

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

Heft 207

Februar 1982



**Resistenzzüchtung gegen
Pseudocercospora herpotrichoides
und Gaeumannomyces graminis
beim Weizen**

Von

Dipl.-Ing. agr. Manfred Heun

Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung
Universität Göttingen

und

Dr. Horst Mielke

Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft
Institut für Pflanzenschutz in Ackerbau und Grünland,
Außenstelle Kitzberg

Berlin 1982

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 3-489-20700-9

CIP-Kurztitelaufnahme der Deutschen Bibliothek

Heun, Manfred:

Resistenzzüchtung gegen *Pseudocercospora herpotrichoides* und *Gaeumannomyces graminis* beim Weizen / von Manfred Heun u. Horst Mielke. Hrsg. von d. Biolog. Bundesanst. für Land- u. Forstwirtschaft Berlin-Dahlem. – Berlin; Hamburg: Parey [in Komm.], 1982.

(Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin-Dahlem; H. 207)

ISBN 3-489-20700-9

NE: Mielke, Horst.; Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft <Berlin, West; Braunschweig>

Mitteilungen aus der . . .

© Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft

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.

1982 Kommissionsverlag Paul Parey, Berlin und Hamburg, Lindenstraße 44–47, D-1000 Berlin 61, Printed in Germany by Arno Brynda GmbH, 1000 Berlin 62.

<u>Inhaltsverzeichnis</u>		<u>Seite</u>
1	Einleitung und Problemstellung	5
2	<i>Pseudocercospora herpotrichoides</i>	5
2.1	Name und Wirtsspezialisierung	5
2.2	Infektion und Schäden durch <i>Pseudocercospora herpotrichoides</i>	6
2.3	Methoden der künstlichen Infektion und Resistenzbeurteilung	10
2.4	Ausgangsmaterial für die Weizenzüchtung	12
2.4.1	Toleranzunterschiede bei Weizensorten	13
2.4.1.1	Zur Parallelität von natürlicher Standfestigkeit und "Halmbruchresistenz"	13
2.4.1.2	Einfluß einzelner Sorteneigenschaften auf die Standfestigkeit	14
2.4.1.3	Die Bedeutung der Sorte 'Cappelle-Desprez' in der französischen, englischen und deutschen Weizenzüchtung	16
2.4.1.4	Resistenzzüchtung innerhalb der vorhandenen <i>Triticum aestivum</i> -Sorten	20
2.4.1.5	Resistenzunterschiede innerhalb der Gattung <i>Triticum</i>	21
2.4.2	Resistenzzüchtung durch Gattungsbastarde	22
2.4.2.1	Die Bedeutung von <i>Secale cereale</i>	22
2.4.2.2	Die Bedeutung der Gattung <i>Agropyron</i>	22
2.4.2.3	Die Bedeutung der Gattung <i>Aegilops</i>	23
2.4.2.3.1	Die Bedeutung von VPM 1 als Resistenzvererber	24
2.4.2.3.2	Neuere Möglichkeiten zur Ausnutzung der <i>Aegilops ventricosa</i> -Resistenz	26
3	<i>Gaeumannomyces graminis</i>	29
3.1	Name und Wirtsspezialisierung	29
3.2	Infektion und Schäden durch <i>Gaeumannomyces graminis</i> an Weizen	30
3.3	Methoden der künstlichen Infektion und Resistenzbeurteilung	30

	<u>Seite</u>	
3.4	Suche nach geeigneten Resistenzvererbern für die Weizenzüchtung	30
3.4.1	Resistenzunterschiede innerhalb der Art <i>Triticum aestivum</i>	33
3.4.2	Resistenzunterschiede innerhalb der Gattung <i>Triticum</i>	35
3.4.3	Resistenzzüchtung durch Gattungsbastarde	36
3.4.3.1	Die Bedeutung von <i>Secale cereale</i>	36
3.4.3.2	Die Bedeutung der Gattung <i>Aegilops</i>	38
3.4.3.3	Die Bedeutung von <i>Haynaldia villosa</i>	38
3.4.3.4	Die Bedeutung der Gattung <i>Agropyron</i>	39
4	Zusammenfassung	40
5	Summary	41
6	Literatur	42-50

Das Thema wurde im Rahmen einer Diplomarbeit von M. Heun bearbeitet (1979) und von H. Mielke aktualisiert und überarbeitet.

1 Einleitung und Problemstellung

Der Getreidebau hat in den letzten Jahren in der Bundesrepublik Deutschland erheblich zugenommen. Nach Angaben der statistischen Monatsberichte vom BML (Bonn 6/1978, S. 343-344) werden über 70 % der Ackerfläche mit Getreide bestellt. Aufgrund der dadurch bedingten einseitigen Fruchtfolgen besteht die Gefahr, daß die beiden bekannten Fußkrankheiten des Weizens und der Gerste, die Halmbruchkrankheit (*Pseudocercospora herpotrichoides* (Fron) Deighton und die Schwarzbeinigkeit (*Gaeumannomyces graminis* (Sacc.) Arx et Olivier) verstärkt auftreten können.

Der Schaden, der durch die Halmbruchkrankheit entsteht, kann über 30 % der möglichen Ernte betragen. Heute ist die Halmbruchkrankheit mit MCB-Fungiziden bekämpfbar. Um aber die Kosten der chemischen Bekämpfung zu reduzieren, wäre es wünschenswert, wenn die Getreidezüchter tolerante oder resistente Weizensorten zur Verfügung stellen könnten.

Die Schwarzbeinigkeit gilt aufgrund ihres großen Wirtspflanzenkreises als die gefährlichste Fußkrankheit des Weizens. Wegen der Erfolglosigkeit, sie mit Fungiziden zu bekämpfen, erlangte diese Krankheit im intensiven Getreidebau eine große wirtschaftliche Bedeutung. Die Ertragsverluste durch *G. graminis* können über 40 % betragen. Die Frage nach Resistenz, Toleranz und Anfälligkeit der im Anbau befindlichen Weizensorten wird immer aktuell bleiben.

In der vorliegenden Arbeit soll untersucht werden, welche Voraussetzungen und Möglichkeiten für eine Resistenzzüchtung gegen die Halmbruchkrankheit und die Schwarzbeinigkeit des Weizens gegeben sind.

2 *Pseudocercospora herpotrichoides*

2.1 Name und Wirtsspezialisierung

Der Pilz *Cercospora herpotrichoides* wurde erstmals von Fron 1912 beschrieben (zit. nach LANGE-DE LA CAMP 1966a). Aufgrund von morphologischen Merkmalen ist der Erreger der Halmbruch-

krankheit durch Deighton (1973) in *Pseudocercospora herpotrichoides* (Fron) Deighton umbenannt worden.

In den 60er Jahren konnte LANGE-DE LA CAMP (1966b) eine wirtsbedingte Differenzierung des Krankheitserregers feststellen. Die Autorin unterschied aufgrund unterschiedlicher Aggressivität einen Weizen- und einen Roggentyp, SCOTT, HOLLINS und MUIR (1975) bestätigten diese Wirtsspezialisierung. Weizentyp-Isolate sind die gewöhnlichen Isolate, die Weizen am stärksten, Gerste mittel, Roggen wenig und Hafer überhaupt nicht befallen können. Roggentyp-Isolate sind in der Lage, neben Roggen auch bestimmte *Aegilops squarrosa*-Linien (z.B. Linie 9) mehr zu schädigen als es weizentyp-Isolate vermögen (Ann. Report 1976).

Um einen Zusammenbruch der durch *Aegilops ventricosa* erreichten Widerstandsfähigkeit (vgl. 2.4.2.3.2) zu verhindern, sind ständige Kontrollen der Resistenzvererber und eine Erschließung weiterer Resistenzquellen angebracht. Bisläng konnte an *A. ventricosa* noch keine Befallszunahme festgestellt werden.

2.2 Infektion und Schäden durch *Pseudocercospora herpotrichoides*

Als Inokulum für *P. herpotrichoides* dienen befallene Getreidestoppeln, von denen aus sich der Pilz bei Regen über Sporen ausbreiten kann. Eine feuchtkühle Witterung ist für die Sporulation und Infektion optimal; der günstigste Temperaturbereich wird unterschiedlich beurteilt. Während BOCKMANN und MIELKE (1975) 4-8 °C als optimal ansehen, geben SCHROEDTER und FEHRMANN (1971) 4-13 °C an. Der Eindringungsmechanismus von *P. herpotrichoides* in die Wirtszellen mit Hilfe einer Infektionshyphse wird von FEHRMANN und MENDGEN (1975), DEFOSSE und DEKEGEL (1974) sowie von DEFOSSE (1971) beschrieben. Enzyme, die aus der Gruppe der Cellulasen und Pektinasen stammen, lösen bei diesem Vorgang die Zellwände auf (HÄNSSLER 1973). Bei den Pflanzen können Abwehrreaktionen auftreten, wie z.B. die Bildung einer "Papille", einer osmophilen, der Zellwand aufgelagerten Substanz, und von "Barrieren", die lamellenartig um die Hyphen gelagert sind (FEHRMANN und MENDGEN 1975); beide Erscheinungen sind vermutlich Ursachen für den unterschiedlichen Befall der Getreidearten.

Durch *P. herpotrichoides* werden folgende Schäden hervorgerufen:

1. Parasitäre Auswinterung ganzer Pflanzen und späteres Absterben von Nebentrieben vor dem Ährenschieben sowie Herabsetzung der Bestandesdichte (BOCKMANN und MIELKE 1975, LANGE-DE LA CAMP 1960 und 1966a, SCOTT und HOLLINS 1974).
2. Halmvermorschung und Behinderung des Wasser- und Nährstofftransportes, Notreife, Verminderung der Tausendkornmasse und der Kornzahl je Ähre.
3. Parasitärer Halmbruch und Lagerschäden; ebenfalls Verminderung der Tausendkornmasse und der Kornzahl je Ähre sowie Ährenverluste beim Mähen.

Das Ausmaß der Schäden ist weitgehend von der Witterung abhängig. Starker Primärbefall im Herbst in Verbindung mit Frost erhöht die Bestandesausdünnung. Feuchtkühle Witterung im Frühjahr begünstigt das Fortschreiten der Infektionen (OBST 1979). Regenfälle in Verbindung mit Sturm führen häufig zu verstärktem Halmbruch und totaler Lagerung in den Sommermonaten. Winterweizen wird im allgemeinen stärker geschädigt als Sommerweizen, besonders wenn auf die Bestellung des Sommerweizens eine Trockenperiode folgt. Bei feuchtkühler Witterung im Frühjahr und in den Sommermonaten kann aber auch Sommerweizen im Freiland stark in Mitleidenschaft gezogen werden (MIELKE 1970). Unterschiede in der Anfälligkeit bestehen zwischen Winter- und Sommerweizen offenbar nicht (BOCKMANN und MIELKE 1972a sowie LANGE-DE LA CAMP 1966c). MIELKE (1970) fand sogar, daß Sommerweizen im Gewächshaus infolge einer schnelleren Entwicklung bei fehlender Vernalisation anfälliger war als Winterweizen.

Als Konsequenz aus diesen Schädwirkungen ergeben sich folgende Anforderungen an die Verbesserung der Sorten:

1. Höhere Resistenz gegen Primärbefall; hohes Regenerationsvermögen durch verstärkte Bestockung.
2. Resistenz gegen den Befall (Hemmung des Pilzes im Halmgewebe; geringere Empfindlichkeit gegen Behinderung des Wasser- und Nährstofftransportes).
3. Toleranz gegen den Halmbruch durch Verbesserung der natürlichen Standfestigkeit.

Tabelle 1: Wichtige Methoden der Pseudocercosporella-

Autoren	Isolierung und künstliche Anzucht	Infektionsmaterial
PONCHET 1959	Isolierung von infiziertem Stengelgewebe junger Pflanzen --- Auslegen auf Kartoffelge- lose --- Pilzkolonien --- Be- impfen von Papierbändern	Konidien- bzw. Mycel- suspension Mischung aus Mycel und zermahlenem Filterpapier (kann konserviert werden)
MAGNUS & HANSEN 1973	Isolierung nicht genau be- schrieben; Isolate auf Malz- Agar-Platten, von dort in 500 ml Erlenmeyerkolben mit 100 ml Malzextrakt bis schließlich durchwachse- ne Gerstenkörner erhalten worden sind (Witterung + Licht - Konidienbildung)	Sporensuspension mit 1-2 Mill. Sporen/ml
BOCKMANN 1962 MIELKE 1970	Isolierung aus kranken Weizenpflanzen: Einspor- kulturen werden auf steri- lisierten Getreidekörnern vermehrt; (Witterung + Licht - Konidienbildung)	Konidiensuspension mit einer Konzentration von mindestens 1,1 Mill. Sporen/m
MACER 1966	Isolierung aus Pilzhyphen im Stengelgewebe; PDA- Platten mit Streptomycin Schüttelkulturen mit Mycel durchwachsene Strohzyylinder	infizierte Strohzyylinder

Infektion und Resistenzbeurteilung

Infektionsmethode

Resistenzbeurteilung

- im Freiland bei feuchter Witterung: 20 ml/m² (50.000 Sporen pro ml);
- im Gewächshaus bei 80 % Feuchtigkeit und einer Temperatur zwischen 10-15 °C muß das Inokulum stärker konzentriert werden;
- lokale Infektion: der Teig wird mit einer Nadelspitze aufgetragen;

im Erwachsenenstadium: der durchschnittliche Prozentsatz an zerstörter Stengeloberfläche wird ermittelt, wobei der Halm möglichst noch grün sein sollte;
im Sämlingsstadium: die Penetrationstiefe ist abzuschätzen, wobei man sich auf das charakteristische Stroma auf der jeweils folgenden Blattscheide stützt; Bewertungsschema nach PONCHET 1959

- Ende Oktober im Freiland: 1 l Sporensuspension wird mit einem Zerstäuber gleichmäßig auf 30 m² verteilt;

$$I = \frac{(a \ 1) + (b \ 2) + (c \ 3) + (d \ 4)}{(a + b + c + d) \cdot 4} \cdot 100$$

a, b, c, d sind die Anzahl an Pflanzen in vier verschiedenen Symptomgruppen (nicht genauer angegeben);

- im Gewächshaus mehrmals mit Spraydose im November/Dezember im Freiland mehrmals mit der Rückenspritze 6 l/100 m²

nach zwei Befallsskalen (für Gewächshaus bzw. Freiland) von 1-9 (die die Schwere der Symptomausprägung beinhaltet) erhält jede Pflanze eine Befallszahl, die dann nach einem Schlüssel in einen Befallswert umgerechnet wird;

- im Gewächshaus: nach Erscheinen der Koleoptile werden die Strohzyylinder vorsichtig über die Keimlinge gestülpt; die Töpfe werden mit Sand aufgefüllt; Inkubationszeit: 6-8 Wochen

mindestens 25 Samen von jeder Sorte werden auf die Eindringungstiefe des Pilzes untersucht, wobei man die jeweiligen Eindringungstiefen mit einer geometrischen Wichtung versieht: 0 2 4 8 16; es ist dann sehr genau darauf zu achten, ob eine Blattscheide infiziert oder durchdrungen ist. Macer gibt hierfür genaue Kriterien an.

2.3 Methoden der künstlichen Infektion und Resistenzbeurteilung

Eine genaue Beurteilung der Resistenzeigenschaften setzt eine gut durchführbare Infektionsmethode und genaue Bewertungskriterien voraus. In Tabelle 1 sind die vier wichtigsten Untersuchungsmethoden aufgeführt. Auf weitere Verfahren von SCHEINPFLUG (1964), AMELUNG und FOCKE (1974), EVANS und RAWLINSON (1975), LANGE-DE LA CAMP (1959), RASHID und SCHLÖSSER (1977), FROM und FELTZ (1976), REINECKE und FOKKEMA (1979), FRAUENSTEIN und ROSKOTHEN (1979) sowie PANG-CHANG und TYLER (1964) wird der Vollständigkeit halber hingewiesen.

Zu den in Tabelle 1 dargelegten Infektions- und Auswertungsmethoden werden noch folgende Erläuterungen gegeben:

1. Die Methode von PONCHET (1959) war vielen Abwandlungen unterworfen. Aufgrund ihrer Einfachheit wurde sie oft angewendet, z.B. in Frankreich von DOUSSINAULT und DOSBA (1977). DOSBA und DOUSSINAULT (1978) ordneten die zu untersuchenden Halme in zwei Kategorien ein: in Halme, von denen mehr als 50 %, und in Halme, von denen weniger als 50 % des Gewebes mit *P. herpotrichoides* befallen waren. Die so erhaltenen Ergebnisse sind nach Bliss (zit. nach DOUSSINAULT und DOUAIRE 1978) für statistische Verrechnungen transformiert worden. Eine ähnliche Umwandlung der Werte wurde von PONCHET (1959) vorgenommen.
2. MAGNUS und HANSEN (1973) mußten ihre Infektionsmethode den natürlichen Freilandverhältnissen in Norwegen aufgrund der hohen Auswinterungsschäden anpassen. Wie notwendig diese Maßnahme war, zeigte deutlich das Beispiel der Winterweizensorte 'Odin', die sehr stark unter parasitärem Auswintern bei vorausgegangener Herbstinfektion litt und trotzdem nicht lagerte. Aufgrund der sehr starken Auswinterung während der Wintermonate kam es vermutlich im Frühjahr nur zu einem geringen Befall. Ähnliche Beobachtungen machten S'JACOB (1966) und LANGE-DE LA CAMP (1966a); auch sie stellten fest, daß *P. herpotrichoides* Auswinterungsverluste verursachte, die jedoch dann im Frühjahr z.T. wieder ausgeglichen wurden. MAGNUS und HANSEN (1973) wiesen darauf hin, daß durch ihre Infektions- und Bewertungsmethoden sehr viele Zuchtlinien

wegen schlechter Eigenschaften ausgeschlossen werden konnten. Als Kriterien für die Beurteilung bei der Züchtung auf Resistenz wurden Auswinterungsstabilität, Befallsgrad, Standfestigkeit, Korngröße und Ertrag herangezogen.

3. Die Methode von BOCKMANN (1962) und MIELKE (1970) hat den Vorteil, daß der Infektionsdruck und der Zeitpunkt der Infektionen bestimmt werden können.
4. Die von MACER (1966) vorgeschlagene Methode zur Resistenzbeurteilung ist viele Jahre in England, Belgien und Frankreich angewandt worden. Allerdings gab sie auch zu Kritik Anlaß, weil die Methode einerseits sehr arbeitsaufwendig ist und die Infektion zum anderen vom Mycel ausging. DOUSSINAULT (1973) wies darauf hin, daß hierbei nur die Resistenz gegen das Durchdringen der Blattscheiden gemessen wurde. Viele Autoren (siehe DOUSSINAULT und DOSBA 1977) betrachteten das Ausmaß des Durchdringens der Blattscheiden jedoch als eine der wichtigsten Resistenzeigenschaften. Wie gut diese Resistenz mit der Lagerung und mit den Ertragsverlusten korrelierte, ist aus Tabelle 2 zu entnehmen. BATEMAN und TAYLOR (1976a und 1976b), VAN DER SPEK (1976) sowie SCOTT (1971) wiesen darauf hin, daß Korrelationen ebenfalls zwischen frühen und späten Befallswerten bestanden. VAN DER SPEK (1976), der in Anlehnung an die Methode von MACER (1966) gearbeitet hatte, hielt dessen Methode deshalb für gut, weil mit ihr zwischen den Penetrationsraten selbst geringe Unterschiede festgestellt werden konnten, die eine frühzeitige Einschätzung der Ertragsverluste ermöglichten. Ein Nachteil des Verfahrens von MACER (1966) war aber, daß die Beurteilung der Pflanzen bzw. Sorten nur im Jugendstadium vorgenommen werden konnte; für weitere Bonituren in späteren Entwicklungsstadien standen die Pflanzen nicht mehr zur Verfügung.

Tabelle 2: Vergleich von Pseudocercospora-Anfälligkeit im Keimlingsstadium mit Lager und Ertragsverlusten bei infizierten Weizensorten im Freiland (MACER 1966)

Weizensorten	Anfällig- keitsgrad 0-5	Lager in %	Ertragsverluste in %
Nord Desprez	0,7	12,7	10,2
Viking	0,9	11,6	9,6
Cappelle Desprez	1,0	13,5	10,6
Maris Widgeon	1,2	16,9	13,4
Elite Lepeuple	1,7	14,3	17,0
Professeur Marchal	1,5	15,9	18,1
Minister	1,9	13,7	20,7
Champlein	3,8	38,9	25,9
Yeoman	4,1	53,3	27,9

Anfälligkeit - Lager: $r = 0,9428$
Anfälligkeit - Ertragsverluste: $r = 0,9514$

Als geeignet hatten sich auch Feldversuche mit wiederholtem Anbau von Weizen erwiesen (natürliche Verseuchung), jedoch konnte hierbei der Befall mit anderen Parasiten wie Gaeumannomyces graminis und Fusarium-Arten nicht ausgeschlossen werden. Außerdem wurde häufig der ungleiche Befall sowie das in manchen Jahren zu geringe Infektionspotential als Nachteil empfunden. Künstliche Infektionen mit befallenen Stoppelresten konnten dem entgegenwirken, aber es besteht dann die Gefahr, daß andere ebenfalls die Stoppeln besiedelnde Parasiten sich überproportional ausbreiten. Schließlich ist es möglich, "gesunde" Vergleichspartzellen auf einem stark mit P. herpotrichoides verseuchten Boden durch Fungizidspritzungen herzustellen. Jedoch sei hier nur kurz darauf hingewiesen, daß z.B. die fungiziden Wirkungen auf andere Pilze und der Einfluß auf die Pflanzen nicht in allen Einzelheiten abzuschätzen sind.

2.4 Ausgangsmaterial für die Weizenzüchtung

Wie aus der Literatur hervorgeht, gibt es zwei gegensätzliche Auffassungen hinsichtlich der Resistenz der Weizensorten gegen den Halmbruch. Einerseits wurde berichtet, daß keine wesentlichen Unterschiede vorhanden waren, andererseits wurden immer wieder Sorten herausgestellt, die deutlich resistenter sein sollten als andere. Eine absolute Resistenz konnte in keinem Fall gefunden werden; im Gegensatz dazu wurden Toleranzunterschiede hinsichtlich des Lagerns und des Schadens festgestellt.

2.4.1 Toleranzunterschiede bei Weizensorten

2.4.1.1 Zur Parallelität von natürlicher Standfestigkeit und "Halmbruchresistenz"

BOCKMANN (1966) kam bei der Gesamtbetrachtung seiner Sortenuntersuchungen zu dem Ergebnis, daß die "natürliche Standfestigkeit" mit der "Halmbruchresistenz" korreliert. In der Resistenzzüchtung wird deshalb stets eine Verbesserung der "natürlichen Standfestigkeit" angestrebt. Am Beispiel der Sorte 'Cappelle-Desprez' ließ sich durch mehrere Ergebnisse belegen, daß das gute Verhalten dieser Sorte gegenüber *P. herpotrichoides* nicht nur auf Toleranz hinsichtlich des Schadens, sondern auch auf Resistenzeigenschaften beruhte (MACER 1966, BATEMAN und TAYLOR 1976a und 1976b, SCOTT 1971). Entgegen der von BOCKMANN (1966) festgestellten Parallelität "natürliche Standfestigkeit - Halmbruchresistenz" wurde bei der Züchtung von Halbzweigen eine solche Relation nicht beobachtet. Bei Halbzweigen waren trotz ihrer hohen Standfestigkeit keine Anzeichen einer geringeren Anfälligkeit gegenüber *P. herpotrichoides* festzustellen (Ann. Report 1969). Auch konnte der Befall bei Sorten mit normaler Strohlänge durch eine CCC-Behandlung nicht eingeschränkt werden (SLOPE et al. 1969). Es bleibt jedoch unbestritten, daß die Gefahr des parasitären Halmbruchs durch die Verbesserung der Standfestigkeit mit Hilfe von CCC wesentlich vermindert wurde.

Die Forderung, die natürliche Standfestigkeit zu erhöhen und somit eine Verbesserung der Toleranz hinsichtlich des parasitären Lagerns zu erreichen, besteht nach wie vor. ZWATZ (1973), der die Ergebnisse von BOCKMANN (1966) an einem österreichischen Weizensortiment bestätigt fand, kam ebenfalls zu der Einschätzung, daß Sorten mit guter natürlicher Standfestigkeit eine geringere Halmbruch-Anfälligkeit aufwiesen. Es wurde immer wieder beobachtet, daß Toleranz und Resistenz entscheidend für einen geringen Schaden sind; denn kurze Sorten konnten, obwohl sie standfester waren als Sorten mit normaler Länge, doch gleich stark und mehr geschädigt werden, wenn sie einem höheren Befall unterlagen (siehe Ann. Report 1969).

2.4.1.2 Einfluß einzelner Sorteneigenschaften auf die Standfestigkeit

Für die Standfestigkeit des Weizens sind folgende Eigenschaften bedeutsam: Ankerwurzeln, Halmlänge, Internodienlänge, Halmdurchmesser, Bruchfestigkeit, Elastizität, Halmwanddicke, Hypodermisdicke, Anzahl der Leitbündel, Leitbündeldurchmesser, Ährengewicht u.a. (MAAS, ZANDER und RICHTER 1979).

MIELKE (1970) versuchte durch Messung einzelner Faktoren wie Bestandesdichte, Halmlänge, Basalinternodienlänge, Halmdurchmesser und Halmwandstärke bei Weizensorten und -stämmen zu ermitteln, ob Wechselbeziehungen zwischen diesen Merkmalen und der Anfälligkeit für *P. herpotrichoides* bestehen. Die Bestandesdichte - bei einheitlicher Aussaatstärke ein Maß für die Bestockungsfähigkeit - war bei stark anfälligen Sorten mit zwei Ausnahmen immer hoch. Sorten mit mittlerer Anfälligkeit (Befallswert 50-60 %) hatten meist auch mittlere bis hohe Bestandesdichten. Schwach anfällige Sorten mit einem Befallswert von unter 50 % wiesen geringe bis hohe Bestandesdichten auf. Hier war der Einfluß der Bestandesdichte (hohe Bestandesdichte bedingt schwache Halme) auf den Befall nicht ganz eindeutig zu erkennen. Wesentlich klarer schienen die Zusammenhänge zwischen der basalen Internodienlänge sowie der Halmlänge einerseits und dem Befall andererseits zu sein; beide morphologischen Merkmale korrelierten bis auf wenige Ausnahmen mit dem Krankheitsgrad. Die Weizensorten mit den höchsten Befallswerten besaßen die längeren Basalinternodien, und die Sorte 'Maris Widgeon' mit dem geringsten Befall zeigte im Durchschnitt auch die kürzesten Basalinternodien. Bei den Halmwandstärken war eine Gegenläufigkeit zur Befallsintensität zu erkennen. So wies die Sorte mit den stärksten/dicksten Halmwänden, 'Maris Widgeon', die geringste Anfälligkeit auf. Abweichungen wurden an den Sorten 'Caribo' und 'Habicht' festgestellt, hier wurden relativ niedrige Befallswerte bei geringer Halmwandstärke gemessen.

In weiteren Untersuchungen zur Standfestigkeit des Weizens wurde von MIELKE (1970) festgestellt, daß ein hoher Rohfasergehalt der Basalinternodien nicht nur auf die Standfestigkeit einwirkte, sondern auch das Vordringen von *P. herpotrichoides* hemmte. Zwischen Erreger und Rohfasergehalt scheint eine wechselseitige

Beeinflussung zu bestehen. So zeigten die unbehandelten Pflanzen stets höhere Rohfaser-Werte als die infizierten der gleichen Weizensorte. Die weniger anfälligen Sorten zeichneten sich dadurch aus, daß bei ihnen diese Differenz niedrig war.

Aufgrund dieser Ergebnisse sollte bei der Züchtung einer toleranten Sorte auf folgende Merkmale geachtet werden: kürzerer Halm, verbunden mit kürzeren Basalinternodien, große Halmwandstärke und hoher Rohfasergehalt bei geringer bis mittlerer Bestockungsfähigkeit (MIELKE 1970). Bei der Sorte 'Maris Widgeon' waren einige dieser Eigenschaften besonders deutlich ausgeprägt.

Die Annahme, daß Halbzweigweizen weniger geschädigt werden können als Weizen mit normalem Wuchs, traf nicht in jedem Fall zu; bei einigen wurden Bestandesausdünnungen, Lagerneigung und Notreifeerscheinungen festgestellt (BOCKMANN und MIELKE 1972b). Eine denkbare Erklärung für diese Abweichung brachten die Untersuchungen von EVANS und RAWLINSON (1977). Von diesen Autoren wurde der "stem sugar" (Zuckergehalt des Halmes) als ein möglicher Resistenzfaktor beschrieben. Besondere Bedeutung kam in diesem Zusammenhang der Fructose zu. Während sich resistente und anfällige Sorten im Gesamtzuckergehalt kaum unterschieden, lag der Fructosegehalt bei den anfälligen Sorten im Milchreifestadium um 30-180 % höher als bei den weniger anfälligen. Eine Herabsetzung des Halmzuckergehaltes (Glucose und Fructose) wurde durch eine teilweise Entblätterung und Linuronbehandlung erreicht. Danach war auch eine verminderte Anzahl von Augenfleckenläsionen festzustellen.

Die Wirkung von Herbiziden auf die Physiologie der Pflanzen und somit auch auf den Gehalt an Inhaltsstoffen wurde von mehreren Autoren belegt (siehe MAAS, ZANDER und RICHTER 1979). BRANDES und HEITEFUSS (1971) fanden, daß z.B. die Verminderung des Zuckergehaltes nach Herbizidbehandlung (Simazin) eine Teilursache für die geringere Anfälligkeit gegen *P. herpotrichoides* beim Weizen war. Als weitere mögliche Einflußfaktoren kamen nach einer Simazin-Behandlung neben einer Erhöhung des Gesamtstickstoffgehaltes eine geringe Erhöhung des Proteinstickstoffes sowie eine Verdoppelung des Aminosäure-Stickstoffes hinzu. Vermutlich beeinflussten auch "antimikrobiell wirksame Verbindungen" den Befall.

2.4.1.3 Die Bedeutung der Sorte 'Cappelle-Desprez' in der französischen, englischen und deutschen Weizenzüchtung

In der französischen und englischen Literatur wurde häufig die Sorte 'Cappelle-Desprez' als möglicher Resistenzträger gegen *P. herpotrichoides* erwähnt, wie z.B. bei LUPTON und MACER (1955). Nach einem Literaturstudium kam S'JACOB (1966) zu dem Ergebnis, daß für die Winterweizenzüchtung hauptsächlich die Sorten 'Cappelle', 'Maris Widgeon' und 'Viking' als Vererber der Resistenz gegen *P. herpotrichoides* in Betracht kamen. Johnson und Wolfe (1968, zit. nach DOUSSINAULT 1970 und VANDAM 1975) wiesen auf das gute Resistenzverhalten der Linien TP 107 und TP 128 hin, die aus der Kreuzung 'Cappelle' x 'Thatcher' entstanden sind. Die Sorte 'Cappelle' wurde sehr oft als Vererber benutzt (Tab.3).

Tabelle 3: Die Sorte 'Cappelle' als Kreuzungselter in der französischen und englischen Weizenzüchtung (AURIAU et al. 1975 und Ann. Reports 1975 u. 1978, BOURGEOIS et al. 1978).

Frankreich

'Moisson' 1963	: Cappelle x (80-3 x Etoile de Choisy)
'Capitole' 1964	: Cappelle x (80-3 x Etoile de Choisy)
'Splendeur' 1964	: Cappelle x (80-3 x Etoile de Choisy)
'Prieur' 1966	: (90-2 x Etoile de Choisy) x Cappelle
'Joss' 1966	: (Heine VII x Tadépi) x Cappelle
'Palmaress 6' 1966	: (Heine VII x Tadépi) x Cappelle
'Hardi' 1969	: Cappelle x (Cappelle x Thatcher)
'Top' 1970	: ((Providence x Vilmorin 27) x Etoile de Choisy) x Cappelle
'Roazon' 1978	: V.P.M. x (Cappelle x (80-3 x Etoile de Choisy))

England

'Maris Widgeon' 1964	: Holdfast x Cappelle
'Maris Ranger' 1968	: Peko x Cappelle
'Maris Nimrod' 1971	: als Eltern u.a. CI 12633, Cappelle, Hybrid 46, Professeur Marchal
'Maris Huntsman' 1972	: als Eltern u.a. CI 12633, Cappelle, Hybrid 46, Professeur Marchal
'Maris Freeman' 1974	: Maris Ranger x Maris Widgeon
'Kinsman' 1976	: als Eltern u.a. Cappelle, CI 12633, Hybrid 46, Maris Ranger, Professeur Marchal
'Hobbit' 1977	: als Eltern u.a. Cappelle, Nord Desprez, CI 12633, Professeur Marchal, Heine 110
'Hustler' 1978	: Maris Huntsman x Durin
'Mardler' 1978	: Maris Huntsman x (Maris Ranger x Durin)
'Bounty' 1979	: Durin x TJB 30/148 (ein Abkömmling von Maris Widgeon)
'Virtue' 1979	: Maris Huntsman x Durin
'Brigand' 1979	: Maris Huntsman x Maris Bilbo

Schon seit 20 Jahren ist bekannt, daß 'Cappelle' eine geringe Anfälligkeit gegenüber *P. herpotrichoides* aufweist (SCOTT et al. 1976). Obwohl auch diese Sorte in Jahren mit außerordentlich hohem Befallsdruck Ertragsverluste hinnehmen mußte (DOUSSINAULT 1970), wurde versucht, die höhere Widerstandsfähigkeit von 'Cappelle' durch genetische Untersuchungen zu ergründen, LAW et al. (1976) benutzten zu diesem Zweck chromosomale Substitutionslinien von 'Chinese Spring' und weitere 17 F₂ monosome Familien der Hybride 'Cappelle-Desprez' mit 'Mara'. Bei den 'Chinese Spring' - ('Cappelle-Desprez') - Substitutionslinien waren nach 4 Rückkreuzungen mit 'Chinese Spring' drei Linien mit den 'Cappelle'-Chromosomen - 6B, 6D, 7A - resistenter als 'Chinese Spring'; sie zeigten aber keine höhere Widerstandsfähigkeit als 'Cappelle-Desprez'. Nach 3 weiteren Rückkreuzungen konnte festgestellt werden, daß die Chromosomen 6B und 6D keinen Einfluß auf die Resistenz ausübten. Das Chromosom 7A schien dagegen die Resistenz

zu bewirken. Außerdem stellte es sich bei diesen Versuchen heraus, daß das Chromosom 1A die Anfälligkeit erhöhte. Bereits bei früheren Arbeiten (Ann. Report 1973) konnte festgestellt werden, daß die Resistenz der Sorte 'Cappelle' ebenfalls vom Chromosom 7A ausging.

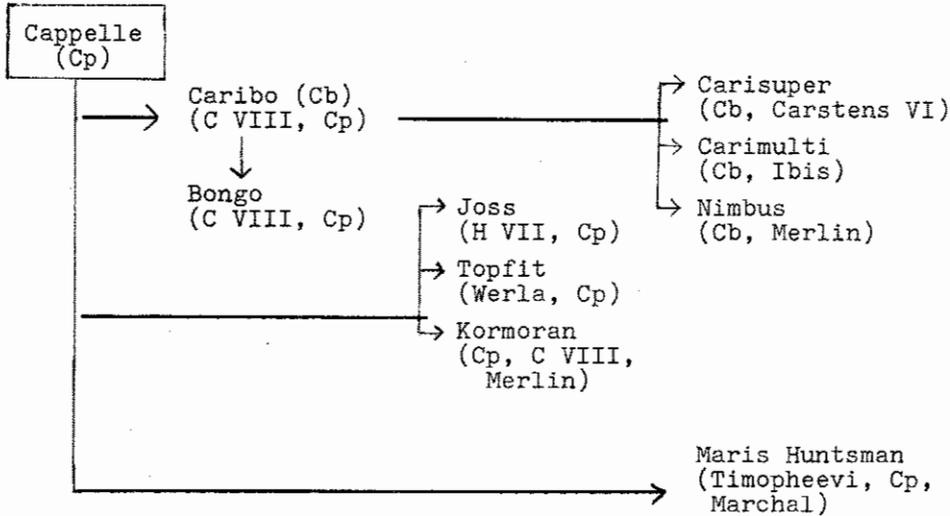
BATEMAN und TAYLOR (1976b) beurteilten die Sorten nach ihrer Anfälligkeit an den Koleoptilen und Blattscheiden. Dabei ergaben sich zwischen der anfälligen Sorte 'Hybrid 46' und der resistenten Sorte 'Cappelle' signifikante Unterschiede, wenn die Inokulation an den Koleoptilen vorgenommen worden war. Bei einer Infektion der Blattscheiden hingegen waren diese Befallsdifferenzen nicht vorhanden. BATEMAN und TAYLOR (1976b) folgerten daraus, daß sich während der Inkubationszeit des Erregers in der Koleoptile Resistenzunterschiede ausbildeten. SCOTT (1971) berichtete ebenfalls, daß sich die Resistenzunterschiede in einem frühen Entwicklungsstadium ausprägten. Das weitere Durchdringen des Erregers durch die Blattscheiden war nach Ansicht des Autors beinahe unabhängig von den Sorten.

In der deutschen Züchtung wurde im großen und ganzen die durch 'Cappelle-Desprez' erreichbare Resistenz als nicht so bedeutend angesehen. MIELKE (1970) stufte andere Sorten und Stämme wie 'Maris Widgeon', 'St. Heine-Peragis 25433' und 'St. Nordsaat 202' besser als 'Cappelle' ein. Es soll aber nicht unerwähnt bleiben, daß die Sorte 'Maris Widgeon' aus der Kreuzung 'Holdfast' x 'Cappelle-Desprez' hervorgegangen ist. In einer anderen Veröffentlichung von MIELKE und KNOTH (1976) wurde das gute Verhalten der Sorten 'Topfit' und 'Joss' u.a. herausgestellt. Auch diese Sorten entstammen aus Kreuzungen mit 'Cappelle-Desprez' ('Joss': ('Heine VII' x 'Tadépi') x 'Cappelle' sowie 'Topfit': 'Werla' x 'Cappelle').

OPPITZ und HOESER (1978) verwendeten als Basis ihrer Untersuchungen ebenfalls Genmaterial von der Sorte 'Cappelle-Desprez', wie z.B. 'Caribo' und 'Huntsman'. Die gute natürliche Standfestigkeit der Sorte 'Caribo' und ihre Widerstandsfähigkeit gegen *P. herpotrichoides* stellte OBST (1974) heraus. In einer Veröffentlichung von KLASSEN (1976) wurde ebenfalls darauf hingewiesen, daß die Sorten 'Caribo' und 'Topfit' sich gegenüber *P. herpotrichoides* als weniger anfällig gezeigt haben. In Tabelle 4 wird

die Bedeutung der Sorte 'Cappelle' als Kreuzungselter in der deutschen Weizenzüchtung (nach HOESER et al. 1975) hervorgehoben.

Tabelle 4: Die Bedeutung der Sorte 'Cappelle' als Kreuzungselter in der deutschen Weizenzüchtung (HOESER et al. 1976)



Die Kreuzung mit 'Cappelle' hat in vielen Fällen die Widerstandsfähigkeit gegen *P. herpotrichoides* positiv beeinflusst. Aber auch das Gegenteil war der Fall (Tabelle 5), wie z.B. bei den Sorten 'Moisson' und 'Capitole'. In Tabelle 5 sind von verschiedenen Weizensorten Korrekturfaktoren nach RAPILLY et al. (1979) aufgeführt, die bei der Vorhersage von *P. herpotrichoides*-Epidemien den Sorteneinfluß berücksichtigen sollen; ein größerer Faktor bedeutet ein höheres Resistenzniveau.

Definition der Korrekturfaktoren:

- K_1 = Korrekturfaktor für die Zeit vom Auflaufen bis zum Schoßbeginn, der die Geschwindigkeit des Eindringens von *P. herpotrichoides* von Blattscheide zu Blattscheide bei den einzelnen Sorten beinhaltet
- K_2 = Korrekturfaktor für die Zeit vom Schossen bis zur Blüte, der das Ausmaß der Stengelbräune und deren Entwicklung beinhaltet

Tabelle 5: Korrekturfaktoren von verschiedenen Weizensorten zur Pseudocercospora-Anfälligkeit für die Entwicklungsstadien vom Auflaufen bis zum Schossen sowie vom Schossen bis zur Blüte (nach RAPILLY et al. 1979)*

<u>Weizensorten</u>	K_1	K_2
Etoile de Choisy	1	1
Cappelle	1.23	1.39
Joss*	1.23	1.25
Champlein	1.15	1.06
Capitole*	1.11	1.07
Moisson*	1.01	1.04
Heima	1.18	1.40
Darius	1.27	1.07
Ducat	1.07	1.03
Maris Huntsman*	1.25	1.12
Clément	1.27	0.86
Hardi*	1.23	1.22
Top*	1.03	1.17
Talent	1.21	0.88
Lutin	1.16	1.32
Heurtebise	1.32	1.03
Charles Peguy	1.19	0.94
Rex	-	1.05
Courtot	-	0.93
Roazon*	1.76	4.16

Die mit * gekennzeichneten Sorten stammen von 'Cappelle' ab (wie in Tabelle 3 angegeben)

2.4.1.4 Resistenzzüchtung innerhalb der vorhandenen Triticum aestivum-Sorten

Viele französische Weizensorten hatten ein ähnliches Resistenzniveau wie 'Cappelle', unter ihnen 'Artois' und 'Elite'. Diese drei Sorten sind nicht direkt verwandt, allerdings fand DOUSSINAULT (1970) gemeinsame Vererber in ihrer Abstammung: 'Blé de Noël', 'Jaune à épi carré' und 'Chiddam d'Automne'. DOUSSINAULT und DOSBA (1977) mußten jedoch feststellen, daß keine dieser Elternsorten die Widerstandsfähigkeit von 'Cappelle' erreichten.

Die Reaktion der Weizensorten auf *P. herpotrichoides* ist nach DOUSSINAULT (1973) auf folgende Eigenschaften zurückzuführen:

1. auf die Resistenz gegen die Infektion, die durch den Anteil befallener Pflanzen bei einem bestimmten Infektionsniveau gemessen werden kann,

2. auf die Resistenz gegen die Durchdringung der Blattscheiden, die an der Ausbreitungsgeschwindigkeit der Symptome von Blattscheide zu Blattscheide gemessen werden kann,
3. auf die Resistenz gegen das Eindringen in den Halm.

DOUSSINAULT und DOSBA (1977) sahen das Durchdringen der Blattscheiden durch den Pilz als einen entscheidenden Faktor für die Beurteilung des Sortenverhaltens an. Für diese Untersuchung eignete sich besonders die Infektionsmethode von MACER (1966). Die Resistenzverhältnisse bei einem späteren Entwicklungsstadium im Freiland wurden dabei nicht erfaßt. Bei der Prüfung von 12 französischen Weizensorten beobachtete DOUSSINAULT (1973), daß die Sorten 'Artois' und 'Champlein' im Keimblattstadium resistent, nach dem Ährenschieben aber hoch anfällig waren. Im Gegensatz dazu wurden die Sorten 'Mistral', 'Somme' und 'Floress' zum Zeitpunkt der Milchreife weniger befallen. Aufgrund der gefundenen Resistenzunterschiede zwischen Keimlingen und vollentwickelten Pflanzen folgerte DOUSSINAULT (1973), daß eine Resistenz gegen das Durchdringen der Blattscheiden nicht in jedem Fall mit einer Resistenz gegen das Eindringen in den Halm gekoppelt sein muß. Der gleiche Autor stellte weiterhin fest, daß Linien, die sich im Keimlingsstadium anfälliger zeigten als in späteren Stadien, früh schoßten, wie z.B. 'Mistral', 'Floress' und 'Somme'. Im großen und ganzen ließen die Beobachtungen von DOUSSINAULT (1973) deutlich erkennen, daß eine Sortenbeurteilung hinsichtlich der Resistenz gegen *P. herpotrichoides* im Keimlingsstadium nicht ausreichte.

Um über eine Transgression zu einer besseren Resistenz zu kommen, kreuzten DOUSSINAULT und DOSBA (1977) die Sorten 'Artois' x 'Cappelle', 'Cappelle' x 'Elite' und 'Elite' x 'Artois'. In der F_5 mußte jedoch festgestellt werden, daß sich keine signifikanten Verbesserungen ergeben hatten. Da auf diesem Wege wenig Ausichten bestehen, Fortschritte in der Resistenz zu erzielen, ist die Getreidezüchtung bemüht, sich nach anderen Quellen der Widerstandsfähigkeit umzusehen.

2.4.1.5 Resistenzunterschiede innerhalb der Gattung Triticum

Im Verhalten mehrerer Triticum-Arten sind viele Unterschiede

beobachtet worden. So fand SPRAGUE (1936) bei *T. monococcum* und *T. dicoccum* eine Widerstandsfähigkeit gegen *P. herpotrichoides*. DEFOSSE und VANDAM (1969) konnten dies bestätigen; sie ergänzten jedoch, daß sich *T. monococcum* schlecht mit *T. vulgare* (*aestivum*) kreuzen ließ. Die Möglichkeit, bei den *Dicoccoidea* Resistenzquellen zu finden, wurde unterschiedlich beurteilt. 1969 verwiesen DEFOSSE und VANDAM auf einen Hybriden (*T. aethiopicum* x *T. vulgare* Jufy I) aus dem Jahre 1961, der nach Selektion und Rückkreuzung eine verbesserte Resistenz zeigte. Ende der 60er Jahre stellte sich die bei den *T. aethiopicum*-Linien vermutete Resistenz als Trugschluß heraus; sie sind im späten Entwicklungsstadium anfälliger gewesen als die Vergleichssorten von *T. aestivum*. Die Resistenzzüchtung mit *T. aethiopicum* wurde daraufhin in Versailles, Gembloux und Cambridge eingestellt (zit. nach SCOTT und HOLLINS 1977).

2.4.2 Resistenzzüchtung durch Gattungsbastarde

2.4.2.1 Die Bedeutung von *Secale cereale*

In den vorliegenden Untersuchungen schien bei einer Vielzahl von Fällen die geringere Anfälligkeit des Roggens in den Triticale-Linien intermediär ausgeprägt zu sein (DEFOSSE und VANDAM 1969). Für die Weizenzüchtung sind nur Sorten bedeutsam, die typische Weizeneigenschaften haben. Um dies zu erreichen, müßten an Triticale Rückkreuzungen mit Weizen vorgenommen werden, die allerdings bei der polygenetischen Natur der Resistenz und dem begrenzten Gen-Austausch zur Ausdünnung der Resistenz des Roggens gegen *P. herpotrichoides* führen könnten. Die Bedeutung der Roggenresistenz wird vermutlich durch die Wirtsspezialisierung verringert. Eine Antwort auf die Gefahr durch diese Spezialisierung werden vielleicht die in Cambridge begonnenen Untersuchungen über die Zuwachsrate von R-Typen geben können (Ann. Report 1978).

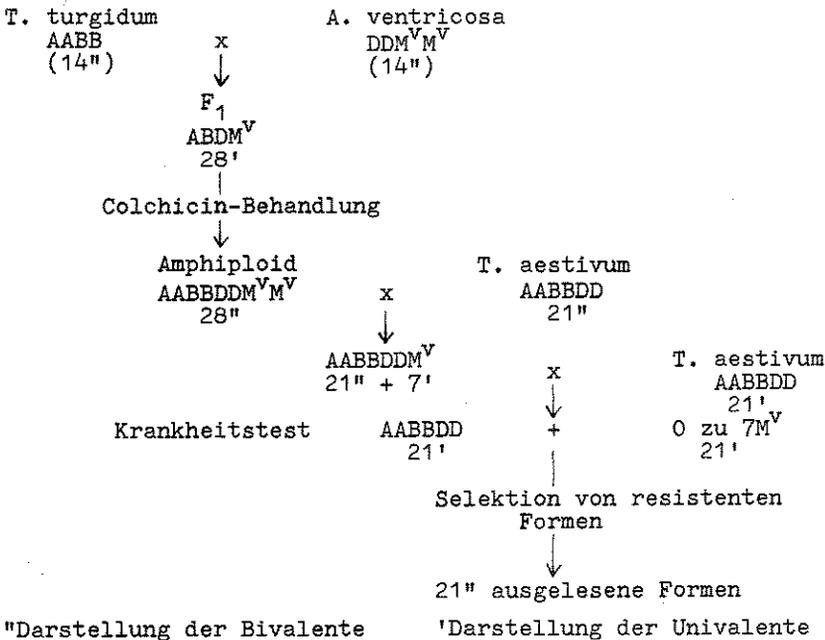
2.4.2.2 Die Bedeutung der Gattung *Agropyron*

Da nach HARTZ (1969) *Agropyron*-Arten von *P. herpotrichoides* befallen werden, bestehen kaum Aussichten, resistente Formen aus Additionslinien von Weizen und *Agropyron* zu finden. DOUSSINAULT und DOSBA (1977) testeten einige Additionslinien von Weizen x *Agropyron intermedium* und fanden, daß es keine bedeutsamen Verbesserungen gab.

2.4.2.3 Die Bedeutung der Gattung Aegilops

Als vielversprechende Resistenzquelle gegen *P. herpotrichoides* wurde die Gattung *Aegilops* angesehen. Eine hohe Resistenz wiesen die Arten *A. cylindrica*, *A. ventricosa*, *A. caudata*, *A. triuncialis* und *A. squarrosa* auf (SPRAGUE 1934/36, zit. nach DOUSSINAULT und DOSBA 1977, S'JACOB 1966, MACER 1966, VANDAM und DEFOSSE 1974). Es muß jedoch berücksichtigt werden, daß innerhalb der Arten eine Variabilität bestehen kann. So wurde z.B. bei der Linie 9 von *A. squarrosa* eine hohe Anfälligkeit gegenüber R-Typ-Isolaten beobachtet. Demgegenüber besaß die Art *A. ventricosa* die größte Widerstandsfähigkeit gegen *P. herpotrichoides* und wurde von den meisten Autoren als die aussichtsreichste Resistenzquelle gegen diesen Pilz angesehen. Um nun die hohe Resistenz von *A. ventricosa* ($2n = 28 = DDM^V M^V$) in den Weizen zu übertragen, wurde von KIMBER (1967) folgende Kreuzung unternommen (Tabelle 6):

Tabelle 6: Die Übertragung der Pseudocercospora-Resistenz von *Aegilops ventricosa* in *Triticum aestivum* nach KIMBER (1967)



Kimber hielt den von ihm gezüchteten Stamm TVIF-3H-9, dessen Resistenz vermutlich von den D-Chromosomen ausging, für widerstandsfähiger als 'Cappelle' (Beurteilung nach der Macer-Technik).

In Frankreich selektierte Maia die hexaploide Linie VPM 1 ((*A. ventricosa* x *Triticum persicum*) x 'Marne'³) aus Amphiploiden, die Ecochard rückgekreuzt hatte (MAIA 1967). Diese Linie war resistenter als 'Cappelle', sie zeigte aber nicht das Resistenzniveau von *A. ventricosa*; also war nur ein Teil der Widerstandsfähigkeit von *A. ventricosa* übertragen worden. Besonders deutlich wurde dies, wenn man die besten Linien von *A. ventricosa* (z.B. Stamm 11) mit dem Stamm VPM 1 verglich. Die Resistenzgene, die auf dem M^V-Genom liegen, ließen sich nur schwer übertragen. Diesbezügliche Untersuchungen wurden von DELIBES und GARCIA-OLMEDO (1973) vorgenommen.

2.4.2.3.1 Die Bedeutung von VPM 1 als Resistenzvererber

Der Vererber VPM 1 ((*A. ventricosa* x *T. persicum*) x *T. aestivum* cv 'Marne'³) besaß eine größere Widerstandsfähigkeit als 'Cappelle', sie war jedoch nicht so hoch wie diejenige von *A. ventricosa*. Später stellte sich heraus, daß bei der Entwicklung der VPM 1-Linien nicht der resistensteste Stamm von *A. ventricosa* verwendet worden war. Die VPM 1-Linien unterschieden sich im Wuchs; diese Erscheinung beruhte möglicherweise auf einer Chromosomeninstabilität und auf einer Heterozygotie (DOUSSINAULT et al. 1974). Es zeigte sich auch, daß nur 13 der 22 Linien im Keimlingsstadium resistenter als 'Cappelle' waren. Nur diese 13 Linien wurden von DOUSSINAULT et al. (1974) weiter verwendet. Zytologische Untersuchungen bestätigten deutlich die Chromosomeninstabilität des Materials. Die Resistenz aller 13 Linien war im Keimlingsstadium signifikant höher als diejenigen von 'Cappelle', während dies im späten Entwicklungsstadium nur bei 9 VPM 1-Linien der Fall war. VANDAM und DEFOSSE (1974) konnten zudem feststellen, daß das Resistenzniveau der VPM 1-Linien unter starkem Infektionsdruck um 40-50 % höher lag als dasjenige der besten Weizensorten. Das VPM 1-Material zeichnete sich auch durch eine erhöhte Widerstandsfähigkeit gegenüber Mehltau, Rost und Spelzenbräune aus.

Als agronomische Nachteile des VPM 1-Materials wurden die Anfälligkeit für das physiologische Lagern, die schwache Ferti-

tät der Ähre und die geringe Bestockung angesehen. Darüber hinaus hatten diese Linien eine geringe Ertragsleistung, obwohl das Korn im Vergleich zu 'Cappelle' größer war. Der Proteingehalt glich mindestens dem der Sorte 'Cappelle'; ähnliche Tendenzen zeigten die Backqualitäten beim "Zeleny"-Test und beim "L'alvéographe Chopin" (DOUSSINAULT et al. 1974). Eine Verbesserung der Eigenschaften von VPM 1-Linien sollte angestrebt werden. Hierfür würden sich einmal die Mutagenbehandlung und zum anderen die Rückkreuzung mit hexaploiden (6x) Weizen eignen.

DOUSSINAULT et al. (1974) fanden, daß nach nur einem Selektionszyklus (Rückkreuzung mit anschließender Selektion) die interessanten Merkmale von VPM 1 auf anbaufähige Sorten übertragen werden konnten. Dabei ergaben sich folgende Probleme:

1. Bei einer Bewertung der Befallssymptome nach der Macer-Technik, die bekanntlich im Jugendstadium durchgeführt wird, konnte man keine Nachkommenschaft erhalten.
2. Um ein hohes und möglichst gleichmäßiges Infektionsniveau zu erreichen, sind nicht nur gute Infektionsmethoden, sondern auch Bestandesdichten von mindestens 200-250 Pflanzen/m² erforderlich.

Die klassische Pedigree-Selektionsmethode unter den französischen Zuchtgartenbedingungen erwies sich infolgedessen als nicht zweckmäßig (DOSBA und DOUSSINAULT 1973). Es müßte vielmehr eine Methode entwickelt werden, die eine Resistenzbeurteilung von aufspaltendem Material zuließ. ECOCHARD und MANSAT (1958) führten bei starker künstlicher Infektion eine Massenauslese auf eine hohe Tausendkornmasse (TKM) durch, die aber wegen ihrer Einseitigkeit als nachteilig angesehen wurde (PONCHET 1959). Ein geeignetes Kriterium für eine Massenselektion wäre hingegen das Korngewicht pro Ähre, weil es TKM und Kornzahl/Ähre umfaßt, die beide bei einem *P. herpotrichoides*-Befall reduziert werden können.

Ein sehr ernstes Problem ist die Wirtsspezialisierung des Erregers. SCOTT et al. (1976) wiesen darauf hin, daß der Pilz sich häufiger auf bestimmte Gattungen und Arten zu spezialisieren scheint als auf einzelne Sorten. Als Beispiel sei nochmals auf die Differenzierung in W- und R-Typen hingewiesen. Die Möglichkeit einer weiteren Wirtsspezialisierung so ähnlich wie bei

A. squarrosa veranlaßt viele Autoren, A. ventricosa- und VPM 1-Linien immer wieder neu zu überprüfen (DOSBA und DOUSSINAULT 1977, SCOTT et al. 1976, VANDAM und DEFOSSE 1974).

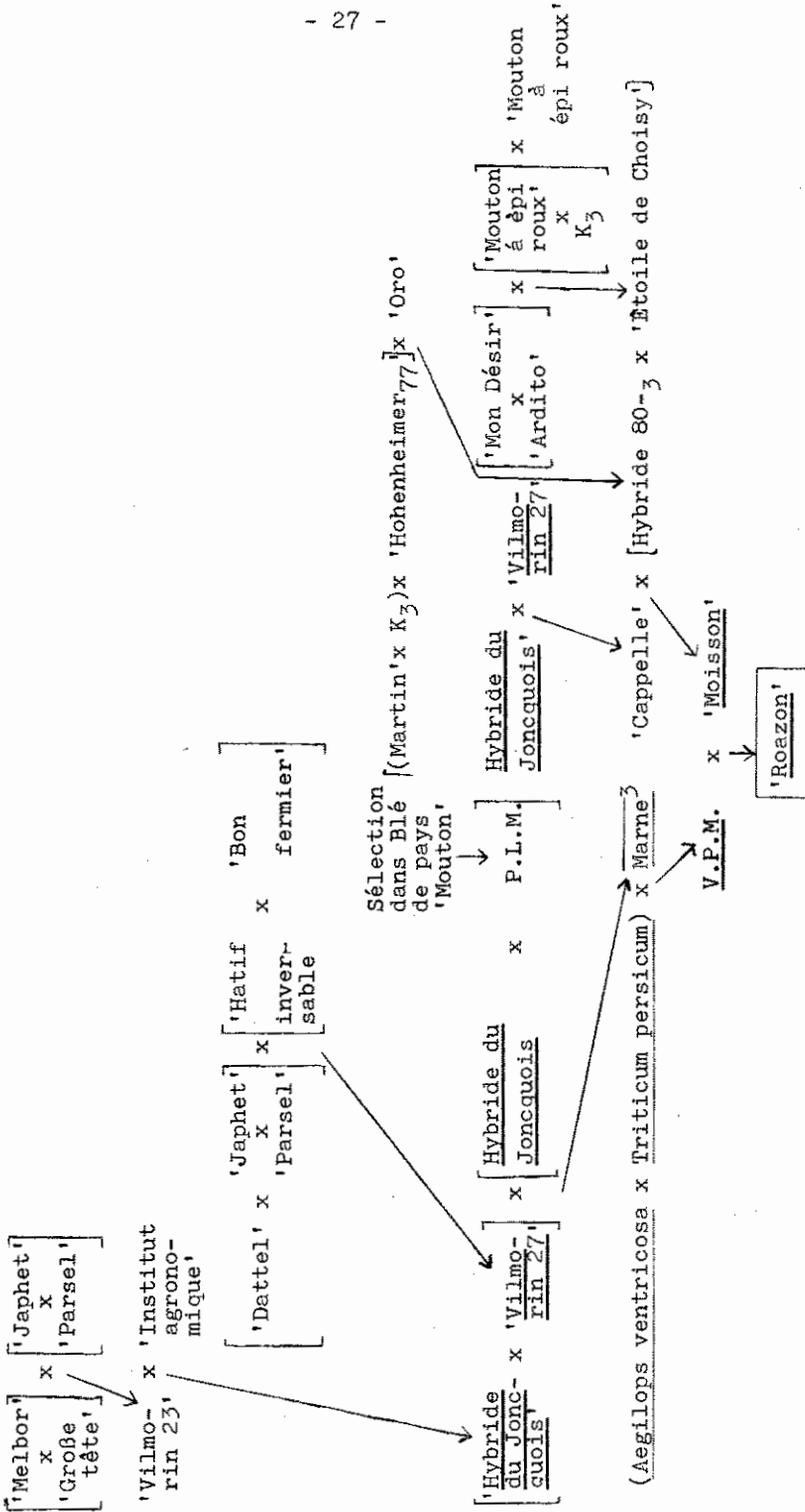
Bisher konnte bei A. ventricosa noch keine Durchbrechung der Resistenz festgestellt werden, obwohl horizontale Unterschiede vorhanden waren; z.B. erwiesen sich in allen Untersuchungen die Linien A. ventricosa Nr. 11 und VPM 1.1.1.2.R4 als am widerstandsfähigsten. Aus der Kreuzung des Hybriden VPM 1 mit 'Moisson' ging die Sorte 'Roazon' hervor (s. Tabelle 7), bei der nur ein Teil der Resistenz übertragen worden ist. Folgende Überlegungen führten dazu, nach weiteren Möglichkeiten zur Resistenzverbesserung zu suchen:

1. Weil die einzigen Resistenzvererber gegenüber dem Erreger der Halmbruchkrankheit in Frankreich aus Kreuzungen mit VPM 1 entstanden sind, könnte eine Wirtsspezialisierung von *P. herpotrichoides* begünstigt werden.
2. Bei der Kreuzung A. ventricosa x *T. persicum* wurde nur ein Teil der Resistenzgene übertragen.
3. Es ist für den VPM 1-Stamm nicht die beste A. ventricosa-Linie verwendet worden.
4. Durch die Brückenkreuzung wurden auch schlechte Eigenschaften des tetraploiden (4x) Weizens mit übertragen.

2.4.2.3.2 Neuere Möglichkeiten zur Ausnutzung der Aegilops ventricosa-Resistenz

Als eine erste Möglichkeit bot sich die Ausnutzung der Informationen des M^V -Genoms von A. ventricosa an, weil bisher nicht ausgeschlossen werden konnte, daß Resistenzgene auf dem M^V -Genom vorhanden waren. Ob eine Verbesserung über das Resistenzniveau von VPM 1 hinaus möglich ist, sollten Untersuchungen von M^V -Additionslinien (6x Weizen x A. ventricosa) zeigen. So stellten DOSEBA und DOUSSINAULT (1977) an den Linien 208 und 212 fest, daß die Resistenz teilweise mit den M^V -Chromosomen verbunden war. Außerdem wiesen DOUSSINAULT und DOUAIRE (1978) nach, daß das A. ventricosa-Cytoplasma offensichtlich die Widerstandsfähigkeit förderte.

Tabelle 7: Stammbaum der Winterweizensorte 'Roazon' (nach BOURGEOIS et al. 1978)



Die bisher vorliegenden Ergebnisse waren zu unvollständig, als daß man konkrete Aussagen vornehmen konnte. Auch müßte in diesem Zusammenhang die Optimierung von homoeologen Rekombinationen angesprochen werden; denn nur aufwendigere Zuchtmethoden als die bisher verwendeten werden es möglich machen, die evtl. vorhandenen genetischen Informationen des M^V -Genoms zu übertragen. DOSBA und DOUSSINAULT (1977) berichteten z.B. auch, daß (T. aestivum cv 'Moisson' x A. ventricosa Nr. 11) x T. aestivum cv 'Courtot mono 5B' in der Nachkommenschaft Linien erbrachte, die ein signifikant besseres Resistenzniveau besaßen als VPM 1. Zur Zeit sind noch Untersuchungen im Gange, die die Ausnutzung des M^V -Genoms in naher Zukunft optimieren werden.

Für eine schnellere Übertragung der Resistenzeigenschaften sollte die direkte Kreuzung des hexaploiden (6x) Weizens mit A. ventricosa sorgen. DOSBA und CAUDERON (1972) berichteten von der Kreuzung T. aestivum cv 'Moisson' x A. ventricosa spp. comosa Coss. und Dur., die aufgrund der ungenügenden Fertilität und dem damit verbundenen geringeren Kornansatz als weniger erfolgversprechend eingestuft wurde. Weiterhin kamen DOSBA und CAUDERON (1972) durch ein Studium des Verhaltens vom Hybriden T. aestivum x A. ventricosa u.a. zu dem Ergebnis, daß das D-Genom von A. ventricosa mit dem von T. aestivum nicht so eng verwandt war wie das von A. squarrosa.

Eine weitere vielversprechende Möglichkeit besteht darin, mit einer ähnlichen Brückenkreuzung zu arbeiten wie sie zur Entstehung von VPM 1 benutzt wurde, wobei jedoch andere A. ventricosa-Stämme, andere tetraploide (4x) und hexaploide (6x) Weizen verwendet werden müßten. Bisher waren nur drei Kreuzungen wirklich erfolgreich, wobei jedoch aufgrund der starken Selektion auf zytologische Ausgewogenheit möglicherweise Resistenzeigenschaften verloren gegangen sind:

1. (A. ventricosa 10 x T. dicoccum 802) x 'Cappelle', DC
2. (A. ventricosa x T. turgidum) x 'Moisson', TM
3. (A. ventricosa x T. turgidum) x 'Cappelle', TC

Nur die vier Linien $DC^2 8_4U_{3.3.7.2}$, $DC^2 8_4U_{3.3.12.5}$

$DC^2 8_4U_{3.3.12.6}$ und $TC^2 6U_{4.1.6.6}$ übertrafen die beste VPM

1-Linie, und zwar 1976 im späten Entwicklungsstadium und 1977 im Keimlingsstadium. In diesen vier Linien wurde immer die Sorte 'Cappelle' verwendet; man kann davon ausgehen, daß 'Cappelle' das Resistenzniveau verbessert hat und daß transgressive Aufspaltungen möglich gewesen sind (DOUSSINAULT und DOUAIRE 1978).

Die gleichen Autoren fanden bei den von ihnen verwendeten VPM 1-Linien im Keimlingsstadium eine signifikant bessere Resistenz als bei 'Cappelle', im späten Stadium allerdings nicht mehr. Die Kreuzung von VPM 1 mit 9 verschiedenen Weizensorten sollte eine Verbesserung dieser Resistenz auch bei vollentwickelten Pflanzen bringen; jedoch hat nur die Einkreuzung von 'Cappelle' die erhoffte Wirkung gebracht. Die Autoren sind trotzdem optimistisch, Linien zu selektieren, die während der gesamten Vegetationszeit resistent sind.

3 Gaeumannomyces graminis

3.1 Name und Wirtsspezialisierung

Der Pilz *Gaeumannomyces graminis* (Sacc.) v. Arx et Olivier wird heute noch häufig *Ophiobolus graminis* genannt. Diesen Namen erhielt die Fußkrankheit von Roumeguère und Saccardo (*Revue Mycologique* 3:45, 1881). Im Jahre 1952 wurde der Erreger der Schwarzbeinigkeit von Arx und Olivier umbenannt und im Jahre 1973 von Walker genauer aufgrund der Struktur der Perithezien, Asci, Ascosporen und Hyphopodien untersucht (WALKER 1973).

Es werden folgende drei Varietäten unterschieden:

G. graminis var. *tritici*, *G. graminis* var. *graminis* und *G. graminis* var. *avenae*. Die gewöhnliche und für den Weizenzüchter bedeutsamste Varietät ist *G. graminis* var. *tritici*. Als Wirte kommen hauptsächlich *Triticum*, *Hordeum*, *Secale* und *Agropyron* in Frage. Weizen wird von dieser Varietät am stärksten, Gerste schwächer und Roggen am wenigsten befallen. Erwähnenswert ist die Tatsache, daß es innerhalb der Varietät *G. graminis* var. *tritici* beachtliche Pathogenitätsunterschiede gibt (MIELKE 1974).

Die Varietät *G. graminis* var. *avenae* befällt den Hafer. Diese Form, die nicht in allen Ländern vorkommt, ist sicherlich bei der Beurteilung der Haferresistenz und im Zusammenhang mit Fruchtfolgefragen wichtig.

Die dritte Varietät *G. graminis* var. *graminis* ist kaum pathogen, und sie kommt ebenfalls nicht in allen Ländern vor (NILSSON 1972). Für die Weizenzüchtung sollte festgehalten werden, daß *G. graminis* var. *tritici* der entscheidende Pilz ist und daß er sich nicht weiter spezialisiert hat.

3.2 Infektion und Schäden durch *Gaeumannomyces graminis* an Weizen

Der Pilz *G. graminis* breitet sich mit Hilfe von bräunlichen Lauffhyphen auf der Oberfläche von Wurzeln aus. Befallene Stoppeln bilden die Ausgangsbasis für eine Inokulation. Die eigentlichen Infektionsorgane sind die farblosen Infektionshyphen, die sich von den Lauffhyphen aus in die Wurzeln hinein ausbreiten. Sie dienen dem Pilz zur Nahrungsaufnahme und zerstören dabei das Wurzelgewebe, so daß die Nährstoffversorgung der befallenen Pflanzen nicht mehr gesichert ist. Dies tritt natürlich insbesondere dann in Erscheinung, wenn der Neuzuwachs an gesunden Wurzeln nachläßt. *G. graminis* verursacht Vermorschungen und Schwärzungen der Wurzeln und Halmbasen (Schwarzbeinigkeit). Als Folgesymptome treten verkümmerte Pflanzen, Weißährigkeit und Schwärzepilze auf. Eine Bestandesausdünnung bei entsprechendem Herbstbefall des Winterweizens ist nicht auszuschließen (OBST 1971, MIELKE 1974). Der Schaden durch *G. graminis* kann beim Weizen sehr erheblich sein; Ertragsverluste von mehr als 40 % wurden festgestellt (MIELKE 1974).

3.3 Methoden der künstlichen Infektion und Resistenzbeurteilung

Die Suche nach Resistenz gegen *G. graminis* machte es notwendig, die zu untersuchenden Pflanzen möglichst gleichmäßig mit dem Pilz zu infizieren. Diese Voraussetzungen sind nur bei künstlicher Infektion erfüllt. In Tabelle 8 werden die bekanntesten Methoden aufgeführt. Darüber hinaus werden Beurteilungskriterien genannt, um die Resistenz der Weizensorten und -stämme abschätzen zu können.

3.4 Suche nach geeigneten Resistenzvererbern für die Weizenzüchtung

Neuere Literatur über die Resistenz gegen *G. graminis* ist kaum vorhanden, dagegen sind die Aussagen der älteren sehr umfangreich, wenn auch widersprüchlich, wobei oft ungenaue Angaben über die Anfälligkeit von Sorten und über Wechselwirkungen mit

Gaeumannomyces-Infektion und Resistenzbeurteilung

Infektionsmethode	Resistenzbeurteilung
<ul style="list-style-type: none">- in "Kulturröhren" herangewachsene Pflanzen werden mit gut vom Mycel durchwachsenen Haferkörnern beimpft, die mit einer Pinzette an die mittl. Sämlingswurzel 3 cm unterhalb des Sämlingskornes gelegt werden S.91, 1973b- Pflanzen werden in halbgelüllte Mitscherlichgefäße über einer 0,5 cm dicken Schicht der beimpften Vermiculite angepflanzt,....- (natürlich verseuchte Böden)	<p>Die Beurteilung der Pflanze (bei ca. 2 facher Vergrößerung) wird an folgenden Organen vorgenommen: Sämlingswurzeln, Kronenwurzeln, Halmbasis sowie für die Pflanze insgesamt. Die Einteilung der Gesamtpflanze erfolgt nach einem genauen Befallsschema (s. S.503, 1969) mit den Klassen $x_i = 0,1,2,3,4$.</p> <p>Der Krankheitsindex errechnet sich wie folgt:</p> $\bar{x} = \frac{100 \cdot (x_i \cdot f_i)}{4 \cdot n} \%$ <p>f = Häufigkeit dieser Klassenzahlen, n = untersuchte Pflanzenanzahl;</p> <p>Die Bestimmung des Krankheitsindex für die drei zu untersuchenden Organe (s.o.) erfolgt ähnlich; die Anzahl der Perithezien auf diesen Organen und weitere Merkmale werden ebenfalls noch von Nilsson ermittelt.</p>
<ul style="list-style-type: none">- im Gewächshaus werden Pflanzen in Töpfen herangezogen, die zum Teil mit diesem Impfmateriäl (Ksoil-Weizenstrohmehl) gefüllt sind; bei den Kontrollen war dieses Gemisch autoklaviert worden, SKOU II, S.118 f/LINDE-LAURSEN et al. S.201-202	<p>Die Pflanzen werden nach folgendem Schema bonitiert:</p> <p>0 = Wurzeln ohne Symptome, 1 = 0-10 % 5 = 75-100 % verfärbte Wurzelmasse;</p> <p>Die Trockenmasseproduktion, getrennt nach Wurzel- und Sproßmasse, wird ebenfalls bestimmt.</p>
<ul style="list-style-type: none">- Infektion durch ein Korn-Sand-Gemisch, das direkt vor der Aussaat im Feld oder im Gewächshaus in einer Schicht von 1,5 - 2,0 cm ausgebracht wird (S. 6); Kontrolle: unbeimpfte Haferkörner	<p>Nach zwei Boniturskalen (eine für Gewächshausversuche, die andere für Freilandversuche), die das Ausmaß der Schädigung von Wurzeln/Pflanzenbasis bewerten, erhält jede Pflanze eine Befallszahl zwischen 1-9 ----- Durchschnittswert für die Sorte ----- wird nach einer Umrechnungstabelle in einen "Befallswert in %" umgerechnet.</p>

anderen Pilzen gemacht wurden (NILSSON 1969). In dem folgenden Kapitel werden neuere Ergebnisse durch ausgewählte ältere Literatur ergänzt.

3.4.1 Resistenzunterschiede innerhalb der Art *Triticum aestivum*

Die Tatsache, daß Weizen von *G. graminis* var. *tritici* am stärksten, Gerste weniger, Roggen nur wenig und Hafer überhaupt nicht befallen und geschädigt wird, ist allgemein anerkannt worden (NILSSON 1969). Auch wurde das Fehlen einer totalen Resistenz gegen die Schwarzbeinigkeit immer wieder bestätigt (NILSSON 1969, MIELKE 1974). Es sind von der Mehrheit der Autoren keine bedeutenden und züchterisch ausnutzbaren Resistenzunterschiede innerhalb der *Triticum*-Arten festgestellt worden. Die Ursachen hierfür dürften in dem verhältnismäßig großen Wirkkreis des Erregers und in der unspezifischen Art seines Infektionsmechanismus liegen (HALLORAN 1974). Dennoch versuchte NILSSON (1969) über eine Resistenz gegen das Eindringen des Pilzes und über eine Toleranz gegen Infektionsschäden eine Resistenzzüchtung sowohl auf natürlich verseuchten Feldern als auch mit Hilfe künstlicher Infektionen durchzuführen (NILSSON 1969, 1973a und 1973b). NILSSON (1969) konnte feststellen, daß Winterweizen stärker von *G. graminis* geschädigt wurde als Sommerweizen; weiterhin fand er Sortenunterschiede in der Anfälligkeit von Winter- und Sommerweizen. Diese Unterschiede beruhen in der Stärke der Hyphenausbreitung an Wurzeln und Halmbasen. Einen Einfluß übte vermutlich auch die Wurzelproduktion bzw. -regeneration aus (NILSSON 1972). Die stärkere Schädigung des Winterweizens ist nach NILSSON (1969) auf seine höhere Anfälligkeit im Vergleich zum Sommerweizen zurückzuführen. Zudem hatte der Winterweizen unter *G. graminis* länger zu leiden als der Sommerweizen (NILSSON 1969, JENSEN und JØRGENSEN 1973). MIELKE (1974) stellte demgegenüber fest, daß bei Sommerweizen in Feldversuchen eine höhere Anfälligkeit vorlag als bei Winterweizen. Die Ursache hierfür mag in der Bodenlockerung bei der Bestellung und in der dadurch schnelleren Erwärmung des Bodens gelegen haben, so daß eine beschleunigte Ausbreitung von *G. graminis* erfolgte (s. auch MIELKE und KNOTH 1976).

Eine Bestätigung für das Vorhandensein beachtlicher Unterschiede in der Anfälligkeit zwischen den Weizensorten findet sich bei MATTSON (1969). Der Autor führte die Resistenz- und Toleranzun-

terschiede auf die verschiedene Regenerationsfähigkeit der Wurzeln zurück (MATTSON 1973). Ähnlich begründete ASHER (1972, zit. nach SKOU 1975) die unterschiedliche Anfälligkeit von Gerste und Weizen. Gleiche Beobachtungen machte SKOU (1975) am Roggen, der anscheinend aufgrund seines großen Wurzelregenerationsvermögens weniger anfällig gegenüber *G. graminis* war als der Weizen. Bei ihren Resistenzuntersuchungen mit Weizensorten stellten JENSEN und JØRGENSEN (1973), MIELKE (1974) sowie MIELKE und KNOTH (1976) im Gegensatz zu NILSSON (1969) und MATTSON (1969, 1973) fest, daß es zwar kleine Resistenz- bzw. Toleranzdifferenzen zwischen den Weizensorten und -stämmen gab (teilweise sogar signifikant), aber sie spielten sich in einem hohen Befallsbereich ab und waren nicht in allen Jahren und Versuchen reproduzierbar.

Schon in früheren Resistenzuntersuchungen hatte WINTER (1949) festgestellt, daß es beim Weizen altersabhängige Sortenunterschiede hinsichtlich der *Gaeumannomyces*-Anfälligkeit gab; im Jugendstadium war z.B. die Sorte 'Rimpaus Braunweizen' am resistentesten, im späten Entwicklungsstadium dagegen die Sorte 'Salzmünder Standard'. Der gleiche Autor folgerte aus diesen Versuchen, daß sich eine sinnvolle Sortenbeurteilung über eine gesamte Vegetationsperiode erstrecken müßte. BOCKMANN (1966) griff diese Anregung auf, ging aber mit seinen Folgerungen nicht ganz so weit: Sortenuntersuchungen sollten sich auf die Toleranz gegen den Schaden erstrecken und weniger auf Befallsuntersuchungen, da nicht feststand, ob mögliche Resistenzunterschiede im Befall auch Ertragsabweichungen ausmachen sowie Unterschiede in der Notreife (Weißährigkeit) bewirkten.

Eine weitere Untersuchungsmethode empfahl NILSSON (1969), in der er die Resistenz gegen das Eindringen des Erregers berücksichtigte. Diese Methode war aber noch recht unsicher und darüber hinaus sehr kompliziert. Mit den einfachen, aber dennoch sorgfältigen Methoden, wie sie von JENSEN und JØRGENSEN (1970), LINDE-LAURSEN et al. (1973) sowie MIELKE (1974) angewandt wurden, ließen sich diese Sortenunterschiede nicht reproduzieren.

In den Ann. Reports (1974, 1975 u. 1977) des Plant Breeding Institute, Cambridge, fanden sich ebenfalls Angaben über Resistenzuntersuchungen, hauptsächlich mit Winterweizen, gegen den Erreger *G. graminis*. Hier wurden die Auffassungen von NILSSON (1969)

und MATTSON (1969) bestätigt, daß es signifikante Sortenunterschiede hinsichtlich der Gaeumannomyces-Anfälligkeit gab. Die resistentesten Sorten und Stämme waren in den einzelnen Jahren u.a.: VPM 1.1.2.1 (1971), Carstens VI und Carstens VIII, Minturk RL 2447 (1972) und M 6 - 5068 (1973). Diese am deutlichsten hervortretenden Abweichungen zwischen den Sorten waren jedoch Schwankungen unterworfen. Halbzweigweizen wurden stärker von *G. graminis* geschädigt als Weizensorten mit normaler Strohlänge. Es war sehr schwierig, Sortenunterschiede in der Resistenz gegen *G. graminis* mit Sicherheit festzustellen und noch schwieriger, diese in Züchtungsprogrammen auszunutzen. Demgegenüber bestehen nach MIELKE (1974) keine Aussichten, tolerante oder resistente Sorten zu züchten. In Cambridge wurde trotz der Ungewißheit über eine Vererbung der Resistenz hinsichtlich *G. graminis* versucht, durch Anhäufung von Genen mit vermutlicher, schwacher Resistenz eine Verbesserung der Sorten zu erreichen (Ann. Report 1972). Durch fortgesetzte Selektion hofft man, dem Ziel näher zu kommen (Ann. Reports 1976 und 1977).

In der Literatur wurde aber überwiegend berichtet, daß es keine entscheidenden Sortenunterschiede hinsichtlich der Resistenz/Toleranz gegen *G. graminis* gab. Es bleibt abzuwarten, ob NILSSON (1969 und 1972) die von ihm gefundenen Resistenz-/Toleranzfaktoren in einer Sorte zu kombinieren vermag. Auch sollten die Untersuchungen in Cambridge weiterhin beobachtet werden.

3.4.2 Resistenunterschiede innerhalb der Gattung Triticum

Um Resistenzquellen gegen *G. graminis* zu finden, wurden schon früh Arten der Gattung *Triticum* geprüft (zit. nach NILSSON 1969). Die meisten Autoren brachten zum Ausdruck, daß alle *Triticum*-Arten hochanfällig waren. Dagegen schrieb Cifferi (1944, zit. nach LINDE-LAURSEN et al. 1973 und NILSSON 1969) *Triticum monococcum* eine gute Resistenz gegenüber *G. graminis* zu; dies widersprach jedoch den Beobachtungen von NILSSON (1969), JENSEN und JØRGENSEN (1970) sowie LINDE-LAURSEN et al. (1973).

JØRGENSEN und JENSEN (1970) hatten in ihren Resistenzuntersuchungen u.a. auch einige andere Arten der Gattung *Triticum* getestet; sie kamen zu der Ansicht, daß diese ebenso anfällig waren wie der Großteil der getesteten Weizen- und Gerstensorten (*Triticum*

aestivum und *Hordeum vulgare*). Zu ähnlichen Ergebnissen kam MIELKE (1974) bei seinen Resistenzprüfungen mit verschiedenen *Triticum*-Arten. *Triticum aestivum* hatte einen durchschnittlichen Befallswert von 75,9; bei den übrigen *Triticum*-Arten wurden folgende Befallswerte erzielt:

<i>Triticum monococcum</i>	88,8	<i>Triticum dicoccoides</i>	79,2
<i>Triticum dicoccum</i>	78,8	<i>Triticum timopheevi</i>	86,8
<i>Triticum carthlicum</i>	83,5	<i>Triticum polonicum</i>	69,2

Auch bei JØRGENSEN und JENSEN (1970) wies *T. polonicum* den niedrigsten Durchschnittswert auf. In der älteren Literatur wurde diese Art dreimal als hochanfällig, fünfmal als mittelanfällig und zweimal als unklar eingestuft (zit. nach NILSSON 1969). Auffallend war bei der Betrachtung der Befallswerte von *Triticum aestivum*, daß es bei dieser Art Sorten gab, die besser waren als *Triticum polonicum*; jedoch konnten diese Unterschiede nur im hohen Befallsbereich festgestellt werden (MIELKE 1974). Im großen und ganzen ließen die Resistenzuntersuchungen erkennen, daß es kaum befriedigende Resistenzquellen innerhalb der Gattung *Triticum* gibt (s. auch HALLORAN 1974).

3.4.3 Resistenzzüchtung durch Gattungsbastarde

3.4.3.1 Die Bedeutung von *Secale cereale*

Da beim Roggen gegenüber *G. graminis* eine gewisse Resistenz und in den meisten Fällen eine Toleranz hinsichtlich des Schadens festgestellt wurde (MIELKE 1974), lag es nahe, Kreuzungen von Weizen x Roggen (Triticale) auf ihre Anfälligkeit gegen *G. graminis* zu prüfen. Triticale wurde von NILSSON (1969), LINDE-LAURSEN et al. (1973), HALLORAN (1974), MIELKE (1974) u.a. untersucht. NILSSON (1969) stellte bei zwei oktoploiden (8x) Triticale-Linien eine gleichhohe Anfälligkeit wie bei Weizen fest. MIELKE (1974) schätzt die Bedeutung von Triticale hinsichtlich der Resistenzeigenschaften gegen *G. graminis* ähnlich ein, denn die untersuchten Triticale tendierten in ihrer Anfälligkeit mehr zum Weizen als zum Roggen. Demgegenüber äußerten sich LINDE-LAURSEN et al. (1973) und HALLORAN (1974) positiv über die geringe Anfälligkeit von Triticale, die sie in Feldversuchen beobachteten. Bei neueren Untersuchungen in Cambridge wurden die Ergebnisse von LINDE-LAURSEN et al. (1973) bestätigt (Ann. Report 1977).

LINDE-LAURSEN et al. (1973) prüften 44 Triticale-Linien von sehr unterschiedlicher Herkunft; dabei konnten kaum Resistenzunterschiede festgestellt werden. Lediglich zwischen 6x und 8x Triticale-Linien waren bei hohem Befallsniveau geringe Abweichungen in der Anfälligkeit zu erkennen. Die 8x Triticale wurden weniger geschädigt, obwohl bei ihnen der Roggenchromosomenanteil niedriger lag. Ein Unterschied zwischen Sommer- und Wintertypen innerhalb der 6x bzw. 8x Triticale konnte nicht gefunden werden. Neben Triticale-Linien wurden auch Weizen-Roggen-Chromosomen-Additionslinien (Holdfast-King und Kharkov MC.22-Dakold) untersucht. Bei hohem Infektionsdruck konnten keine statistisch gesicherten Ertragsabweichungen zwischen den Additionslinien und den Weizensorten festgestellt werden. Signifikante Ertragsverluste wiesen hingegen die Weizensorten sowie die Additionslinien gegenüber den jeweiligen Triticale-Linien auf. Innerhalb der Additionslinien wurden einzelne geringe signifikante Unterschiede gefunden, die aber nicht reproduzierbar waren und somit keiner bestimmten Linie zugeschrieben werden konnten. Bei den Additionslinien aus Kanada (Kharkov MC.22-Dakold) war im ersten Versuch die Additionslinie I weniger stark geschädigt, jedoch zeigte sich in zwei weiteren Versuchen jeweils eine andere Additionslinie als weniger anfällig. Dies könnte u.a. auf eine fast gleichmäßige Verteilung der Resistenz/Toleranz des Roggens über alle 7 Roggenchromosomen hindeuten. Nicht unerwähnt sollte bleiben, daß die von LINDE-LAURSEN et al. (1973) geprüften Additionslinien (Holdfast-King II) aus England stammten und dort von RILEY und MACER (1966) untersucht worden sind. Im Gegensatz zu LINDE-LAURSEN et al. (1973) stellten sie an den Additionslinien mit den Roggenchromosomen I und VII eine geringere Schädigung und Ausbreitung des Befalls an den Halmbasen fest als bei den anderen Linien; dagegen war der Befall an den Wurzeln bei allen Additionslinien mittelstark bis stark. In Übereinstimmung mit HALLORAN (1974) kamen RILEY und MACER (1966) zu dem Schluß, daß die Resistenz des Roggens gegenüber *G. graminis* wahrscheinlich polygenetischer Natur ist.

Um das unterschiedliche Resistenz/Toleranzverhalten der Getreidearten gegenüber *G. graminis* erklären zu können, untersuchte SKOU (1975) das Regenerationsvermögen der Wurzeln; dabei beobachtete

er ein gleiches Verhalten von Triticale und Weizen bei der Wurzelbildung und Anfälligkeit. - Nach dem Studium der Literatur kann die Schlußfolgerung gezogen werden, daß bei Triticale und den Additionslinien kaum noch Resistenz gegen *G. graminis* vorhanden ist.

3.4.3.2 Die Bedeutung der Gattung Aegilops

Da die Gattung *Aegilops* ebenfalls mit Weizen kreuzbar ist, lag es nahe, auch sie auf ihre Resistenz gegenüber *Gaeumannomyces graminis* zu untersuchen. Mitte der 30er Jahre konnten FOEX und ROSELLA (1934) bei *Aegilops ventricosa*, *A. triuncialis* und *A. triaristata* eine geringere Anfälligkeit feststellen; LINDE-LAURSEN et al. (1973) untersuchten ein breites *Aegilops*-Spektrum mit Hilfe künstlicher Infektionen. Bei den diploiden *Aegilops*-Arten differierten die Bonitierungszahlen von 1,7 bis 5,0; bei der polyploiden *Aegilops*-Gruppe von 3,6 bis 5,0. Gerste (*Hordeum vulgare*) wies einen Wert von 2,8 und Weizen (*Triticum aestivum*) von 4,5 auf. Die diploiden *Aegilops*-Arten *A. bicornis* und *A. longissima* zeigten nur geringe Befallsschwankungen. Demgegenüber wurden bei zwei untersuchten *A. squarrosa*-Linien relativ große Befallsunterschiede festgestellt. Als brauchbar erwies sich unter den diploiden *Aegilops*-Arten nur die Linie *A. squarrosa* P I 276985 mit einer Befallsbonitur von 1,7. Als Amphiploid wurde von der Gattung *Aegilops* nur *A. ventricosa* x *T. triticum boeoticum* getestet. Der Wert lag zwischen denen der Elternlinien; allerdings stand zum Vergleich nur *T. monococcum* statt *T. boeoticum* zur Verfügung, was jedoch bei den geringen Schwankungen innerhalb der Gattung *Triticum* von untergeordneter Bedeutung war (LINDE-LAURSEN et al. 1973). Ebenso wie die vorgenannten Autoren hielt MIELKE (1974) es für aussichtslos, innerhalb der von ihm geprüften *Aegilops*-Arten eine Resistenz zu finden, da diese Arten sowohl im Freiland als auch im Gewächshaus genauso anfällig waren wie die untersuchten *Tr. aestivum*-Sorten.

3.4.3.3 Die Bedeutung von Haynaldia villosa

LINDE-LAURSEN et al. (1973) setzten Hoffnungen in *Haynaldia villosa*, deren Boniturwerte von 0,5 bis 2,0 schwankten und somit immer unter denen des Roggens lagen (2,1). Innerhalb der *Triticeae* schien *H. villosa* das höchste Resistenzniveau zu

besitzen. Im Gegensatz zu *A. squarrosa* ist die Variabilität der Einzelwerte bei *Haynaldia* auch relativ gering gewesen. Der getestete Amphiploid *Triticum dicoccum* x *Haynaldia villosa* nahm hinsichtlich des Befalls eine intermediäre Stellung zwischen *H. villosa* (0,8) und *T. dicoccum* (4,0) ein: die Werte betragen 3,0 und 2,5. Daraus ist zu ersehen, daß wie bereits bei *Triticale* eine Resistenzausdünnung auftrat. Da die züchterische Ausnutzung der *Haynaldia*-Resistenz mit fast den gleichen Problemen verbunden wäre wie beim Roggen, soll auf den vorangegangenen Abschnitt (Kapitel 3.4.3.1) verwiesen werden. Zusätzliche Probleme schafft die notwendige Brückenkreuzung mit 4x Weizen (s. HOFFMANN et al. 1970).

3.4.3.4 Die Bedeutung der Gattung *Agropyron*

Als eine weitere Möglichkeit zur Resistenzverbesserung des Weizens gegenüber *G. graminis* bot sich die Gattung *Agropyron* an. Dazu gibt es eine Vielzahl von Veröffentlichungen (NILSSON 1969, S. 436-442); in ihnen wird die Gattung *Agropyron* als mittelstark bis sehr anfällig beschrieben. Dazu zählt auch die Art *A. repens*, die bekanntlich das Überleben des Erregers auf dem Feld stark begünstigt. HALLORAN (1974), der eine Neu beurteilung von 31 *Agropyron*-Arten hinsichtlich der Resistenz gegenüber 4 Stämmen von *G. graminis* vornahm, stellte bei zwei Arten (*Agropyron caninum* und *Agropyron donianum*) ein relativ hohes Resistenzniveau fest, das jedoch geringfügig unter dem von *Secale cereale* lag.

Die systematische Einordnung von *A. donianum* schien nicht ganz einfach zu sein; HALLORAN (1974) hielt eine Abstammung dieser Art von *A. caninum* für möglich. *A. caninum* läßt sich allerdings nicht mit anderen Arten der Gattung *Agropyron* kreuzen. Zwischen *A. caninum* und einigen *Elymus*-Arten bestehen diese Schwierigkeiten jedoch nicht, woraus geschlossen wird, daß *A. caninum* eine "Stufenart" (gradational species) zwischen *Agropyron* und *Elymus* sein könnte (CAUDERON 1958, zit. nach HALLORAN 1974). Da gewisse *Elymus*-Arten sich auch mit 6x Weizen hybridisieren lassen, könnte mit Hilfe einer Brückenkreuzung versucht werden, die Resistenz von *A. caninum* einzukreuzen. Dazu muß einschränkend gesagt werden, daß die bisher untersuchten *Elymus*-Arten jedoch fast immer mittelstark bis stark anfällig gewesen sind.

4 Zusammenfassung

Resistenzzüchtung gegen *Pseudocercospora herpotrichoides* und *Gaeumannomyces graminis* beim Weizen.

In der Weizenzüchtung bestehen durchaus Möglichkeiten, die Resistenz gegenüber *Pseudocercospora herpotrichoides* zu verbessern. Die Einkreuzung von *Aegilops ventricosa* und die Entwicklung von VPM 1 lassen positive Ergebnisse hinsichtlich der Resistenz gegen *P. herpotrichoides* erwarten. Da bislang nur ein Teil der Resistenz von *A. ventricosa* eingekreuzt worden ist, sollten weitere Ansätze entwickelt werden, um die Ausnutzung der *A. ventricosa*-Resistenz zu optimieren. Die Ergebnisse innerhalb der Art *Triticum aestivum* sind dagegen nicht sehr vielversprechend: nur die Sorte 'Cappelle Desprez' erwies sich als brauchbar. Die Verwendung dieser Sorte sowie ständige Selektionen unter starken Infektionsbedingungen können zu einer Verbesserung der Resistenz gegen *P. herpotrichoides* beitragen. Aber es muß immer damit gerechnet werden, daß derartige Sorten unter ungünstigen Bedingungen auch Ertragsverluste aufweisen.

Hinsichtlich des Resistenzverhaltens gegenüber *Gaeumannomyces graminis* gibt es kaum Aussichten, tolerante oder resistente Weizensorten zu finden. Die Gattung *Aegilops* und daraus vor allem die Art *A. ventricosa*, die für die Resistenzzüchtung beim Weizen gegen *P. herpotrichoides* so geeignet war, brachte keine Verbesserung hinsichtlich der Resistenz gegen *G. graminis*. Auffallend ist die geringere Anfälligkeit des Roggens für *G. graminis*, die vermutlich mit dem hohen Regenerationsvermögen des Wurzelsystems in Zusammenhang steht. Allerdings dürfte eine Übertragung der wahrscheinlich durch mehrere Gene bedingten Roggenresistenz/-toleranz auf den Weizen sehr schwierig sein. Innerhalb der Gattungen, die sich mit *Triticum* kreuzen lassen, scheint *Haynaldia* das höchste Resistenzniveau zu besitzen. Jedoch war bei den Amphiploiden eine Verschlechterung im Resistenzverhalten durch Resistenzausdünnung - ähnlich wie bei *Triticale* - festzustellen. Viele der in Resistenzuntersuchungen erzielten Ergebnisse zeigen, daß die Getreidezüchtung noch recht weit davon entfernt ist, Sorten mit einer wirklich bedeutsamen Resistenz gegen *G. graminis* zu schaffen.

5 Summary

Breeding for resistance of wheat to *Pseudocercospora herpotrichoides* and *Gaeumannomyces graminis*.

There are definite possibilities to improve the resistance of wheat to *Pseudocercospora herpotrichoides* by selective breeding. Improvements can be expected following crosses with *Aegilops ventricosa* and the development of VPM 1. As only a part of the *A. ventricosa* resistance has so far been incorporated into the wheat, further experiments should be carried out in order to optimize this resistance potential. Results from within the species *Triticum aestivum* are, on the other hand, not very promising: only the cultivar 'Cappelle-Desprez' has proved itself to be useful. The use of this cultivar, in addition to a constant selection pressure under optimal infection conditions could lead to an improvement in the resistance to *P. herpotrichoides*. However, yield reductions with such a cultivar can also result under unfavourable conditions.

Conversely, there appears to be little chance of developing wheat cultivars which are tolerant or resistant to *Gaeumannomyces graminis*. The genus *Aegilops*, especially *A. ventricosa*, which has shown itself to be so important in the *P. herpotrichoides* resistance breeding programmes, has brought about no improvement in the level of *G. graminis*' resistance. The low susceptibility of rye to *G. graminis* is striking, which is probably connected with the high regeneration ability of the root system. As this resistance/tolerance is most probably determined by more than one gene, the transfer of this potential from rye to wheat will be very difficult. The species *Haynaldia* appears to have the greatest resistance potential. However, amphiploides were found to exhibit a reduced resistance, a result of resistance dilution. Results from resistance breeding programmes indicate that breeders have yet to develop wheat cultivars with a significant degree of resistance to *G. graminis*.

Für die kritische Durchsicht des Manuskriptes danken wir
Frau Ingrid Börngen

6 Literatur

- AMELUNG, D., FOCKE, I.: Untersuchungen zur Befallsverteilung und Witterungsabhängigkeit von *Cercospora herpotrichoides* Fron und *Ophiobolus graminis* Sacc. sowie deren Schadwirkung an Winterweizen. - Symposium mit internat. Beteiligung zur Schadüberwachung in der industriemäßigen Getreideproduktion 16.-18. 10. 1974 III Halle, 297-332, 1974.
- AURIAU, P., PLUCHARD, P., MASSERET, B.: Recherches sur la viguer hybride chez le blé I. Resultats d'essais réalisés en 1971-72 et 1972-73. - Ann. Amélior. Plantes 25, 177-199, 1975.
- BATEMAN, G.L., TAYLOR, G.S.: Seedling infection of two wheat cultivars by *Pseudocercospora herpotrichoides*. - Trans. Brit. Mycol. Soc. 67, 95-101, 1976a.
- BATEMAN, G.L., TAYLOR, G.S.: Significance of the coleoptile in establishment of seedling infection on wheat by *Pseudocercospora herpotrichoides*. - Trans Brit. Mycol. Soc. 67, 513-514, 1976b.
- BOCKMANN, H.: Künstliche Freilandinfektionen mit den Erregern der Fuß- und Ährenkrankheiten des Weizens. I. Vorbereitung und Durchführung der Freilandinfektionen sowie deren Neben- und Nachwirkungen. - Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd. (Braunschweig) 10, 153-156, 1962.
- BOCKMANN, H.: Zur Frage der Sortenresistenz des Weizens gegen die Fußkrankheiten. - Z. Pflanzenkrankh. Pflanzensch. 73, 513-522, 1966.
- BOCKMANN, H., MIELKE, H.: Zur Alternative Winterweizen - Sommerweizen bei Gefahr durch Halmbruchkrankheit (*Cercospora herpotrichoides* Fron). - Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd. (Braunschweig) 24, 161-163, 1972a.
- BOCKMANN, H., MIELKE, H.: Künstliche Feldinfektionen an verschiedenen Weizensorten mit *Septoria nodorum* Berk., *Ophiobolus graminis* Sacc. und *Cercospora herpotrichoides* Fron. Z. Pflanzenzücht. 68, 322-332, 1972b.

- BOCKMANN, H., MIELKE, H.: Zur Biologie und Epidemiologie der Halmbruchkrankheit. - Aktuelles aus Acker- und Pflanzenbau 6, 97-100, 1975.
- BOURGEOIS, F., DOSBA, F., DOUAIRE, G.: Analyse et identification des translocations réciproques présentes chez le géniteur V.P.M. et les variétés "Marne", "Moisson" et "Roazon". - Ann. Amélior. Plantes 28, 411-429, 1978.
- BRANDES, W., HEITFUSS, R.: Nebenwirkungen von Herbiziden auf Erysiphe graminis und Cercospora herpotrichoides an Weizen. II. Physiologie und biochemische Ursachen des veränderten Befalls der Pflanzen. - Phytopathol. Z. 72, 34-52, 1971.
- DEFOSSE, L.: Recherches histochimiques sur la pénétration du Cercospora herpotrichoides Fron dans les gaines foliaires des céréales. - Phytopathol. Z. 70, 1-10, 1971.
- DEFOSSE, L., DEKEGEL, D.: Pénétration de Cercospora herpotrichoides Fron (Pseudocercospora herpotrichoides (Fron) Deighton) dans le coléoptile du froment (Triticum vulgare) observée en microscopie électronique. - Ann. Phytopathol. 6, 471-474, 1974.
- DEFOSSE, L., VANDAM, J.: La sensibilité du genre Triticum au Cercospora herpotrichoides Fron II. 1. Sélection d'espèces moins sensibles. 2. Résultat d'une hybridation interspécifique: T. aethiopicum x T. vulgare (Jufy). - Bull. Rech. Agron Gembloux 4, 411-419, 1969.
- DEIGHTON, F.C.: Studies on Cercospora and allied genera. IV. - Mycol Pap. (Kew) 133, 1-62, 1973.
- DELIBES, A., GARCIA-OLMEDO, F.: Biochemical evidence of gene transfer from the M^V genome of Aegilops ventricosa to hexaploid wheat. - Fourth Intern. Wheat Genet. Symp. 161-166, 1973.
- DOSBA, F., CAUDERON, Y.: A new interspecific hybrid: Triticum aestivum ssp. vulgare x Aegilops ventricosa. - Wheat Information Service 35, 22-24, 1972.
- DOSBA, D., DOUSSINAULT, G.: Resistance to eyespot (Cercospora herpotrichoides) introduced to bread wheat from Aegilops ventricosa. - Fourth Intern. Wheat Genet. Symp. 409-414, 1973.
- DOSBA, F., DOUSSINAULT, G.: Introduction into wheat of the resistance to eyespot in Aegilops ventricosa. - Proc. 8th Eucarpia Congr., Madrid 99-107, 1977.

- DOSBA, F., DOUSSINAULT, G.: Création de lignées de blé présentant les caractéristiques agronomiques favorables d'*Aegilops ventricosa*. - Ann. Amélior. Plantes 28, 27-44, 1978.
- DOUSSINAULT, G.: Problèmes posés par l'amélioration de la résistance du blé tendre vis-à-vis du piétin-verse, *Cercospora herpotrichoides* Fron. - Ann. Amélior. Plantes 20, 433-452, 1970.
- DOUSSINAULT, G.: Comportement de 12 variétés de blé tendre vis-à-vis du piétin-verse (*Cercospora herpotrichoides* Fron). Conséquences pour la sélection. - Ann. Amélior. Plantes 23, 333-346, 1973.
- DOUSSINAULT, G., DOSBA, F.: An investigation into increasing the variability for resistance to eyespot in wheat. - Z. Pflanzenzücht. 79, 122-133, 1977.
- DOUSSINAULT, G., DOUAIRE, G.: Analyse d'un croisement diallele chez le blé tendre pour l'étude de la résistance au piétin-verse (*Cercospora herpotrichoides* Fron). - Ann. Amélior. Plantes 28, 479-491, 1978.
- DOUSSINAULT, G., KOLLER, J., TOUVIN, H., DOSBA, F.: Utilisation des géniteurs VPM 1 dans l'amélioration de l'état sanitaire du blé tendre. - Ann. Amélior. Plantes 24, 215-241, 1974.
- ECOCHARD, R., MANSAT, P.: Une sélection massale est-elle applicable à la recherche d'un blé tendre peu sensible au piétin-verse. - Ann. Amélior. Plantes 8, 329-338, 1958.
- EVANS, M.E., RAWLINSON, C.J.: A method for inoculating wheat with *Cercospora herpotrichoides*. - Ann. Appl. Biol. 80, 339-341, 1975.
- EVANS, M.E., RAWLINSON, C.J.: Stem sugars: a possible factor affecting the resistance of wheat to *Pseudocercospora herpotrichoides*. - Phytopathol. Z. 89, 37-43, 1977.
- FEHRMANN, H., MENDGEN, K.: Ultrastruktur von Weizenkoleoptilzellen nach Infektion mit *Cercospora herpotrichoides*. - Phytopathol. Z. 83, 267-280, 1975.
- FOEX, ET., ROSELLA, ET.: Les piétin du blé. - Revue de Pathologie Végétale et d'Entomologie Agricole de France, Paris 21, 9-14, 1934.

- FRAUENSTEIN, K., ROSKOTHEN, P.: Eine Keimrollenmethode zur Prüfung von Weizenjungpflanzen auf Resistenz gegen *Cercospora herpotrichoides* Fron. - Arch. Phytopathol. Pflanzensch. 15, 147-148, 1979.
- FROMM, R., FELTZ, H.: Stroh als Infektionsquelle für Fußkrankheiten an Sommerweizen.-Z. Pflanzenkrankh. Pflanzensch. 83, 584-590, 1976.
- HALLORAN, G.M.: *Ophiobolus graminis* resistance in the genera *Agropyron* and *Secale* and its possible significance to wheat breeding. - Euphytica 23, 225-235, 1974.
- HÄNSSLER, G.: Zur Bildung pektolytischer und cellulolytischer Enzyme durch *Cercospora herpotrichoides* Fron. I. Voraussetzungen der Enzymproduktion in einer Nährlösung. - Phytopathol. Z. 77, 1-19, 1973.
- HARTZ, P.: Die Anfälligkeit verschiedener Gramineen gegen *Cercospora herpotrichoides* Fron im Hinblick auf die Fruchtfolgezusammenhänge bei der Halmbruchkrankheit des Weizens. - Mitt. Biol. Bundesanst. Land-Forstwirtschaft. Berlin-Dahlem 135, 3-38, 1969.
- HOFFMANN, W., MUDRA, A., PLARRE, W.: Lehrbuch der Züchtung landwirtschaftlicher Kulturpflanzen. Bd. 2: Spezieller Teil. - Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg. S. 33, 1970.
- HOESER, K., WENISCH, K., OPPITZ, K.: Die Entwicklung der wichtigsten deutschen Winterweizen-Marktsorten und ihr genetischer Hintergrund. - Bericht über die Arbeitstagung der Arbeitsgemeinschaft der Saatzuchtleiter (Österreich) 31-49, 1975.
- S'JACOB, J.C.: II. Oogvlekkenziekte (voetziekte) (*Cercospora herpotrichoides* Fron) van tarwe. - Sticht. Nederlands Graan-Centrum, Wageningen, 3-42, 1966.
- JENSEN, H.P., JØRGENSEN, J.H.: Studies on the take-all fungus, *Gaeumannomyces graminis*. III. Interactions between fungal isolates and cereal species and varieties. - Kgl. Vet.-og. Landbohøjsk Arsskr. 210-220, 1970.
- JENSEN, H.P., JØRGENSEN, J.H.: Reactions of five cereal species to take-all fungus, *Gaeumannomyces graminis* in the field. - Phytopathol. Z. 78, 193-203, 1973.

- JØRGENSEN, J.H., JENSEN, H.P.: Screening of cereal species and varieties for resistance to the take-all fungus, *Gaeumannomyces graminis*. - Z. Pflanzenzücht. 63, 323-332, 1970.
- KIMBER, G.: The incorporation of the resistance of *Aegilops ventricosa* to *Cercospora herpotrichoides* into *Triticum aestivum*. - J. Agric. Sci. 68, 373-376, 1967.
- KLASEN, M.: Gegen Fußkrankheiten resistente Weizensorten. - Landw. Z. Rheinland 143, 1869-1871, 1976.
- LANGE-DE LA CAMP, M.: Gewächshausinfektionen mit *Cercospora herpotrichoides* Fron. - Z. Pflanzenzücht. 41, 294-304, 1959.
- LANGE-DE LA CAMP, M.: Die durch *Cercospora herpotrichoides* Fron hervorgerufenen Schäden. - Albrecht Thaer-Archiv 4, 91-119, 1960.
- LANGE-DE LA CAMP, M.: Die Wirkungsweise von *Cercospora herpotrichoides* Fron, dem Erreger der Halmbruchkrankheit des Getreides. I. Feststellung der Krankheit. Beschaffenheit und Infektionsweise ihres Erregers. - Phytopathol. Z. 55, 34-66, 1966 a.
- LANGE-DE LA CAMP, M.: Die Wirkungsweise von *Cercospora herpotrichoides* Fron, dem Erreger der Halmbruchkrankheit des Getreides. II. Aggressivität des Erregers. - Phytopathol. Z. 56, 155-190, 1966b.
- LANGE-DE LA CAMP, M.: Die Wirkungsweise von *Cercospora herpotrichoides* Fron, dem Erreger der Halmbruchkrankheit des Getreides. III. Art und Ausmaß des Schadens - Bekämpfungsmöglichkeiten. - Phytopathol. Z. 56, 363-392, 1966c.
- LAW, C.N., SCOTT, P.R., WORLAND, A.J., HOLLINS, T.W.: The inheritance of resistance to eyespot (*Cercospora herpotrichoides*) in wheat. - Genet. Res. Cambridge 25, 73-79, 1976.
- LINDE-LAURSEN, I.B., JENSEN, H.P., JØRGENSEN, J.H.: Resistance of *Triticale*, *Aegilops* and *Haynaldia* species to the take-all fungus, *Gaeumannomyces graminis*. - Z. Pflanzenzücht. 70, 200-213, 1973.

- LUPTON, F.G.H., MACER, R.C.F.: Winter wheats resistant to eyespot.-
Agriculture 62, 54-56, 1955.
- MAAS, G., ZANDER, J., RICHTER, W.: "Herbizide" - DFG Forschungs-
bericht S. 137, 1979.
- MACER, R.C.F.: Resistance to eyespot disease (*Cercospora her-
potrichoides* Fron) determined by a seedling test in some forms
of *Triticum*, *Aegilops*, *Secale* and *Hordeum*. - J. Agric. Sci.
Cambridge 67, 389-396, 1966.
- MAGNUS, H.A., HANSEN, L.R.: Tolerance to *Cercospora herpotri-
choides* Fron in winter wheat.- *Phytopathol. Z.* 76, 189-199,
1973.
- MAIA, N.: Obtention de blé tendres résistants au piétin-verse
par croisements interspécifiques Blés x *Aegilops*. - C.r.hebd.
Séanc. Acad. Agric. Fr. 53, 149-154, 1967.
- MATTSON, B.: Studies on *Gaeumannomyces graminis* (Sacc.) Arx et
Olivier (*Ophiobolus graminis* Sacc.). I. The variation of the
pathogenicity of the fungus and the susceptibility of wheat,
barley, rye and oats. - *Z. Pflanzenzücht.* 61, 101-110, 1969.
- MATTSON, B.: Efterforskannde av rotdödarresistenta sorter och
överföring av resistens till svenskt material. - Sveriges
Utsädesförings Tidskrift 83, 281-297, 1973.
- MIELKE, H.: Befallstoleranz und Halmbruchresistenz verschiedener
Weizensorten gegen *Cercospora herpotrichoides* Fron. -
Z. Pflanzenzücht. 64, 248-288, 1970.
- MIELKE, H.: Untersuchungen über die Anfälligkeit verschiedener
Getreidearten gegen den Erreger der Schwarzbeinigkeit, *Ophio-
bolus graminis* Sacc. - *Mitt. Biol. Bundesanst. Land-Forst-
wirtsch. Berlin-Dahlem* 160, 1-61, 1974.
- MIELKE, H., KNOTH, K.E.: Untersuchungen über die Anfälligkeit
anerkannter Weizensorten für die Fußkrankheiten *Cercospora*
herpotrichoides Fron und *Gaeumannomyces graminis* Sacc. von
Arx et Olivier. - *Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd. (Braun-
schweig)* 28, 100-104, 1976.
- NILSSON, H.E.: Studies of root and foot rot diseases of cereals
and grasses. I. On resistance to *Ophiobolus graminis* Sacc. -
Lantbr.-Högskolans Ann. 35, 275.807, 1969.

- NILSSON, H.E.: Breeding for resistance to take-all disease. - Summ. rep. Eucarpia-Symp., Vejle Denmark 1972.
- NILSSON, H.E.: Method for the study of roots and root diseases under controlled culture conditions. - Swed. J. Agric. Res. 3, 79-88, 1973a.
- NILSSON, H.E.: Varietal differences in resistance to take-all disease of winter wheat. - Swed. J. Agric. Res. 3, 89-93, 1973b.
- OBST, A.: Die Schwarzbeinigkeit (*Ophiobolus graminis*) von Weizen und Gerste. - Pflanzenschutzinf. Bayer. Landesanstalt Bodenkultur, Pflanzenbau und Pflanzenschutz 34, 1-4, 1971.
- OBST, A.: Gegenwärtiger Stand der Krankheitsbekämpfung im Getreidebau. - Württemberg. Wochenbl. Landwirtsch. 141, 541 und 619, 1974.
- OBST, A.: Zur Terminwahl bei der Bekämpfung der Halmbruchkrankheit (*Cercospora herpotrichoides*) in Winterweizen und Wintergerste. - Gesunde Pflanzen 4, 106, 1979.
- OPPITZ, K., HOESER, K.: Probleme der Resistenzzüchtung bei Weizen. - Vorträge; Phytopathol. Seminar, Weihenstephan 1-8, 1978.
- PANG-CHANG, E.-WA., TYLER, L.J.: Sporulation by *Cercospora herpotrichoides* on artificial media. - Phytopathology 54, 729-735, 1964.
- PONCHET, J.: La maladie du piétin-verse des céréales: *Cercospora herpotrichoides* Fr. Importance agronomique, biologie, épiphytologie. - Ann. Epiphyties I, 45-98, 1959.
- RAPILLY, F., LABORIE, Y., ESCHENBRENNER, P., CHOISNEL, E., LACROZE, F.: La prévision du piétin-verse sur blé d'hiver. - Perspectives agricoles, Etudes de saison 23, 30-40, 1979.
- RASHID, T., SCHLÖSSER, E.: Getreidefußkrankheitserreger I. Methodische Untersuchungen. - Z. Pflanzenkrankh. Pflanzensch. 84, 743-747, 1977.
- REINECKE, P., FOKKEMA, N.J.: *Pseudocercospora herpotrichoides*: Storage and mass production of conidia. - Trans. Brit. Mycol. Soc. 72, 329-331, 1979.
- RILEY, R., MACER, R.C.F.: The chromosomal distribution of the genetic resistance of rye to wheat pathogens. - Can. J. Genet. Cytol. 8, 640-653, 1966.

- SCHEINPFLUG, H.: Untersuchungen über den Infektionsmodus von *Cercospora herpotrichoides* Fr. bei der Primärinfektion. - *Phytopathol. Z.* 50, 43-61, 1964.
- SCHRÖDTER, H., FEHRMANN, H.: Ökologische Untersuchungen zur Epidemiologie von *Cercospora herpotrichoides*. II. Die Abhängigkeit des Infektionserfolges von einzelnen meteorologischen Faktoren. - *Phytopathol. Z.* 71, 97-112, 1971.
- SCOTT, P.R.: The effect of temperature on eyespot (*Cercospora herpotrichoides*) in wheat seedlings. - *Ann. Appl. Biol.* 68, 169-175, 1971.
- SCOTT, P.R., DEFOSSE, L., VANDAM, J., DOUSSINAULT, G.: Infection of lines of *Triticum*, *Secale*, *Aegilops* and *Hordeum* by isolates of *Cercospora herpotrichoides*. - *Trans. Brit. Mycol. Soc.* 66, 205-210, 1976.
- SCOTT, P.R., HOLLINS, T.W.: Effect of eyespot on the yield of winter wheat. - *Ann. Appl. Biol.* 78, 269-279, 1974.
- SCOTT, P.R., HOLLINS, T.W.: Interactions between cultivars of wheat and isolates of *Cercospora herpotrichoides*. - *Trans. Brit. Mycol. Soc.* 69, 397-403, 1977.
- SCOTT, P.R., HOLLINS, T.W., MUIR, P.: Pathogenicity of *Cercospora herpotrichoides* to wheat, barley, oats and rye. - *Trans. Brit. Mycol. Soc.* 65, 529-538, 1975.
- SKOU, J.P.: Studies on the take-all fungus, *Gaeumannomyces graminis*. II. The virulence as measured in infection experiments with cereal seedlings. - *Kgl. Vet.-og. Landbohøjsk. Arsskr.* 117-133, 1968.
- SKOU, J.P.: Studies on the take-all fungus, *Gaeumannomyces graminis*. V. Development and regeneration of roots in cereal species during the attack. - *Kgl. Vet.-og. Landbohøjsk. Arsskr.* 142-160, 1975.
- SLOPE, D.B., HUMPHRIES, E.C., ETHERIDGE, J.: Effect of CCC on eyespot (*Cercospora herpotrichoides*) of winter wheat. - *Plant Pathology* 18, 182-185, 1969.
- SPEK, J. van der: Aspects of resistance research of cereal eyespot. - *Mededel. Fac. Landbouwwetenschap. Rijksuniv. Gent* 41, 583-594, 1976.

- SPRAGUE, R.: Relative susceptibility of certain species of Gramineae to *Cercospora herpotrichoides*. - J. agric. Res. 53, 659-670, 1936.
- VANDAM, J.: Amélioration de la résistance du blé au piétin-verse *Cercospora herpotrichoides* (Fron). - Bull. OEPP 5, 385-394, 1975.
- VANDAM, J., DEFOSSE, L.: Observations sur la sensibilité d'une collection d'*Aegilops* sp. à *Cercospora herpotrichoides* Fron, agent du piétin-verse. - Parasitica 30, 58-62, 1974.
- WALKER, J.: *Gaeumannomyces graminis* var. *graminis*, var. *avenae*, var. *tritici*. - CMI Descriptions of pathogenic fungi and bacteria Commonwealth Mycol. Inst. 39, 381-383, 1973.
- WINTER, G.: Untersuchungen über die Ophiobolose-Resistenz eines deutschen Weizensortiments. - Z. Pflanzenkrankh. Pflanzensch. 56, 191-198, 1949.
- ZWATZ, B.: Untersuchung der Anfälligkeit der österreichischen Winterweizensorten gegen die Halmbrechkrankheit (*Cercospora herpotrichoides* Fron) nach dem Befallswert in Prozent und dem Vorzeichen-Rangfolgetest. - Bodenkultur 24, 169-181, 1973.
- Annual Report, Plant Breeding Institute Cambridge 1969, 1972-1978
Statist. Monatsberichte d. BML, Bonn. 6/1978, 343-344.