

**Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt
für Land- und Forstwirtschaft
Berlin-Dahlem**

Heft 172

November 1976



**Zum Auftreten der Wurzel- und Stengelfäule des Maises
in der Bundesrepublik Deutschland
1969–1973**

Von

Dr. Wilhelm Krüger

Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft,
Institut für Getreide-, Ölfrucht- und Futterpflanzenkrankheiten,
Heikendorf-Kitzeberg

Berlin 1976

Herausgegeben

*von der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft
Berlin-Dahlem*

Kommissionsverlag Paul Parey, Berlin und Hamburg
Lindenstraße 44-47, D-1000 Berlin 61

ISSN 0067-5849

ISBN 3-489-17200-0

Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, des Vortrages, der Entnahme von Abbildungen, der Funk-
sendung, der Wiedergabe auf photomechanischem oder ähnlichem Wege und der Speicherung
in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten.
Werden einzelne Vervielfältigungsstücke in dem nach § 54 Abs. 1 UrhG zulässigen Umfang
für gewerbliche Zwecke hergestellt, ist an den Verlag die nach § 54 Abs. 2 UrhG zu zahlende
Vergütung zu entrichten, die für jedes vervielfältigte Blatt 0,40 DM beträgt.

1976 Kommissionsverlag Paul Parey, Berlin und Hamburg, D - 1000 Berlin 61, Linden-
straße 44-47, Printed in Germany by Arno Brynda GmbH, 1 Berlin 62. Buchbinder:
C.F. Walter, 1 Berlin 61.

Inhaltsverzeichnis

	Seite
EINLEITUNG	5
METHODEN	6
1. Die zur Bestimmung der Wurzelfäule und deren Erreger ver- wendeten Verfahren	7
2. Methoden zur Bestimmung der Stengelfäule	8
2.1 Anteil häufig isolierter Pilze am Spektrum der Gesamtisolationen (zum Abschnitt A)	8
2.2 Befall einzelner Hybriden in verschiedenen Gebieten und Jahren (zum Abschnitt D)	9
2.3 Ausbreitung von Fusarium-Arten im Stengelinnern nach künstlicher Infektion in Abhängigkeit von den Hybriden (zum Abschnitt E)	9
ERGEBNISSE	11
1. Wurzelfäule	11
A. Befall der Wurzeln	11
B. Pilzspektrum kranker Wurzeln	12
a) Anteil häufig isolierter Pilze am Spektrum der Juni- und September-Isolationen	12
b) Anteil der Pilze am Artenspektrum in Abhängigkeit von den Jahren, den Gebieten und den Entnahmezeiten	15
c) Auftreten der Pilze und der Wurzelfäule in Abhängigkeit vom pH-Wert des Bodens und der Bodenart	18
d) Anteil selten isolierter Pilze am Pilzspektrum	20
2. Stengelfäule	23
A. Anteil häufig isolierter Pilze am Spektrum der Gesamt- isolationen	23
a) Mittelwerte zwischen Jahren und Gesamthäufigkeit der Pilze	23

	Seite
b) Mittelwerte zwischen Gebieten über alle Jahre	23
c) Auftreten der häufig isolierten Pilze in Abhängigkeit von den Jahren und den Gebieten	27
B. Bevorzugte Eintrittsstellen der Pilze	30
C. Anteil der selten zu isolierenden Pilze am Pilzspektrum . . .	30
D. Befall einzelner Hybriden in verschiedenen Jahren und Gebieten	32
E. Ausbreitung von Fusarium-Arten im Stengelinnern nach künstlicher Infektion in Abhängigkeit von den Hybriden	34
F. Pathogenitätsprüfungen mehrerer Pilze	37
BESPRECHUNG	39
ZUSAMMENFASSUNG	42
SUMMARY	45
LITERATURVERZEICHNIS	47

EINLEITUNG

Die Wurzel- und Stengelfäule des Maises ist nach wie vor weltweit eine der bedeutendsten Krankheiten, die durch Verminderung des Korngewichtes und besonders durch umgebrochene Stengel Verluste bewirkt. Diese Krankheit ist nicht auf die alten Maisanbaugelände Amerikas und Südeuropas begrenzt, sondern sie tritt auch in den neuen Mitteleuropas auf, in denen vorher kaum oder wenig Mais angebaut worden ist. Die Bundesrepublik Deutschland ist daher genauso betroffen wie z. B. Frankreich. Da die Wurzel- und Stengelfäule von vielen Pilzen verursacht wird (KOEHLER 1960, CHRISTENSEN und WILCOXSON 1967), galt es festzustellen, ob sich in der Bundesrepublik bereits spezifische Maisparasiten ausgebreitet haben oder ob es sich um Pilze handelt, die allgemein auf Gramineen vorkommen und bei denen sie wahrscheinlich weniger Schaden verursachen.

Es ist aber auch bekannt, daß die einzelnen Parasitenarten geographisch unterschiedlich auftreten können. Oft herrschen in bestimmten Gebieten ein bis drei Arten vor, die in benachbarten kaum zu finden sind. Ein gutes Beispiel ist Nord-Amerika. Während im südlichen Teil der USA bis zur Höhe von Chicago *Diplodia zeae* (Schw.) Lév. hauptsächlich auftritt, verursachen nördlich dieser Linie und östlich von Ohio *Fusarium* spp. die Stengelfäule (KOEHLER 1960, AYERS, NELSON und KRAUSE 1972, KINGSLAND und WERNHAM 1962). In den trockenen westlichen Gebieten dominiert dagegen die durch *Rhizoctonia bataticola* (Taub.) Butl. bewirkte "Holzkohlenfäule" (charcoal rot) (LIVINGSTONE 1945). - Ähnlich liegen die Verhältnisse in Europa. Auf Grund von Isolationen ist bekannt, daß z. B. *Colletotrichum graminicola* (Ces.) Wilson und *D. zeae* in Deutschland kaum (BÖNING und WALLNER 1936) bzw. nicht auftreten (RINTELEN 1967). In Frankreich sind beide Pilze jedoch häufiger zu finden (MESSIAEN, LAFON und MOLOT 1959). Auch innerhalb noch begrenzter Gebiete wie im "Maisdreieck" Südafrikas können Unterschiede im Pilzspektrum auftreten (DU TOIT 1968, KRÜGER 1970 a und b). Es ist somit nicht auszuschließen, daß auch in Deutschland in den klimatisch unterschiedlichen Maisanbaugeländen die Zusammensetzung des Pilzspektrums variiert.

Die Kenntnis des die Stengelfäule verursachenden Spektrums ist aber auch für eine erfolgreiche Bekämpfung wichtig, denn eine der Hauptmaßnahmen, die

Züchtung resistenter Hybriden kann erfolgreicher nur durchgeführt werden, wenn die Organismen bekannt sind, gegen die Widerstandsfähigkeit entwickelt werden soll. Aus amerikanischen Arbeiten ist nämlich bekannt, daß Linien und Hybriden gegen Schaderreger verschiedener Gattungen unterschiedliche Anfälligkeitsgrade besitzen (KOEHLER 1960, BARNES 1960, SEMENIUK 1941). - Außerdem wurde angestrebt, den Züchtern Daten zu liefern, auf deren Grundlage entschieden werden kann, ob Hybriden zu entwickeln sind, die auch in begrenzten Gebieten gegen bestimmte Parasiten resistent sein sollten.

Ein anderes Versuchs-kriterium war die Pathogenitätsbestimmung der hauptsächlich isolierten *Fusarium* spp., denn es ist bisher nicht untersucht worden, ob sich die Arten im Gewebe verschiedener Hybriden unterschiedlich stark ausbreiten und so beim Züchtungsprogramm berücksichtigt werden müssen. - Für einige andere, zum Teil weniger bekannte Pilze wurde auch eine Pathogenitätsprüfung mittels der bekannten Injektionsmethode durchgeführt, um die Schädlichkeit von Pilzen einschätzen zu können, die häufig isoliert wurden.

METHODEN

Die Befallserhebung erfolgte in den Jahren 1969 bis 1973 in den Gebieten mit konzentriertem Maisanbau, die bereits früher als solche gekennzeichnet worden sind (KRÜGER 1973):

1. Nordwestdeutschland (N), einschließlich Norddeutschland
2. Württemberg (W)
3. die Rheinebene (R)
4. Bayern (B)

Aus drei Gebieten wurden in jedem Jahr von 20-25 größeren (mehr als 2 ha) Maisbeständen Proben entnommen. Aus dem kleineren Gebiet Württemberg waren es etwa 8-10. Die Entnahmen erfolgten in der zweiten Juni- und Septemberhälfte. Nur 1972 fand die Herbst-Beurteilung infolge der kühlen Sommerwitterung und der damit verbundenen verzögerten Reife etwa 14 Tage später statt. Besonderheiten der Untersuchungen der Wurzel- und Stengelfäule werden wie folgt angeführt.

1. Die zur Bestimmung der Wurzelfäule und deren Erreger verwendeten Verfahren

Über den Bestand verteilt wurden 20 Pflanzen ausgegraben, die Wurzeln sofort gewaschen und dann visuell entsprechend folgender Skala beurteilt:

- 0 = Kein Befall.
- 1 = 1 bis 3 Faulstellen bei jungen, 1 bis 5 bei älteren (Vollblüte) Pflanzen.
- 2 = Mehrere Faulstellen. Bis 5 % der Wurzelmasse krank.
- 3 = Gut ausgeprägte Wurzelfäule. Bis 25 % der Wurzelmasse krank. Auf den Befall der Haarwurzeln ist zu achten. Oft sind an einigen Hauptwurzeln nur noch die Ansatzstellen der abgefauten feinen Wurzeln als dunkle Punkte sichtbar.
- 4 = Das Wurzelsystem ist etwa bis zur Hälfte verfault (50 %). Wurzelstümpfe sind infolge des starken Befalls schon vorhanden.
- 5 = Der überwiegende Teil der Wurzeln ist faul (bis 90 %).
- 6 = Die Wurzeln sind fast ganz oder völlig abgestorben.

Die Ermittlung des durchschnittlichen Befallsgrades erfolgte, indem

1. die Anzahl der Pflanzen mit dem jeweiligen Befallsgrad multipliziert,
2. die erhaltenen Summen addiert und
3. durch die Anzahl der beurteilten Pflanzen dividiert wurde.

Von den Wurzeln sind etwa 30 befallene Teile abgeschnitten, in feuchtes Zeitungspapier eingeschlagen und per Eilpost zur sofortigen Verarbeitung ins Laboratorium geschickt worden. Die Proben der zwei letzten Reisetage wurden während des Tages in einer Kühltasche und nachts im Kühlschrank aufbewahrt. Im Labor sind die Proben zwei Stunden in fließendem Wasser gereinigt worden. Anschließend wurden sie für zwei Minuten mit 3%iger Natrium-hypochlorit-Lösung äußerlich sterilisiert und dreimal mit sterilisiertem Wasser nachgespült. Von den befallenen Wurzelteilchen kam ein etwa 1 mm großes Stück auf Malz-Pepton-Agar, dem zur Verhinderung des Bakterienwachstums 30 i. E. Penicillin, 30 i. E. Terramycin und 30 i. E. Streptomycinsulfat beigegeben wurde. Die Antibiotika sind nach dem Autoklavieren hinzugefügt worden. - Die Schalen standen in einem Brutschrank bei 20°C. Die Identifizierung der Erreger begann nach 10 bis 14 Tagen und wurde nach weiterer Bebrütung fortgesetzt, wenn die Pilze nicht eindeutig erkannt werden konnten.

Im Verlauf der fünfjährigen Beobachtungen wurden je Entnahmezeit etwa 8.000 Isolationen vorgenommen.

2. Methoden zur Bestimmung der Stengelfäule

2.1 Anteil häufig isolierter Pilze am Spektrum der Gesamtsolationen

Infolge des unterschiedlichen Abreifens der Sorten konnte der Befall der Stengel nur qualitativ erfaßt werden. Ab Mitte bis Ende September erfolgte die Entnahme von zehn an Stengelfäule erkrankten Pflanzen je Bestand. Die Blattscheiden wurden entfernt, die Stengel äußerlich mit Alkohol abgerieben und in der Länge aufgeschnitten. Etwas Pflanzenmaterial ist aus dem Innern der Stengel, und zwar von den drei folgenden Stellen entnommen worden:

- i) der Stengelbasis unterhalb der Erdoberfläche,
- ii) der Höhe der Kronenwurzeln und
- iii) etwa 30 cm oberhalb der Erdoberfläche (=oberirdisch).

Auf Grund dieser Entnahme an unterschiedlichen Stellen sollte es möglich sein, bevorzugte Eintrittsstellen der Pilze zu erfassen. Der Nährboden war fast derselbe wie für die Isolation der Wurzelparasiten, nur das Streptomycinsulfat blieb fort, weil die Proben weniger durch Bakterien verunreinigt waren. Insgesamt wurden 12.000 Isolate aus den Stengeln untersucht.

Die meisten Pilze wurden bis zur Art bestimmt^{†)}. Bei einigen als Saprophyten bekannten Pilzen ist nur die Gattung angegeben worden. Mehrere selten vorkommende Arten wurden ebenfalls bestimmt, aber nicht alle in der Tabelle aufgeführt. Einige gelegentlich isolierte Pilze waren nicht zu identifizieren.

Es ist schwer, die Arten nach ihrer "Wichtigkeit" oder "Schädlichkeit" zu ordnen. Außer einigen eindeutig parasitären Pilzen sollten auch solche als "wichtig" angesprochen werden, deren Pathogenität erwartet werden kann oder die auf Grund ihres häufigen Auftretens auch eine Rolle als Antagonisten spielen könnten. Bei diesen nicht nur qualitativ, sondern auch quantitativ durchgeführten Untersuchungen war die Unterscheidung von *Fusarium moniliforme* Sheldon

^{†)} Für die Bestimmung mehrerer Pilze sei Frau Dr. SCHNEIDER und den Herren Prof. GERLACH und Dr. KRÖBER vom Institut für Mykologie in Berlin-Dahlem recht herzlich gedankt.

und *Fusarium moniliforme* var. *subglutinans* Wr. et Rg. vor allem dann schwer, wenn sie gemeinsam vorkamen. Da aber die Wurzeln fast ausschließlich durch *F. moniliforme* var. *subglutinans* befallen waren und *F. moniliforme* häufiger in den Stengeln vorkam, ist beim Auftreten der Stengelfäule nur *F. moniliforme* angegeben worden, um den Unterschied zu dem Vorkommen in den Wurzeln zu demonstrieren.

2.2 Befall einzelner Hybriden in verschiedenen Gebieten und Jahren

Kurz vor der Ernte (Kornreife) ist von 20 befallenen Pflanzen je Sorte und Wiederholung (4) in Höhe der Stützwurzeln und etwa 30 cm oberhalb aus dem Stengelinnern Gewebe entnommen und auf Agar ausgelegt worden. Der Versuch wurde in Kitzeberg in Schleswig-Holstein (N) in den Jahren 1971 und 1972, in Haßloch in der Pfalz (R) 1972 und in der Nähe von Frankfurt (R) 1973 durchgeführt.

2.3 Ausbreitung von Fusarium-Arten im Stengelinnern nach künstlicher Infektion in Abhängigkeit von den Hybriden

Die Infektion der Hybriden erfolgte nach der allgemein bekannten Injektionsmethode (KOEHLER 1960) im 3. "verlängerten" Internodium zur Zeit der Vollblüte des Maises. Je Stengel wurden 0,2 ml Pilzsuspension in Löcher injiziert, die vorher mit einem 3 mm Bohrer und nicht mit einem Dorn in die Mitte des Internodiums gebohrt worden waren, um ein Reißen des Stengelgewebes zu vermeiden. Die Suspension je Pilz bestand aus Sporen und Myzelstückchen von vier bis sechs Isolaten, um deren möglicherweise unterschiedliche Pathogenität weitgehend auszugleichen. Nach vier Wochen wurden die Stengel in der Länge durch den Injektionskanal aufgeschnitten und die befallene (verfärbte) Fläche anteilmäßig beurteilt. Ein voll befallenes Internodium erhielt den Wert 10; keine Verfärbung 0.

Um die Pilzausbreitung in den Hybriden und den Anteil der Pilze am Gesamtspektrum vergleichen zu können, wurden die nach varianzanalytischer Verrechnung⁺⁺⁾ erhaltenen t-Werte vom Mittelwert addiert bzw. subtrahiert. Hierbei

⁺⁺⁾ Herrn Prof. E. WEBER und Frau HABETHA sei auch an dieser Stelle für die Rechen-Programme und die Ratschläge recht herzlich gedankt.

Tabelle 1 Grad der Wurzelfäule des Maises in verschiedenen Gebieten in Abhängigkeit von der Erntezeit und den Jahren

Gebiet	Entnahmezeit	Beobachtungsjahre					Mittelwerte
		1969	1970	1971	1972	1973	
Nordwestdeutschland	Juni	2,2 (3,0) ^{x)}	1,0 (2,0)	1,5 (2,8)	1,1 (2,0)	0,9 (1,7)	1,3
	September	-	2,0* (3,1)	3,2* (4,5)	3,9* (5,7)	3,8* (5,3)	3,2
Württemberg	Juni	-	1,6* (2,3)	1,2* (1,9)	1,1* (1,1)	1,1 (1,8)	1,2
	September	3,2 (4,0)	2,9* (3,5)	3,3 (4,3)	3,2 (5,2)	3,9* (4,5)	3,3
Rheinebene	Juni	-	1,2 (2,0)	1,5 (2,9)	1,0 (2,1)	1,3 (2,0)	1,2
	September	3,9 (4,7)	3,7* (5,9)	4,1* (5,5)	4,0* (5,5)	4,8* (5,3)	4,1
Bayern	Juni	2,0 (2,6)	1,4 (2,6)	1,7* (3,4)	1,0 (1,6)	1,3 (1,9)	1,5
	September	3,2 (4,5)	2,9* (4,9)	3,6* (4,8)	4,8* (5,7)	4,4* (5,7)	3,8
Mittelwerte	Juni	1,6 †	1,3**	1,5	1,0	1,2**	1,3
	September	3,4**	3,0** †	3,6** †	4,1** †	4,3** †	3,8

Symbole: x) () am stärksten befallener Bestand

* Signifikant zwischen Entnahmezeiten

** Signifikant zwischen Gebieten bei entsprechender Entnahmezeit

+ Signifikant zwischen Entnahmezeiten (Mittelwerte)

wurde der volle oder halbe t-Wert verwendet, um die Hybriden als widerstandsfähig (++) , mäßig widerstandsfähig (+) , mäßig anfällig (0) , anfällig (-) und sehr anfällig (=) bezeichnen zu können (KRÜGER und WEILER 1975).

ERGEBNISSE

1. Wurzelfäule

A. Befall der Wurzeln

Die Probeentnahme zur qualitativen Bestimmung des Pilzspektrums kranker Wurzeln machte es möglich, auch gleichzeitig den Grad der Fäule zu bestimmen. Die Ergebnisse sind in der Tabelle 1 wiedergegeben. Wie aus den Zahlen ersichtlich ist, waren bei der Beurteilung im Juni die Bestände immer signifikant weniger befallen als im September. Von den einzelnen Gebieten war der Mais nur in Bayern im Durchschnitt der Jahre etwas stärker befallen (1, 5). Die Mittelwerte der Juni-Beurteilung variierten in den einzelnen Jahren geringfügig. So wies der Mais 1972 am wenigsten Wurzelfäule auf, als die Witterung im gesamten Bundesgebiet außergewöhnlich kühl war und die Pflanzen wenig wuchsen. Mit dieser Wuchsverzögerung ist wahrscheinlich der Befall gering geblieben. - In den verschiedenen Gebieten konnte diese Variation in den einzelnen Jahren ebenfalls wahrgenommen werden, die 1970 und 1973 signifikant war. Obwohl das Auftreten der Wurzelfäule im Juni schwach war, befanden sich in allen Gebieten einzelne stark befallene Bestände, deren maximaler Befallswert in Klammern angegeben ist.

Im Herbst war die Wurzelfäule bedeutend ausgeprägter. Von den vier Anbaugebieten war Mais in der Rheinebene am stärksten (4, 1) befallen. In den einzelnen Jahren variierte das Vorkommen der Wurzelfäule ebenfalls. 1973 wurden die höchsten und 1970 die niedrigsten Werte erhalten. Zwischen den Gebieten waren die Unterschiede signifikant. Dabei wurde deutlich, daß im Norden und Nordwesten Deutschlands der Mais am wenigsten befallen war. Trotz des durchschnittlich geringen Befalls wiesen einige Bestände stärker Wurzelfäule auf.

Aus den Zahlen geht auch hervor, daß der Krankheitsgrad im Juni ohne Wirkung auf die weitere Entwicklung zu sein scheint. Im Juni schwach befallene Bestän-

de (1972 und 1973) konnten später stärker befallen sein und umgekehrt (1969, 1971).

B. Pilzspektrum kranker Wurzeln

a) Anteil häufig isolierter Pilze am Spektrum der Juni- und September-Isolationen

Infolge des großen Zahlenmaterials werden nur die wichtigsten Ergebnisse tabellarisch oder graphisch gebracht. In der Abb. 1 und in der dazugehörenden Signifikanz-Tabelle (Tab. 2) wird der Anteil der häufig isolierten Pilze in Reihenfolge ihrer vermeintlichen Pathogenität in Abhängigkeit von den Gebieten und den Entnahmezeiten gebracht. Um die Ergebnisse übersichtlich darzustellen, sind die Werte der September-Isolationen zu denen der im Juni erfolgten addiert und beide in einer Säule vereinigt worden. Die Prozentwerte können in der Abb. 1 somit nur für die Juni-Isolation abgelesen werden, deren Anteil von der Gesamtisolation durch einen Querstrich getrennt worden ist. Der Anteil der Pilze an der Herbst-Isolation ist folglich nur durch Subtraktion des Juni-Isolationwertes von der Gesamtisolation zu erfassen. - Durch diese Anordnung ist aber der Gesamtanteil der Pilze beider Isolationszeiten zu erkennen. Außerdem können die in den verschiedenen Gebieten erhaltenen Werte verglichen werden. Zu den einzelnen Pilzen werden folgende Besonderheiten besprochen:

Fusarium culmorum (W.G. Smith) Sacc. ist in fast allen Anbaugebieten im September signifikant häufiger isoliert worden als im Juni. In Bayern waren die Unterschiede besonders deutlich. Bei der Juni-Isolation trat *F. culmorum* nicht so häufig auf. Im Herbst waren aber keine signifikanten Differenzen zwischen den Gebieten mehr wahrzunehmen. - Werden die Mittelwerte der beiden Entnahmezeiten ohne Berücksichtigung der Gebiete verglichen, dann war das häufige Auftreten von *F. culmorum* im Herbst auch deutlich. - Keine Signifikanz bestand zwischen den Gebieten, wenn die Werte beider Entnahmezeiten zusammengefaßt wurden.

F. moniliforme var. *subglutinans* war im Nordwesten der Bundesrepublik und in Bayern im September weniger am Pilzspektrum beteiligt als im Juni. In

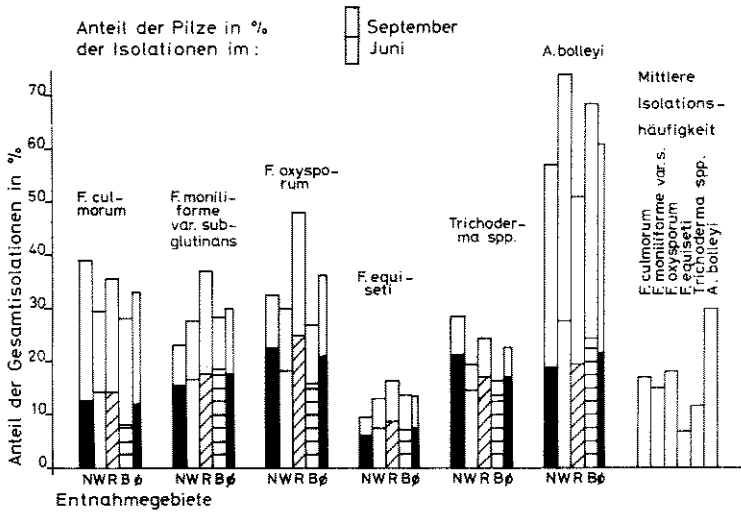


Abb. 1 Anteil der häufig isolierten Pilze bei der Befallsaufnahme im Juni und September in Abhängigkeit von den Anbaugeschieden (Anzahl des Auftretens an den Gesamtisolationen in Prozent)

Zeichenerklärung: N = Nord- und Nordwestdeutschland
 W = Württemberg
 R = Rheinebene
 B = Bayern
 ø = Mittelwerte

Tabelle 2 Signifikanztabelle zur Abbildung 1

Pilze	Signifikanz zwischen							
	Entnahmezeiten (Mittelwerte)	Gebieten (Mittelwerte)	Mittelwerten in Gebieten bei Entnahme im		Werten der Juni u. September-Entnahme in			
			Juni	Sept.	N	W	R	B
F. culmorum	+	-	+	-	+	-	+	+
F. moniliforme var. subglutinans	+	+	-	+	+	-	-	+
F. oxysporum	+	+	+	+	+	-	-	+
F. equiseti	+	+	-	+	+	-	-	-
Trichoderma spp.	+	+	+	+	+	+	+	+
A. bolleyi	+	+	-	+	+	+	+	+

+) signifikant

Württemberg und in der Rheinebene blieb der Anteil bei beiden Entnahmezeiten nahezu gleich. Während der Juni-Entnahme traten keine Unterschiede zwischen den Gebieten auf. Im Herbst nahm dagegen der Anteil des Pilzes in der Rheinebene zu. - Werden die Anbaugelände nicht berücksichtigt, dann war *F. moniliforme* var. *subglutinans* bei der Juni-Isolation am Pilzspektrum stärker beteiligt als im September. Der hohe Anteil des Pilzes im Herbst in der Rheinebene bewirkte, daß der Mittelwert in diesem Gebiet zunahm.

Fusarium oxysporum Schlecht. emend. Snyder et Hansen war im Nordwesten und in Bayern im Juni häufiger als im September zu isolieren. Zwischen den Gebieten kamen sowohl im Juni als auch im September Unterschiede vor. Im Juni war der Pilz im Nordwesten und in der Rheinebene, im Herbst nur in der Rheinebene zahlreicher zu isolieren. Allgemein hatte *F. oxysporum* bei der Juni-Isolation einen etwas größeren Anteil am Pilzspektrum als im September. Werden die in den verschiedenen Gebieten erhaltenen Werte ohne Berücksichtigung beider Isolationszeiten verglichen, dann fällt besonders der hohe Anteil von *F. oxysporum* in der Rheinebene auf.

Fusarium equiseti (Cda.) Sacc. wurde im Nordwesten im Juni gesichert häufiger isoliert als im September. Zwischen den Gebieten waren Differenzen nur bei der September-Entnahme zu beobachten. Im Nordwesten wurde der Pilz am seltensten gefunden. Der Anteil des Pilzes am Pilzspektrum war im Juni signifikant höher. Ebenfalls statistisch sichern ließen sich die Unterschiede zwischen den Gebieten, wenn die Entnahmezeiten nicht berücksichtigt wurden. Im Nordwesten war der Pilz am wenigsten und in der Rheinebene am zahlreichsten vorhanden.

Trichoderma spp. Pilze dieser Gattung waren im September in allen Anbaugeländen noch weniger am Pilzspektrum beteiligt als die drei zuvor genannten. Im Juni und auch im September blieb der Anteil der *Trichoderma* spp. in den verschiedenen Gebieten variabel. Mais des Nordwestens und der Rheinebene enthielt diese Pilzarten etwas zahlreicher. Das kam auch zum Ausdruck, wenn die beiden Entnahmezeiten zusammengefaßt wurden. Blieben die Anbaugelände unberücksichtigt, dann war ebenfalls der hohe Anteil der Pilze an der Juni-Isolation deutlich.

Aureobasidium bolleyi (Sprague) v. Arx (syn.: *Gloeosporium bolleyi* Sprague) wurde im Herbst wesentlich häufiger als im Juni isoliert. Der Anteil am Pilzspektrum war im September in fast allen Anbaugebieten mehr als doppelt so hoch wie im Juni. Gebietsunterschiede waren nur im Herbst signifikant. Der Pilz trat in der Rheinebene am wenigsten auf. - Die Mittelwerte der Entnahmezeiten und der verschiedenen Gebiete differierten ebenfalls gesichert. Im Durchschnitt wurde der Pilz im Herbst zahlreicher isoliert. Er trat außerdem in Württemberg und Bayern am häufigsten auf.

Im letzten Säulenblock der Abb. 1 wird der durchschnittliche Anteil der Pilze aus allen Isolationen angegeben. Die drei *Fusarium* spp., *F. culmorum*, *F. moniliforme* var. *subglutinans* und *F. oxysporum* waren mit je etwa 17 % am Pilzspektrum beteiligt. *F. equiseti* erreichte nur die Hälfte. Die in ihrer Pathogenität wenig bekannten *Trichoderma* spp. und *A. bolleyi* waren mit 12 bzw. 30 % mittel bis sehr häufig vertreten.

b) Anteil der Pilze am Artenspektrum in Abhängigkeit von den Jahren, den Gebieten und den Entnahmezeiten

Die Ergebnisse sind in der Abb. 2 für die häufig isolierten Pilze in Form eines Säulendiagramms und von Kurven dargestellt worden. Zuerst werden die Mittelwerte (= Säulen der Abb. 2a und b) und dann die Einzeldaten der Pilze besprochen.

F. culmorum. Die Anteile von *F. culmorum* variierten zwischen den beiden Entnahmezeiten. In den Jahren 1971 und 1973 waren sie im September signifikant größer als im Juni. Zwischen den Anbaugebieten bestanden nur wenig Differenzen. Sowohl bei der Juni- als auch bei der Herbst-Isolation war *F. culmorum* in ein bis zwei Jahren in einem Gebiet häufiger zu finden.

F. moniliforme var. *subglutinans* wurde in drei von fünf Jahren im Juni zahlreicher isoliert als im September. Unterschiede zwischen den Gebieten waren nur im Herbst in drei Jahren zu beobachten (1969 - 1971), in denen der Pilz in der Rheinebene dominierte. Wie aus dem Kurvenverlauf ersichtlich, blieben die jährlichen Variationen gering, und wenn sie auftraten, dann war die Tendenz in allen Gebieten ähnlich.

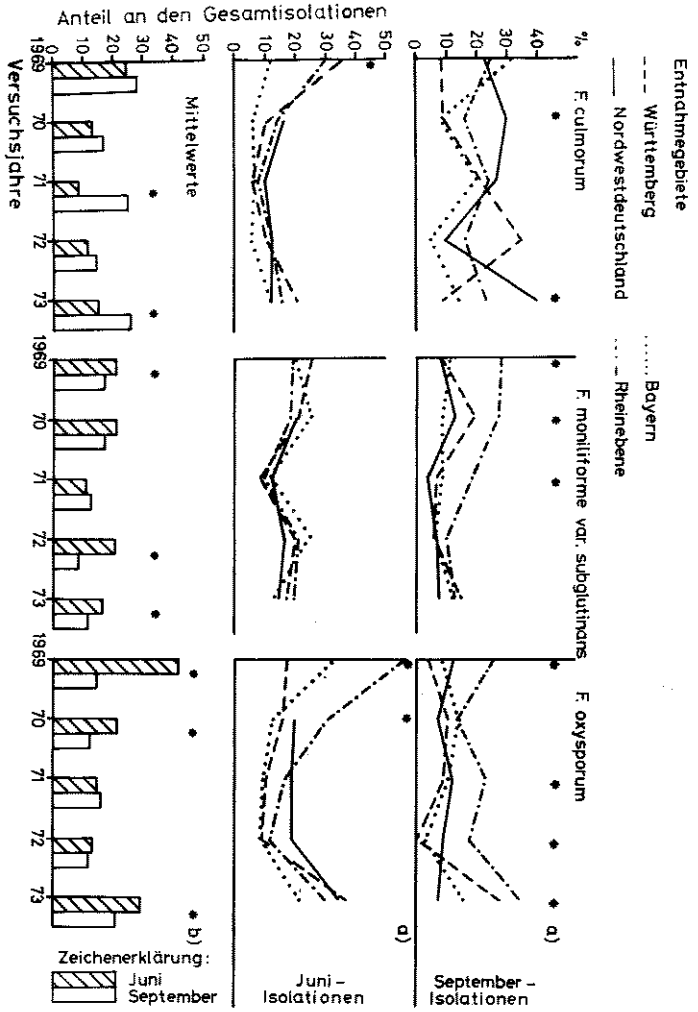
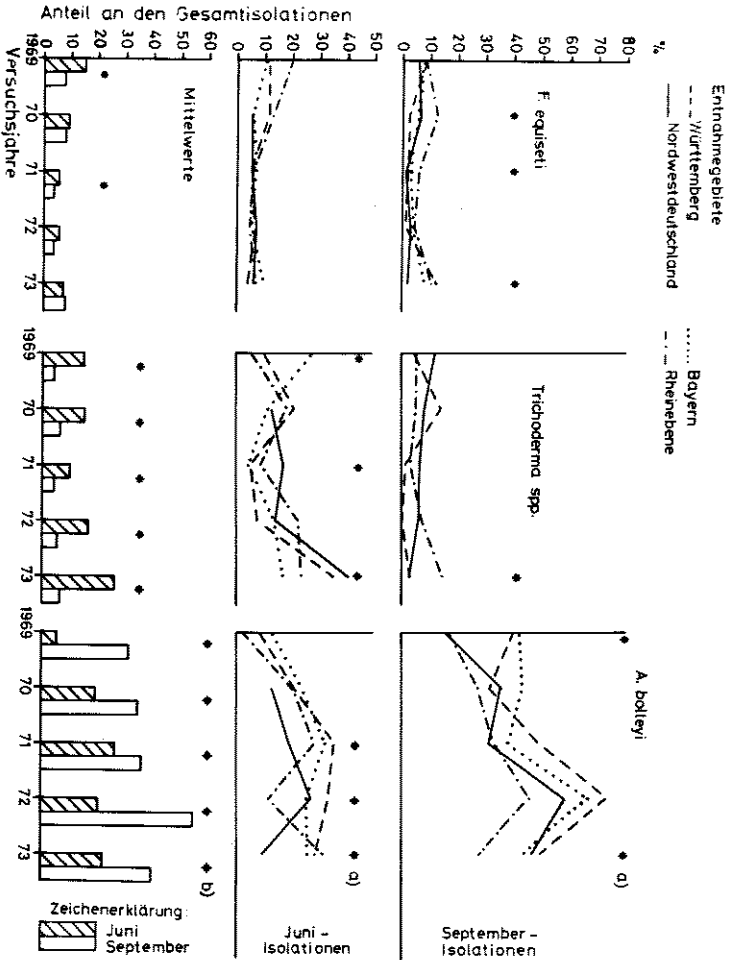


Abb. 2 Anteil der häufig isolierten Pilze aus Maiswurzeln (%) am Pilzspektrum in Abhängigkeit von den Jahren, den Gebieten und den Erntehemstellen

- a) Signifikant (*) zwischen Gebieten der einzelnen Jahre
- b) Signifikant (*) zwischen Juni- und September-Isolationen



Fortsetzung Abb. 2 Anteil der häufig isolierten Pilze aus Maiswurzeln (%) am Pilzspektrum in Abhängigkeit von den Jahren, den Gebieten und den Entnahmeziten

F. oxysporum konnte auch in drei Jahren im Juni signifikant zahlreicher isoliert werden. Unterschiede zwischen den Gebieten waren bei beiden Entnahmezeiten vorhanden. Bei der Juni-Isolation konnte der Pilz in zwei Versuchsjahren in der Rheinebene, und 1972 in Nordwestdeutschland zahlreicher gefunden werden. Im Herbst war *F. oxysporum* fast ausschließlich in der Rheinebene am häufigsten vorhanden.

F. equiseti. Dieser Pilz wurde in zwei Jahren etwas zahlreicher im Juni als im Herbst isoliert. Zwischen den Anbaugebieten waren im Juni keine und im Herbst geringfügige, aber statistisch gesicherte Unterschiede sichtbar. *F. equiseti* ließ sich hauptsächlich aus Maiswurzeln der Rheinebene, und in einem Jahr (1973) auch aus den anderen südlichen Gebieten isolieren.

Trichoderma spp. Diese Pilze traten in allen fünf Jahren im Juni zahlreicher auf. Unterschiede in der Isolationshäufigkeit der Pilze zwischen den Gebieten waren im Juni und September vorhanden, aber eine Tendenz zugunsten eines Gebietes konnte nicht beobachtet werden.

A. bolleyi war in allen Jahren im Herbst wesentlich zahlreicher am Pilzspektrum beteiligt als im Juni. In der Rheinebene und in Nordwestdeutschland war der Pilz in mehreren Jahren im Juni und auch im September signifikant oder in der Tendenz weniger häufig zu isolieren.

c) Auftreten der Pilze und der Wurzelfäule in Abhängigkeit vom pH-Wert des Bodens und der Bodenart

In allen Gebieten und auf allen Feldern wurde der pH-Wert (in H₂O mit einem pH-Meter) ermittelt. Eine statistische Verrechnung ergab einen geringen Effekt des pH-Wertes, der aber nicht in allen Jahren beobachtet werden konnte. In der Tabelle 3 sind die entsprechenden Werte zusammengestellt.

Tabelle 3 Abhängigkeit des Auftretens der häufig isolierten Wurzelfäulepilze vom pH-Wert des Bodens

Versuchs- jahr	Regressionskoeffizient und Signifikanz					
	F. culmorum	F. moniliforme var. subglutinans	F. oxysporum	F. equiseti	Trichoderma spp.	A. bolleyi
1969	.089 *	-.015	-.018	.043 *	-.044 *	.006
1970	-.016	.014	-.024	.021 *	-.036 *	.034
1971	.041 *	-.011	-.031 *	.005	-.057 *	.088 *
1972	.005	-.015	-.023 *	-.010	-.038	.087 *
1973	.047	-.032	-.066	.051 *	-.163 *	.023

Wie aus den Zahlen ersichtlich, nahmen *F. culmorum* und *A. bolleyi* in zwei Jahren mit steigendem pH zu. Bei *F. moniliforme var. subglutinans* war kein Einfluß festzustellen. Der Anteil von *F. oxysporum* verringerte sich in zwei Jahren geringfügig bei höherem pH-Wert. Bei *F. equiseti* war dagegen eine Zunahme in drei Jahren zu beobachten. Bei *Trichoderma spp.* ging in allen Jahren der Anteil im alkalischen Boden zurück.

d) Anteil selten isolierter Pilze am Pilzspektrum

Außer den bereits besprochenen Pilzen wurden noch andere isoliert, die allgemein selten vorkamen oder nur in einzelnen Beständen häufiger. Sie sind in den Tabellen 4 und 5 nach Entnahmezeit, Jahren und Anbaugebieten ohne besondere Besprechung aufgeführt. Diese Angaben sollen als Basis dienen, um bei späteren Untersuchungen einen Vergleich mit dem Pilzspektrum zu haben, das zu Beginn des intensiveren Maisanbaues vorhanden war. - Auch bei diesen Pilzen war ein Unterschied in bezug auf die Isolationshäufigkeit in Abhängigkeit von der Entnahmezeit und den Jahren vorhanden. So wurden *Epicoccum pupuras-cens* und *Phoma terrestris* häufiger im September, und *Penicillium* spp. zahlreicher im Juni isoliert. Außer den in den Abbildungen 1 und 2 sowie in den Tabellen 4 und 5 erfaßten Arten oder Gattungen wurden noch folgende gefunden:

Aspergillus spp.

Botryotrichum piluliferum Dixon

Bipolaris sorokiniana (Sacc.) Shoem. (syn. *Helminthosporium sativum* Pamm, King et Bakke)

Cladosporium spp.

Drechslera bicolor (Mitra) Subram. et Jain (syn. *Helminthosporium bicolor* Mitra)

Fusarium sporotrichioides Sherb.

Fusarium solani (Mart.) Sacc.

Fusarium tricinctum (Cda.) Sacc.

Fusarium poae (Pk.) Wr.

Gäumannomyces graminis (Sacc.) v. Arx et Olivier (syn. *Ophiobolus graminis* Sacc.)

Marasmiellus indoderma (Berk.) Sing. (nicht mit Sicherheit bestimmt)

Periconia macrospinoso Lefebvre et Johnson

Periconia circinata (Mangin) Sacc.

Phoma spp.

Pythium intermedium de Bary

Pythium oligandrum Drechsler

Sordaria fimicola (Rob.) Ces. et de Not.

Eine noch nicht identifizierte Art mit dunklem Mycel kam auf zwei Feldern als vorherrschender Pilz vor. - Einige selten isolierte Arten werden nicht erwähnt.

Tabelle 5 Anteil (in %) selten isolierter Pilze an den Gesamtsolationen aus befallenen Maiswurzeln in Abhängigkeit von den Anbaugebieten (Mittelwerte 1969 - 1973) und der Entnahmezeit

Entnahmemonate und Entnahmegebiete														
<u>Juni (1969 - 1973)</u>														
Nordwest-Deutschland	0,8	0,7	0,4	0,2	1,4	2,2	4,2	1,7	2,0	3,8	2,3	0,1	0,4	0,5
Württemberg	1,4	0,4	0,0	0,0	3,9	1,6	2,1	1,2	2,1	1,0	2,3	0,0	1,0	0,2
Oberrheinebene	0,8	0,5	0,7	0,2	1,4	1,8	2,2	0,6	0,9	1,9	1,8	1,7	0,2	0,2
Bayern	1,7	0,4	0,2	0,0	2,6	0,7	4,0	0,5	2,2	2,9	1,7	0,6	0,8	0,5
<u>September (1969 - 1973)</u>														
Nordwest-Deutschland	0,6	1,0	2,1	2,3	0,9	2,7	2,6	0,0	2,3	0,3	1,0	4,1	0,6	0,1
Württemberg	0,4	1,0	0,8	2,4	2,5	1,7	5,0	0,1	2,6	0,3	2,3	0,7	1,3	0,0
Oberrheinebene	0,4	1,5	0,7	2,4	0,8	1,5	4,1	0,2	1,7	1,6	2,0	6,4	2,3	0,3
Bayern	0,6	1,0	0,2	1,7	1,8	0,9	3,9	0,1	2,3	0,5	5,3	1,9	1,3	0,0

2. Stengelfäule

A. Anteil häufig isolierter Pilze am Spektrum der Gesamtisolationen

a) Mittelwerte zwischen Jahren und Gesamthäufigkeit der Pilze

Die Isolationen der Pilze aus den Stengeln ergaben ein Spektrum, das in der Abbildung 3 dargestellt wurde. Die F-Werte und Signifikanz-Angaben für diese Abbildung und auch für die folgenden Abbildungen 4 und 5 sind in der Tabelle 6 eingetragen. Im linken Teil der Abbildung wurde der Anteil der wichtigsten Pilze in den einzelnen Jahren ohne Berücksichtigung der Gebiete angegeben. *F. culmorum* dominierte in fast allen Jahren. Nur 1969 war sein Anteil etwa so groß wie der von *F. moniliforme*. Mit Ausnahme dieses einen Jahres blieb die Variation zwischen den Versuchsjahren gering.

F. moniliforme wurde in jedem Jahr mit nahezu gleichbleibender Häufigkeit isoliert. *F. graminearum* trat demgegenüber in den Jahren 1970 und 1972 häufiger auf. *F. equiseti* konnte auch unterschiedlich zahlreich isoliert werden. Hierbei entstand der Eindruck, daß der Pilz immer dann weniger gefunden wurde, wenn sich *F. graminearum* stärker am Spektrum beteiligte. Das war in den Jahren 1970 bis 1973 deutlich. - Keine größere Variation zwischen den Jahren konnte bei den Pilzen *Acremonia atra* (Cda.) Sacc., *A. bolleyi* und *Acremonium* spp. (hauptsächlich *A. strictum*) beobachtet werden, obwohl bei ihnen die geringen Differenzen signifikant waren (s. Signifikanz-Tab. = Tab. 6). Im rechten Teil der Abbildung 3 ist die Häufigkeit der Pilze zusammenfassend dargestellt worden. Eindeutig ging die Dominanz von *F. culmorum* und *F. moniliforme* mit einem Anteil von etwa 40 bzw. 25 % am Pilzspektrum hervor. Die anderen Pilze blieben mit je etwa 10 % von sekundärer Bedeutung, obwohl in einzelnen Jahren höhere Werte erhalten wurden.

b) Mittelwerte zwischen Gebieten über alle Jahre

Wird das Auftreten der Pilze ohne Berücksichtigung der Jahre zwischen den verschiedenen Maisanbaugebieten verglichen, dann ist zu erkennen (Abb. 4), daß bei allen Pilzen signifikante Differenzen vorhanden waren. Ohne auf alle Einzelheiten einzugehen, denn die Unterschiede waren nicht immer eindrucksvoll, sei nur auf das häufige Auftreten von *F. moniliforme* und auf das geringe

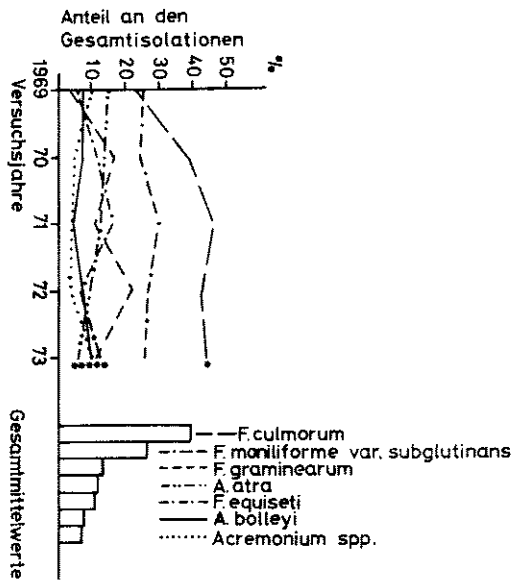


Abb. 3
Anteil der häufig isolierten Pilze aus Maisstengeln am Pilzspektrum (%)
 (Mittelwerte in den Versuchsjahren und Gesamtmittelwerte)

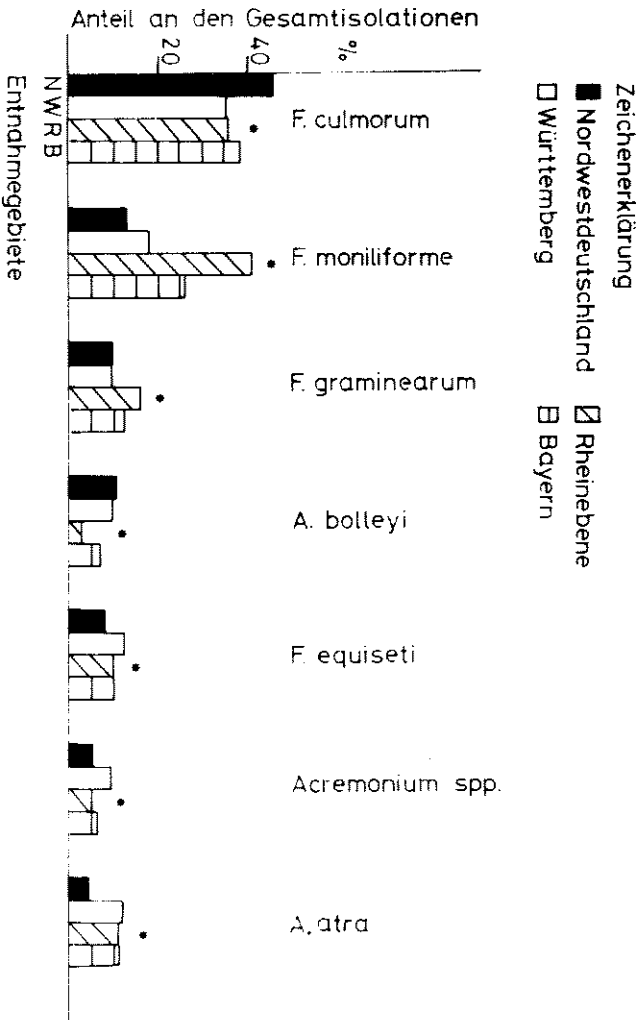


Abb. 4 Isolationshäufigkeit (%) der zahlreich isolierten Pilze aus Maisstengeln in den verschiedenen Entnahmegebieten (Mittelwerte über alle Jahre)

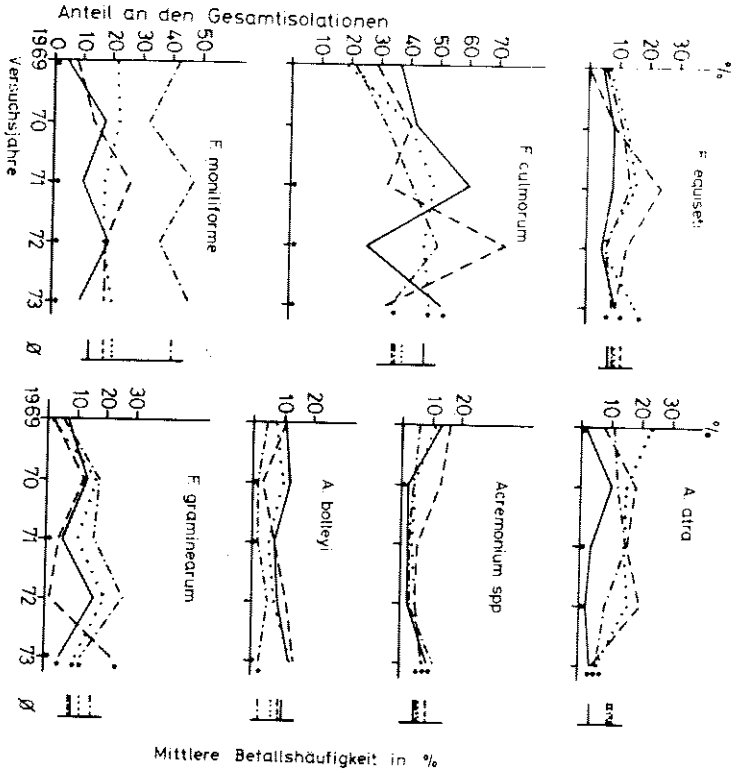


Abb. 5 Anteil der häufig isolierten Pilze am Gesamtpilzspektrum (%) in Abhängigkeit von den Jahren und den Entnahmegebieten

Zeichenerklärung: — Nordwestdeutschland · · · · · Bayern
 - - - Württemberg ø = Mittelwerte

von *A. bolleyi* im Rheintal hingewiesen. Im Nordwesten waren *F. moniliforme* und *A. atra* am wenigsten zu finden.

c) Auftreten der häufig isolierten Pilze in Abhängigkeit von den Jahren und den Gebieten

Die Interaktion zwischen den Gebieten in den einzelnen Jahren wird für mehrere Pilze in Abbildung 5 dargestellt. Am Rande jeder Graphik sind auch noch die Mittelwerte der Isolationshäufigkeit für jedes Gebiet angegeben. Von den Pilzen werden drei ausführlich besprochen.

F. moniliforme: Dieser Pilz trat im Verlauf der Jahre relativ einheitlich auf, obwohl sein Anteil in einigen Jahren am Pilzspektrum größer war. Zwischen den Gebieten zeigten sich aber auch Unterschiede. In der Rheinebene und im Nordwesten ließen sich gegenläufige Tendenzen erkennen. Wenn in einem Gebiet der Pilz häufig zu isolieren war, nahm er in anderen ab und umgekehrt. Dieses Verhalten konnte auch bei *F. culmorum* beobachtet werden.

F. culmorum: Der Pilz zeichnete sich durch große Variationsbreite aus. Er trat nicht nur innerhalb eines Gebietes von Jahr zu Jahr variabel auf, sondern auch innerhalb eines Jahres zwischen verschiedenen Gebieten, wie besonders 1971 und 1972 beobachtet wurde. Die Diskrepanzen betrafen besonders die Rheinebene und den Nordwesten.

F. graminearum: Der Pilz trat in allen Gebieten jährlich unterschiedlich zahlreich auf. In der Rheinebene war *F. graminearum* am häufigsten, in Württemberg am wenigsten zu isolieren. - Die jährliche Variation war absolut gesehen gering, aber relativ doch beachtlich, konnte sie doch mehr als das Doppelte betragen.

A. atra, *A. bolleyi*, *F. equiseti*, *Acremonium* spp.:

Bei diesen vier selten zu isolierenden Pilzen war die jährliche Variation gering. *A. atra* und *A. bolleyi* traten im Nordwesten bzw. in der Rheinebene in allen Versuchsjahren wenig auf, so daß diese Gebiete für die Vermehrung des Pilzes als unvorteilhaft zu betrachten sind. Obwohl die Unterschiede nicht bedeutend erschienen, waren sie für einige Gebiete oder einige Jahre signifikant.

Tabelle 6 F-Werte und Signifikanzangaben für die Abbildungen 3, 4 und 5

Pilze	Versuchs- jahren (Mittel- werte) Abb. 3	Gebieten (Mittel- werte) Abb. 4	Signifikanz zwischen									
			Werten der Gebiete					Gebieten der einzelnen Jahre				
			N	W	R	B ^x	1969	1970	1971	1972	1973	
	Abb. 3	Abb. 4	Abb. 5					Abb. 5				
<i>Fusarium culmorum</i>	9, 18+	2, 65+	5, 89+	1, 78	3, 34+	8, 48+	1, 49	0, 70	2, 90+	6, 08+	3, 28+	
<i>Fusarium moniliforme</i>	0, 44	34, 71+	1, 74	2, 23	1, 31	0, 28	8, 02+	1, 91	12, 65+	5, 61+	11, 60+	
<i>Fusarium graminearum</i>	16, 94+	4, 80+	4, 21+	4, 03+	7, 17+	8, 86+	2, 05	0, 40	3, 90+	2, 26	6, 37+	
<i>Fusarium equiseti</i>	7, 91+	1, 47	0, 94	4, 13+	2, 87+	2, 51	1, 66	0, 22	1, 92	0, 83	2, 13	
<i>Aureobasidium bolleyi</i>	3, 56+	17, 82+	0, 75	1, 41	5, 19+	1, 62+	1, 57	5, 40+	9, 42+	1, 23	6, 21+	
<i>Acremonium spp.</i>	9, 48+	2, 63+	3, 18+	1, 46	7, 78+	2, 90+	1, 93	3, 34+	1, 33	0, 71	0, 81	
<i>Acremoniella atra</i>	7, 23+	14, 52+	3, 77+	2, 19	3, 46+	4, 42+	7, 50+	0, 72	5, 25+	6, 28+	0, 94	

+) signifikant (t-min 95 %)

x) siehe METHODEN

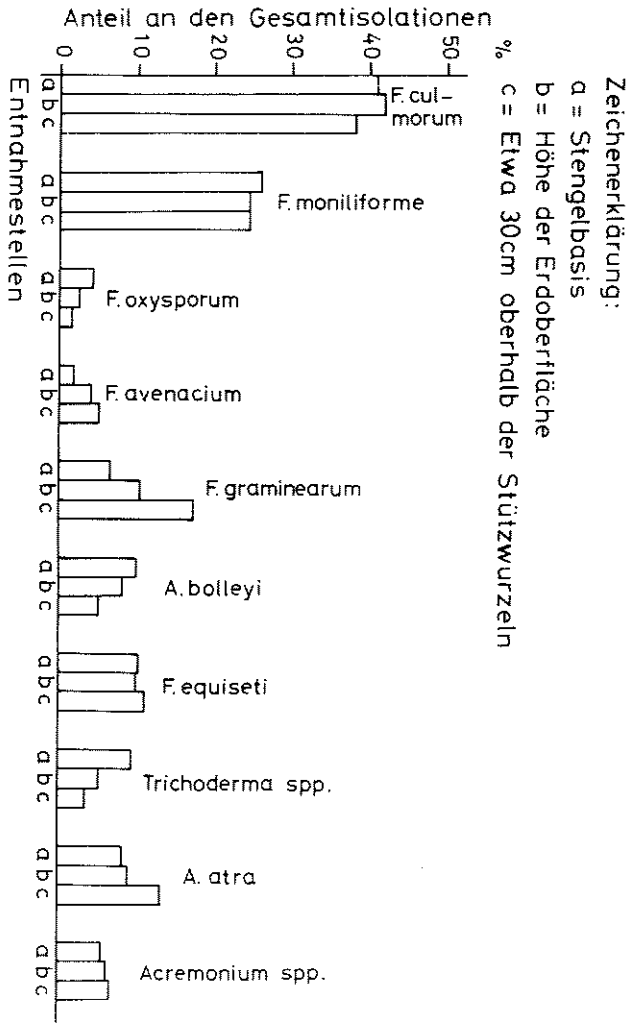


Abb. 6 Isolationshäufigkeit der häufig isolierten Pilze aus Maisstengeln in Abhängigkeit von den Isolationsstellen im Stengel (Anteil in % der Gesamtisolationen)

B. Bevorzugte Eintrittsstellen der Pilze

Auf Grund der Isolation aus drei Stengelteilen war es möglich, einen Hinweis auf die Haupteintrittsstellen der Pilze zu gewinnen. In der Abbildung 6 sind die Ergebnisse dargestellt. Die beiden am häufigsten isolierten Pilze *F. culmorum* und *F. moniliforme* und außerdem noch *F. equiseti* traten in den drei Entnahmestellen fast gleich zahlreich auf. Von *F. oxysporum*, *Trichoderma* spp. und *A. bolleyi*, die in erster Linie als Wurzelbewohner bekannt sind, war der größte Prozentsatz aus der Stengelbasis erhalten worden. Umgekehrt verhielten sich *F. avenaceum*, *F. graminearum* und *A. atra*. Alle drei Arten traten "oberirdisch" häufiger auf.

C. Anteil der selten zu isolierenden Pilze am Pilzspektrum

Außer den besprochenen Pilzen traten noch weitere auf, deren Anteil am Gesamtspektrum gering war. Sie sind in der Tabelle 7 angegeben. Aus den Zahlen ist ersichtlich, daß auch jährliche und regionale Unterschiede zu beobachten waren. So wurden *F. avenaceum* 1971 und 1972, *F. oxysporum* 1970 und 1972 und *Paecilomyces* spp. und *Trichoderma* spp. 1973 häufig isoliert. In der Rheinebene trat *F. avenaceum* besonders wenig auf. Häufiger waren hier *F. oxysporum* und vor allen Dingen *Paecilomyces* spp. - Andere Pilze wurden noch seltener gefunden. Es handelte sich hierbei um folgende Arten bzw. Gattungen:

Alternaria spp.
Botryotrichum piluliferum
Bipolaris sorokiniana
Cladosporium spp.
Colletotrichum graminicola
Drechslera spp.
Epicoccum purpurascens
Fusarium poae
Fusarium solani
Fusarium sporotrichioides
Mucor spp.
Penicillium spp.
Phoma spp.

Tabelle 7 Selten isolierte Pilze aus stengelfaulen Mais in Abhängigkeit von den Anbaugebieten und den Jahren 1969 - 1973

Entnahmejahr und Gebiet	Pilzarten					
	F. avenaceum	F. oxysporum	Fusarium spp.	Paecilomyces spp.	Trichoderma spp.	Sonstige
	(in % von den Gesamtisolationen, drei Isolationen je Stengel)					
<u>1969</u>						
Nordwesten	2,2	2,2	0,7	0,0	5,9	14,0
Württemberg	1,4	0,0	0,7	0,0	7,1	16,3
Rheinebene	0,7	4,1	3,0	10,7	3,6	19,1
Bayern	1,2	2,1	6,9	3,0	7,8	20,3
Mittelwerte	1,1	2,1	2,8	3,4	5,8	18,9
<u>1970</u>						
Nordwesten	3,8	7,7	3,5	4,1	8,7	17,0
Württemberg	0,6	5,7	2,5	1,3	2,5	13,8
Rheinebene	1,0	9,0	2,1	12,2	3,3	19,2
Bayern	0,8	5,7	3,6	0,6	5,3	17,8
Mittelwerte	1,5	7,4	2,9	5,6	3,4	17,8
<u>1971</u>						
Nordwesten	5,7	0,9	3,1	0,7	6,2	15,9
Württemberg	9,0	3,0	4,3	0,3	7,3	15,0
Rheinebene	3,0	3,3	5,1	6,1	4,6	15,0
Bayern	9,3	1,4	5,6	0,5	6,1	11,8
Mittelwerte	6,8	2,1	4,5	2,2	6,1	14,5
<u>1972</u>						
Nordwesten	10,7	3,0	3,4	4,3	6,8	23,1
Württemberg	5,0	0,0	1,7	0,0	3,3	16,7
Rheinebene	3,0	3,3	1,6	1,6	5,2	12,8
Bayern	10,5	1,6	6,3	0,8	2,5	19,9
Mittelwerte	7,3	2,2	2,6	1,7	4,4	18,1
<u>1973</u>						
Nordwesten	2,2	2,2	1,8	6,3	6,0	19,7
Württemberg	1,7	3,7	1,7	6,3	6,9	13,9
Rheinebene	1,1	7,3	1,9	13,2	6,2	17,1
Bayern	2,2	10,4	1,3	3,3	14,6	15,4
Mittelwerte	1,8	5,9	1,7	7,3	8,4	16,5
<u>Mittelwerte</u>						
Nordwesten	4,5	3,2	2,1	3,1	6,7	17,9
Württemberg	3,2	2,5	1,8	1,6	4,8	15,1
Rheinebene	1,5	5,4	2,4	8,8	4,6	16,6
Bayern	4,4	4,2	4,5	1,6	7,3	17,0
Mittelwerte	3,4	3,8	2,7	3,8	5,9	16,7

Pythium spp.

Sordaria fimicola

Von diesen trat *C. graminicola*, der in anderen Ländern als häufig vorkommender Parasit bekannt ist (MESSIAEN, LAFON und MOLOT 1959, WARREN, NICHOLSON, ULLSTRUP und SHARVELLE 1973), in einem Bestand in der Nähe von Freising in Bayern zahlreich auf. Außerdem konnte *B. sorokiniana* aus einigen Proben häufiger isoliert werden.

D. Befall einzelner Hybriden in verschiedenen Jahren und Gebieten

Bei den bisher besprochenen Ergebnissen ist die Sortenfrage unberücksichtigt geblieben. Es ist jedoch bekannt, daß die in Deutschland angebotenen Hybriden unterschiedlich stark unter Stengelfäule leiden (KRÜGER 1972 a). Vergleichbare Daten über die genaue Zusammensetzung der Pilzflora liegen jedoch nicht vor. Mehrere Hybriden wurden daher nach natürlichem Befall untersucht. Die Ergebnisse sind in der Tabelle 8 zusammengetragen. Aus den Zahlen ist folgendes ersichtlich.

1. Das Pilzspektrum war in den beiden Jahren in Kitzberg sehr unterschiedlich (Mittelwerte). Während 1971 *F. moniliforme* und *F. equiseti* zahlreicher isoliert wurden, traten 1972 *F. culmorum* und *F. avenaceum* häufig auf. *F. equiseti* und *A. bolleyi* wurden 1972 und *F. avenaceum* und *Acremonium* spp. 1971 fast überhaupt nicht isoliert. Die wenigen Zahlen sind in der Tabelle fortgelassen.
2. Im Jahre 1972 ergab sich für das Pilzspektrum des Maises in Haßloch (Südwestdeutschland) ein noch anderes Bild. *F. moniliforme*, *F. equiseti* und *F. graminearum* waren hier wesentlich zahlreicher zu isolieren als in Kitzberg desselben Jahres.
3. Die einzelnen Pilze wurden, wenn die Versuchsstationen oder Jahre einzeln betrachtet werden, aus einigen Hybriden signifikant häufiger und aus anderen seltener isoliert. Die Anzahl dieser sich signifikant heraushebenden Hybriden war nicht groß, aber bei allen Pilzarten zu beobachten. Eine Tendenz in bezug auf stärkeren Befall einer Hybride durch den einen oder anderen Pilz war aus diesen Versuchen jedoch nicht abzuleiten. So wurde z. B.

Tabelle 8 Vergleich des Pilzspektrums mehrerer Hybriden in Abhängigkeit vom Standort und den Jahren

Hybriden	Prozentualer Anteil der Pilze an den Gesamtsolationen in:													
	Kitzeberg 1971				Kitzeberg 1972				Haßloch 1972					
	F.c.	F.m.	F.e.	A.a.	F.c.	F.m.	F.a.	A.	A.a.	F.c.	F.m.	F.e.	F.g.	
Anjou 21	13,9 ^x	55,6	0,0	11,1	11,1	63,3	26,0	24,4	5,2	11,4	62,8	41,2	11,9	16,3
Brillant	60,0	83,3	18,9	6,7	24,4	61,3	20,0	29,4	13,8	26,3	57,5	35,0	26,3	0,0
Hymador	45,6	88,9	26,7	8,9	11,1	71,3	27,5	23,8	6,3	29,4	38,8	65,0	25,0	10,0
Inrafrüh	54,8	85,7	16,7	1,2	13,1	43,5	14,0	24,2	7,6	20,1	53,0	69,1	11,5	10,3
Inrakorn	33,3	76,7	6,7	12,2	22,2	53,8	24,4	33,1	3,1	20,0	53,8	41,3	17,5	15,0
Inti	26,7	86,7	4,4	7,8	26,7	58,4	17,8	18,8	12,8	20,4	59,9	60,6	30,7	14,0
Ipho 9	18,9	46,7	4,4	3,3	4,4	56,9	12,1	28,4	5,8	33,6	40,9	68,3	10,8	8,8
KC 3	38,9	86,7	12,3	18,9	7,7	61,7	13,4	26,6	17,7	22,2	49,2	50,6	23,6	8,8
Nimo	51,1	74,5	10,0	15,6	17,8	71,6	6,4	23,2	16,7	33,5	51,3	51,3	20,0	7,5
Pamo	41,3	86,7	14,5	6,7	12,2	66,4	9,5	15,2	11,3	31,8	48,8	57,5	21,3	1,3
Prior	40,0	82,2	12,2	10,0	20,0	54,4	13,8	26,9	10,0	25,0	42,5	66,3	28,8	5,0
Velox	40,0	93,4	14,5	1,1	11,1	72,5	14,4	11,3	11,9	23,8	31,5	35,5	19,2	2,7
Mittelwerte	39,2	79,6	11,3	9,6	16,3	61,4	17,8	23,5	9,7	25,6	47,6	54,9	20,4	8,3

GD 5 % zwischen

Pilzen 4,6

Pilzen x Sorten 17,2

F.c. = *Fusarium culmorum*

F.m. = *Fusarium moniliforme*

F.e. = *Fusarium equiseti*

F.a. = *Fusarium avenaceum*

F.o. = *Fusarium oxysporum*

F.g. = *Fusarium graminearum*

A.b. = *Aureobasidium bolleyi*

A.a. = *Acremonium atra*

A. = *Acremonium spp.*

a) unterstrichene Zahlen sind signifikant:

_____ häufiger isoliert

----- seltener isoliert

F. culmorum aus der Sorte 'Inti' 1971 in Kitzberg wenig, 1972 aber in Haßloch häufig isoliert. Ähnlich verhielten sich die Sorten 'Ipho 9' und 'Velox'.

E. Ausbreitung von Fusarium-Arten im Stengelinnern nach künstlicher Infektion in Abhängigkeit von den Hybriden

Parallel zu der Bestimmung des Pilzspektrums aus verschiedenen Hybriden wurde die Ausbreitung der wichtigsten Fusarium-Arten im Stengelinnern nach künstlicher Infektion verfolgt. Die Ergebnisse sind in der Tabelle 9 zusammengestellt. Hinter den Zahlen werden Symbole (++ , + , 0 , - , =) aufgeführt, die den Resistenzgrad jeder Sorte für jeden Pilz eines jeden Versuches angeben. Diese Graduierung wurde durch Subtraktion bzw. Addition des t-Wertes vom Mittelwert erreicht, um eine Aussage über die Resistenz machen zu können (KRÜGER 1975). Aus den Zahlen ist folgendes ersichtlich.

1. Generell konnte festgestellt werden, daß die Pilze in allen Jahren bei mehreren Hybriden ('Harrach 288', 'KC 3', 'Ipho 9', 'Pamo', 'Prior', 'Tombrid') das Stengelinnere relativ einheitlich befielen. Einige breiteten sich stärker aus, andere weniger. Sehr unterschiedliche Pilzausdehnungen wurden dagegen bei 'Anjou 21', 'Inrafrüh', 'Inrakorn' und 'Perdux' beobachtet.
2. In einzelnen Jahren konnte der Eindruck entstehen, daß die Fusarium-Arten die verschiedenen Hybriden ähnlich befallen. Dieses Verhalten war 1973 besonders deutlich. Im Jahre 1972 war das Gegenteil der Fall. Besonders *F. avenaceum* breitete sich wesentlich schneller im Gewebe aus und hinterließ den Eindruck, daß einige Hybriden gegenüber *F. avenaceum* anfälliger seien. In den beiden anderen Jahren war die Variabilität nicht so ausgeprägt wie 1972.

Im Jahre 1973 konnten auch einige Inzuchtlinien geprüft werden. Die Pilzausbreitung im Stengelinnern und der natürliche Befall sind in der Tabelle 10 angeführt. Die Reaktion der I-Linien war nach Infektion mit den Fusarium-Arten nicht so variabel. Das bedeutet eine relativ einheitliche Resistenz bzw. Anfälligkeit gegenüber diesen Pilzen. Variationen von mäßig widerstandsfähig bis zu anfällig wurden nie beobachtet. - Deutlicher als bei den Hybriden war aber die geringe Übereinstimmung zwischen der Ausbreitung der Pilze im Stengelinnern

Tabelle 9 Ausbreitung von Fusarium-Arten im Stengelinnern von Hybriden nach künstlicher Infektion -
Ausbreitung der Befallsfläche im Internodium (1 Internodium befallen = 10)

Hybriden	Versuchsjahre und Pilze														
	1969			1971			1972			1973					
	F.c.	F.m.	F.a.	F.c.	F.m.	F.g.	F.a.	F.c.	F.m.	F.g.	F.a.	F.c.	F.m.	F.g.	F.a.
Anjou 21	7,0=	5,1=		3,4	3,9	2,9+	2,9+	2,4++	2,8	2,3+	5,3-	3,0++	3,7	3,1	3,0
Bonita				2,6+	4,1-	3,0+	2,7+	2,5+	2,7	2,3+	3,0+	3,0++	2,9	2,7+	2,6
Brillant				3,7	4,4-	3,7	3,8-	4,0	3,3	2,5-	2,9+	3,6	3,4	3,0	3,0
Capella				3,9	4,0	4,5-	3,6	2,8++	3,4-	2,4+	4,8=	3,6	3,2	3,1	3,0
Harrach 288				3,4	3,4	4,5	4,7=	5,0=	2,7	4,1=	3,5	4,5-	3,2	3,8-	2,9
Inraexpress				3,1	2,7+	2,8+	3,1	3,1++	3,0	2,1++	2,6++	4,0	3,8-	3,2	4,2=
Inrafrüh	6,0	5,0-		3,8	3,6	3,5	3,7	2,4++	2,9	2,3+	5,1=	3,7	3,6	3,6	2,9
Inrakorn	8,0=	4,7		4,5-	3,7	4,1	4,2	3,6+	2,6+	2,6+	2,8+	4,0	3,8-	4,2=	3,4-
Ipho 9				2,7	2,6+	3,4	2,7+	2,9+	2,6+	2,4+	2,2++	3,0++	2,5++	2,3++	2,2+
KC 3				5,3=	5,4=	3,6	3,4	6,9=	3,8=	4,6=	3,0+	6,5=	5,2=	4,7=	2,8
Pamo	6,4-	5,0-		5,2	4,1	3,6	3,0+	2,8++	2,9	2,3++	4,6=	3,7	3,4	2,4+	3,1
Perdux	6,9-	5,3=		3,8	3,1+	3,6	4,5=	2,9++	3,0	2,7	2,6+	3,9-	3,9-	3,8-	2,5+
Prior	5,5	3,3++		3,4	4,5-	4,3	4,5=	2,2++	2,6+	2,1++	4,0-	3,3+	2,5++	2,6+	2,3+
Senator				3,2	3,7	3,2+	2,3++	3,9	3,0	3,2	2,7+	3,6	4,2=	3,8-	3,1
Tombrid				3,6	4,0	5,1=	3,6	10,0=	5,1=	4,7=	5,7=	6,0=	4,8=	5,0=	3,9=
Velox	4,1++	4,5		3,2	3,3	3,3	3,2	2,3++	2,8	2,2++	3,9-	3,5	3,0+	2,6+	2,7
Ø	5,8	4,3		3,5	3,6	3,8	3,4	3,9-	3,0++	3,0o	3,5-	2,9	3,8	3,3	3,2
GD 5 %	1,2	1,0		1,1	1,0	1,1	0,8	Pilze: 0,1				0,4			
								Sorten x Pilze: 0,7				0,8			

F.c. = F. culmorum
F.m. = F. moniliforme
F.g. = F. graminearum
F.a. = F. avenaceum

Symbole: ++ widerstandsfähig
+ mäßig widerstandsfähig
o mäßig anfällig
- anfällig
= sehr anfällig

Tabelle 10 Ausbreitung von Fusarium-Arten im Stengelinnern von I-Linien nach künstlicher Infektion und natürlichem Befall der Linien

I-Linien	Fusarium-Arten				Natürlicher Befall in %
	F. avenaceum	F. culmorum	F. graminearum	F. moniliforme var. subglutinans	
A	4, 2=	3, 5	4, 0=	4, 5-	25, 0
B	2, 9	3, 2	3, 3	3, 3	0, 0
C	1, 2+	1, 6+	1, 6++	1, 1++	0, 0
D	4, 1=	4, 7=	3, 4-	3, 4	0, 0
E	2, 3+	2, 7+	2, 2+	2, 9	40, 0
F	2, 5	3, 4	2, 0+	3, 1	0, 0
G	1, 7++	1, 6++	1, 7+	1, 9+	0, 0
H	2, 9	4, 2-	3, 1	4, 2-	50, 0
I	3, 1	3, 0	1, 8+	3, 4	25, 0
J	2, 2+	3, 0	2, 4	2, 8+	0, 0
K	2, 4	2, 5+	1, 8+	3, 2	45, 5
L	3, 1	3, 9-	3, 6-	3, 7	0, 0
M	5, 6=	4, 4-	4, 3-	7, 2=	11, 1
N	3, 1	4, 2	4, 1	3, 2	0, 0
O	2, 6	3, 6	2, 6	3, 0	66, 6
Mittelwerte:	2, 9	3, 3	2, 8	3, 4	

GD 5 % Vergleich: Mittelwerte Pilze: 0, 3
Pilze x Linien 1, 2

Symbole: ++ widerstandsfähig
+ mäßig widerstandsfähig
o mäßig anfällig
- anfällig
= sehr anfällig

nach künstlicher Infektion und nach natürlichem Befall. Von den 15 Linien war eine gleichgerichtete Reaktion nur bei A, C, G, J und H zu beobachten. Diese Ergebnisse bestätigen voll den geringen Wert einer künstlichen Infektion des Maises mit *Fusarium*-Arten für die Resistenzbestimmung (KRÜGER 1972b).

F. Pathogenitätsprüfungen mehrerer Pilze

Die Isolierungen hatten eine Anzahl von Arten ergeben, die wohl regelmäßig, aber nicht häufig auftraten und über deren Rolle bei der Stengelfäule wenig oder nichts bekannt war. Daher wurden trotz der bekannten Nachteile mit der Injektionsmethode (KRÜGER 1972b) Pathogenitätsprüfungen durchgeführt, denn die Ergebnisse dürften doch Anhaltspunkte darüber liefern, ob die Pilze in der Lage sind, wachsenden Mais zu besiedeln. Die Injektion erfolgte im 3. verlängerten Internodium. Die Ergebnisse sind in der Tabelle 11 wiedergegeben.

Tabelle 11 Ausbreitung (Pathogenität) verschiedener Pilze im Stengelinnern[†] des Maises in Abhängigkeit von den Sorten (Mittelwerte von 3 Blöcken je 25 Pflanzen)

Pilze	1969 Hybriden				1970 Hybriden			
	Velox	Pamo	KC 3	Mittel- werte	Velox	Pamo	KC 3	Mittel- werte
<i>A. atra</i>	1,4	1,4	2,3	1,7	1,3	1,8	3,0	2,0
<i>A. bolleyi</i>	2,9	3,0	2,8	2,9	1,9	2,4	2,9	2,4
<i>Acremonium</i> spp.	1,6	1,7	2,5	2,0	1,5	2,3	3,1	2,3
<i>F. avenaceum</i>	3,3	3,8	3,0	3,4	2,6	6,1	5,6	4,9
<i>F. culmorum</i>	4,8	5,6	5,8	5,4	3,4	6,2	8,0	5,9
<i>F. equiseti</i>	2,7	3,3	2,4	2,8	1,9	2,9	2,8	2,5
<i>F. graminearum</i>					3,8	7,0	7,3	6,0
<i>F. moniliforme</i>	4,5	4,5	4,2	4,4	2,4	5,0	3,9	3,8
<i>F. moniliforme</i> var. <i>subglutinans</i>	4,5	5,0	4,5	4,7	2,8	4,5	4,0	3,7
<i>F. oxysporum</i>	3,0	3,2	2,7	3,0				
<i>F. sporotrichoides</i>	4,0	4,8	3,9	4,2	2,5	3,7	4,1	3,4
<i>Paecilomyces</i> spp.	1,3	1,4	1,6	1,4	1,3	3,2	2,6	2,3
<i>P. terrestris</i>	2,8	2,7	2,7	2,7	1,8	2,4	2,6	2,3
Mittelwerte	2,9	3,2	3,3	3,1	2,4	3,9	4,1	3,5
GD 5 %: Sorten				0,2				0,1
Pilze				0,5				0,3
Sorten x Pilze				0,8				0,4

[†]) Ein ganzes Internodium vom Pilz besiedelt = 10, keine Ausbreitung = 0

Aus den Zahlen ist ersichtlich, daß die Fusarium-Arten *F. culmorum*, *F. moniliforme*, *F. moniliforme* var. *subglutinans*, *F. graminearum*, *F. avenaceum* und auch *F. sporotrichoides* zu den "pathogenen" Pilzen zu rechnen sind. *F. solani*, *F. oxysporum* müssen als "mäßig" und *F. equiseti* als "schwach pathogen" angesprochen werden. *A. bolleyi* und *P. terrestris* waren ähnlich "schwach pathogen". Die anderen Arten verursachten kaum eine Verfärbung des Gewebes.

In einem weiteren Versuch wurden verschiedene Isolate einiger Pilze geprüft. Die Ergebnisse sind in Tabelle 12 angeführt.

Tabelle 12 Ausbreitung (Pathogenität) verschiedener Isolate im Stengelinnern des Maises (1970). (Mittelwerte von 20 Pflanzen, Befallsgrad = 1 Internodium völlig besiedelt = 10, 0)

Pilze	Isolate										Mittelwerte	
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J		
<i>A. bolleyi</i>	3,2	3,5	2,5	3,0	3,1	3,8	2,8					3,2
<i>F. avenaceum</i>	4,8	5,9	4,8	4,9	5,2	5,7	4,9	5,4	5,1			5,3
<i>F. graminearum</i>	5,8	5,6	5,9	5,0	5,3							5,5
<i>F. equiseti</i>	3,5	3,1	3,0	3,0	4,9	2,8	2,6	2,8	3,5	4,0		3,3
<i>F. moniliforme</i>	5,0	6,1	6,3	4,4	5,6							5,4
<i>F. moniliforme</i> var. <i>subglutinans</i>	3,5	4,0	4,1	4,8	5,0	4,8	4,4	4,5	4,5	4,9		4,5
<i>F. oxysporum</i>	4,2	3,6	3,6	4,1	3,7	3,3	4,2	3,3	3,2			3,6
<i>P. terrestris</i>	3,2	2,6	3,1	2,6	2,5	2,7						2,8

Auch aus diesen Zahlen geht hervor, daß die beiden Fusarium-Arten *F. equiseti* und *F. oxysporum* nur "mäßig pathogen" waren. Einige Isolate breiteten sich etwas weiter im Gewebe aus und waren dann so "pathogen" wie die "schwach pathogenen" Isolate von *F. avenaceum* und *F. graminearum*. Allgemein war die Variation zwischen den Isolaten einer Art nicht ausgeprägt, so daß angenommen werden kann, daß jedem Pilz eine gewisse Pathogenität eigen ist.

BESPRECHUNG

Die im Verlauf von fünf Jahren durchgeführten Untersuchungen über die Wurzelfäule ergaben ein artenreiches Pilzspektrum, in dem jedoch 3 - 5 Arten dominierten. Dieses Vorherrschen einiger Pilze wurde auch in anderen Gebieten beobachtet (SEMENIUK 1944, KINGSLAND und WERNHAM 1962, WHITNEY und MORTIMORE 1961, MESSIAEN et al. 1959, DU TOIT 1968, KRÜGER 1970b), nur war die Zusammensetzung des Spektrums unterschiedlich. Ein Teil der in anderen Ländern häufig isolierten Arten (*Drechslera pedicellata* (Henry) Subram. et Jain), *D. zeae*, *R. bataticola*), wurden bei dieser Befallserhebung nicht beobachtet, oder sie bildeten keinen nennenswerten Anteil am Spektrum (*P. terrestris*, *Pythium*-Arten, *F. graminearum*). Das Auftreten der Pilze änderte sich im Verlauf der Vegetationsperiode. Wie weit die zu Beginn des Wachstums isolierten Pilze als "Schrittmacher" für die später auftretenden anzusehen sind, kann noch nicht entschieden werden. So sind auch aus den Wurzeln zwei Pilze isoliert worden, über deren Pathogenität wenig bekannt ist: *F. oxysporum* und *A. bolleyi*. *F. oxysporum* ist bereits früher von Mais isoliert worden (WHITNEY und MORTIMORE 1961, KRÜGER 1970b), aber Pathogenitätsnachweise wurden m.W. nicht erbracht. In eigenen, vor einer Reihe von Jahren in Südafrika mit den dortigen Isolaten durchgeführten Versuchen, die nicht veröffentlicht wurden, fand unter sterilen und semi-sterilen Bedingungen ein Befall der Maiswurzeln statt. Welche Rolle *A. bolleyi* bei der Wurzelfäule des Maises spielt, war zur Zeit der Untersuchungen offen. In vielen Proben wurde dieser Pilz ohne Begleitung eines anderen Pilzes isoliert. Wie aus Besprechungen mit Kollegen während der Tagung über "Pathological factors of the monoculture of cereals" (in Wepion/Belgien, 1975) erfahren wurde, wird dieser Pilz auch aus Getreidewurzeln häufiger isoliert und nach amerikanischen Angaben als Parasit betrachtet (DICKSON 1956). Die Verbreitung scheint weiter zu sein, als ursprünglich angenommen wurde. Seine Rolle als möglicher Wurzelparasit ist daher und auf Grund neuerer Ergebnisse mehr in den Vordergrund getreten.

Geographisch waren auch Unterschiede in der Isolationshäufigkeit der Pilze vorhanden, aber alle Pilze konnten in allen Gebieten und in jedem Jahr isoliert werden. Die Ursachen der Variationen werden sehr wahrscheinlich in der herrschenden Witterung begründet sein, denn ein Einfluß der Bodenarten war überhaupt nicht und ein solcher des pH-Wertes kaum festzustellen.

Das Pilzspektrum der Stengelfäule enthielt weniger Arten als das der Wurzelfäule, von denen vier vorherrschten. In anderen Maisanbaugebieten der Welt (LEONARD und THOMPSON 1969, KRÜGER 1970 a, KOMMEDAHL, WINDELS und JOHNSON 1974, AYERS, NELSON und KRAUSE 1972, DE VAY, CONVEY und NAIR 1957, KOEHLER 1960) dominierten ebenfalls einige wenige.

Das in Deutschland gefundene Artenspektrum war dem in den "klassischen" Maisanbaugebieten nicht ähnlich. Die Pilze *D. zea*, *Phaeocystostroma ambiguum* (Mont.) Petrak, *R. baticola*, *Nigrospora oryzae* (Berk. et Br.) Petch. und *C. graminicola* wurden nicht oder sehr selten isoliert. - Auch bei der Stengelfäule traten die Pilze jährlich oder geographisch unterschiedlich auf. Ähnliche Unterschiede waren in Frankreich vorhanden, wo *F. graminearum* im Süden, *F. culmorum* im Norden vorherrschend gefunden wurden (MESSIAEN et al. 1959). Es bleibt abzuwarten, inwieweit diese Unterschiede charakteristisch sind, denn von Jahr zu Jahr kommen bekanntlich Variationen vor (KRÜGER 1970 a, AYERS, NELSON und KRAUSE 1972), so daß immer mit einem Wechsel zu rechnen sein wird.

Werden Ergebnisse einer von RINTELEN (1967) auf engem Raum in Süddeutschland durchgeführten Befallsanalyse mit den vorliegenden verglichen, dann müssen sie erweitert werden. So waren besonders die Anteile von *A. bolleyi* und *F. moniliforme* var. *subglutinans* in den Wurzeln größer. Aus den Stengeln wurden jedoch weniger *F. avenaceum*, aber mehr *F. graminearum* und *F. moniliforme* isoliert.

Die Beobachtungen über das anteilmäßige Auftreten der Pilze in den verschiedenen Stengelabschnitten machte deutlich, daß einige Pilze bevorzugt "unterirdisch" an der Stengelbasis, andere dagegen "oberirdisch" in die Pflanze eindringen. Dieser Unterschied wurde auch durch die Analyse des Pilzspektrums der Wurzeln bestätigt. Die aus Wurzeln häufig isolierten Pilze waren auch bevorzugt in der Stengelbasis vorhanden (*F. oxysporum*, *A. bolleyi*). Dieser Befund konnte in anderen Ländern mit den Pilzen *D. zea*, *P. ambiguum*, *P. terrestris*, *Trichoderma* spp., *B. sorokiniana*, *D. pedicellata* und *F. graminearum* ebenfalls beobachtet werden (KOEHLER 1960, KRÜGER 1970 a). Von den genannten Pilzen wurden bei den hier besprochenen Untersuchungen nur *F. graminearum* und *Trichoderma* spp. häufig isoliert. Die bevorzugten Eintrittsstellen

waren, wie in den anderen Gebieten, ober- bzw. unterirdisch. Die Ergebnisse in bezug auf *F. moniliforme* und *F. oxysporum* erbrachten unterschiedliche Aussagen. Während die in Südafrika (KRÜGER 1970 a) mit denen in der Bundesrepublik Deutschland übereinstimmten, isolierte KOEHLER (1960) in den USA den Pilz *F. moniliforme* häufiger aus dem unterirdischen Stengelteil. *F. oxysporum* wurde dagegen in Südafrika geringfügig zahlreicher am oberirdischen Stengelteil gefunden. Allgemein konnte somit aus diesen Ergebnissen der weit auseinander liegenden Gebiete gefolgert werden, daß, mit wenigen Ausnahmen, die Pilze bestimmte Eintrittsstellen haben. - Für die Züchter war besonders die Erkenntnis wichtig, daß es nicht notwendig ist, bei der Entwicklung resistenter Hybriden regionale Unterschiede zu berücksichtigen, weil in allen Anbaugebieten dieselben Pilze vorhanden waren.

Beachtenswert war, daß mehrere Hybriden auch an einem Standort ein unterschiedliches Pilzspektrum hatten. Diese Variation war aber von Jahr zu Jahr und Gebiet zu Gebiet verschieden, so daß keine Hybride als besonders anfällig für eine Pilzart erkannt werden konnte. Unterstützt wurden die Folgerungen durch die Ergebnisse der künstlichen Infektion mit verschiedenen *Fusarium*-Arten. Die Ausbreitung der *Fusarium*-Arten im Stengelinnern, die nicht dem Fäulegrad unter natürlichen Bedingungen entsprechen muß (KRÜGER 1972 b), variierte ebenfalls von Jahr zu Jahr. Allgemein wiesen die *Fusarium*-Arten bei einer Hybride in einem Prüfungsjahr gleiche Ausbreitungstendenz auf, die aber im folgenden Jahr völlig anders sein konnte. Bei den I-Linien war die Pilzausbreitung wesentlich gleichmäßiger, so daß angenommen werden konnte, daß die *Fusarium*-Arten auf eine Abwehrreaktion der Pflanzen ähnlich reagierten.

Faktoren, die den Befall der Sorten durch verschiedene Pilze beeinflussen oder die unterschiedliche Pilzausbreitung im Gewebe bewirken, sind schon wiederholt erkannt worden (WYSONG und HOOKER 1966, PAPPELIS und KATSANOS 1969, LITTLEFIELD und WILCOXSON 1962, CLONINGER 1970, WHITNEY und MORTIMORE 1959, BEMILLER et al. 1969). Die Ergebnisse reichten aber nicht aus, um die Variabilität ursächlich zu klären. Für den Phytopathologen ist die Erkenntnis aber wichtig, daß das Pilzspektrum (hauptsächlich *Fusarium* spp.) bei befallenen Hybriden unterschiedlich sein kann und

jährlichen Variationen unterworfen ist. Eine künstliche Infektion, besonders im Hinblick auf die Resistenzzüchtung, hilft hier auch nicht weiter, weil ähnliche Schwankungen zu beobachten waren. Außerdem stimmte die Ausbreitung der in Deutschland auftretenden *Fusarium*-Arten im Stengelinnern mit dem allgemeinen Befallsniveau der Hybriden im Freiland nicht überein (KRÜGER 1972b, 1973). Die relativ günstigen Ergebnisse nach künstlicher Infektion mit *D. zeae* und *Gibberella zeae* (Schw.) Petch. (stat. con. *F. graminearum*) (SMITH und HOLBERT 1932, SMITH, HOPPE und HOLBERT 1938, HOOKER 1956, IKENBERRY 1967, KOEHLER 1960) konnten für *F. moniliforme* und *F. culmorum* nicht bestätigt werden. Es wird daher vorerst dabei bleiben müssen, die Anfälligkeit der Hybriden auf Stengelfäule im Spätherbst nach natürlichem Befall zu beurteilen.

Da mehrere Pilze isoliert wurden, deren Schädlichkeit nicht eindeutig geklärt war, wurden Pathogenitätsprüfungen durchgeführt, die eine unterschiedliche Ausbreitung im Stengelgewebe ergaben. Es ist daher damit zu rechnen, daß auch die etwas seltener isolierten Pilze an der Ausbreitung der Stengelfäule beteiligt sind. - Verschiedene Isolate einer Art besiedelten das Stengelgewebe relativ gleichmäßig. Für jede Art kann daher ein spezifischer "Pathogenitätsgrad" angenommen werden.

ZUSAMMENFASSUNG

In den Jahren 1969 - 1973 wurden in den Maisanbaugebieten der Bundesrepublik Deutschland im Juni und im September Bestände auf Wurzel- und im September auch auf Stengelfäule untersucht und Pilze isoliert, um festzustellen, ob diese jährlich und geographisch unterschiedlich in den Maisanbaugebieten (Nord- und Nordwestdeutschland, Rheinebene, Bayern und Württemberg) auftreten.

Der Fäulegrad der Wurzeln war im Juni niedrig, im September jedoch hoch. Jährliche und geographische Unterschiede traten auf. Mais der Rheinebene hatte im September den stärksten Befall.

Am Parasitenspektrum der Wurzeln waren hauptsächlich sechs Arten beteiligt. Bei der Juni-Isolation betrug der Anteil am Spektrum für die wichtigsten Pilze: *Aureobasidium bolleyi* (Sprague) v. Arx = 21,5 %, *Fusarium oxysporum* (Schl.) emend. Snyder u. Hansen = 21,0 %, *Fusarium moniliformae* var. *subglutinans*

Wr. et Rg. = 17,5 %, *Trichoderma* spp. = 17,0 %, *Fusarium culmorum* (W.G. Smith) Sacc. = 12,0 % und *Fusarium equiseti* (Cda.) Sacc. = 7,5 %. Die meisten Pilze wurden im Juni und September unterschiedlich häufig isoliert. Die größten Differenzen konnten bei *Trichoderma* spp., *A. bolleyi* und *F. culmorum* beobachtet werden. Im Herbst waren die entsprechenden Werte: 45,0 %, 15,0 %, 12,5 %, 6,0 %, 21,0 % bzw. 6,0 %. - *A. bolleyi* und *Trichoderma* spp. wurden in allen Gebieten im Juni bzw. im September signifikant am häufigsten isoliert. - In den meisten Fällen variierte in den Gebieten das Auftreten der häufig isolierten Pilze bei der September-Befallserhebung. Im Juni war die Verteilung gleichmäßig und nur bei der Hälfte der Pilze unterschiedlich. - Hervorgehoben werden muß ferner, daß *F. oxysporum* und *F. moniliforme* var. *subglutinans* im September besonders in der Rheinebene auftraten, während *A. bolleyi* dort weniger zu finden war. - Jährliche Variationen ließen sich auch bei diesen Pilzen beobachten, aber das häufige oder seltene Auftreten in dem einen oder anderen Gebiet blieb erhalten.

Das Pilzspektrum des stengelfaulen Maises war in der Gesamtheit etwas artenärmer, aber die Anzahl der häufiger isolierten Pilze blieb ähnlich. *F. culmorum* (41 %), *Fusarium moniliforme* Sheldon (19 %), *F. graminearum* Schwabe (12,5 %), *Acremonium atra* (Cda.) Sacc. (11 %), *F. equiseti* (10 %), *A. bolleyi* (7 %) und *Acremonium strictum* Gams und *Acremonium* spp. (6 %) herrschten vor.

In der Rheinebene wurden *F. moniliforme* und *F. graminearum* häufiger, *A. bolleyi* dagegen weniger isoliert als in anderen Gebieten. Jährliche Variationen waren vorhanden, jedoch ließen sich hierdurch die geographischen Einflüsse nicht überdecken. Die Pilze *F. culmorum*, *F. graminearum* und *F. equiseti* fluktuierten während der fünf Versuchsjahre am stärksten. *F. moniliforme* trat am gleichmäßigsten auf.

Durch Isolation der Pilze an der Basis, der Höhe der Erdoberfläche und in 30 cm Höhe davon, konnte festgestellt werden, daß einige Pilze bevorzugt aus dem unteren, andere aus dem oberirdischen Stengelteil zu isolieren waren. Es ließen sich somit Rückschlüsse auf die jeweilige bevorzugte Eintrittsstelle ziehen. Während *F. oxysporum*, *A. bolleyi* und *Trichoderma* spp. hauptsächlich aus der Stengelbasis isoliert wurden, traten *F. graminearum*, *F. ave-*

naceum und *A. atra* oberirdisch zahlreicher auf. Die anderen Pilze waren gleichmäßig an den drei Isolationsstellen zu finden.

Von Hybriden eines Standortes ließen sich Pilze unterschiedlich häufig isolieren. Sortenunterschiede konnten aber regional und jährlich nicht reproduziert werden. Eine Bevorzugung einiger Hybriden durch bestimmte Pilze war somit nicht zu erkennen. Ähnlich variabel reagierten die Hybriden nach Injektionen mit verschiedenen *Fusarium*-Arten. Einer bestimmten Pilzausbreitung im Stengelinnern in einem Jahr folgte eine intensivere oder geringere im folgenden. - Die verschiedenen *Fusarium*-Arten (*F. culmorum*, *F. moniliforme*, *F. graminearum* und *F. avenaceum*) breiteten sich im Gewebe der getesteten Hybriden allgemein ähnlich aus, aber einige Ausnahmen waren vorhanden. Einheitlicher reagierten Inzucht-Linien, wie es auch auf Grund ihrer genetischen Einförmigkeit zu erwarten war. - Die Pilzausbreitung im Stengelinnern ließ sich jedoch nicht als Kriterium für eine Resistenzbestimmung verwenden, weil die Ergebnisse mit den Feldbeobachtungen nicht übereinstimmten. Nach künstlicher Infektion als resistent eingestufte Hybriden erwiesen sich im Freiland als hoch anfällig und umgekehrt.

Pathogenitätsprüfungen ergaben, daß die regelmäßig, aber nicht häufig isolierten Pilze (*F. equiseti*, *F. oxysporum*, *F. solani*, *A. bolleyi* und *P. terrestris*) als mäßig bis schwach pathogen in bezug auf die Stengelfäule einzugruppiert sind. *A. atra* und *Paecilomyces* spp. breiteten sich kaum im Gewebe aus. Die verschiedenen Isolate einiger Arten besiedelten das Stengelinnere relativ einheitlich.

Für die technische Hilfe sei den Assistentinnen Frau HARTMANN, Frau LEVECKE und Frau SCHIER auch an dieser Stelle recht herzlich gedankt.

The occurrence of root and stalk rot of maize in the Federal Republic of Germany 1969 - 1973

SUMMARY

During the years 1969 to 1973 maize fields in the main maize growing districts were analysed in June and September for root rot and in September also for stalk rot. It was the aim to determine the fungi present in diseased plants with respect to their geographical and yearly occurrence in the main districts of northwest Germany, the Rhine valley, Bavaria and Württemberg.

The degree of root rot was slight in June, but severe in September. Yearly and geographical differences were noticed. Maize of the Rhine valley was infected most in September.

The infection of the roots was mainly caused by six fungus species. The share of the fungi in the fungus spectrum present at the June-isolation was: *Aureobasidium bolleyi* (Sprague) v. Arx = 21,5 %, *Fusarium oxysporum* (Schl.) emend. Snyder u. Hansen = 21 %, *Fusarium moniliforme* var. *subglutinans* Wr. et Rg. = 17,5 %, *Trichoderma* spp. = 17 %, *Fusarium culmorum* (W.G. Smith) Sacc. = 12 % and *Fusarium equiseti* (Cda.) Sacc. = 7,5 %. Generally the share of the main fungi isolated in June was different from that in September. The most pronounced differences were noticed with *Trichoderma* spp., *A. bolleyi* and *F. culmorum*. The corresponding values of the isolations in September were: 45 %, 15 %, 12,5 %, 6 %, 21 % resp. 6 %. - *A. bolleyi* and *Trichoderma* spp. were isolated significantly more frequently in June respectively in September. - In most cases the occurrence of the above mentioned fungi differed between the districts when the isolation was carried out in September. This was only the case with half the fungi during the June-isolation. It may furthermore be emphasized, that *F. oxysporum* and *F. moniliforme* var. *subglutinans* mainly occurred in the Rhine valley in September, whilst *A. bolleyi* was found least there during that period. - Yearly variations could be noticed with these fungi as well, but the frequent or slight occurrence in one or the other district remained visible.

The fungus spectrum of stalk rotten maize was slightly less rich in fungus varieties, but the number of fungi mainly isolated remained similar. *F. culmorum* (41 %), *F. moniliforme* Sheldon (19 %), *F. graminearum* Schwabe (12,5 %), *Acremonium atra* (Cda.) Sacc. (11 %), *F. equiseti* (10 %), *A. bolleyi* (7 %) and *Acremonium strictum* Gams and *Acremonium* spp. (6 %) dominated.

F. moniliforme and *F. graminearum* were isolated more frequently in the Rhine valley. In the same district *A. bolleyi* was least present. Yearly variations were to be noticed, but the influence of the geographical position could not be smoothed completely. *F. culmorum*, *F. graminearum* and *F. equiseti* fluctuated most during the five years observations. On the other hand *F. moniliforme* occurred at a fairly even level.

The isolation of the fungi from the basis of the stalks, the soil surface level and 30 cm above soil level resulted in fungi to be isolated preferably from the lower, other from the above soil surface part. Conclusions may thus be drawn about the place of entrance into the stalk. Whilst *F. oxysporum*, *A. bolleyi* and *Trichoderma* spp. were isolated mainly from the basis of the stalks, *F. graminearum*, *F. avenaceum* and *A. atra* occurred more numerous on the stalks 30 cm above soil level. The other fungi were to be found on all parts at about equal shares.

An analysis of various infected hybrids growing on one field revealed that the fungi were isolated at various quantities from the cultivars. The results could, however, not reproduced regionally and seasonally. A preference of some hybrids by some fungus species could not be proved. The hybrids reacted similar variable after an injection with various *Fusarium* species into the internodes. A certain spreading of the fungi in the stalks in one year was followed, however, by an intensive or extensive growth in the next year. - Generally the various *Fusarium* species (*F. culmorum*, *F. moniliforme*, *F. graminearum* and *F. avenaceum*) spread similar in the internodes of various hybrid cultivars, but some exceptions were present. The inbred lines reacted more steady. The reason may be looked for in the uniformity. - The spreading of the mycelium in the internodes may, however, not be used as criterium to determine the resistance of the cultivars, because the results did not correspond with the infection in the field. Hybrids cultivars classified as resistant after injection proved highly susceptible in the field and vice versa.

Pathogenicity tests with fungi isolated regularly but not numerous from maize stalks revealed that *F. equiseti*, *F. oxysporum*, *F. solani*, *A. bolleyi* and *P. terrestris* were moderate to weak pathogens, whilst *A. atra* and *Paecilomyces* spp. have to be regarded as saprophytes. Various isolates of some species tested did not vary much in colonizing stalk tissue.

LITERATURVERZEICHNIS

- AYERS, J.E., P.E. NELSON and R.A. KRAUSE: Fungi associated with corn stalk rot in Pennsylvania in 1970 and 1971.
Plant Dis. Repr. 56. 1972, 836-839.
- BARNES, J.M.: Investigation on stalk rot of corn caused by *Gibberella zeae*.
Part I. A comparison of two methods of evaluating the severity of stalk rot in several corn varieties.
II. Aspects of the biochemical nature of stalk rot resistance.
Diss. Cornell Univ. 1960, Abstr. Rev. appl. Mycol. 40. 1961, 677-678.
- BEMILLER, J.N., D.O. TEGTMEIER and A.J. PAPPELIS: Effect of phenolics and indole-3-acetic acid on production and activity of cellolytic and pectolytic enzymes of *Diplodia zeae*.
Phytopathology 58. 1969, 674-676.
- BÖNING, K. und F. WALLNER: Welke, Fußkrankheit und andere Schädigungen an Mais durch *Colletotrichum graminicolum* (Ces.) Wilson.
Phytopathol. Z. 9. 1936, 99-110.
- CHRISTENSEN, J.J. and R.D. WILCOXSON: Stalk rot of corn.
Amer. Phytopath. Soc., Monograph No. 3. 1-59.
- CLONINGER, F.D., M.S. ZUBER, O.H. CALVERT and P.J. LOESCH:
Methods of evaluating stalk quality in corn.
Phytopathology 60. 1970, 295-300.
- DE VAY, J.E., R.P. COVEY and P.N. NAIR: Corn diseases and their importance in Minnesota in 1956.
Plant Dis. Repr. 41. 1957, 505-507.
- DICKSON, J.G.: Diseases of field crops. 2. Ed.
New York, Toronto, London: McGraw-Hill Book Company 1956. 517 pp.
- DU TOIT, J.J.: Root rot of young maize plants - the causal fungi.
S. Afr. J. agric. Sci. 11. 1968, 595-604.
- HOOKE, A.L.: Association of resistance to several seedling, root, stalk, and ear diseases in corn.
Phytopathology 46. 1956, 379-384.
- IKENBERRY, R.W. and D.C. FOLEY: Cellulase activity in corn stalks, infected with *Fusarium moniliforme* Sheid. and its relation to stalk rot.
Iowa St. J. Sci. 42. 1967, 47-61.
- KINGSLAND, G.C. and C.C. WERNHAM: Etiology of stalk rots of corn in Pennsylvania.
Phytopathology 52. 1962, 519-523.
- KOEHLER, B.: Cornstalk rots in Illinois.
Univ. Ill. Agr. Exp. Sta. Bull. 658. 1960, 90 pp.
- KOMMEDAHL, T., C.E. WINDELS and H.G. JOHNSON: Corn stalk rot survey methods and results in Minnesota in 1973.
Plant Dis. Repr. 58. 1974, 363-366.

- KRÜGER, W.: Wurzel- und Stammfäule bei Mais. I. Stammfäule verursachende Organismen im "Mais-Dreieck" Südafrikas.
Phytopathol. Z. 67. 1970a, 259-270.
- KRÜGER, W.: Wurzel- und Stammfäule bei Mais. II. Wurzelfäule verursachende Organismen im "Mais-Dreieck" Südafrikas.
Phytopathol. Z. 67. 1970b, 345-351.
- KRÜGER, W.: Untersuchungen über die Anfälligkeit von Maissorten gegen die Stammfäule und den Beulenbrand, verursacht durch Fusarium-Arten bzw. Ustilago maydis.
Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd. (Braunschweig) 24. 1972a, 145-151.
- KRÜGER, W.: Die Prüfung des Maises auf Resistenz gegen Stammfäuleerreger.
Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd. (Braunschweig) 24. 1972b, 120-122.
- KRÜGER, W.: Maiskrankheiten. Eine Broschüre für den Berater und Praktiker.
Hannover: Saaten Union 1973. 84 S.
- KRÜGER, W. und N. WEILER: Über die Anfälligkeit der Maishybriden gegen die Wurzelfäule.
Z. Acker- und Pflanzenbau 141. 1975, 205-211.
- LEONARD, K.J. and D.L. THOMPSON: Corn stalk rot fungi in North Carolina.
Plant Dis Repr. 53. 1969, 718-720.
- LITTLEFIELD, L.J. and R.D. WILCOXSON: Studies on necrotic lesions in corn stalks.
Amer. J. Bot. 49. 1962, 1071-1078.
- LIVINGSTONE, J.E.: Charcoal rot of corn and sorghum.
Neb. Agr. Exp. Sta. Res. Bull. 136. 1945, 32 pp.
- MESSIAEN, C.M., R. LAFON et P. MOLOT: Nécroses de racines, pourritures de tiges et verse parasitaire du maïs.
Ann. Épiphyties 4. 1959, 441-474.
- PAPPELIS, A.J. and R.A. KATSANOS: Ear removal and cell death rate in corn stalk tissue.
Phytopathology 59. 1969, 129-131.
- RINTELEN, J.: Untersuchungen zur Fusarium-Stengelfäule an reifenden Maispflanzen in Süddeutschland.
Phytopathol. Z. 60. 1967, 141-168.
- SEMENIUK, G.: Development of Diplodia zeae and Gibberella saubinetii in maize pith following stalk inoculations.
Phytopathology 31. 1941, 20.
- SEMENIUK, G.: Seedling infection of dent maize by Sclerotium bataticola Taub.
Phytopathology 34. 1944, 838-843.

- SMITH, A.L. and J.R. HOLBERT: Cornstalk rot and ear rot. *Phytopathology* 21. 1938, 129.
- SMITH, A.L., P.E. HOPPE and J.R. HOLBERT: Development of a differential inoculation technique for *Diplodia* stalk rot of corn. *Phytopathology* 28. 1938, 497-504.
- WARREN, H.L., R.L. NICHOLSON, A.J. ULLSTRUP and E.G. SHAREVELLE: Observations of *Colletotrichum graminicola* on sweet corn in Indiana. *Plant Dis. Repr.* 57. 1973, 143-144.
- WHITNEY, N.J. and C.G. MORTIMORE: Isolation of the antifungal substance, 6-Methoxybenzoxazolione, from field corn (*Zea mays* L.) in Canada. *Nature* 184. 1959, 1320.
- WHITNEY, N.J. and C.G. MORTIMORE: Root and stalk rot of field corn in southwestern Ontario. II. Development of the disease and isolation of the organisms. *Canad. J. Plant Sci.* 4. 1961, 854-861.
- WYSONG, D.S. and A.L. HOOKER: Relation of soluble solids content and pith condition to *Diplodia* stalk rot in corn hybrids. *Phytopathology* 56. 1966, 26-35.