Gospodin Kolev

Untersuchungen zur Biologie und Bekämpfung von *Microdochium nivale* (Samuels & Hallett) in Winterweizen

Cuvillier Verlag Göttingen

Aus dem Institut für Pflanzenpathologie und Pflanzenschutz
der Georg-August-Universität Göttingen

Untersuchungen zur Biologie und Bekämpfung von *Microdochium nivale* (Samuels & Hallett) in Winterweizen

Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Fakultät für Agrarwissenschaften
der Georg-August-Universität Göttingen

vorgelegt von
Gospodin Kolev
geboren in Haskovo, Bulgarien

Göttingen, im Februar 2003

Bibliografische Information Der Deutschen Bibliothek
Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über http://dnb.ddb.de abrufbar.
1. Aufl. - Göttingen : Cuvillier, 2003
Zugl.: Göttingen, Univ., Diss., 2003
ISBN 3-89873-663-6

D7

Referent:	Prof. Dr. G. A. Wolf
Korreferent:	Prof. Dr. E. Pawelzik
Tag der mündlichen Prüfung:	06. Februar 2003

© CUVILLIER VERLAG, Göttingen 2003
Nonnenstieg 8, 37075 Göttingen
Telefon: 0551-54724-0
Telefax: 0551-54724-21
www.cuvillier.de

Alle Rechte vorbehalten. Ohne ausdrückliche Genehmigung des Verlages ist es nicht gestattet, das Buch oder Teile daraus auf fotomechanischem Weg (Fotokopie, Mikrokopie) zu vervielfältigen.
1. Auflage, 2003
Gedruckt auf säurefreiem Papier

ISBN 3-89873-663-6

Für Liljana und Marco

Inhaltsverzeichnis Seite

1	**EINLEITUNG**	1
2	**MATERIAL UND METHODEN**	5
2.1	**Chemikalien**	5
2.2	**Nährmedien und Puffer**	6
2.3	**Organismen**	8
2.3.1	Pflanzen	8
2.3.2	*M. niv*ale Isolate	8
2.4	**Erhaltungskulturen**	9
2.5	**Gewinnung von Inokulationsmaterial**	9
2.5.1	Myzel- und Sporensuspension	9
2.5.2	Infizierte Haferkörner	9
2.6	**Bestimmung von Enzymaktivität und Wachstum verschiedener *Microdochium nivale* Isolate auf Medien mit verschiedenen Substrat-Farbstoff-Konjugaten**	10
2.7	**Enzymextraktion von Jungpflanzen**	10
2.8	**Befallsermittlung**	11
2.8.1	Quantifizierung des Befalls mit visueller Bonitur	11
2.8.2	Quantifizierung des Befalls mit Hilfe eines Enzymtests	11
2.8.3	Quantifizierung des Befalls mit Hilfe eines ELISA	12
2.9	**Ermittlung der Saatgutqualität**	13
2.9.1	Keimtest	13
2.9.2	Triebkrafttest	14
2.10	**Ermittlung von ausgewählten Qualitätsparametern des Erntegutes**	14
2.10.1	Inhaltsstoffe	14
2.10.2	Teigeigenschaften	17
2.11	**Versuchsanlage und Inokulation der Gewächshausversuche**	18
2.11.1	Jungpflanzentest	18
2.11.2	Fungizidversuch	18
2.12	**Versuchsaufbau und Inokulation der Feldversuche**	19
2.12.1	Einzelährcheninokulationen unter Freilandbedingungen	19
2.12.2	Fungizidversuche	19
2.12.2.1	Feldversuch 1999/2000	20

Seite

2.12.2.2 Feldversuch 2000/2001 21
2.12.2.3 Ernte und Ertragsermittlung 22
2.13 Mikroskopie und Fotografie 22
2.14 Statistische Auswertung 22

3 ERGEBNISSE 23

3.1 Labor- und Gewächshausversuche zur Enzymproduktion und zum Befall durch *Microdochium nivale* 23
3.1.1 Enzymproduktion und Myzelwachstum auf Medien mit verschiedenen Substrat-Farbstoff-Konjugaten 23
3.1.2 Erfassung von Enzymaktivität und Blattbefall durch *M. nivale* in jungen Winterweizenpflanzen 25
3.1.3 *M. nivale* – Befall in Samenschale und Mehlkörper 28
3.2 Entwicklung des *M. nivale*-Befalls während der Vegetation 30
3.2.1 Halmbasis- und Blattbefall 30
3.2.2 Ähren und Kornbefall 34
3.3 Erfassung von Ähren- und Kornbefall durch *M. nivale* nach einer Einzelährcheninfektion 37
3.4 Befallserfassung von Blatt- und Kornbefall durch *M. nivale* an verschiedenen Sorten nach natürlicher Infektion im Freiland 39
3.5 Fungizidversuche zur Bekämpfung von *M. nivale* an dem Blatt und der Ähre von Winterweizen 42
3.5.1 Feldversuche 1999/2000 42
3.5.2 Feldversuche 2000/2001 50
3.5.3 Fungizidversuche zur Bekämpfung von *M. nivale* unter Gewächshausbedingungen 57
3.5.4 Einfluss verschiedener Fungizidbehandlungen auf die Ertragsparameter von Winterweizen 59
3.6. Untersuchungen zur Minderung der Saatgutqualität von Winterweizen durch *M. nivale* 65
3.7 Untersuchungen über die Erntegutqualität 69

Seite

4 DISKUSSION..... 74

4.1 Quantitative Erfassung des Pilzbefalls im pflanzlichen Gewebe..... 75

4.2 Ausbreitung des *M. nivale*-Befalls in der Pflanze..... 80

4.3 Einfluss verschiedener Strobilurin-Behandlungen auf *M. nivale*-Befall und Ertrag..... 83

5 ZUSAMMENFASSUNG..... 89

6 LITERATURVERZEICHNIS..... 91

7 ANHANG

Abkürzungen und Symbole

Abb.	Abbildung
Aqua bidest	bidestiliertes Wasser
BBCH	Codierung der phänologischen Entwicklungs-stadien nach der BBCH-Skala
BV	Befallsminderung
CM	Carboxymetyl-
ELISA	Enzyme-linked immunosorbent assay
Fa.	Firma
F	Fahnenblatt
F-1; F-2	zu lesen als F minus 1 bzw. 2, Blattetage vom Fahnenblatt abwärts
FPE	*Fusarium* Protein Einheiten
g	Gramm
g	Erdbeschleunigung
h	Stunde(n)
ha	Hektar
L	Liter
LW	Leitungswasser
mg	Milligramm
µg	Mikrogramm
min.	Minuten
M	Molar
ml	Milliliter
mm	Millimeter
MPE	*Microdochium* Protein Einheiten
N	Normal
OD	optische Dichte
p	Irrtumswahrscheinlichkeit
p.a.	für Analysezwecke
PDA	Potato Dextrose Agar
ppm	parts per million
PVP	Polyvinylpyrrolidon
RBB	Remazol Brillant Blue

RSA	Rinderserum Albumin
RT	Raumtemperatur
SE	Strohextrakt
SEA	Strohextrakt-Agar
sp.	Species
spp.	Species (Plural)
SPE	*Septoria* Protein Einheiten
Tab.	Tabelle
TKG	Tausendkorngewicht
TKM	Tausendkornmasse
TS	Trockensubstanz
Upm	Umdrehungen pro Minute
VE	Valorigrammeinheit
w/v	Masse/Volumen (weight per volume)
µ	Mikro-
Ø	Durchmesser

1 EINLEITUNG

Durch den steigenden Anteil von Getreide in der Fruchtfolge, der reduzierten Bodenbearbeitung, der Verwendung kurzstrohiger Sorten, die zu einer hohen Bestandesdichte und verändertes Mikroklima führen, sowie eine erhöhte Stickstoffdüngung haben bestimmte Pilzkrankheiten zunehmend an Bedeutung gewonnen. Dazu zählt auch *Microdochium nivale* (Samuels & Hallett), der die Getreidepflanze in unterschiedlichen Entwicklungsstadien und an allen Organen befallen kann.

Erkrankungen an Getreide, hervorgerufen durch *M. nivale* sind als Auswinterung durch Schneeschimmel, Halmbasis- sowie Ähren- und Kornbefall bereits 1912 von SCHAFFNIT beschrieben worden. Der Schneeschimmel ist in schneereichen Lagen die gefährlichste Krankheit des Winterroggens und richtete früher aufgrund der Verwendung ungebeizter Saaten außerordentlich große Schäden an. Unmittelbar nach der Schneeschmelze im Frühjahr sind in den Wintersaaten Fehlstellen zu sehen, auf denen kranke oder abgestorbene Pflanzen am Boden angeklebt daliegen. (MIELKE, 1998). Die hohen Ausfälle sind ein Hauptgrund für die heute breit eingeführte Beizung des Getreidesaatgutes (HOFFMANN und SCHMUTTERER, 1999). Im Jungpflanzstadium führt der Befall mit *M. nivale* zu Wurzel- und Koleoptilenverbräunungen, korkenzieherartigem Verkrümmen der Pflanzen und Absterben der Keimlinge vor oder nach dem Auflaufen (HÄNI, 1980).

An der Halmbasis der älteren Pflanzen verursacht *M. nivale* schwarz-violette Ringe oberhalb der Halmknoten und im Anschluss daran einen Befall der Knoten, der je nach der Tiefe des Eindringens den Stofftransport mehr oder weniger unterbindet und im Extremfall zu tauben Ähren führen kann oder die Kornausbildung ist stark gemindert (HÄNI, 1980; HOFFMANN und SCHMUTTERER, 1999).

Die Fähigkeit des Erregers Blattschäden hervorzurufen ist ein weiteres sehr wichtiges Problem. Bei Befall entstehen hellbraune große ovale Flecken, dessen Randzone wie wasserdurchtränkt aussieht. Diese können die ganze Breite der Blattscheiden und –spreiten erfassen (DIEHL und FEHRMANN, 1989). Blätter von Weizen, Hafer, Gerste und Roggen werden in gleicher Weise durch *M. nivale* befallen (MÜLLER, 1952).

Nach HÄNI (1980) äußert sich der Befall an der Ähre durch das Ausbleichen einzelner Ährchen oder ganzer Ährchengruppen. Auf den Spelzen sind elliptische Flecken mit

braunen Randzonen zu beobachten. Starker Ährenbefall mit *M. nivale* führt zu einer Verringerung der Kornzahl in der Ähre und Reduzierung der Tausendkornmasse (DIEHL, 1984). Infiziertes Saatgut verursacht eine verminderte Keimfähigkeit und Triebkraft (DUBEN und FEHRMANN, 1979; DIEHL, 1984).

Der Erreger wurde taxonomisch früher den Fusarien zugeordnet. Auch heute wird er von vielen Praktikern aufgrund der ähnlichen Symptome in der Ähre und seiner Konidienmorphologie zu dem Fusarien-Komplex gezählt. Nach WOLLENWEBER (1932) gehörte dieser Pilz zu der Sektion *Arachnites*. Die Nebenfruchtform bezeichnete er als *Fusarium nivale* (Fr.) Ces. und die perfekte Form als *Calonectria graminicola* (Berk. et Brme). Heute wird die Nebenfruchtform *Microdochium nivale* (Fr.) Samuels & Hallet genannt und die Hauptfruchtform als *Monographella nivalis* (Schaffnit) E. Müller bezeichnet. Es werden zwei Varietäten – var. *majus* und var. *nivale* unterschieden, wobei nach PCR-Analysen var. *majus* mit 70 % bei Halmbasis- und 93 % bei Kornbefall zu dominieren scheint (PARRY et al., 1995).

M. nivale kann auf Strohresten im Boden, die er saprophytisch besiedelt, überdauern. Der Erreger ist in der Lage auch frei durch den Boden zu wachsen. (MIELKE, 1998). Er ist an niedrige Temperaturen angepasst und kann bei 5°C noch infizieren (HÄNI, 1981). Das Wachstumsminimum liegt sehr niedrig (2°C), das Optimum bei 20°C (HOFFMANN und SCHMUTTERER, 1999). Die Übertragung von *M. nivale* erfolgt mit dem Saatgut oder durch bodenbürtiges Inokulum (HÄNI, 1980). Feuchte Witterung im Sommer mit Niederschlägen und Wind fördern die Übertragung des Befalls, besonders bei lagerndem Getreide (BRAUN und RIEHM, 1957; HÄNI, 1980). Der Blatt- und Ährenbefall durch *M. nivale* geht von windverbreiteten Ascosporen, die in Perithezien auf Blattscheiden und Blattspreiten gebildet werden, oder von durch Regenspritzer verbreiteten Konidiosporen aus (OBST, 2002).

Seit der Entwicklung und Einführung von gut wirksamen Beizmitteln zur Bekämpfung des Schneeschimmels steht heute der Blatt- und Ährenbefall durch *M. nivale* immer mehr im Vordergrund. Blattdürreerscheinungen, hervorgerufen durch *M. nivale*, sind von WALTER und FOCKE (1981) beschrieben worden. AHRENS und FEHRMANN (1984) haben in Weizenbeständen nekrotische Flecken, verursacht von *M. nivale*, in größerem Umfang beobachtet. Die selben Autoren berichten auch über ein starkes Auftreten von parieller Weißährigkeit, ausgelöst durch *M. nivale*, im Stadium der späten Milchreife. Für die Schweiz und auch für Großbritannien wurde in älteren

Untersuchungen gefunden, dass *M. nivale* als Ährenparasit sehr stark verbreitet ist (COLHOUN et al. 1963 und 1964). Im Zusammenhang mit zunehmendem Keimlingsbefall stellte man ein verstärktes Auftreten von *M. nivale* in der Ähre auch in Frankreich fest (RAPILLY et al., 1971). *M. nivale* und *F. graminearum* gehören nach OBST (1992) zu den am häufigsten auf Weizenähren vorkommenden „Fusarien". Untersuchungen von Kornproben in den Jahren 1997 und 1998 ergaben, dass *M. nivale* sehr häufig und mit einem starken Befall besonders im nordwestdeutschen Raum vorkam (AL-KUBRUSLI, 2000).

Die Aussagen über die befallsfördernden Faktoren, den Infektionszeitpunkt und Infektionsweg mit *M. nivale* sind sehr widersprüchlich oder ungenau. Nach IHSSEN (1912) geschieht die Infektion der Keimpflanzen durch die schon vorhandene Infektion des Saatkornes, die während der Blütezeit stattfindet. Einer Infektion über den Boden kommt nach dem selben Autor nur eine untergeordnete Rolle zu. HÄNI (1980) dagegen gibt einer Bodenverseuchung mit *M. nivale* von große Bedeutung für den Keimlingsbefall. Auch andere Autoren berichten über eine Infektion der Pflanzen durch kontaminierten Boden (SNYDER und NASH, 1968; RAWLINSON und COLHOUN, 1969; BOOTH und TAYLOR, 1976b). Nach WOLLENWEBER (1932) ist eine Übertragung der Infektion von befallenen Nachbarpflanzen auf gesunde reifende Ähren möglich. Der Befall der Blattspreiten kann nach HÄNI (1981) eine Rolle für eine Ähreninfektion spielen. Feuchte und kühle Witterung nach dem Ährenschieben sollen den Befall fördern. Eine enge Beziehung zwischen dem parasitischen Befall der oberen Blätter und der Partiellen Weißährigkeit ermittelten auch AHRENS und FEHRMANN (1984), allerdings bei höheren Temperaturen zwischen 23 und 28°C.

Versuche mit künstlicher Inokulation von Sommerweizen und anschließendem Einbeuteln der Ähren ergaben, dass eine Infektion mit *M. nivale* vom Stadium Ende des Ährenschiebens bis Ende der Blüte möglich war (HÄNI, 1981). Auch DIEHL (1984) konnte bei Winterweizen nach künstlicher Ähreninokulation mit Konidiensuspension im Entwicklungsstadium EC 47/49 einen gesicherten Befall, deren Höhe von der eingesetzten Konidienkonzentration abhängig war, erzielen. Der Befall in der Ähre wurde durch Ausstreuen infizierter Körner als Bodeninokulum dagegen nicht beeinflusst.

Die Möglichkeit, den durch *M. nivale* verursachten Blatt- und Ährenbefall zu bekämpfen, ist bisher nur wenig untersucht. Ein Grund dafür soll sein, dass der Befall

des Erntegutes, aufgrund fehlender oder nicht eindeutig ausgeprägter Symptome in der Ähre sehr oft "latent" bleibt (DIEHL, 1984) und die Schädigung erst nach der Aussaat sichtbar wird. VEREET et al. (1988) beobachteten eine starke Minderung der Erregerpopulation nach zweimaliger Anwendung von Guanidin-Präparaten. Einige Hinweise zur Bekämpfung von *M. nivale* wurden von OBST (1992) veröffentlicht. Danach sollen Morpholin-Triazol-Kombinationen Teilwirkungen gezeigt haben. Die Kontaktmittel Anilazin und Chlortalonil waren nach diesem Bericht nur begrenzt wirksam.

Das Ziel der vorliegenden Arbeit war es, durch Anwendung moderner Methoden (ELISA) detaillierte und abgesicherte Informationen über die Bedeutung von Blattbefall und Ähreninfektionen mit *M. nivale* für die Kontamination des Erntegutes sowie über den Einfluss der Befallsstärke auf die Saat- und Erntegutqualität zu erhalten. Auf dieser Grundlage sollte ermittelt werden zu welchem Zeitpunkt und mit welcher Aufwandmenge Strobilurinpräparate (Azoxystrobin, Picoxystrobin) effektiv zur Bekämpfung von Blatt- und Ährenbefall durch *M. nivale* eingesetzt werden müssen.

2 MATERIAL UND METHODEN

2.1 Chemikalien

Neben den unten genannten Chemikalien wurden, soweit nicht anders angegeben, nur Produkte der Firma Merck, Darmstadt, mit dem Reinheitsgrad "p.A." oder „reinst“ verwendet.

Agar-Agar für Bakteriologie	Loewe, Sauer
CM-Cellulose-RBB	Blue Substrates e.v., Göttingen
CM-Xylan-RBB	Blue Substrates e.v., Göttingen
Gelatine-RBB	Blue Substrates e.v., Göttingen
HEPES p.A.	Biomol, Hamburg
Kaliumjodid	Fa. Roth, Karlsruhe
Kaliumthiocyanat	Fa. Riedel-de Häen
Polyvinylpyrrolidone	SERVA, Heidelberg
Rinderserumalbumin	Roche Diagnostics GmbH, Mannheim
Trichloressigsäure	Fa. Roth, Karlsruhe
Para-Nitrophenylphosphat	Boehringer, Ingelheim
Potato Dextrose Broth	Difco, Detroit, Michigan, USA
Stärke-RBB	Blue Substrates e.v., Göttingen
Streptavidin-alkalische Phosphatase	Roche Diagnostics GmbH, Mannheim
Streptomycinsulfat	SERVA, Heidelberg
Tween 20	Fluka, Neu-Ulm

<u>Fungizide:</u>

ACANTO®	(250 g/l Picoxystrobin)	Firma Syngenta
AMISTAR®	(250 g/l Azoxystrobin)	Firma Syngenta
GLADIO®	(375 g/l Fenpropidin+ 125 g/l Propiconazol+ 125 g/l Tebuconazol)	Firma Syngenta
JUWEL TOP®	(125 g/l Epoxiconazol+ 150 g/l Fenpropimorph+ 125 g/l Kresoxim-Metyl)	Firma BASF

2.2. Nährmedien und Puffer

Die Nährmedien wurden mit Leitungswasser oder Aqua bidest angesetzt. Der pH-Wert wurde vor dem Autoklavieren (121 °C, 15 min), soweit nicht anders angegeben mit NaOH bzw. HCL eingestellt.

Potato-Dextrose-Agar (PDA), pH 6

Potato-Dextrose Broth (Difco)	20 g
Agar	15 g
Aqua bidest	1000 ml

Strohextrakt-Agar, pH 6

Winterweizenstroh gemahlen (ø 2mm)	10 g
Agar	15 g
Leitungswasser	500 ml

Das LW wurde mit dem Stroh vermischt und eine Stunde gerührt. Dann wurde der Sud filtriert (Faltenfilter, ∅ 385 mm, Fa. Schleicher & Schuell, Dassel) und das Filtrat auf 1000 ml aufgefüllt. Danach wurde der pH-Wert eingestellt, Agar zugegeben und autoklaviert.

Hafermehl-Agar, pH 6

Hafer gemahlen (ø 4 mm)	10 g
Agar	15 g
Leitungswasser	500 ml

Das LW wurde mit dem Hafermehl vermischt und autoklaviert. Das Gemisch wurde anschließend filtriert (Faltenfilter, ∅ 385 mm, Fa. Schleicher & Schuell, Dassel) auf 1000 ml aufgefüllt, der pH-Wert eingestellt, Agar zugegeben und wieder autoklaviert.

Czapek-Dox-Basalmedium

$NaNO_3$	2,0 g
K_2HPO_4 x $3H_2O$	1,3 g
$MgSO_4$ x $7H_2O$	0,5 g
KCL	0,5 g
$FeSO_4$ x $7H_2O$	0,01 g
Pepton aus Casein	0,2 g
Aqua bidest	500 ml

Beschichtungspuffer für ELISA, pH 9,6

Na_2CO_3	1,59 g
$NaHCO_3$	2,93 g
NaN_3	0,2 g
Aqua bidest	ad 1000 ml

Extraktionspuffer für ELISA, pH 7,4

PPK (s.u.)
0,05% Tween 20
0,2% PVP

Phosphatgepufferte physiologische Kochsalzlösung (PPK), pH 7,4;
(nach CASPER und MEYER, 1981, verändert)

NaCl	8,2 g
KH_2PO_4	0,2 g
Na_2HPO_4 x 12 H_2O	2,9 g
KCL	0,2 g
Aqua bidest	ad 1000 ml

Substratpuffer, pH 9,8

Diethanolamin	97 ml
Aqua bidest	600 ml

Der pH-Wert wurde mit 2N HCL auf pH 9,8 eingestellt und anschließend mit Aqua bidest. auf 1000 ml aufgefüllt.

Waschpuffer

PPK, ½ konzentriert
0,05 % Tween 20

Acetat-Essigsäüre Puffer, pH 5 (für Enzymtest)

Natriumacetat wasserfrei (82,03 g/mol)	8,2 g
Aqua bidest	1000 ml

Der pH-Wert wurde mit 100 % Essigsäure eingestellt

HEPES - HCL Puffer, pH 7 (für Enzymtest)

HEPES p.A. (238,3 g/mol)	23,83
Aqua bidest	1000 ml

Der pH-Wert wurde mit NaOH eingestellt

2.3 Organismen

2.3.1 Pflanzen

In der vorliegenden Arbeit wurde, wenn nicht anders angegeben, die Winterweizensorte „Ritmo“ verwendet.

2.3.2 *M. niv*ale Isolate

Grundsätzlich wurden *M. nivale* var. *majus* Isolate verwendet, die aus der Sammlung des Instituts für Pflanzenpathologie und Pflanzenschutz der Universität Göttingen stammen.

M. nivale Isolat Nr.	Herkunft
76	Roggen, sensibel
78	Roggen, resistent
4.3	Weizenähre
4.6	Gerste, Keimling

2.4 Erhaltungskulturen

Alle Pilzisolate wurden in Polysterolpetrischalen (∅ 90 mm) auf Strohextraktagar bei 6°C aufbewahrt und alle 6 Monate überimpft.

2.5 Gewinnung von Inokulationsmaterial

2.5.1 Myzel- und Sporensuspension

Für die Herstellung der Myzel- und Sporensuspension wurde Strohextrakt- und Hafermehlagar sowie PDA verwendet. Dieser wurde in sterile Polystyrolpetrischalen ausgegossen, mit den verschiedenen *M. nivale*-Isolate beimpft und eine Woche bei 20°C inkubiert. Die bewachsenen Petrischalen wurden anschließend unter langweiligem UV-Licht bei 22°C für drei weitere Wochen inkubiert. Für die Gewinnung der Suspension wurde der Agar von 20 Petrischalen abgekratzt und in einen handelsüblichen Mixer gegeben. Es wurde mit Leitungswasser auf 1 L aufgefüllt und das Material so lange zermixt, bis sich eine einheitliche Suspension gebildet hatte. Diese wurde mit Wasser weiterverdünnt und die Sporen- und Myzelstückenzahl mit Hilfe einer Fuchs-Rosental-Zählkammer bestimmt.

Für die Inokulation der Jungpflanzen im Gewächshaus wurden nur die Konidien von der Oberfläche des Hafermehlagars mit 20 ml LW gespült und auf eine Dichte von 4 x 10^5 eingestellt.

2.5.2 Infizierte Haferkörner

Als Bodeninokulum wurden Haferkörner verwendet, die zuvor gespült, eingeweicht und mit einem Abstand von 24 Stunden doppelt autoklaviert worden waren. Von den sterilen Haferkörnern wurden 400 ml in einer mit 70 % Ethanol oberflächlich sterilisierten Kunststoffschale (13 x 18 cm) mit je 15 Agarscheiben (∅ 6 mm, PDA-Medium) von den verschiedenen *Microdochium*-Stämmen beimpft und 7 bis 10 Tage bei 22°C inkubiert. Die bewachsenen Haferkörner wurden anschließend in einem Kühlraum bei 4°C aufbewahrt.

2.6 Bestimmung von Enzymaktivität und Wachstum verschiedener *M. nivale*-Isolate auf Medien mit verschiedenen Substrat-Farbstoff-Konjugaten

Für die Bestimmung der Enzymaktivität verschiedener *M. nivale* Isolate in vitro wurde eine von WOLF & WIRTH (1990) entwickelte Enzymnachweismethode verwendet. Das Prinzip der Methode beruht auf der Verwendung löslicher, kovalent an einem Farbstoff gebundener Biopolymere, die enzymatisch gespalten werden können. Dazu wurde ein Reaktionsgemisch mit folgender Zusammensetzung hergestellt:

Czapek-Dox-Basalmedium	500 ml
Substratfarbstoff-Konjugat-Lösung	500 ml
Agar	15 g

Die Substratfarbstoff-Konjugat-Lösungen (Cellulose, Xylan, Stärke etc.) wurden mit Aqua bidest auf eine optische Dichte von 0,6 bei 600 nm eingestellt. Das Czapek-Dox-Basalmedium und die Substratfarbstoff-Konjugat-Lösung wurden getrennt mit HCL bzw. NaOH auf pH 5 (Polysaccharidfarbstoff-Konjugat-Platten) oder pH 7 (Gelatinefarbstoff-Konjugat-Platten) eingestellt und 15 min bei 121 °C autoklaviert. Nach Abkühlung auf ca. 48 °C wurden die beiden Lösungen zusammengemischt und je 20 ml in Polysterolpetrischalen (ø 90 mm) gegossen.

Die Platten wurden in der Mitte mit Agarstücken (ø 6 mm) einer 5 Tage alten Kultur der verschiedenen *M. nivale*-Isolate beimpft und bei 20°C im Dunkeln inkubiert. Pro Isolat wurden 4 Wiederholungen angesetzt. Die Ausscheidung extrazellulärer Enzyme wird an einem Aufhellungshof im Agar erkennbar, wobei sich der abgespaltene Farbstoff-Polymer-Komplex um den Hof herum als Ring konzentriert. Nach einer 5-tägigen Inkubation wurde der Durchmesser von Hof und Myzel als Maß für Enzymaktivität bzw. Wachstum durch zwei senkrecht aufeinandergestellte Geraden gemessen.

2.7 Enzymextraktion von Jungpflanzen

Für die Bestimmung der Enzymaktivität in den Weizenpflanzen wurden Blattproben entnommen und in einem Verhältnis 1:5 (w/v) mit Na-Acetat-Essigsäure Puffer bzw. HEPES-HCL Puffer in einen eisgekühlten Mörser gegeben. Das Material wurde nach Zugabe von Quarzsand zu einer homogenen Masse zermörsert. Das Homogenisat

wurde anschließend in 2 ml Eppendorf-Cups gefüllt und 10 min. bei 13000 g und 4°C zentrifugiert. Der Überstand wurde für die Bestimmung von Enzymaktivitäten verwendet.

Parallel zum Enzymtest wurde auch die Pilzmenge von *M. nivale* mit Hilfe eines DAS-ELISA ermittelt. Dazu wurde vom Extrakt ein Aliquot von 100 µl entnommen, mit ELISA-Extraktionspuffer weiterverdünnt und in den Test eingesetzt.

2.8 Befallsermittlung

2.8.1 Quantifizierung des Befalls mit visueller Bonitur

Der Blattbefall wurde zunächst durch eine visuelle Bonitur erfasst. Die Probenahme erfolgte an drei verschiedenen Stellen jeder Parzelle und enthielt mindestens 30 bis maximal 50 Pflanzen. Die nekrotisierte Blattfläche der einzelnen Blätter wurde prozentual geschätzt und gemittelt. Visuelle Blattbonituren wurden vom Stadium BBCH 39 (Fahnenblatt voll entfaltet) bis spätestens Stadium BBCH 75-77 (Mitte bis Späte Milchreife) durchgeführt.

2.8.2 Quantifizierung des Befalls mit Hilfe eines Enzymtests

Die Aktivität pilzlicher Enzyme im pflanzlichen Gewebe kann als Maß für die Stärke des Pilzbefalls dienen. Mit einem Verfahren nach WIRTH und WOLF (1992) wurde die Enzymaktivität in Mikrotiterplatten bestimmt.

In diesem Verfahren dient als Substrat des Enzyms ein lösliches Polysaccharid, an das der Farbstoff Remazol Brilliant Blue kovalent gebunden ist. Das Enzym spaltet von dem Substrat kürzere Bruchstücke ab. Zugabe von Säure dient zur Ausfällung nicht gespaltener Substratbruchstücke, die sich nach Zentrifugation als Pellet absetzen. Der Überstand wird von den verbleibenden kürzeren Fragmenten gefärbt. Die Extinktion in der Lösung ist ein Maß für die Konzentration der Fragmente und korreliert mit der Aktivität des Enzyms.

Der Test wurde in Mikrotiterplatten (96 Tröge, Firma Costar) mit jeweils einer Kavität von 350 µl / Trog durchgeführt. Von dem Extrakt wurden in die Platten 100 µl pipettiert, anschließend erfolgte die Zugabe von 100 µl Substrat (Cellulose, Stärke, Xylan oder Gelatine). Die Mikrotiterplatten wurden mit kondensationsarmen Deckeln (Firma Costar) verschlossen und 2 h bei 40°C im Wasserbad inkubiert. Nach der Inkubation wurde die Enzymreaktion durch Zugabe von 100 µl 1N HCL gestoppt und die Mikrotiterplatten auf Eis gekühlt. Den Blanks wurde 100 µl der jeweiligen Probe zugegeben und die Reaktion sofort mit 100 µl 1 N HCL gestoppt. Die Mikrotiterplatten wurden anschließend für 10 min bei 2500 U/min zentrifugiert. Dem Überstand wurde ein Aliquot von 175 µl entnommen und in eine Mikrotiterplatte mit einer Kavität von 96 x 185 ml (A/2, Fa: Costar, Cambridge, USA) überführt. Die Extinktion wurde in einem Photometer für Mikrotiterplatten (Spektra, SLT, Austria) bei einer Wellenlänge von 592 nm gemessen.

2.8.3 Quantifizierung des Befalls mit Hilfe eines ELISA

Für die Quantifizierung des *M. nivale* Befalls wurde ein direkter DAS-ELISA (double antibody sandwich ELISA, nach CLARK und ADAMS, 1977) eingesetzt. Die zu diesem Verfahren nötigen spezifischen Antikörper wurden vom Institut für Pflanzenpathologie und Pflanzenschutz der Universität Göttingen zur Verfügung gestellt.

Das zu untersuchende Material (Kornproben, Blätter) wurde getrocknet und gemahlen. Jeweils 1,5 g Mehl wurde im Verhältnis 1:20 (w:v) mit Extraktionspuffer gemischt und über Nacht bei 4°C und 120 Upm auf einem Rotationsschüttler (Fa. Gerhardt) geschüttelt. Von jedem Extrakt wurden danach 1 ml in Eppendorf-Cups überführt und in einer Tischzentrifuge (Biofuge A, Heraeus Christ, Osterode) 10 Min. bei 13000 g zentrifugiert. Für den Test wurde der Überstand verwendet.

Die Extraktion von einzelnen Körnern oder Ährenspindelteilen erfolgte in Mikrotiterplatten (96 Tröge, Firma Costar) mit jeweils einer Kavität von 350 µl / Trog. Dazu wurden die ganzen Körner bzw. die entsprechenden Teile der Ährenspindel in die Tröge der Mikrotiterplatte mit 200 µl Extraktionspuffer 24 Stunden bei 4°C extrahiert und ein Aliquot von 100 µl für den Test verwendet.

Die Untersuchung der Extrakte erfolgte in sechs Arbeitsschritten. Nach jedem der Schritte eins bis fünf wurden die ELISA-Mikrotiterplatten dreimal für jeweils 3 min. mit Waschpuffer gewaschen.

1) Beschichten der Mikrotiterplatten (Fa. Nunc, Dänemark) mit spezifischen Antikörpern (in Beschichtungspuffer, IgG-Verdünnung 1:2000), 100 µl / Kavität, Inkubation bei 4°C über Nacht
2) Blocken zur Absättigung der noch freien Bindungsstellen (Beschichtungspuffer + 0,2 % RSA)
3) Auftragen der Proben, 100 µl je Kavität, Inkubation bei 4°C über Nacht
4) Zugabe von biotinilierten Antikörpern (IgG-Verdünnung 1:2000), 100 µl je Kavität, Inkubation bei 4°C über Nacht
5) Zugabe von Streptavidin-alkalischer Phosphatase (Verdünnung1:5000 in PPK/Tween 20 + 0,2 % RSA), 100 µl je Kavität, Inkubation für 1h bei 37°C
6) Zugabe von Substratlösung (1 mg/ml pNPP in Substratpuffer), 100 µl je Kavität, Inkubation im Dunkeln bei Raumtemperatur
7) Messen bei 405 nm (Referenzwellenlänge 592 nm) nach 1, 2 und 3 Stunden

2.9 Ermittlung der Saatgutqualität

Die Gesundheitsprüfung des Saatgutes wurde nach den Empfehlungen der „International Seed Testing Association“ (ISTA) durchgeführt.

2.9.1 Keimtest

Zur Prüfung der Keimfähigkeit wurden Proben mit unterschiedlich starkem *M. nivale* Befall ausgewählt. Jede Variante bestand aus 4 Wiederholungen à 100 Körner, die zuvor in sterilem Wasser für 30 min gewaschen wurden. Nach Abtrocknung der Körner wurden diese in Kunstoffschalen (13 x 18 cm) mit gefaltetem Filterpaper gelegt, mit 50 ml sterilem Wasser (pH 7,5) befeuchtet und mit einem durchsichtigen Deckel verschlossen. Die Inkubation erfolgte in einem Klimaschrank für 8 Tage bei 20°C. Der Keimlingsbefall wurde aufgrund typischer Symptome wie Wurzel- und Koleoptilenverbräunungen sowie korkenzieherartig verkrümmte oder abgestorbene Keimlinge prozentual ermittelt und mit den Ergebnissen des ELISA verglichen.

2.9.2 Triebkrafttest

In einem Triebkrafttest sollte der Einfluss des *Microdochium*-Befalls auf die Auflaufrate und Sprosslänge der Keimlinge geprüft werden. Als Maß für die Befallsstärke diente die Xylanaseaktivität der einzelnen Körner. Die Enzymextraktion erfolgte nach einer von VOLKE (1995) entwickelten Methode. Dazu wurden die Körner in den Trögen einer Mikrotiterplatte (Firma Costar) mit 200 µl einer 0,002 %igen NaN_3-Wasser Lösung überschichtet und 48 Stunden bei 4°C inkubiert. Danach wurde von jedem Trog ein Aliquot von 100 µl entnommen und zur Bestimmung der Xylanaseaktivität verwendet.

Die Körner wurden in Kunststoffschalen (11 x 11 cm) mit 800 g autoklaviertem Sand (60 % Wassergehalt) in 2 cm Tiefe und einem Abstand von 2,5 cm nach der gleichen Reihenfolge wie in der Mikrotiterplatte ausgesät. Die Schalen wurden anschließend mit 50 g Sand überschichtet und in einem Fasskühler (Firma Eisfink) bei 10°C und 24 Stunden Dauerlicht für 14 Tage inkubiert. Um den Wasserverlust zu kompensieren, wurden die Schalen jeden zweiten Tag mit je 30 ml Wasser gegossen. Nach der Inkubation wurden die Auflaufrate und die Sprosslänge der einzelnen Pflanzen bestimmt und zu den Werten des Enzymtests in Beziehung gesetzt.

2.10 Ermittlung von ausgewählten Qualitätsparametern des Erntegutes

Um mögliche Qualitätsveränderungen des Erntegutes infolge eines *M. nivale* Befalls sowie durch den Einsatz von strobilurinhaltigen Fungiziden zu prüfen, wurden in Kooperation mit dem Institut für Agrikulturchemie der Universität Göttingen Untersuchungen auf ausgewählte Inhaltsstoffe des Getreides und Teigeigenschaften der daraus hergestellten Mehle durchgeführt.

2.10.1 Inhaltsstoffe

Mineralstoffgehalt

Die nach der Verbrennung verbleibende Aschebestandteile entsprechen dem Mineralstoffgehalt im Getreide. Die Vermahlung des Kornmaterials (0,8 mm Sieb) erfolgte mit einer Fallzahlmühle von „Perten instruments“ (Laboratory Mill 120). Nach Bestimmung des Feuchtegehalts wurden ca. 5 g Mehl abgewogen und in einem

Muffelofen für 3 h verbrannt. Der Mineralstoffgehalt wird nach folgender Formel berechnet:

$$\textit{Mineralstoffgehalt (\%TM)} = \frac{\text{Glührückstand} \times 100}{\text{Einwaage(gTM)}}$$

Feuchtgluten

Der Feuchtglutengehalt wurde nach ICC-Standard 106/2 durch Auswaschen der wasserlöslichen Mehlbestandteile (Albumine und Globuline) mit einer Natriumchloridlösung ermittelt. Der verbleibende unlösliche Rest stellt die glutenbildenden Proteine dar und wurde nach folgender Formel berechnet:

$$\textit{Feuchtglutengehalt (\%)} = \frac{\text{Feuchtglutenmasse(g)} \times 100}{\text{Einwaage(g)x(100} - \text{Feuchte)}} \textit{ x 100}$$

Rohprotein

Der Rohproteingehalt wurde nach der DUMAS-Verbrennungsmethode mittels eines Elementaranalysators (CN 2000, Leco Instrumente GmbH Hanau) bestimmt (Anonym, 1999). Dazu wurde 0,5 g Mehl in Keramikschiffchen eingewogen und in das Gerät gegeben. Die Probe wird in einer sauerstoffreichen Atmosphäre bei ca. 1000°C verbrannt. Die dabei entstehenden Stickstoffverbindungen werden in molekularen Stickstoff umgewandelt, der von einem Detektor quantitativ erfasst wird. Der Rohproteingehalt wird durch Multiplikation des Stickstoffgehaltes mit dem Faktor 5,7 berechnet.

Stärkegehalt

Der Stärkegehalt wurde polarimetrisch (ICC-Standard Nr. 123) bestimmt. Das Prinzip beruht darauf, dass nach dem Ausfällen der Proteine der Drehungswinkel von Stärke gemessen wird. Der Stärkegehalt wurde wie folgt berechnet:

$$c = \frac{\alpha}{[\alpha]_D^{20} \times 1}$$

c: Konzentration (g/ml)

α: gemessener Winkel (°)

$[\alpha]_D^{20}$: spezifisches Drehvermögen $\left(\frac{° \times ml}{dm \times g}\right)$, Weizen: 182,7; Roggen: 184,0

l: Länge der Polarimeterröhre in dm (1,901)

$$\textit{Stärkegehalt (\% TM)} = \left(c \cdot ExVol \cdot \frac{100}{Einwaage(g)}\right) : \frac{TM}{100}$$

c: Konzentration in g/ml

ExVol: Extraktionsvolumen in ml

TM: Trockenmasse in g

Bestimmung der Amyloseextrahierbarkeit nach Mc Dermott

Die Amyloseextrahierbarkeit dient als Maß für die Stärkebeschädigung. Die Methode beruht auf der jodometrischen Bestimmung der extrahierbaren Amylose (McDermott, 1980). Die Extraktion wird mit einem Gemisch aus 1,67 % Trichloressigsäure und 5,0 % Kaliumthiocyanat im Verhältnis 1:1 für 15 min bei 30°C durchgeführt. Durch Zugabe von Jodlösung (0,2 g Jodkristalle + 2 g Kaliumjodid in 100 ml Aqua bidest) geht die gelöste Amylose mit dieser einen Amylose-Jod-Komplex ein, dessen Intensität sich in unmittelbarem Zusammenhang mit der Stärkebeschädigung befindet (Messung bei 600 nm im Photometer). Die Amyloseextrahierbarkeit wird als Blue Value angegeben und wurde nach folgenden Formeln berechnet:

$$BV / 1\ g\ Mehl = (E_{Probe} - E_{BW}) \times 20$$

BV Blue Value

E_{Probe} Extinktion des Jod-Farbkomplexes

E_{BW} Extinktion der Blindprobe

20 Korrekturfaktor für Volumina der Probelösung

Berechnung für Stärkebeschädigung pro g Stärke:

$$BV / g\ Stärke = \frac{\mathrm{BV / gMehl} \times 100}{\mathrm{Stärkegehalt(\%)}}$$

Fallzahl

Die Fallzahl stellt eine Komplexgröße aus Stärkebeschaffenheit und α-Amylaseaktivität dar und hat sich auch zur Charakterisierung der Erntebeschaffenheit von Roggen und Weizen durchgesetzt. Sie wurde nach ICC-Standard Nr. 107 ermittelt.

2.10.2 Teigeigenschaften

Die Prüfung physikalischer Teigeigenschaften erfolgte mit dem ungarischen Laborgerät Valorigraph Typ QA-203. Hier wird das Drehmoment als Widerstand eines Weizenmehlteiges mit vorbestimmter Konsistenz von 500 VE (Valorigrammeinheiten) gemessen, dass durch zwei z-förmig ausgebildete, mit unterschiedlicher Drehzahl (2:3) sich gegeneinander bewegende Knetschaufeln im schwenkbar gelagerten Knetgefäß entsteht. Das spezifische Verhalten des Teiges wird durch die Übertragung dieses veränderlichen Drehmoments auf eine Scheibeneinrichtung als Kraft-Zeit-Diagramm skizziert (Abb. 1) und ermöglicht die Einschätzung der Teigentwicklung und Teigstabilität in einer Zeiteinheit (min) sowie der Teigerweichung und Teigelastizität in Valorimeterzahlen.

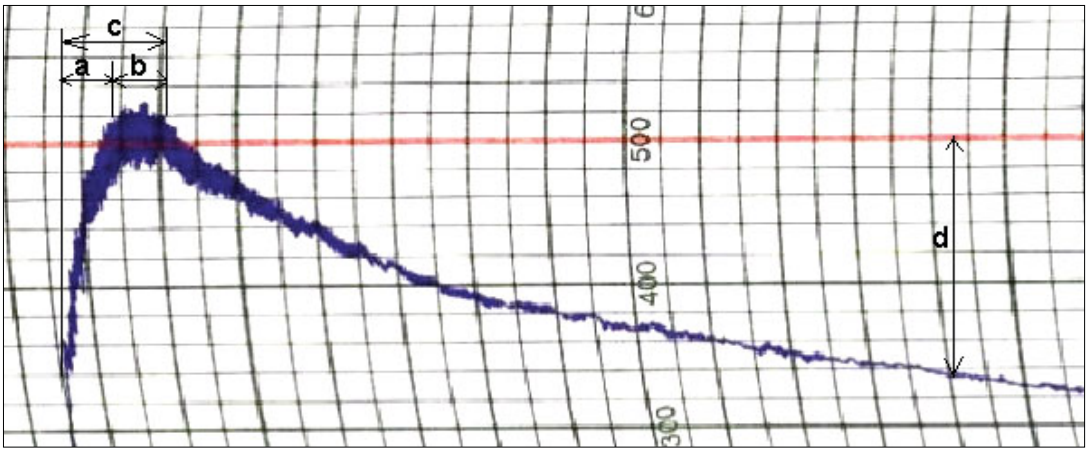

Abb. 1: Darstellung eines Valorigramms

a = Teigentwicklungszeit (min)
b = Teigstabilität (min)
c = Teigresistenz (min)
d = Teigerweichung (VE)

2.11 Versuchsanlage und Inokulation der Gewächshausversuche

2.11.1 Jungpflanzentest

Um Informationen über den Blattbefall durch *M. nivale* und dessen Nachweis im pflanzlichen Gewebe mit enzymatischen und serologischen Methoden zu gewinnen, wurden unter kontrollierten Bedingungen im Gewächshaus junge Pflanzen angezogen und mit dem *M. nivale* Isolat 4.3 inokuliert. Die Aussaat erfolgte mit gebeiztem Saatgut (Sorte „Ritmo“) in Plastiktöpfe (13 x 13 cm) mit einer Erdmischung von 2 Teilen Kompost, 1 Teil Sand und 1 Teil Einheitserde. Pro Topf wurden 16 Körner in 2 cm Tiefe und einem Abstand von 2,5 cm gesät. Insgesamt wurden für jede Variante 4 Wiederholungen angesetzt, wobei jeder Topf eine Wiederholung darstellte. Die Töpfe wurden in Blechwannen mit Wasser gestellt und nach Auflauf der Pflanzen mit einer durchsichtigen Plastikfolie überdeckt. Somit wurde eine relative Luftfeuchte von 95 bis 100 % erreicht. Die Durchschnittstemperatur im Raum hatte einen Wert von 17°C. Die Beleuchtung (8000 Lux) erfolgte durch Quecksilberdamflampen (HQL, 400 W, Fa. Osram, Grossbritanien).

Für die Inokulation wurde ein handelsüblicher Blumensprüher verwendet. Die Pflanzen wurden im 3-Blatt-Stadium (BBCH 13) mit 300 ml Sporensuspension der Dichte 4 x 10^5 Konidien/ml von *M. nivale* Isolat 4.3, die Kontrolle mit Leitungswasser besprüht. Die Probenahme erfolgte am 12 Tag nach der Inokulation.

2.11.2 Fungizidversuch

Um die Wirkung von AMISTAR unter kontrollierten Bedingungen zu prüfen, wurden im Versuchsjahr 2000 Pflanzen zum Stadium BBCH 39 vom Feld ins Gewächshaus geholt und bei 16°C weiter inkubiert. Die relative Luftfeuchte im Gewächshaus hatte einen durchschnittlichen Wert von 81%. Die Inokulation der Pflanzen, sowie die Fungizidapplikationen erfolgten parallel zu dem Feldversuch. Eine visuelle Blattbonitur

wurde zu Mitte Milchreife (BBCH 75) durchgeführt. Die Quantifizierung der *Microdochuim*-Menge im Korn erfolgte über einen DAS ELISA. Das Fungizid wurde mit einer Konzentration von 0,75 L/ha jeweils zu drei verschiedene Entwicklungsstadien des Weizens (BBCH 39, BBCH 47 und BBCH 55) appliziert.

2.12 Versuchsaufbau und Inokulation der Feldversuche

2.12.1 Einzelährcheninokulationen unter Freilandbedingungen

Um die Symptomausprägung und die Entwicklung des *M. nivale*-Befalls in der Ähre zu studieren wurden im Versuchsjahr 2001 gezielte Einzelährcheninfektionen im Entwicklungsstadium Begin bis Mitte der Blüte (BBCH 61-65) unternommen. Diese Inokulation sollte immer an einem bestimmten Ort einer Ähre gemacht werden. Dazu wurden mehrere Pflanzen markiert und für die Inokulation das achte Ährchen (von unten nach oben gezählt) ausgewählt. Die Sporensuspension (Dichte 4 x 10^4 Konidien ml) wurde mittels einer medizinischen Einwegspritze mit einer Kanüle in die ausgewählte Blüte (ca. 30 µl) getropft. Eine visuelle Bonitur erfolgte im Stadium Mitte Milchreife (BBCH 75).

2.12.2 Fungizidversuche

Um Informationen über die Wirkung von Strobilurinpräparaten auf den Blatt- und Ährenbefall durch *M. nivale* zu erhalten, wurden zweijährige Freilandversuche durchgeführt. Im Vordergrund stand die Ermittlung einer optimalen Fungizidaufwandmenge sowie den genaueren Applikationstermin. Die Versuche wurden als Blockanlage mit 4 Wiederholungen und einer Parzellengröße von 15 m^2 angelegt. Damit eine bessere Beurteilung des Fungizideffekts erfolgen konnte, wurde der natürliche Befallsdruck von *M. nivale* durch eine künstliche Inokulation und Beregnung der Parzellen erhöht. Die pflanzenbaulichen Maßnahmen der Versuche sind in den Tab. A 15 und Tab. A 16 aufgeführt. Als Grundlage für die Berechnung der Ausbringungskosten wurde der Aufwand für eine Feldspritze mit 24 m Spritzstange und 3000 L Reservoir (z. Zeit 6,28€) verwendet (Quelle: Fachlicher Informationsdienst der Landwirtschaftskammer Hannover im Jahr 2000/01). Die Fungizidpreise wurden aus der Raiffaisen Pflanzenschutz Preisliste 2001/02 entnommen.

2.12.2.1 Feldversuch 1999/2000

Für die Inokulation im Versuchsjahr 2000 wurden vier *M. nivale*-Isolate var. *majus* verwendet. Als Inokulum diente künstlich infiziertes Haferkorn. Pro Parzelle wurden 400 ml Inokulum zum Entwicklungsstadium Erscheinen des Fahnenblattes (BBCH 37) ausgestreut. Zusätzlich wurden Sprühinokulationen (15000 Myzelstücke/ml) zu zwei verschiedenen Terminen (BBCH 51; BBCH 61/63) durchgeführt. Die Menge der ausgebrachten Myzelsuspension betrug 50 ml/m². Zur Bekämpfung wurde das Fungizid AMISTAR jeweils in den Konzentrationen 0,5-0,75-1 L/ha zu drei verschiedenen Applikationsterminen eingesetzt. Die Behandlungen erfolgten allein und nach einer JUWEL TOP Vorbehandlung im BBCH 32 (Tab. 1).

Tab.1: Fungizidvarianten im Versuchsjahr 2000

Behandlungen, Aufwandmengen (L/ha), BBCH-Stadium				
Variante	BBCH 32	BBCH 39	BBCH 47	BBCH 55
1		unbehandelt		
2	Juwel Top 0,5	Amistar 0,5		
3	Juwel Top 0,5	Amistar 0,75		
4	Juwel Top 0,5	Amistar 1		
5	Juwel Top 0,5		Amistar 0,5	
6	Juwel Top 0,5		Amistar 0,75	
7	Juwel Top 0,5		Amistar 1	
8	Juwel Top 0,5			Amistar 0,5
9	Juwel Top 0,5			Amistar 0,75
10	Juwel Top 0,5			Amistar 1
11	Juwel Top 0,5	Amistar 0,5		Amistar 0,5
12	Juwel Top 0,5	Amistar 0,75		Amistar 0,75
13	Juwel Top 0,5	Amistar 1		Amistar 1
14	Juwel Top 0,5			
15		Amistar 0,5		Amistar 0,5
16		Amistar 0,75		Amistar 0,75
17		Amistar 1		Amistar 1
18		Amistar 0,5		
19		Amistar 0,75		
20		Amistar 1		
21				Amistar 0,5
22				Amistar 0,75
23				Amistar 1
24			Amistar 1	

2.12.2.2 Feldversuch 2000/2001

Im Versuchsjahr 2001 wurden zwei Versuchsblöcke gebildet, bei denen die Inokulationsmethoden unterschiedlich waren. Im ersten Block wurden künstlich infizierte Haferkörner (*M. nivale*) Anfang Februar in einer Dichte von 400 ml / Parzelle ausgebracht. Der zweite Block wurde im Stadium BBCH 61 mit einer Sprühinokulation der Dichte 40 x 10^3 Myzelstücke/ml und 40 x 10^3 Konidien/ml von *Microdochium nivale* infiziert. Beide Versuchsblöcke wurden mit **gleichen Fungizidvarianten** behandelt. Im Versuchsjahr 2001 wurde die Wirkung von AMISTAR, ACANTO sowie einer Mischung von AMISTAR und GLADIO geprüft (Tab. 2).

Tab.2: Fungizidvarianten im Versuchsjahr 2001

Behandlungen, Aufwandmengen (L/ha), BBCH-Stadium				
Variante	BBCH 32	BBCH 39	BBCH 47	BBCH 55
1			unbehandelt	
2	Juwel Top 0,5		Amistar 0,6 + Gladio 0,6	
3	Juwel Top 0,5		Amistar 1,0	
4	Juwel Top 0,5		Acanto 1,0	
5	Juwel Top 0,5			Amistar 0,5
6	Juwel Top 0,5			Amistar 1,0
7	Juwel Top 0,5			Acanto 1,0
8	Juwel Top 0,5	Amistar 0,5		Amistar 0,5
9	Juwel Top 0,5	Amistar 1,0		Amistar 1,0
10	Juwel Top 0,5	Acanto 1,0		Acanto 1,0
11	Juwel Top 0,5			Amistar 0,6 + Gladio 0,6
12	Juwel Top 0,5			
13		Amistar 0,5		Amistar 0,5
14		Amistar 1,0		Amistar 1,0
15		Acanto 1,0		Acanto 1,0
16		Amistar 0,5		
17		Amistar 1,0		
18		Acanto 1,0		
19			Amistar 0,6 + Gladio 0,6	
20			Amistar 1,0	
21			Acanto 1,0	
22				Amistar 0,5
23				Amistar 1,0
24				Acanto 1,0

2.12.2.3 Ernte und Ertragsermittlung

Die Parzellen wurden mit einem Mähdrescher geerntet, die Feuchte bestimmt und der Ertrag in dt/ha mit 15 % Feuchteanteil angegeben. Für die Bestimmung der Tausendkornmasse (TKM) wurde ein Teil des Erntegutes von Spelzen und Bruchkorn gereinigt, 400 Körner mit einem Zählgerät ausgezählt und anschließend auf 1000 Körner umgerechnet.

2.13 Mikroskopie und Fotografie

Die mikroskopischen Untersuchungen wurden mit einem Standard 20 - Mikroskop (Fa. Carl Zeiss) durchgeführt. Als Filmmaterial wurden Kunstlichtfilme (Extrachrome, 64 ASA, Fa. Kodak, Großbritannien) verwendet. Die übrigen Aufnahmen wurden mit einer Digitalkamera (Fa. Olympus) gemacht.

2.14 Statistische Auswertung

Zur statistischen Auswertung der Ergebnisse wurden die Programme Systat 8.0 sowie Excel 2000 für Windows verwendet. Die einzelnen Werte wurden auf eine Normalverteilung getestet und falls notwendig logarithmisch transformiert. Mittelwertvergleich zwischen den verschiedenen Varianten erfolgte mit Tukey`s Test bei einer Irrtumwahrscheinlichkeit von $p \leq 0{,}05$. Die Varianten, die sich signifikant voneinander unterscheiden wurden mit verschiedenen Buchstaben oder (*) gekennzeichnet.

3 ERGEBNISSE

3.1 Labor- und Gewächshausversuche zur Enzymproduktion und zum Befall durch *Microdochium nivale*

Da die Möglichkeit besteht Informationen über die Pilzmenge im pflanzlichen Gewebe durch die Aktivität polysaccharid- und proteinabbauender Enzyme zu gewinnen, wurde die Fähigkeit verschiedener *M. nivale*-Isolate Cellulasen, Xylanasen, Amylasen und Proteasen zu bilden in vitro und in planta geprüft.

3.1.1 Enzymproduktion und Myzelwachstum auf Medien mit verschiedenen Substrat-Farbstoff-Konjugaten

Die Aktivität der pilzlichen Enzyme in vitro kann durch eine Aufhellungszone, die durch den Abbau verschiedener Substrate (Cellulose, Xylan, Stärke, Gelatine u.a.) entsteht, wenn sie diese als einzige C- bzw. N-Quelle nutzen, nachgewiesen werden. Das Myzelwachstum und die Enzymproduktion verschiedener *M. nivale*-Isolate sind in der Abb. 2 und 3 dargestellt. Die *M. nivale*-Isolate waren in der Lage Cellulasen und Amylasen in den Agar auszuscheiden. Bei den Platten mit Xylan und Gelatine wurde nur das radiale Myzelwachstum gemessen, weil hier keine eindeutige Aufhellungszonen zu erkennen waren (Abb. 2).

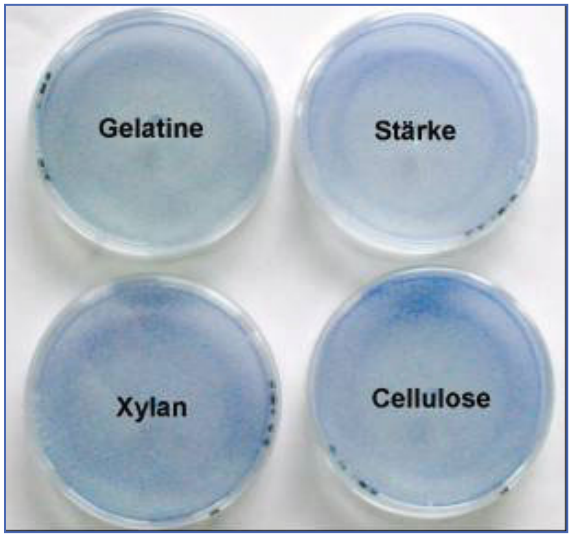

Abb. 2: Enzymproduktion von *M. nivale* (Isolat 4.6) auf verschiedenen Substraten nach 5-tägige Inkubation bei 20°C.

Die Produktion von Proteasen und Xylanasen konnte deshalb unter diesen Bedingungen nicht nachgewiesen werden.

Auf den verschiedenen Nährmedien zeigten die geprüften *M. nivale*-Isolate ein ähnliches Wachstum. So bildete das Isolat 76 bei allen getesteten Substraten immer den größten Koloniendurchmesser mit einem Durchschnittswert von 62 mm, gefolgt von Isolat 4.3 mit 60 mm. Die anderen zwei Isolate waren etwas schwächer in ihrem Wachstum und erreichten einen Wert zwischen 54 und 57 mm.

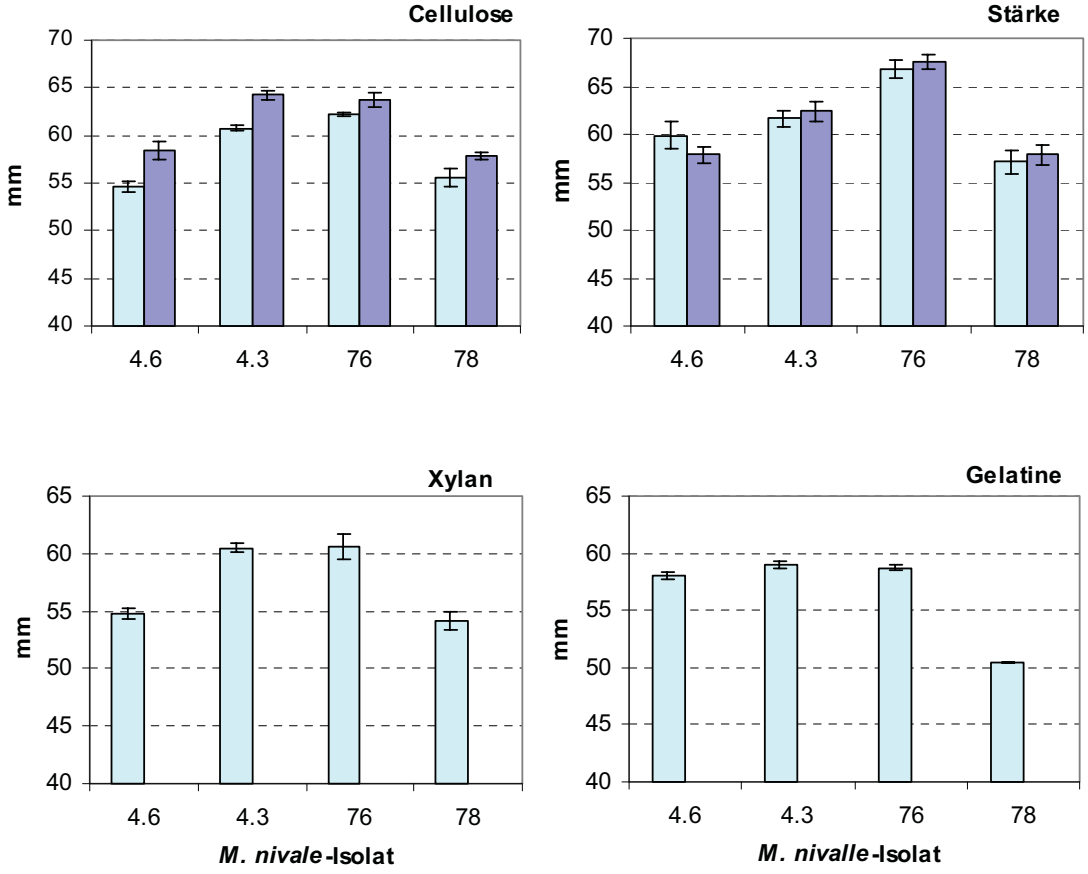

Abb. 3: Koloniedurchmesser ( ) und Hofdurchmesser ( ) verschiedener *M. nivale*-Isolate auf verschiedenen Substraten nach 5tägige Inkubation bei 20°C. Statistische Auswertung siehe Tab. A 1

Alle getesteten Isolate haben Enzyme in den Platten mit Cellulase und Stärke ausgeschieden. Dabei wurde deutlich, dass der Koloniedurchmesser stets genauso groß wie die Abbauzone für die Substrate war. Die Unterschiede zwischen den verschiedenen Isolaten waren relativ gering aber statistisch absicherbar.

3.1.2 Erfassung von Enzymaktivität und Blattbefall durch *M. nivale* in jungen Winterweizenpflanzen

Um zu überprüfen, inwieweit die zuvor in vitro gebildeten Enzyme nach einer Infektion im pflanzlichen Gewebe nachzuweisen sind, wurden unter Gewächshausbedingungen junge Pflanzen von Winterweizen der Sorte Ritmo mit dem *M. nivale*-Isolat 4.3 infiziert und auf pilzliche Enzyme und Pilzbefall untersucht.

Die ersten Blattsymptome in Form nekrotischer Flecken mit einer dunkelbraunen Randzone (Abb. 4), erschienen 8 Tage nach der Infektion. Die Enzymaktivität (Cellulase, Xylanase, Amylase und Protease) in den Blättern wurde im Entwicklungsstadium BBCH 13-21 (12 Tage nach der Infektion) bestimmt. Parallel zu den Enzymtests wurden die Proben auf Befall durch *M. nivale* serologisch mit dem DAS-ELISA überprüft. Da das gleiche Pflanzenmaterial untersucht werden musste, wurde der für den Enzymtest gewonnene Extrakt mit Acetat-Essigsäure-Puffer bzw. HEPES-HCL-Puffer mit einem ELISA-Puffer weiterverdünnt und in den Test eingesetzt.

Abb. 4: Blattnekrosen hervorgerufen durch *M. nivale* an jungen Winterweizenpflanzen (Foto - 10 Tage nach der Infektion**)**

Wie aus der Abb. 5 hervorgeht wiesen die infizierten Pflanzen eine sehr starke Enzymaktivität und deutlichen Pilzbefall auf. Die Cellulase-, Xylanase- und Proteaseaktivitäten waren nur in den infizierten Pflanzen stark erhöht, während die Amylase auch in nicht infizierten Pflanzen in großen Mengen nachgewiesen wurde.

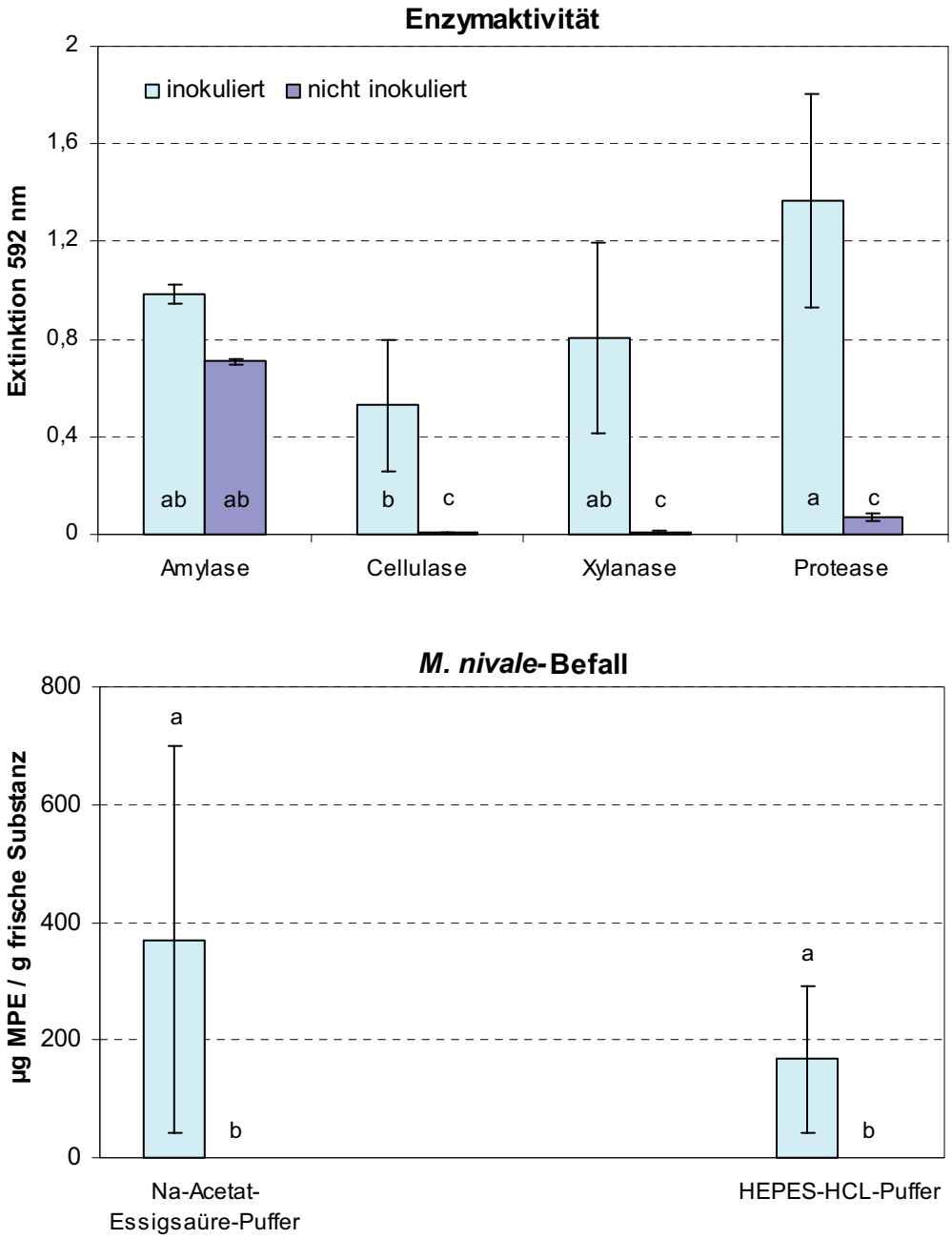

Abb. 5: Enzymaktivität und *M. nivale* – Befall an jungen Winterweizenpflanzen (Sorte Ritmo), 12 Tage nach der Inokulation, $\bar{x} \pm$ SD, Werte ohne gleiche Buchstaben sind signifikant verschieden, $p \leq 0{,}05$ nach Tukey

Die Quantifizierung des Pilzbefalls in den Proben mit dem DAS-ELISA zeigte nach der Extraktion mit den beiden Puffern sehr hohe Pilzmengen in den infizierten und keine Reaktion bei den nicht infizierten Pflanzen. Die große Standardabweichung unter den inokulierten Proben ist auf unterschiedlich starke Infektionen der einzelnen Pflanzen bzw. Wiederholungen zurückzuführen. Zwischen den Pilzmengen im ELISA-Test und

der Cellulase-, Xylanase- und Proteaseaktivität bestanden sehr hohe Korrelationskoeffizienten, während für die Amylaseaktivität, wie zu erwarten, keine Korrelation zum Pilzbefall festgestellt wurde (Tab. 3).

Tab. 3: Korrelationskoeffizienten zwischen DAS-ELISA und Aktivität verschiedener Enzyme nach Infektion von jungen Winterweizenpflanzen (Sorte Ritmo) mit *M. nivale*. *** = signifikant bei $p \leq 0{,}001$; ** $p \leq 0{,}01$; * $p \leq 0{,}05$; n.s. = nicht signifikant

	Amylase	**Cellulase**	**Xylanase**	**Protease**
DAS-ELISA	n.s.	0,94 **	0,94 **	0,85 *

Diese enge Korrelation zeigt, dass die Aktivität der drei untersuchten Enzyme (Cellulase, Xylanase, Protease) gut bis sehr gut die Pilzmenge im pflanzlichen Gewebe wiederspiegelt.

3.1.3 *M. nivale* – Befall in Samenschale und Mehlkörper

Um einen Überblick über den Pilzbefall innerhalb des Kornes zu erhalten, wurden mit *M. nivale* unterschiedlich stark befallene Proben von Winterweizen, wie sie nach verschiedenen Fungizidbehandlungen erhalten wurden, vermahlen und durch Siebe mit verschiedener Maschenweite (0,5 mm und 0,2 mm) gesiebt. Die auf diese Weise gewonnene Fraktionen (Abb. 6) wurden auf Befall durch *M. nivale* mit dem DAS-ELISA untersucht.

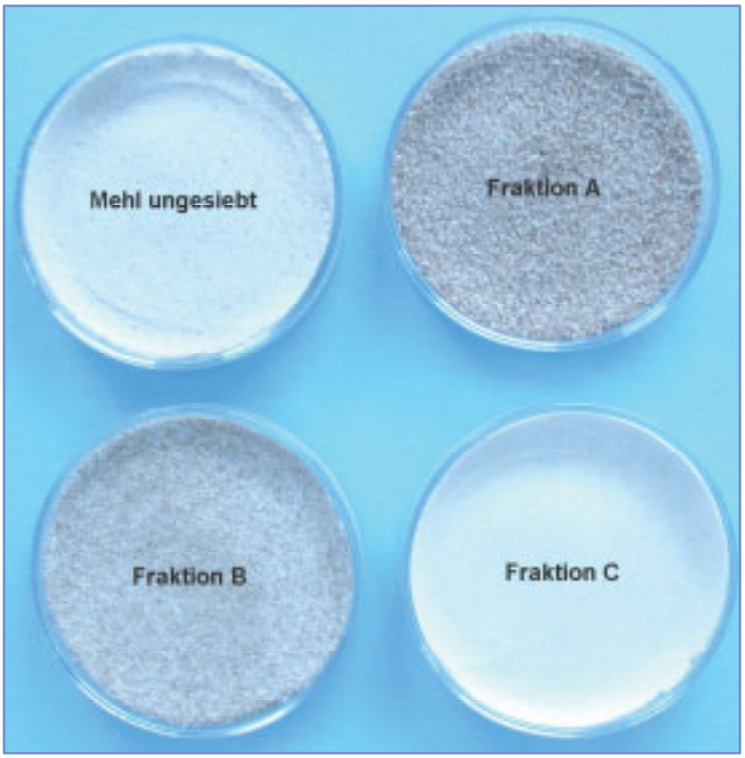

Abb. 6: Verschiedene Fraktionen eines Vollkornmehls nach Trennung mit Siebe unterschiedlicher Maschenweite.

Die verschiedenen Teile des Weizenkornes (Schale, Mehlkörper) wiesen einen unterschiedlich starken Befall auf wie aus der Abb. 7 zu entnehmen ist. Der Pilz konnte in allen Fraktionen unabhängig von der Befallstärke nachgewiesen werden, wobei sich der *M. nivale*-Befall mehr in den äußeren Schichten des Weizenkornes als im Inneren konzentriert hat. Fraktion A (Siebrückstand von 0,5 mm), die vorwiegend aus Schalenteilen bestand, wies sowohl bei den stark, als auch bei den schwach befallenen Proben immer den höchsten Befall auf. Mit einem zunehmenden Anteil des Mehlkörpers (Fraktion B: Siebrückstand von 0,2 mm und Fraktion C: Siebdurchgang

von 0,2 mm) nimmt die Befallsstärke ab. Statistisch gesicherte Unterschiede zwischen Schale und Mehlkörper (Fraktion A und C) wurden bei den stärker befallenen Proben (Var. 1, 2 und 3) festgestellt, wenn auch diese sehr gering waren.

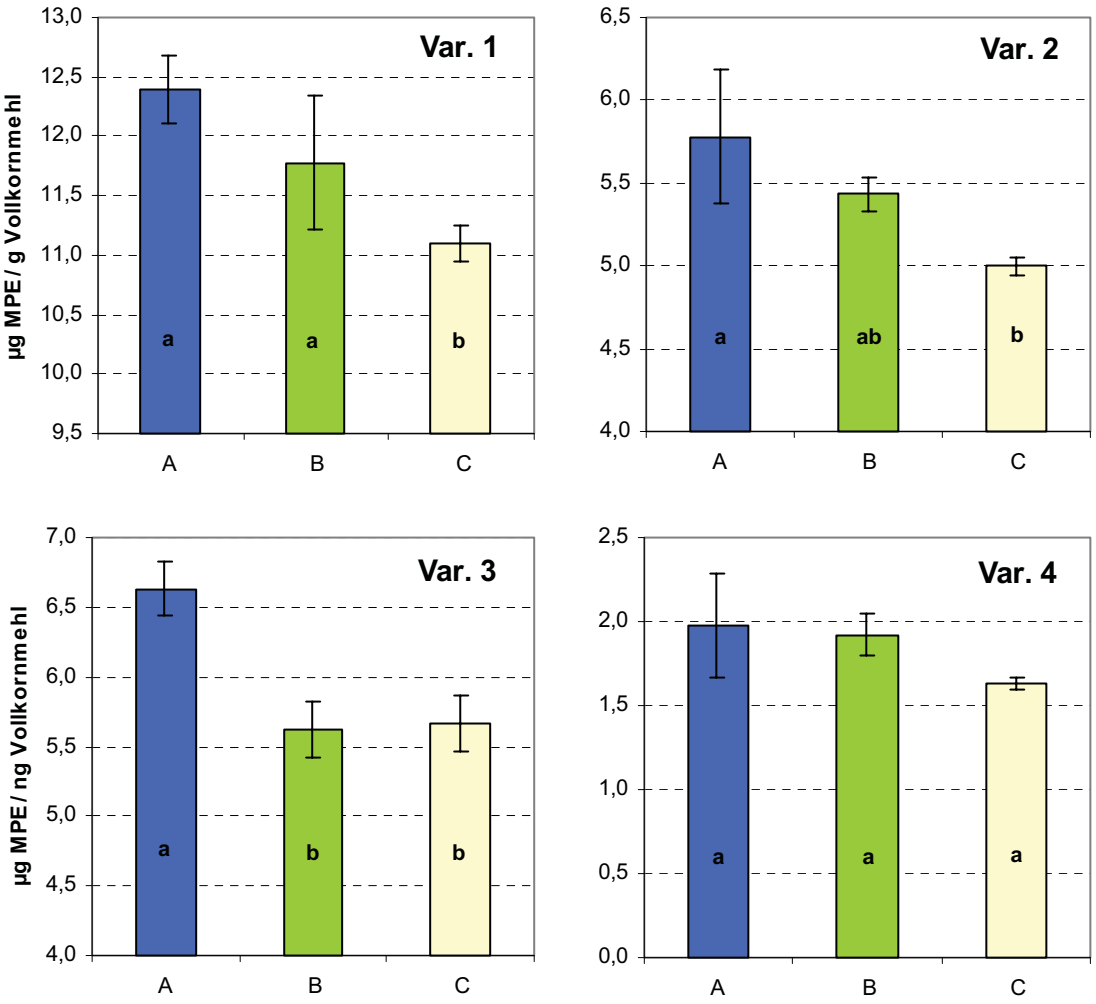

Abb. 7: Pilzmengen von *M. nivale* in Vollkornmehl nach Trennung verschiedener Kornteile (Schale, Mehlkörper) mit Siebe verschiedener Maschenweite. $\bar{x}$ =±SD, Werte ohne gleiche Buchstaben sind signifikant verschieden, p≤0,05 nach Tukey

Fraktion A – Siebrückstand von 0,5 mm
Fraktion B – Siebrückstand von 0,2 mm
Fraktion C – Siebdurchgang von 0,2 mm

3.2 Entwicklung des *M. nivale*-Befalls während der Vegetation

Durch regelmäßige Probenahmen zu den verschiedenen Entwicklungsstadien des Weizens sollte die Ausbreitung von *M. nivale* in der Pflanze verfolgt werden. Die Probenahme erfolgte in den Versuchsjahren 2000 und 2001 am Standort „Wüstes Land“ am Reinshof, Kreis Göttingen in den dort durchgeführten Fungizidversuchen zu den entsprechenden Terminen.

Im Versuchsjahr 2000 wurde der Ähren- und Kornbefall mit *M. nivale* sowohl in unbehandelten Parzellen, als auch nach verschiedenen Fungizidapplikationen zu drei Entwicklungsstadien (BBCH 61, 75 und 92) des Weizens bestimmt. Im Versuchsjahr 2001 wurden Halme, Blätter und Ähren von Stadium BBCH 39 bis zum Stadium BBCH 75 nur aus unbehandelten Parzellen untersucht. Da gleichzeitig *S. tritici* verstärkt auftrat, wurde auch dieser Schaderreger serologisch (DAS-ELISA) erfasst. Zusätzlich wurde eine visuelle Bonitur der nekrotisierten Blattfläche durchgeführt.

3.2.1 Halmbasis- und Blattbefall

Um zu sehen, inwieweit der *M. nivale* von der Blattscheide in die Halmbasis eingedrungen war, wurde die Blattscheide vom Blatt F-5 und der darrunterliegenden Halmbereich auf Befall mit *M. nivale* untersucht.

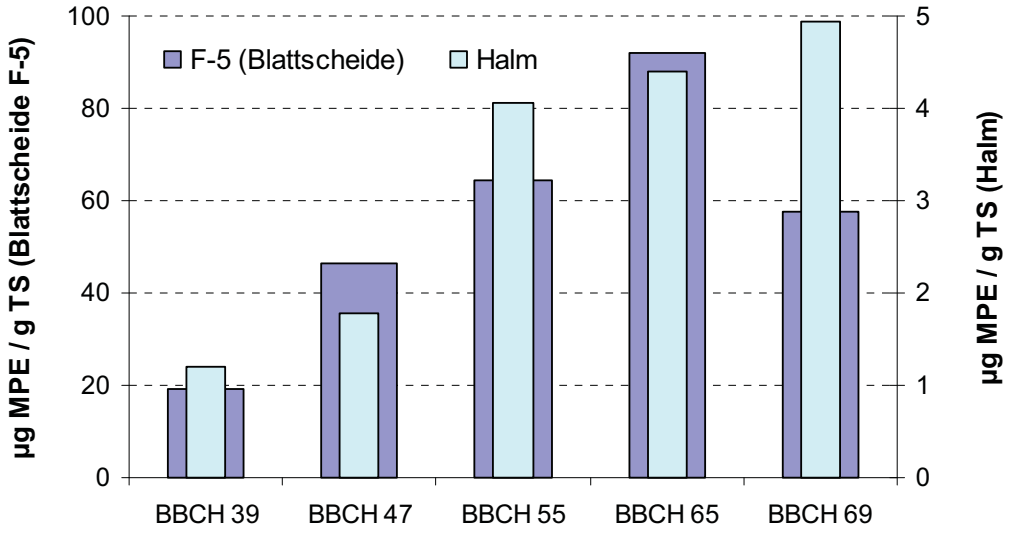

Abb. 8: Entwicklung des *M. nivale* – Befalls in der Blattscheide von F-5 und im Halm, Statistische Auswertung siehe. Tab. A 2

Wie aus der Abb. 8 hervorgeht, waren die ermittelten *M. nivale* Mengen der Blattscheide von F-5 zu allen Entwicklungsstadien um 10- bis 20-fach höher als im Halm. Es ist eine kontinuierliche Zunahme der Pilzmenge bis zum Entwicklungsstadium BBCH 65 zu beobachten, danach verringerte sich der Befall um ein Drittel. Obwohl sich der durchschnittliche Wert zwischen BBCH 39 und BBCH 47 fast verdoppelte, war diese Differenz nicht signifikant. Einen statistisch gesicherten Unterschied im Vergleich zum ersten Probenahmetermin konnte erst ab Entwicklungsstadium BBCH 55 ermittelt werden (s. Tab. A 2).

Im Halm war die M*. nivale* Menge wesentlich geringer, wenn auch der Befall sehr ähnlich wie bei der Blattscheide des Blattes F-5 verlief. Bis zum Stadium BBCH 47 wurden 1,8 µg MPE / g TS ermittelt. Eine Woche später zu BBCH 55 lag der Befall schon bei 4,1 µg MPE und zu BBCH 69 erreichte er einen Wert von 4,9 µg MPE / g TS. Auch hier waren die Unterschiede im Vergleich zu BBCH 39 erst ab Entwicklungsstadium BBCH 55 statistisch absicherbar.

Die Entwicklung des Befalls in den obersten Blattetagen ist in der Abb. 9 dargestellt. Die letzten drei Blätter (Fahnenblatt, F-1 und F-2) konnten von BBCH 39 bis BBCH 75 bonitiert und untersucht werden, während es für F-3 und F-4 nur bis BBCH 69 bzw. BBCH 65 möglich war. Bei der visuellen Bonitur wurden sowohl die nekrotischen Blattflecken als auch die Chlorosen als Prozent abgestorbene Fläche geschätzt und wie nekrotisierte bzw. abgestorbene Blattfläche oder Gesamtnekrose dargestellt.

Die Nekrosen konzentrierten sich zunächst auf die unteren Blättern (F-3 und F-4). Bei F-4 wurde zu BBCH 39 noch ein Wert von 57 % bonitiert, während in den späteren Stadien die ganze Blattfläche abgestorben war. Eine eindeutige Abstufung der bonitierten Blattflecken zwischen den unterschiedlichen Entwicklungsstadien ist bei dem Blatt F-3 zu beobachten. Dieses Blatt wies zu BBCH 39 nur 4 % abgestorbene Blattfläche, die eine Woche später einen Wert von 26 % erreichte. Diese hat sich danach zu jedem weiteren Entwicklungsstadium fast verdoppelt und stieg zu BBCH 69 bis auf 99 Prozent. Die Unterschiede zwischen den verschiedenen Entwicklungsstadien waren bei diesem Blatt immer statistisch gesichert (s. Tab. A 3).

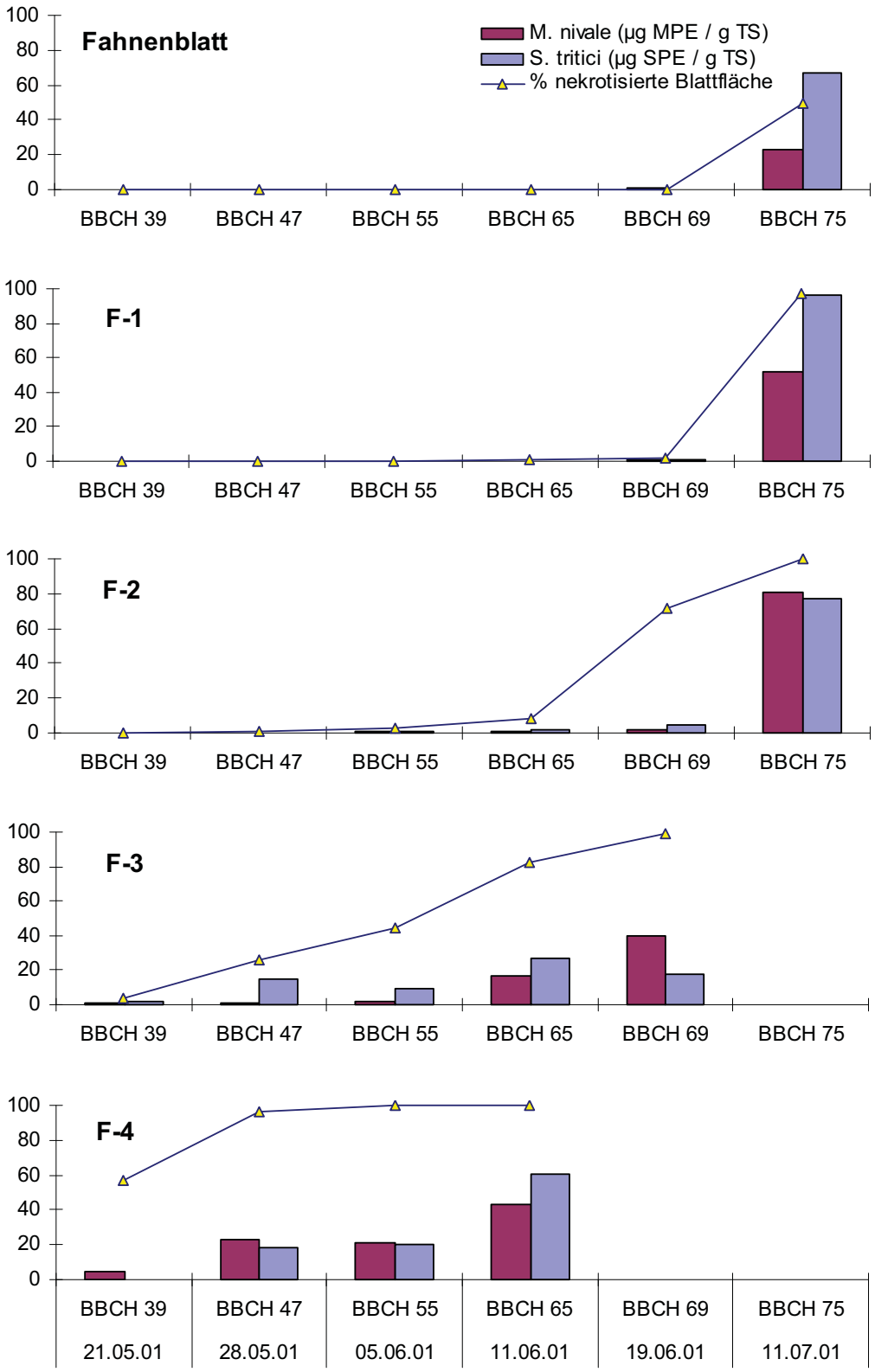

Abb. 9: Entwicklung des Blattbefalls – visuelle Bonitur und DAS-ELISA (Reinshof 2001). Statistische Auswertung siehe Tab. A 3, Tab. A 4 und Tab. A 5

Bei den obersten drei Blättern (Fahnenblatt, F-1 und F-2) verlief die Entwicklung des Befalls im Vergleich zu F-3 und F-4 sehr unterschiedlich. Sie entfalteten sich etwas später und blieben längere Zeit sauber. Das Fahnenblatt zeigte bis einschließlich BBCH 69 keine Nekrosen. Bei den anderen zwei Blättern waren die Unterschiede erst nach BBCH 65 im Vergleich zu den früheren Entwicklungsstadien signifikant, dabei wies das Blatt F-2 mit 71% wesentlich stärkere Nekrosen auf, als das Blatt F-1 mit nur 2 %. Eine sehr starke Zunahme der abgestorbenen Blattfläche bei den ersten zwei Blättern (Fahnenblatt, F-1) wurde erst zu Stadium BBCH 75 beobachtet. Es ist sehr wichtig dabei zu beachten, dass der Zeitraum von BBCH 69 bis BBCH 75 fast 3 Wochen dauerte und damit viel länger als die früheren Entwicklungsstadien war, bei denen es nur ungefähr eine Woche zwischen den verschiedenen Terminen gab.

Die Ergebnisse des ELISA für *M. nivale* zeigen, dass sich der Pilz fast parallel mit den gesamten Nekrosen entwickelt hat und dennoch gab es gewisse Unterschiede zwischen diesen beiden Parametern, wie bei den Blättern F-2, F-3 und F-4 zu beobachten ist. Die ermittelten *M. nivale*-Mengen bei Blatt F-2 wurden erst zu BBCH 75 stark erhöht, obwohl bei der visuellen Bonitur 3 Wochen früher, d.h. zu BBCH 69 ein großer Teil (71 %) abgestorbene Blattfläche festgestellt wurde. Auch die Blatter F-3 und F-4 wiesen einen erhöhten und statistisch gesicherten Unterschied im Vergleich zum ersten Termin erst später (BBCH 65) auf, während die nekrotisierte Blattfläche wesentlich früher (zu BBCH 47 und 55) stark zunahm. Das Fahnenblatt sowie das Blatt F-1 zeigten wie bei der visuellen Bonitur erhöhte *M. nivale*-Mengen erst zum Entwicklungsstadium BBCH 75.

Im Vergleich zum *M. nivale* entwickelte sich der *S. tritici* Befall sehr ähnlich und blieb beim Fahnenblatt, F-1 und F-2 bis zum Stadium BBCH 69 sehr gering. Stark erhöhte Werte wurden auch hier erst zu BBCH 75 festgestellt. Während für Blatt F-2 fast die gleichen Mengen wie für *M. nivale* gemessen wurden, war das Fahnenblatt sowie F-1 stärker von *S. tritici* befallen.

3.2.2 Ähren und Kornbefall

Die Entwicklung des Ähren- und Kornbefalls durch *M. nivale* wurde zwei Jahre unter Freilandbedingungen serologisch untersucht. Bis zum Entwicklungsstadium Mitte Blüte (BBCH 65) wurde der Befall von ganzen Ähren bestimmt. Ab Ende der Blüte (BBCH 69) war es möglich diesen stärker zu differenzieren, wobei Körner und Spelzen getrennt untersucht wurden. Im Versuchsjahr 2000 wurde der Ähren- und Kornbefall durch *M. nivale* von unbehandelten Kontrollparzellen sowie nach verschiedener Fungizidbehandlungen (Tab. 4) zu drei verschiedenen Terminen (BBCH 61, BBCH 75 und BBCH 92) bestimmt. Die Entwicklung des Befalls im Versuchsjahr 2001 wurde von BBCH 55 bis BBCH 75 nur von unbehandelten Parzellen verfolgt.

Tab. 4: Fungizidbehandlungen im Versuchsjahr 2000 (Auszug aus Tab. 1)

	Fungizid (L/ha) / Applikationsstadium			
Variante	**BBCH 32**	**BBCH 39**	**BBCH 47**	**BBCH 55**
1		unbehandelt		
7	Juwel Top 0,5		Amistar 1	
9	Juwel Top 0,5			Amistar 1
13	Juwel Top 0,5	Amistar 1		Amistar 1

Wie in der Abb. 10 dargestellt, lagen die ermittelten *M. nivale*-Mengen zu BBCH 61 im Bereich von 1,7 bis 2,4 µg MPE / g TS und zeigten keine signifikanten Unterschiede zwischen der unbehandelten Kontrolle und den Fungizidvarianten. Die getrennte Untersuchung von Körnern und Spelzen zeigte, dass die Spelzen im Durchschnitt immer einen höheren *M. nivale*-Befall aufwiesen als die Körner. Im Entwicklungsstadium BBCH 75 war dieser Unterschied bei allen Varianten statistisch gesichert, während zu BBCH 92 dies nur bei der unbehandelten Kontrolle der Fall war.

Alle Fungizidapplikationen reduzierten der Kornbefall zu BBCH 75 signifikant im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle. Die Befallssituation bei den verschiedenen Varianten hatte sich später zu BBCH 92 wesentlich geändert. Die Fungizidbehandlung vor dem Ährenschieben (Var. 7) konnte keine Reduktion des Befalls im Korn bewirken,

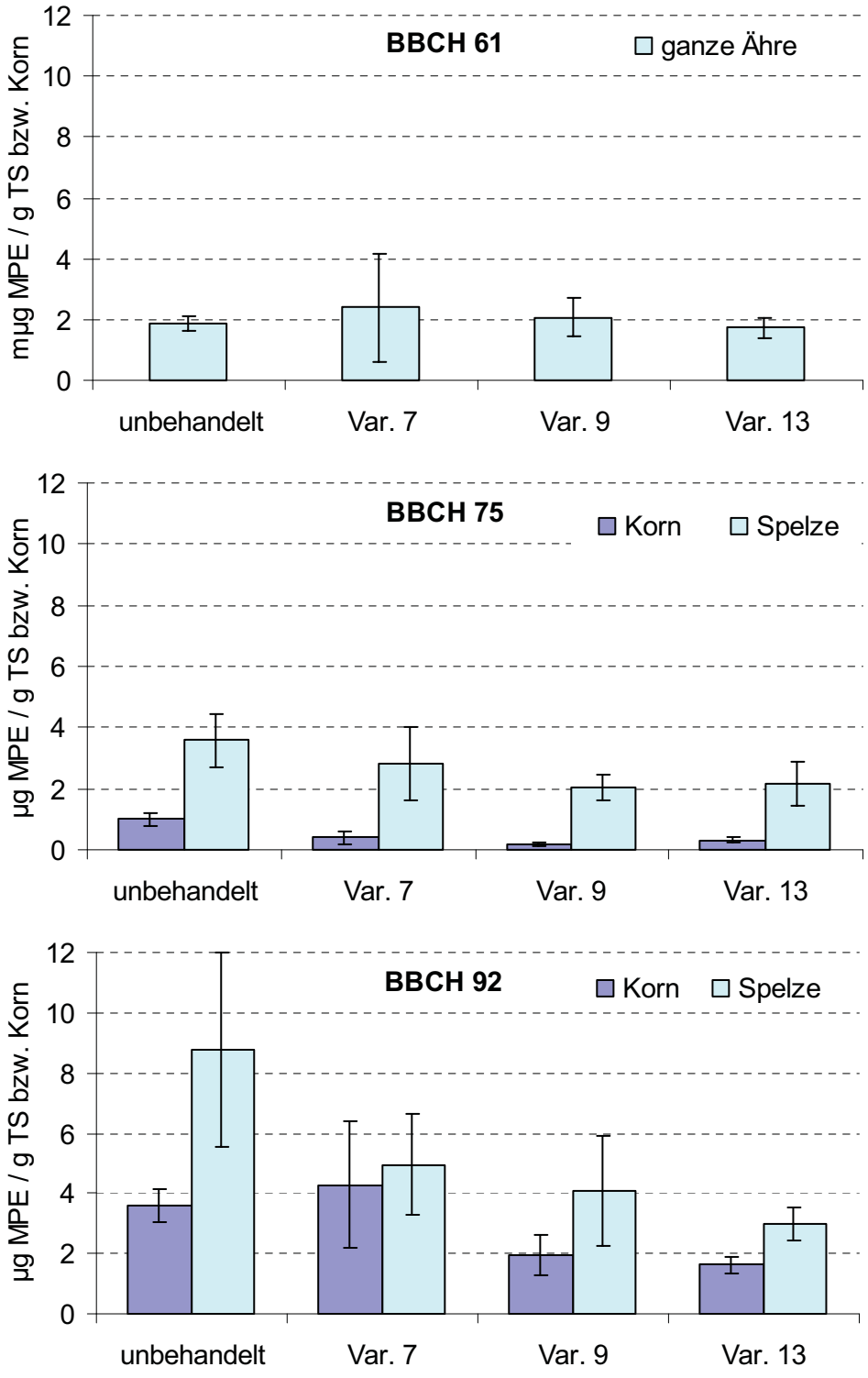

Abb. 10: Entwicklung des *M. nivale*-Befalls in der Ähre ermittelt durch den DAS-ELISA. Vergleich zwischen der unbehandelten Kontrolle und verschiedenen Fungizidvarianten (Versuchsjahr 2000), $\bar{x}$ = ±SD, Statistische Auswertung siehe Tab. A 6

während eine spätere Fungizidapplikation zu BBCH 55 (Var. 9 und 13) die *Microdochium*-Mengen um bis 56 % verringerte.

Im Versuchsjahr 2001 wurde die differenzierte Untersuchung von Spelzen und Körnern ab Entwicklungsstadium BBCH 69 durchgeführt. Die Ergebnisse sind in der Abb. 11 dargestellt.

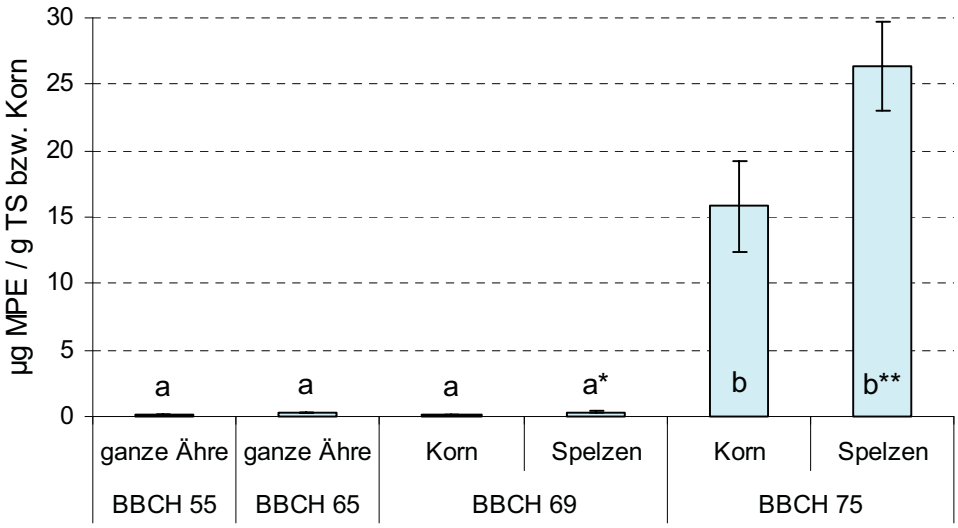

Abb. 11: Entwicklung des *M. nivale*-Befalls in der Ähre (Versuchsjahr 2001). Mittelwertvergleich erfolgte mittels Tukey`s Test in Abhängigkeit vom Entwicklungsstadium (Buchstaben) sowie zwischen Korn und Spelzen (*), $\bar{x}$ = ±SD, signifikant bei *p<0,05; **p<0,01; ***p<0,001

Es ist eindeutig zu erkennen, dass die *M. nivale* Mengen in der Ähre bis zum Stadium BBCH 69 sehr niedrig blieben. Zu BBCH 55 wurden für die ganzen Ähren nur 0,1 µg MPE / g TS ermittelt. Zwei Wochen später im Stadium BBCH 69 lag der Befall im Korn immer noch bei 0,1 µg MPE, während die Spelzen mit 0,3 µg MPE / g TS einen leichten Anstieg des *Microdochium*-Befalls aufwiesen. Eine starke Zunahme der *M. nivale* Mengen in der Ähre wurde auch in diesem Versuchsjahr erst zu BBCH 75 festgestellt. Der Vergleich zwischen Spelzen- und Kornbefall zeigte, dass sowohl im Stadium BBCH 69 als auch später zu BBCH 75 die Spelzen signifikant höhere *M. nivale* Mengen im Vergleich zu den Körnern aufwiesen und somit die Ergebnisse vom Versuchsjahr 2000 eindeutig bestätigten.

3.3 Erfassung von Ähren- und Kornbefall durch *M. nivale* nach einer Einzelährcheninfektion

Ährenbefall durch *M. nivale* wird oft mit dem Befall durch verschiedene Fusarium-Arten verwechselt, so dass im Feld häufig Zuordnungsprobleme auftreten.

Um die Entwicklung des *M. nivale*-Befalls und damit verbundenen Symptome nach einer Einzelährcheninfektion zu untersuchen, wurden bei mehreren Pflanzen gezielte Blüteninfektionen im Stadium Beginn-Mitte der Blüte (BBCH 61-65) unter Freilandbedingungen durchgeführt. Der Befall wurde mittels eines Einzelkorntests auf der Basis der Proteaseaktivität (s. auch 3.1.2), als auch mit dem DAS-ELISA ermittelt.

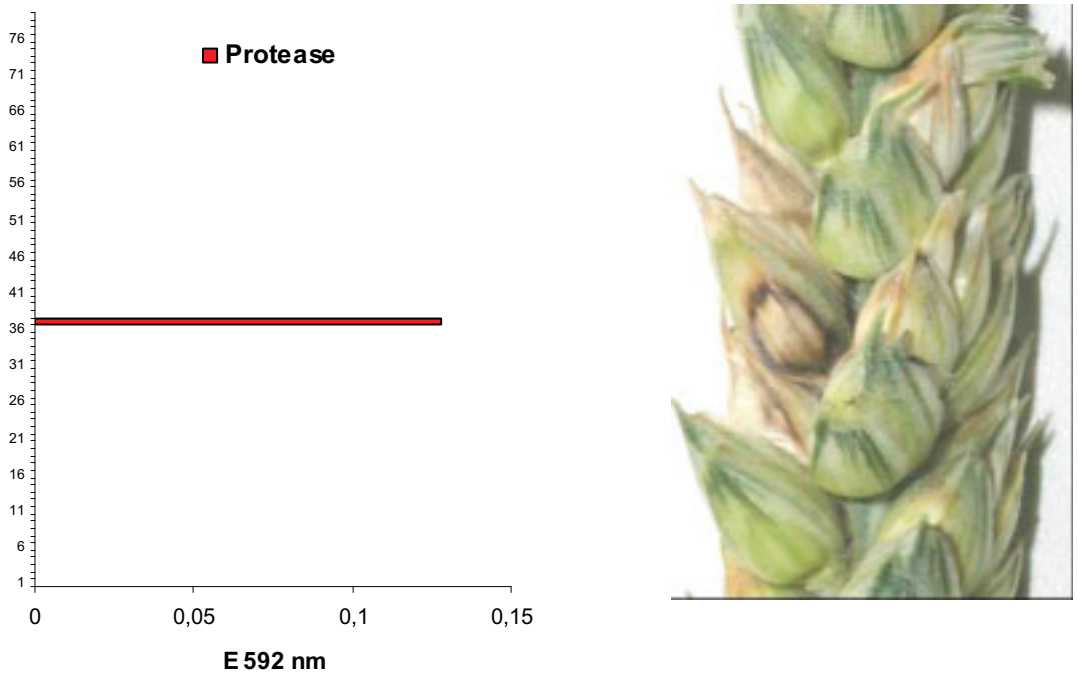

Abb. 12: Proteaseaktivität in Einzelkörnern (Nr. 1-76) und Ährenbefall durch *M. nivale* nach einer Einzelährcheninfektion (Foto - 26 Tage nach der Infektion)

Wie die Abb. 12 zeigt, führten die Einzelährcheninfektionen zu hellen Flecken mit dunkelbraunem Rand auf den Spelzen und zu einer stark erhöhten Proteaseaktivität an der primärinokulierten Stelle. Der Pilz war in der Lage auch weitere Körner innerhalb des infizierten Ährchens zu befallen. Die Körner der benachbarten Ährchen wiesen dagegen keine erhöhte Enzymaktivität auf.

Um die Ergebnisse des Enzymtests genauer zu überprüfen, wurden alle Körner des inokulierten Ährchens sowie die Körner von zwei weiteren Ährchen, die unter- und oberhalb von der primären Inokulationsstelle lagen mit dem DAS-ELISA untersucht. Um eine mögliche Ausbreitung des Pilzes in die Ährenspindel zu verfolgen, wurden auch die entsprechende Segmente serologisch miterfasst (Abb. 13).

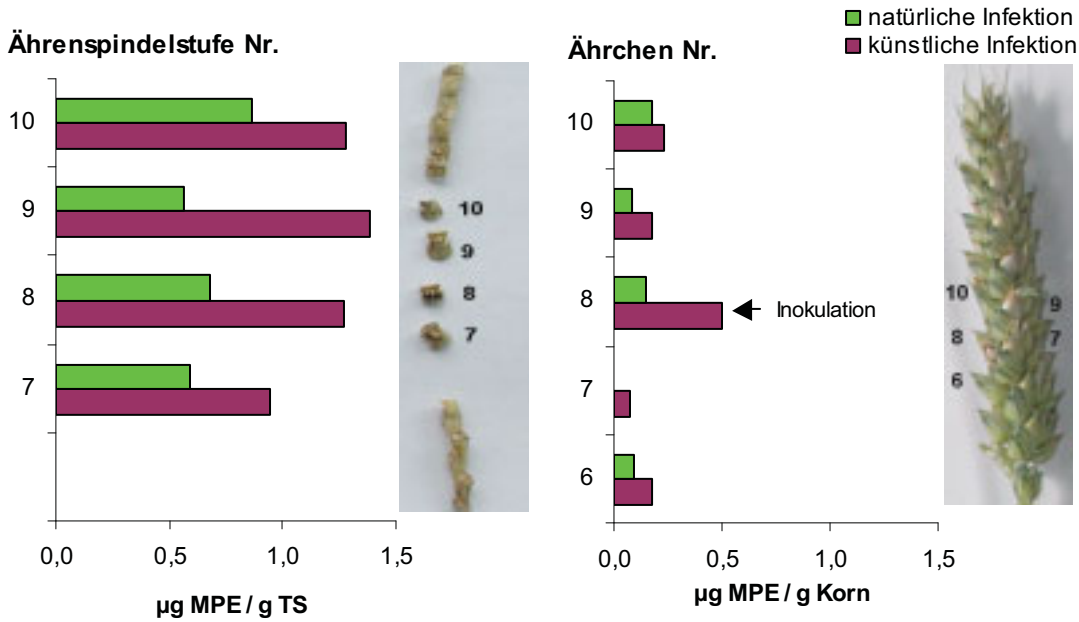

Abb. 13: *M. nivale*-Befall von Ährchen und Ährenspindel nach einer Einzelährcheninfektion unter Feldbedingungen ermittelt durch den DAS-ELISA. Inokulationsstelle = 8tes Ährchen. Statistische Auswertung siehe Tab. A 7

Deutlich zu erkennen ist, dass die Ährenspindel einen wesentlich stärkeren Befall bei allen untersuchten Segmenten sowohl bei den künstlich infizierten als auch bei den natürlich infizierten Pflanzen aufwies. Dabei zeigte die künstliche Infektion im Durchschnitt erhöhte *M. nivale*-Mengen im Vergleich zu der natürlichen Infektion. Dieser Unterschied war allerdings statistisch nicht absicherbar.

Betrachtet man dagegen die Körner fällt sofort auf, dass diese einen wesentlich geringeren *M. nivale*-Befall aufwiesen – bis auf die künstlich inokulierte Stelle. Eine Ausbreitung des Pilzes von der Ährenspindel aus in die Körner wurde also nach Infektion einer einzelnen Blüte nicht festgestellt.

3.4 Befallserfassung von Blatt- und Kornbefall durch *M. nivale* an verschiedenen Sorten nach natürlicher Infektion im Freiland

Um einen Überblick über die Anfälligkeit verschiedener Sorten gegenüber Blatt- und Kornbefall durch *M. nivale* zu erhalten, wurden Proben aus unbehandelten Parzellen quantitativ auf *Microdochium*-Befall in einem DAS-ELISA untersucht. Die Abb. 14 zeigt die Befallssituation nach der Ernte von vier Triticale- und sechs Winterweizensorten.

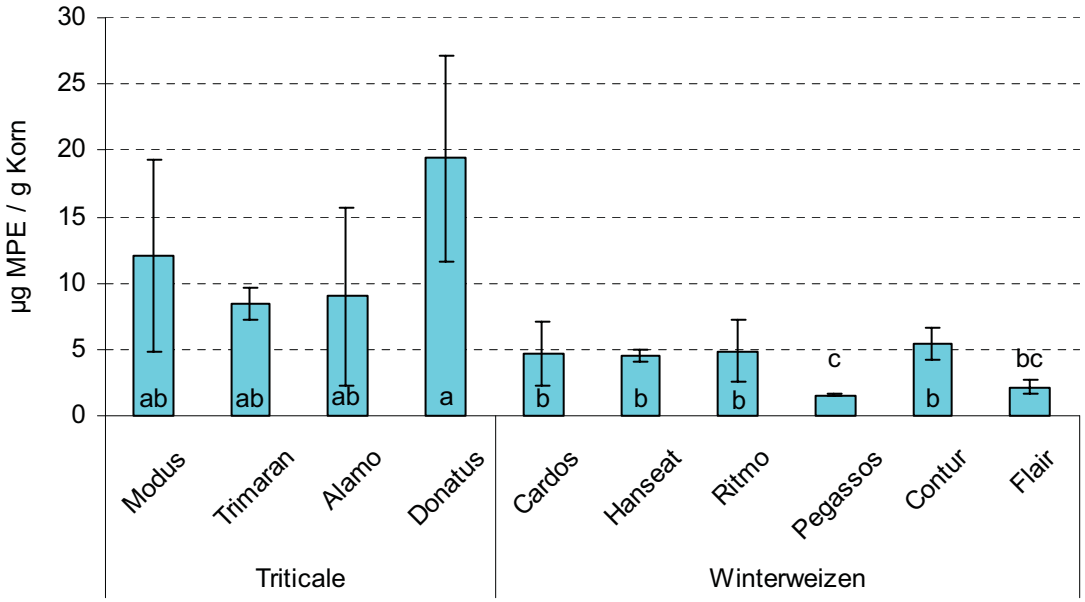

Abb. 14: Vergleich von Kornproben verschiedener Triticale- und Winterweizensorten nach natürlicher Infektion mit *M. nivale* unter Freilandbedingungen. Werte ohne gleiche Buchstaben sind signifikant verschieden, $p \leq 0{,}05$ nach Tukey, $\bar{x}$ = ± SD

Die untersuchten Triticale Sorten zeigten im Durchschnitt deutlich höhere Pilzmengen von *M. nivale* im Vergleich zu den Winterweizensorten. Der stärkste Kornbefall trat hier bei der Sorte Donatus mit einem Wert von 19,4 µg MPE / g Korn auf, gefolgt von Modus mit 12,1 µg MPE / g Korn. Die anderen zwei Triticale Sorten - Trimaran und Alamo, wiesen fast die gleiche *M. nivale*-Mengen (8,5 bzw 9,0 µg MPE / g Korn) auf.

Deutlich geringeren *M. nivale*-Befall zeigten die untersuchten Winterweizensorten. Die Sorten Pegassos und Flair wiesen mit einem Wert von 1,6 bzw. 2,2 µg MPE / g Korn der niedrigste Befall auf. Statistisch gesichert wurde der Unterschied allerdings nur bei der Sorte Pegassos. Die anderen Winterweizensorten zeigten keine großen

Unterschiede und wiesen einen *M. nivale* Befall zwischen 4,5 und 5,4 µg MPE / g Korn auf.

Um weitere Informationen über die Anfälligkeit verschiedener Sorten und die Entwicklung des Pilzes auf der Pflanze zu erhalten wurden Blatt- und Kornproben der Winterweizensorten Bussard, Flair und Ritmo serologisch untersucht (Abb. 15).

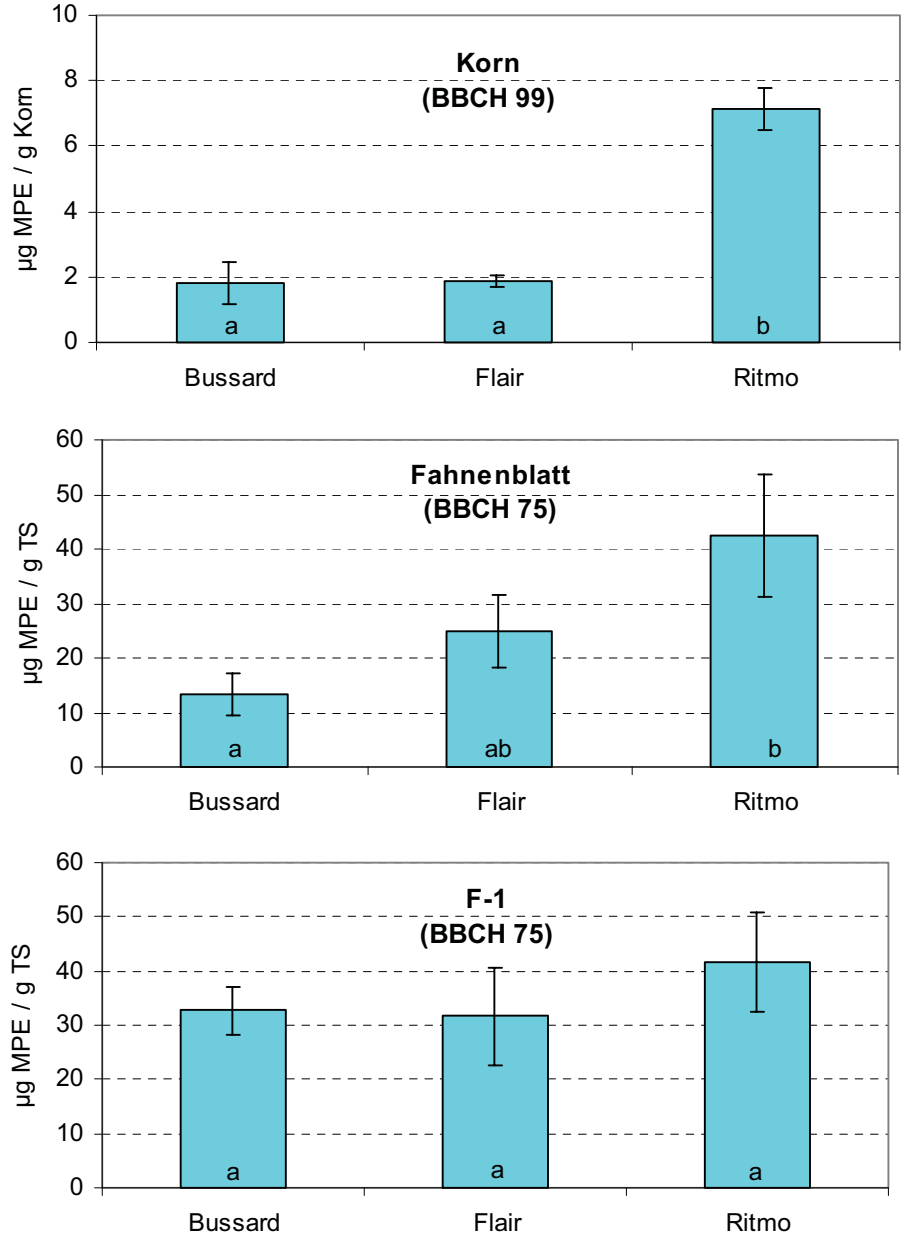

Abb. 15: Blatt- und Kornbefall bei verschiedenen Winterweizensorten nach natürlicher Infektion durch *M. nivale* auf dem Feld. Mittelwertvergleich erfolgte in Abhängigkeit von der Sorte, Werte ohne gleiche Buchstaben sind signifikant verschieden, $p \leq 0{,}05$ nach Tukey;
$\bar{x} = \pm$ SD

Während die Sorten Bussard und Flair einen relativ schwachen Befall von 1,8 bzw. 1,9 µg MPE/g Korn in der Ähre aufwiesen, zeigte die Sorte Ritmo unter gleichen Bedingungen 3 bis 4fach höhere *M. nivale*-Mengen. Statistisch gesicherte Unterschiede zwischen diesen Sorten wurden auch beim Fahnenblatt ermittelt, wobei als anfälligste erneut Ritmo eingestuft werden konnte, gefolgt von Flair und Bussard.

Zusammenfassend wurde eine unterschiedliche Anfälligkeit der verschiedenen Sorten gegenüber *M. nivale* festgestellt. Einen stärkeren Blattbefall mit *M. nivale* bedeutete dabei gleichzeitig auch erhöhte Pilzmengen im Korn.

3.5 Fungizidversuche zur Bekämpfung von *M. nivale* an dem Blatt und der Ähre von Winterweizen

Die in den letzten Jahren eingeführte Fungizidgruppe der Strobilurine zeichnet sich durch eine sehr lange protektive Wirkung und ein breites Spektrum gegen pilzliche Schaderreger aus. In diesem Zusammenhang stellte sich die Frage, ob die neuen Wirkstoffe auch eine ausreichende Wirkung gegenüber Blatt- und Ährenbefall durch *M. nivale* aufweisen. In zweijährigen Fungizidversuchen wurde die Wirkung von AMISTAR und ACANTO sowie einer Mischung von AMISTAR und GLADIO zu verschiedenen Applikationsterminen und mit verschiedenen Aufwandmengen gegenüber *M. nivale* Blatt- und Ährenbefall geprüft. Damit eine bessere Beurteilung des Fungizideffekts erfolgen kann, wurde der natürliche Befallsdruck mittels künstlicher Inokulationen und Beregnung der Parzellen erhöht.

Die nekrotisierte Blattfläche (hier als Gesamtnekrose bezeichnet), die oft von mehreren Faktoren beeinflusst werden kann. wurde anhand visueller Bonituren festgehalten. Der Blatt- und Kornbefall mit *M. nivale* wurde serologisch mit dem spezifischen DAS-ELISA quantitativ ermittelt.

3.5.1 Feldversuche 1999 / 2000

Im Versuchsjahr 2000 wurde die Wirkung von AMISTAR gegen Blatt- und Kornbefall durch *M. nivale* untersucht. Das Fungizid wurde jeweils in den Konzentrationen 0,5-0,75-1 L/ha zu drei Applikationsterminen in den Entwicklungsstadien BBCH 39, 47 und 55 eingesetzt. Diese Behandlungen erfolgten allein und nach einer vorausgegangenen Applikation von JUWEL TOP im Entwicklungsstadium BBCH 32 mit einer Konzentration von 0,5 L/ha. Visuelle Blattbonituren erfolgten zu den Entwicklungsstadien Beginn bis Mitte der Blüte (BBCH 61-65) und zur Milchreife (BBCH 75). Die Blattproben wurden anschließend in einem DAS-ELISA untersucht.

Zum ersten Boniturtermin (Beginn bis Mitte der Blüte) wurden vorwiegend durch *S. tritici* hervorgerufene Nekrosen beobachtet. Das Fahnenblatt und das Blatt F-1 wiesen zu diesem Stadium zwischen 0 und 5 Prozent Gesamtnekrosen auf. Ein stärkerer Befall zwischen 17 und 29 % wurde bei dem Blatt F-2 in den Fungizidvarianten ohne Vorbehandlung mit JUWEL TOP (Var. 15 bis 24) und in den unbehandelten Parzellen festgestellt (Tab. 5).

Tab. 5: Gesamtnekrose ermittelt durch visuelle Bonitur zu Stadium Beginn bis Mitte der Blüte (BBCH 61-65) nach verschiedenen Fungizidbehandlungen (L/ha), Reinshof 2000. Mittelwertvergleich erfolgte in Abhängigkeit von der Fungizidvariante. Werte ohne gleiche Buchstaben sind signifikant verschieden, $p \leq 0{,}05$ nach Tukey

Behandlungen, Aufwandmengen (L/ha), BBCH-Stadium					**% Gesamtnekrosen**					
Variante	BBCH 32	BBCH 39	BBCH 47	BBCH 55	Fahnenblatt	Tukey	F-1	Tukey	F-2	Tukey
1		Unbehandelt			0,6	a	5	a	29	a
2	Juwel Top 0,5	Amistar 0,5			0,0	b	0	b	2	b
3	Juwel Top 0,5	Amistar 0,75			0,0	b	0	b	4	b
4	Juwel Top 0,5	Amistar 1			0,0	b	0	b	1	b
5	Juwel Top 0,5		Amistar 0,5		0,0	b	0	b	3	b
6	Juwel Top 0,5		Amistar 0,75		0,1	b	1	b	3	b
7	Juwel Top 0,5		Amistar 1		0,0	b	1	b	3	b
8	Juwel Top 0,5			Amistar 0,5	0,1	b	0	b	4	b
9	Juwel Top 0,5			Amistar 0,75	0,1	b	1	b	4	b
10	Juwel Top 0,5			Amistar 1	0,1	b	1	b	5	b
11	Juwel Top 0,5	Amistar 0,5		Amistar 0,5	0,0	b	0	b	2	b
12	Juwel Top 0,5	Amistar 0,75		Amistar 0,75	0,1	b	1	b	2	b
13	Juwel Top 0,5	Amistar 1		Amistar 1	0,0	b	0	b	2	b
14	Juwel Top 0,5				0,1	bc	1	bc	2	bc
15		Amistar 0,5		Amistar 0,5	0,0	b	4	ac	28	a
16		Amistar 0,75		Amistar 0,75	0,2	ac	3	ac	18	ac
17		Amistar 1		Amistar 1	0,0	b	2	ac	22	a
18		Amistar 0,5			0,1	ac	3	ac	22	a
19		Amistar 0,75			0,0	b	2	ac	17	ac
20		Amistar 1			0,0	b	3	ac	22	a
21				Amistar 0,5	0,6	ab	5	a	25	a
22				Amistar 0,75	0,2	ab	4	ac	22	a
23				Amistar 1	0,7	ab	4	ac	28	a
24			Amistar 1		0,3	ab	5	a	26	a

Tab. 6: *M. nivale* - Befall zu Stadium Beginn bis Mitte der Blüte (BBCH 61-65) nach verschiedenen Fungizidbehandlungen (L/ha), Reinshof 2000, Mittelwertvergleich erfolgte in Abhängigkeit von der Fungizidvariante. Werte ohne gleiche Buchstaben sind signifikant verschieden, p≤0,05 nach Tukey

Behandlungen, Aufwandmengen (L/ha), BBCH-Stadium					***M. nivale* - Befall (µg MPE / g TS)**					
Variante	BBCH 32	BBCH 39	BBCH 47	BBCH 55	Fahnenblatt	Tukey	F-1	Tukey	F-2	Tukey
1		Unbehandelt			1	a	3	a	4	a
2	Juwel Top 0,5	Amistar 0,5			1	a	3	a	1	ab
3	Juwel Top 0,5	Amistar 0,75			1	a	1	a	2	ab
4	Juwel Top 0,5	Amistar 1			1	a	2	a	1	ab
5	Juwel Top 0,5		Amistar 0,5		1	a	2	a	1	ab
6	Juwel Top 0,5		Amistar 0,75		1	a	1	a	2	ab
7	Juwel Top 0,5		Amistar 1		1	a	1	a	1	ab
8	Juwel Top 0,5			Amistar 0,5	1	a	1	a	3	ab
9	Juwel Top 0,5			Amistar 0,75	1	a	1	a	2	ab
10	Juwel Top 0,5			Amistar 1	2	a	2	a	1	ab
11	Juwel Top 0,5	Amistar 0,5		Amistar 0,5	1	a	1	a	2	ab
12	Juwel Top 0,5	Amistar 0,75		Amistar 0,75	1	a	1	a	1	b
13	Juwel Top 0,5	Amistar 1		Amistar 1	1	a	2	a	1	b
14	Juwel Top 0,5				1	a	2	a	1	ab
15		Amistar 0,5		Amistar 0,5	1	a	2	a	3	ab
16		Amistar 0,75		Amistar 0,75	1	a	2	a	3	ab
17		Amistar 1		Amistar 1	1	a	2	a	2	ab
18		Amistar 0,5			1	a	2	a	3	ab
19		Amistar 0,75			1	a	2	a	2	ab
20		Amistar 1			1	a	1	a	2	ab
21				Amistar 0,5	1	a	1	a	3	ab
22				Amistar 0,75	1	a	4	a	4	ab
23				Amistar 1	1	a	1	a	3	ab
24			Amistar 1		1	a	1	a	3	ab

Die serologische Untersuchung der Blätter auf *M. nivale*-Befall (Tab. 6) zeigte, dass zu diesem früheren Entwicklungsstadium sehr geringe Mengen nachzuweisen waren. Ermittelt wurde ein Befall zwischen 1 und 4 µg MPE / g TS, wobei die Unterschiede nur bei dem Blatt F-2 zwischen der unbehandelten Kontrolle und den Varianten mit einer doppelten AMISTAR Behandlung der Konzentrationen 0,75 bzw. 1 L/ha statistisch gesichert wurden.

Im Stadium Milchreife (BBCH 75) führten die Fungizidbehandlungen in Abhängigkeit vom Applikationsstadium und der Konzentration zu einer unterschiedlich starken Reduktion der nekrotisierten Blattfläche und der *M. nivale*-Mengen (Abb. 16). Der stärkste Anteil nekrotisierter Blattfläche wurde bei dem Blatt F-2 ermittelt. Bei einem Befall von 77-100 % führte keine der geprüften Fungizidvarianten zu einer statistisch gesicherten Reduktion der Gesamtnekrosen.

Das Blatt F-1 wies in der Kontrolle einen Befall von 100 % auf. Die Reduktion der abgestorbenen Blattfläche war in Abhängigkeit von dem Behandlungsstadium und der Fungizidkonzentration unterschiedlich stark. Am effektivsten waren dabei die Varianten nach einer Vorbehandlung mit JUWEL TOP. Die nachfolgende Behandlung mit AMISTAR bewirkte in Abhängigkeit von dem Einsatztermin und der Aufwandmenge eine Befallsreduktion von 47 bis 74 Prozent. Besonders erfolgreich waren hier die Applikationen mit der höheren Konzentration (0,75 -1 L/ha). Eine einmalige AMISTAR-Behandlung führte bei dem Blatt F-1 unabhängig von der Konzentration und dem Applikationstermin zu keiner signifikanten Verminderung der nekrotisierten Blattfläche im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle.

Eine sehr deutliche Fungizidwirkung ist beim Fahnenblatt zu beobachten. In der unbehandelten Kontrolle wurden 59 % Nekrosen bonitiert. Die verschiedenen Behandlungen mit AMISTAR bewirkten eine Reduktion des Gesamtbefalls von 91 bis 99 Prozent. Bereits eine einmalige JUWEL TOP Applikation im früheren Stadium (BBCH 32) führte hier zu einer Reduktion der Nekrosen von 65 Prozent. (s. Tab. A 8a). Die Varianten mit einer JUWEL TOP Vorbehandlung zeigten im Durchschnitt bei allen Blättern niedrigere Werte als die Behandlungen nur mit Amistar.

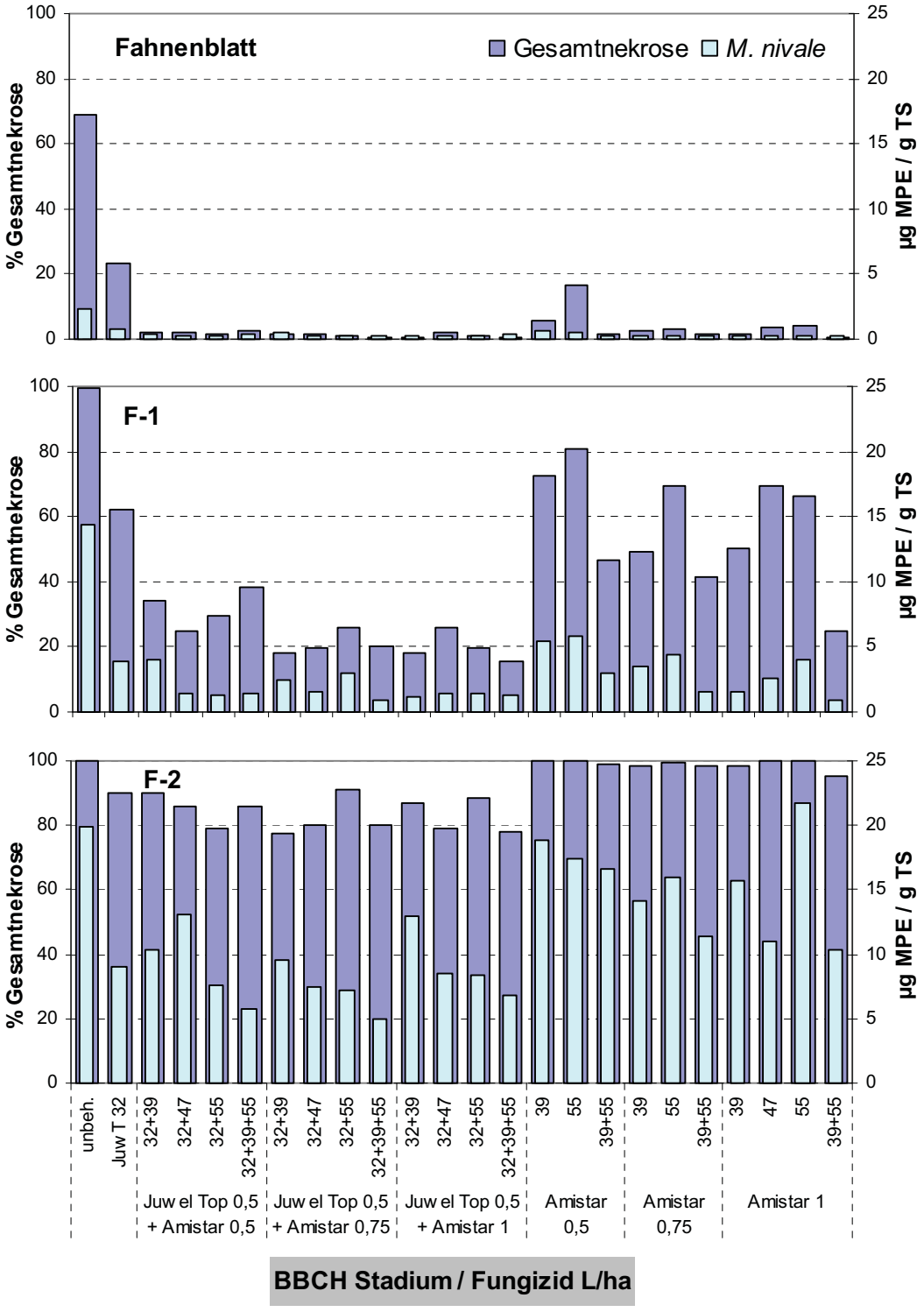

Abb. 16: Einfluss des Applikationstermines und der Aufwandmenge von AMISTAR auf die Gesamtnekrose (visuelle Bonitur) sowie die *M. nivale*-Mengen (DAS-ELISA) zu Stadium Milchreife (BBCH 75). Statistische Auswertung siehe Tab. A 8a und Tab. A 8b

Die Ergebnisse der serologischen Untersuchung (DAS-ELISA) zeigten, dass die Fungizidbehandlungen zu einer sehr starken Reduzierung der *M. nivale* Mengen führten. Eine wichtige Rolle kam dabei der Erhöhung der Aufwandmenge von AMISTAR von 0,5 auf 1 L/ha zu. Fast ausnahmslos führte diese Erhöhung bei den oberen zwei Blättern (Fahnenblatt und das Blatt F-1) zu einer entsprechend stärkeren Reduktion des *M. nivale*-Befalls.

Wie erwartet waren am effektivsten erneut die Fungizidvarianten mit einer zweimaligen AMISTAR Applikation der höheren Aufwandmengen (0,75-1 L/ha) zu BBCH 39 und 55. Als nicht ausreichend erwies sich dagegen die Wirkung von nur einer AMISTAR Behandlung der niedrigeren Konzentration (0,5 L/ha) zu BBCH 39 oder 55. Diese Fungizidvarianten führten bei dem Blatt F-1 zu keiner signifikanten Reduktion der *M. nivale* Mengen im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle (s. auch Tab. A 8b).

Bei der Ermittlung **des Ährenbefalls** durch *M. nivale* wurde, aufgrund der nicht eindeutigen Symptomausprägung, auf eine visuelle Bonitur verzichtet und die Pilzmenge im Korn nur mittels DAS-ELISA quantifiziert. Weil die Spelzen grundsätzlich wie die Körner Befall aufwiesen (s. 3.2.2.), wurde auch dieser serologisch erfasst. Neben dem künstlich induzierten *Microdochium*-Befall wurde auch der natürliche Befall durch *Fusarium spp*. in einem ELISA-Test untersucht (s. Tab. A 9).

Zwischen den einzelnen Fungizidvarianten ergaben sich große Unterschiede wie aus der Abb. 17 zu entnehmen ist. Eine Reduktion des *Microdochium*-Befalls konnte nur in den Varianten beobachtet werden, in denen man eine Applikation mit AMISTAR zu BBCH 55 durchgeführt hatte. Dabei spielte außer dem Behandlungstermin auch die Aufwandmenge eine sehr wichtige Rolle. Die Applikationen mit 0,75 L/ha bzw. 1 L/ha AMISTAR zu BBCH 55 reduzierten über 36 % des *Microdochium*-Befalls im Vergleich zu der unbehandelten Kontrollvariante. Konzentrationen von 0,5 L/ha waren in diesem Fall weniger wirksam. Eine besonders befallshemmende Wirkung ist bei den Varianten 13 und 23 (55 % bzw. 56 %) zu beobachten.

Keine oder nur sehr geringe Reduktionen des Befalls wurden unter den Varianten festgestellt, bei denen die letzte AMISTAR-Behandlung vor dem Ährenschieben (bis BBCH 47) erfolgte. Auch Konzentrationen von 1 L/ha zeigten hier keine Wirkung auf den Kornbefall mit *M. nivale*.

Die zusätzliche Untersuchung der Spelzen ergab, dass im Durchschnitt die *M. nivale* Mengen immer höher im Vergleich zu den Körnern waren. Die stärksten Befallsreduktionen (bis 66 %) wurden auch hier bei den Behandlungen nach dem Ährenschieben (BBCH 55) ermittelt.

Der natürliche Kornbefall mit *Fusarium* spp. war bei allen Parzellen sehr gering und zeigte keine Unterschiede zwischen den unterschiedlichen Behandlungen (s. Tab. A 9)

Behandlungen, Aufwandmengen (L/ha), BBCH-Stadium

Variante	BBCH 32	BBCH 39	BBCH 47	BBCH 55
1		unbehandelt		
2	Juwel Top 0,5	Amistar 0,5		
3	Juwel Top 0,5	Amistar 0,75		
4	Juwel Top 0,5	Amistar 1		
5	Juwel Top 0,5		Amistar 0,5	
6	Juwel Top 0,5		Amistar 0,75	
7	Juwel Top 0,5		Amistar 1	
8	Juwel Top 0,5			Amistar 0,5
9	Juwel Top 0,5			Amistar 0,75
10	Juwel Top 0,5			Amistar 1
11	Juwel Top 0,5	Amistar 0,5		Amistar 0,5
12	Juwel Top 0,5	Amistar 0,75		Amistar 0,75
13	Juwel Top 0,5	Amistar 1		Amistar 1
14	Juwel Top 0,5			
15		Amistar 0,5		Amistar 0,5
16		Amistar 0,75		Amistar 0,75
17		Amistar 1		Amistar 1
18		Amistar 0,5		
19		Amistar 0,75		
20		Amistar 1		
21				Amistar 0,5
22				Amistar 0,75
23				Amistar 1
24			Amistar 1	

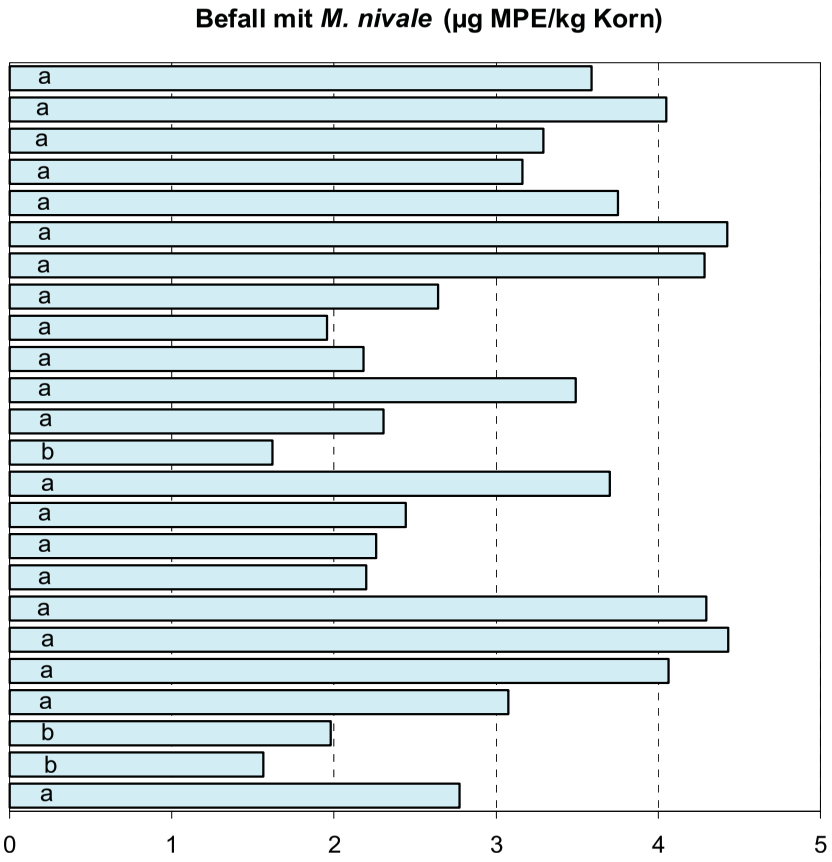

Abb. 17: Kornbefall mit *M. nivale* (DAS-ELISA) nach verschiedenen Fungizidbehandlungen (Reinshof 2000). Mittelwertvergleich erfolgte in Abhängigkeit von der Fungizidvariante. Werte ohne gleiche Buchstaben sind signifikantverschieden, $p \leq 0{,}05$ nach Tukey

3.5.2 Feldversuche 2000/2001

In der Vegetationsperiode 2000/2001 wurden zwei Versuchsblöcke gebildet, bei denen die Inokulationsmethoden mit *M. nivale* unterschiedlich waren. Der erste Block wurde mit künstlich infizierten Haferkörnern Anfang Februar bestreut und der zweite mit einer Suspension von Konidien und Myzelstücken im Stadium Beginn bis Mitte der Blüte (BBCH 61-65) besprüht. Beide Versuchsblöcke wurden mit gleichen Fungizidvarianten behandelt. Eine visuelle Bonitur sowie serologische Untersuchung der Blätter mit dem DAS-ELISA wurde in diesem Jahr nur mit dem Fahnenblatt und F-1 durchgeführt.

Die optische Bonitur zeigte, dass zwischen beiden Inokulationsmethoden keine großen Unterschiede bezüglich der ermittelten Gesamtnekrose festzustellen waren (Abb. 18 und 19). Alle Fungizidbehandlungen, bis auf die alleinige JUWEL TOP Behandlung, führten zu einer Reduktion der Gesamtnekrosen von 53 bis 94 Prozent (Fahnenblatt, F-1) im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle. Während das Fahnenblatt keine großen Differenzen zwischen den verschiedenen Fungizidbehandlungen aufwies, führten die Fungizidapplikationen bei dem Blatt F-1 zu einer unterschiedlich starken Reduktion der nekrotischen Blattfläche. Die besten Ergebnisse (46-90 % Reduktion) brachten hier die Kombination AMISTAR 0,6 L/ha + GLADIO 0,6 L/ha und die doppelten Behandlungen mit ACANTO 1 L/ha. Einige Fungizidvarianten mit einer einmaligen Applikation zu BBCH 55 führten zu keinen signifikanten Unterschieden im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle (s. Tab. A 10a und Tab. A 11a). Beim Fahnenblatt wurde eine besonders starke Reduzierung der nekrotischen Blattfläche (von 81 bis 99 Prozent) ermittelt. Besonders erfolgreich waren auch hier die Varianten AMISTAR + GLADIO sowie die doppelten Behandlungen mit ACANTO 1 L/ha. Sie reduzierten die Gesamtnekrose zwischen 95 und 99 Prozent. Eine Erhöhung der Aufwandmenge bei AMISTAR von 0,5 L/ha auf 1 L/ha führte sowohl bei dem Fahnenblatt, als auch bei dem Blatt F-1 unabhängig vom Applikationstermin zu keiner stärkeren Reduzierung der Nekrosen. Die Varianten mit einer JUWEL TOP Vorbehandlung wiesen auch in diesem Versuchsjahr im Durchschnitt weniger nekrotisierte Blattfläche auf als die Varianten ohne eine solche Applikation zu BBCH 32.

Die serologische Untersuchung der Blätter auf Befall mit *M. nivale* ergab, dass die Fungizidbehandlungen einen sehr hohen Wirkungsgrad gegenüber diesem Schaderreger hatten. Dabei konnten zwischen den einzelnen Varianten große Unterschiede (besonders bei Blatt F-1) festgestellt werden.

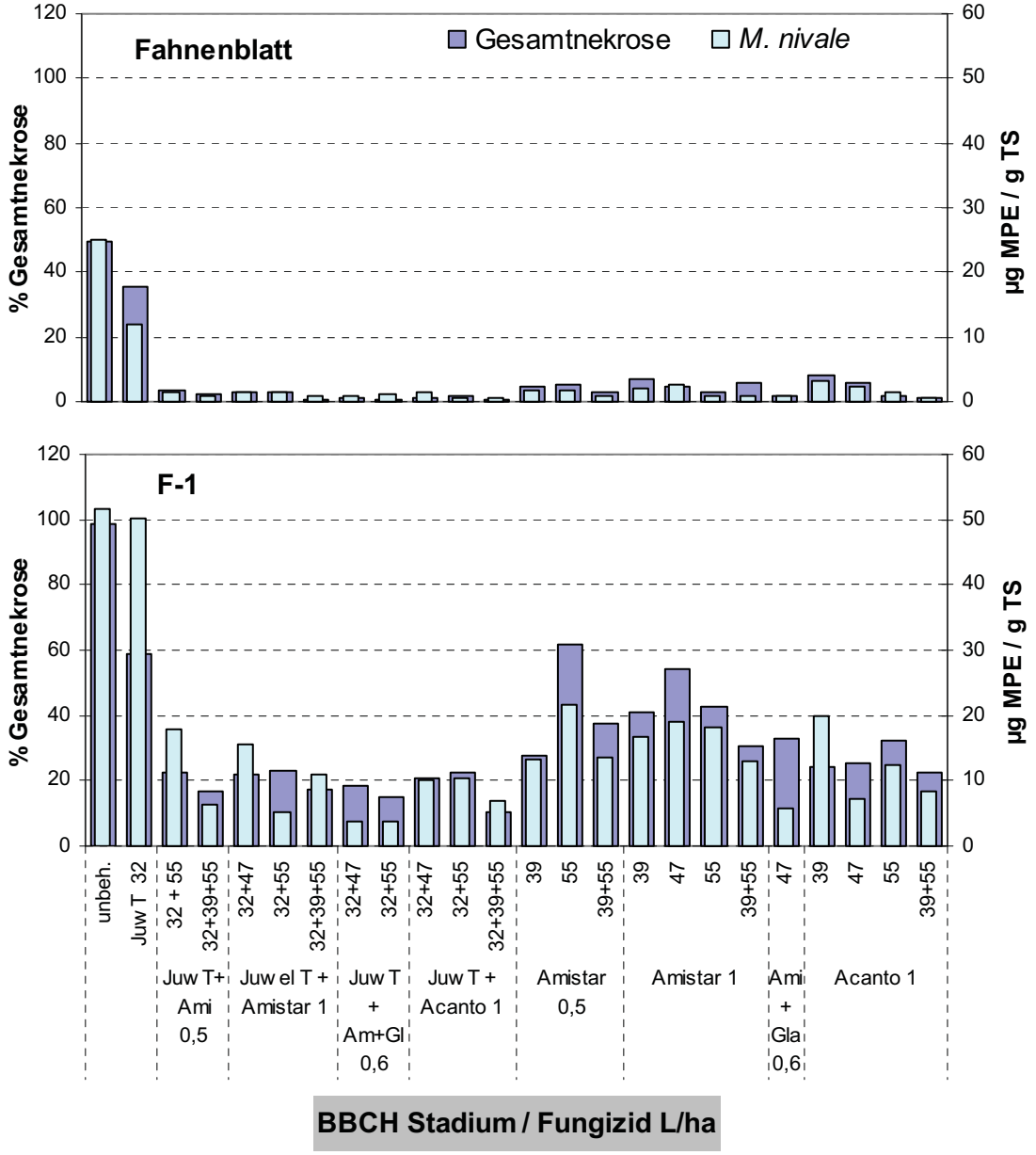

Abb. 18: Einfluss des Applikationstermines und der Aufwandmenge (L/ha) verschiedener Fungizidvarianten auf die gesamte Blattnekrose (visuelle Bonitur) sowie die *M. nivale*-Mengen ermittelt durch den DAS-ELISA zum Stadium Milchreife (BBCH 75) nach Inokulation mit infizierten Haferkörnern. Statistische Auswertung s. Tab. A 10a und Tab. A 10b.

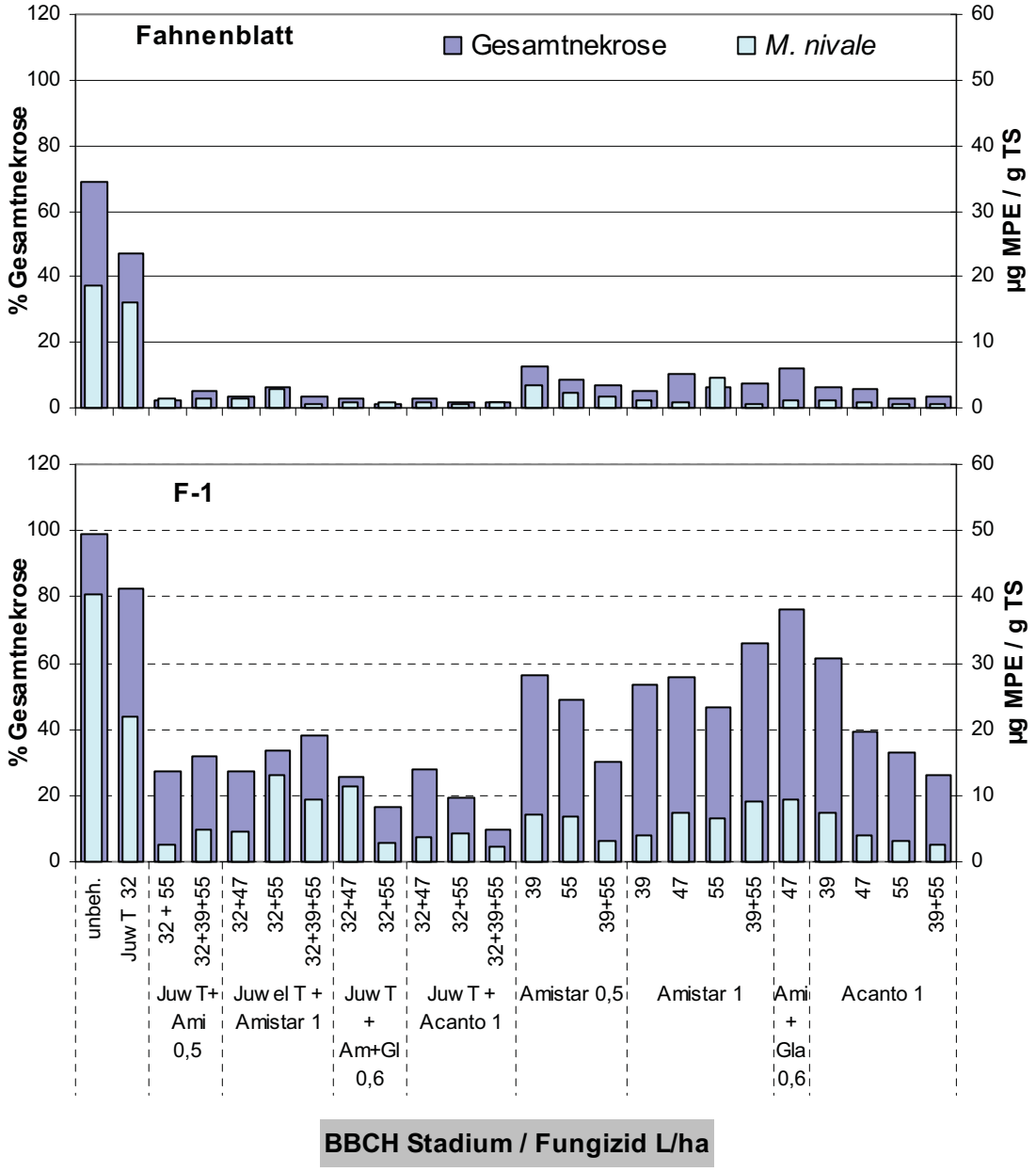

Abb. 19: Einfluss des Applikationstermines und der Aufwandmenge (L/ha) verschiedener Fungizidvarianten auf die gesamte Blattnekrose (visuelle Bonitur) sowie die *M. nivale*-Mengen ermittelt durch den DAS-ELISA zum Stadium Milchreife (BBCH 75) nach einer Sprühinokulation. Statistische Auswertung s. Tab. A 11a und Tab. A 11b.

Die stärkste Reduktion des *Microdochium*-Befalls wurde erneut nach der Behandlung mit AMISTAR 0,6 L/ha + GLADIO 0,6 L/ha sowie nach einer doppelten Applikation von AMISTAR oder ACANTO ermittelt. Diese Fungizidvarianten zeigten bei dem Blatt F-1 einen sehr guten Effekt und verminderten die *M. nivale* Mengen bis zu 95 %. Die einmaligen Behandlungen mit AMISTAR oder ACANTO erwiesen sich auch nach dieser Untersuchung besonders nach einer Haferkörnerinokulation als nicht ausreichend. Diese Varianten sowie die einmalige JUWEL TOP Applikation zu BBCH 32 führten zu keiner signifikanten Reduktion des *M. nivale*-Befalls im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle nach einer Haferkörnerinokulation (s. Tab. A 10b). Die Erhöhung der Aufwandmenge von AMISTAR auf 1 L/ha führte wie bei der visuellen Bonitur zu keiner stärkeren Reduzierung der *Microdochium*-Mengen.

Da auch ***S. tritici*** gleichzeitig verstärkt auftrat, wurde in diesem Jahr der natürliche Befall mit diesem Schaderreger aus dem Versuchsblock mit einer *M. nivale*-Haferkörnerinokulation serologisch untersucht. Die Ergebnisse der ELISA-Untersuchung sind als *Septoria* Protein Einheiten (SPE) in der Abb. 20 dargestellt.

Alle Behandlungen mit ACANTO 1 L/ha reduzierten den *Septoria tritici*-Befall sehr stark. Am effektivsten mit 100 % Wirkungsgrad waren die Varianten nach einer zweimaligen Acanto-Applikation zu BBCH 39 und 55 (siehe Var. 10 und 15). Die Varianten mit AMISTAR 1 L/ha zeigten mit über 92 % Befallsreduktion auch eine sehr gute Wirkung gegen *Septoria tritici.* Der Einsatz verschiedener Aufwandmengen (0,5 L/ha und 1 L/ha) führte hier unabhängig von dem Applikationstermin immer zu einem besseren Erfolg der höheren Konzentration. Ein Vergleich zwischen den Varianten mit AMISTAR 1 L/ha und den Varianten mit ACANTO 1 L/ha, zeigte stets eine deutlich bessere Wirkung von ACANTO gegen *Septoria tritici* sowohl bei dem Fahnenblatt als auch bei dem Blatt F-1. Die Behandlung mit AMISTAR 0,6 L/ha + GLADIO 0,6 L/ha erzielte auch einen sehr hohen Wirkungsgrad (94 %) im Durchschnitt und ist mit der Applikation von AMISTAR 1 L/ha vergleichbar.

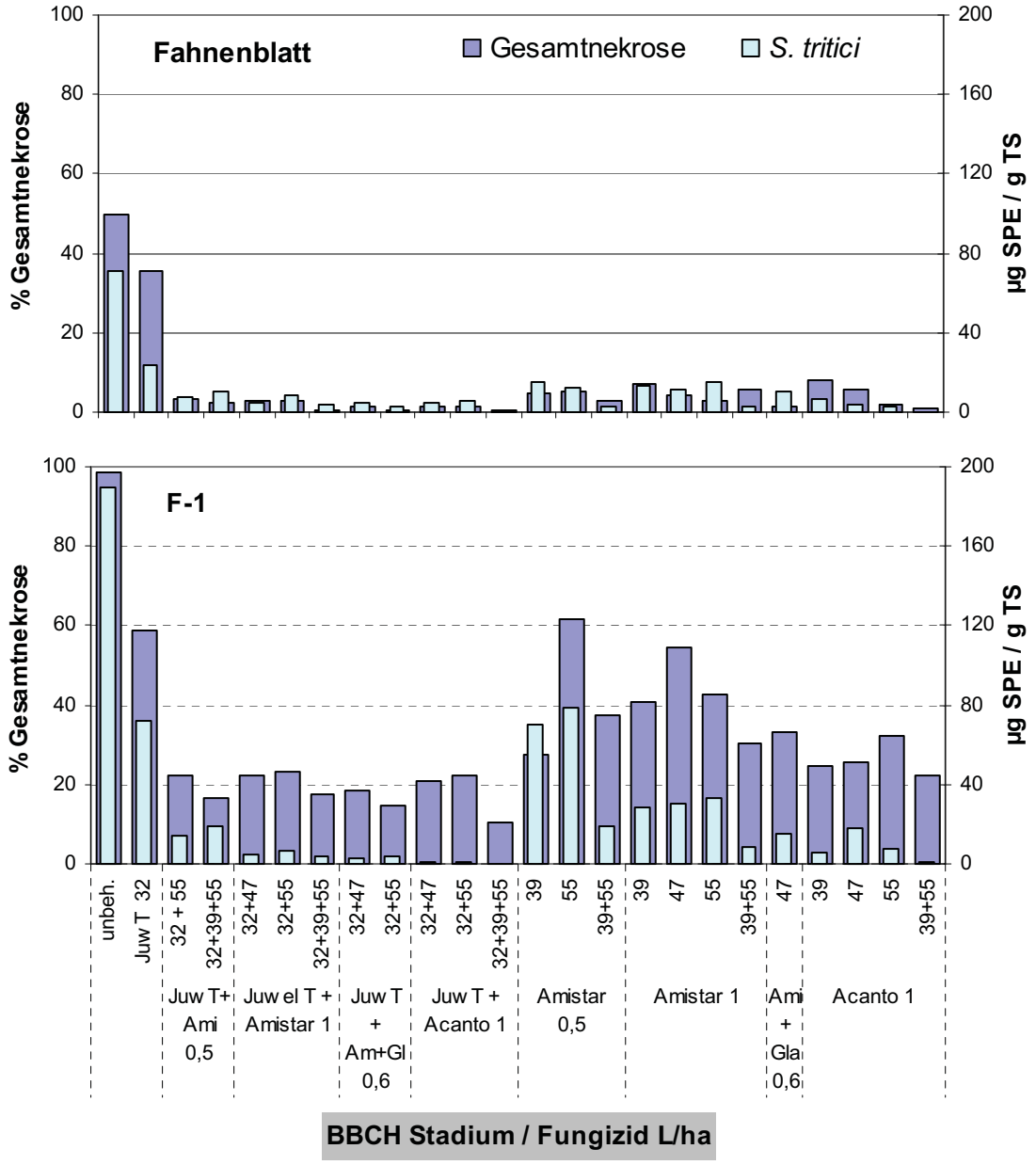

Abb. 20: Einfluss des Applikationstermines und der Aufwandmenge (L/ha) verschiedener Fungizidvarianten auf die gesamte Blattnekrose (visuelle Bonitur) sowie die *S. tritici*-Mengen ermittelt durch den DAS-ELISA zum Stadium Milchreife (BBCH 75) Statistische Auswertung s. Tab. A 12.

Der Kornbefall mit *M. nivale* wurde nach der Ernte der Parzellen von beiden Versuchsblöcken (Haferkörnerinokulation und Sprühinokulation) serologisch quantitativ mit dem DAS-ELISA bestimmt. Wie aus der Abb. 21 hervorgeht, wiesen die verschiedenen Fungizidbehandlungen einen unterschiedlich starken *M. nivale*-Befall auf. Alle Fungizidvarianten (ausgenommen Variante 12) führten in diesem Versuchsjahr zu einer Reduktion der *Microdochium*–Mengen im Korn wobei, wie schon im Feldversuch 2000 deutlich wurde, der Behandlungstermin eine sehr wichtige Rolle spielte. Die Fungizidvarianten, bei denen die letzte Applikation im Stadium BBCH 39 oder BBCH 47 erfolgte, reduzierten den *Microdochium*-Befall zwischen 33 und 51 Prozent. Diese Behandlungen führten zu keinem signifikanten Unterschied im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle. Die Applikationen nach dem Ährenschieben (BBCH 55) erzielten dagegen Befallsreduktionen von 72 bis 88 Prozent und unterschieden sich zur unbehandelten Variante signifikant. Am effektivsten mit 87 % Wirkungsgrad im Durchschnitt waren dabei die Varianten mit einer doppelten AMISTAR Applikation 1 L/ha (BBCH 39 und BBCH 55). Auch die Behandlungen mit ACANTO 1 L/ha oder AMISTAR 0,6 L/ha + GLADIO 0,6 L/ha zu BBCH 55 waren mit einer Befallsreduktion von bis zu 87 Prozent (80 % im Durchschnitt) sehr wirksam. Im Unterschied zum Blattbefall führte eine Erhöhung der Aufwandmenge bei AMISTAR von 0,5 L/ha auf 1 L/ha zu einer entsprechend stärkeren Reduktion der *M. nivale*-Mengen im Korn.

Die serologische Untersuchung auf *Fusarium* spp. ergab, dass auch in diesem Versuchsjahr der natürliche Befall der Körner sehr gering war und keine großen Unterschiede zwischen den verschiedenen Varianten zeigte (s. Tab. A 14).

Variante	Behandlungen, Aufwandmengen (L/ha), BBCH-Stadium BBCH 32	BBCH 39	BBCH 47	BBCH 55
1	unbehandelt			
2	Juwel Top 0,5		Ami 0,6 + Gla 0,6	
3	Juwel Top 0,5		Amistar 1,0	
4	Juwel Top 0,5		Acanto 1,0	
5	Juwel Top 0,5			Amistar 0,5
6	Juwel Top 0,5			Amistar 1,0
7	Juwel Top 0,5			Acanto 1,0
8	Juwel Top 0,5	Amistar 0,5		Amistar 0,5
9	Juwel Top 0,5	Amistar 1,0		Amistar 1,0
10	Juwel Top 0,5	Acanto 1,0		Acanto 1,0
11	Juwel Top 0,5			Ami 0,6 + Gla 0,6
12	Juwel Top 0,5			
13		Amistar 0,5		Amistar 0,5
14		Amistar 1,0		Amistar 1,0
15		Acanto 1,0		Acanto 1,0
16		Amistar 0,5		
17		Amistar 1,0		
18		Acanto 1,0		
19			Ami 0,6 + Gla 0,6	
20			Amistar 1,0	
21			Acanto 1,0	
22				Amistar 0,5
23				Amistar 1,0
24				Acanto 1,0

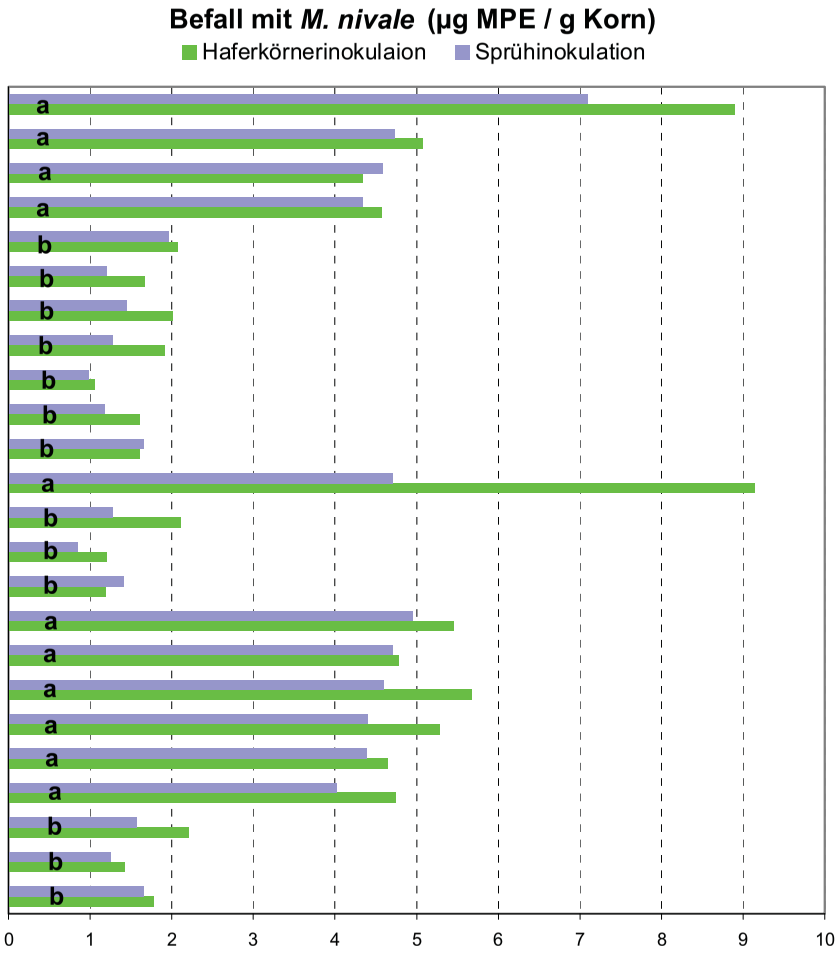

Abb. 21: *M. nivale*–Kornbefall nach verschiedenen Fungizidbehandlungen (Reinshof 2001). Mittelwertvergleich erfolgte in Abhängigkeit von der Fungizidvariante. Werte ohne gleiche Buchstaben sind signifikant verschieden, $p \leq 0{,}05$ nach Tukey

3.5.3 Fungizidversuche zur Bekämpfung von *M. nivale* unter Gewächshausbedingungen

Um die Wirkung des Fungizides AMISTAR gegen *M. nivale* unter kontrollierten Bedingungen zu prüfen, wurden im Versuchsjahr 2000 Pflanzen vom Feld ins Gewächshaus geholt und dort inkubiert. Die relative Luftfeuchte im Gewächshaus lag bei durchschnittlich 81 % und die Temperatur bei 16°C. Im Stadium BBCH 75 wurden die Pflanzen visuell bonitiert und nach der Beerntung der *Microdochium*-Befall der Körner serologisch (DAS-ELISA) quantifiziert. Die Ergebnisse der visuellen Bonitur sind in der Tab. 7 aufgeführt.

Tab. 7: Blattbefall nach Behandlung mit AMISTAR und Inkubation der Pflanzen unter Gewächshausbedingungen. Mittelwertvergleich erfolgte in Abhängigkeit von der Behandlung. Werte ohne gleiche Buchstaben sind signifikant verschieden. $p \leq 0,05$ nach Tukey

Behandlung (L/ha)	Applikationstermin (BBCH Stadium)	visuelle Bonitur (% befallene Blattfläche)	
		Fahnenblatt	F-1
unbehandelt	-	6,2 a	66 a
Amistar 0,75	39	0,2 b	6 b
Amistar 0,75	47	3,2 ab	17 b
Amistar 0,75	55	2,7 ab	22 b

Die Behandlungen mit AMISTAR führten zu einer starken Reduktion der Blattnekrosen im Vergleich zur unbehandelten Variante. Das beste Ergebnis erzielte dabei die Applikation zu BBCH 39. Diese Behandlung bewirkte eine Befallsreduktion von 97 % auf dem Fahnenblatt und 91 % auf Blatt F-1. Die Varianten mit einer Applikation zu BBCH 47 oder BBCH 55 waren dagegen nicht so erfolgreich. Signifikante Unterschiede im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle wurden hier nur beim Blatt F-1 ermittelt.

Unter Gewächshausbedingungen bewirkte die AMISTAR-Behandlung zu allen Applikationsterminen eine sehr starke Reduktion der *M. nivale* Mengen im Korn (Abb.22). Im Unterschied zum Feldversuch waren hier auch die früheren Behandlungen vor dem Ährenschieben, d.h. zu BBCH 39 oder BBCH 47, erfolgreich. Der Kornbefall mit *M. nivale* wurde im Vergleich zur unbehandelten Kontrollvariante zwischen 86 und 89 Prozent vermindert.

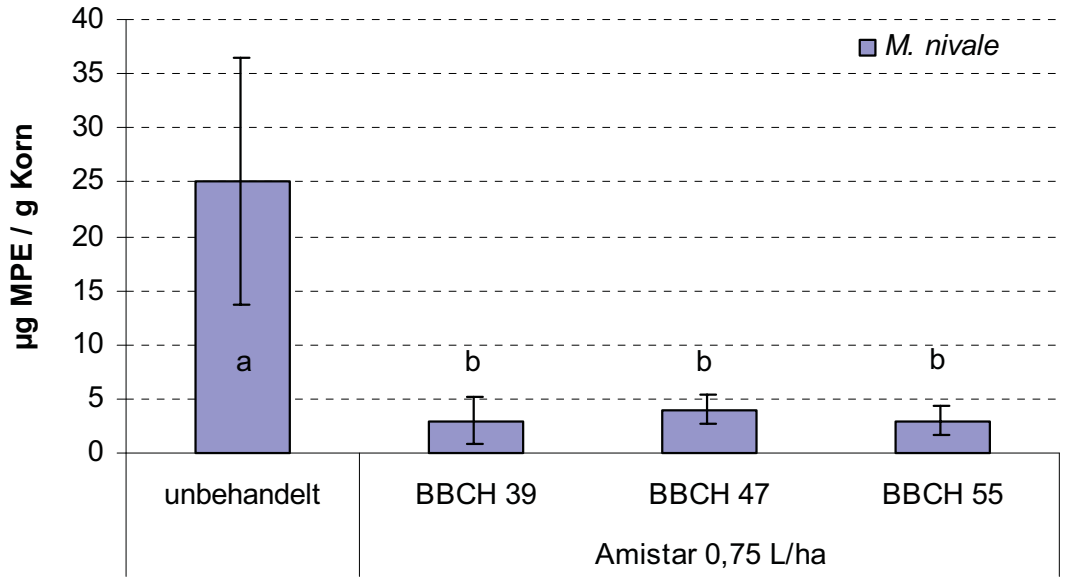

Abb. 22: Einfluss einer AMISTAR-Behandlung auf *M. nivale*-Befall im Korn unter Gewächshausbedingungen (16°C; 81% rel. Luftfeuchte). Mittelwertvergleich erfolgte in Abhängigkeit von der Behandlung. Werte ohne gleiche Buchstaben sind signifikant verschieden. $p \leq 0,05$ nach Tukey

3.5.4 Einfluss verschiedener Fungizidbehandlungen auf die Ertragsparameter von Winterweizen

Die Ertragsparameter (dt/ha; TKM) sowie die Wirtschaftlichkeit verschiedener Fungizidbehandlungen sind in den Tab. 8-10 aufgeführt.

Alle Fungizidvarianten im Versuchsjahr 2000 (Tab. 8) führten zu einer statistisch abgesicherten Steigerung des Ertrages von 21 bis 45 Prozent. Die höchsten Erträge (45 % bzw. 39 % Mehrertrag) wurden nach einer doppelten AMISTAR-Applikation zu BBCH 39 und BBCH 55 und der maximal zugelassenen Konzentration von 1 L/ha erreicht. Die Erhöhung der Aufwandmenge bei AMISTAR (von 0,5 L/ha auf 1 L/ha) führte in diesem Jahr zu einer entsprechenden Steigerung des Ertrages und der TKM. Die Varianten nach einer JUWEL TOP Vorbehandlung zu BBCH 32, lagen dabei im Durchschnitt mit 32 % Mehrertrag deutlich über den vergleichbaren Varianten mit nur einer einmaligen oder doppelten AMISTAR Behandlung und einen Mehrertrag von 26 Prozent.

Im Versuchsjahr 2001 führten die Fungizidbehandlungen zu einem Mehrertrag von 7 bis 30 Prozent (Tab. 9 und 10). Obwohl die absoluten Ertragswerte (dt/ha) im Durchschnitt ein höheres Niveau als im Versuchsjahr 2000 erreichten, waren die ermittelten Mehrerträge aufgrund der hohen Werte in der unbehandelten Variante geringer. Eine einmalige Behandlung mit JUWEL TOP (0,5 L/ha) brachte keinen abgesicherten Mehrertrag. Auch die ermittelten Ertragsdifferenzen (dt/ha) nach einer Haferkörnerinokulation und einer einmaligen Applikation von AMISTAR oder ACANTO führten zu keinem signifikanten Unterschied zur unbehandelten Kontrolle (Tab. 12).

Eine Vorbehandlung mit JUWEL TOP zu BBCH 32 (Var. 2 bis 12) führte auch in diesem Jahr zu höheren Erträgen. Eine Erhöhung der Aufwandmenge von AMISTAR führte im Unterschied zum Vorjahr nicht zu einer entsprechenden Steigerung von Ertrag und Tausendkornmasse. Die späte Behandlung mit AMISTAR 0,6 L/ha + GLADIO 0,6 L/ha zu BBCH 55 führte zu einem höheren Ertrag und TKM im Vergleich zu einer Applikation im Stadium BBCH 47. Die höchsten Erträge in diesem Jahr erzielten die Varianten mit einer Applikation zu BBCH 55 nach einer JUWEL TOP Behandlung im BBCH 32 sowie die doppelten AMISTAR- oder ACANTO - Behandlungen zu BBCH 39 und BBCH 55.

Tab. 8: Ertragsparameter (dt/ha; TKM) und Wirtschaftlichkeit verschiedener Fungizidbehandlungen – Versuchsjahr 2000. Mittelwertvergleich erfolgte in Abhängigkeit von der Fungizidvariante. Werte ohne gleiche Buchstaben sind signifikant verschieden, $p \leq 0{,}05$ nach Tukey

Behandlungen, Aufwandmengen (L/ha), BBCH-Stadium					Ertragsparameter und Kosten					
Variante	BBCH 32	BBCH 39	BBCH 47	BBCH 55	TKM (g)	% rel.	dt/ha	% rel.	Kosten € / ha	Erlösdifferenz € / ha
1		unbehandelt			39,6 a	100	63,0 a	100	0	805
2	Juwel Top 0,5	Amistar 0,5			46,2 b	117	81,8 b	130	77,3	164
3	Juwel Top 0,5	Amistar 0,75			46,3 b	117	82,8 b	131	93,1	160
4	Juwel Top 0,5	Amistar 1			47,1 b	119	83,1 b	132	108,9	148
5	Juwel Top 0,5		Amistar 0,5		46,9 b	118	82,0 b	130	77,3	165
6	Juwel Top 0,5		Amistar 0,75		47,7 b	120	85,0 b	135	93,1	189
7	Juwel Top 0,5		Amistar 1		47,2 b	119	82,7 b	131	108,9	143
8	Juwel Top 0,5			Amistar 0,5	46,8 b	118	82,3 b	131	77,3	170
9	Juwel Top 0,5			Amistar 0,75	47,2 b	119	82,9 b	132	93,1	161
10	Juwel Top 0,5			Amistar 1	48,0 b	121	85,6 b	136	108,9	180
11	Juwel Top 0,5	Amistar 0,5		Amistar 0,5	46,9 b	118	83,7 b	133	115,2	150
12	Juwel Top 0,5	Amistar 0,75		Amistar 0,75	47,8 b	121	85,8 b	136	146,7	145
13	Juwel Top 0,5	Amistar 1		Amistar 1	48,5 b	122	91,2 b	145	178,3	182
14	Juwel Top 0,5				43,5 b	110	76,0 b	121	39,5	127
15		Amistar 0,5		Amistar 0,5	45,9 b	116	80,5 b	128	75,7	148
16		Amistar 0,75		Amistar 0,75	46,9 b	118	82,7 b	131	107,2	145
17		Amistar 1		Amistar 1	48,8 b	123	87,3 b	139	138,8	172
18		Amistar 0,5			44,7 b	113	78,8 b	125	37,8	164
19		Amistar 0,75			45,5 b	115	80,0 b	127	53,6	164
20		Amistar 1			46,6 b	118	82,7 b	131	69,4	182
21				Amistar 0,5	43,8 ab	111	75,8 b	120	37,8	126
22				Amistar 0,75	45,9 b	116	81,5 b	129	53,6	183
23				Amistar 1	46,5 b	117	81,0 b	129	69,4	160
24			Amistar 1		46,1 b	116	78,0 b	124	69,4	123

Tab. 9: Ertragsparameter (dt/ha; TKM) und Wirtschaftlichkeit verschiedener Fungizidbehandlungen – Versuchsjahr 2001 (Haferkörnerinokulation). Mittelwertvergleich erfolgte in Abhängigkeit von der Fungizidvariante. Werte ohne gleiche Buchstaben sind signifikant verschieden, $p \leq 0{,}05$ nach Tukey

Behandlungen, Aufwandmengen (L/ha), BBCH-Stadium					Ertragsparameter und Kosten					
Variante	BBCH 32	BBCH 39	BBCH 47	BBCH 55	TKM (g)	rel.	dt/ha	rel.	Kosten € / ha	Erlösdiff. € / ha
1	unbehandelt				41,9 a	100	73,2 a	100	0	823,5
2	Juwel Top 0,5		Amistar 0,6 + Gladio 0,6		48,0 b	114	86,3 b	118	120,5	26,9
3	Juwel Top 0,5		Amistar 1,0		47,3 b	113	85,1 b	116	113,5	20,4
4	Juwel Top 0,5		Acanto 1,0		47,6 b	114	87,3 b	119	107,2 *	51,4
5	Juwel Top 0,5			Amistar 0,5	47,1 b	112	89,8 b	123	80,7	105,5
6	Juwel Top 0,5			Amistar 1,0	47,4 b	113	89,7 b	123	113,5	72,6
7	Juwel Top 0,5			Acanto 1,0	47,9 b	114	85,6 b	117	107,2 *	32,7
8	Juwel Top 0,5	Amistar 0,5		Amistar 0,5	48,0 b	115	88,2 b	121	119,7	49,4
9	Juwel Top 0,5	Amistar 1,0		Amistar 1,0	47,9 b	114	90,6 b	124	185,2	10,6
10	Juwel Top 0,5	Acanto 1,0		Acanto 1,0	48,5 b	116	89,5 b	122	166,2 *	17,0
11	Juwel Top 0,5			Amistar 0,6 + Gladio 0,6	49,3 b	118	87,2 b	119	120,5	36,7
12	Juwel Top 0,5				43,7 a	104	78,6 a	107	41,7	19,4
13		Amistar 0,5		Amistar 0,5	47,6 b	114	86,5 b	118	65,5	84,7
14		Amistar 1,0		Amistar 1,0	48,3 b	115	84,7 b	116	130,9	-1,7
15		Acanto 1,0		Acanto 1,0	48,9 b	117	86,1 b	118	117,8 *	27,0
16		Amistar 0,5			47,0 b	112	81,5 ab	111	39,0	54,5
17		Amistar 1,0			47,0 b	112	83,1 ab	114	71,7	39,7
18		Acanto 1,0			46,5 b	111	84,2 b	115	58,9 *	65,0
19			Amistar 0,6 + Gladio 0,6		46,7 b	112	86,3 b	118	78,8	68,2
20			Amistar 1,0		47,1 b	113	82,2 ab	112	71,7	29,9
21			Acanto 1,0		46,9 b	112	84,4 ab	115	58,9 *	67,3
22				Amistar 0,5	46,4 b	111	81,4 ab	111	39,0	53,3
23				Amistar 1,0	47,2 b	113	83,5 ab	114	71,7	43,6
24				Acanto 1,0	46,8 b	112	83,9 ab	115	58,9 *	61,3

* - berechnet mit Preis von ACANTO® Duo Pack

Tab. 10: Ertragsparameter (dt/ha; TKM) und Wirtschaftlichkeit verschiedener Fungizidbehandlungen – Versuchsjahr 2001 (Sprühinokulation). Mittelwertvergleich erfolgte in Abhängigkeit von der Variante. Werte ohne gleiche Buchstaben sind signifikant verschieden, p≤0,05 nach Tukey

Behandlungen, Aufwandmengen (L/ha), BBCH-Stadium					Ertragsparameter und Kosten					
Variante	BBCH 32	BBCH 39	BBCH 47	BBCH 55	TKM (g)	rel.	dt/ha	rel.	Kosten € / ha	Erlösdiff. € / ha
1	unbehandelt				42,3 a	100	74,8 a	100	0	841,5
2	Juwel Top 0,5		Amistar 0,6 + Gladio 0,6		48,4 b	114	88,4 b	121	120,5	33,0
3	Juwel Top 0,5		Amistar 1,0		48,1 b	114	89,4 b	122	113,5	51,2
4	Juwel Top 0,5		Acanto 1,0		48,4 b	114	91,8 b	125	107,2 *	84,5
5	Juwel Top 0,5			Amistar 0,5	48,2 b	114	92,8 b	127	80,7	121,9
6	Juwel Top 0,5			Amistar 1,0	49,3 b	117	89,0 b	122	113,5	46,5
7	Juwel Top 0,5			Acanto 1,0	49,1 b	116	89,9 b	123	107,2 *	63,2
8	Juwel Top 0,5	Amistar 0,5		Amistar 0,5	49,3 b	117	89,8 b	123	119,7	49,3
9	Juwel Top 0,5	Amistar 1,0		Amistar 1,0	50,5 b	119	94,5 b	129	185,2	36,6
10	Juwel Top 0,5	Acanto 1,0		Acanto 1,0	50,7 b	120	94,8 b	130	166,2 *	59,0
11	Juwel Top 0,5			Amistar 0,6 + Gladio 0,6	50,1 b	118	92,1 b	126	120,5	74,5
12	Juwel Top 0,5				45,4 a	107	79,5 a	109	41,7	10,8
13		Amistar 0,5		Amistar 0,5	49,0 b	116	89,8 b	123	65,5	102,9
14		Amistar 1,0		Amistar 1,0	49,6 b	117	89,5 b	122	130,9	34,6
15		Acanto 1,0		Acanto 1,0	50,3 b	119	88,0 b	120	117,8 *	30,4
16		Amistar 0,5			48,1 b	114	85,0 b	116	39,0	75,6
17		Amistar 1,0			48,1 b	114	87,4 b	119	71,7	70,1
18		Acanto 1,0			47,6 b	113	85,5 b	117	58,9 *	61,2
19			Amistar 0,6 + Gladio 0,6		47,4 b	112	89,3 b	122	78,8	84,9
20			Amistar 1,0		47,4 b	112	88,3 b	121	71,7	79,6
21			Acanto 1,0		48,4 b	114	88,6 b	121	58,9 *	96,7
22				Amistar 0,5	47,1 b	111	85,2 b	116	39,0	77,9
23				Amistar 1,0	47,4 b	112	85,9 b	117	71,7	53,3
24				Acanto 1,0	48,1 b	114	86,8 b	119	58,9 *	76,4

* - berechnet mit Preis von ACANTO® Duo Pack

Um die Wirtschaftlichkeit der Fungizidmaßnahmen zu prüfen wurden die Mehrerträge gegen die Kosten verglichen. Die berechneten Differenzen (Tab. 8-10) enthalten den bereinigten Erlös (€/ha), nachdem die Kosten der Fungizide und deren Ausbringungskosten herangezogen wurden.

Im Versuchsjahr 2000 führten alle Fungizidbehandlungen zu positiven Erlösdifferenzen zwischen 123 und 189 € (Tab. 8). Die besten Ergebnisse erzielten dabei die Varianten mit maximalen Erträgen (6, 10, 13, 20 und 22) und einem netto Erlös von über 180 €/ha. Auch die Varianten 8 und 17 lagen mit über 170 €/ha in einem sehr günstigen wirtschaftlichen Bereich.

Im Versuchsjahr 2001 waren die erzielten Erlösdifferenzen aufgrund des relativ hohen Ertrages in der unbehandelten Kontrolle deutlich geringer. Am wirtschaftlichsten in beiden Versuchsblöcke war die Variante 5 (JUWEL TOP 0,5 L/ha + AMISTAR 0,5 L/ha). Die Anwendung von AMISTAR in einer Konzentration von 0,5 L/ha führte immer aufgrund der niedrigeren Kosten zu einem höheren Gewinn als eine Applikation mit 1 L/ha. Besonders unwirtschaftlich waren dabei die doppelten AMISTAR oder ACANTO Behandlungen (1 L/ha) bei denen die Erlösdifferenz nicht immer im positiven Bereich lag (Tab. 9 und 10).

Die ermittelten Ertragsparameter zeigten einen sehr engen Zusammenhang mit der grünen Blattfläche zu BBCH 75 auf dem Fahnenblatt und dem Blatt F-1. Die Zunahme der grünen Blattfläche (Fahnenblatt; F-1) brachte eine entsprechende Erhöhung des Ertrages und der Tausendkornmasse (Abb. 23).

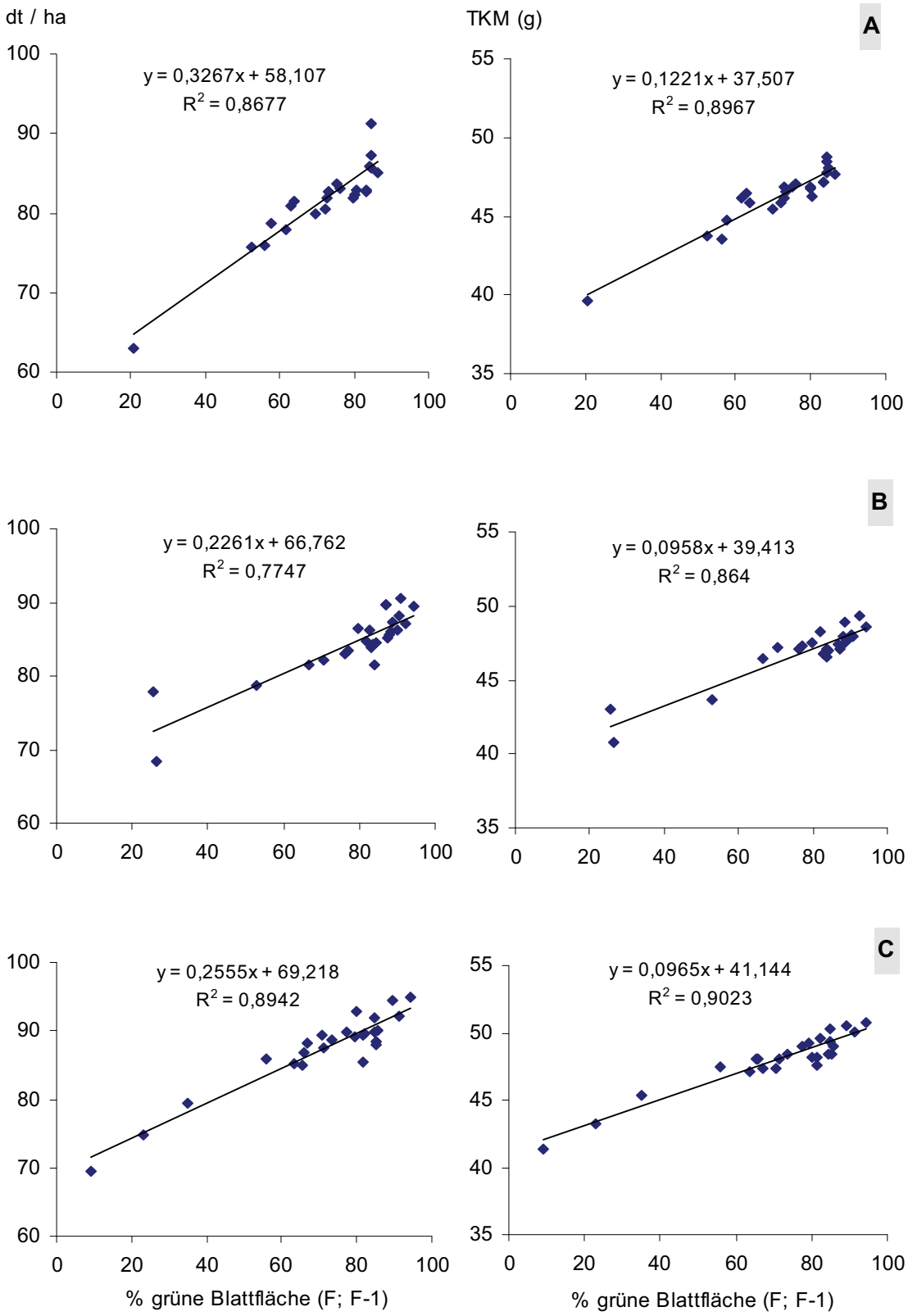

Abb. 23: Beziehung zwischen der grünen Blattfläche (Fahnenblatt; F-1) und den Ertragsparametern (dt/ha; TKM). A=Versuchsjahr 2000; B=Haferkörnerinokulation (2001); C=Sprühinokulation (2001)

3.6. Untersuchungen zur Minderung der Saatgutqualität von Winterweizen durch *M. nivale*

Der Kornbefall mit *M. nivale* kann zu einem negativen Einfluss auf die Qualitätsparameter des Saatgutes wie die Keimfähigkeit oder die Triebkraft führen. Ziel dieser Versuche war es festzustellen, welche Auswirkung der in den Feldversuchen ermittelte *Microdochium*-Befall auf diese Merkmale hat. Die Gesundheitsprüfung des Saatgutes erfolgte nach den Empfehlungen der „International Seed Testing Association“ (ISTA).

Untersucht wurden Proben aus dem Feldversuch 2001, die nach verschiedenen Fungizidbehandlungen eine unterschiedliche Befallsstärke (stark, mittel, schwach) mit *M. nivale* aufwiesen (Tab. 11).

Tab. 11: Proben mit unterschiedlich starkem *Microdochium*-Befall nach verschiedenen Fungizidbehandlungen (Feldversuch 2001)

Behandlungen, Aufwandmengen, Termine				***M. nivale*-Befall**	**Befallsstärke**
Variante	BBCH 32	BBCH 47	BBCH 55	µg MPE / g Korn	
1	unbehandelt			17,3	stark
3	Juwel Top 0,5	Amistar 1		8,5	mittel
4	Juwel Top 0,5	Acanto 1		6,4	mittel
6	Juwel Top 0,5		Amistar 1	1,6	schwach
7	Juwel Top 0,5		Acanto 1	1,6	schwach

Die Keimfähigkeit wurde nach der Filterpapiermethode bei 20 °C und 8-tägiger Inkubation bestimmt. Bei der Auswertung wurde der prozentuale Befall aufgrund typischer Symptome wie Wurzel- und Koleoptilenverbräunungen sowie korkenzieherartig verkrümmte oder abgestorbene Keimlinge ermittelt (Abb. 24).

Abb. 24: Keimlingsbefall an Weizen. **A** - beschädigte, **B** - normale Keimlinge

Zwischen den geprüften Varianten ergaben sich große Unterschiede in Abhängigkeit von dem serologisch ermittelten *M. nivale*-Befalls (Abb. 25).

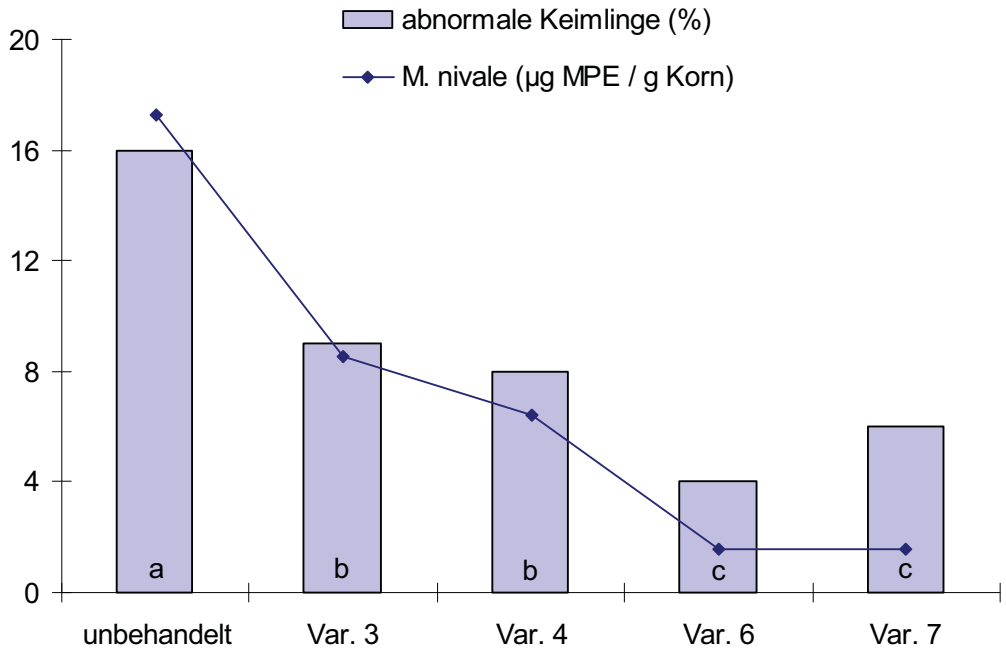

Abb. 25: Zusammenhang zwischen dem *M. nivale*-Befall im Korn (µg MPE) und den abnormalen Keimlingen (%). Mittelwertvergleich erfolgte in Abhängigkeit von der Variante, Werte ohne gleiche Buchstaben sind signifikant verschieden, $p \leq 0{,}05$ nach Tukey

Die unbehandelte Variante lag mit 16 % beschädigter Keimlinge deutlich über den Varianten mit einer AMISTAR oder ACANTO Applikation nach dem Ährenschieben (BBCH 55) mit einem Befall von 5 % im Durchschnitt. Die Varianten der mittleren Befallsstärke (Var. 3 und 4) und einer Behandlung vor dem Ährenschieben (BBCH 47) konnten zwar den Sämlingsbefall signifikant zur unbehandelten Kontrolle reduzieren, waren jedoch mit 9 % bzw. 8 % Befall nicht so effektiv wie die Varianten mit einer Fungizidapplikation zu BBCH 55. Zwischen den ermittelten *M. nivale* – Befall im ELISA und den Keimlingsbefall ergab sich somit eine hohe Korrelation von r=0,98*** ($p \leq 0{,}001$). Die Ergebnisse bestätigten, dass die über ELISA ermittelte *Microdochium*-Menge sich direkt im Keimlingsbefall einer Keimfähigkeitsprüfung wiederspiegelt.

Für die Probe mit dem stärksten Befall durch *M. niv*ale (unbehandelt) wurde zusätzlich die Auflaufrate bestimmt. Neben dem Pflanzenaufgang wurde auch die Sprosslänge ermittelt, um einen möglichen Einfluss des *Microdochium*-Befalls auf dieses Merkmal zu untersuchen. Die Befallsstärke der einzelnen Saatkörner wurde zunächst über einen enzymatischen Einzelkorntest (Xylanase) bestimmt und die aufgelaufenen Pflanzen in 4 Befallsklassen nach Extinktion gruppiert (Abb. 26).

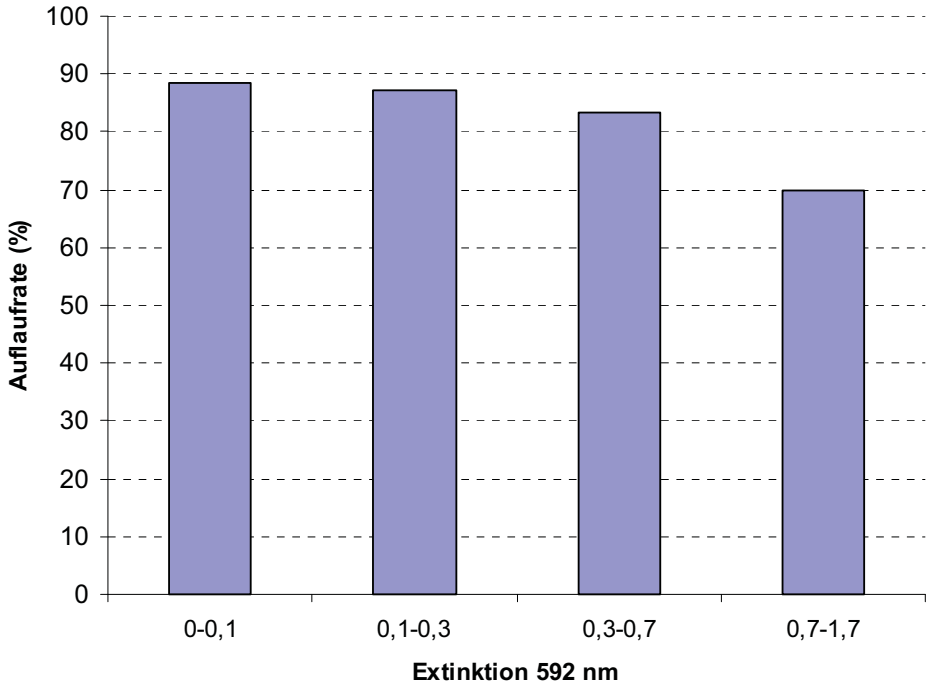

Abb. 26: Zusammenhang zwischen der Xylanaseaktivität als Maß für den Pilzbefall im Korn und der Auflaufrate bei Winterweizensaatgut aus dem *M. nivale* Versuch, 14 Tage nach Aussaat

Die Ergebnisse des Triebkrafttests zeigten deutlich, dass zwischen den Auflaufraten des Winterweizens und der Enzymaktivität als Maß für die Befallsstärke des Kornes ein sehr enger Zusammenhang bestand. Die Erhöhung der Aktivität bzw. der Befallsstärke führte zu einer Reduktion der Auflaufraten bis zum 20 Prozent.

Der Vergleich zwischen Befallsstärke und Sprosslänge zeigte, dass die Zunahme der Befallsstärke (Enzymaktivität) einen Einfluss auf die Sprosslänge hatte (Abb. 27). Im Durchschnitt verringerte sich die Länge von 30 mm für die Gruppe der befallsfreien Körnern mit einer Extinktion von 0 bis 0,1 auf ca. 20 mm bei den stark befallenen Körnern (Extinktion 1 bis 1,7). Die Korrelation zwischen den Parametern Befallstärke und Sprosslänge für einzelne Körner bzw. Pflanzen war aufgrund einer hohen Variation jedoch gering (r=0,13).

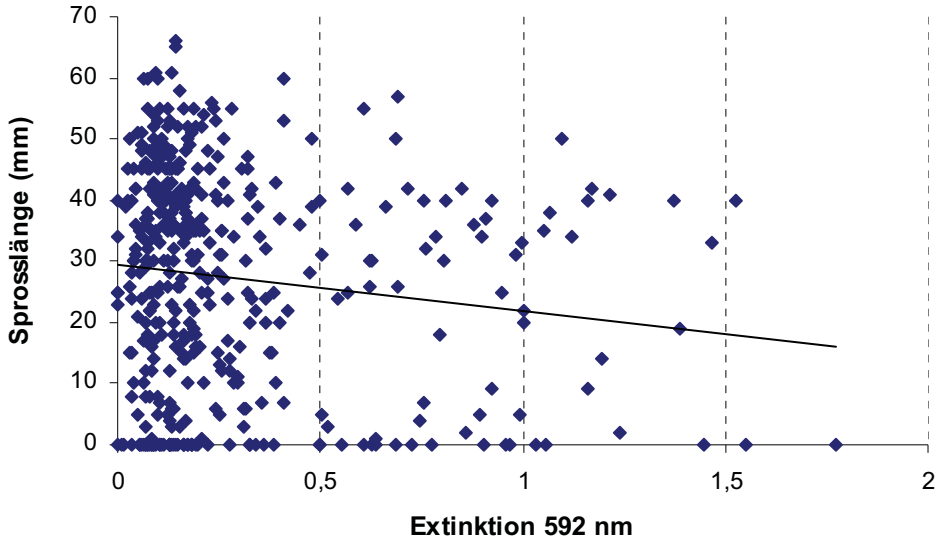

Abb. 27: Zusammenhang zwischen der Befallstärke (Xylanaseaktivität) und die Sprosslänge von künstlich infiziertem Winterweizensaatgut mit *M. nivale* im Triebkrafttest, 14 Tage nach Aussaat.

3.7 Untersuchungen über die Erntegutqualität

Ziel dieser Untersuchungen war es zu prüfen, ob Qualitätsveränderungen zum einen durch den künstlich induzierten *M. nivale* Befall im Korn und zum anderen durch den Einsatz von strobilurinhaltigen Wirkstoffen, auf bestimmte Parameter des Erntegutes (Inhaltsstoffe, Teigeigenschaften) ausgelöst wurden.

Kornproben aus den Feldversuchen, die im ELISA verschiedene *M. nivale* Mengen aufwiesen und bei der visuellen Blattbonitur zu BBCH 75 einen unterschiedlich starken Blattbefall (Fahnenblatt, F-1) zeigten, wurden auf verschiedene Inhaltsstoffe (Fallzahl, Feuchtgluten, Stärke, Amyloseextrahierbarkeit, Rohprotein, Mineralstoffgehalt) untersucht. Bei den Proben aus dem Versuchsjahr 2001 wurden zusätzlich Untersuchungen über die Veränderung von ausgewählten Teigeigenschaften (Wasseraufnahme, Teigentwicklung, Teigstabilität, Teigerweichung, Teigelastizität) durchgeführt. Die Ergebnisse sind in den Tabellen 12-14 dargestellt.

Die ermittelten *Microdochium*-Mengen im ELISA zeigten keinen Zusammenhang mit den Inhaltsstoffen des Weizens. Einen relativ hohen Korrelationskoeffizient (r=0,73) wurde nur mit dem Proteingehalt im Versuchsjahr 2000 festgestellt. Dieses Ergebnis konnte aber im nächsten Jahr nicht beobachtet werden. Die Reduzierung der Blattnekrosen infolge der Fungizidbehandlungen führte in beiden Versuchsjahren zu einer Zunahme des Stärkegehaltes und ist sehr wahrscheinlich mit der verbesserten Synthese verbunden. Die Amyloseextrahierbarkeit als Maß für die mechanische Stärkebeschädigung stieg mit der Zunahme der befallenen Blattfläche. Die zweifache Vermahlung des Mehles im Versuchsjahr 2000 führte zu einer erhöhten mechanischen Stärkebeschädigung und damit zu einer erhöhten Amyloseextrahierbarkeit. Der hohe Korrelationskoeffizient ist in diesem Jahr rein zufällig und hat keine Beziehung zu dem Blatt- bzw. Kornbefall. Ein sehr niedriger Feuchtglutengehalt (14,5%) wurde in der Probe mit 86 Prozent Blattnekrosen (Tab. 12) ermittelt, was auf eine veränderte Assimilation und Syntheseprozesse während der Kornfüllungsphase zurückzuführen ist.

Die Untersuchungen über die Veränderung der rheologischen Teigeigenschaften ergaben eine Erhöhung der Teigentwicklungszeit fast auf das doppelte mit der Zunahme der Blattnekrosen (Tab. 14). Möglicherweise laufen bei geringeren Befall die Syntheseprozesse vermutlich optimaler und führten zu einer Verbesserung der

Teigeigenschaften in diesem Fall der Teigstabilität. Bei den Proben mit stärkeren Blattnekrosen sowie Kornbefall wurde einen Anstieg der Wasseraufnahmefähigkeit beobachtet, die auf das veränderte Massenverhältnis im Korn (Schale-Mehlkörper) zurückzuführen ist. Eine negative Beeinflussung der Qualitätsparameter nach Behandlung mit strobilurinhaltigen Fungiziden wurde nicht festgestellt.

Tab. 12: Einfluss des Befallsgrades verschiedener Parameter (Blattnekrose; *M. nivale*-Befall im Korn) auf ausgewählte Inhaltsstoffe von Winterweizen (Versuchsjahr 2000). r=Korrelationskoeffizient, *p<0,05; **p<0,01; ***p<0,001

Var.	% Blattnekrose (F; F-1)	TKM (g)	*M. nivale* -Befall (µg MPE / g Korn)	Fallzahl (s)	Feuchtgluten (%)	Stärke (% TM)	Amyloseextra-hierbarkeit (BV/g)	Rohprotein (% TM)	Mineralstoffgehalt (% TM)
1	86	39,6	3,6	367	14,5	62,6	24,8	10,7	1,59
14	59	43,5	3,7	364	24,0	64,8	20,4	10,9	1,37
22	57	45,9	2,0	355	23,2	66,1	20,7	10,4	1,26
5	43	46,9	3,7	358	23,9	66,2	16,5	10,7	1,38
9	42	47,2	2,0	372	23,4	67,5	15,3	10,7	1,34
7	40	47,2	4,3	351	25,1	65,5	16,2	11,0	1,36
6	39	47,7	4,4	352	23,7	65,3	16,6	10,7	1,39
13	36	48,5	1,6	370	23,6	67,3	16,1	10,3	1,35
% Blattnekrosen (F; F-1)				n.s.	r=-0,87**	r=-0,82*	r=0,97***	n.s.	n.s.
M. nivale -Befall (µg MPE / g Korn)				n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	r=0,73*	n.s.

Tab. 13: Einfluss des Befallsgrades verschiedener Parameter (Blattnekrose; *M. nivale*-Befall im Korn) auf ausgewählte Inhaltsstoffe von Winterweizen (Versuchsjahr 2001). r=Korrelationskoeffizient, *p<0,05

Var.	% Blattnekrose (F; F-1)	TKM (g)	*M. nivale* -Befall (µg MPE / g Korn)	Fallzahl (s)	Feuchtgluten (%)	Stärke (% TM)	Amyloseextra-hierbarkeit (BV/g)	Rohprotein (% TM)	Mineralstoffgehalt (% TM)
1	74	40,7	9,8	381	25,9	63,2	4,6	11,51	1,53
12	47	43,7	9,1	393	26,1	65,2	4,6	11,51	1,59
23	23	47,2	1,4	370	27,1	64,6	4,7	11,66	1,68
24	17	46,8	1,8	385	25,9	64,6	4,5	11,43	1,47
6	13	47,4	1,7	365	26,9	66,1	4,6	11,31	1,48
3	12	47,3	4,3	338	27,1	66,1	4,2	11,29	1,51
7	12	47,9	2,0	373	27,2	66,1	4,3	11,43	1,59
4	11	47,6	4,6	360	26,5	65,6	4,2	11,12	1,55
% Blattnekrosen (F; F-1)				n.s.	n.s.	r=-0,80*	n.s.	n.s.	n.s.
M. nivale -Befall (µg MPE / g Korn)				n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

Tab. 14: Einfluss des Befallsgrades verschiedener Parameter (Blattnekrose; *M. nivale*-Befall im Korn) auf ausgewählte Teigeigenschaften von Winterweizen (Versuchsjahr 2001). r=Korrelationskoeffizient, *p<0,05

Var.	% Blattnekrose (F; F-1)	TKM (g)	*M. nivale*-Befall µg MPE / g Korn	Wasseraufnahme (%)	Teigentwicklung (min.)	Teigstabilität (min.)	Teigerweichung (VE)	Teigelastizität (VE)
1	74	40,7	9,8	62	1,5	0,42	195	42
12	47	43,7	9,1	60,6	1,4	0,5	179	63
23	23	47,2	1,4	58,6	1,1	0,5	158	37
24	17	46,8	1,8	60,3	1,3	0,7	174	42
6	13	47,4	1,7	59,4	1,2	0,9	184	37
3	12	47,3	4,3	59,4	1,1	0,8	184	58
7	12	47,9	2,0	59,8	0,7	0,7	168	37
4	11	47,6	4,6	59,8	0,7	0,8	168	53
% Blattnekrosen (F; F-1)				r=0,82*	r=0,72*	n.s.	n.s.	n.s.
M. nivale-Befall (µg MPE / g Korn)				r=0,79*	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

4 DISKUSSION

Während *M. nivale* als Erreger des Schneeschimmels früher ein großes Problem im Getreideanbau war, spielen heute Blatt- und Ähreninfektionen durch diesen Schaderreger eine wesentlich größere Rolle. In diesem Zusammenhang berichten WALTER und FOCKE (1981) über einen erheblichen Anteil vorzeitiger parasitärer Blattdürre mittelspäter und später Weizensorten verursacht durch *M. nivale*. Auch DIEHL und FEHRMANN (1989) beobachteten Anfang der achtziger Jahre einen starken Blattspreiten- und Blattscheidenbefall durch *M. nivale* in Weizen. Untersuchungen von HÄNI (1980) in Saatgutproben von Hafer, Gerste, Roggen und Weizen ergaben, dass *M. nivale* in der Schweiz stets die dominierende Art war. Auch Untersuchungen von OBST und FUCHS (2000) über den *Fusarium*-Besatz in Bayern aus den Jahren 1987-1999 ergaben, dass *M. nivale* bei allen Getreidearten und besonders bei Winterungen am häufigsten auftrat. Über ein verstärktes Auftreten von *M. nivale* in Durumweizen berichteten auch NIERENBERG et al. (1994).

Nach HÄNI (1980) ist *M. nivale* unter den klimatischen Bedingungen Mitteleuropas der gefährlichste samenbürtige Erreger für alle Getreidearten. Die Beizung des Saatgutes war schon in den 20er Jahren eine der sichersten Maßnahmen gegen Schneeschimmelbefall. Seit dem bestehenden Anwendungsverbot für Hg-haltige Beizmittel Anfang der achtziger Jahre und ihren Ersatz durch Hg-freie Spezial- und Universalmittel wurde oft über resistente *M. nivale*-Stämme gegenüber den neuen Wirkstoffen berichtet (HARTKE, S und BUCHENAUER, H., 1981; RADTKE, W., 1983; RESSELER, H. und BUCHENAUER, H., 1988). Da der Erreger am häufigsten mit dem Saatgut übertragen wird und zum großen Teil in tiefere Gewebeschichten eindringt, so dass er dann durch eine Oberflächendesinfektion des Korns nicht mehr erfasst werden kann (OBST und FUCHS, 2000) erhebt sich die Frage, inwieweit durch eine Bekämpfung des Pilzes bereits in der Ähre der Saatgutbefall vermindert werden kann. Vor diesem Hintergrund war es wichtig genauere und aktuellere Informationen über die Bedeutung von Blatt- und Ährenbefall für die Kontamination des Erntegutes zu erhalten. Darüber hinaus sollte der Einfluss von Blattnekrosen durch *M. nivale* auf den Ertrag untersucht werden. Da eine optische Erfassung des Befalls aufgrund vorhandener Mischinfektionen häufig unzuverlässig und ungenau ist, wurden im Rahmen dieser Arbeit Untersuchungen zur epidemiologischen Entwicklung des *M. nivale*-Befalls in der Pflanze mit Hilfe moderne Methoden (spezifischen ELISA) durchgeführt. Ein weiterer wichtiger Aspekt war die Frage mit welcher Fungizidstrategie

eine optimale Bekämpfung des Blatt- und Ährenbefalls durch *M. nivale* erreicht werden kann

4.1 Quantitative Erfassung des Pilzbefalls im pflanzlichen Gewebe

Eine Überwachung des Pflanzenbestandes im Sinne der prophylaktischen und direkten Bekämpfungsmaßnahmen fordert aus ökologischen und ökonomischen Gründen die Anwendung effektiver Methoden. Hierzu stehen verschiedene Verfahren zur Verfügung.

Eine weit verbreitete klassische Methode zur Erfassung der Befallshäufigkeit und des Artenspektrums ist das Auslegen von oberflächlich desinfizierten Pflanzenteilen auf verschiedene Nährmedien mit Agar (HÄNI, 1980; MAULER-MACHNIK und ZAHN, 1994; WEGENER, 1996). Diese Methode ermöglicht allerdings keine zuverlässige Aussage über die Pilzmenge, d.h. über die Stärke des Befalls (MAULER-MACHNIK und ZAHN, 1994).

Häufig werden auch Sporenabschwemmungen von Blättern und Ähren vorgenommen, die eine Differenzierung der verschiedenen Erreger erlauben. Die Befallsunterschiede werden dabei auf der Basis der unterschiedlichen Sporenmengen erfasst. Da die Sporulationsraten der verschiedenen Pilze art- oder sogar isolatspezifisch und nicht unbedingt miteinander vergleichbar sind, können allerdings Rückschlüsse von der Sporenmenge eines Erregers auf seinen Anteil am Befall nicht gezogen werden (DEUKER, 1986).

Die visuelle Bonitur ist eine weitere Methode zur Erfassung des Befalls durch verschiedene Schaderreger. Während die oben erwähnten Methoden mit einem ziemlich großen Arbeitsaufwand verbunden sind, ist die Sichtbonitur relativ schnell und unkompliziert durchzuführen und somit kann auch eine größere Anzahl von Proben ausgewertet werden. Sie hat allerdings das Problem, dass oft untypische Symptome bzw. häufige Mischinfektionen mit anderen Blatterregern eine Differenzierung der verschiedenen Erreger erschweren. Über solche Probleme bei der visuellen Bonitur berichtet auch WEGENER (1996).

Um die Erfassung des Pilzbefalls zu verbessern wurde in unserer Arbeitsgruppe ein spezifischer ELISA entwickelt, bei dem die verschiedenen Schaderreger auf Gattungs-

oder sogar Artebene nachgewiesen werden können und inzwischen routunemäßig eingesetzt wird. Eine häufig eingesetzte Variante in der Pflanzenpathologie ist der so genannte DAS-ELISA. Bei diesem Verfahren werden spezifische Antikörper an die Wände einer Mikrotiterplatte gebunden. Diese gehen mit dem pilzlichen Antigen einen Antigen-Antikörper-Komplex ein. Anschließend werden mit Biotin gekoppelte Antikörper an den Antigen-Antikörper-Komplex gebunden. Zur Sichtbarmachung der abgelaufenen Immunreaktion wird ein amplifizierendes System verwendet, dass die qualitative Erkennung und die quantitative Bestimmung erlaubt (LOTTSPEICH und ZORBAS, 1998). Als Amplifikator wird ein käufliches standartisiertes Streptavidin-Enzymkonjugat verwendet, das mit dem Biotin eine nicht kovalente Bindung mit hoher Affinitätskonstante eingeht (Biotin-Avidin-Bindung). Durch die Anlagerung mehrerer Biotinmoleküle an einen Antikörper wird die Empfindlichkeit des Tests wesentlich erhöht. Nach Zugabe von Substrat entsteht ein Farbumschlag, dessen Intensität unter optimierten Bedingungen proportional der Antigenkonzentration in der Probe ist.

In eigenen Untersuchungen wurde ein DAS-ELISA mit polyklonalen Antikörpern verwendet. Da in der Regel zum Zeitpunkt der Probenahme nicht bekannt ist, welche Strukturen und/oder welche Arten, Isolate oder Rassen des Pilzes vorhanden sind bietet ein polyklonales Antiserum den Vorteil, dass es eine Vielzahl von Antikörpern gegen die verschiedensten Epitope enthält und daher eine größere Wahrscheinlichkeit einen bestimmten Erreger zu erfassen hat.

UNGER (1989) konnte in Gewächshausversuchen mit künstlich infizierten Pflanzen unter Verwendung eines *F. culmorum*-Antiserums den Pilz in allen Stadien der Pflanzenentwicklung quantitativ nachweisen. Über eine quantitative Erfassung von *M. nivale* in Roggen mit indirektem ELISA berichteten HÖXTER et al. (1991). VOLKE (1995) konnte eine enge Beziehung zwischen der *Fusarium*-Menge in infiziertem Mehl und dem Extiktionswert nachweisen. Ähnliche Untersuchungen zur Quantifizierung von *M. nivale* und *S. nodorum* mit ELISA wurden auch von AL-KUBRUSLI (2000) durchgeführt. Die Ergebnisse zeigten, dass die Extinktionswerte mit zunehmendem Anteil infiziertem Material linear anstiegen. Die Ermittlung des Blattbefalls durch *M. nivale* mit dem DAS-ELISA in den Versuchen nach einer künstlichen Infektion im Gewächshaus zeigten sehr hohe Pilzmengen in den infizierten und keine Reaktion bei den nicht infizierten Pflanzen, d.h. hier traten keine Reaktionen mit den pflanzlichen Inhaltsstoffen auf, was eine sehr hohe Spezifität der verwendeten Antikörper beweist

und damit einen breiten Einsatz der Methode auch unter nicht kontrollierten Bedingungen wie z.B. Freilandmaterial ermöglicht.

Die Nachweisgrenze in den eigenen Untersuchungen lag bei 10 ng Pilzprotein/ml Puffer. Im ELISA können nach CLARK und ADAMS (1977) Proteine bis zu einer Grenzkonzentration von 1 ng/ml nachgewiesen werden. Für pilzliche Schaderreger halten mehrere Autoren eine Nachweisgrenze von 2 bis 50 ng Myzel/ml für möglich (MOHAN, 1989; UNGER, 1989; BECKMANN et al., 1994; ČERNUŠKO, 1995; KNAPOVA, 1995; MIEDANER et al., 1995; AL-KUBRUSLI, 2000). HÖXTER (1991) setzte die Nachweisgrenze für *M. nivale* etwas höher bei 100 ng Myzel/ml Puffer fest.

Die Ermittlung des Blattbefalls in den durchgeführten Feldversuchen erfolgte hauptsächlich mit zwei Methoden - visuelle Bonitur und ELISA. Ein Vergleich beider Methoden machte deutlich, dass die Stärke des *Microdochium*-Befalls nicht unbedingt mit der Gesamtnekrose in Verbindung steht. Vergleicht man z.B. den Blattbefall in der unbehandelten Kontrolle von beiden Versuchjahren, stellt man fest, dass das Fahnenblatt eine Gesamtnekrose zwischen 50 und 70 Prozent aufwies (Abb. 16, 18 und 19). Die Ermittlung der *M. nivale*-Mengen mit dem ELISA zeigte aber, dass im Versuchjahr 2001 der *Microdochium*-Befall um bis zu 10fach stärker war. Die Gründe, die dazu geführt haben, können dabei unterschiedlich sein (Witterungsfaktoren, Inokulationsmethode u.a.). Ein weiteres Beispiel über große Diskrepanzen zwischen der nekrotisierten Blattfläche und dem *M. nivale*-Befall wurde bei den Untersuchungen zur Ausbreitung von *M. nivale* auf der Pflanze beobachtet (Abb. 9). Das Blatt F-2 wies zu BBCH 69 sehr starke Nekrosen von 71 % auf, während die *Microdochium*-Mengen zu diesem Entwicklungsstadium noch sehr gering (2,2 µg MPE/g TS) waren. Zusammenfassend bedeutete die nekrotisierte Blattfläche nicht unbedingt einen starken *M. nivale*-Befall.

Die Anwendung eines ELISA bei der Ermittlung des Pilzbefalls hat auch den Vorteil, dass verschiedene Schaderreger in der selben Probe nachgewiesen und quantifiziert werden können. Das ist besonders z.B. bei der Beurteilung eines Fungizideffekts gegen verschiedene Krankheitserreger wichtig. Im Gegensatz zu der visuellen Blattbonitur, bei der eine Differenzierung der einzelnen Schaderreger aufgrund typische Symptome besonders in den späteren Entwicklungsstadien (BBCH 75-85) sehr problematisch und ungenau ist, konnte in den eigenen Untersuchungen mit Hilfe von ELISA z.B. herausgefunden werden, dass bei dem Blatt F-1 eine doppelte ACANTO-Behandlung zu einer 100%tigen Wirkung gegen *S. tritici* führte, während für

M. nivale die Reduktion zwischen 84 und 95 Prozent lag (s. Tab. A 10b, Tab. A 11b und Tab. A 12). Darüber hinaus zeigte ein Vergleich der ELISA-Werte für *S. tritici* nach Behandlungen mit ACANTO und AMISTAR stets einen besseren Erfolg von ACANTO gegen *S. tritici* besonders nach einer einmaligen Applikation zu den späteren Entwicklungsstadien (BBCH 47 oder 55). Nach HIEMER et al. (2001) weist ACANTO (Picoxystrobin) bei der Bekämpfung von *S. tritici* im Winterweizen neben einer protektiven Wirkung auch eine signifikant verbesserte Kurativität gegenüber AMISTAR (Azoxystrobin) auf.

Für eine quantitative Erfassung des Pilzbefalls nach künstlicher Inokulation unter Gewächshausbedingungen bietet sich auch ein Enzymtest (WIRTH und WOLF, 1992) an, bei dem die Pilzmenge über extrazelluläre, pilzliche Enzyme wie Cellulasen, Xylanasen oder Proteasen unter Verwendung von Polysaccharid- bzw. Protein-Farbstoffkonjugaten colorimetrisch bestimmt wird. Im künstlich infizierten Weizenblattgewebe mit *F. culmorum* wurde zwischen dem mikroskopisch ermittelten Befall und der Aktivität von Cellulasen und Xylanasen ein Korrelationskoeffizient von r=0,99*** ermittelt (AFSHARI-AZAD,1992). Auch WEGENER (1996) fand nach Untersuchungen von natürlich infizierten Pflanzen zum Stadium EC 31 gute Übereinstimmungen zwischen der Befallshäufigkeit verschiedener Halmasiskrankheits-Erregern (*Fusarium* spp., *P. herpotrichoides*) und der Aktivität von Xylanase und Protease. Es ist allerdings zu beachten, dass der Test unspezifisch ist und somit alle Pilze, die Enzyme produzieren, erfasst.

Die eigenen Untersuchungen mit jungen Winterweizenpflanzen im Gewächshaus zeigten eindeutig eine sehr stark erhöhte Aktivität der Cellulasen, Xylanasen und Proteasen in den künstlich infizierten Pflanzen und keine oder nur sehr geringe Reaktion bei den nicht infizierten. Auch die Untersuchung von einzelnen Körnern ohne vorherigen Aufschluss nach einer Einzelährcheninfektion ergab eine hohe Proteaseaktivität im Korn an der Inokulationsstelle. Dieses Verfahren wurde bereits von VOLKE (1995) entwickelt und zeigte eine sehr enge Beziehung zwischen der Cellulaseaktivität der ganzen Körner und dem *Fusarium*-Befall. Ähnliche Untersuchungen zur Bestimmung des Pilzbefalls wurden auch von AL-KUBRUSLI (1997) und KOLEV (2001) durchgeführt. Die Vorteile bei der Quantifizierung der Pilzmenge durch einen Enzymtest liegen darin, dass dieser Test sehr schnell, preiswert und unkompliziert durchzuführen ist und somit eine große Zahl von Proben in relativ kurze Zeit untersucht werden können.

Ein spezifischer Nachweis verschiedener Pilze auf Artebene mit Hilfe serologischer oder enzymatischer Methoden ist bisher nicht oder nur selten möglich gewesen. Um die Pilze artspezifisch anzusprechen, werden neben einer Bestimmung der morphologischen Merkmale auch verschiedene DNA-Techniken eingesetzt. Nach Verwendung verschiedener Strategien (shot-gun cloning, substraktive Hybridisierung) gelang es KOOPMANN (1994) artspezifische DNA-Sonden für *F. culmorum* und *F. graminearum* zu finden, die als Basis zur Entwicklung spezifischer Primer dienten. Durch Kombination dieser Primer in einer Multiplex PCR (multiplex polymerase chain reaction) konnten beiden *Fusarium*-Arten sowohl in infizierten jungen Pflanzen als auch in kontaminierten Weizenkörnern von Feldproben gleichzeitig identifiziert werden. Später wurde es auch möglich getreidepathogene Fusarien in einer kompetitiven PCR quantitativ nachzuweisen (XU, 2000; EDUARDS et al., 2001). Mit Hilfe von PCR konnten PARRY et al. (1995) auch *M. nivale*-Varietäten spezifisch nachweisen. Sie stellten fest, dass an der Halmbasis von Winterweizen 70 % der untersuchten Isolate zur Varietät *majus* und 30 % zur Varietät *nivale* gehörten, während im Korn var. *majus* mit 93 % der Isolate über var. *nivale* (7 %) dominierte. Eine Methode zum quantitativen Nachweis von *M. nivale*-Varietäten *majus* und *nivale* mit der kompetitiven PCR in Weizenkeimlingen wurde von NICHOLSON et al. (1996) entwickelt. SIMPSON et al. (2000) haben die Pathogenität der *M. nivale*-Varietäten *majus* und *nivale* in künstlich infizierte Weizen- Hafer- und Roggensämlinge mit quantitative PCR analysiert. Sie stellten fest, dass var. *majus* leicht über var. *nivale* in Weizen- und Hafersämlinge dominierte, während var. *nivale* in Roggensämlinge stark pathogen war. Als mögliche Ursache für diesen Unterschied fanden die Autoren die Empfindlichkeit der var. *majus* gegenüber Benzoxazolinone (BOA), eine hydroxamin Säure, die aus den Rogenblättern isoliert wurde. Eine competitive PCR zum Nachweis von *Microdochium niva*le und *Tilletia tritici* in Winterweizensaatgut ist auch von MULHOLLAND und McEVAN (2000) entwickelt worden.

4.2 Ausbreitung des *M.nivale*-Befalls in der Pflanze

Über die Besiedlung der Pflanze durch *M. nivale* sowie eine Beschreibung der hervorgerufenen Symptome liegen mehrere Arbeiten vor. (SCHAFFNIT, 1912; MÜLLER, 1952; HÄNI, 1980; WALTER und FOCKE, 1981; TSCHIRSICH, 1989; HÖXTER, 1991).

SCHAFFNIT (1912) beschrieb als einer der ersten verschiedenen Schadbilder an Getreidepflanzen wie Schneeschimmel, Halmbasiserkrankungen und Ährenbefall, die durch *M. nivale* hervorgerufen werden. An der Sprossbasis beobachtete HÄNI (1981) eine signifikant stärkere Verbräunung zu Entwicklungsstadium Bestockungsbeginn. Nach Auslegen der Pseudohalme auf Nährboden und Bestimmung der ausgewachsenen Kolonien dominierte *M. nivale* mit bis zu 17 % deutlich über die anderen Schaderreger (*F. culmorum*, *F. graminearum. F. avenaceum und D. sorokiniana*), bei denen einen Wert von max. 4 % ermittelt wurde. Im weiteren Verlauf der Entwicklung bis zur Milchreife wurden keine auffälligen Krankheitssymptome beobachtet. Auch HÖXTER (1991) ermittelte mittels ELISA einen hohen Befall direkt nach Ende der Schneebedeckung, der mit zunehmendem Pflanzenwachstum zurückging. Als Grund dafür sieht sie einen Verdünnungseffekt, der durch die Zunahme der pflanzlichen Frischmasse entsteht. Anschließend nahm der Befall bis zur Vollreife wieder zu.

In den eigenen Untersuchungen wurde die Ausbreitung des *M. nivale*-Befalls auf den verschiedenen Pflanzenorganen (Halm, Blatt und Ähre) von Entwicklungsstadium BBCH 39 bis BBCH 75 mit Hilfe von ELISA studiert. Zur ersten Probenahme (BBCH 39) wurden vom Halm sehr niedrige *M. nivale*-Mengen (1,2 µg MPE/g TS) ermittelt. In den weiteren Entwicklungsstadien konnte auch eine kontinuierliche Zunahme des Befalls im Halmbereich bis 4,9 µg MPE/g TS festgestellt werden. Signifikante Unterschiede zum ersten Probetermin wurden dabei erst ab Entwicklungsstadium BBCH 55 ermittelt (s. Abb. 8 und Tab. A 2). Nach HÖXTER (1991) steigt der Befall in den Halmbereich ab dem Beginn der Kornausbildung und mit Absterben des Halmes an. Nach ihren Untersuchungen spielt *M. nivale* in der Halmbasis nur eine untergeordnete Rolle.

Der als typisch angesehenen Blattbefall durch *M. nivale* in Form großer, ovaler nekrotischer Flecken (AHRENS und FEHRMANN, 1984) wurde in den eigenen

Versuche nur selten beobachtet. Vielmehr waren die Nekrosen bei der visuellen Bonitur aufgrund vorhandenen Mischinfektionen eher untypisch und konnten dem einzelnen Schaderreger nicht zugeordnet werden.

Durch die serologische Ermittlung des Blattbefalls zu den verschiedenen Entwicklungsstadien konnte gezeigt werden, dass höhere *Microdochium*-Mengen zunächst auf den untersten Blattetagen festzustellen waren. Diese Blätter wiesen auch bei der visuellen Bonitur gleichzeitig stärkere Nekrosen auf. Auch HÄNI (1981) konnte *M. nivale* stets nur von absterbenden Blättern oder von solchen mit Läsionen isolieren. In diesem Zusammenhang gab er dem ermittelten *M. nivale*-Blattbefall vor allem epidemiologische Bedeutung. Zweifelsohne ist der Pilz in der Lage unter bestimmten Bedingungen (Temperatur, Feuchte) Nekrosen auf dem Blatt zu verursachen. Das wurde in den eigenen Versuchen mit jungen Winterweizenpflanzen im Gewächshaus bestätigt, bei denen bereits 8 Tage nach der Infektion für *M. nivale* eine Blattschädigung in Form nekrotischer Flecken mit dunkelbraunen Randzonen (Abb. 4) zu sehen war. Auch HÄNI (1981) konnte nach künstlichen Inokulationen mit *M. nivale* im Keimlingsstadium eindeutige Blattsymptome hervorrufen.

Die Bildung einer Nekrose durch *M. nivale* auf den obere Blättern (Fahnenblatt, F-1) zu den späteren Entwicklungsstadien (Milch- bis frühe Teigreife) wurde von mehreren Autoren in der Literatur beschrieben (MÜLLER, 1912; WALTER und FOCKE, 1981; DIEHL, 1984; AHRENS und FEHRMANN, 1984). In den eigenen Untersuchungen konnte auch eine starke Zunahme der *M. nivale*-Mengen auf diese Blättern zum Stadium Milchreife (BBCH 75) festgestellt werden. Ob in diesem Fall eine saprophytische Besiedlung oder parasitische Nekrotisierung der Blattfläche durch *M. nivale* stattgefunden hat, ist aufgrund der vorhandenen Mischinfektionen z.B. mit *S. tritici* (s. Abb. 9 oder Tab. A 5) und untypische Symptomen schwer zu beurteilen. Ein Vergleich des Blattbefalls durch *M. nivale* zwischen den verschiedenen Fungizidvarianten im Versuchsjahr 2000 (Abb. 16) zeigte eindeutig, dass aufgrund einer fehlenden früheren JUWEL TOP Behandlung zu BBCH 32 stärkere Gesamtnekrosen sowie *M. nivale*-Mengen auf dem Blatt F-2 festzustellen waren, was einen entsprechend höheren Befall auf den oberen Blattetagen (Fahnenblatt, F-1) zur Folge hatte, d.h. der *M. nivale* Befall hat sich auf alle Fälle von unten nach oben aufgebaut. Feuchte und kühle Witterung in den Sommermonaten Juni und Juli sollte dabei entscheidende Rolle für den Aufbau eines Infektionspotenzials spielen (AHRENS und FEHRMANN, 1984).

Die Entwicklung des *M. nivale*-Befalls in der Ähre wurde zwei Jahre unter Feldbedingungen mit Hilfe von ELISA untersucht. Die Ergebnisse zeigten, dass auch hier erst zum Entwicklungsstadium Mitte Milchreife (BBCH 75) ein stärkerer *Microdochium*-Befall festzustellen war. AHRENS und FEHRMANN (1984) stellten in diesem Zusammenhang auch im Stadium der späten Milchreife ein „rasch voranschreitendes Ausbleichen einzelner Ährchen“ verursacht durch *M. nivale* fest. Untersuchungen von HÄNI (1981) zeigten, dass *M. nivale* in Abhängigkeit von der Befallsstärke entweder zu Ende der Blüte oder zur Milchreife nachzuweisen ist. In den eigenen Untersuchungen konnte der Pilz noch im Stadium Mitte des Ährenschiebens (BBCH 55), allerdings in sehr niedrigen Mengen, nachgewiesen werden. Für eine Ähreninfektion durch *M. nivale* scheint nach HÄNI (1981) der Infektionsdruck von besonderer Bedeutung zu sein. Stärker Infektionsdruck sollte demnach zu einer frühen und demzufolge stärkeren Infektion als niedriger Infektionsdruck führen.

Mittels Einzelährcheninokulationen während der Blüte wurde versucht, die Entwicklung des *M. nivale*-Befalls in der Ähre zu verfolgen. Die visuelle Bonitur sowie die durchgeführten enzymatischen und serologischen Untersuchungen zeigten, das der Pilz in der Lage war, die Körner des inokulierten Ährchens zu befallen. Eine sekundäre Ausbreitung auf weitere Ährchen einer Ähre wurde dagegen nicht festgestellt. Diese Entwicklung des Befalls gibt den Hinweis über einen unterschiedlichen Infektionsmodus in der Ähre im Vergleich mit den *Fusarium*-Arten *F. culmorum* und *F. graminearum*. Einzelährcheninfektionen mit diesen Schaderregern unter Gewächshaus- und Feldbedingungen zeigen eine Ausbreitung des Befalls in basipetaler Richtung mit Unterbrechung der Leitbahnen in der Ährenspindel. Es entsteht eine nekrotisch-chlorotische Ähre mit infiziertem und pilzfreiem Kümmerkorn (WEINERT und WOLF, 1994; KOLEV, 2001). Untersuchungen zum Befallsverlauf in der Ähre nach einer Einzelblüteninfektion mit den Arten *F. culmorum* und *M. nivale* wurden auch von WINSON et al. (2000) durchgeführt. Die Autoren stellten in Unterstützung mit den eigenen Ergebnissen fest, dass nach Infektion mit *M. nivale* nur ein Ährchen nekrotisierte, während die *F. culmorum*-Infektion auch auf weitere Ährchen Nekrosen hervorrief.

Die Untersuchung der Ährenspindel ergab einen deutlich erhöhten *Microdochium*-Befall im Vergleich zu den Körnern sowohl in den Ähren mit einer künstlichen als auch mit einer natürlichen Infektion. In diesem Zusammenhang stimmen die eigenen Ergebnisse mit den Untersuchungen von DOOHAN et al. (1998) überein, wobei nach

PCR- Analysen verschiedener Ährenteilen (Körner, Spelzen, Ährenspindel) *M. nivale* in der Ährenspindel dominierte. Nach Angaben von HÄNI (1980) führt ein Befall der Ährenspindel zur Unterbrechung des Stofftransportes und zum vorzeitigen Abreifen einzelner Ährenpartien. Ein Sekundärbefall der Körner von der Ährenspindel aus wie bei *F. culmorum* und *F. graminearum* wird allerdings nicht erwähnt. Die Tatsache, dass nach Einzelährcheninokulationen der Pilz auch auf weitere Ährchen- bzw. Ährenspindelteile nachgewiesen wurde ist durch die unkontrollierte natürliche Infektion unter Feldbedingungen zu erklären.

4.3 Einfluss verschiedener Strobilurin-Behandlungen auf *M. nivale*-Befall und Ertrag

Voraussetzung für eine erfolgreiche Bekämpfung von Pilzkrankheiten ist der genauere Kenntnis der Wirksamkeit verschiedener Fungizide gegen den einzelnen Schaderreger. In der Literatur finden sich einige Informationen über die Wirkung verschiedener Fungizide gegenüber Blatt- und Ährenbefall durch *M. nivale* (VERREET et al., 1988; OBST et. al., 1992; MEIER und OERKE, 2000; FORRER et al., 2000). Sie geben meistens Hinweise über Effekte oder gewisse biologische Nebenwirkungen, die nach der Anwendung einer Fungizidstrategie erzielt wurden.

Nach VERREET (1988) wird durch Applikationen von SPORTAK+SPORTAK (Prochloraz) sowie durch SPORTAK+BEFRAN (Iminoctadintriacetat) nur eine geringe Reduzierung der Erregerpopulation von *M. nivale* erreicht. Zweimalige Anwendung von RADAM (Guazatin) bzw. von BEFRAN führten dagegen zu einer starken Minderung der Erregerentwicklung. Einige Hinweise zur Bekämpfung von *M. nivale* wurden von OBST (1992) publiziert. Danach sollen Triazol-Morpholin-Kombinationen SIMBO und FOLICUR+CORBEL einen befriedigenden Wirkungsgrad gezeigt haben. Behandlungen mit MATADOR (Tebuconazol+Triadimenol) haben dagegen *M. nivale* nicht ausreichend erfasst. FORRER et al. (2000) haben verschiedene Fungizide mit den Wirkstoffen Chlortalonil, Tebuconazol, Propiconazol & Cyprodinil, Epoxiconazol & Fenpropimorph, Fluquinconazol & Prochloraz, Azoxystrobin sowie Kresoxim-methyl & Epoxiconazol gegen *M. nivale*-Ährenbefall in Triticale getestet und Wirkungsgrade von 41 bis 83 Prozent erreicht, wobei die beste Wirkung nach Anwendung von Azoxystrobin erzielt wurde.

Ziel der durchgeführten Fungizidversuche war die Entwicklung einer Strategie zur Bekämpfung von Blatt und Ährenbefall durch *M. nivale* im Winterweizen mit Hilfe der Strobilurine Azoxystrobin (AMISTAR®) und Picoxystrobin (ACANTO®). Geprüft werden sollte, zu welchem Entwicklungsstadium und mit welcher Aufwandmenge eine optimale Bekämpfung dieses Schaderregers erreicht werden kann.

In den eigenen Untersuchungen wurden bei der visuellen Bonitur typische Blattsymptome von *M. nivale* nur selten beobachtet. Die Nekrosen im Pflanzenbestand waren in beiden Versuchsjahren zum größten Teil entweder durch *S. tritici* hervorgerufen oder sie waren sehr unspezifisch und führten zu Problemen bei der Zuordnung von Schadbild und Erreger. Der *M. nivale*-Befall konnte deshalb nur über den spezifischen ELISA-Test nachgewiesen und quantifiziert werden.

Die Quantifizierung des *M. nivale*-Befalls mit ELISA von Blattproben im Stadium Milchreife (BBCH 75) ergab, dass infolge einer Fungizidapplikation die *Microdochium*-Mengen in Fahnenblatt bis zu 98 %, bei dem Blatt F-1 und F-2 entsprechend bis zu 94 bzw. bis 75 % reduziert wurde. Bei Betrachtung der Fungizidvarianten wurde deutlich, dass in Abhängigkeit von der Anzahl der Applikationen und der Aufwandmenge der verschiedenen Varianten eine unterschiedlich starke Reduktion des *M. nivale*-Befalls und der Gesamtnekrosen erzielt wurde.

Der Vergleich zwischen einfacher, zweifacher und dreifacher Fungizidbehandlung ergab, dass einmalige Fungizidapplikationen zu BBCH 39 oder BBCH 55 sich besonders im Versuchsjahr 2000 als nicht ausreichend erwiesen haben, um eine statistisch gesicherte Reduktion des *Microdochium*-Befalls und der nekrotisierten Blattfläche im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle zu erreichen. Versuche von BARTELS und RODEMANN (1998) zur Bekämpfung verschiedener Blattkrankheiten (*E*. g*raminis*, *S. tritici* und *Drechslera tritici repentis*) haben in Unterstützung der hier gewonnenen Ergebnisse gezeigt, dass eine einmalige Fungizidapplikation nicht ausreicht, um das Ertragspotenzial auszuschöpfen.

Mit einer zweifachen oder dreifachen Fungizidapplikation konnte der *M. nivale*-Befall auf den obersten zwei Blättern sehr stark reduziert werden. Besonders hervorzuheben ist auch die sehr starke Leistung von ACANTO gegenüber dem Befall durch *S. tritici* (Abb. 20). Zweifache Behandlungen führten zu einer vollständigen Unterdrückung dieser Blattkrankheit. Auch die Wirkung gegen *M. nivale* war im Vergleich zu AMISTAR-Applikationen etwas besser.

Eine sehr effektive Kontrolle des Blattbefalls (*M. nivale, S. tritici*) konnte auch mit der Spritzfolge von 0,5 L/ha JUWEL TOP zu BBCH 32 gefolgt von einer Abschlussbehandlung mit AMISTAR 0,6 L/ha + GLADIO 0,6 L/ha zu BBCH 47 oder 55 erreicht werden. Das hinzufügen von einem kurativen Partner (GLADIO) zu AMISTAR hat eine deutlich bessere Wirkung auch bei der Bekämpfung von anderen Blattkrankheiten wie z. B. DTR oder Mehltau (RODEMANN und BARTELS, 2001).

Die Applikationen mit AMISTAR oder ACANTO zu den verschiedenen Entwicklungsstadien des Weizens (BBCH 39, 47 und 55) führten zu keinem großen Unterschied bezüglich der nekrotisierten Blattfläche bzw. des *Microdochium*-Befalls. Die bessere Wirkung der höheren Aufwandmengen wurde durch eine stärkere Reduktion des *M. nivale*-Befalls besonders bei den gestaffelten Fungizidvarianten mit AMISTAR im Versuchsjahr 2000 sehr deutlich (Abb. 16).

Im Falle der Ähre war im Gegensatz zum Blatt das Entwicklungsstadium des Weizens zur Zeit der Applikation entscheidend für eine erfolgreiche Bekämpfung von *M. nivale*. Fungizidbehandlungen nach dem Ähreschieben (BBCH 55) erzielten einen deutlich besseren Bekämpfungserfolg. Varianten mit einer Abschlussbehandlung spätestens bis zum Stadium BBCH 47 waren dagegen nicht so erfolgreich. Der zeitliche Unterschied zwischen diesen zwei Entwicklungsstadien lag bei ungefähr einer Woche. Während diese Zeitspanne für die Bekämpfung von *M. nivale* auf dem Blatt keine Rolle spielte, wurden im Korn statistisch gesicherte Unterschiede bei den *Microdochium*-Mengen in Abhängigkeit vom Behandlungsstadium festgestellt. Der Grund für diese Unterschiede liegt möglicherweise in der Aufnahme- und Transportverhalten von AMISTAR bzw. von ACANTO. Zum Entwicklungsstadium BBCH 39 sind alle Blätter bereits entfaltet und bekommen einen direkten Kontakt mit dem Fungizid. Die Ähren, die erst zum Entwicklungsstadium BBCH 55 geschoben sind, bleiben ohne Kontakt mit dem Fungizid und werden deshalb von nachkommenden Infektionen nicht ausreichend geschützt. Daten von BARTLETT et al. (1998) zum Ährenschutz gegen *Septoria nodorum* zeigen, dass bei Azoxystrobin die Wirkungsgrade von BBCH 39 über BBCH 45 bis BBCH 59 von 28 % über 61 % auf 96 % zunahmen und damit der direkte Schutz der Ähren deutlich effizienter war als der Schutz vor dem Ährenschieben. Diese Ergebnisse stimmen weitgehend mit den eigenen überein, bei denen der maximal ermittelte Wirkungsgrad von BBCH 39 bzw. 47 bis BBCH 55 von 51 % auf 88 % gestiegen ist.

Im Gewächshausversuch konnte allerdings eine Reduzierung des *Microdochium*-Befalls auch nach Anwendung von AMISTAR in den früheren Stadien (BBCH 39, BBCH 47) erzielt werden. Dieses Ergebnis zeigt, dass unter bestimmten Bedingungen (niedrige Temperaturen, hohe Luftfeuchte) sehr wahrscheinlich eine gute Nachverteilung des Wirkstoffs in der Pflanze bis in der Ähre stattfindet, die eine pilzhemmende bzw. pilzabtötende Wirkung hat.

Die in dieser Arbeit verwendete Fungizide aus der Gruppe der Strobilurine (AMISTAR® und ACANTO®) zeichnen sich durch eine sehr lange Dauerwirkung und ein breites Spektrum gegen die meisten Pilzkrankheiten in Getreide aus. Beide Fungizide haben in Getreide systemische und translaminare Eigenschaften (Wirkung auf der Blattunterseite). Nach Applikation wird in der Blattkutikula ein Depot gebildet. Die Aufnahme in die Pflanze erfolgt aus diesem Depot heraus, der Wirkstoff verteilt sich im pflanzlichen Gewebe und wird im Xylem systemisch und translaminar transportiert. Aus dem Depot können die Wirkstoffe in eine aktive Dampfphase auf der Blattoberfläche übertreten und gegen pilzliche Schaderreger wirksam werden. Diese Eigenschaften erklären die enorme Dauerwirkung (3 bis 8 Wochen) dieser Fungizide. Der Wirkungsmechanismus von Strobilurinen beruht auf der Hemmung des Elektronentransportes in die mitochondriale Atmungskette und Verhinderung der ATP-Bildung. Die Hauptwirkung der eingesetzten Strobilurinfungizide (AMISTAR, ACANTO) besteht in der Unterbindung der Sporenkeimung (KONRADT et al., 1996; HIEMER et al., 2001)

Ein positiver Einfluss auf den Parzellenertrag (dt/ha) sowie die Tausendkornmasse konnte durch die Erhöhung der Aufwandmenge von AMISTAR erzielt werden. Zweimalige AMISTAR-Applikationen mit jeweils 0,5 L/ha (BBCH 39 + BBCH 55) ergaben eine Ertragsteigerung (dt/ha) von 28 %, wobei die TKM um 16 % erhöht war. Behandlungen mit der höchst zugelassenen Aufwandmenge (1 L/ha) brachten entsprechend 39 % Mehrertrag (dt/ha) und eine Steigerung der TKM von 23 % im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle. Eine deutliche Verschiebung der Korngrößen bei Winterweizen zu größeren, schwereren Körnern nach zweimaligen Behandlungen mit AMISTAR zu EC 31 + EC 51 wurde auch von KÖRSCHENHAUS und BUCHENAUER (1996) festgestellt.

Zwischen der grünen Restblattfläche der oberen zwei Blätter und den Ertragsparametern TKM und dt/ha konnte von uns eine sehr enge Beziehung

festgestellt werden. In den beiden Versuchsjahren führte die Zunahme der grünen Blattfläche beim Fahnenblatt und Blatt F-1 zu einer entsprechenden Erhöhung des Ertrages und der TKM (Korrelationskoeffizienten von r=0,88*** bis r=0,95***; Abb. 23).

Bekannt ist, dass die Strobilurine außer einer direkten Wirkung gegen pilzliche Schaderreger auch physiologische Nebenwirkungen mit ertragssteigerndem Effekt auf die Pflanze ausüben (KONRADT et al., 1996; VEREET et al., 1996; KÖHLE et al., 1997; HIEMER et al., 2001). Dieser physiologische Effekt wird durch eine deutlich ausgeprägte Wirkung, verbunden mit einer Verzögerung der Alterungsvorgänge bei den Getreidepflanzen, erkennbar („Greening"-Effekt) und ist mit einer Absenkung des CO_2-Kompensationspunktes (Photosynthese/Respiration) verbunden, die zu einer effektiveren Lichtausnutzung und somit zu einer Förderung der Biomassebildung führt (KONRADT et al., 1996; KÖHLE et al., 1997; HEITEFUSS, 2000). Die verzögerte Seneszenz auf den ertraglich wichtigen oberen 2-3 Blättern hat zur Folge, dass die Assimilatverlagerung von diesen Blättern in die Ähre erhöht wird und zu einer Steigerung des Ertrages führt. Gleichzeitig werden erhöhte Chlorophylgehalte festgestellt (KÖRSCHENHAUS und BUCHENAUER, 1996; TIEDEMANN und WU, 2001).

Die Anwendung von Strobilurinen führt auch zu weiteren physiologischen Effekten wie der Erhöhung der Vitalität von Pflanzenorganen und die Förderung der pflanzeneigenen Pathogenabwehr. GERHARD et al. (1998) stellten effektive Steigerungen der photosynthetischen Leistungsfähigkeit und eine Optimierung der Wassernutzungseffizienz an Weizen nach der Applikation strobilurinhaltiger Fungizide fest. Die Autoren beobachteten auch eine Verminderung der Ethylenbildung im behandelten Blattgewebe. Auch TIEDEMANN und WU (2001) fanden in ihren Untersuchungen, dass durch Behandlungen mit Strobilurinen und Azolen pflanzeneigene antioxidative Enzyme aktiviert werden, die für Entgiftung von Sauerstoffradikalen (Superoxid) verantwortlich sind und somit verminderte Alterungsschäden und eine verbesserte Stresstoleranz zur Folge haben.

Von besonderer Bedeutung bei der Auswertung der verschiedenen Spritzfolgen ist nicht nur der erzielte Mehrertrag, sondern auch die Wirtschaftlichkeit der durchgeführten Pflanzenschutzmaßnahmen. Die Bekämpfungsmaßnahmen sind erst dann als wirtschaftlich zu bezeichnen, wenn deren Kosten je dt Mehrertrag (Fungizid plus Ausbringungskosten) niedriger liegt als der sortenspezifische Weizenpreis je dt

(BEER et al., 1996). In den eigenen Versuchen erzielten Erlösdifferenzen (Grenzgewinn minus Kosten) schwankten in Abhängigkeit vom Versuchsjahr sehr stark. Als besonders wirtschaftlich erwiesen sich Varianten mit zweifachen Fungizidbehandlungen zu BBCH 32-39 + BBCH 55. Dreifachbehandlungen brachten zwar den besten Schutz von Krankheiten und damit auch einen sehr hohen Ertrag, dennoch wurde aufgrund der höchsten Kosten nicht die günstigste Wirtschaftlichkeit erreicht.

Die durchgeführten Untersuchungen sollten einen Beitrag dazu leisten, durch Verwendung moderner Methoden, neuere und detaillierte Informationen über die Bedeutung des Blatt- und Ährenbefalls durch *M. nivale* für den Saat- und Erntegutqualität zu gewinnen. Zugleich waren diese Erkenntnisse eine wichtige Voraussetzung für die Entwicklung einer Fungizidstrategie, bei der es zum ersten mal gelungen ist, durch den Einsatz neuere Fungizide aus der Gruppe der Strobilurine *Microdochium nivale* gezielt auf Blatt und Ähre zu bekämpfen.

5 ZUSAMMENFASSUNG

Im Rahmen zweijähriger Gewächshaus- und Feldversuche wurde die Biologie und die Bekämpfung des durch *M. nivale* (Samuels & Hallet) verursachten Blatt- und Ährenbefall an Winterweizen sowie dessen Einfluss auf Qualitätsparameter des Erntegutes studiert. Der Befall durch *M. nivale* wurde dazu mit Hilfe eines spezifischen DAS-ELISA nachgewiesen und quantifiziert.

Untersuchungen zur Ausbreitung von *M. nivale* auf der Pflanze unter Feldbedingungen mit Hilfe des ELISA zeigten, dass sich der Befall bis zum Entwicklungsstadium Ende der Blüte (BBCH 69) vorrangig auf die untersten Blattetagen (F-3, F-4) beschränkte. Eine starke Zunahme der *M. nivale* in den oberen Blättern (Fahnenblatt, F-1 und F-2) sowie in der Ähre wurde erst zum Stadium Milchreife (BBCH 75) festgestellt. Bei den getrennten Untersuchungen der unterschiedlichen Ährenbestandteile waren die Körner geringer befallen als Spelzen und Ährenspindel.

Künstliche Einzelblüteninfektionen unter Freilandbedingungen führten zu hellen Flecken mit dunkelbraunem Rand auf den Spelzen und zu einem starken Kornbefall an der inokulierten Stelle. Der Pilz war in der Lage auch weitere Körner innerhalb des infizierten Ährchens zu befallen. Eine Ausbreitung des Befalls auf weitere Ährchen wurde dagegen nicht festgestellt.

Untersuchungen von Winterweizen- und Triticalesorten auf Kornbefall durch *M. nivale* ergaben eine unterschiedliche Anfälligkeit verschiedener Sorten. Als gering anfällig konnte die Winterweizensorte Pegassos eingestuft werden, gefolgt von Flair. Stärker befallen waren Cardos, Hanseat, Ritmo und Contur. Triticale wurde stärker von *M. nivale* befallen als der Weizen. Von den getesteten Triticalesorten erwies sich Donatus als anfälligste Sorte, gefolgt von Modus, Trimaran und Alamo.

Verschiedene Fungizidbehandlungen mit den strobilurinhaltigen Fungiziden AMISTAR® und ACANTO® zeigten eine sehr gute Wirkung gegenüber Blatt- und Ährenbefall durch *M. nivale*. Dieses konnte im Gegensatz zur visuellen Bonitur nur über Untersuchungen mit Hilfe des spezifischen ELISA eindeutig ermittelt werden.

Die Quantifizierung des *M. nivale*-Befalls von Blattproben im Stadium Milchreife (BBCH 75) ergab, dass infolge einer Fungizidapplikation der Befall mit *M. nivale* bei den Fahnenblättern bis zu 98 % und bei den Blättern der Blattetagen F-1 und F-2 bis zu 94 bzw. bis 75 Prozent reduziert wurde. Am effektivsten waren die Behandlungen mit

AMISTAR + GLADIO sowie die zweimaligen Applikationen von AMISTAR oder ACANTO. Die Erhöhung der Aufwandmenge von 0,5 L/ha auf 1 L/ha führte bei AMISTAR zu einer entsprechend stärkeren Reduzierung des *Microdochium*-Befalls.

Der Kornbefall mit *M. nivale* wurde nach Behandlungen im Entwicklungsstadium Mitte des Ährenschiebens (BBCH 55) um bis zu 88% reduziert. Fungizidvarianten, bei denen die letzte Applikation vor dem Beginn des Ährenschiebens bis BBCH 47 erfolgte, waren dagegen nicht so effektiv. Die Erhöhung der Aufwandmenge von AMISTAR von 0,5 L/ha auf 1 L/ha bedeutete gleichzeitig eine stärkere Reduktion des *Microdochium*-Befalls im Korn. Unter Gewächshausbedingungen (16°C; 81% rel. Luftfeuchte) war auch eine frühere Applikation mit AMISTAR sehr wirksam und reduzierte den *M. nivale*-Befall im Korn bis zu 90 % von der unbehandelten Kontrolle.

Der Ertrag und die Tausendkornmasse wurden nach verschiedenen Fungizidbehandlungen bis zu 45% bzw. 23% gegenüber der unbehandelten Kontrolle erhöht. Die ermittelten Ertragsparameter zeigten einen sehr engen Zusammenhang mit dem durch die visuelle Bonitur ermittelten grünen Blattfläche des Fahnenblattes und des Blattes F-1 im Stadium BBCH 75. Die Zunahme der grünen Blattfläche infolge einer Fungizidanwendung führte immer zu einer entsprechenden Erhöhung des Ertrages und der TKM. Diese Mehrerträge konnten jedoch nicht allein auf eine Bekämpfung des Blatt- und Kornbefalls durch *M. nivale* zurückgeführt werden.

Untersuchungen zum Einfluss von *M. nivale* auf die Saatgutqualität von Winterweizen zeigten, dass zwischen der serologisch ermittelten Pilzmenge im Korn und dem Keimlingsbefall eine hohe Korrelation von r=0,98*** bestand. Durch *M. nivale* befallenes Saatgut zeigte in einem Triebkrafttest, dass die Erhöhung der Befallsstärke zu einer Reduktion der Auflaufraten bis zu 20% führte.

Untersuchungen auf verschiedene Qualitätsparameter des Mehles (Fallzahl, Feuchtgluten, Stärke, Amyloseextrahierbarkeit, Rohprotein, Mineralstoffgehalt) und der Teigeigenschaften (Wasseraufnahme, Teigentwicklung, Teigstabilität, Teigerweichung, Teigelastizität) von Kornproben mit unterschiedlich starkem *M. nivale*-Befall zeigten keine Beeinflussung der ausgewählten Parameter. Eine Veränderung dieser Ernteguteigenschaften nach der Behandlung mit strobilurinhaltigen Fungiziden wurde trotz großer Unterschiede beim Ertrag und bei der Tausendkornmasse nicht festgestellt.

6 LITERATURVERZEICHNIS

AFSHARI-AZAD, H. (1992):

Produktion extracellilärer, hydrolytischer Enzyme von *Pseudocercosporella herpotrichoides* (Fron) Deighton, *Fusarium culmorum* (W.G.SM.) SACC sowie *Rhizoctonia cerealis* in vitro bzw in planta und ihre Beziehung zur Pathogenese

Dissertation, Universität Göttingen

AHRENS, W. und FEHRMANN, H. (1984):

Weizenbefall durch *Septoria nodorum* und Ährenfusariosen.
I. Schadensanalyse
Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz **91**, 42-58

AL-KUBRUSLI, R. (1997):

Qualitative und quantitative Untersuchungen der Mikroflora von gelagertem Weizen aus der Arabischen Republik Syrien

Magisterarbeit, Universität Göttingen

AL-KUBRUSLI, R. (2000):

Entwicklung und Erprobung von Testsystemen zum qualitativen und quantitativen Nachweis phytopathogener Pilze in gelagertem Weizenerntegut

Dissertation, Universität Göttingen

ANONYM, (1999):

Bestimmung des Proteingehaltes. Standardmethode der Arbeitsgemeinschaft Getreideforschung e.V.

Merkblatt der Arbeitsgemeinschaft Getreideforschung e.V., Detmold Nr. 150, Dez.1999

BARTELS, G und RODEMANN, B. (1998):

Einsatz neuerer Fungizide in Wintergerste und Winterweizen

Getreide Magazin **4** Jg. (1), 26-28

BARTELS, M. (2000):

Welche Fungizidstrategien im Weizen 2000?
Top Agrar 1, 52-57

BARTLETT, D.W., GODWIN, J.R., KAPPES, E.M. (1998):

Azoxystrobin: Biokinetik und Systemische Wirkung
Mitt. a. d. Biol. Bundesanst., Heft 357, 132-133

BEER, E., BODENDÖRFER, H., BRUNS, J.B. und HEITEFUSS, H. (1996):

Überregionale Überprüfung einer Bekämpfungsschwelle für Blatt- und Ährenkrankheiten an unterschiedlich anfälligen Winterweizensorten in bundesweit durchgeführten Feldversuchen
Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd. **48**, 201-208

BECKMANN, K.B., HARRISON, J.G. and INGRAM, D.S. (1994):

Optimisation of a polyclonal enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA) of fungal biomass for use in studies of plant defence responses
Physiological and Molecular Plant Pathology **44**, 19-32

BOOTH, R.H. and TAYLOR, G.S. (1976a):

Straw debris as a source of inoculum for infection of wheat by *Fusarium nivale* in the field.
Fusarium diseas of cereals. X., Trans. Br. Mycol. Soc. **66**, 71-75

BOOTH, R.H. and TAYLOR, G.S. (1976b):

Growth and saprophytic activity of *Fusarium nivale* in soil
Fusarium diseas of cereals. XI., Trans. Br. Mycol. Soc. **66**, 77-83

BRAUN, H., RIEHM, E. (1957):

Krankheiten und Schädlinge der Kulturpflanzen und ihre Bekämpfung
Paul Parey in Berlin und Hamburg, Verlag für Landwirtschaft, Veterinärmedizin, Gartenbau und Forstwesen

CASPER, R. und S. MEYER (1981):

Die Anwendung des ELISA-Verfahrens zum Nachweis pflanzenpathogener Viren

Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd. **33**, 49-54

CLARK, M.F. and ADAMS, A.N. (1977):

Characteristics of the microplate method of enzyme-linked immunosorbent assay for the detection of plant viruses

J. gen. Virol. 34, 475-483

COLHOUN, J., PARK, D. (1964):

Fusarium diseases of cereals. I. Infection of wheat plants, with particular reference to the effects of soil moisture and temperature on seedling infection

Trans. Br. Mycol. Soc. **47**, 559-572

COLHOUN, J., TAYLOR, G.S., MILLAR, C.S. (1963):

Disease of cereals caused by *Fusarium nivale*

Nature, Lond., 200, 597

ČERNUŠKO, R. (1995):

Entwicklung und Erprobung enzymatischer und immunologischer Nachweismethoden für *Verticillium dahliae* Kleb. im Raps (*Brassica napus* L.)

Dissertation, Universität Göttingen

DEUKER, B. (1986):

Zur Befalls- und Ertragsstruktur von Winterweizen nach Infektion mit Schadpilzen

Dissertation, Universität Göttingen

DIEHL, T. (1984):

Weizenfusariosen – Zur Symptomentwicklung und Schadensanalyse bei Blatt- und Ährenbefall

Dissertation, Universität Göttingen

DIEHL, T., FEHRMANN, H. (1989):

Weizenfusariosen – Einfluss von Infektionstermin, Gewebeschädigung und Blattlaüsen auf Blatt- und Ährenbefall

Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz **96**, 393-407

DOOHAN, F.M., PARRY, D.W., JENKINSON, P., NICHOLSON, P. (1998):

The use of species-specific PCR-based assays to analyse *Fusarium* ear blight of wheat

Plant Pathology – Oxford, April, 1998; **47** (2), 197-205

DUBEN, J. und FEHRMANN, H. (1979):

Vorkommen und Pathogenität von *Fusarium*-Arten an Winterweizen in der Bundesrepublik Deutschland. I. Artenspektrum und jahreszeitliche Sukzession an der Halmbasis

Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz **86**, 638-652

DUBEN, J. und FEHRMANN, H. (1979):

Vorkommen und Pathogenität von *Fusarium*-Arten an Winterweizen in der Bundesrepublik Deutschland. II. Vergleich der Pathogenität als Erreger von Keimlings-, Halmbasis- und Ährenkrankheiten

Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz **86**, 705-728

DUBEN, J. und FEHRMANN, H. (1980):

Vorkommen und Pathogenität von *Fusarium*-Arten an Winterweizen in der Bundesrepublik Deutschland. III. Zusammenhang zwischen dem Befall der Halmbasis und der Ähre

Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz **87**, 1-12

EDWARDS, S.G., PIRGOZLIEV, S.R., HARE, M.C. and JENKINSON, P. (2001):

Quantification of Trihothecene-Producing *Fusarium*-Species in Harvested Grain by Competitive PCR To Determine Efficacies of Fungicodes against *Fusarium* Head Blight of Winter Wheat.

Applied and Environmental Microbiology, Vol. **67**, No. 4, 1575-1580

FOCKE, I. (1974):

Zur Bedeutung der Partiellen Taubährigkeit (*Fusarium culmorum* (W. G. Sm) Sacc.) und der Spelzenbräune (*Leptosphaeria nodorum* Müller; *Septoria nodorum* berk.) an Weizenähren

Nachrichtenblatt Pflanzenschutzdienst der DDR **28**, 3-6

FORRER,H.R., HECKER,A.,KÜLLING,C.,KESSLER,P.,JENNY,E., KREBS,H.(2000):

Fusarienbekämpfung mit Fungiziden ?

AGRARForschung **7** (6), 258-263

GERHARD, M., HABERMEYER, J., ZINKERNAGEL, V (1998):

Ertragsphysiologische Effekte strobilurinhaltiger Fungizide an Weizen

Mitt. a. d. Biol. Bundesanst., Heft 357, 131-132

HARTKE, S. und BUCHENAUER, H. (1981):

Untersuchungen zur Resistenz von *Gerlachia nivalis* gegenüber Wirkstoffen in Hg-freien Saatgutbehandlungsmitteln

Mitt. a. d. Biol. Bundesanst., Heft 203, 240-241

HÄNI, F. (1980):

Über Getreidefusariosen in der Schweiz: Saatgutbefall, Ährenbefall und Bodenkontamination

Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz **87**, 257-280

HÄNI, F. (1981):

Zur Biologie und Bekämpfung von Fusariosen bei Weizen und Roggen

Phytopathologische Zeitschrift **100**, 44-87

HEITEFUSS, R. (2000):

Grundlagen der praktischen Phytomedizin

Georg Thieme Verlag, 3. neubearbeitete und erweiterte Auflage

HIEMER, M., PETERS, G., KIRCH, G. und LASSAK, V. (2001):

Acanto® - das neue Getreidestrobilurin

Gesunde Pflanzen **53**. Jahrg., Heft 6, 191-195

HOFFMANN, G.M. und SCHMUTTERER, H. (1999):

Parasitäre Krankheiten und Schädlinge an landwirtschaftlichen Kulturpflanzen
Verlag Eugen Ulmer Stuttgart, 2. erweiterte und ergänzte Auflage

HÖXTER, H. (1991):

Inokulationsexperimente zur Prüfung von Roggen (*Secale cereale* L.) gegen die Schneeschimmel- und Fußkrankheitserreger *Microdochium nivale*, *Fusarium culmorum* und *F. graminearum* sowie Entwicklung eines immunologischen Tests (ELISA) zur Erfassung des Befalls mit *M. nivale*
Dissertation, Universität Hohenheim

HÖXTER, H., MIEDANER, TH., SANDER, EVAMARIE and GEIGER, H.H. (1991):

Quantitative assessment of *Microdochium nivale* in rye with ELISA
Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz **98**, 13-17

IHSSEN, G. (1912):

Fusarium nivale Sorauer, der Erreger der „Schneeschimmelkrankheit“, und sein Zusammenhang mit *Nectria graminicola* Berk. et Br.
Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten **22**, 184-185

ISTA (1966):

Empfehlungen der „International Seed Testing Assotiation“ (ISTA) für die Gesundheitsprüfung von Saatgut
Proc. Int. Seed Test. Ass. 31, 640-649

ISTA (1976):

Gesundheitsprüfung von Saatgut
Seed Sci. Technol. 4, 357-409

KNAPOVA, G. (1995):

Entwicklung und Prüfung eines ELISA zum Nachweis von *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary
Dissertation, Universität Göttingen

KÖHLE, H., GROSSMANN, K., RETZLAFF, G. und AKERS, A. (1997):

Physiologische Einflüsse des neuen Getreidefungizides Juwel® auf die Ertragsbildung

Gesunde Pflanzen **49**, Heft 8, 267-271

KONRADT, M., KAPPES, E.M., HIEMER, M. und PETERSEN H.H. (1996):

Amistar® - ein Strobilurin zur Bekämpfung von Getreidekrankheiten

Gesunde Pflanzen, **48**. Jahrg., Heft 4, 1996

KOLEV, G. (2001):

Ährenfusariosen des Weizens: Untersuchungen zur Aggressivität, Epidemiologie und Schadwirkung verschiedener *Fusarium*-Arten

Magisterarbeit, Universität Göttingen

KOOPMANN, B., KARLOVSKY, P., WOLF, G.A. (1994):

Differenzierung von *Fusarium culmorum* und *F. graminearum* anhand von DNA-Sonden

Mitt. a. d. Biol. Bundesanst. Heft 301, 175

KÖRSCHENHAUS, J-W. und BUCHENAUER, H. (1996):

Der Einfluss von Azoxystrobin auf Ertrag und Physiologie von Winterweizen sowie den Befall durch *Mycosphaerella graminicola* und *Phaeosphaeria nodorum*

Mitt. a. d. Biol. Bundesanst. Heft 321, 494

LOTTSPEICH, F. und ZORBAS, H. (1998):

Bioanalytik

Spektrum Akademischer Verlag Heidelberg· Berlin

MAULER-MACHNIK, A. und ZAHN, K. (1994):

Ährenfusariosen an Weizen – neue Erkenntnisse zur Epidemiologie und zur Bekämpfung mit Folicur (Tebuconazole),

Pflanzenschutz-Nachrichten Bayer **47**, 133-160

MEIER, A., OERKE, E.-C (2000):

Möglichkeiten zur Bekämpfung von *Fusarium* spp. und *Microdochium nivale* an Weizen durch Fungizide

Mitt. Biol. Bundestanst. Land- Forstwirtschaft, Heft 376, 86

MIELKE, H. (1998):

Zur Geschichte verschiedener Fuß-, Blatt- und Ährenkrankheiten des Getreides

Mitt. Biol. Bundestanst. Land- Forstwirtschaft Heft 337, 158-162

MIEDANER, T., BEYER, W., HÖXTER, H. and GEIGER, H.H. (1995):

Growth Stage Specific Resistance of Winter Rye to *Microdochium nivale* and *Fusarium* spp. in the Field Assessed by Immunological Methods

Phytopathology **85**, 416-421

MILLAR, C.S. and COLHOUN, J. (1969):

Fusarium diseases of cereals. IV. Observations on *Fusarium nivale* on wheat

Trans. Br. Mycol. Soc. **52**, 57-66

MILLAR, C.S. and COLHOUN, J. (1969):

Fusarium diseases of cereals. VI. Epidemiology of *Fusarium nivale* on wheat

Trans. Br. Mycol. Soc. **52**, 195-204

MOHAN, S.B. (1989):

Cross-reactivity of antiserum raised against *Phytophthora fragariae* with other *Phytophthora* species and its evaluation as a genus-detecting antiserum

Plant Patology **38**, 352-363

MULHOLLAND, V., McEWAN, M. (2000)

PCR-based diagnostics of *Microdochium nivale* and *Tilletia tritici* infecting winter wheat seeds

Bulletin-OEPP, print Septembre-Decembre, 30 (3-4), 543-547

MÜLLER, E. (1952):

Pilzliche Erreger der Getreideblattdürre

Phytopathologische Zeitschrift **19**, 403-416

NICHOLSON, P., LEES, A.K., MAURIN, N., PARRY, D.W., REZANOOR, H.N. (1996):

Development of a PCR assay to identify and quantify *Microdochium nivale* var. *nivale* and *Microdochium nivale* var. *majus* in wheat

Physiological and Molecular Plant Patology **48**, 257-271

NIERENBERG, H., SCHMITZ-ELSHERIF, H., KLING, CH.I. (1994):

Auftreten von Fusarien und Schwärzepilzen an Durumweizen in Deutschland. I. Befall mit *Fusarium*-Arten

Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz **101**, 449-459

OBST, A. und FUCHS, H. (2000):

Der *Fusarium*-Besatz bei Winter- und Sommergetreide – Untersuchungsergebnisse von Saatgetreidestichproben aus Bayern 1987-1999, Bodenkultur und Pflanzenbau, Ergebnisse eines LBP-Forschungsverbunds

Schriftenreihe der Bayerischen Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau, 3/00, S. 21-26

OBST, A. und GEHRING, K. (2002):

Getreide. Krankheiten, Schädlinge, Unkräuter

Verlag Th. Mann, Gelsenkirchen-Buer

OBST, A., LEPSCHY-v. GIESSENTAL, J. und HUBER, G. (1992):

Zur gezielten Bekämpfung der Ährenfusariosen bei Weizen – Beobachtungen und Versuchsergebnisse aus Bayern

Gesunde Pflanzen, **44**. Jahrg., Heft 2, 40-47

PARRY, D.W., REZANOOR,H.N., PETTIT,T.R., HARE, M.C., NICHOLSON, P. (1995):

Analysis of *Microdochium nivale* isolates from wheat in the UK during 1993

Annals of Applied Biology **126** (3), 449-455

RADTKE, W. (1983):

Praxisbezogene Probleme der Bekämpfung des MBC-resistenten, samenbürtigen Pilzes *F. nivale* (=*Gerlachia nivalis*) mit Hg-freien Beizmitteln
Gesunde Pflanzen **35**, 134-136

RAPILLY, F., LAMAIRE, J.M., CASSINI, R. (1971):

Les maladies des céréales
INRA et ITCF, Paris, 186 pp.

RAWLINSON, C.J. and COLHOUN, J. (1969):

The occurence of *Fusarium nivale* in soil
Plant Pathology **18**, 41-45

RESSELER, H. und BUCHENAUER, H. (1988):

Resistenzentwicklung von *Gerlachia nivalis* gegenüber Dicarboximid- und Benzimidazol-Fungiziden sowie Untersuchungen zur Vitalität der doppeltresistenten Stämme
Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz **95** (2), 143-155

RODEMANN, B. und BARTELS, G. (2001):

Bekämpfung von DTR durch Sortenwahl und gezielten Fungizideinsatz
Getreide Magazin **7** Jg. (2), 84-87

RODEMANN, B., WEINERT, J. und WOLF, G.A. (1994):

Quantifizierung der Pilzmenge in Pflanzenmaterial durch Enzymtests
Mitt. A. d. Biol. Bundesanst., Heft 301, 278

SCHAFFNIT, E., (1912):

Der Schneeschimmel und die übrigen durch *Fusarium nivale* Ces. hervorgerufenen Krankheitserscheinungen des Getreides
Landwirtschaftliche Jahrbücher **43**, 521-638

SCHAFFNIT, E., (1919):

Über die geografische Verbreitung von *Calonectria graminicola* (Berk. U. Brme) Wr. (*Fusarium nivale* Ces.) und die Bedeutung der Beize des Roggens zur Bekämpfung des Pilzes
Landwirtschaftliche Jahrbücher 54, 523-538

SIMPSON, D.R., REZANOOR, H.N., PARRY, D.W, NICHOLSON, P. (2000)

Evidence for differential host preference in *Microdochium nivale* var. *majus* and *Microdochium nivale* var. *nivale*
Plant Pathology-Oxford **49** (2), 261-268

SNYDER, W.C. and NASH, S.M. (1968):

Relative incidence of *Fusarium* pathogens of cereals in rotation plots at Rothamsted.
Trans. Br. Mycol. Soc. **51**, 417-425

TSCHIRSICH, P. (1989):

Lichtmikroskopische Untersuchungen zur Entwicklung von *Microdochium nivale* (Fries) Comb. Nov. (Syn. *Gerlachia nivalis* (Ces. ex sacc.) W. Gams & E. Müller) auf Blattscheiden von Weizenpflanzen nach künstlicher Infektion
Diplomarbeit, Universität Göttingen

TIEDEMANN, A.v., WU, Y. (2001):

Physiologische Effekte von Azolen und Strobilurinen bei Weizen und Gerste
Getreide Magazin **7** Jg. (2), 78-82

UNGER, J. (1989):

Entwicklung und Erprobung eines ELISA (enzyme-linked immunosorbent assay) zum Nachweis von *Fusarium culmorum* (W.G.Sm) Sacc. und *Pseudocercosporella herpotrichoides* (Fron.) Deigh. in Weizen
Dissertation, Universität Göttingen

VERREET, J.-A. (1995):

Das IPS-Modell Weizen
Pflanzenschutz Nachrichten Bayer **48**, 1

VERREET, J.-A., HOFFMANN, G.M. und BÜSCHBELL, T. (1988):

Beitrag zur Wirkung vin Fungiziden gegen *Septoria nodorum*, *Fusarium nivale* und *Pseudocercosporella herpotrichoides* an Winterweizen

Gesunde Pflanzen, **40**. Jahrg., Heft 4, 133-142

VERREET, J.-A., KLINK, H., KRIEG, U., HEDKE, A., WEHRMANN, A. (1996):

Biologisch-epidemiologische und ertragliche Effekte des Fungizides Amistar (Azoxystrobin) aus der Gruppe der ß-Methoxyacrylate gegenüber Weizen- und Gerstenpathogenen auf der Basis stadien- und schwellenorientierter Positionierungskriterien

Mitt. a. d. Biol. Bundesanst., Heft 321, 496

VOLKE, B. (1995):

Untersuchung von Weizensaatgut auf Befall mit *Fusarium* spp. Unter Verwendung von konvenzionellen, enzymatischen und immunologischen Methoden,

Diplomarbeit, Universität Göttingen

WALTER, H. und FOCKE, I. (1981):

Fusarium nivale als Erreger von Blattflecken und Blattdürre an Winterweizen 1980

Nachrichtenblatt Pflanzenschutzdienst DDR **35**, 127-128

WEGENER, M. (1996):

Verbreitung, Artenspektrum und Bekämpfungsmöglichkeiten von Halmbasiskrankheitserregern an Winterweizen unter besonderer Berücksichtigung der Gattung *Fusarium* Lk.

Dissertation, Universität Göttingen

WEINERT, J. und WOLF, G.A. (1994):

Ursache unterschiedlicher Sortenanfälligkeiten gegenüber der Partiellen Taubährigkeit (*Fusarium* spp.)

Mitt. a. d. Biol. Bundesanst., Heft 301, 277

WINSON, S.J. HARE, M.C., JENKINSON, P. (2000):

The relationship between point of inoculation of wheat ears and the infection of grain by *Fusarium culmorum* and *Microdochium nivale*

Mitt. a. d. Biol. Bundesanst., Heft 377, 70

WINTER, W., FREY, F., GINDRAT, D und MIAUTON, P. (1989):

Muss Getreidesaatgut in der Schweiz gebeizt werden?

Landwirtschaft Schweiz 2, 21-30

WIRTH, S.J. und WOLF, G.A. (1992):

Micro-plate colorimetric assay for endo-acting cellulase, xylanase, chitinase, 1,3-ß-glucanase and amylase extracted from forest soil horizons.

Soil Biol. Biochem. 24, 511-519

WOLBER, M. (1999):

Ein Vergleich praxisüblicher Bekämpfungsstrategien gegen Pilzkrankheiten in Winterweizen in Norddeutschland

Dissertation, Universität Göttingen

WOLLENWEBER, H.W. (1932):

Fungi imperfecti

Handbuch der Pflanzenkrankheiten, 740-741

XU, H., MÖLLER, E.M., KOOPMANN, B., WOLF, G. A. (2000):

Entwicklung einer kompetitiven PCR zum quantitativen Nachweis von getreidepathogenen Fusarien

Mitt. a. d. Biol. Bundesanst. Heft 376, 552

7 ANHANG

Tabellenverzeichnis

Tab. A 1: Kolonie- und Hofdurchmesser (mm) verschiedener *M. nivale*-Isolate auf verschiedenen Substraten nach 5tägiger Inkubation bei 20°C..... I

Tab. A 2: Entwicklung des *M. nivale*-Befalls in der Blattscheide (F-5) und im Halm zu verschiedenen Stadien des Weizens ermittelt durch den DAS-ELISA..... I

Tab. A 3: Entwicklung der Gesamtnekrose zu verschiedenen Stadien des Weizens ermittelt durch visuelle Bonitur..... II

Tab. A 4: Entwicklung des *M. nivale*–Blattbefalls zu verschiedenen Stadien des Weizens ermittelt durch den DAS-ELISA..... II

Tab. A 5: Entwicklung des S*. tritici*–Befalls zu verschiedenen Stadien des Weizens ermittelt durch den DAS-ELISA..... III

Tab. A 6: Entwicklung des *M. nivale*-Befalls in der Ähre. Vergleich zwischen der unbehandelte Kontrolle und verschiedenen Fungizidvarianten ermittelt durch den DAS-ELISA (Versuchsjahr 2000)..... III

Tab. A 7: Entwicklung des *M. nivale*-Befalls in der Ähre. Vergleich zwischen künstlich und natürlich infizierten Ähren nach einer Einzelährcheninokulation mit dem DAS-ELISA..... IV

Tab. A 8a: Gesamtnekrose ermittelt durch visuelle Bonitur zu Stadium Mitte Milchreife (BBCH 75) nach verschiedenenFungizidapplikationen (L/ha), Reinshof 2000..... V

Tab. A 8b: *M. nivale* Blattbefall zu Stadium Mitte Milchreife (BBCH 75) nach verschiedenen Fungizidapplikationen (L/ha), Reinshof 2000..... VI

Tab. A 9: Korn- und Spelzenbefall (*M. nivale; Fusarium* spp.) nach verschiedenen Fungizidbehandlungen (Reinshof 2000)..... VII

Tab. A 10a: Gesamtnekrose ermittelt durch visuelle Bonitur zu Stadium Mitte Milchreife (BBCH 75) nach einer Haferkörnerinokulation und verschiedenen Fungizidbehandlungen (L/ha), Reinshof 2001..... VIII

Tab. A 10b: *M. nivale* Blattbefall ermittelt durch DAS-ELISA zu Stadium Mitte Milchreife (BBCH 75) nach einer Haferkörnerinokulation und verschiedenen Fungizidbehandlungen (L/ha), Reinshof 2001..... IX

Tab. A 11a: Gesamtnekrose ermittelt durch visuelle Bonitur zu Stadium Mitte Milchreife (BBCH 75) nach einer Sprühinokulation und verschiedenen Fungizidbehandlungen (L/ha), Reinshof 2001..... X

Tab. A 11b: *M. nivale* Blattbefall ermittelt durch DAS-ELISA zu Stadium Mitte Milchreife (BBCH 75) nach einer Sprühinokulation und verschiedenen Fungizidbehandlungen (L/ha), Reinshof 2001..... XI

Tab. A 12: *S. tritici* Befall ermittelt durch DAS-ELISA zu Stadium Mitte Milchreife (BBCH 75) nach verschiedenen Fungizidbehandlungen (L/ha), Reinshof 2001..... XII

Tab. A 13: *M. nivale* Kornbefall ermittelt durch DAS-ELISA nach verschiedenen Fungizidbehandlungen (L/ha), Reinshof 2001..... XIII

Tab. A 14: *Fusarium spp.* Kornbefall ermittelt durch DAS-ELISA nach verschiedenen Fungizidbehandlungen (L/ha), Reinshof 2001..... XIV

Tab. A 15: Pflanzenbauliche Maßnahmen, künstliche Inokulation und Beregnung der Feldversuch 2000..... XV

Tab. A 16: Pflanzenbauliche Maßnahmen, künstliche Inokulation und Beregnung der Feldversuch 2001..... XVI

Tab. A 1: Kolonie- und Hofdurchmesser (mm) verschiedener *M. nivale*-Isolate auf verschiedenen Substraten nach 5tägiger Inkubation bei 20 °C. Mittelwertvergleich erfolgte in Abhängigkeit vom Isolat. Werte ohne gleiche Buchstaben sind signifikant verschieden, p≤0,05 nach Tukey

Isolat	Cellulase		Xylanase		Amylase		Protease	
Nr.	Kolonie	Hof	Kolonie	Hof	Kolonie	Hof	Kolonie	Hof
4.6	54,6 a	58,4 a	54,8 a	-	59,9 a	57,9 a	58,0 a	-
4.3	60,8 b	64,3 b	60,5 b	-	61,6 a	62,4 b	59,0 a	-
76	62,3 c	63,8 b	60,6 b	-	66,8 b	67,6 c	58,8 a	-
78	55,6 a	57,9 a	54,1 a	-	57,1 c	57,9 a	50,5 b	-

Tab. A 2: Entwicklung des *M. nivale*-Befalls in der Blattscheide (F-5) und im Halm zu verschiedenen Stadien des Weizens ermittelt durch den DAS-ELISA, Mittelwertvergleich erfolgte in Abhängigkeit vom Entwicklungsstadium, Werte ohne gleiche Buchstaben sind signifikant verschieden, p≤0,05 nach Tukey

Stadium	**Blattscheide (F-5)**	**Tukey**	**Halm**	**Tukey**
	µg MPE / g TS		µg MPE / g TS	
BBCH 39	19,3	a	1,2	a
BBCH 47	46,2	ab	1,8	ab
BBCH 55	64,4	b	4,1	bc
BBCH 65	92,2	c	4,4	c
BBCH 69	57,5	b	4,9	c

Tab. A 3: Entwicklung der Gesamtnekrose zu verschiedenen Stadien des Weizens ermittelt durch visuelle Bonitur. Mittelwertvergleich erfolgte in Abhängigkeit von dem Entwicklungsstadium, Werte ohne gleiche Buchstaben sind signifikant verschieden, p≤0,05 nach Tukey

% abgestorbene Blattfläche (Nekrosen)					
Stadium	Fahnenblatt	F-1	F-2	F-3	F-4
BBCH 39	0 a	0 a	0 a	4 a	57 a
BBCH 47	0 a	0 a	1 a	26 b	96 b
BBCH 55	0 a	0 a	3 a	44 c	100 b
BBCH 65	0 a	1 a	9 a	83 d	100 b
BBCH 69	0 a	2 b	71 b	99 e	
BBCH 75	50 b	98 c	100 c		

Tab. A 4: Entwicklung des *M. nivale*–Blattbefalls zu verschiedenen Stadien des Weizens ermittelt durch den DAS-ELISA. Mittelwertvergleich erfolgte in Abhängigkeit vom Entwicklungsstadium, Werte ohne gleiche Buchstaben sind signifikant verschieden, p≤0,05 nach Tukey

µg *Microdochium* Protein Einheiten / g TS					
Stadium	Fahnenblatt	F-1	F-2	F-3	F-4
BBCH 39	0,4 a	0,3 a	0,3 a	0,6 a	4,5 a
BBCH 47	0,3 a	0,2 a	0,4 a	0,7 a	23 a
BBCH 55	0,2 a	0,3 a	0,6 a	2,3 a	21 a
BBCH 65	0,3 a	0,4 a	1,3 a	17 b	43 b
BBCH 69	0,7 a	1,1 a	2,2 a	40 c	
BBCH 75	23 b	51 b	81 b		

Tab. A 5: Entwicklung des S. *tritici*–Befalls zu verschiedenen Stadien des Weizens ermittelt durch den DAS-ELISA. Mittelwertvergleich erfolgte in Abhängigkeit vom Entwicklungsstadium, Werte ohne gleiche Buchstaben sind signifikant verschieden, $p \leq 0{,}05$ nach Tukey

µg *Septoria* Protein Einheiten / g TS					
Stadium	Fahnenblatt	F-1	F-2	F-3	F-4
BBCH 39	0 a	0 a	0,1 a	2 a	18 a
BBCH 47	0 a	0 a	0,3 a	14 ab	20 a
BBCH 55	0 a	0 a	0,5 a	10 a	61 b
BBCH 65	0 a	0,1 a	1,9 a	27 b	56 b
BBCH 69	0 a	0,8 a	4,9 a	17 ab	
BBCH 75	67 b	96 b	77 b		

Tab. A 6: Entwicklung des *M. nivale*-Befalls in der Ähre. Vergleich zwischen der unbehandelte Kontrolle und verschiedenen Fungizidvarianten ermittelt durch den DAS-ELISA (Versuchsjahr 2000). Mittelwertvergleich erfolgte in Abhängigkeit von der Variante (Buchstaben) sowie zwischen Korn und Spelze (*), $p \leq 0{,}05$ nach Tukey

	M. nivale -Befall (mg MPE / kg Korn bzw. TS)				
Var.	**BBCH 61**	**BBCH 75**		**BBCH 92**	
	ganze Ähre	Korn	Spelze	Korn	Spelze
unbehandelt	1,9 a	1,0 a	3,6 a***	3,6 a	8,8 a*
Var. 7	2,4 a	0,4 b	2,8 a***	4,3 a	4,9 a
Var. 9	2,1 a	0,2 b	2,0 a*	2,0 a	4,1 a
Var. 13	1,7 a	0,3 b	2,1 a*	1,6 b	3,0 b

Tab. A 7: Entwicklung des *M. nivale*-Befalls in der Ähre. Vergleich zwischen künstlich und natürlich infizierten Ähren nach einer Einzelährcheninokulation mit dem DAS-ELISA. Mittelwertvergleich erfolgte in Abhängigkeit von der Ahrchen- bzw Ährenspidelstufe, $p \leq 0,05$ nach Tukey

	M. nivale -Befall (µg MPE / g Korn bzw. TS)			
	Ährchen		**Ährenspindelstufe**	
Nr.	infiziert	nicht infiziert	infiziert	nicht infiziert
6	0,2 a	0,1 a	-	-
7	0,1 a	0 a	0,9 a	0,6 a
8	0,5 b	0,1 a	1,3 a	0,7 a
9	0,2 a	0,1 a	1,4 a	0,6 a
10	0,2 a	0,2 a	1,3 a	0,9 a

Tab. A 8a: Gesamtnekrose ermittelt durch visuelle Bonitur zu Stadium Mitte Milchreife (BBCH 75) nach verschiedenen Fungizidapplikationen (L/ha), Reinshof 2000, Mittelwertvergleich erfolgte in Abhängigkeit von der Fungizidvariante, Werte ohne gleiche Buchstaben sind signifikant verschieden, p≤0,05 nach Tukey

Behandlungen, Aufwandmengen (L/ha), BBCH-Stadium					% Gesamtnekrosen								
Variante	BBCH 32	BBCH 39	BBCH 47	BBCH 55	Fahnenblatt			F-1			F-2		
					Bonitur	% R.v.u.*		Bonitur	% R.v.u.*		Bonitur	% R.v.u.*	
1	unbehandelt				59	0	a	100	0	a	100	0	a
2	Juwel Top 0,5	Amistar 0,5			2	96	b	52	47	bc	90	10	a
3	Juwel Top 0,5	Amistar 0,75			1	98	b	38	62	bc	77	23	a
4	Juwel Top 0,5	Amistar 1			1	99	b	47	53	b	87	13	a
5	Juwel Top 0,5		Amistar 0,5		2	97	b	39	61	bc	86	14	a
6	Juwel Top 0,5		Amistar 0,75		1	98	b	26	74	bc	80	20	a
7	Juwel Top 0,5		Amistar 1		2	97	b	31	69	bc	79	21	a
8	Juwel Top 0,5			Amistar 0,5	1	98	b	39	61	bc	79	21	a
9	Juwel Top 0,5			Amistar 0,75	1	98	b	32	68	b	91	9	a
10	Juwel Top 0,5			Amistar 1	1	98	b	30	70	bc	88	12	a
11	Juwel Top 0,5	Amistar 0,5		Amistar 0,5	2	96	b	47	52	bc	86	14	a
12	Juwel Top 0,5	Amistar 0,75		Amistar 0,75	0	99	b	31	69	b	80	20	a
13	Juwel Top 0,5	Amistar 1		Amistar 1	1	99	b	31	69	b	78	22	a
14	Juwel Top 0,5				21	65	c	67	33	c	90	10	a
15		Amistar 0,5		Amistar 0,5	2	97	b	54	46	bc	99	1	a
16		Amistar 0,75		Amistar 0,75	2	97	b	52	47	bc	98	2	a
17		Amistar 1		Amistar 1	0	99	b	31	69	bc	95	5	a
18		Amistar 0,5			5	91	b	79	20	abc	100	0	a
19		Amistar 0,75			3	95	b	58	42	abc	99	1	a
20		Amistar 1			2	97	b	52	48	abc	99	1	a
21				Amistar 0,5	10	83	bc	85	15	abc	100	0	a
22				Amistar 0,75	2	96	b	71	29	abc	100	0	a
23				Amistar 1	4	93	b	70	29	abc	100	0	a
24			Amistar 1		4	94	b	73	27	abc	100	0	a

* % Reduktion von unbehandelt

Tab. A 8b: *M. nivale* Blattbefall zu Stadium Mitte Milchreife (BBCH 75) nach verschiedenen Fungizidapplikationen (L/ha), Reinshof 2000, Mittelwertvergleich erfolgte in Abhängigkeit von der Fungizidvariante, Werte ohne gleiche Buchstaben sind signifikant verschieden, p≤0,05 nach Tukey

Behandlungen, Aufwandmengen (L/ha), BBCH-Stadium					***M. nivale* - Befall (µg MPE / g TS)**								
Variante	BBCH 32	BBCH 39	BBCH 47	BBCH 55	Fahnenblatt			F-1			F-2		
					µg MPE	% R.v.u.*		µg MPE	% R.v.u.*		µg MPE	% R.v.u.*	
1	unbehandelt				2,4	0	a	14,3	0	a	20	0	a
2	Juwel Top 0,5	Amistar 0,5			0,4	81	b	4,0	72	b	10	48	ab
3	Juwel Top 0,5	Amistar 0,75			0,5	80	b	2,4	83	b	10	52	ab
4	Juwel Top 0,5	Amistar 1			0,3	88	b	1,1	92	b	13	35	ab
5	Juwel Top 0,5		Amistar 0,5		0,3	87	b	1,5	90	b	13	35	ab
6	Juwel Top 0,5		Amistar 0,75		0,3	88	b	1,5	90	b	7	63	ab
7	Juwel Top 0,5		Amistar 1		0,3	87	b	1,5	90	b	8	57	ab
8	Juwel Top 0,5			Amistar 0,5	0,3	87	b	1,3	91	b	8	62	ab
9	Juwel Top 0,5			Amistar 0,75	0,2	89	b	3,0	79	b	7	64	ab
10	Juwel Top 0,5			Amistar 1	0,2	89	b	1,4	90	b	8	58	ab
11	Juwel Top 0,5	Amistar 0,5		Amistar 0,5	0,4	85	b	1,4	90	b	6	71	ab
12	Juwel Top 0,5	Amistar 0,75		Amistar 0,75	0,3	88	b	0,8	94	b	5	75	b
13	Juwel Top 0,5	Amistar 1		Amistar 1	0,3	86	b	1,3	91	b	7	66	b
14	Juwel Top 0,5				0,7	69	b	3,9	73	b	9	54	ab
15		Amistar 0,5		Amistar 0,5	1,0	58	b	3,0	79	b	17	17	ab
16		Amistar 0,75		Amistar 0,75	0,3	88	b	1,6	89	b	11	43	ab
17		Amistar 1		Amistar 1	0,3	89	b	0,9	93	b	10	48	ab
18		Amistar 0,5			0,6	73	b	5,4	62	ab	19	5	ab
19		Amistar 0,75			0,3	86	b	3,4	76	b	14	29	ab
20		Amistar 1			0,2	91	b	1,5	89	b	16	21	ab
21				Amistar 0,5	0,6	76	b	5,9	59	ab	17	13	ab
22				Amistar 0,75	0,3	89	b	4,3	70	b	16	20	ab
23				Amistar 1	0,3	89	b	4,0	72	b	22	-9	ab
24			Amistar 1		0,3	87	b	2,6	82	b	11	45	ab

* % Reduktion von unbehandelt

Tab. A 9: Korn- und Spelzenbefall (*M. nivale; Fusarium* spp.) nach verschiedenen Fungizidbehandlungen (Reinshof 2000). Mittelwertvergleich erfolgte in Abhängigkeit von der Fungizidvariante, Werte ohne gleiche Buchstaben sind signifikant verschieden, p≤0,05 nach Tukey

Behandlungen, Aufwandmengen (L/ha), BBCH-Stadium					**Korn und Spelzenbefall (µg MPE bzw. FPE / g TS)**						
Variante	BBCH 32	BBCH 39	BBCH 47	BBCH 55	*Microdochium nivale*						*Fusarium* spp.
					Korn	% R.v.u.*		Spelzen	% R.v.u.*		Korn
1	unbehandelt				3,6	0	a	8,8	0	a	0,5 a
2	Juwel Top 0,5	Amistar 0,5			4,0	-13	a	5,2	41	a	0,6 a
3	Juwel Top 0,5	Amistar 0,75			3,3	8	a	4,9	44	a	0,5 a
4	Juwel Top 0,5	Amistar 1			3,2	12	a	4,9	44	a	0,6 a
5	Juwel Top 0,5		Amistar 0,5		3,7	-4	a	5,3	40	a	0,6 a
6	Juwel Top 0,5		Amistar 0,75		4,4	-23	a	5,0	43	a	0,7 a
7	Juwel Top 0,5		Amistar 1		4,3	-19	a	4,9	44	a	0,6 a
8	Juwel Top 0,5			Amistar 0,5	2,6	26	a	3,7	58	a	0,7 a
9	Juwel Top 0,5			Amistar 0,75	2,0	45	a	4,0	54	a	0,7 a
10	Juwel Top 0,5			Amistar 1	2,2	39	a	3,5	60	a	0,6 a
11	Juwel Top 0,5	Amistar 0,5		Amistar 0,5	3,5	3	a	5,3	40	a	0,6 a
12	Juwel Top 0,5	Amistar 0,75		Amistar 0,75	2,3	36	a	3,8	57	b	0,6 a
13	Juwel Top 0,5	Amistar 1		Amistar 1	1,6	55	b	3,0	66	b	0,7 a
14	Juwel Top 0,5				3,7	-3	a	6,3	28	a	0,6 a
15		Amistar 0,5		Amistar 0,5	2,4	32	a	4,3	51	b	0,8 a
16		Amistar 0,75		Amistar 0,75	2,3	37	a	4,1	53	b	0,6 a
17		Amistar 1		Amistar 1	2,2	39	a	3,5	60	b	0,6 a
18		Amistar 0,5			4,3	-20	a	6,6	25	a	0,6 a
19		Amistar 0,75			4,4	-23	a	5,5	37	a	0,6 a
20		Amistar 1			4,1	-13	a	4,9	44	a	0,7 a
21				Amistar 0,5	3,1	14	a	5,0	43	a	0,6 a
22				Amistar 0,75	2,0	45	b	3,0	66	a	0,6 a
23				Amistar 1	1,6	56	b	3,5	60	a	0,6 a
24			Amistar 1		2,8	23	a	4,6	48	a	0,6 a

* % Reduktion von unbehandelt

Tab. A 10a: Gesamtnekrose ermittelt durch visuelle Bonitur zu Stadium Mitte Milchreife (BBCH 75) nach einer Haferkörnerinokulation und verschiedenen Fungizidbehandlungen (L/ha), Reinshof 2001. Mittelwertvergleich erfolgte in Abhängigkeit von der Fungizidvariante. Werte ohne gleiche Buchstaben sind signifikant verschieden, $p \leq 0{,}05$ nach Tukey

Behandlungen, Aufwandmengen (L/ha), BBCH-Stadium					% Gesamtnekrose					
Variante	BBCH 32	BBCH 39	BBCH 47	BBCH 55	Fahnenblatt	% R.v.u.*		F-1	% R.v.u.*	
1			unbehandelt		50	0	a	98	0	a
2	Juwel Top 0,5		Amistar 0,6 + Gladio 0,6		1	97	b	18	81	b
3	Juwel Top 0,5		Amistar 1,0		3	94	b	22	77	b
4	Juwel Top 0,5		Acanto 1,0		1	97	b	21	79	b
5	Juwel Top 0,5			Amistar 0,5	3	93	b	22	77	b
6	Juwel Top 0,5			Amistar 1,0	3	94	b	23	76	b
7	Juwel Top 0,5			Acanto 1,0	2	97	b	22	77	b
8	Juwel Top 0,5	Amistar 0,5		Amistar 0,5	2	95	b	17	83	b
9	Juwel Top 0,5	Amistar 1,0		Amistar 1,0	1	99	b	17	82	b
10	Juwel Top 0,5	Acanto 1,0		Acanto 1,0	1	99	b	11	89	b
11	Juwel Top 0,5			Amistar 0,6 + Gladio 0,6	1	99	b	15	85	b
12	Juwel Top 0,5				36	28	c	59	40	c
13		Amistar 0,5		Amistar 0,5	3	94	b	37	62	bc
14		Amistar 1,0		Amistar 1,0	6	89	b	30	69	bc
15		Acanto 1,0		Acanto 1,0	1	98	b	22	77	bc
16		Amistar 0,5			5	91	b	28	72	bc
17		Amistar 1,0			7	86	b	41	58	bc
18		Acanto 1,0			8	83	b	24	75	bc
19			Amistar 0,6 + Gladio 0,6		2	97	b	33	66	bc
20			Amistar 1,0		4	91	b	54	44	bc
21			Acanto 1,0		6	88	b	26	74	bc
22				Amistar 0,5	5	89	b	62	37	abc
23				Amistar 1,0	3	94	b	43	56	bc
24				Acanto 1,0	2	96	b	32	67	bc

* % Reduktion von unbehandelt

Tab. A 10b: *M. nivale* Blattbefall ermittelt durch DAS-ELISA zu Stadium Mitte Milchreife (BBCH 75) nach einer Haferkörnerinokulation und verschiedenen Fungizidbehandlungen (L/ha), Reinshof 2001. Mittelwertvergleich erfolgte in Abhängigkeit von der Fungizidvariante. Werte ohne gleiche Buchstaben sind signifikant verschieden, $p \leq 0{,}05$ nach Tukey

Behandlungen, Aufwandmengen (L/ha), BBCH-Stadium					***M. nivale*-Befall (µg MPE / g TS)**					
Variante	BBCH 32	BBCH 39	BBCH 47	BBCH 55	Fahnenblatt	% R.v.u.*		F-1	% R.v.u.*	
1			unbehandelt		25	0	a	44	0	a
2	Juwel Top 0,5		Amistar 0,6 + Gladio 0,6		1	97	b	4	92	b
3	Juwel Top 0,5		Amistar 1,0		2	94	b	16	65	b
4	Juwel Top 0,5		Acanto 1,0		1	95	b	10	77	b
5	Juwel Top 0,5			Amistar 0,5	1	95	b	18	59	b
6	Juwel Top 0,5			Amistar 1,0	1	94	b	5	88	b
7	Juwel Top 0,5			Acanto 1,0	1	97	b	10	76	b
8	Juwel Top 0,5	Amistar 0,5		Amistar 0,5	1	96	b	6	85	b
9	Juwel Top 0,5	Amistar 1,0		Amistar 1,0	1	96	b	11	75	b
10	Juwel Top 0,5	Acanto 1,0		Acanto 1,0	1	97	b	7	84	b
11	Juwel Top 0,5			Amistar 0,6 + Gladio 0,6	1	96	b	4	92	b
12	Juwel Top 0,5				12	52	ab	50	-14	a
13		Amistar 0,5		Amistar 0,5	1	96	b	14	69	b
14		Amistar 1,0		Amistar 1,0	1	97	b	13	70	b
15		Acanto 1,0		Acanto 1,0	1	98	b	8	81	b
16		Amistar 0,5			2	93	b	13	70	b
17		Amistar 1,0			2	92	b	17	62	b
18		Acanto 1,0			3	87	b	20	55	ab
19			Amistar 0,6 + Gladio 0,6		1	96	b	6	87	b
20			Amistar 1,0		3	89	b	19	57	ab
21			Acanto 1,0		2	91	b	7	83	b
22				Amistar 0,5	2	93	b	22	51	ab
23				Amistar 1,0	1	96	b	18	59	ab
24				Acanto 1,0	2	94	b	12	72	b

* % Reduktion von unbehandelt

Tab. A 11a: Gesamtnekrose ermittelt durch visuelle Bonitur zu Stadium Mitte Milchreife (BBCH 75) nach einer Sprühinokulation und verschiedenen Fungizidbehandlungen (L/ha), Reinshof 2001. Mittelwertvergleich erfolgte in Abhängigkeit von der Fungizidvariante. Werte ohne gleiche Buchstaben sind signifikant verschieden, $p \leq 0{,}05$ nach Tukey

Behandlungen, Aufwandmengen (L/ha), BBCH-Stadium					% Gesamtnekrose					
Variante	BBCH 32	BBCH 39	BBCH 47	BBCH 55	Fahnenblatt	% R.v.u.*		F-1	% R.v.u.*	
1			unbehandelt		69	0	a	99	0	a
2	Juwel Top 0,5		Amistar 0,6 + Gladio 0,6		2	97	b	27	73	b
3	Juwel Top 0,5		Amistar 1,0		5	92	b	32	68	b
4	Juwel Top 0,5		Acanto 1,0		4	95	b	27	72	b
5	Juwel Top 0,5			Amistar 0,5	6	91	b	34	66	b
6	Juwel Top 0,5			Amistar 1,0	3	95	b	38	62	b
7	Juwel Top 0,5			Acanto 1,0	3	95	b	25	74	b
8	Juwel Top 0,5	Amistar 0,5		Amistar 0,5	3	96	b	28	72	b
9	Juwel Top 0,5	Amistar 1,0		Amistar 1,0	2	97	b	19	80	b
10	Juwel Top 0,5	Acanto 1,0		Acanto 1,0	2	98	b	10	90	b
11	Juwel Top 0,5			Amistar 0,6 + Gladio 0,6	1	99	b	17	83	b
12	Juwel Top 0,5				47	32	a	83	17	ac
13		Amistar 0,5		Amistar 0,5	6	91	b	39	60	bc
14		Amistar 1,0		Amistar 1,0	3	96	b	33	67	b
15		Acanto 1,0		Acanto 1,0	4	95	b	26	74	b
16		Amistar 0,5			13	81	b	56	43	bc
17		Amistar 1,0			9	88	b	49	51	bc
18		Acanto 1,0			7	90	b	30	70	b
19			Amistar 0,6 + Gladio 0,6		5	93	b	54	46	bc
20			Amistar 1,0		10	85	b	56	43	bc
21			Acanto 1,0		6	91	b	47	53	bc
22				Amistar 0,5	7	90	b	66	34	a
23				Amistar 1,0	12	83	b	76	23	a
24				Acanto 1,0	7	90	b	62	38	a

* % Reduktion von unbehandelt

Tab. A 11b: *M. nivale* Blattbefall ermittelt durch DAS-ELISA zu Stadium Mitte Milchreife (BBCH 75) nach einer Sprühinokulation und verschiedenen Fungizidbehandlungen (L/ha), Reinshof 2001. Mittelwertvergleich erfolgte in Abhängigkeit von der Fungizidvariante. Werte ohne gleiche Buchstaben sind signifikant verschieden, p≤0,05 nach Tukey

Behandlungen, Aufwandmengen (L/ha), BBCH-Stadium					***M. nivale*-Befall (µg MPE / g TS)**					
Variante	BBCH 32	BBCH 39	BBCH 47	BBCH 55	Fahnenblatt	% R.v.u.*		F-1	% R.v.u.*	
1			unbehandelt		19	0	a	40	0	a
2	Juwel Top 0,5		Amistar 0,6 + Gladio 0,6		1	93	b	3	94	b
3	Juwel Top 0,5		Amistar 1,0		1	93	b	5	88	b
4	Juwel Top 0,5		Acanto 1,0		1	93	b	4	89	b
5	Juwel Top 0,5			Amistar 0,5	3	84	ab	13	67	b
6	Juwel Top 0,5			Amistar 1,0	1	96	b	9	77	b
7	Juwel Top 0,5			Acanto 1,0	1	95	b	11	72	b
8	Juwel Top 0,5	Amistar 0,5		Amistar 0,5	1	95	b	4	91	b
9	Juwel Top 0,5	Amistar 1,0		Amistar 1,0	1	97	b	4	90	b
10	Juwel Top 0,5	Acanto 1,0		Acanto 1,0	1	96	b	2	95	b
11	Juwel Top 0,5			Amistar 0,6 + Gladio 0,6	1	95	b	3	93	b
12	Juwel Top 0,5				16	14	ab	22	46	ab
13		Amistar 0,5		Amistar 0,5	1	96	b	4	90	b
14		Amistar 1,0		Amistar 1,0	1	97	b	3	92	b
15		Acanto 1,0		Acanto 1,0	1	97	b	3	93	b
16		Amistar 0,5			3	81	ab	7	82	b
17		Amistar 1,0			2	88	b	7	83	b
18		Acanto 1,0			2	90	b	3	92	b
19			Amistar 0,6 + Gladio 0,6		1	93	b	4	90	b
20			Amistar 1,0		1	95	b	7	82	b
21			Acanto 1,0		5	75	ab	6	84	b
22				Amistar 0,5	1	97	b	9	77	b
23				Amistar 1,0	1	94	b	9	76	b
24				Acanto 1,0	1	94	b	7	82	b

* % Reduktion von unbehandelt

Tab. A 12: *S. tritici* Befall ermittelt durch DAS-ELISA zu Stadium Mitte Milchreife (BBCH 75) nach verschiedenen Fungizidbehandlungen (L/ha), Reinshof 2001. Mittelwertvergleich erfolgte in Abhängigkeit von der Fungizidvariante. Werte ohne gleiche Buchstaben sind signifikant verschieden, p≤0,05 nach Tukey

Behandlungen, Aufwandmengen (L/ha), BBCH-Stadium					***S. tritici* - Befall (µg SPE / g TS)**					
Variante	BBCH 32	BBCH 39	BBCH 47	BBCH 55	Fahnenblatt	% R.v.u.*		F-1	% R.v.u.*	
1			unbehandelt		71	0	a	190	0	a
2	Juwel Top 0,5		Amistar 0,6 + Gladio 0,6		5	93	b	3	99	b
3	Juwel Top 0,5		Amistar 1,0		5	93	b	5	97	bc
4	Juwel Top 0,5		Acanto 1,0		5	94	b	1	100	b
5	Juwel Top 0,5			Amistar 0,5	8	89	b	14	93	bc
6	Juwel Top 0,5			Amistar 1,0	9	87	b	7	96	bc
7	Juwel Top 0,5			Acanto 1,0	6	91	b	1	100	b
8	Juwel Top 0,5	Amistar 0,5		Amistar 0,5	10	86	b	19	90	bc
9	Juwel Top 0,5	Amistar 1,0		Amistar 1,0	4	95	b	4	98	b
10	Juwel Top 0,5	Acanto 1,0		Acanto 1,0	0	100	b	0	100	b
11	Juwel Top 0,5			Amistar 0,6 + Gladio 0,6	3	96	b	4	98	b
12	Juwel Top 0,5				24	66	b	72	62	c
13		Amistar 0,5		Amistar 0,5	3	96	b	19	90	bc
14		Amistar 1,0		Amistar 1,0	3	96	b	9	95	bc
15		Acanto 1,0		Acanto 1,0	0	100	b	1	100	bc
16		Amistar 0,5			15	79	b	70	63	bc
17		Amistar 1,0			13	81	b	28	85	bc
18		Acanto 1,0			7	89	b	6	97	bc
19			Amistar 0,6 + Gladio 0,6		10	85	b	15	92	bc
20			Amistar 1,0		11	84	b	30	84	bc
21			Acanto 1,0		4	94	b	18	91	bc
22				Amistar 0,5	12	83	b	79	58	bc
23				Amistar 1,0	15	79	b	33	83	bc
24				Acanto 1,0	3	96	b	8	96	bc

* % Reduktion von unbehandelt

Tab. A 13: *M. nivale* Kornbefall ermittelt durch DAS-ELISA nach verschiedenen Fungizidbehandlungen (L/ha), Reinshof 2001. Mittelwertvergleich erfolgte in Abhängigkeit von der Fungizidvariante. Werte ohne gleiche Buchstaben sind signifikant verschieden, p≤0,05 nach Tukey

Behandlungen, Aufwandmengen (L/ha), BBCH-Stadium					Kornbefall mit *M. nivale* (µg MPE / g Korn)					
Variante	BBCH 32	BBCH 39	BBCH 47	BBCH 55	Haferkörnerinokulation			Sprühinokulation		
					µg MPE	% R.v.u.*		µg MPE	% R.v.u.*	
1			unbehandelt		8,9	0	a	7,1	0	a
2	Juwel Top 0,5		Amistar 0,6 + Gladio 0,6		5,1	43	a	4,7	33	a
3	Juwel Top 0,5		Amistar 1,0		4,3	51	a	4,6	35	a
4	Juwel Top 0,5		Acanto 1,0		4,6	49	a	4,3	39	a
5	Juwel Top 0,5			Amistar 0,5	2,1	77	b	2,0	72	b
6	Juwel Top 0,5			Amistar 1,0	1,7	81	b	1,2	83	b
7	Juwel Top 0,5			Acanto 1,0	2,0	77	b	1,4	80	b
8	Juwel Top 0,5	Amistar 0,5		Amistar 0,5	1,9	78	b	1,3	82	b
9	Juwel Top 0,5	Amistar 1,0		Amistar 1,0	1,1	88	b	1,0	86	b
10	Juwel Top 0,5	Acanto 1,0		Acanto 1,0	1,6	82	b	1,2	83	b
11	Juwel Top 0,5			Amistar 0,6 + Gladio 0,6	1,6	82	b	1,7	77	b
12	Juwel Top 0,5				9,1	-3	a	4,7	34	a
13		Amistar 0,5		Amistar 0,5	2,1	76	b	1,3	82	b
14		Amistar 1,0		Amistar 1,0	1,2	87	b	0,9	88	b
15		Acanto 1,0		Acanto 1,0	1,2	87	b	1,4	80	b
16		Amistar 0,5			5,5	39	a	4,9	30	a
17		Amistar 1,0			4,8	46	a	4,7	34	a
18		Acanto 1,0			5,7	36	a	4,6	35	a
19			Amistar 0,6 + Gladio 0,6		5,3	41	a	4,4	38	a
20			Amistar 1,0		4,6	48	a	4,4	38	a
21			Acanto 1,0		4,7	47	a	4,0	43	a
22				Amistar 0,5	2,2	75	b	1,6	78	b
23				Amistar 1,0	1,4	84	b	1,3	82	b
24				Acanto 1,0	1,8	80	b	1,7	77	b

* % Reduktion von unbehandelt

Tab. A 14: *Fusarium spp.* Kornbefall ermittelt durch DAS-ELISA nach verschiedenen Fungizidbehandlungen (L/ha), Reinshof 2001. Mittelwertvergleich erfolgte in Abhängigkeit von der Fungizidvariante. Werte ohne gleiche Buchstaben sind signifikant verschieden, p≤0,05 nach Tukey

Behandlungen, Aufwandmengen (L/ha), BBCH-Stadium					Kornbefall mit *Fusarium* spp.			
Variante	BBCH 32	BBCH 39	BBCH 47	BBCH 55	Haferkörnerinokulation		Sprühinokulation	
					µg FPE / g Korn		µg FPE / g Korn	
1			unbehandelt		0,5	a	0,5	a
2	Juwel Top 0,5		Amistar 0,6 + Gladio 0,6		0,5	a	0,6	a
3	Juwel Top 0,5		Amistar 1,0		0,5	a	0,7	a
4	Juwel Top 0,5		Acanto 1,0		0,5	a	0,6	a
5	Juwel Top 0,5			Amistar 0,5	0,5	a	0,7	a
6	Juwel Top 0,5			Amistar 1,0	0,4	a	0,6	a
7	Juwel Top 0,5			Acanto 1,0	0,4	a	0,5	a
8	Juwel Top 0,5	Amistar 0,5		Amistar 0,5	0,5	a	0,6	a
9	Juwel Top 0,5	Amistar 1,0		Amistar 1,0	0,5	a	0,7	a
10	Juwel Top 0,5	Acanto 1,0		Acanto 1,0	0,4	a	0,5	a
11	Juwel Top 0,5			Amistar 0,6 + Gladio 0,6	0,5	a	0,5	a
12	Juwel Top 0,5				0,5	a	0,7	a
13		Amistar 0,5		Amistar 0,5	0,5	a	0,8	a
14		Amistar 1,0		Amistar 1,0	0,6	a	0,7	a
15		Acanto 1,0		Acanto 1,0	0,4	a	0,7	a
16		Amistar 0,5			0,5	a	0,7	a
17		Amistar 1,0			0,6	a	0,8	a
18		Acanto 1,0			0,6	a	0,6	a
19			Amistar 0,6 + Gladio 0,6		0,5	a	0,7	a
20			Amistar 1,0		0,5	a	0,8	a
21			Acanto 1,0		0,7	a	0,7	a
22				Amistar 0,5	0,5	a	0,7	a
23				Amistar 1,0	0,5	a	0,5	a
24				Acanto 1,0	0,3	a	0,4	a

Tab. A 15: Pflanzenbauliche Maßnahmen, künstliche Inokulation und Beregnung der Feldversuch 2000

Aussaatvorbereitung	
· Vorfrucht	Weizenernte am 29.07.99
· 1.Stoppelbearbeitung	ca. 10.08.99
· 2.Stoppelbearbeitung	
· Totalherbizid	keine
· Grunddüngung Phosphor	
· Grunddüngung Kali/Mg	
· Grunddüngung Kalk	
· Bodenbearbeitung	**ca 13.09.99** pflügen mit Packer
· Saatbettbereitung	**15.09.99 , 27.09.99 , 07.10.99** Kreiselegge + Walze
Aussaat	
· Technik	Scheibenschaardrillmaschine "Hassia"
·Datum, Saatgut (Menge und Sorte)	**15.09.99** 150 kg/ha "Ritmo", TKG 40.5; Kf. 94% = 350 Kö/m^2
Bonituren ab Vegetationsbeginn	
· Krankheiten	Blattbonituren BBCH 61(30.5.00), BBCH 75 (22.6.00)
· Probenahme	30 Pflanzen pro Parzelle
· sonstige Bonituren	**29.02.2000** N-min Probenahme
N-Düngung	
· Nmin	23.4 kg N/ha
· 1.N-Düngung	**23.03.00 BBCH 25:** AHL = 60 kg/ha N
· 2.N-Düngung	**12.04.00 BBCH 31:** 50 kg N/ha als AHL
· 3.N-Düngung	**16.05.00 BBCH 39/49:** 50 kg/ha N als AHL
· Ngesamt (incl. Nmin)	**183,4**
Pflanzenschutz	
· 1.Herbizid	**03.04.00 BBCH 25:** 2,0 l/ha Azur + 25 g/ha Hoestar
· 2.Herbizid(Diestelnester+Schachtelh.)	**10.05.00 BBCH 39:** 1.5 l/ha MCPA
· 1.Wachstumsregler	**10.04.00 BBCH 25/27:** 1,0 l/ha CCC
· 2.Wachstumsregler	**18.04.00 BBCH 31/32: 0.4** l/ha CCC+0.2 l/ha Moddus
· 1.Fungizid	**siehe Fungizidvarianten**
· 2.Fungizid	
· 3.Fungizid	
· 1.Insektizid	**22.05.00 BBCH 51:** 0,18 l/ha Karate
· 2.Insektizid	
.Mäusegift	geziehlt zu verschiedenen Terminen
Künstliche Inokulation mit	1.5.00 (BBCH 37) Haferkörnerinokulum (400 ml / Parzelle)
Microdochium nivale	
	Sprühinokulation mit Myzelsuspension
	(15000 Myzelstücke / ml)
	18.05.00 (BBCH 51) , 24.5.00 (BBCH 61-63)
Künstliche Bewässerung	5.5., 6.5., 8.5., 11.5., 13.5., 15.5., 16.5., 20.5., 23.5.00
je 5 mm/m2	
Ernte	
· Datum	12.08.00

Tab. A 16: Pflanzenbauliche Maßnahmen, künstliche Inokulation und Beregnung der Feldversuch 2001

Aussaatvorbereitung	
· Vorfrucht	Weizenernte am 12.+ 14.08.00
· 1.Stoppelbearbeitung	**31.08.00**
· 2.Stoppelbearbeitung	
· Totalherbizid	
· Grunddüngung Phosphor	
· Grunddüngung Kali/Mg	
· Grunddüngung Kalk	
· Bodenbearbeitung	**21.09.00** pflügen mit Packer
· Saatbettbereitung	**26.09.00** Kreiselegge + Walze
Aussaat	
· Technik	Sämaschine "Amazone D4"
·Datum, Saatgut (Menge und Sorte)	**26.09.00** 174 kg/ha "Ritmo" = 350 Kö/m² bei TKG 48,2; Kf. 97%
Entwicklung vor Winter	
· Zeitpunkt Feldaufgang	
· Krankheitsbonituren	
· Unkautbonituren	
· Schädlingsbonituren	
· sonstige Beobachtungen	**08.01.01** "Ritmo" Parzellen ausgespritzt (2 Versuche a 25 Var.)
Verlauf Winter	
Bonituren ab Vegetationsbeginn	
· Bestandesdichten	
· Krankheiten	**09.02.01** Inokulation *M.nivale* 1 Versuch (Haferkörner)
	07.06.01 Inokulation *M. nivale* 2 Versuch (Sporensuspension)
· Schädlinge	
· Bestandesentwicklung	
· sonstige Bonituren	**05.03.01** N-min Probenahme
Blattbonitur zu BBCH 75	
N-Düngung	
· N_{min}	14,9 kg N/ha
· 1.N-Düngung	**03.04.01 BBCH 29:** 60 kg N /ha als AHL
· 2.N-Düngung	**24.04.01 BBCH 31:** 60 kg N/ha als AHL
· 3.N-Düngung	**22.05.01 BBCH 39/49:** 60 kg/ha N als AHL
· N_{gesamt} (incl. N_{min})	**194,9**
künstliche Bewässerung	21.6.01 - 5 mm/m²; 25.6; 26.6; 28.6; 29.6; 05.7; 07.7.01 je 7,5 mm/m²
Pflanzenschutz	
· 1.Herbizid	**23.10.00 BBCH 13:** 60 gr./ha Lexus Class
· 2.Herbizid	**30.04.01 BBCH 32:** 0,5 l/ha Starane
· 1.Wachstumsregler	**09.04.01 BBCH 29:** 1,0 l/ha CCC 720
· 2.Wachstumsregler	**30.04.01 BBCH 32:** 0,3 l/ha Moddus
· 1.Fungizid	**siehe Fungizidvarianten**
· 2.Fungizid	
· 3.Fungizid	
· 1.Insektizid	**30.05.01 BBCH 51:** 0,2 l/ha Sumicidin alpha
· 2.Insektizid	
Ernte	
· Datum	**14.08.01**

Danksagung

Herrn Prof. Dr. G. A. Wolf danke ich für die Überlassung des Themas, die gewährte Unterstützung, seine vielen wertvollen Ideen und ständige Diskussionsbereitschaft bei der Durchführung dieser Arbeit.

Frau Prof. Dr. E. Pawelzik danke ich für die freundliche Übernahme des Korreferates und für ihre Unterstützung bei den Untersuchungen zur Qualität des Erntegutes.

Mein besonderer Dank und Hochachtung gilt Herrn Dr. J. Weinert für seine vielen wertvollen Anregungen, fachliche Betreuung und ständige Diskussionsbereitschaft sowie für das Korrekturlesen der Arbeit.

Weiterhin gilt mein Dank:

- Herrn Schimin Tian für die Bereitstellung der Antikörper für *S. tritici*.
- Frau Petra Romanszuk für ihre Hilfe bei den Laborarbeiten.
- Herrn Roland Meier für seine Hilfe bei der Untersuchung des Blattmaterials.
- Frau Sandra Handt und Herrn Kyeong-Seok Oh, Institut für Agrikulturchemie, für ihre Hilfe bei der Durchführung der Qualitätsuntersuchungen.

Der Arbeitsgruppe Wolf möchte ich für das gute Arbeitsklima, die stetige Hilfsbereitschaft und gute Zusammenarbeit bedanken.

Bei allen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern des Instituts bedanke ich mich für die angenehme Arbeitsatmosphäre.

Mein besonderer Dank gilt meiner Frau Liljana und meinem Sohn Marco für ihre Geduld und Unterstützung während der gesamten Zeit der Arbeit.

Die Anfertigung dieser Arbeit wurde durch die finanzielle Unterstützung der Firma Syngenta (Zeneca Agro) ermöglicht, wofür ich mich bedanke.

Lebenslauf

Persönliche Daten:

Name:	Gospodin Kolev
Geburtsdatum:	01.10.1967
Geburtsort:	Haskovo, Bulgarien
Familienstand:	verheiratet seit 1993, ein Kind

Schulbildung:

1974-1981	Grundschule in Haskovo, Bulgarien
1981-1986	Gymnasium in Haskovo, Bulgarien Abschluss: Abitur

Wehrdienst:

1986-1988	Wehrdienst in Haskovo, Bulgarien

Studium:

1988-1994	Studium der Agrarwissenschaften an der Agraruniversität Plovdiv, Bulgarien Abschluss: Diplom Agraringenieur
1997-2001	Aufbaustudium und Anfertigung der Magisterarbeit am Institut für Pflanzenpathologie und Pflanzenschutz der Universität Göttingen Abschluss: Magister (M. sc. agr.)
seit 2001	Doktorandenstudium und Anfertigung der Dissertation am Institut für Pflanzenpathologie und Pflanzenschutz der Universität Göttingen

Berufstätigkeit:

1995-1997	Fachreferent für Quarantäne von Pflanzenkrankheiten und –schädlinge am Pflanzenschutzamt Haskovo, Bulgarien
2000-2002	Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Pflanzenpathologie und Pflanzenschutz der Universität Göttingen

Göttingen, im Dezember 2002