Standort Ihinger Hof.

Im Versuchsjahr 1996 wurden auf dem Standort Ihinger Hof ZON-Gehalte gemessen, die über dem für Österreich geltenden Grenzwert von $60 \mu\text{g kg}^{-1}$ lagen. Nach MURKOVIC et al. (1997) wird ZON bevorzugt in der späten Wachstumsphase von *F. graminearum* gebildet. Dies deutet in Verbindung mit der im gleichen Jahr auf den Spelzen und den Halmen beobachteten Perithezienbildung darauf hin, daß der Pilz *F. graminearum* aufgrund der feuchten Witterung und der verzögerten Ernte eine lange Entwicklungsdauer zur Verfügung hatte und diese die Befunde prägte. In der Kontamination des Kornguts mit NIV, HT-2-Toxin und T-2-Toxin sowie ZON traten erhebliche Unterschiede zwischen den Arten auf. An der Kontamination des Korngutes mit Toxinen sind offensichtlich mehrere Faktoren, der Infektionszeitpunkt, die Wachstumsdauer des Pilzes, die Wachstumsbedingungen und der Entwicklungszustand der Ähren beteiligt. Diese Fragen können nur mit systematischen Ansätzen unter Einbezug von kontrollierten Bedingungen geklärt werden.

Die Korrelationskoeffizienten zwischen dem Ährenbefall und dem DON-Gehalt erreichten bei Weizen und Roggen mittlere, bei Triticale geringe Werte. Engere Korrelationen zwischen $r = 0,60$ und $r = 0,77$ bestanden zwischen dem Kornbefall und dem DON-Gehalt im Korngut. In den Untersuchungen anderer Autoren bewegten sich die Korrelationskoeffizienten für die Merkmale Ährenbefall und DON-Gehalt bei Weizen zwischen $r = 0,65$ und $r = 0,96$ (TEICH et al. 1987, WANG & MILLER 1988, SNIJDERS & PERKOWSKI 1990). MIEDANER & PERKOWSKI (1996) errechneten in Untersuchungen mit Roggen in einem Jahr eine Korrelation von $r = 0,47$ zwischen dem Ährenbefall mit *F. culmorum* und dem DON-Gehalt im Korngut, im zweiten Versuchsjahr wurde keine nachweisbare Beziehung gefunden. Vermutlich werden die Beziehungen durch die Erfassbarkeit des Ährenbefalls beeinflusst. Sowohl das arten- und sortenspezifische Verfärbungsverhalten als auch Effekte der Infektionsmethoden können beteiligt sein. Wird mit Sporensuspensionen zur Blüte infiziert, resultieren – gegenüber der Applikation infizierter Haferkörner bei Schoßbeginn in den vorliegenden Versuchen – zumeist erheblich höhere Ährenbefallsbonituren und ein wesentlich höheres Toxingehaltsniveau im Korngut.

Die Ergebnisse aus der Literatur und die vorliegenden Befunde zusammenfassend, läßt die Ährenbonitur offensichtlich nur in begrenztem Ausmaß Rückschlüsse auf die Korngutkontamination mit DON zu. Zwar wurden zwischen dem Befallsgrad der Körner und dem DON-Gehalt engere Zusammenhänge gefunden, als zwischen der Ährenbonitur und dem DON-Gehalt, jedoch ist die Untersuchung des Kornguts ungleich zeitaufwendiger. Aus derzeitiger Sicht verlangen brauchbare Informationen zum Kontaminierungsgrad einer einzelnen Kornpartie eine relevante Toxinanalytik.

Danksagung

Das Vorhaben wurde im Rahmen der DFG-unterstützten Forschergruppe „Fusariumtoxine“ bearbeitet.

Literatur

- ANDERSEN, A. L., 1948: The development of *Gibberella zeae* headblight of wheat. *Phytopathology* **38**, 595–611.
- ATANASOFF, D., 1920: Fusarium-blight (scab) of wheat and other cereals. *J. Agric. Res.* **20**, 1–32.
- BECK, R., J. LEPSCHY & A. OBST, 1997: Gefahr aus der Maisstoppel. DLG-Mitteilungen **5**, 34–38.
- BLEIHOLDER, H., T. VAN DEN BLOOM, P. LANGENLÜDDEKE & R. STAUSS, 1989: Einheitliche Codierung der phänologischen Stadien bei Kultur- und Schadpflanzen. *Gesunde Pflanzen* **41**, 381–384.
- CHELKOWSKI, J., 1989: Formation of mycotoxins produced by fusaria in heads of wheat, triticale and rye. In: CHELKOWSKI, J. (Hrsg.): *Fusarium-mycotoxins, taxonomy and pathogenicity*, Elsevier, Amsterdam, 63–85.
- DIEHL, T., 1984: Weizenfusariosen – Zur Symptomentwicklung und Schadensanalyse bei Blatt- und Ährenbefall. Diss. Göttingen.
- FRAUENSTEIN, K., 1985: Untersuchungen zum Auftreten der durch *Fusarium* ssp. verursachten Taubährigkeit an Weizen und Roggen. *Nachrichtenblatt für den Pflanzenschutz in der DDR* **39**, 59–61.
- HÄNI, F., 1980: Über Getreidefusariosen in der Schweiz: Saatgutbefall, Ährenbefall und Bodenkontamination. *Z. Pfl. Krankh. Pfl. Schutz* **87**, 257–280.
- HANSON, E. W., E. R. AUSEMUS & E. C. STAKMAN, 1950: Varietal resistance of spring wheats to fusarial head blight. *Phytopathology* **40**, 902–914.
- HERMANN, W., 1998: Befall und Toxinproduktion durch Ährenfusarien bei Winterweizen, -triticale und -roggen in Abhängigkeit von produktionstechnischen Maßnahmen. Diss. Hohenheim.

- LANGSETH, W. & H. STABBETORP, 1996: The effect of lodging and time of harvest on deoxynivalenol contamination in barley and oats. *Phytopath. Z.* **144**, 241–245.
- LBP, 1997: Ährenfusariosen des Getreides. 2. Auflage. Bayer. Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau (Hrsg.) Sondernummer 1/97.
- LEPSCHY V. GLEISSENTHAL, J., 1991: Mykotoxine, die vernachlässigten Gifte. *Pflanzenschutz-Praxis* **4**, 26–28.
- LEPSCHY V. GLEISSENTHAL, J., 1992: Fusarientoxine in Getreide – ihre Entstehung und Vorbeugungsmaßnahmen. *Gesunde Pflanzen* **44**, 35–39.
- LEPSCHY V. GLEISSENTHAL, J., R. DIETRICH, E. MARTLBAUER, M. SCHUSTER, A. SÜSS & G. TERPLAN, 1989: A survey on the occurrence of fusarium mycotoxins in Bavarian cereals from the 1987 harvest. *Z. Lebensm. Unters. Forsch.* **188**, 521–526.
- MIEDANER, T., 1986: Entwicklung von Methoden zur Bestimmung der Fusarienresistenz in frühen Wachstumsstadien des Weizens. Diss. Hohenheim.
- MIEDANER, T. & J. PERKOWSKI, 1996: Correlations among *Fusarium culmorum* head blight resistance, fungal colonization and mycotoxin contents in winter rye. *Plant Breeding* **115**, 347–351.
- MIEDANER, T. & C. REINBRECHT, 1997: Fusarientoxine: Vorkommen, Wirkung und Prophylaxe. Arbeitsberichte der Forschergruppe Fusarientoxine (Teilprojekt A–F) an der Universität Hohenheim.
- MÜLLER, H.-M., J. REIMANN, U. SCHUMACHER & K. SCHWADORF, 1997: Fusarium toxins in wheat harvested during six years in an area of southwest Germany. *Natural Toxins* **5**, 24–30.
- MÜLLER, H.-M. & K. SCHWADORF, 1993: A survey of the natural occurrence of fusarium toxins in wheat grown in a southwestern area of Germany. *Mycopathologia* **121**, 115–121.
- MUNTEANU, I., T. MURESAN & V. TATARU, 1972: Fusarium wilt in wheat and integrated disease control in Romania. *Acta Phytopath. Acad. Sci. Hung.* **21**, 17–29.
- MURKOVIC, M., M. GAILHOFER, W. STEINER & W. PFANNHAUSER, 1997: Formation of zearalenon on wheat contaminated with *Fusarium graminearum* under controlled conditions. *Z. Lebensm. Unters. Forsch. A.* **204**, 39–42.
- NIRENBERG, H. I., 1981: A simplified method for indentifying *Fusarium* ssp. occurring on wheat. *Can. J. Bot.* **59**, 1599–1609.
- OBST, A., 1988: Wie man Ährenfusariosen vermeidet. *DLG-Mitteilungen* **50**, 470–471.
- OBST, A., 1994: Untersuchungen zur Epidemiologie und Bekämpfung des Ährenparasiten *Fusarium graminearum* an Weizen. *Mitt. Biol. Bundesanst. Land- und Forstwirtschaft.* **301**, 73.
- OBST, A. & V. H. PAUL, 1993: Krankheiten und Schädlinge des Getreides. Verlag Th. Mann, Gelsenkirchen-Buer.
- PARRY, D. W., P. JENKINSON & L. MCLEOD, 1995: Fusarium ear blight (scab) in small grain cereal – a review. *Plant Pathology* **44**, 207–238.
- PERKOWSKI, J., R. D. PLATTNER, P. GOLINSKI, R. F. VESONDER & J. CHELKOWSKI, 1990: Natural occurrence of deoxynivalenol, 3-acetyl-deoxynivalenol, 15-acetyl-deoxynivalenol, nivalenol, 4,7-dideoxynivalenol and zearalenone in polish wheat. *Mycotoxin Research* **6**, 7–12.
- PERKOWSKI, J., J. CHELKOWSKI, P. BLAZCZAK, C. H. A. SNIJDERS & W. WAKULINSKI, 1991: A study of the correlations between the amount of deoxynivalenol in grain of wheat and triticale and percentage of fusarium damaged kernels. *Mycotoxin Research* **7**, 102–114.
- PUGH, G. W., H. JOHANN & J. G. DICKSON, 1933: Factors affecting infection oral administration to dairy cows. *Envir. Sci. Health* **19**, 593–609.
- SAS-INSTITUTE INC., 1989: SAS/STAT user's guide, version 6, fourth edition. Cary, NC (USA).
- SCHOLLENBERGER, M., U. LAUBER, H. TERRY, W. DROCHNER & H.-M. MÜLLER 1998: Determination of 8 trichothecenes by gaschromatography mass spectrometry after sample clean-up using two-stage solid phase extraction. *J. Chromatogr. A* **815** (1), 123–132.
- SNIJDERS, C. H. A., 1990a: Fusarium head blight and mycotoxin contamination of wheat, a review. *Neth. J. Pl. Path.* **96**, 187–198.
- SNIJDERS, C. H. A., 1990b: Systemic fungal growth of *Fusarium culmorum* in stems of winter wheat. *J. Phytopathology* **129**, 133–140.
- SNIJDERS, C. H. A. & J. PERKOWSKI, 1990: Effects of head blight caused by *Fusarium culmorum* on toxin content and weight of wheat kernels. *Phytopathology* **80**, 566–570.
- STRANGE, R. N., J. R. MAJER & H. SMITH, 1974: The isolation and identification of choline and betaine as the two major components in anthers and wheat germ that stimulate *Fusarium graminearum* in vitro. *Physiol. Plant Path.* **4**, 277–290.
- SUTTON, J. C., 1982: Epidemiology of wheat head blight and maize ear rot caused by *Fusarium graminearum*. *Can. J. Plant Path.* **4**, 195–209.
- SUTY, A. & A. MAULER-MACHNIK, 1996: Ährenfusariose an Weizen – Neue Erkenntnisse zur Epidemiologie und Bekämpfung von *Gibberella zeae*, der Hauptfruchtform von *Fusarium graminearum* mit Folicur. *Pflanzenschutz-Nachrichten Bayer* **49**, 55–70.
- TEICH, A. H., L. SHUGAR & A. SMID, 1987: Soft winter wheat cultivar field-resistance to scab and deoxynivalenol accumulation. *Cereal Research Communications* **15**, 109–114.
- TUITE, J., G. SHANER & R. J. EVERSON, 1990: Wheat scab in soft red winter wheat in Indiana in 1986 and its relation to some quality measurements. *Plant Disease* **74**, 959–962.
- WANG, Y.-Z. & J. D. MILLER, 1988: Effects of *Fusarium graminearum* metabolites on wheat tissue in relation to fusarium head blight resistance. *J. Phytopathology* **122**, 125.
- WEINERT, J. & G. A. WOLF, 1994: Ursache unterschiedlicher Sortenanfälligkeiten gegenüber der Partiellen Taubährigkeit (*Fusarium* ssp.). *Mitt. Biol. Bundesanst. Land- und Forstwirtschaft.* **301**, 277.
- WEINERT, J. & G. A. WOLF, 1995: Gegen Ährenfusarien helfen nur resistente Sorten. *Pflanzenschutz-Praxis* **2**, 30–32.
- ZINKERNAGEL, V., B. ADOLF & J. HABERMAYER, 1997: The spread of *Fusarium* ssp. from the above ground level to the ears of wheat. *Cereal Research Communications* **25**, 677–679.

Eingegangen am 28. Mai 1998;
angenommen am 13. August 1998

Anschrift der Verfasser:

Dr. Wilfried Hermann, Dr. Ernst Kübler und Prof. Dr. Walter Aufhammer, Institut für Pflanzenbau und Grünland, Fachgebiet Spezieller Pflanzenbau, Universität Hohenheim, Fruwirthstraße 23, D-70599 Stuttgart