

**Wirksamkeit der vertikalen (qualitativen) Mehлтаuresistenz
bei Weizen und Gerste**

und

Fungizidresistenz bei pilzlichen Getreidepathogenen

Forschungsprojekt:

**Bestimmung der Virulenzeigenschaften und Wirkstoffsensitivitäten windverbreiteter pilzlicher Krankheitserreger am Getreide
zur erfolgreichen Nutzung der in den Sorten vorhandenen Krankheitsresistenzen
und für einen effektiven Fungizideinsatz**

für die Bundesländer:

Schleswig-Holstein (**SH**)

Mecklenburg-Vorpommern (**MV**)

Niedersachsen (**NI**), LWK Hannover

Hessen (**HE**)

Thüringen (**TH**)

Sachsen (**SN**)

Rheinland-Pfalz (**RP**)

Baden-Württemberg (**BW**)

Bayern (**BY**)

mit finanzieller Unterstützung durch die beteiligten Länder



F. G. Felsenstein & B. Jaser

EpiLogic GmbH Agrarbiol. Forschung und Beratung

Hohenbachernstr. 19-21

D - 85354 Freising-Weißenstephan

Es stehen alljährlich Ergebnisberichte zur aktuellen Virulenzsituation und zum aktuellen Stand der Fungizidresistenzbildung der Krankheitserreger zur Verfügung

Anfragen unter:

Tel.: x49 (0)8161 499080

Fax: x49 (0)8161 499089

E-mail: Friedrich.Felsenstein@epilogic.de

Internet: www.epilogic.de

EINFÜHRUNG

Im Getreidebau sind windverbreitete (luftbürtige) pilzliche Krankheitserreger wie der Echte Mehltau, Rostkrankheiten, *Septoria tritici* oder die Netzfleckenkrankheit der Gerste aufgrund ihres hohen Schadpotentials wichtige Zielpathogene im Pflanzenschutz. Zur Reduzierung des Befalls sind

- **der Anbau krankheitsresistenter Sorten ergänzt durch**
- **den Einsatz möglichst wirksamer Fungizide**

die tragenden Säulen im Integrierten Pflanzenbausystem. Zudem gibt der Gesetzgeber Richtlinien für eine nachhaltige Landwirtschaft vor, um den Schutz der Umwelt und des Menschen zu gewährleisten. Der *Integrierte Pflanzenschutz* und eine *Gute Landwirtschaftliche Praxis* sind dabei einer der zentralen Gesichtspunkte.

Ein sehr großes Problem stellt allerdings das hohe Anpassungspotential der Erreger an die o.g. Instrumente des Integrierten Pflanzschutzes dar. Die Übertragung der Pathogene mit dem Wind erhöht zusätzlich die Problematik, da sich adaptierte Pathotypen relativ rasch über weite Gebiete ausbreiten können. Es ist deshalb ein hohes Maß an Aufmerksamkeit und Flexibilität erforderlich, um den Erregern stets wirkungsvolle Bekämpfungskonzepte entgegenzusetzen.

Eine effiziente Nutzung der unterschiedlichen Resistenzgene und -genkombinationen der verschiedenen Zuchtsorten ebenso wie der Einsatz wirksamer Fungizide setzt voraus, dass man die entsprechenden Virulenz- und Sensitivitätseigenschaften der Krankheitserreger genau kennt. Aufgrund unterschiedlicher regionaler Verhältnisse sind standortspezifische Informationen erforderlich. Aufgabe der vorliegenden Untersuchungen ist deshalb die Erarbeitung einer für Anbauberatung und Resistenzzüchtung aussagekräftigen Datenbasis, die den aktuellen Stand der Anpassung wiedergibt. Zudem wird mit dem Datenmaterial aus der zunehmenden Anzahl an Untersuchungsjahren die Dynamik der Anpassung ersichtlich, was eine Abschätzung künftiger Entwicklungen erlaubt.

Die Arbeiten gliedern sich in eine

- **Virulenzanalyse** bei **Weizenmehltau** und **Gerstenmehltau** sowie
- **Fungizidsensitivitätsanalyse** bei wichtigen Schaderregern am Getreide: **Weizenmehltau, Gerstenmehltau, Weizenbraunrost, *Septoria tritici*, Netzfleckenkrankheit an Gerste.**

Untersucht werden die regionalen Populationen des jeweiligen Krankheitserregers. Repräsentative Stichproben werden dabei alljährlich mittels einer auf dem Dach eines Fahrzeuges montierten Düsensporenfalle direkt aus der Luft während der Fahrt durch das jeweilige Anbaugebiet gewonnen (s.a. ‚Warum und Wieso‘ unter www.epilogic.de). Die Routenwahl für die Analysen 2003 ist in Abbildung 1 dargestellt. Nur bei dem Erreger *Septoria tritici* wird auf Stichproben aus Feldbeständen zurückgegriffen. Im Labor erfolgt anschließend ein sog. BioTest, um die jeweiligen Virulenz- und Fungizidsensitivitätseigenschaften der gesammelten Einzelsporen/Isolate zu analysieren. Die Tests erfolgen entweder *in vivo* auf Testsortimenten aus Blattmaterial oder *in vitro* mit einem Mikrotitertest. Die Untersuchungsmethoden gewährleisten eine sichere Analyse sowie die Testung einer relativ hohen Anzahl von Isolaten.

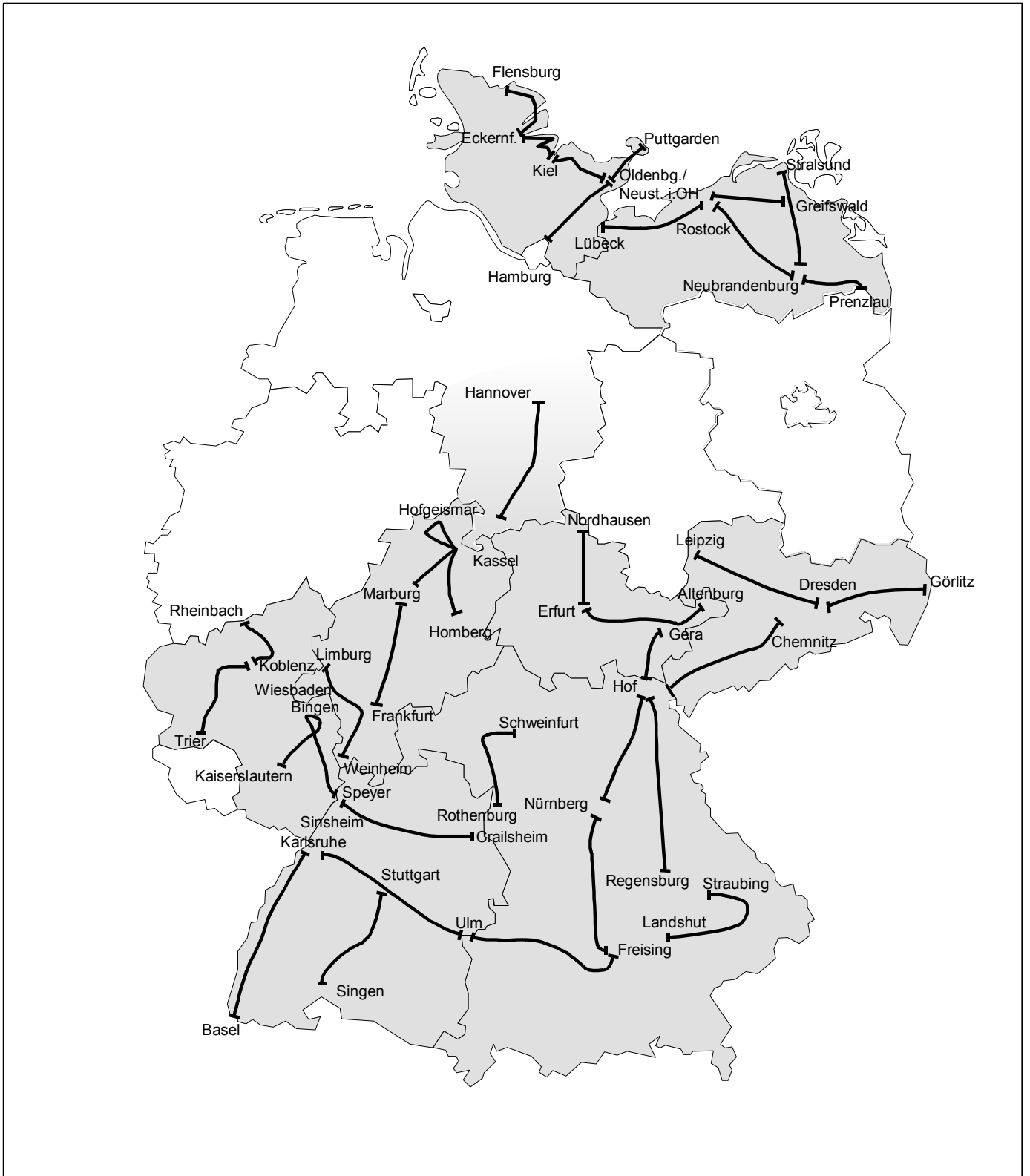


Abb. 1: Routenwahl für die Stichprobengewinnung 2003 in den Bundesländern Schleswig-Holstein, Mecklenburg-Vorpommern, Niedersachsen, Hessen, Thüringen, Sachsen, Rheinland-Pfalz, Baden-Württemberg und Bayern

DIE AKTUELLE VIRULENZSITUATION

Grundlagen

Nachfolgend ist die aktuelle Virulenzsituation des Weizen- und Gerstenmehltaus gegenüber den in den Sorten befindlichen vertikalen/qualitativen Resistenzgenen wiedergegeben. Bei der Auswahl der geprüften Resistenzeigenschaften wurden die Vorgaben aus der Biologischen Bundesanstalt (Außenstelle Kleinmachnow) berücksichtigt. Resistenzeigenschaften mit praktisch keiner bzw. seit Jahren nur noch relativ geringer Schutzwirkung wurden zugunsten interessanter, teilweise neuer Gene/Genkombinationen im aktuellen Testsortiment berücksichtigt.

Besitzt ein Erregerisolat Virulenz gegenüber einer Resistenz in der Pflanze, so kann es trotz dieser Resistenz gut auf der Pflanze wachsen und sich vermehren. Als Maßzahl für die Beurteilung der tatsächlich noch vorhandenen Wirksamkeit einer Resistenz dient die regionale Virulenzhäufigkeit der Pathogenpopulation gegenüber der jeweiligen Resistenzeigenschaft. Sie gibt also an, welcher prozentuale Anteil an der regionalen Weizenmehltau- bzw. Gerstenmehltaupopulation Virulenz gegen die entsprechende Resistenz in der Pflanze besitzt. Je höher dieser Anteil bzw. die Häufigkeit an virulenten Isolaten in der Erregerpopulation ist, desto geringer ist die tatsächlich vorhandene Schutzwirkung durch die Resistenz. **Anhand der ermittelten Werte (Virulenzhäufigkeiten) lässt sich folglich die standortspezifische Wirksamkeit der Resistenzgene in den verschiedenen Sorten direkt ablesen.** Über die Verbreitung der Resistenzgene in den zugelassenen Sorten informiert die ‚Beschreibende Sortenliste 2003 für Getreide, Mais, Ölfrüchte, Leguminosen und Hackfrüchte‘ (Herausgeber: Bundessortenamt; Verlag: Deutscher Landwirtschaftsverlag GmbH, Hannover, Postfach 1440, 30014 Hannover, E-mail: vertrieb.hannover@dlv.de, Internet: <http://www.dlv.de>; Weizenmehltau: S. 108 - 112; Gerstenmehltau: S. 40 - 44). Einige neuere Sorten sind darin mit der Resistenzgenbezeichnung ‚U‘ = ‚unbekannt‘ angeführt, wobei es sich um gleiche oder jeweils ganz unterschiedliche Resistenzgene bzw. Genkombinationen handeln kann.

Nach bisherigen Erkenntnissen ist bei einer vorliegenden Virulenzhäufigkeit von

- 0 - 10 % ein sehr guter bis guter (+++)**
- 10 - 20 % ein noch guter (++)**, besonders bei hohem Infektionsdruck jedoch bereits etwas abgeschwächer
- 20 - 50 % ein nur noch mäßiger**, allerdings noch merklicher (+)
- >50 % ein nur noch geringer**, oftmals kaum mehr feststellbarer (0)

Mehltauschutz zu erwarten.

Neben den vertikalen/qualitativen (= pathotypen-/rassenspezifischen) Resistenzeigenschaften besitzen die einzelnen Sorten oftmals zusätzliche horizontale/quantitative (= pathotypen-/rassenspezifische) Resistenzeigenschaften. Diese sind allerdings nur sehr schwer zu erfassen und nicht Gegenstand dieser Untersuchungen. Sie führen jedoch u. U. dazu, dass Sorten mit gleichen qualitativen Resistenzeigenschaften voneinander abweichende Befallsbewertungen im Feldbestand erhalten können. Die aktuelle Resistenzwirkung der qualitativen Resistenzgene kann daher durch quantitative Abwehrmechanismen maskiert oder überlagert sein. Insbesondere beim Weizen sind solche Erscheinungen anzutreffen.

1. Virulenz des Weizenmehltaus

Tab. 1: Praxisrelevante Einschätzung der Wirksamkeit (von ‚0‘ bis ‚+++‘) der qualitativen Resistenzgene in den 2003 zugelassenen Sorten gegenüber dem Weizenmehltau

Resistenzgen	Wirksamkeit	Bemerkungen	zuletzt untersucht
Pm1	0/+		2002
Pm2	0		2001
Pm3c	0/(+)	z.Z. keine Sorte	2002
Pm3d (Mlk)	+ /++	Jugendresistenz	2003
Pm4b	0		2000
Pm5	+	Altersresistenz	2000
Pm6	+	Altersresistenz	2001
Pm8	0/(+)		2000
Pm9	+ /++		2003
Pm5+Pm6	++ /+++	Synergieeffekte	2000
MIAX	+++		2003
U in ‚Cortez‘	+++		2003
U in ‚Mandub‘	+++		2003
U in ‚Punch‘	+++		2003
U in ‚Vergas‘	++ /+++		2003
U in ‚Troll‘	+++		2003

Gegenüber Pm1:

Die Virulenzhäufigkeiten gegenüber Pm1 bewegten sich in den zurückliegenden Jahren zumeist in einem Bereich von 50 +/- 25 %. Der Mehltauschutz durch Pm1 allein ist als nur noch mäßig bis gering einzustufen. Pm1 kommt derzeit ausschließlich in einigen Sommerweizensorten in Kombination mit anderen Resistenzgenen vor, wo es noch am besten zum Mehltauschutz beitragen kann.

Gegenüber Pm2:

Seit etlichen Jahren besitzt Pm2 in Deutschland keinerlei Schutzwirkung mehr. Die entsprechenden Virulenzhäufigkeiten bewegten sich in den zurückliegenden Untersuchungen stets nahe 100 % (vgl. Situationsbericht 2000), weshalb auf eine Analyse der aktuellen Situation gegenwärtig verzichtet wird. Wenn eine reine Pm2-Sorte wie beispielsweise ‚Bussard‘ oder ‚Limes‘ im Feldbestand trotzdem noch einen ordentlichen Mehltauschutz bieten, so beziehen sie diesen praktisch ausschließlich aus ihrem relativ hohen Niveau an horizontaler (quantitativer), also rassen-/pathotypen-unabhängiger Mehltairesistenz (s. ‚Grundlagen‘). Diese kann der Erreger nur weit schwerer überwinden, so dass in einem solchen Fall mit einem Fortbestand des Mehltauschutzes auch mittelfristig noch gerechnet werden kann.

Tab. 2: **Virulenz des Weizenmehltaus** in Stichproben aus verschiedenen Regionen der Bundesländer NI, RP, BW und BY, 2003

Region	n	Pm1+2+9	Pm3d (Mik)	MIAX	Cortez	Mandub	Punch	Troll	Vergas
Niedersachsen:									
Hannover-Kassel	30	17	3	0	0	0	0	0	0
Rheinland-Pfalz:									
Rheinbach-Koblenz	30	30	3	0	0	0	0	0	0
Mayen/Koblenz-Trier-Waldmohr	28	14	7	0	4	0	0	0	7
Speyer-Bingen-Kaiserslautern	27	22	4	4	0	0	0	0	4
Baden-Württemberg:									
Sinsheim-Crailsheim	30	3	0	0	0	0	0	0	3
Karlsruhe-Ulm	17	6	6	0	0	0	0	0	0
Bayern:									
Schweinfurt-Rothenburg	29	14	0	0	0	0	0	0	0
Hof-Nürnberg	29	24	3	0	0	0	0	0	3
Hof-Regensburg	30	10	0	0	0	0	0	0	0
Nürnberg-Freising	22	32	5	0	0	0	0	0	5
Ulm-Freising	30	20	10	0	3	0	0	0	3
Niederbayern	26	4	0	0	0	0	0	0	4

Gegenüber Pm3c:

Einen nur noch geringen Schutz bot zuletzt das Resistenzgen Pm3c. Die Virulenzhäufigkeiten stiegen in den zurückliegenden Jahren fast stetig an und bewegten sich in 2002 zwischen etwa 45 % bis 95 %. Regionale Unterschiede in der Wirksamkeit der Resistenz, wie sie noch vor Jahren zu beobachten waren, sind nicht mehr vorhanden. Die Resistenz lag nach der ‚Beschreibenden Sortenliste‘ bisher nur in der Sorte ‚Borenos‘ vor, welche in der ersten Hälfte der 90er Jahre allerdings hohe Anbauzahlen genoss. Gegenwärtig findet sich unter den zugelassenen Sorten jedoch keine mit der Resistenz Pm3c.

Gegenüber Pm3d (vormals ‚Mlk‘)

Gegenüber dieser Resistenz, die in einer Reihe von Sommerweizensorten genutzt wird, liegen auch gegenwärtig noch relativ geringe Virulenzhäufigkeiten von $\leq 10\%$ vor, was eine noch recht gute Wirksamkeit anzeigt. Für eine korrekte Einschätzung von Pm3d muss des Weiteren berücksichtigt werden, dass sich die Resistenz anscheinend nur in frühen Entwicklungsstadien der Pflanzen voll exprimiert. Deshalb sollte bei fortschreitendem Pflanzenalter trotz der noch relativ geringen Virulenzhäufigkeiten mit einem nur noch eingeschränkten Bekämpfungserfolg gerechnet werden.

Gegenüber Pm4b:

Nach einem dynamischen Anpassungsprozess des Pilzes, hervorgerufen durch einen permanenten und relativ hohen Selektionsdruck, lag der Pm4b-Virulenzanteil in den Populationen über Jahre hinweg zumeist zwischen etwa 80 % und 100 % (s. Ergebnisbericht 2000). Eine Schutzwirkung geht deshalb von Pm4b nicht mehr aus, weshalb auf entsprechende Analysen auch in 2003 verzichtet werden konnte. Gleichzeitig gilt festzuhalten, dass bei Sorten wie ‚Renan‘ oder ‚Skater‘, die im Feld eine gute Mehлтаubonitur erlangen, der Mehлтаuschutz sich praktisch wiederum ausschließlich aus einem relativ hohen Niveau an horizontaler (quantitativer) Mehлтаuresistenz ableitet (s. ‚Grundlagen‘).

Gegenüber Pm5:

Pm5 kann seine Resistenzwirkung erst in späteren Entwicklungsstadien des Weizens voll entfalten (Altersresistenz). Deshalb können mit der bei der Virulenzanalyse angewandten Untersuchungsmethode mit einer Prüfung an jungen Pflanzen die tatsächlichen Virulenzhäufigkeiten nur unzureichend ermittelt werden. Untersuchungen aus den zurückliegenden Jahren weisen allerdings auf eine zunehmende Virulenzbildung hin. Es gilt aber auch anzumerken, dass Pm5 anscheinend nach wie vor noch eine gewisse Schutzwirkung aufweist, insbesondere in Kombination mit der ebenfalls erst in späteren Entwicklungsstadien voll ausgeprägten Resistenz Pm6 (s. auch u.). Speziell diese Kombination scheint nach wie vor eine sich ergänzende und verstärkende Abwehrreaktion auszulösen, deren Überwindung dem Weizenmehltau besondere Probleme bereitet. Bei einigen Pm5+Pm6-, insbesondere jedoch bei den reinen Pm5-Sorten wie beispielsweise ‚Altos‘ oder ‚Dream‘ oder auch bei der Sorte ‚Corvus‘ (Pm4b+Pm5) mit sehr guten Boniturwerten im Feldbestand kommt mit Sicherheit auch noch ein sehr guter quantitativer Resistenzhintergrund (s. Grundlagen) mit zum Tragen.

Gegenüber Pm6:

Auch für Pm6 gilt, dass seine volle Resistenzwirkung erst mit zunehmendem Pflanzenalter exprimiert wird. Hierdurch wird, ähnlich wie bei Pm5, die Anpassungsdynamik des Pilzes aufgrund der verkürzten Selektionszeit verlangsamt, jedoch nicht verhindert. Eine exakte Bestimmung der Pm6-Virulenz ist wiederum schwierig. Anhand der zurückliegenden Analysenergebnisse lässt sich jedoch klar eine Zunahme der Virulenzhäufigkeiten in einen Bereich > 50 % erkennen. Die Ergebnisse signalisieren einen nur noch geringen Mehltauschutz durch Pm6 allein. Entsprechende Sorten mit sehr guten Feldboniturnoten wie beispielsweise ‚Tommi‘ (Pm6), ‚Kris‘ (Pm2+Pm6) oder ‚Drifter‘ (Pm2+Pm4b+Pm6) und selbst auch ‚Certo‘ (Pm2+Pm4b+Pm6+Pm8, s.a. unten, Erläuterungen zur Sorte ‚Apollo‘ bei Pm8!) besitzen zusätzlich einen stärker wirksamen quantitativen Resistenzsockel, der beispielsweise in der Sorte ‚Ritmo‘ (Pm2+Pm6) oder ‚Sokrates‘ (Pm6) nicht in dieser Form vorhanden ist. Desweiteren ergeben sich anscheinend speziell bei der Kombination der beiden ‚Altersresistenzen‘ Pm5+Pm6 Synergieeffekte (s.o. Ausführungen zu Pm5).

Gegenüber Pm8:

Bereits in den 80er Jahren etablierte sich im Erhebungsbereich ein hohes Niveau an Pm8-Virulenz mit Werten bis 100 %. Seither hat sich an dieser Grundsituation im Grundsatz wenig verändert. Allerdings war zuletzt in BW und RP ein leichter Rückgang an entsprechender Virulenz festzustellen. Die Werte lagen zuletzt (s. Situationsbericht 2000) aber auch dort im allgemeinen > 50 %. Wie die Resistenzgene Pm2 und Pm4b (s.o.) bietet auch Pm8 weiterhin zumeist keinen nennenswerten Krankheitsschutz, weshalb auch bei diesem Gen auf eine Virulenzanalyse in 2003 zu Gunsten anderer („U“, s.u.) verzichtet wurde. Selbst die Kombination aus den genannten drei Genen Pm2+Pm4b+Pm8 bringt keinen befriedigenden Bekämpfungserfolg mehr wie beispielsweise in der vor Jahren populären Sorte ‚Apollo‘ oder in der aktuellen Sorte ‚Winnetou‘, da der größte Teil der Mehltausolate die Virulenzkombination gegenüber allen drei Resistenzgenen besitzt. Zeigt also eine reine Pm8-Sorte wie beispielsweise ‚Tarso‘ einen guten Mehltauschutz, so beruht dieser praktisch ausschließlich auf guten quantitativen Resistenzeigenschaften (s.o. Grundlagen)!

Gegenüber Pm9 in der Genkombination Pm1+Pm2+Pm9:

Da Pm9 allein bisher nicht in einer Sorte vorlag und somit nicht für sich getestet werden kann, wurden in 2003 wiederum Virulenzanalysen zur Genkombination Pm1+Pm2+Pm9 vorgenommen, um die Wirksamkeit von Pm9 allein abschätzen zu können. Die Werte gegenüber der Genkombination bewegten sich in 2003 ähnlich der Vorjahre zwischen 5 % und 30 %. Unter Berücksichtigung der Ergebnisse zu den Resistenzgenen Pm1 und Pm2 ergeben sich gegenüber Pm9 Virulenzhäufigkeiten zwischen etwa 20 % und 50 %, so dass von Pm9 allein nach wie vor ein nur relativ eingeschränkter Mehltauschutz ausgeht. Gegenwärtig liegt Pm9 nach der ‚Beschreibenden Sortenliste‘ nur in Kombination mit Pm1 und Pm4b in der Sorte ‚Amaretto‘ vor, wo es noch am besten seine eingeschränkte Schutzwirkung einbringen kann.

Gegenüber MIAx:

Die Virulenzhäufigkeiten gegenüber MIAx (vormals in der Sorte ‚Cadenza‘) sind im allgemeinen noch sehr gering und schwankten in 2003 in den Stichproben zwischen 0 % und 5 %. Im allgemeinen kann also noch von einem guten Mehlschutz ausgegangen werden. Gegenwärtig ist nur eine Sorte (‚Elvis‘) mit dieser Resistenz zugelassen.

Gegenüber U in ‚Cortez‘:

Zu der Resistenz U in ‚Cortez‘ wurden in 2002 - im Gegensatz zu den Vorjahren - erstmals virulente Isolate beobachtet. In 2003 fanden sich im Untersuchungsgebiet Werte zwischen 0 % und 5 %, so dass keine weitere Verschlechterung der Virulenzsituation nach 2003 hin zu beobachten war. Es kann deshalb immer noch von einem guten bis sehr guten Mehlschutz ausgegangen werden. Allerdings zeigen die Werte auch, dass eine Anpassung an die qualitative Resistenz U in ‚Cortez‘ möglich ist, und der Mehlschutz durch diese Resistenzeigenschaft bei entsprechendem Selektionsdruck mittelfristig gefährdet sein kann. Eine genaue Beobachtung der regionalen Populationen kann hier in den kommenden Jahren Aufschluss geben.

Gegenüber U in ‚Mandub‘:

Die Virulenz gegenüber der qualitativen Mehlschutzresistenz in der Sorte ‚Mandub‘ wurde 2003 erstmals untersucht. Es konnten keine virulenten Isolate auffindig gemacht werden, so dass noch von einem sehr guten Mehlschutz ausgegangen werden kann.

Gegenüber U in ‚Punch‘:

Ebenfalls zum ersten mal wurde gegenüber der qualitativen Mehlschutzresistenz der Sorte ‚Punch‘ die Virulenzhäufigkeit in 2003 geprüft. Es konnten noch keine virulenten Isolate gefunden werden. Die Resistenzeigenschaft sollte deshalb in 2004 einen noch sehr guten Mehlschutz gewährleisten.

Gegenüber U in ‚Troll‘:

Gegenüber der Resistenz U in der Sommerweizensorte ‚Troll‘ konnte in 2003 kein Isolat mit passender Virulenz gefunden werden. Die U-Resistenz in ‚Troll‘ wäre demnach noch sehr gut wirksam; die Sorte ‚Troll‘ selbst ist aber nicht mehr in der ‚Beschreibenden Sortenliste‘ 2003 vertreten.

Gegenüber U in ‚Vergas‘:

Geringe Virulenzhäufigkeiten finden sich aktuell auch gegenüber der Resistenz ‚U‘ in der Winterweizensorte ‚Vergas‘, die 2003 erstmals in die Untersuchungen aufgenommen wurde. Die Werte schwankten in den Stichproben zwischen 0 % und 10 %, was für 2004 einen noch sehr guten bis guten Mehlschutz anzeigt.

Bis 1997 erfuhr die genetisch-qualitative Resistenzbasis gegenüber dem Weizenmehltau nur wenig Erweiterung im Sinne neuer Resistenzgene. Die Ergebnisse zeigen, dass die „etablierten“ Gene zu meist einen nur noch wenig befriedigenden Schutz bieten. Ein Zuchtziel war es deshalb, die genetische Basis der qualitativen Mehлтаuresistenz in den Sorten zu verbreitern. Diesem Ziel ist man nunmehr mit einer Anzahl neu zugelassener Sorten ein ganzes Stück näher gekommen, da eine Reihe dieser Sorten neue Resistenzeigenschaften aufweisen. Eine genauere Bestimmung der Resistenzeigenschaft(en) mit der Bezeichnung ‚U‘ war bisher allerdings noch nicht möglich. Die Ergebnisse der Virulenzanalyse weisen aber darauf hin, dass es sich hier zumindest teilweise um unterschiedliche Gene bzw. Genkombinationen handelt.

Daneben zeigt aber auch ein Vergleich der Daten mit denen von Feldbonituren (s. z.B. ‚Beschreibenden Sortenliste‘ 2003), dass bei einer Reihe von zumeist jüngeren Sorten ein beachtlicher quantitativer Resistenzsockel aufgebaut wurde, der für sich allein bereits einen sehr guten Mehлтаuschutz gewährleistet, und die zusätzlich vorliegende Hauptresistenz (qualitative/s Resistenzgen/-kombination) teilweise nur noch einen flankierenden Schutzmechanismus beiträgt. Auf der Schiene der quantitativen Resistenzzüchtung gegenüber dem Weizenmehltau konnten deshalb in den letzten 10 Jahren erhebliche Erfolge verbucht werden.

2. Virulenz des Gerstenmehltaus

Tab. 3: Praxisrelevante Einschätzung der Wirksamkeit (von ‚0‘ bis ‚+++‘, s. o.) der qualitativen Resistenzgene in den 2003 zugelassenen Sorten gegenüber dem Gerstenmehltau

Resistenzgen	Wirksamkeit	Bemerkungen	zuletzt untersucht
Mla1	++	z.Z. keine Sorte	1998
Mla3	+ / ++		2003
Mla6	0		1999
Mla7	0 / +		2003
Mla9	+ / ++ / +++	z.Z. keine Sorte	2003
Mla12	0 / +		1999
Mla13	+ / ++ / +++		2003
MILa	0 / +	z.Z. keine Sorte	2002
Mlg	0 / ?		1992
MI(St)	0 / (+)		2000
MI(Bw) aus ‚Borwina‘	0		2002
MI(Si-1) (SI-1)	+++	vereinzelt virulente Isolate	2003
Mlf, Mlt (SI-4)	+++		2003
MI(1-B-53)	+++		2003
mlo	+++	sehr dauerhaft	2003
U in ‚Meltan‘	++ / +++		2003
U in ‚Verena‘	++ / +++		2003
U (We) in ‚Scarlett‘	0 / ++ / +++		2003

Gegenüber Mla1 (AI):

Da dieses Resistenzgen gegenwärtig in keiner zugelassenen Sorte vorkommt (letzte zugelassene Sorte: ‚City‘) und damit keinerlei Selektionsdruck auf die regionalen Gerstenmehltaupopulationen einwirkt, wurde auf die Virulenzanalyse zu Mla1 auch in 2003 verzichtet, um andere Linien in den Untersuchungen zu berücksichtigen. In 1998 bewegten sich die Werte in Süddeutschland zwischen < 5 % und 20 %, was einen noch guten bis sehr guten Mehltauschutz anzeigen würde.

Gegenüber Mla3 (Ri):

Gegenüber dem Resistenzgen Mla3, das z.Z. in der Wintergerstensorte ‚Tilia‘ und der Sommergerstensorte ‚Baronesse‘ vorkommt, verhält sich die Virulenzsituation im Untersuchungsraum auf dem erreichten Niveau weiterhin weitgehend stabil bis etwas rückläufig. Die Werte bewegen sich derzeit zumeist zwischen 5 % und 30 %. Nach wie vor herrscht eine gewisse regionale Differenzierung vor. Geringere %-Werte finden sich beispielsweise wie in den Vorjahren im südlichen HE und den meisten Regionen BWs. Ebenso finden sich niedrigere Virulenzhäufigkeiten im NO von BY und der angrenzenden Region in Sachsen. Der Mehltauschutz durch Mla3 allein ist damit regional nur noch eingeschränkt vorhanden.

Tab. 4: **Virulenz des Gerstenmehltaus** in Stichproben aus verschiedenen Regionen der Bundesländer MV, HE, SN, RP, BW und BY, 2003

Region	n	Mla3 Ri	Mla7 Ly	Mla9 Mc	Mla13 Ru	MISi1 SI-1	Mif, Mit SI-4	MI(1-B-53) 1-B-53	mlo Mlo	U Meltan	U Verena	U Scarlett
Mecklenburg-Vorpommern:												
Lübeck-Rostock	30	20	40	3	0	0	0	0	0	0	3	0
Rostock-Greifswald	30	13	23	7	10	0	0	0	0	7	0	13
Stralsund-Neubrandenburg	30	13	23	7	0	0	0	0	0	0	0	3
Rostock-Neubrandenburg	30	43	50	13	3	3	0	0	0	0	0	3
Neubrandenburg-Prenzlau	30	27	37	17	3	0	0	0	0	0	0	3
Hessen:												
Hofgeismar-Homberg/Efze	30	27	63	7	7	0	0	0	0	7	7	13
Limburg-Weinheim	30	7	87	20	7	0	0	0	0	0	0	93
Sachsen:												
Chemnitz-Hof	14	7	86	21	50	0	0	0	0	14	0	43
Rheinland-Pfalz:												
Rheinbach-Koblenz	30	27	93	27	20	0	0	0	0	7	0	83
Mayen-Trier-Waldmohr	27	26	100	37	22	4	0	0	0	0	0	89
Speyer-Bingen-Kirchheimb.	4	25	100	25	25	0	0	0	0	0	0	100
Baden-Württemberg:												
Sinsheim-Crailsheim	26	4	96	15	12	0	0	0	0	8	0	96
Karlsruhe-Basel	20	5	95	55	5	0	0	0	0	5	0	90
Karlsruhe-Ulm	14	21	86	29	0	0	0	0	0	0	0	93
Bayern:												
Schweinfurt-Rothenburg	30	13	100	20	17	0	0	0	0	10	0	97
Hof-Nürnberg	30	30	100	23	10	3	0	0	0	6	3	97
Hof-Regensburg	29	7	86	7	24	0	0	0	0	7	0	83
Nürnberg-Freising	11	36	100	27	0	0	0	0	0	0	0	55
Niederbayern	26	19	100	23	8	0	0	0	0	0	0	65

Gegenüber Mla6 (Sp: hier in Kombination mit Mla14):

Hohe Virulenzhäufigkeiten gegenüber Mla6 bis zu 100 % sind die Konsequenz eines bereits viele Jahre andauernden intensiven Selektionsprozesses durch zahlreiche Winter- sowie Sommergerstensorten. In den Untersuchungen 1999 besaß ein durchweg sehr hoher Anteil des Gerstenmehltaus in Süddeutschland eine entsprechende Virulenz. Die Virulenzhäufigkeiten bewegten sich 1999 wie schon in den Vorjahren in einem Rahmen zwischen etwa 70 % und 100 %. Auf entsprechende regionalspezifische Erhebungen wurde deshalb auch in 2003 zugunsten interessanterer Linien verzichtet.

Gegenüber Mla7 (Ly: hier in Kombination mit Mlk):

Nach einem Anstieg der Virulenzhäufigkeiten gegenüber dem Resistenzgen Mla7 im süddeutschen Raum lag dort bereits 1999 ein sehr hohes Virulenzniveau mit Werten von zumeist 70 % bis 100 % vor. An dieser Situation hat sich seither wenig verändert (2003: 85 % - 100 %). Für den Norden Deutschlands (MV) weisen die aktuellen Untersuchungen hingegen ein noch etwas geringeres Virulenzniveau (20 % - 50 %) aus, so dass dort noch eine gewisse Schutzwirkung vorhanden ist. Ursache für das insgesamt hohe Mla7-Virulenzniveau in Deutschland ist der zurückliegende hohe Selektionsdruck sowohl durch Winter- als auch durch Sommergerstensorten. Da von Mla7 allein kaum mehr oder nur noch sehr eingeschränkt eine Schutzwirkung ausgeht, kann auf entsprechende Erhebungen in 2004 verzichtet werden. Sorten mit Mla7 und einer im Feldbestand relativ guten Mehлтаubonitur wie beispielsweise ‚Cleopatra‘, ‚Kyoto‘ oder ‚Madou‘ weisen einen relativ hohen quantitativen Mehлтаuschutz (s. Grundlagen!) auf, der beispielsweise bei der Sorte ‚Jessika‘ oder ‚Regina‘ kaum bzw. nicht vorhanden ist.

Gegenüber Mla9 (Mc: hier in Kombination mit Mlk):

Gegenwärtig ist keine Sorte mit dieser Resistenz laut ‚Beschreibender Sortenliste‘ 2003 zugelassen. Trotzdem trägt aufgrund der Mla9-Virulenzselektion zurückliegender Jahre der Mehltau gegenwärtig noch relativ häufig die entsprechende Virulenz in sich, wobei seit 2000 ein leichter Rückgang der Virulenzhäufigkeiten zu beobachten ist. Die Ergebnisse aus 2003 weisen für Süddeutschland zumeist Werte zwischen etwa 20 % und 30 % oder etwas darüber aus, während im Norden die Virulenzfrequenz sich zumeist zwischen 10 % und 20 % bewegt. Die Werte sind immer noch so hoch, dass bei Erscheinen einer neuen Sorte mit Mla9-Resistenz auf dem Markt diese Resistenz vielerorts nur einen gerade noch guten bis eingeschränkten, teilweise nur noch mäßigen Mehлтаuschutz gewährleisten würde.

Gegenüber Mla12 (Ar):

Die Virulenzhäufigkeiten gegenüber Mla12 bewegten sich bereits 1999 in Süddeutschland zumeist bei > 50 %. Ausschlaggebend für das Nachlassen der Resistenzwirkung war ein seit Jahren andauernder Selektionsdruck durch Wintergersten-, vornehmlich jedoch durch einige populäre Sommergerstensorten. Mla12 besitzt somit nur noch eine mäßige bis sehr geringe Wirksamkeit, weshalb auf eine Virulenzanalyse in 2003 verzichtet wurde, da keine gravierenden Veränderungen zu erwarten waren.

Gegenüber Mla13 (Ru):

Teilweise größere regionale Unterschiede in der Virulenzhäufigkeit sind gegenüber Mla13 zu erkennen. Der höchste Wert fand sich in 2003 mit 50 % im SW von SN. Im übrigen Untersuchungsraum sind eher moderate Werte zu verzeichnen mit einem Virulenzniveau von 20 % - 25 % in RP sowie von 0 % - 20 % bei den Stichproben aus den übrigen Regionen. Vergleicht man die derzeitige Mla13-Virulenzsituation mit der aus den zurückliegenden Jahren, so ist vielerorts ein gewisser Rückgang in der Virulenzhäufigkeit zu beobachten. Insgesamt ist der Selektionsdruck derzeit gering, da nur die Wintergerste ‚Julia‘ und die Nacktgerste ‚Lawina‘ diese Resistenz tragen.

Gegenüber MILa (La):

Wieder etwas verbessert hatte sich in den letzten Jahren die Virulenzsituation gegenüber MILa in Süddeutschland. Dabei war hier zuvor ein gravierender Virulenzanstieg auf regional bis 100 % zu beobachten. Die Werte bewegten sich in 2002 regional wieder deutlich unterhalb der 50 % Marke, und Werte nahe 100 % fanden sich im Erhebungsraum nur noch relativ selten. Der Rückgang ist auf den derzeit nicht vorhandenen Selektionsdruck zurückzuführen. Die Resistenz ist gegenwärtig nicht im zugelassenen Sortenspektrum anzutreffen (letzte Sorte: Wintergerste ‚Jana‘ mit einer relativ geringen Anbaufläche). Aus diesem Grund und wegen des immer noch relativ hohen Virulenzniveaus wird derzeit auf eine Berücksichtigung im Testsortiment zugunsten interessanterer Resistenzeigenschaften (s.u.) verzichtet.

Gegenüber Mlg (We [vorher CP]):

Aufgrund langjähriger Erfahrungen zur Virulenz gegenüber der Resistenz Mlg wird seit längerem auf ihre Berücksichtigung im Testsortiment verzichtet. Die Resistenz Mlg wird seit mehreren Jahrzehnten genutzt, so dass bereits in den 60er Jahren ein hoher Anteil des Gerstenmehltaus die entsprechende Virulenz aufwies. Die letzten Untersuchungen in 1992 ergaben Virulenzhäufigkeiten von > 50 % - ohne eine erkennbare regionale Differenzierung. Allerdings zeigt die Wintergerstensorte ‚Tafeno‘ (nur Mlg) nach der ‚Beschreibenden Sortenliste‘ 2003 eine mittlere Mehлтаuboniturnote (4), was durchaus auch ein geringeres Virulenzniveau vermuten lässt. Eine Berücksichtigung im Testsortiment 2004 erscheint deshalb lohnend, um eine bessere aktuelle Einstufung des Wertes der Resistenz zu erreichen.

Gegenüber MI(St) (St):

Bis einschließlich 2000 stieg die Virulenz gegen MI(St) in Süddeutschland auf ein im allgemeinen hohes Niveau mit Werten zwischen 60 % und 100 % an, so dass diese Resistenzeigenschaft in 2003 nicht mehr in die Untersuchungen aufgenommen wurde. Von dem Resistenzgen, das sowohl in Winter- als auch in Sommergerstensorten eingekreuzt wurde, ist kein zufriedenstellender Mehлтаuschutz mehr zu erwarten. Sorten wie ‚Kreta‘, oder ‚Nicola‘, die nach der ‚Beschreibenden Sortenliste‘ 2003 eine sehr gute Mehлтаubonitur erhielten, beziehen ihren Mehлтаuschutz deshalb hauptsächlich aus einer guten quantitativen Resistenzeigenschaft (vgl. Grundlagen), während letztere beispielsweise bei den MI(St)-Sorten ‚Leoni‘, ‚Mombasa‘ oder ‚Steffi‘ weniger bzw. praktisch nicht vorhanden ist.

Gegenüber MI(Bw) (Bw aus ‚Borwina‘):

Die Virulenzhäufigkeiten gegenüber der Resistenz MI(Bw) aus ‚Borwina‘ lagen in 2002 in allen untersuchten Regionen nahe 100 %. Vorausgesetzt, dass die Resistenz der Sorte auch im frühen Entwicklungsstadium der Pflanzen ausgeprägt wird (vgl. Grundlagen, s.o.), lassen die Untersuchungen kaum eine Schutzwirkung durch die entsprechende Resistenzeigenschaft erkennen. Entsprechende Analysen wurden deshalb in 2003 nicht mehr fortgesetzt.

Gegenüber MI(Si-1) (SI-1):

Wie in den Vorjahren wurden in 2003 gegenüber der Resistenz MI(Si-1) vereinzelt Isolate mit entsprechender Virulenz gefunden. Die Virulenzhäufigkeiten sind aber immer noch überall $\leq 5\%$ (0 % bis 4 % in den Stichproben), so dass die Resistenz MI(Si-1) durchweg als noch ‚sehr gut‘ einzustufen ist.

Gegenüber Mlf, Mlt (SI-4):

Gegenüber dieser Resistenz wurde in 2003 erstmals eine Virulenzanalyse vorgenommen. Es fanden sich im Erhebungsraum noch keine virulenten Isolate. Die Resistenz ist demnach noch sehr gut wirksam.

Gegenüber MI(1-B-53) (1-B-53):

Auch gegenüber dieser Resistenz wurde in 2003 erstmals eine Virulenzanalyse vorgenommen. Es fanden sich auch hier im Erhebungsraum noch keine virulenten Isolate. Die Resistenz ist demnach noch sehr gut wirksam.

Gegenüber U in ‚Meltan‘:

Die Virulenzhäufigkeiten gegenüber U in ‚Meltan‘ waren auch in 2003 im gesamten Erhebungsraum noch relativ gering und lagen bis auf den SW von SN $\leq 10\%$, was einen weiterhin noch recht guten Mehлтаuschutz anzeigt.

Gegenüber U in ‚Verena‘:

Im Vergleich zu 2002 allgemein deutlich zurückgegangen sind die Virulenzhäufigkeiten gegenüber der Mehлтаuresistenz ‚U‘ in der Sorte ‚Verena‘, die allerdings nicht mehr als zugelassene Sorte in der ‚Beschreibenden Sortenliste‘ 2003 aufgelistet ist. Die Werte lagen in 2003 im Erhebungsraum bei $< 10\%$ und entsprechen nun wieder dem Niveau aus 2001, wo in den meisten Regionen ebenfalls noch Werte $< 10\%$ vorlagen.

Gegenüber U (We) in ‚Scarlett‘:

Extrem stark angestiegen sind im gesamten süddeutschen Untersuchungsraum die regionalen Virulenzhäufigkeiten gegenüber der Resistenzeigenschaft in der hier stark verbreiteten Sorte ‚Scarlett‘, wobei kaum mehr regionale Unterschiede in RP, BW und BY zu verzeichnen sind. Die Werte bewegen sich nunmehr durchweg zwischen 50 % und 100 %. Ganz anders sieht die Situation noch in Norddeutschland (MV) aus, wo die entsprechenden Virulenzhäufigkeiten vielerorts bei $\leq 10\%$ liegen, was auf den dort bisher weitaus geringeren Selektionsdruck zurückzuführen ist.

Gegenüber mlo (Mlo):

Grundlagen. Die Mlo-Resistenz aller bisher in Deutschland zugelassenen Mlo-Sorten lässt sich auf wahrscheinlich zwei Quellen zurückführen. Die eine sind drei aus Äthiopien stammenden Landrassen (‘L92’, ‘L100’, ‘Grannenlose Zweizeilige’), welche vermutlich alle das Gen mlo11 tragen. Die zweite Quelle ist eine in den 60er Jahren entstandene Mlo-Mutante (Bezeichnung: ‘Diamant Mutante’, SZ5139b, HL70-8) mit der Gen-Zuordnung mlo9.

Bei allen Arbeiten mit der Mlo-Resistenz muss stets die besondere Stellung von Mlo unter den qualitativen Resistenzgenen berücksichtigt werden. Das Gen löst nach bisherigem Wissen einen mehrschichtigen Abwehrmechanismus innerhalb des Stoffwechselhaushalts der Pflanze aus. Dabei kommt einer ausreichenden Papillenbildung am Ort der Infektion eine zentrale Rolle zu. Bei ‘Avirulenz’ des Isolats reagieren die langen Epidermiszellen des Blattes voll resistent, die kurzen Epidermiszellen, die um die Spaltöffnungen angeordnet sind, hingegen nur moderat resistent (intermediär), und die Stomatazellen sind sogar voll anfällig. Aufgrund des komplexeren Abwehrmechanismus kann eine erfolgreiche Anpassung des Erregers wahrscheinlich nicht über die Veränderung eines Gens, sondern nur über die Mutation mehrere Gene erfolgen. Die Mlo-Virulenz entspricht danach nicht mehr der klassischen ‘Gen-für-Gen-Hypothese’, sondern kann wahrscheinlich nur schrittweise, eher quantitativ und mit erheblicher zeitlicher Verzögerung erfolgen. Weitere ausführliche Informationen zu Mlo und zu den zugehörigen Sorten finden sich unter <http://www.volny.cz/eschwarzbach/>

Die gegenwärtige Situation. Nur unter Einbeziehung obiger Überlegungen wird verständlich, dass auch im Analysenjahr 2003 immer noch **kein** Mlo-virulentes Isolat im Untersuchungsraum ausfindig gemacht werden konnte. Trotz eines nunmehr langjährigen und massiven Selektionsdrucks hat es der Erreger im Feldbestand bisher noch nicht geschafft, sich erfolgreich an die Mlo-Resistenz anzupassen. Die Virulenzhäufigkeiten sind noch überall 0 %, was einen weiterhin sehr guten Mehltauschutz durch Mlo anzeigt.

Dass der Erreger jedoch grundsätzlich Anpassungspotential auch an diese Resistenzeigenschaft besitzt, zeigte schon vor vielen Jahren ein relativ einfacher Selektionsversuch ohne mutagene Substanzen. Auch wird immer wieder von angepassten Pathotypen in Gewächshausversuchen berichtet. Bisher hat es allerdings der Erreger noch nicht vermocht, ein entsprechendes Isolat unter Feldbedingungen erfolgreich zu vermehren.

Bislang wurden nur solche Isolate ausfindig gemacht, die ausschließlich als ‘schwach virulent’ oder ‘intermediär virulent’ einzustufen sind (Infektionserfolg von ≤ 50 % Befall relativ zur hochanfälligen Kontrollsorte) und unter mehrmaliger Testwiederholung oftmals eine starke Variation im Infektionserfolg aufzeigen. Diese Beobachtungen können mit der komplexeren Mlo-Resistenzreaktion erklärt werden.

Des Weiteren weisen die Ergebnisse darauf hin, dass eine außergewöhnlich starke **Umweltabhängigkeit bei der Expremierung der Mlo-Resistenz** besteht. Der Mehltau scheint teilweise fähig zu sein, auf gestressten Pflanzen mit dann nicht voll ausgeprägter Mlo-Resistenz erfolgreich zu infizieren. In Untersuchungen zeigte sich, dass dem Wasserhaushalt in der Pflanze offensichtlich eine entscheidende Rolle zukommt. So konnte eine deutlich erhöhte Mehltauanfälligkeit bei Gerstenpflanzen mit Mlo-Resistenz unter Wassermangel nachgewiesen werden. Dabei ist gleichzeitig hervorzuheben, dass nur bestimmte, scheinbar quantitativ etwas angepasste Isolate, die bereits im Labor eine erhöhte Aggressivität aufzeigten, in den entsprechenden Versuchen erfolgreich infizierten. Im Feld könnte dies bei Trockenheit oder vorausgehendem Wassermangel zu einer Einschränkung der Resistenzausprägung füh-

ren (z. B. bei hohem Wasserbedarf in der Schossphase der Pflanzen). Bei den Versuchen zeichneten sich zudem starke Sortenunterschiede ab, wobei die Sorte ‚Krona‘ besonders sensibel auf Wassermangel reagierte. Fehleinschätzungen von Mlo-Sorten unter bestimmten Klima-/Bodenverhältnissen oder zu bestimmten Wachstumsstadien sind deshalb möglich. Auch ist damit der zuweilen beobachtete stärkere Mehлтаubefall von Mlo-Sorten, besonders in der Schossphase, zu erklären.

Aufgrund fehlender Mlo-virulenter Isolate ist eine Differenzierung von mlo9 und mlo11 mit Hilfe des „klassischen“ BioTests (noch) nicht möglich, weshalb eine derartige Unterscheidung in der ‚Beschreibenden Sortenliste‘ auch noch nicht vorgenommen wurde. Ebenso war es bisher noch nicht möglich, Kreuzungslinien aus einer Mlo-Linie/-Sorte und einem anderen Elter mit guter Mehлтаuresistenz (z.B. SI-X) nach dem erfolgreichen Transfer von Mlo bzw. dem Vorhandensein der Mlo zu überprüfen. Mit Hilfe von molekulargenetischen Methoden ist dies nunmehr möglich, ebenso wie die Unterscheidung zwischen mlo9 und mlo11. Entsprechende Untersuchungen können bei der EpiGene GmbH, 85354 Freising, in Auftrag gegeben werden (www.epigene.de).

DIE AKTUELLE FUNGIZID-SENSITIVITÄTSSITUATION

Aufgrund des hohen Informationsbedarfs hinsichtlich einer etwaigen Anpassung bzw. Resistenzbildung gegenüber den Strobilurin-Wirkstoffen sowie gegenüber dem reinen Mehltauwirkstoff Quinoxifen wurde der Schwerpunkt der Untersuchungen in 2003 entsprechend gelagert. Sensitivitätsanalysen wurden zu folgenden Erregern vorgenommen:

- Weizenmehltau
- Gerstenmehltau
- Weizenbraunrost
- *Septoria tritici*
- Netzfleckenkrankheit an Gerste

Grundlagen

Bei der Sensitivitätsanpassung von pilzlichen Krankheitserregern an fungizide Wirkstoffe bzw. bei der Selektion resistenter Pathotypen müssen grundsätzlich zwei Varianten unterschieden werden:

1. Zum einen gibt es die sog. disruptive / qualitative Resistenzbildung ('single-step resistance') wie in Abb. 2 unten dargestellt. Hier erreicht der Erreger durch eine einzige genetische Veränderung sofort eine so geringe Empfindlichkeit, dass der Wirkstoff in der empfohlenen Aufwandmenge nicht mehr oder nur noch sehr eingeschränkt wirkt. Hat ein großer Teil (hoher %-Satz) der Erregerpopulation diese Eigenschaft erworben, ist der Wirkstoff im Feld kaum mehr wirksam.

Für eine praxisrelevante Beurteilung der Situation vor Ort ist also einzig der Anteil an Isolaten mit der entsprechenden Resistenz in der regionalen Pathogenpopulation ausschlaggebend. Nur er bestimmt die tatsächlich noch vorhandene Bekämpfungseffizienz des Wirkstoffs. Inzwischen liegen langjährige Erfahrungen bei der qualitativen Anpassung von Pilzpathogenen vor (s.a.o., Virulenzbildung!). So konnte ein Beurteilungsschlüssel zur qualitativen Resistenzbildung gegenüber Wirkstoffen abgeleitet werden, der es erlaubt, die gewonnenen Daten relativ einfach in die Praxis zu übersetzen:

So ist bei einer anfänglichen Häufigkeit an resistenten Isolaten in der regionalen Ausgangspopulation von

- 0 - 10 % ein sehr guter bis guter**
- 10 - 20 % ein noch guter bis deutlicher, jedoch v. a. bei hohem Infektionsdruck bereits eingeschränkter,**
- 20 - 50 % ein mäßiger, allerdings noch merklicher,**
- >50 % ein nur noch geringer, oftmals unzureichender bis nicht mehr feststellbarer**

Krankheitsschutz zu erwarten.

Ein aktuelles Beispiel ist die Resistenzbildung des Weizenmehltaus, des Gerstenmehltaus sowie von *Septoria tritici* gegenüber den Strobilurin-Derivaten. Auch bei der Anpassung des Weizenmehltaus gegenüber dem Chinolin-Wirkstoff Quinoxifen scheint es sich um eine derartige Form der Resistenzbildung zu handeln (s.u.).

2. Ganz anders verläuft hingegen die sog. kontinuierliche / quantitative Sensitivitätsanpassung („multi-/ oligo-step resistance“). Diese Form, die oft auch mit dem englischen Begriff “shifting” beschrieben wird, ist beispielsweise die typische Anpassungsreaktion der Pathogene an die SBI-Wirkstoffe (Sterol-Biosynthese-Inhibitoren: Triazole, Morpholine, Piperidine, Spiroketalamine). Die Erreger können sich dabei nur mittels der Akkumulation mehrerer genetischer Veränderungen ausschließlich schrittweise anpassen, wie in der oberen Hälfte von Abb. 2 dargestellt. Erste Anpassungsreaktionen bleiben oftmals unbemerkt, da sich diese im Feldbestand in der Regel noch nicht erkennen lassen. Eine durch entsprechende Analysen diagnostizierte Sensitivitätsminderung bedeutet deshalb nicht sofort eine sichtbare Wirkungseinbuße des entsprechenden Präparats im Feldbestand. Vielmehr handelt es sich um eine messbar verminderte Sensitivität des Erregers relativ zu der ursprünglich vorhandenen Wirkstoffempfindlichkeit, welche in erster Linie die Wirkstoffreserven der Präparate angreift und im Feld mit einer sukzessiven Minderung und/oder Verkürzung der effektiven Fungizidwirkung einhergeht. Charakteristisch für diese Form der Anpassung ist bei fortschreitender Resistenzbildung eine immer größere Vielfalt an unterschiedlich sensitiven bzw. angepassten Isolaten innerhalb der Gesamtpopulation.

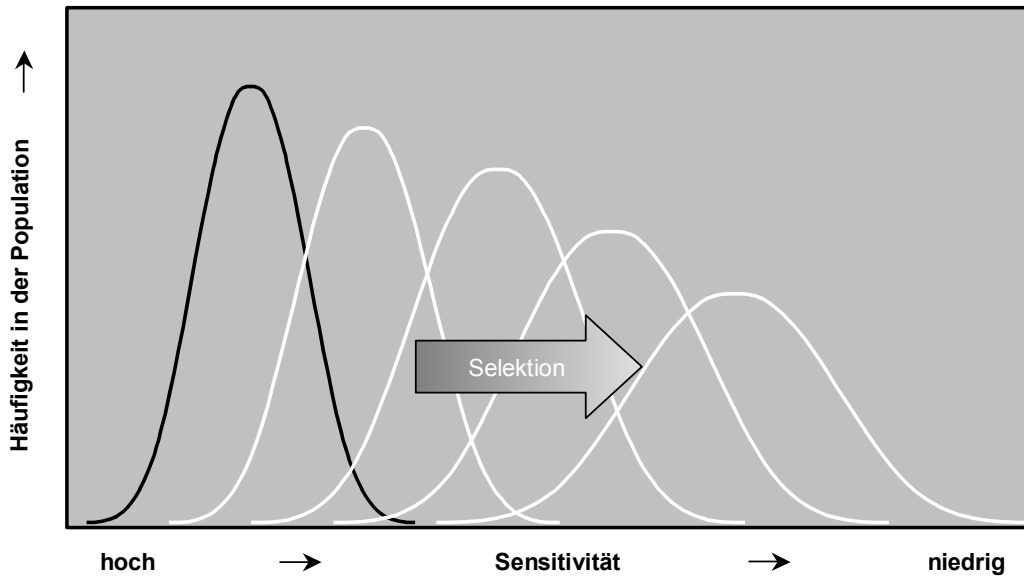
Zu berücksichtigen gilt hier des Weiteren, dass die tatsächliche Präparatwirkung im Feldbestand von einer ganzen Reihe von Faktoren abhängt, wobei die quantitative Anpassung des Erregers zumeist erst bei fortgeschrittenem Sensitivitätsabbau zum dominierenden Faktor wird. Weitere Faktoren sind die vom Hersteller über die Dosierungsempfehlung mitgegebene Wirkungsreserve, die Geschwindigkeit und das Ausmaß der Wirkstoffaufnahme in die Pflanze, sowie dessen Transport und Verteilung in oder auf der Pflanze einschließlich dessen Stabilität im oder am pflanzlichen Gewebe. Die Witterungsbedingungen während und nach der Ausbringung sind ebenfalls von Bedeutung. So entfalten Azol-Derivate zumeist bei trocken-warmer Witterung ihr volles Leistungspotential, während ein Morpholin eher im feuchten und etwas kühleren Bereich optimal wirkt.

Insgesamt lässt sich die quantitative Sensitivitätsanpassung schwieriger beschreiben und die gewonnenen Daten sind nicht so einfach wie bei der qualitativen Anpassung in die Praxis zu übertragen. **Zentrale Maßzahl ist hier die Relation des aktuellen Sensitivitätsniveaus der untersuchten Population zum ursprünglich empfindlichen Niveau, woraus sich der mittlere Resistenzfaktor MRF der Erregerpopulation ableitet.**

$$\text{MRF} = \frac{\text{Aktuelle Wirkstoff-Empfindlichkeit der untersuchten Population}}{\text{Unselektiertes Ausgangsniveau}}$$

Erschwerend kommt bei der Beurteilung der MRF-Werte hinzu, dass nicht pauschal vorgegangen werden kann, d. h. ein MRF von 10 bei dem Wirkstoff X muss nicht die gleiche Auswirkung haben wie beim Wirkstoff Y. Bei jedem Wirkstoff ist also eine ganz spezifische Beurteilung notwendig.

Kontinuierliche Selektion ('shifting')
(oligo / multi step resistance) Quantitative Resistenz



Disruptive Selektion
(single step resistance) Qualitative Resistenz

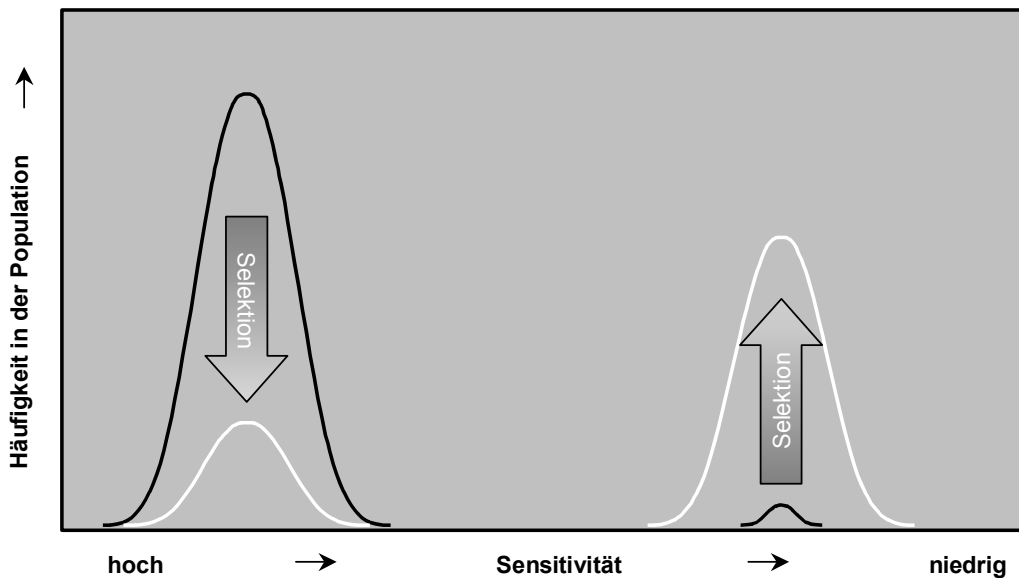


Abb. 2: Schematisierte Wiedergabe der Populationsdynamik bei einem Sensitivitätsverlust der Erregerpopulation durch kontinuierliche oder disruptive Selektion. Schwarze Kurven: Ursprüngliche Sensitivitätsverteilung; weiße Kurven: Sensitivitätsverteilung nach Selektion durch Fungizidanwendung

Wichtig: Um das Verständnis und die Umsetzbarkeit der im vorliegenden Situationsbericht vorgestellten Ergebnisse weiter zu erleichtern, wird neben der Beschreibung der Sensitivitätssituation zusätzlich das Ausmaß der Anpassung bzw. der Resistenzbildung mit Werten zwischen 0 und 10 vereinfachend charakterisiert und damit eine Einschätzung vorgenommen, die auch einen Vergleich der verschiedenen Wirkstoffe direkt ermöglicht. Die Beurteilung erfolgt unter Einbeziehung aller uns zur Verfügung stehenden Informationen. Um alle Wirkstoffe in eine gemeinsame Bewertungsskala einstellen zu können, wurde der Bewertungsschlüssel entsprechend modifiziert und unterscheidet sich teilweise erheblich von dem früherer Jahre, der bis einschließlich 1998 genutzt wurde und noch ausschließlich auf die quantitative Anpassung der Krankheitserreger abgestimmt war.

Der Bewertungsschlüssel ist wie folgt unterteilt:

- 0: keine messbaren Anzeichen einer Resistenzbildung**
- 3: trotz einer messbaren Anpassungsreaktion ist ein noch guter bzw. deutlicher Bekämpfungserfolg zu erwarten; jedoch können insbesondere die Wirkungsdauer und/oder – bei qualitativer Resistenzbildung – die Bekämpfungssicherheit bereits beeinträchtigt sein**
- 4: unter günstigen klimatischen Bedingungen, bei fortgeschrittener Durchseuchung des Bestands oder hohem Infektionsdruck ist mit einer deutlicheren Effizienzeinbuße zu rechnen**
- 5: sichtbare bzw. deutlich messbare Einschränkung des Bekämpfungserfolgs, insbesondere bei reduzierten Aufwandmengen**
- 8: deutliche Wirkungseinbußen im Feldbestand auch bei voller Aufwandmenge des Solowirkstoff-Präparats (bei quantitativer Anpassung, s. o.) bis hin zu einem einschneidenden Wirkungsverlust (bei qualitativer Resistenzbildung, s. o.)**
- 10: kein oder nur noch marginaler Unterschied zwischen ‚Unbehandelt‘ und ‚Behandelt‘**

1. Wirkstoffempfindlichkeit des Weizenmehltaus

In den Untersuchungen der letzten Jahre zeigte der Weizenmehltau sowohl gegenüber den Azolwirkstoffen als auch gegenüber den Morpholin-(ähnlichen) Substanzen eine deutliche Stabilisierung in der Anpassung auf dem erreichten Sensitivitätsniveau. In den Erhebungen 2003 lag deshalb der Schwerpunkt der Analysen auf den Wirkstoffklassen der Strobilurine (QoIs), Chinoline und Anilinopyrimidine.

Tab. 5: Praxisrelevante Einschätzung der Sensitivitätssituation beim Weizenmehltau für den Untersuchungsraum, 2003

Bewertungsschlüssel 0 bis 10 (s. o.):

0: keine Anzeichen einer Resistenzbildung → keine Wirkungseinbußen

10: maximal fortgeschrittener Sensitivitätsverlust → voller Wirkungsverlust

Wirkstoff	Solopräparat	Bewertung von Anpassung / Resistenzbildung
-----------	--------------	--

Triazole:

Triadimenol	Bayfidan	6
Propiconazol	Desmel	5
Tebuconazol	Folicur	4
Cyproconazol	Alto 100	3/4
Epoconazol	Opus, (Opus top)*	4/5

Morpholine / Piperidine / Spiroketalamine:

Fenpropimorph	Corbel	3/4
Fenpropidin	Zenit M	3
Spiroxamine	Impulse	3

Strobilurine (QoIs):

Kresoxim-methyl	(Juwel top)*	7 - 10
Azoxystrobin	Amistar	7 - 10
Trifloxystrobin	(Stratego)*	7 - 10
Picoxystrobin	Acanto	7 - 10
Pyraclostrobin	(Opera)*	7 - 10

Chinoline:

Quinoxifen	(Juwel forte)*	0 - 4	regionale Unterschiede !
------------	----------------	-------	--------------------------

Anilinopyrimidine:

Cyprodinil	Unix	0 - 2
------------	------	-------

*nur in Kombination mit anderen Wirkstoffen auf dem Markt

A) Triazole (DMIs: Demethylierungs-Inhibitoren)

Bereits seit Ende der 70er Jahre ist Triadimenol (bzw. Triadimefon, das erst in der Pflanze zum aktiveren Triadimenol umgewandelt wird) und seit Beginn der 80er Jahre Propiconazol in der Anwendung. Deren großräumiger und intensiver Einsatz führte in den 80er Jahren zu einer merklichen quantitativen Sensitivitätsanpassung des Weizenmehltaus in Form einer schrittweisen Selektion (s.o. Grundlagen!) und zu teilweise deutlich eingeschränkten Bekämpfungserfolgen. Anfang der 90er Jahre wurden am deutschen Fungizidmarkt weitere DMI-Derivate (Tebuconazole, Cyproconazol, Epoxiconazol u. a.) eingeführt. Aufgrund der positiven Kreuzresistenz des Pathogens gegenüber allen Wirkstoffen aus der Gruppe der DMIs lag bereits zur deren Markteinführung eine verminderte Empfindlichkeit mit einem MRF, je nach Wirkstoff, von 10 bis 20 vor, so dass diese Wirkstoffe mit einer gewissen Hypothek an den Start gehen mussten. Dies ist auch einer der Gründe, weshalb sie häufig in Kombination mit einem nicht-kreuzresistenten Partner in den Verkauf gelangten.

Seit Mitte der 90er Jahre ließen die Untersuchungen am Weizenmehltau in Süddeutschland gegenüber den verschiedenen Triazolen nur noch vergleichsweise geringe Sensitivitätsschwankungen erkennen. Die Sensitivitätssituation ist seither gegenüber den Triazol-Wirkstoffen auf dem erreichten Niveau weitestgehend stabil geblieben. Die zu Beginn der 90er Jahre noch ausgeprägten regionalen Unterschiede lösten sich durch die Windverbreitung des Pathogens praktisch völlig auf. Es liegt nunmehr wirkstoffspezifisch ein relativ homogenes MRF-Niveau vor. Faktoren, welche die Azol-Resistenzbildung fördern und Kräfte, die diese wiederum hemmen, halten sich derzeit vielerorts in Deutschland die Waage. Die Ursachen liegen zum einen in der Biologie des Erregers begründet (genetische Rekombination des Pilzes und oligo-/polygener Steuerungsmodus der DMI-Resistenzbildung). Es hat sich aber auch der Selektionsdruck durch die einzelnen Azole selbst in den letzten Jahren abgeschwächt. Drei Ursachen lassen sich hier nennen: Erstens kommen verstärkt Mischpräparate zum Einsatz, wobei die Mischpartner oftmals die Hauptrolle bei der Mehлтаubekämpfung übernehmen. Zusätzliche Synergieeffekte wie der sog. ‚Schlitteneffekt‘ verstärken dabei teilweise die Wirkung der einzelnen Komponenten. Zweitens hat sich die Palette der verfügbaren Wirkstoffe erheblich aufgefächert. Und drittens ist der Fungizideinsatz insgesamt eher stagnierend, da verschärfte ökonomische Rahmenbedingungen vorliegen und der Anteil (teil)resistenter Sorten an der Anbaufläche in den letzten 10 Jahren deutlich zunahm.

Aufgrund der nachhaltigen Stabilisierung der Azol-Sensitivitätssituation beim Weizenmehltau wurde die Anzahl der untersuchten Triazole je Untersuchungsjahr zu Gunsten anderer Analysearbeiten (Wirkstoffgruppen, Pathogene) reduziert. Die Sensitivitätsentwicklung gegenüber Triazolen wird nunmehr anhand von einem „Zeiger“-Triazol verfolgt. Wie bereits oben angesprochen, ergaben sich in 2003 keine Anzeichen einer deutlichen Sensitivitätsveränderung in die eine oder andere Richtung. Die Situation verharrt mehr oder weniger auf dem erreichten Anpassungsniveau, so dass die Praxiserfahrungen mit den DMI-Derivaten aus den zurückliegenden Jahren auch auf das Anbaujahr 2004 übertragen werden können. Die MRF-Niveaus gegenüber den einzelnen Azol-Derivaten liegen in etwa wie folgt: Triadimenol (30-70), Propiconazol (15-30), Tebuconazole (10-20), Cyproconazol (10-15), Epoxiconazol (15-35).

B) Morpholine / Piperidine / Spiroketalamine

Gegenüber Fenpropimorph:

Auch bei Fenpropimorph, das seit Anfang der 80er Jahre am Markt ist, liegt inzwischen überall eine messbare Sensitivitätsanpassung vor. Da der Wirkstoff aber an verschiedenen Orten der Sterol-Biosynthese des Pilzes angreift, vollzog sich die quantitative Sensitivitätsanpassung (s.o. Grundlagen!) relativ langsam. Der bisher beobachtete „Shift“ führte überall im Untersuchungsraum zu MRFs bis zu etwa 10. Die Entwicklung ist insgesamt aber noch als moderat einzustufen. Die vorliegenden Analysen über mehr als 10 Jahre hinweg zeigen, dass bei einem MRF von etwa 10 eine ausgeprägte biologische Barriere gegen eine weitere Fenpropimorph-Resistenzbildung besteht, und somit ein weiterer Sensitivitätsverlust nur noch unter hohem Selektionsdruck möglich ist. Die aktuelle Situation ist also immer noch nicht als sehr risikoreich einzustufen, und die Wirksamkeit von ‚Corbel‘ kann als im allgemeinen noch ‚gut‘ bewertet werden. Hierbei wird jedoch eine Ausbringung mit voller Aufwandmenge (!) zugrunde gelegt. Die Einschätzung bezieht sich nicht auf das teilweise praktizierte Splitten der Präparate bei stark verminderter Wirkstoffmenge. Unter Berücksichtigung der derzeitigen Sensitivitätssituation sind die verbleibenden Wirkstoffreserven soweit angebraucht, dass bei einer derartigen Einsatzstrategie die Gefahr ihrer Überstrapazierung besteht. Bei hohem Infektionsdruck und anfälligen Sorten wird von einer stärkeren Reduzierung der empfohlenen Aufwandmengen ausdrücklich abgeraten.

Gegenüber Fenpropidin:

Fenpropidin ist seit 1995 in Deutschland zugelassen. Aufgrund der positiven Kreuzresistenz des Erregers gegenüber dem Morpholin Fenpropimorph (s.o.) und dem Piperidin Fenpropidin lag allerdings bereits zur Markteinführung im Erhebungsbereich ein um einen Faktor von 4 bis 8 vermindertes Sensitivitätsniveau vor. Derartige MRF-Werte fanden sich zumeist auch in 2003, so dass sich seither im Erhebungsraum kaum mehr Veränderungen ergaben. Die als noch relativ moderat einzustufenden MRF-Werte sollten sich im Feldbestand im allgemeinen noch nicht gravierend auswirken. Es kann in der Saison 2004 von einem guten Mehлтаuschutz durch ‚Zenit M‘ bei voller Aufwandmenge (vgl. Ausführungen zu Fenpropimorph!) ausgegangen werden. Allerdings finden sich in den letzten Jahren immer wieder Isolate mit stärker verminderter Fenpropidin-Empfindlichkeit (Resistenzfaktoren > 20/30), deren Anreicherung in der lokalen Mehлтаupopulation sich ungünstig auf den Bekämpfungserfolg auswirken könnte. Ihr Anteil an der Gesamtpopulation ist zwar gegenwärtig in den meisten Regionen nach wie vor relativ gering (ca. 10 %), die Entwicklung sollte aber weiterhin aufmerksam beobachtet werden.

Gegenüber Spiroxamine:

Spiroxamine wurde 1997 auf dem deutschen Fungizidmarkt eingeführt. Es gehört als Spiroketalamin zur SBI-Wirkstoffgruppe. Aufgrund einer vorliegenden positiven Kreuzresistenz des Weizenmehltaus gegenüber Fenpropimorph, Fenpropidin und Spiroxamine lag auch in diesem Fall bereits zur Markteinführung ein um einen MRF von etwa 4 bis 6 vermindertes Sensitivitätsniveau vor. Positiv zu vermerken ist, dass sich das Sensitivitätsniveau seither nicht mehr weiter negativ verändert hat. Die MRF-Werte sind als noch recht moderat einzustufen. Es kann von dem bisher beobachteten Bekämpfungserfolg auch in 2004 ausgegangen werden.

C) Strobilurine (Qols)

Die Wirkstoffklasse der Strobilurine (Qols) wurde 1996 erstmals auf dem deutschen bzw. europäischen Fungizidmarkt eingeführt und fand rasch - nicht zuletzt wegen ihrer ausgeprägten physiologischen Effekte – eine weite Verbreitung und relativ intensive Anwendung. Aufgrund ihres bis dahin neuen Wirkmechanismus (Eingriff in die Atmungskette des Pilzes) lag keine Kreuzresistenz zu bereits am Markt befindlichen Wirkstoffen vor. Das Sensitivitätsniveau innerhalb Europas war damit vor der Praxisanwendung noch vollkommen ursprünglich bzw. unselektiert. Über die Art und Weise einer etwaigen Resistenzbildung war bis zu den Erhebungen 1998 wenig bekannt. In 1998 trat dann erstmals in einigen Gebieten Norddeutschlands ein überraschend hoher Anteil an Isolaten mit qualitativer Strobilurin-Resistenz von > 50 % auf. Aufgrund der qualitativen Resistenzbildung handelt es sich für die Praxis um ein äußerst ernstes Problem, zumal der Anpassungsprozess sich ausgesprochen rasch innerhalb einer Saison vollziehen kann und der Erreger mit positiver Kreuzresistenz gegenüber allen bisher am Markt befindlichen Strobilurin-Derivaten **Kresoxim-methyl**, **Azoxystrobin**, **Trifloxystrobin**, **Picoxystrobin** und **Pyraclostrobin (F500)** reagiert. Die zu einem Strobilurin-Wirkstoff jeweils erarbeiteten Ergebnisse lassen sich also im Prinzip 1:1 auf die anderen Strobilurin-Wirkstoffe übertragen.

Die Ergebnisse zur aktuellen Resistenzsituation des Weizenmehltaus sind in Tab. 6 dargestellt, wobei der prozentuale Anteil an resistentem Mehltau in der Stichprobe bzw. in der regionalen Population eine klare Aussage zur dortigen Wirksamkeit der Strobilurine liefert (s. Grundlagen!). Prägen anfangs noch starke regionale Unterschiede die Situation in Deutschland, so finden sich nunmehr auch im süddeutschen Raum %-Anteile Qol-resistenter Isolate von zumeist > 50 %, was eine nur noch äußerst eingeschränkte bis unmerkliche Schutzwirkung gegen den Weizenmehltau zur Folge hat. Insgesamt gilt für den gesamten Erhebungsraum, dass eine effiziente Bekämpfung des Weizenmehltaus mit den am Markt befindlichen Strobilurin-Derivaten nicht mehr möglich ist.

Tab. 6: **Strobilurin**-Resistenz des **Weizenmehltaus** in Stichproben aus verschiedenen Regionen der Bundesländer SH, MV, NI, HE, TH, SN, RP, BW und BY, 2003

Region	Datum	n	res. Isolate	% res. Isolate
Schleswig-Holstein:				
Flensbg-Kappeln-Eckernförde	09.07.	20	14	70
Dänischer Wohld via Birkenmoor	09.07.	20	17	85
Kiel-Oldenburg	09.07.	20	19	95
Puttgaden-Oldenburg/Neustadt	20.06.	20	18	90
Oldenburg/Neustadt-Hamburg	20.06.	20	18	90
Mecklenburg-Vorpommern:				
Lübeck-Rostock	19.06.	20	20	100
Rostock-Greifswald	19.06.	20	19	95
Rostock-Neubrandenburg	19.06.	20	20	100
Stralsund-Neubrandenburg	19.06.	20	19	95
Neubrandenburg-Prenzlau	19.06.	20	15	75
Niedersachsen:				
Hannover-Kassel	02.07.	20	19	95
Hessen:				
Hofgeismar-Homberg/Efze	26.06.	20	15	75
Marburg-Frankfurt	12.06.	11	8	73
Limburg-Weinheim	12.06.	20	11	55
Thüringen:				
Nordhausen-Erfurt	26.06.	20	18	90
Erfurt-Gera-Altenburg	26.06.	20	15	75
Gera-Hof	20.06.	20	14	70
Sachsen:				
Leipzig-Dresden	03.07.	20	13	65
Dresden-Görlitz	03.07.	7	5	71
Chemnitz-Hof	03.07.	20	17	85
Rheinland-Pfalz:				
Rheinbach-Koblenz	24.06.	20	12	60
Mayen-Trier-Waldmoor	24.06.	20	9	45
Speyer-Bingen-Kaiserslautern	24.06.	20	10	50
Baden-Württemberg:				
Sinsheim-Crailsheim	12.06.	20	16	80
Karlsruhe-Basel	28.06.			
Karlsruhe-Ulm	24.06.	10	8	80
Stuttgart-Singen	28.06.			
Bayern:				
Schweinfurt-Rothenburg	12.06.	20	7	35
Hof-Nürnberg	21.06.	20	7	35
Hof-Regensburg	21.06.	20	11	55
Nürnberg-Freising	21.06.	20	13	65
Ulm-Freising	28.06.	20	19	95
Niederbayern	21.06.	20	14	70

D) Chinoline

Gegenüber Quinoxifen:

Das Chinolin-Derivat Quinoxifen stand 1997 erstmalig für die Mehltaubekämpfung im Getreidebau zur Verfügung. Es ist ganz spezifisch mehltauwirksam und kann ausschließlich nur protektiv eingesetzt werden, da es einzig die Appressorienbildung des Mehltaus, also den ersten Schritt in der Infektionsphase des Erregers, verhindert. Nach erfolgreichem Eindringen des Pathogens in die Epidermis des Blattes zeigt Quinoxifen hingegen keine Wirkung mehr, so dass eine Bekämpfung des bereits latent vorhandenen und sichtbaren Mehltaubefalls nicht mehr möglich ist. Der optimale Einsatz erfolgt deshalb rechtzeitig zu einem relativ frühen Stadium der Mehltau-epidemie oder später in Kombination mit einem möglichst gut kurativ wirkenden Partner. Quinoxifen zeichnet sich durch eine herausragende Dauerwirkung aus.

Erbrachten die Untersuchungen bis einschließlich 2000 hinsichtlich der Quinoxifen-Empfindlichkeit des Weizenmehltaus noch keine Anzeichen einer Resistenzbildung, sowohl in qualitativer wie auch in quantitativer Hinsicht, so musste in 2001 in Norddeutschland gegenüber Quinoxifen erstmalig eine Anpassung des Weizenmehltaus festgestellt werden. Dabei wiesen die angepassten Mehltau-stämme gegenüber der ursprünglichen Empfindlichkeit oftmals relativ hohe Resistenzfaktoren von 100/200 auf, so dass die Resistenzbildung des Weizenmehltaus gegenüber Quinoxifen nach den bisher vorliegenden Erkenntnissen einer eher disruptiven Anpassungsform (s. Grundlagen!) gleichzusetzen ist. Dies bedeutet wiederum, dass - ähnlich wie bei den Strobilurinen - einzig der Anteil an angepassten Isolaten in der regionalen Pathogenpopulation über die tatsächlich noch vorhandene Wirksamkeit im Feldbestand entscheidet.

In 2003 (Tab. 7) wurden in weiteren Bundesländern (HE, TH, BW) erstmals resistente Isolate gefunden. Nur in RP und BY konnten bisher keine angepassten Weizenmehltausisolate auffindig gemacht werden. Innerhalb des Erhebungsraumes ergeben sich deshalb durchaus beachtenswerte regionale Unterschiede, wie sie typisch sind am Anfang einer Resistenzbildung. In SH und MV liegen die %-Werte aktuell zwischen etwa 10 % und 20 %, in allen anderen Bundesländern liegen sie noch auf einem Niveau ≤ 10 %.

Erfreulich ist, dass die Anpassungsdynamik aufgrund rasch ergriffener wirkungsvoller Maßnahmen eines Anti-Resistenzmanagements (z.B. kein empfohlener früher Einsatz des Solowirkstoffes mehr) und eines damit geringeren Selektionsdruckes insgesamt deutlich verhaltener ist, als diese bei den Strobilurinen zu beobachten war (s.o.). So hat sich die Resistenzsituation in SH und MV von 2002 auf 2003 hin nicht mehr weiter negativ verändert. Lokal ist sogar ein gewisser Rückgang der Werte zu konstatieren. Die Werte in SH und MV sind jedoch immer noch so hoch, dass insbesondere bei einer stärkeren Mehltau-epidemie mit einer Einschränkung im Bekämpfungserfolg zu rechnen ist. In den anderen Bundesländern NI, HE, TH, SN, RP, BW und BY sollte hingegen noch im allgemeinen ein sehr guter bis guter Bekämpfungserfolg mit Quinoxifen zu erzielen sein. Für den gesamten Erhebungsraum gilt, dass auch in Regionen ohne Resistenzbefund angepasste Weizenmehltausisolate in latenter Form, d.h. unterhalb unserer Nachweisgrenze, vorliegen, so dass in 2004 eine weiterhin aufmerksame Beobachtung der Sensitivitätssituation notwendig ist.

Tab. 7: **Quinoxifen**-Resistenz des **Weizenmehltaus** in Stichproben aus verschiedenen Regionen der Bundesländer SH, MV, NI, HE, TH, SN, RP, BW und BY, 2003

Region	Datum	n	res. Isolate	% res.Isolate
Schleswig-Holstein:				
Flensbg-Kappeln-Eckernförde	09.07.	50	10	20
Dänischer Wohld via Birkenmoor	09.07.	50	6	12
Kiel-Oldenburg	09.07.	50	4	8
Kiel-Eutin	10.07.	50	8	16
Puttgaden-Oldenburg/Neustadt	20.06.	50	6	12
Oldenburg/Neustadt-Hamburg	20.06.	50	6	12
Mecklenburg-Vorpommern:				
Lübeck-Rostock	19.06.	50	5	10
Rostock-Greifswald	19.06.	50	8	16
Rostock-Neubrandenburg	19.06.	50	6	12
Stralsund-Neubrandenburg	19.06.	53	11	21
Neubrandenburg-Prenzlau	19.06.	50	1	2
Niedersachsen:				
Hamburg-Hannover	09.07.	60	5	8
Hannover-Kassel	02.07.	50	5	10
Hessen:				
Hofgeismar-Homberg/Efze	26.06.	50	5	10
Marburg-Frankfurt	12.06.	11	0	0
Limburg-Weinheim	12.06.	33	0	0
Thüringen:				
Nordhausen-Erfurt	26.06.	37	1	3
Erfurt-Gera-Altenburg	26.06.	50	1	2
Gera-Hof	20.06.	34	3	9
Sachsen:				
Leipzig-Dresden	03.07.	54	1	2
Dresden-Görlitz	03.07.	50	1	2
Chemnitz-Hof	03.07.	43	0	0
Rheinland-Pfalz:				
Rheinbach-Koblenz	24.06.	50	0	0
Mayen-Trier-Waldmoor	24.06.	50	0	0
Speyer-Bingen-Kaiserslautern	24.06.	27	0	0
Baden-Württemberg:				
Sinsheim-Crailsheim	12.06.	44	1	2
Karlsruhe-Basel	28.06.	2	0	0
Karlsruhe-Ulm	24.06.	58	2	3
Stuttgart-Singen	28.06.	1	0	0
Bayern:				
Schweinfurt-Rothenburg	12.06.	42	0	0
Hof-Nürnberg	21.06.	50	0	0
Hof-Regensburg	21.06.	50	0	0
Nürnberg-Freising	21.06.	50	0	0
Ulm-Freising	28.06.	63	0	0
Niederbayern	21.06.	50	0	0

E) Anilinopyrimidine

Gegenüber Cyprodinil:

Cyprodinil wurde 1998 in Deutschland erstmalig der Praxis zur Verfügung gestellt, war jedoch schon seit einigen Jahren in Frankreich zugelassen. Seine Wirkungsschwerpunkte sind in erster Linie weniger der Mehltau als vielmehr Getreidekrankheiten wie Halmbruch oder Netzflecken. Dennoch stellt der Wirkstoff eine wertvolle Verbreiterung des Fungizidspektrums auch für die Mehltaubekämpfung dar und kann hinsichtlich der Optionen im Rahmen eines Anti-Resistenzmanagements einen konstruktiven Beitrag leisten.

Das Prinzip einer etwaigen Sensitivitätsanpassung ist bei diesem Wirkstoff hingegen noch relativ offen und die Sensitivitätsanalysen müssen deshalb beide möglichen Formen (s. Grundlagen) berücksichtigen. Bei Cyprodinil gilt desweiteren zu beachten, dass - zumindest nach den bisher vorliegenden Ergebnissen - innerhalb der natürlichen, ursprünglich vorkommenden Sensitivitätsstreuung der Ausgangspopulation bereits eine zweigeteilte Sensitivitätsstruktur vorkommt, in der ein Populationsanteil von $\leq 1\%$ eine verminderte Cyprodinil-Empfindlichkeit (um einen Faktor von ca. 10), aufweist. Dieser sehr kleine Anteil an Isolaten mit reduzierter Cyprodinil-Sensitivität hat allerdings keine merklichen negativen Auswirkungen in der Praxis. Allerdings muss aufmerksam verfolgt werden, inwieweit sich dieser Anteil an Isolaten durch einen etwaigen stärkeren Selektionsdruck erhöht.

Die Untersuchungen in 2003 (Tab. 8) weisen darauf hin, dass sich im Erhebungsraum seit der Markteinführung eine gewisse Selektion von Isolaten mit quantitativ verminderter Cyprodinil-Empfindlichkeit vollzog. So liegt der Anteil entsprechender Isolate in RP bei ca. 20 %, in weiteren Regionen bei etwa 5/10 %. Inwieweit eine regionale Akkumulation derartiger Isolate eine Einschränkung der Mehltauwirksamkeit von Cyprodinil auch im Feld mit sich bringt, kann derzeit allerdings noch nicht klar beantwortet werden. Bei einer stärkeren Anreicherung ($> 50\%$) wäre jedoch nach den bisher vorliegenden Erfahrungen durchaus mit einer Effizienzminderung zu rechnen. So erscheint eine aufmerksame Beobachtung des Mehltaus weiterhin ratsam.

Tab. 8: **Cyprodinil**-Anpassung des **Weizenmehltaus** in Stichproben aus verschiedenen Regionen der Bundesländer SH, MV, NI, HE, TH, SN, RP, BW und BY, 2003: aufgelistet ist der prozentuale Anteil an Isolaten innerhalb der Stichprobe mit reduzierter Wirkstoff-Empfindlichkeit

Region	Datum	n	Isolate mit red. Sensitivität	% Isolate mit red. Sensitivität
Schleswig-Holstein:				
Flensbg-Kappeln-Eckernförde	09.07.	10	0	0
Dänischer Wohld via Birkenmoor	09.07.	10	0	0
Kiel-Oldenburg	09.07.	10	0	0
Oldenburg/Neustadt-Hamburg	20.06.	30	2	7
Mecklenburg-Vorpommern:				
Lübeck-Rostock	19.06.	30	1	3
Rostock-Greifswald	19.06.	30	1	3
Rostock-Neubrandenburg	19.06.	10	0	0
Stralsund-Neubrandenburg	19.06.	30	2	7
Neubrandenburg-Prenzlau	19.06.	10	0	0
Niedersachsen:				
Hannover-Kassel	02.07.	30	2	7
Hessen:				
Hofgeismar-Homberg/Efze	26.06.	10	1	10
Marburg-Frankfurt	12.06.	10	0	0
Limburg-Weinheim	12.06.	10	0	0
Thüringen:				
Nordhausen-Erfurt	26.06.	30	1	3
Erfurt-Gera-Altenburg	26.06.	10	0	0
Gera-Hof	20.06.	10	0	0
Sachsen:				
Leipzig-Dresden	03.07.	10	1	10
Dresden-Görlitz	03.07.	10	1	10
Chemnitz-Hof	03.07.	10	0	0
Rheinland-Pfalz:				
Rheinbach-Koblenz	24.06.	30	5	17
Mayen-Trier-Waldmoor	24.06.	10	2	20
Speyer-Bingen-Kaiserslautern	24.06.	10	2	20
Baden-Württemberg:				
Sinsheim-Crailsheim	12.06.	30	2	7
Karlsruhe-Basel	28.06.	2	0	0
Karlsruhe-Ulm	24.06.	10	1	10
Bayern:				
Schweinfurt-Rothenburg	12.06.	10	0	0
Hof-Nürnberg	21.06.	10	1	10
Hof-Regensburg	21.06.	10	0	0
Nürnberg-Freising	21.06.	10	0	0
Ulm-Freising	28.06.	10	1	10
Niederbayern	21.06.	10	0	0

2. Wirkstoffempfindlichkeit des Gerstenmehltaus

Die Untersuchungen der letzten Jahre zeigten auch beim Gerstenmehltau gegenüber den Azolwirkstoffen eine deutliche Stagnation in der Anpassungsdynamik und ein weitestgehend stabiles Verharren auf dem erreichten Sensitivitätsniveau. In den Erhebungen 2003 lag deshalb auch hier der Schwerpunkt der Analysen auf den neueren am Markt befindlichen Wirkstoffklassen der Strobilurine, Chinoline und Anilinopyrimidine.

Tab. 9: Praxisrelevante Einschätzung der Sensitivitätssituation beim Gerstenmehltau für den Untersuchungsraum, 2003

Bewertungsschlüssel 0 bis 10 (s. o.):

0: keine Anzeichen einer Resistenzbildung → keine Wirkungseinbußen

10: maximal fortgeschrittener Sensitivitätsverlust → voller Wirkungsverlust

Wirkstoff	Solopräparat	Bewertung von Anpassung / Resistenzbildung
-----------	--------------	--

Triazole:

Triadimenol	Baytan (Beizung)	7/8
	Bayfidan (Blatt/Ähre)	6
Propiconazol	Desmel	5
Tebuconazol	Folicur	5
Cyproconazol	Alto 100	3/4
Epoxiconazol	Opus, (Opus top)*	4/5

Morpholine / Piperidine / Spiroketalamine:

Fenpropimorph	Corbel	1 - 3
Fenpropidin	Zenit M	1 - 2
Spiroxamine	Impulse	0/1

Strobilurine:

Kresoxim-methyl	(Juwel top)*	2 - 9	starke regionale Unterschiede !
Azoxystrobin	Amistar	2 - 9	starke regionale Unterschiede !
Trifloxystrobin	(Stratego)*	2 - 9	starke regionale Unterschiede !
Picoxystrobin	Acanto	2 - 9	starke regionale Unterschiede !
Pyraclostrobin	(Opera)*	2 - 9	starke regionale Unterschiede !

Chinoline:

Quinoxifen	(Fortress top)*	0
------------	-----------------	---

Anilinopyrimidine:

Cyprodinil	Unix	0/1
------------	------	-----

*nur in Kombination mit anderen Wirkstoffen auf dem Markt

A) Azole (DMIs: Demethylierungs-Inhibitoren)

Eine intensive Nutzung der Azol-Derivate Triadimenol und Propiconazol in den 80er Jahren, die Anwendung von Triadimenol sowohl bei der Saatgutbehandlung als auch bei der Blatt-/Ährenbehandlung und die Möglichkeit des Erregers, dominierende Pathotypen in der Population aufzubauen, sind die Ursachen für eine relativ zum Weizenmehltau weiter fortgeschrittene Anpassung des Gerstenmehltaus an die entsprechenden Wirkstoffe. Die positive Kreuzresistenz des Gerstenmehltaus gegenüber den DMIs hatte dann auf die in den 90er Jahren am deutschen Fungizidmarkt eingeführten Triazole wie Tebuconazole, Cyproconazol oder Epoxiconazol die Auswirkung, dass bereits zur Markteinführung eine verminderte Empfindlichkeit bei einem MRF, je nach Wirkstoff und Region, von 10 bis 35 vorherrschte.

Anfang der 90er Jahre verlangsamte sich gleichzeitig die Anpassungsdynamik und es folgte bis Mitte der 90er Jahre eine Stabilisierung der Sensitivitätssituation auf dem erreichten Niveau. Aufgrund der Windverbreitung des Erregers lösten sich in dieser Phase auch die in den 80er Jahren noch vorliegenden ausgeprägten regionalen Unterschiede zunehmend auf. Seither unterliegen die DMI-Resistenzniveaus in den verschiedenen Regionen nur noch relativ geringen Veränderungen. Wie beim Weizenmehltau gilt: Faktoren, welche die Azol-Resistenzbildung fördern und Kräfte, die diese wiederum hemmen, halten sich derzeit vielerorts die Waage. Zum einen liegen die Ursachen in der Biologie des Erregers begründet (genetische Rekombination des Pilzes und oligo-/polygener Steuerungsmodus der DMI-Resistenzbildung, wobei die Stellung der Cleistothecien/Ascosporen beim Weizenmehltau anscheinend einen deutlich höheren Stellenwert im jährlichen Infektionszyklus einnimmt). Zweitens hat sich der Selektionsdruck durch die einzelnen Azole in den letzten Jahren abgeschwächt. So kommen verstärkt Mischpräparate zum Einsatz, wobei die Mischpartner oftmals die Hauptrolle bei der Mehлтаubekämpfung übernehmen. Teilweise ergeben sich dabei zusätzliche Synergieeffekte, welche die Wirkung der einzelnen Komponenten verstärken („Schlitteneffekt“). Außerdem war der Fungizideinsatz insgesamt in den letzten Jahren eher verhalten, da verschärfte ökonomische Rahmenbedingungen vorliegen und der Anteil resistenter Sorten an der Anbaufläche erheblich zunahm. Und drittens hat sich die Palette der verfügbaren Wirkstoffe mit unterschiedlichem Angriffsort am Pilz erheblich aufgefächert.

Aufgrund der nachhaltigen Stabilisierung der Azol-Sensitivitätssituation wurde auch beim Gerstenmehltau die Anzahl der untersuchten Triazole je Saison zu Gunsten anderer Analysearbeiten (Wirkstoffgruppen, Pathogene) auf ein „Zeiger“-Triazol reduziert. In 2003 ergaben diese keine Anzeichen einer deutlichen Sensitivitätsveränderung weder in die eine, noch in die andere Richtung, so dass die Praxiserfahrungen mit den DMI-Derivaten aus den zurückliegenden Jahren auch auf das Anbaujahr 2004 übertragen werden können. Die MRF-Niveaus gegenüber den einzelnen Azol-Derivaten liegen in etwa wie folgt: Triadimenol (100-250), Propiconazol (35-50), Tebuconazol (30-60), Cyproconazol (20-35), Epoxiconazol (30-50).

B) Morpholine / Piperidine / Spiroketalamine

Gegenüber Fenpropimorph:

Erstmals wurden in Süddeutschland in 1993 vereinzelt Isolate mit einer um einen Faktor von 3 bis 10 verminderten Fenpropimorph-Empfindlichkeit nachgewiesen. Deren Anteil hat sich in den letzten 10 Jahren nur ganz langsam etwas erhöht. Derzeit liegen im gesamten Untersuchungsraum die Anteile an entsprechenden Isolaten in den regionalen Gerstenmehltaupopulationen bei zumeist 10 % - 30 %, maximal 40 %. Insgesamt gesehen ist die Anpassungsdynamik aber immer noch als äußerst verhalten einzustufen, der bisherige ‚Shift‘ wahrscheinlich noch nicht von echter praktischer Relevanz. So kann weiterhin von einem guten bis sehr guten Mehлтаuschutz durch Fenpropimorph ausgegangen werden. Trotzdem sollte auf eine stärkere Reduzierung der empfohlenen Aufwandmengen möglichst verzichtet werden, um die Wirkstoffreserven nicht zu stark zu strapazieren. Fenpropimorph eignet sich nach wie vor gut zur Wirkstoffmischung und zur Wirkstoffalternierung.

Gegenüber Fenpropidin:

Eine ähnlich gerichtete Sensitivitätssituation wie zu Fenpropimorph liegt aufgrund der positiven Kreuzresistenz auch gegenüber dem 1995 zugelassenen Piperidin-Wirkstoff Fenpropidin vor. So besitzen im Erhebungsraum noch die meisten Gerstenmehltauisolate die ursprüngliche Ausgangsensitivität. 10 % - 30 %, maximal 40 % der Isolate besitzen hingegen eine reduzierte Fenpropidin-Empfindlichkeit. Letztere weisen meist etwas geringere Resistenzfaktoren (≤ 5) als gegenüber Fenpropimorph auf, einige wenige aber auch deutlich höhere von ≥ 20 , wobei deren Anteil in 2003 äußerst gering blieb. Die bisherige Anpassungsreaktion ist als noch sehr moderat zu charakterisieren und sollte im Feldbestand noch keine merklich negativen Auswirkungen haben. Fenpropidin eignet sich deshalb nach wie vor sehr gut zur Wirkstoffmischung und zur Wirkstoffalternierung.

Gegenüber Spiroxamine:

Da der Gerstenmehltau ähnlich dem Weizenmehltau zwar grundsätzlich eine positive Kreuzresistenz gegenüber Fenpropimorph, Fenpropidin und dem Spiroketalamin Spiroxamine besitzt, ist auch bei diesem Wirkstoff die Sensitivitätssituation im Prinzip den beiden vorgenannten ähnlich. Allerdings ist hier die Kreuzresistenz nur extrem schwach (!), gerade noch messbar ausgeprägt, so dass sich an Fenpropimorph/Fenpropidin quantitativ angepasste Isolate (s.o.) in ihrer Spiroxamine-Empfindlichkeit nur sehr geringfügig von dem ursprünglich vorhandenen Sensitivitätsniveau unterscheiden. Es liegt also im Praktischen noch keinerlei Einschränkung in der Wirksamkeit des Fungizids aufgrund bisheriger Anpassungsreaktionen vor. Spiroxamine eignet sich deshalb ebenfalls sehr gut zur Wirkstoffmischung und Wirkstoffalternierung im Sinne eines Antiresistenz-Managements.

C) Strobilurine (Qols)

Strobilurine besitzen am Pilzpathogen einen anderen Angriffsort (Eingriff in die Atmungskette der Mitochondrien) als die SBI-Wirkstoffe (s.o.), weshalb der Gerstenmehltau zur Markteinführung entsprechender Präparate keine Kreuzresistenz zu den bereits am Markt befindlichen Wirkstoffen aufwies. Das Sensitivitätsniveau war damit vor der Praxisanwendung wie beim Weizenmehltau noch vollkommen ursprünglich sensitiv bzw. unselektiert. Zu beachten gilt nun, dass der Gerstenmehltau wie der Weizenmehltau gegenüber den Strobilurinen eine qualitative Anpassung vollzieht (s.o. Grundlagen), und dass auch der Gerstenmehltau positive Kreuzresistenz gegenüber allen derzeit am Markt befindlichen Strobilurin-Derivaten aufweist. Beobachtungen beispielsweise zu **Kresoximehtyl** lassen sich deshalb im Prinzip 1:1 auf die anderen Strobilurin-Wirkstoffe **Azoxystrobin**, **Trifloxystrobin**, **Picoxystrobin** und **Pyraclostrobin** und umgekehrt übertragen.

Die gegenwärtige Strobilurin-Resistenzsituation beim Gerstenmehltau ist allerdings noch nicht ganz soweit fortgeschritten wie beim Weizenmehltau. Die Resistenzentwicklung und -dynamik setzte zeitlich um einige Jahre versetzt ein, und gegenwärtig sind noch starke regionale Unterschiede innerhalb Deutschlands zu beobachten. So können zwar inzwischen in fast jeder Region resistente Stämme nachgewiesen werden, ihr Anteil liegt in Süd- und Mitteldeutschland aber zumeist noch bei $\leq 20/25\%$. In SH (Ostholstein) und MV hingegen liegen die Werte generell $\geq 30\%$, in einigen Regionen in MV bereits bei $> 50\%$. In SH und MV ist die Bekämpfung des Gerstenmehltaus deshalb durch das Strobilurin allein nicht mehr gewährleistet bzw. nur noch sehr eingeschränkt möglich. Die Zumischung eines geeigneten Wirkstoffpartners erscheint daher bei höherem Infektionsdruck oder bei anfälligen Sorten unbedingt erforderlich. Im restlichen Erhebungsraum kann für die Saison 2004 noch von einem etwas besseren Mehлтаuschutz durch ein Strobilurin-Derivat ausgegangen werden, jedoch sollte bei einem Anteil an resistentem Gerstenmehltau um 20 % eine gewisse Wirkungseinbuße, insbesondere bei höherem Infektionsdruck, bereits einkalkuliert werden.

Tab. 10: **Strobilurin**-Resistenz des **Gerstenmehltaus** in Stichproben aus verschiedenen Regionen der Bundesländer SH, MV, NI, HE, TH, SN, RP, BW und BY, 2003

Region	Datum	n	res. Isolate	% res. Isolate
Schleswig-Holstein:				
Oldenburg/Neustadt-Hamburg	20.06.	30	12	40
Mecklenburg-Vorpommern:				
Lübeck-Rostock	19.06.	30	9	30
Rostock-Greifswald	19.06.	30	23	77
Stralsund-Neubrandenburg	19.06.	31	16	52
Rostock-Neubrandenburg	19.06.	30	14	47
Neubrandenburg-Prenzlau	19.06.	30	13	43
Niedersachsen:				
Hannover-Kassel	09.06.	30	6	20
Hessen:				
Hofgeismar-Homberg/Efze	03.06.	30	1	3
Marburg-Gießen-Frankfurt	12.06.	3	0	0
Limburg-Wiesbaden-Weinheim	03.06.	30	3	10
Thüringen:				
Nordhausen-Erfurt	09.06.	30	7	23
Erfurt-Gera-Altenburg	09.06.	18	2	11
Gera-Hof	07.06.	12	1	8
Sachsen:				
Leipzig-Dresden	07.06.	9	2	22
Dresden-Görlitz	07.06.	8	2	25
Chemnitz-Hof	07.06.	14	2	14
Rheinland-Pfalz:				
Rheinbach-Koblenz	03.06.	33	5	15
Mayen-Trier-Waldmoor	24.06.	27	4	15
Speyer-Bingen-Kaiserslautern	24.06.	4	0	0
Baden-Württemberg:				
Sinsheim-Crailsheim	03.06.	26	6	23
Karlsruhe-Basel	26.05.	20	0	0
Karlsruhe-Ulm	11.06.	15	7	47
Bayern:				
Schweinfurt-Rothenburg	29.05.	30	2	7
Hof-Nürnberg	07.06.	30	2	7
Hof-Regensburg	07.06.	30	1	3
Nürnberg-Freising	07.06.	11	1	9
Niederbayern	29.05.	26	3	12

D) Chinoline

Gegenüber Quinoxifen

Das Chinolin-Derivat Quinoxifen ist nunmehr seit 6 Jahren auf dem deutschen Fungizidmarkt vertreten. Es ist ganz spezifisch mehltauwirksam und verhindert den ersten Schritt der Infektion (Appressorienbildung). Eine Bekämpfung des bereits latent vorhandenen und sichtbaren Mehltaubefalls ist nicht mehr möglich, so dass der optimale Einsatz rechtzeitig zu Befallsbeginn oder später in Kombination mit einem möglichst gut kurativ wirkenden Partner erfolgen sollte. Quinoxifen zeichnet sich durch seine Dauerwirkung aus.

Wie Tab. 11 aufzeigt, konnte auch im Untersuchungsraum 2003 noch kein Gerstenmehltau mit einer nachweisbaren Anpassung an Quinoxifen gefunden werden. Die Wirkstoffkonzentrationen in den Analysen wurden dabei so gewählt, dass sowohl ein quantitativer ‚Shift‘ als auch eine qualitative Anpassung hätten erkannt werden können. Der Populationsaufbau gleicht demnach noch überall demjenigen der unselektierten, ursprünglichen Ausgangspopulation. Da noch Wissenslücken zum genauen Wirkungsmechanismus von Quinoxifen bestehen, ist gegenwärtig auch noch offen, ob und inwieweit sich der Erreger in gleicher Weise und Dynamik wie der Weizenmehltau (s.o.) anpassen kann. Es sollte zwar grundsätzlich von einem ähnlichen Anpassungspotential ausgegangen werden, doch wird eine Antwort hierzu erst mit den Untersuchungen der kommenden Jahre gegeben.

E) Anilinopyrimidine

Gegenüber Cyprodinil

Cyprodinil ist neu auf dem deutschen Fungizidmarkt in der Gerste vertreten, jedoch bereits seit etlichen Jahren in Frankreich zugelassen. Es besteht keine Kreuzresistenz des Gerstenmehltaus gegenüber Cyprodinil und den anderen am Markt befindlichen Wirkstofffamilien. Sein Wirkungsschwerpunkt bei Gerste ist allerdings nicht in erster Linie der Mehltau als vielmehr die Netzfleckenkrankheit. Auch bei diesem Pathogen gilt in Bezug auf Cyprodinil zu beachten, dass innerhalb der natürlichen, ursprünglich vorkommenden Sensitivitätsstreuung der Ausgangspopulation bereits eine zweigeteilte Sensitivitätsstruktur vorkommt, in der ein kleiner Populationsanteil von $\leq 1\%$ eine verminderte Cyprodinil-Empfindlichkeit aufweist. Dieser sehr kleine Anteil an Isolaten mit reduzierter Cyprodinil-Sensitivität hat allerdings keine merklichen negativen Auswirkungen in der Praxis. Allerdings muss aufmerksam verfolgt werden, inwieweit sich dieser Anteil an Isolaten durch einen etwaigen stärkeren Selektionsdruck erhöht.

Die Ergebnisse aus 2003 (Tab. 12) weisen zwei Isolate mit reduzierter Cyprodinil-Empfindlichkeit in Thüringen aus. Ansonsten fanden sich keine entsprechenden Isolate. Ob es sich bei der Stichprobe aus Thüringen um eine zufällige Akkumulation solcher Isolate handelt, werden die Erhebungen 2004 zeigen. Ansonsten weisen die Daten noch nicht auf negative Veränderungen hinsichtlich einer Sensitivitätsanpassung des Gerstenmehltaus an Cyprodinil im Erhebungsraum hin. Der Wirkstoff eignet sich deshalb gut zur Integration in ein Anti-Resistenzmanagement.

Tab. 11: **Quinoxifen-Resistenz des Gerstenmehltaus** in Stichproben aus verschiedenen Regionen der Bundesländer SH, MV, NI, HE, TH, SN, RP, BW und BY, 2003

Region	Datum	n	res. Isolate	% res. Isolate
Schleswig-Holstein:				
Oldenburg/Neustadt-Hamburg	20.06.	10	0	0
Mecklenburg-Vorpommern:				
Lübeck-Rostock	19.06.	10	0	0
Rostock-Greifswald	19.06.	10	0	0
Stralsund-Neubrandenburg	19.06.	10	0	0
Rostock-Neubrandenburg	19.06.	10	0	0
Neubrandenburg-Prenzlau	19.06.	10	0	0
Niedersachsen:				
Hannover-Kassel	09.06.	10	0	0
Hessen:				
Hofgeismar-Homberg/Efze	03.06.	10	0	0
Marburg-Gießen-Frankfurt	12.06.	3	0	0
Limburg-Wiesbaden-Weinheim	03.06.	10	0	0
Thüringen:				
Nordhausen-Erfurt	09.06.	10	0	0
Erfurt-Gera-Altenburg	09.06.	10	0	0
Gera-Hof	07.06.	10	0	0
Sachsen:				
Leipzig-Dresden	07.06.	9	0	0
Dresden-Görlitz	07.06.	8	0	0
Chemnitz-Hof	07.06.	10	0	0
Rheinland-Pfalz:				
Rheinbach-Koblenz	03.06.	10	0	0
Mayen-Trier-Waldmoor	24.06.	4	0	0
Speyer-Bingen-Kaiserslautern	24.06.	10	0	0
Baden-Württemberg:				
Sinsheim-Crailsheim	03.06.	10	0	0
Karlsruhe-Basel	26.05.	10	0	0
Karlsruhe-Ulm	11.06.	11	0	0
Bayern:				
Schweinfurt-Rothenburg	29.05.	10	0	0
Hof-Nürnberg	07.06.	10	0	0
Hof-Regensburg	07.06.	10	0	0
Nürnberg-Freising	07.06.	10	0	0
Niederbayern	29.05.	10	0	0

Tab. 12: **Cyprodinil**-Anpassung des **Gerstenmehltaus** in Stichproben aus verschiedenen Regionen der Bundesländer SH, MV, NI, HE, TH, SN, RP, BW und BY, 2003: aufgelistet ist der prozentuale Anteil an Isolaten innerhalb der Stichprobe mit reduzierter Wirkstoff-Empfindlichkeit

Region	Datum	n	Isolate mit red. Sensitivität	% Isolate mit red. Sensitivität
Schleswig-Holstein:				
Oldenburg/Neustadt-Hamburg	20.06.	30	0	0
Mecklenburg-Vorpommern:				
Lübeck-Rostock	19.06.	11	0	0
Rostock-Greifswald	19.06.	10	0	0
Stralsund-Neubrandenburg	19.06.	10	0	0
Rostock-Neubrandenburg	19.06.	10	0	0
Neubrandenburg-Prenzlau	19.06.	10	0	0
Niedersachsen:				
Hannover-Kassel	09.06.	30	0	0
Hessen:				
Hofgeismar-Homburg/Efze	03.06.	10	0	0
Marburg-Gießen-Frankfurt	12.06.	3	0	0
Limburg-Wiesbaden-Weinheim	03.06.	10	0	0
Thüringen:				
Nordhausen-Erfurt	09.06.	20	0	0
Erfurt-Gera-Altenburg	09.06.	10	2	20
Gera-Hof	07.06.	10	0	0
Sachsen:				
Leipzig-Dresden	07.06.	7	0	0
Dresden-Görlitz	07.06.	8	0	0
Chemnitz-Hof	07.06.	10	0	0
Rheinland-Pfalz:				
Rheinbach-Koblenz	03.06.	10	0	0
Mayen-Trier-Waldmoor	24.06.	14	0	0
Speyer-Bingen-Kirchheimbol.	24.06.	4	0	0
Baden-Württemberg:				
Sinsheim-Crailsheim	03.06.	10	0	0
Karlsruhe-Basel	26.05.	10	0	0
Karlsruhe-Ulm	11.06.	9	0	0
Bayern:				
Schweinfurt-Rothenburg	29.05.	10	0	0
Hof-Nürnberg	07.06.	10	0	0
Hof-Regensburg	07.06.	10	0	0
Nürnberg-Freising	07.06.	10	0	0
Niederbayern	29.05.	10	0	0

3. Wirkstoffempfindlichkeit des Weizenbraunrosts

Strobilurine (Qols):

Die Sensitivitätsanalysen zum Weizenbraunrost konzentrierten sich in 2003 auf eine etwaige Resistenzbildung gegenüber den Strobilurin-Derivaten. Erhebungen zu den Triazolen wurden in zurückliegenden Jahren ab und an vorgenommen, wobei die Untersuchungen eine zwar nachweisbare, aber doch sehr langsam sich vollziehende quantitative Sensitivitätsanpassung auswiesen.

In den Untersuchungen zur Strobilurin-Empfindlichkeit des Weizenbraunrosts in 2003 (Tab. 13) konnten auch diesmal **keine** resistenten Isolate im Erhebungsraum ausfindig gemacht werden. Obwohl eher eine qualitative Anpassung zu erwarten ist, wurden die Tests so ausgelegt, auch eine etwaige quantitative Anpassung sichtbar zu machen. Die Anpassungssituation beim Weizenbraunrost ist im Gegensatz zur Situation beim Weizenmehltau (s.o.) oder bei *Septoria tritici* (s.u.) noch vollkommen entspannt. In 2004 sind deshalb keinerlei Wirkungseinbußen aufgrund einer Resistenzbildung zu erwarten.

Praxisrelevante Einschätzung der Sensitivitätssituation beim Weizenbraunrost für den Untersuchungsraum, 2002; Bewertungsschlüssel 0 bis 10 (s. o., Grundlagen):

0: keine Anzeichen einer Resistenzbildung → keine Wirkungseinbußen

10: maximal fortgeschrittener Sensitivitätsverlust → voller Wirkungsverlust

Bewertungszahl: 0

Tab. 13: **Strobilurin-Resistenz des Weizenbraunrosts** in Stichproben aus verschiedenen Regionen der Bundesländer SH, MV, NI, HE, TH, SN, RP, BW und BY, 2003

Region	Datum	n	res. Isolate	% res. Isolate
Schleswig-Holstein:				
Flensbg-Kappeln-Eckernförde	09.07.	3	0	0
Dänischer Wohld via Birkenmoor	09.07.	5	0	0
Kiel-Oldenburg	09.07.	8	0	0
Oldenburg/Neustadt-Hamburg	20.06.	6	0	0
Mecklenburg-Vorpommern:				
Lübeck-Rostock	19.06.	18	0	0
Neubrandenburg-Prenzlau	19.06.	5	0	0
Niedersachsen:				
Hannover-Kassel	02.07.	25	0	0
Hessen:				
Hofgeismar-Homberg/Efze	26.06.	16	0	0
Marburg-Frankfurt	12.06.	53	0	0
Limburg-Weinheim	12.06.	37	0	0
Thüringen:				
Nordhausen-Erfurt	26.06.	39	0	0
Erfurt-Gera-Altenburg	26.06.	22	0	0
Sachsen:				
Leipzig-Dresden	03.07.	43	0	0
Dresden-Görlitz	03.07.	50	0	0
Chemnitz-Hof	03.07.	10	0	0
Rheinland-Pfalz:				
Rheinbach-Koblenz	24.06.	81	0	0
Mayen-Trier-Waldmoor	24.06.	26	0	0
Speyer-Bingen-Kaiserslautern	24.06.	61	0	0
Baden-Württemberg:				
Sinsheim-Crailsheim	12.06.	12	0	0
Karlsruhe-Basel	28.06.	22	0	0
Karlsruhe-Ulm	24.06.	6	0	0
Bayern:				
Schweinfurt-Rothenburg	12.06.	13	0	0
Hof-Nürnberg	21.06.	1	0	0
Hof-Regensburg	21.06.	1	0	0
Nürnberg-Freising	21.06.	73	0	0
Ulm-Freising	28.06.	31	0	0
Niederbayern	21.06.	7	0	0

4. Wirkstoffempfindlichkeit von *Septoria tritici*

Strobilurine (Qols):

In 2003 wurden wiederum besonders umfangreiche Untersuchungen zu der Anpassung von *Septoria tritici* an die Strobilurin-Derivate vorgenommen. Wie in den Vorjahren konnten allerdings nur Proben direkt aus Feldbeständen herangezogen werden, die für die Region keine so hohe Repräsentativität aufweisen wie Proben aus dem Sporeninokulum in der Luft (vgl. a. Einführung). Deshalb wurden alle Feldproben je Bundesland zusammengefasst, um zumindest für jedes Bundesland eine spezifische Aussage ableiten zu können.

Wie Tab. 14 aufzeigt, wurde im Erhebungsraum in 2002 erstmals ein Isolat mit Resistenz gegenüber den Strobilurinen in SH ausfindig gemacht. Es handelte sich hierbei wiederum um eine eindeutig qualitative Resistenzbildung (s.o. Grundlagen!). Dies bedeutet wiederum, dass einzig der Anteil an angepassten Isolaten in der regionalen Pathogenpopulation über die tatsächlich noch vorhandene Wirksamkeit im Feldbestand entscheidet.

Eine vergleichsweise äußerst dynamische Anpassung vollzog sich dann bis zur Stichprobengewinnung in 2003. Die aktuelle Situation ist in Tab. 15 wiedergegeben und weist für Norddeutschland bereits relativ kritische Anpassungswerte aus. Hier sind für die Saison 2004 merkliche Wirkungseinbußen bei Strobilurin-Derivaten aufgrund der Resistenzbildung einzukalkulieren. Dabei können durchaus noch größere (sub-)regionale Unterschiede bestehen. Auf die eingeschränkte Repräsentativität von Stichproben aus Feldbeständen für eine Region wurde bereits hingewiesen!

Außerdem lassen die Ergebnisse ein extremes Nord-Süd-Gefälle innerhalb Deutschlands erkennen. Die aktuelle Resistenzsituation gleicht sehr der beim Weizenmehltau in den Jahren 1998/1999. In Norddeutschland ist es bereits vielerorts zu spät, mit einem geeigneten Anti-Resistenzmanagement gegenzusteuern, in Mittel- und Süddeutschland hingegen könnte durch geeignete Maßnahmen die Resistenzentwicklung noch hinausgezögert werden. Dabei sind Grundsätze des Einsatzes möglichst unterschiedlicher Wirkstoffgruppen natürlich auch bei diesem Erreger zu beachten. So ist von größter Bedeutung, eine Wirkstoffmischung zur Krankheitsbekämpfung einzusetzen, in der zumindest ein weiterer Partner eine gute Wirkung gegenüber dem Zielpathogen besitzt, der Strobilurin-Wirkstoff also nicht alleine für die Krankheitsbekämpfung zuständig ist. Am geeignetsten erscheint derzeit die Azol-Wirkstoffgruppe, bei der nur eine quantitative Anpassung (s.o.!) möglich ist. Allerdings sollte unbedingt darauf geachtet werden, dass dem Strobilurin ein Azolpartner mit einer ausreichenden Wirkstoffkonzentration zur Seite steht! Und: Vorsicht bei stärkerer Reduzierung der Aufwandmengen! Schnell werden dabei die Wirkstoffreserven des Partners überfordert und der Selektionsdruck auf die Strobilurine erhöht. Die Konsequenz sind eine dynamischere Anpassung und der rasche Verlust einer wertvollen Wirkstoffgruppe zur *Septoria tritici*-Bekämpfung.

Praxisrelevante Einschätzung der Sensitivitätssituation bei *Septoria tritici* gegenüber Qols für den Untersuchungsraum, 2003; Bewertungsschlüssel 0 bis 10 (s. o., Grundlagen):

0: keine Anzeichen einer Resistenzbildung → keine Wirkungseinbußen

10: maximal fortgeschrittener Sensitivitätsverlust → voller Wirkungsverlust

Bewertungszahl: 0 - 8 starke regionale Unterschiede!

Tab. 14: **Strobilurin**-Resistenz von ***Septoria tritici*** in Stichproben aus Feldbeständen in den Bundesländern SH, MV, NI, HE, TH, SN, RP, BW und BY, 2002

Region	Standorte	n	res. Isolate	% res. Isolate
Schleswig-Holstein	10	45	1	2
Mecklenburg-Vorpommern	11	62	0	0
Niedersachsen (LWK Hannover)	13	96	0	0
Hessen	3	25	0	0
Thüringen	8	48	0	0
Sachsen	8	42	0	0
Rheinland-Pfalz	5	32	0	0
Baden-Württemberg	8	30	0	0
Bayern	8	50	0	0

Tab. 15: **Strobilurin**-Resistenz von ***Septoria tritici*** in Stichproben aus Feldbeständen in den Bundesländern SH, MV, NI, HE, TH, SN, RP, BW und BY, 2003

Region	Standorte	n	res. Isolate	% res. Isolate
Schleswig-Holstein	26	150	107	71
Mecklenburg-Vorpommern	11	84	25	30
Niedersachsen (LWK Hannover)	13	87	54	62
Hessen	3	29	8	28
Thüringen	12	78	10	13
Sachsen	8	71	1	1
Rheinland-Pfalz	9	59	0	0
Baden-Württemberg	10	66	0	0
Bayern	10	41	3	7

Azole:

Aus unserer Sicht gilt, dass sich bei *Septoria tritici* gegenüber den Azolen (wie auch bereits bei anderen Pathogenen, s.o.) in den zurückliegenden nunmehr ca. 20 Jahren der Selektion eine gewisse Anpassung vollzogen hat. Allerdings handelt es sich dabei um eine quantitative Anpassung (oligo-gen/multigen gesteuert, s.o.), die ganz anders zu bewerten ist als die qualitative Resistenzbildung (monogen gesteuert) gegenüber den Strobilurin-Derivaten. Die quantitative Anpassung zeichnet sich auch bei diesem Erreger dadurch aus, dass sich (nach Jahren) zu jedem Azol-Wirkstoff ein jeweils ganz spezifisches Resistenzniveau einpendelt (vgl. Ausführungen zum Weizenmehltau). Die dabei erreichten Resistenzfaktoren sind also gegenüber den einzelnen Wirkstoffen oftmals ganz unterschiedlich, und können deshalb auch zu teilweise recht unterschiedlichen verbleibenden Bekämpfungseffektivitäten/-erfolgen führen. Beim Weizenmehltau hat dies dazu geführt, dass beispielsweise ein vormals hervorragend wirkendes 'Triadimenol' eine oftmals nur noch unzureichende Bekämpfungswirkung innehat (weshalb es auch seine Marktbedeutung in Westeuropa eingebüßt hat), während ein Tebuconazole aus dem gleichen Hause eine noch recht ordentliche Mehltauwirkung aufweist, da sich hier die Anpassung auf einem geringeren Niveau "einpendelte".

Bei *Septoria tritici* gilt im Prinzip ähnliches. So haben sich nach unseren Analysen beispielsweise gegenüber Epoxiconazol bisher nur relativ geringe Resistenzfaktoren eingestellt.

Von großem Interesse ist nunmehr, ob sich in jüngster Zeit, d.h. in den zurückliegenden Jahren, vielleicht aufgrund eines erhöhten Selektionsdrucks z.B. im Norden, ein weiterer Sensitivitätsverlust bzw. Sensitivitäts-Shift gegenüber den Azol-Derivaten einstellte. Hierzu liegen unsererseits im Rahmen des Bundesländer-Monitoring-Projekts ausschließlich zu Epoxiconazol Daten vor, und zwar aus 2001 und 2003 (Tab. 16 + 17), da dieser Wirkstoff uns bei diesem Erreger als gut wirksames Referenz-Derivat für die Azol-Gruppe dient. Ein Vergleich des Datenmaterials lässt für diese Zeitspanne (2001 bis 2003) keinerlei Sensitivitätsverlust erkennen, so dass hier von einer stabilen Sensitivitätssituation auf dem bis 2001 erreichten Niveau ausgegangen werden kann. Diese Erkenntnis kann nach bisheriger Erfahrung auch auf andere Azol-Derivate - allerdings nur mit Einschränkung (s.o.)! - übertragen werden.

Da die Azol-Derivate (z.B. Epoxiconazol, Prothioconazol, Difenoconazol) in den kommenden Jahren wieder einen höheren Stellenwert in der *Septoria tritici* -Bekämpfung einnehmen werden, soll in diesem Zusammenhang an alle Beteiligten appelliert werden, verantwortungsvoll mit dieser Wirkstoffgruppe umzugehen! Aufgrund der hier "nur" vorliegenden quantitativen Anpassungsreaktion des Pathogens erscheint es durchaus möglich, die in den letzten Jahren jeweils beobachtete Bekämpfungswirkung der einzelnen Azol-Wirkstoffe auch zu erhalten.

Tab. 16: **Epoxiconazol**-Sensitivität (ED50) von **Septoria tritici** in Stichproben aus Feldbeständen in den Bundesländern MV, NI, HE, TH, SN, RP, BW und BY, 2001; Testverfahren: *in vitro* (Mikrotiter); Testkonzentrationen: 0.0, 0.001, 0.003, 0.01, 0.03, 0.1, 0.3, 1.0 mg/l a.i.

Region	n	MED50	ED50min	ED50max
Mecklenburg-Vorpommern	5	0,078	0,036	0,173
Niedersachsen	5	0,098	0,078	0,164
Hessen	4	0,083	0,030	0,136
Thüringen	4	0,033	0,020	0,055
Sachsen	5	0,024	0,017	0,032
Rheinland-Pfalz	5	0,050	0,032	0,105
Baden-Württemberg	5	0,040	0,027	0,101
Bayern	5	0,037	0,031	0,045

Tab. 17: **Epoxiconazol**-Sensitivität (ED50) von **Septoria tritici** in Stichproben aus Feldbeständen in den Bundesländern MV, NI, HE, TH, SN, RP, BW und BY, 2003; Testverfahren: *in vitro* (Mikrotiter); Testkonzentrationen: 0.0, 0.001, 0.003, 0.01, 0.03, 0.1, 0.3, 1.0 mg/l a.i.

Region	n	MED50	ED50min	ED50max
Schleswig-Holstein	20	0,096	0,032	0,325
Mecklenburg-Vorpommern	20	0,077	0,015	0,152
Niedersachsen	20	0,078	0,029	0,123
Hessen	15	0,069	0,032	0,136
Thüringen	10	0,032	0,009	0,129
Sachsen	10	0,033	0,011	0,097
Rheinland-Pfalz	10	0,049	0,015	0,113
Baden-Württemberg	10	0,022	0,015	0,053
Bayern	10	0,057	0,017	0,136

6. Wirkstoffempfindlichkeit der Netzfleckenkrankheit an Gerste (*Drechslera teres*)

Strobilurine (Qols):

Bei der Netzfleckenkrankheit an Gerste handelt es sich wie beim Weizen- und Gerstenmehltau um einen im Prinzip sehr anpassungsfreudigen Krankheitserreger. Um so erstaunlicher ist es, dass trotz des teilweise erheblichen Selektionsdrucks durch Strobilurin-Wirkstoffe weiterhin keinerlei Anpassungsreaktion im Untersuchungsgebiet auftrat (Tab. 18). Zumindest ist der Anteil an entsprechenden Pathotypen noch so gering, dass sie in den Stichproben noch nicht auftraten. Die Sensitivitätsanalysen berücksichtigten dabei wiederum sowohl eine etwaige quantitative wie auch qualitative Resistenzbildung. Mit einer uneingeschränkten Wirkung der Strobilurin-Derivate bei der Bekämpfung der Netzflecken sollte deshalb auch in der Saison 2004 noch zu rechnen sein.

Praxisrelevante Einschätzung der Sensitivitätssituation bei der Netzfleckenkrankheit an der Gerste für den Untersuchungsraum, 2001; Bewertungsschlüssel 0 bis 10 (s. o., Grundlagen):

0: keine Anzeichen einer Resistenzbildung → keine Wirkungseinbußen

10: maximal fortgeschrittener Sensitivitätsverlust → voller Wirkungsverlust

Bewertungszahl: 0

Tab. 18: **Strobilurin-Resistenz von *Drechslera teres* (Netzflecken an Gerste)** in Stichproben aus verschiedenen Regionen der Bundesländer SH, MV, NI, HE, TH, SN, RP, BW und BY, 2003

Region	Datum	n	res. Isolate	% res. Isolate
Schleswig-Holstein:				
Kiel-Oldenburg	09.07.	2	0	0
Oldenburg/Neustadt-Hamburg	20.06.	5	0	0
Mecklenburg-Vorpommern:				
Lübeck-Rostock	19.06.	6	0	0
Rostock-Neubrandenburg	19.06.	7	0	0
Neubrandenburg-Prenzlau	19.06.	2	0	0
Niedersachsen:				
Hannover-Kassel	02.07.	15	0	0
Hessen:				
Hofgeismar-Homberg/Efze	26.06.	10	0	0
Marburg-Gießen-Frankfurt	12.06.	27	0	0
Limburg-Wiesbaden-Weinheim	12.06.	2	0	0
Thüringen:				
Nordhausen-Erfurt	26.06.	15	0	0
Erfurt-Gera-Altenburg	26.06.	12	0	0
Gera-Hof	20.06.	10	0	0
Sachsen:				
Leipzig-Dresden	03.07.	19	0	0
Dresden-Görlitz	03.07.	26	0	0
Chemnitz-Hof	03.07.	20	0	0
Rheinland-Pfalz:				
Rheinbach-Koblenz	24.06.	4	0	0
Mayen-Trier-Waldmoor	24.06.	26	0	0
Speyer-Bingen-Kaiserslautern	24.06.	2	0	0
Baden-Württemberg:				
Sinsheim-Crailsheim	12.06.	13	0	0
Karlsruhe-Basel	24.06.	23	0	0
Karlsruhe-Ulm	28.06.	30	0	0
Bayern:				
Schweinfurt-Rothenburg	12.06.	17	0	0
Hof-Nürnberg	21.06.	22	0	0
Hof-Regensburg	21.06.	28	0	0
Nürnberg-Freising	21.06.	26	0	0
Ulm-Freising	28.06.	11	0	0
Niederbayern	21.06.	5	0	0