

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

und

Wirkstoffempfindlichkeit von 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**)

Sachsen (**SN**)

Mecklenburg-Vorpommern (**MV**)

Rheinland-Pfalz (**RP**)

Niedersachsen (**NI**), LWK Hannover

Baden-Württemberg (**BW**)

Hessen (**HE**)

Bayern (**BY**)

Thüringen (**TH**)

mit finanzieller Unterstützung durch die beteiligten Länder



F. G. Felsenstein & B. Jaser

EpiLogic GmbH Agrarbiol. Forschung und Beratung

Hohenbachernstr. 19-21

D - 85354 Freising-Weihenstephan

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

Anforderungen unter: Tel.: x49 (0)8161 499080

Fax: x49 (0)8161 499089

E-mail: Friedrich.Felsenstein@epilogic.de

Internet: www.epilogic.de

EINFÜHRUNG

Bei Pflanzenschutzmaßnahmen im Getreidebau stellen windverbreitete (luftbürtige) pilzliche Krankheitserreger wie beispielsweise der Echte Mehltau, Rostkrankheiten, *Septoria tritici* oder die Netzfleckenkrankheit an der Gerste wichtige Zielpathogene dar. Zur Reduzierung des Befalls sind

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

die tragenden Säulen im integrierten Anbausystem. Zudem gibt der Gesetzgeber Richtlinien für eine nachhaltige Landbewirtschaftung vor, um den Schutz der Umwelt und des Menschen zu gewährleisten. Der Integrierte Pflanzenschutz ist 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 Anbauggebiet gewonnen (s.a. ‚Warum und Wieso‘ unter www.epilogic.de). Die Routenwahl für die Analysen 2002 ist in Abbildung 1 dargestellt. Nur bei dem Erreger *Septoria tritici* wird auf Stichproben aus Feldbeständen zurückgegriffen. Im Labor erfolgt anschließend die Virulenz- und Fungizidsensitivitätsanalyse der gesammelten Einzelsporen/Isolate. Deren Nachkommenschaften werden dabei vornehmlich auf Testsortimenten aus Blattmaterial untersucht. Die Untersuchungsmethode gewährleistet die sichere Analyse einer hohen Anzahl von Isolaten.

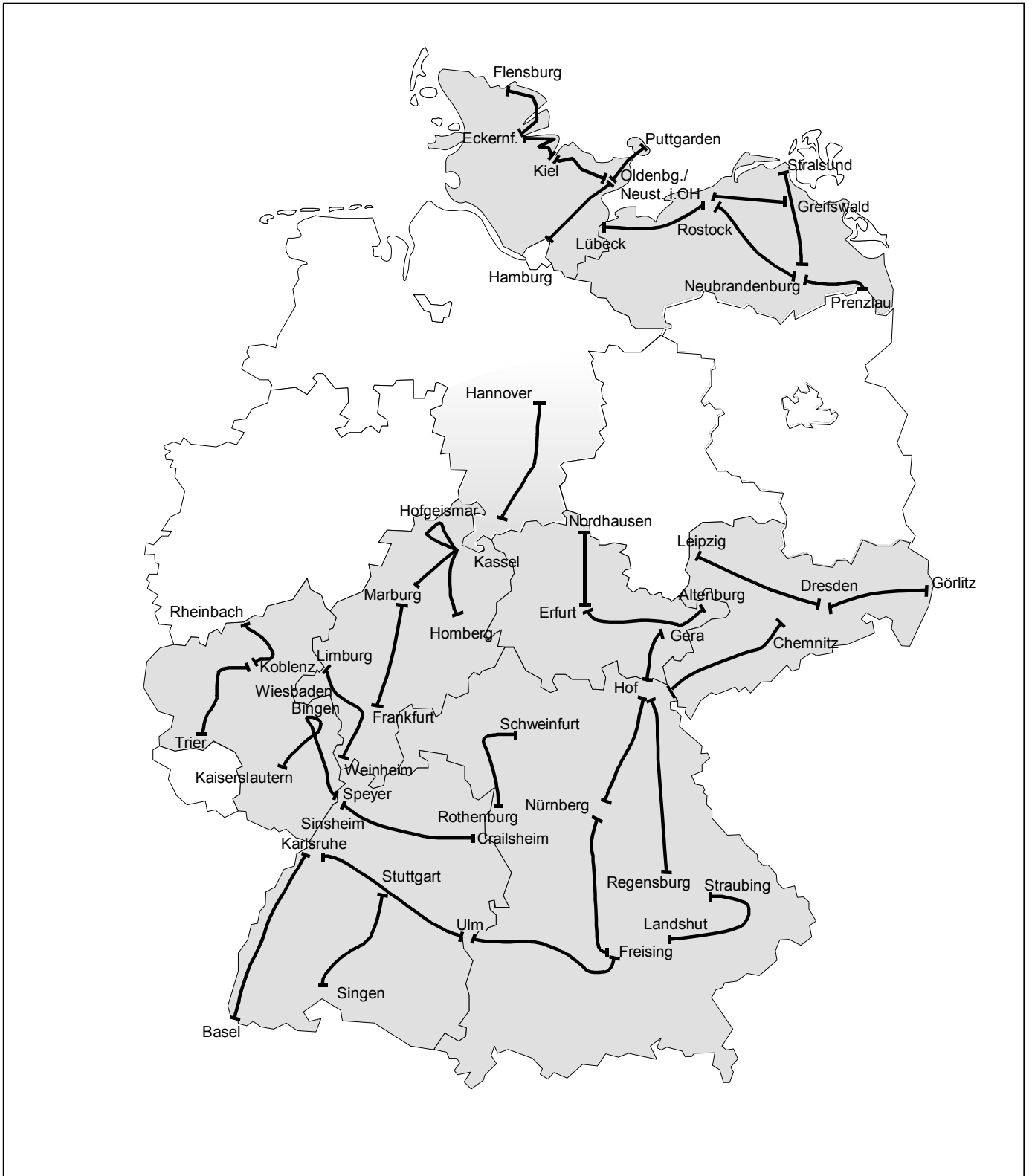


Abb. 1: Routenwahl für die Stichprobengewinnung 2002 in den Bundesländern Schleswig-Holstein, Mecklenburg-Vorpommern, Niedersachsen, Hessen, Thüringen, Sachsen, Rheinland-Pfalz, Baden-Württemberg und Bayern

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 äußerst 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 Gersten- bzw. Weizenmehltaupopulation 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 2002 für Getreide, Mais, Ölfrüchte, Leguminosen und Hackfrüchte‘ (Herausgeber: Bundessortenamt, Osterfelddamm 80, 30627 Hannover; Verlag: Deutscher Landwirtschaftsverlag GmbH, Hannover; Weizenmehltau: S. 79 - 82; Gerstenmehltau: S. 88 - 91; E-mail: vertrieb.hannover@dlv.de; Internet: <http://www.dlv.de/>). Einige neuere Sorten sind darin mit der Resistenzgenbezeichnung ‚U‘ = ‚unbekannt‘ angeführt, wobei es sich um jeweils ganz unterschiedliche Resistenzgene bzw. Genkombinationen handeln kann.

Nach den vorliegenden Erkenntnissen ist bei einer 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 2002 zugelassenen Sorten gegenüber dem Weizenmehltau

Resistenzgen	Wirksamkeit	reg. Unterschiede	Bemerkungen
Pm1	0/+	gering	
Pm2	0	nein	
Pm3c	0/(+)	nein	z.Z. keine Sorte
Pm3d	+ /++	gering	Jugendresistenz
Pm4b	0	nein	
Pm5	+	nein	Altersresistenz
Pm6	+	nein	Altersresistenz
Pm8	0/(+)	gering	
Pm9	+ /++	gering	
Pm5+Pm6	++ /+++	gering	Synergieeffekte
MIAx	++ /+++	gering	
U in ‚Cordez‘	++ /+++	nein	
U in ‚Troll‘	+++	nein	z.Z. keine Sorte

Gegenüber Pm1:

Die Virulenzhäufigkeiten gegenüber Pm1 bewegten sich in 2002 im erweiterten Untersuchungsraum in einem Bereich zwischen etwa 30 % und 90 % mit zumeist Werten > 50 %. Die Schutzwirkung von Pm1 allein ist deshalb weiterhin als nur mäßig bis gering einzustufen. Pm1 kommt derzeit ausschließlich in einigen Sommerweizensorten und hier nur 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 Jahren stets nahe 100 % (vgl. Situationsbericht 2000), weshalb auf eine Analyse in 2002 verzichtet werden konnte. Wenn eine reine Pm2-Sorte wie beispielsweise ‚Tower‘ im Feldbestand trotzdem einen guten Mehltauschutz bietet, so bezieht sie diese praktisch ausschließlich aus ihrem relativ hohen Niveau an horizontaler/quantitativer, also rassen-/pathotypen-unabhängiger Mehltaresistenz (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.

Virulenz des **Weizenmehltaus** in Stichproben aus verschiedenen Regionen der Bundesländer MV, HE, RP, BW und BY, 2002

Region	n	Pm1	Pm3c	Pm3d	Pm1+2+9	MIAX	Cortez	Troll
Mecklenburg-Vorpommern:								
Lübeck-Rostock	20	90	55	10	20	0	0	0
Rostock-Greifswald	20	80	55	10	50	5	5	0
Rostock-Neubrandenburg	20	65	80	15	25	0	0	0
Stralsund-Neubrandenburg	20	65	95	20	10	0	5	0
Neubrandenburg-Prenzlau	20	55	65	0	10	0	0	5
Hessen:								
Limburg-Weinheim	20	90	75	25	45	5	10	0
Rheinland-Pfalz:								
Rheinbach-Koblenz	20	75	75	10	15	5	5	0
Mayen/Koblenz-Trier-Waldmohr	14	79	64	7	7	0	7	0
Speyer-Bingen-Kaiserslautern	20	70	85	30	45	15	5	0
Baden-Württemberg:								
Karlsruhe-Basel	4	50	50	25	25	0	0	0
Sinsheim-Crailsheim	20	80	55	20	35	10	0	0
Karlsruhe-Ulm	20	60	75	10	5	5	5	0
Stuttgart-Singen	9	33	67	0	11	0	0	0
Bayern:								
Schweinfurt-Rothenburg	7	71	86	0	43	0	14	0
Hof-Nürnberg	20	55	80	20	5	5	5	0
Hof-Regensburg	20	30	50	0	5	0	0	0
Nürnberg-Freising	13	92	77	8	46	0	0	0
Ulm-Freising	20	80	90	5	10	5	15	0
Niederbayern	20	50	45	5	30	0	5	0

Gegenüber Pm3c:

Einen nur noch geringen Schutz bietet das Resistenzgen Pm3c. Die Virulenzhäufigkeiten stiegen in den zurückliegenden Jahren fast stetig an und pendeln aktuell 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 zumeist noch relativ geringe Virulenzhäufigkeiten von ≤ 20 % vor, was eine zumeist noch recht gute Wirksamkeit anzeigt. Allerdings wurde in 2002 in einigen Regionen wiederum die 20 % -Marke überschritten. 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, liegt der Pm4b-Virulenzanteil in den Populationen im allgemeinen zwischen etwa 80 % und 100 % (s. Ergebnisbericht 2000). Eine Schutzwirkung geht deshalb von Pm4b nicht mehr aus, weshalb auf entsprechende Analysen verzichtet werden konnte. Gleichzeitig gilt festzuhalten, dass bei Sorten wie ‚Renan‘, 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 bei der Sorte ‚Corvus‘ (Pm4b+Pm5) mit sehr guten Boniturwerten im Feldbestand kommt sicherlich auch noch ein relativ guter quantitativer Resistenzhintergrund 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 Analysenergebnisse der Vorjahre lässt sich jedoch klar eine Zunahme der Virulenzhäufigkeiten in den zurückliegenden Jahren 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) oder 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 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 wenig verändert, wobei allerdings zuletzt in BW und RP ein gewisser Rückgang an entsprechender Virulenz festzustellen war. 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 erneute Virulenzanalyse in 2002 verzichtet werden konnte. Selbst die Kombination aus den genannten drei Genen bringt keinen befriedigenden Bekämpfungserfolg mehr (z.B. Pm2+Pm4b+Pm8 in der vor Jahren populären Sorte ‚Apollo‘), da der größte Teil der Mehltausolate die Virulenzkombination gegenüber allen drei Resistenzgenen besitzt. Es gilt deshalb auch hier: Zeigt eine entsprechende Sorte wie beispielsweise ‚Tarso‘ (Pm8) einen guten Mehltauschutz, so beruht dieser fast ausschließlich auf guten quantitativen Resistenzeigenschaften!

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 2002 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 2002 ähnlich der Vorjahre zwischen 5 % und 50 %. 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 recht gering und schwankten in 2002 zwischen 0 % und etwa 15 %. Im allgemeinen kann also noch von einem recht guten Mehлтаuschutz 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. Die Virulenzhäufigkeiten bewegten sich zuletzt zwischen 0 % und maximal 15 %, so dass immer noch von einem sehr guten bis guten Mehлтаuschutz ausgegangen werden kann. Allerdings zeigen die Werte auch, dass sich gegenwärtig eine gewisse Anpassungsdynamik an die qualitative Resistenz U in ‚Cortez‘ vollzieht, so dass der Mehлтаuschutz durch diese Resistenzeigenschaft mittelfristig durchaus gefährdet ist. Eine genaue Beobachtung der regionalen Populationen wird hier in den kommenden Jahren Aufschluss geben.

Gegenüber U in ‚Troll‘:

Gegenüber der Resistenz U in der Sommerweizensorte ‚Troll‘ konnte in 2002 hingegen nur ein einziges Mehltausolat mit passender Virulenz gefunden werden. Die U-Resistenz in ‚Troll‘ ist demnach noch hochwirksam, die Sorte ‚Troll‘ selbst aber nicht mehr in der ‚Beschreibenden Sortenliste‘ 2002 vertreten.

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 Mehltairesistenz 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 2002‘), dass bei einer Reihe von zumeist jüngeren Sorten ein beachtlicher quantitativer Resistenzsockel vorliegt, 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 2002 zugelassenen Sorten gegenüber dem Gerstenmehltau

Resistenzgen	Wirksamkeit	reg. Unterschiede	Bemerkungen
Mla1	++	gering	z.Z. keine Sorte
Mla3	(+)/++/+++	ja	
Mla6	0	nein	
Mla7	0	gering	
Mla9	+/++/+++	ja	z.Z. keine Sorte
Mla12	0/+	gering	
Mla13	+/++/+++	ja	
MILa	0/+	gering	z.Z. keine Sorte
Mlg	0	nein	
MI(St)	0/(+)	nein	
MI(Bw) aus ‚Borwina‘	0	nein	
MI(Si-1)	+++	gering	
mlo	+++	nein	sehr dauerhaft
U (We) in ‚Scarlett‘	0/+/++/+++	ja	
U in ‚Meltan‘	+++	gering	
U in ‚Verena‘	0/+/++/(+++)	ja	

Gegenüber Mla1 (Al):

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 in 2002 verzichtet, um andere Linien in die Untersuchungen aufzunehmen. In 1998 bewegten sich die Werte in Süddeutschland zwischen < 5 % und 20 %, was einen noch guten bis sehr guten Mehltauschutz anzeigte.

Gegenüber Mla3 (Ri):

Gegenüber dem Resistenzgen Mla3, das z.Z. in der Wintergerstensorte ‚Tilia‘ und der Sommergerstensorte ‚Baronesse‘ vorkommt, verhält sich die Virulenzsituation in Süddeutschland auf dem erreichten Niveau weiterhin weitgehend stabil. Nach wie vor herrscht eine erkennbare regionale Differenzierung vor. Werte ≤ 20 % finden sich beispielsweise wie im Vorjahr im südlichen HE, in RP und den meisten Regionen BWs. In den meisten Regionen in BY herrschen hingegen Werte zwischen 20 % und etwa 50 % vor. Der Mehltauschutz durch Mla3 allein ist damit regional nur noch eingeschränkt vorhanden.

Virulenz des Gerstenmehltaus in Stichproben aus verschiedenen Regionen der Bundesländer MV, HE, RP, BW und BY, 2002

Region	n	Mla3	Mla7	Mla9	Mla13	MILa	MISi1	Mlo	Meltan	Verena	Bowina	Scarlett
Mecklenburg-Vorpommern:												
Lübeck-Rostock	30	23	57	10	17	67	0	0	0	70	100	7
Rostock-Stralsund	19	16	58	5	5	47	0	0	0	68	100	5
Rostock-Neubrandenburg	30	3	47	17	13	40	0	0	0	40	100	3
Stralsund-Neubrandenburg	16	19	81	19	25	69	0	0	0	31	100	31
Hessen:												
Hofgeismar-Homberg/Efze	30	33	80	20	17	57	0	0	3	27	100	63
Marburg-Frankfurt/Main	30	17	97	36	23	73	0	0	0	23	97	83
Limburg-Weinheim	12	17	100	17	50	25	0	0	0	17	100	92
Rheinland-Pfalz:												
Rheinbach-Koblenz	11	18	82	9	0	64	0	0	0	45	100	45
Mayen-Trier-Waldmohr	30	3	100	23	47	33	0	0	0	10	100	93
Speyer-Bingen-Kirchheimb.	30	7	100	30	23	23	0	0	0	20	97	97
Baden-Württemberg:												
Sinsheim-Crailsheim	12	8	100	17	0	42	0	0	0	33	100	100
Karlsruhe-Basel	30	10	93	20	13	53	0	0	0	13	100	57
Karlsruhe-Ulm	30	27	97	20	10	50	0	0	3	20	100	87
Stuttgart-Singen	11	9	100	36	27	27	0	0	9	36	82	100
Bayern:												
Schweinfurt-Rothenburg	30	27	97	23	17	47	0	0	0	7	93	87
Hof-Nürnberg	30	30	100	17	20	47	0	0	0	40	97	83
Hof-Regensburg	30	10	87	23	17	70	3	0	7	7	93	80
Nürnberg-Freising	30	53	100	13	3	53	0	0	0	43	97	63
Ulm-Freising	30	33	100	33	7	67	0	0	0	40	97	80
Niederbayern	21	19	100	38	24	95	0	0	0	14	100	62

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 süddeutschen Gerstenmehltaus eine entsprechende Virulenz. Die Virulenzhäufigkeiten bewegten sich wie in den Vorjahren in einem Rahmen zwischen etwa 70 % und 100 %. Auf entsprechende regionalspezifische Erhebungen wurde deshalb in 2002 wiederum verzichtet.

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

Nach einem Anstieg der Virulenzhäufigkeiten gegenüber dem Resistenzgen Mla7 im süddeutschen Raum lag dann bereits 1999 ein sehr hohes Virulenzniveau mit Werten von zumeist 70 % bis 100 % vor. An dieser Situation hat sich seither wenig verändert (2002: 80 % - 100 %). Die Erhebungen in 2002 weisen auch für den Norden Deutschlands ein ähnlich hohes Virulenzniveau (50 % - 80 %) aus. Die Ursache ist der zurückliegende hohe Selektionsdruck sowohl durch Winter- als auch durch Sommergerstensorten. Da von Mla7 allein kaum eine Schutzwirkung mehr ausgeht, kann auf entsprechende Erhebungen in 2003 verzichtet werden. Sorten mit Mla7 und einer im Feldbestand guten Mehлтаubonitur wie beispielsweise ‚Cleopatra‘, ‚Cordoba‘ oder ‚Madou‘ weisen einen relativ hohen quantitativen Mehлтаuschutz auf, der beispielsweise bei der Sorte ‚Regina‘ kaum bzw. nicht vorhanden ist (s.a. Grundlagen!).

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

Gegenwärtig ist zwar keine Sorte mit dieser Resistenz laut ‚Beschreibender Sortenliste 2002‘ zugelassen, trotzdem trägt aufgrund der Mla9-Virulenzselektion zurückliegender Jahre der Mehлтаub z.Z. noch relativ häufig die entsprechende Virulenz in sich, wobei seit 2000 ein leichter Rückgang der Virulenzhäufigkeiten zu beobachten ist. Die Ergebnisse aus 2002 weisen für den Erhebungsraum Werte zwischen etwa 10 % und 40 % aus. Trotzdem würde 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 aufweisen.

Gegenüber Mla12 (Ar):

Die Virulenzhäufigkeiten gegenüber Mla12 bewegten sich 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 2002 verzichtet wurde, da keine gravierenden Veränderungen zu erwarten waren.

Gegenüber Mla13 (Ru):

Regionale Unterschiede in der Virulenzhäufigkeit sind teilweise gegenüber Mla13 zu erkennen. Die höchsten Werte bis maximal 50 % fanden sich 2002 im südlichen Hessen und in Rheinland-Pfalz. Ansonsten bewegen sich die Werte zumeist in einem relativ engen Rahmen zwischen 5 % und 25 %.

Gegenüber MILa (La):

Wieder etwas verbessert hat sich in den letzten Jahren anscheinend die Virulenzsituation gegenüber MILa in Süddeutschland. Dabei war hier zuvor ein gravierender Virulenzanstieg auf regional bis 100 % zu beobachten. In den letzten Jahren ist hingegen eher eine Abnahme der Virulenzhäufigkeiten zu verzeichnen. Sie bewegen sich regional bereits wieder deutlich unterhalb der 50 % Marke, und Werte nahe 100 % finden sich im Erhebungsraum nur noch sehr selten. Die Resistenz ist gegenwärtig nicht im zugelassenen Sortenspektrum anzutreffen (letzte Sorte: Wintergerste ‚Jana‘ mit einer relativ geringen Anbaufläche).

Gegenüber Mlg (We [vorher CPI]):

Aufgrund langjähriger Erfahrungen zur Virulenz gegenüber der Resistenz Mlg kann gegenwärtig auf ihre Berücksichtigung im Testsortiment zugunsten interessanterer Resistenzeigenschaften verzichtet werden. Die Resistenz Mlg wird seit mehreren Jahrzehnten genutzt, so dass bereits in den 60er Jahren ein hoher Anteil des Gerstenmehltaus die entsprechende Virulenz aufwies. Auch in den Erhebungen der Vorjahre wurden hohe Virulenzhäufigkeiten von > 50 % ohne eine erkennbare regionale Differenzierung diagnostiziert. Von einem ähnlich hohen Niveau kann auch aktuell ausgegangen werden. Von Mlg allein ist deshalb auch weiterhin kein ausreichender Mehлтаusch zu erwarten.

Gegenüber MI(St) (St):

In den Vorjahren stieg die Virulenz gegen MI(St) in Süddeutschland auf ein zuletzt im allgemeinen hohes Niveau mit Werten zwischen 60 % und 100 % an, so dass diese Resistenzeigenschaft in 2002 nicht mehr in die Untersuchungen aufgenommen wurde. Von dem Resistenzgen, das sowohl in Winter- als auch in Sommergerstensorten eingekreuzt wurde, ist kein zufriedenstellender Mehлтаusch mehr zu erwarten. Sorten wie ‚Nicola‘, die nach der ‚Beschreibenden Sortenliste 2002‘ trotzdem eine recht gute Mehлтаubonitur erhielten, beziehen ihren Mehлтаusch deshalb wahrscheinlich hauptsächlich aus einer überdurchschnittlich guten quantitativen Resistenzeigenschaft (vgl. Grundlagen).

Gegenüber MI(Bw) (Bw aus ‚Borwina‘):

Die Virulenzhäufigkeiten gegenüber der Resistenz 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 werden deshalb in 2003 nicht mehr fortgesetzt.

Gegenüber MI(Si-1) (Si-1):

Im Gegensatz zum Vorjahr wurde in 2002 gegenüber der Resistenz MI(Si-1) wiederum ein Isolat mit entsprechender Virulenz gefunden. Diesmal jedoch in der Region ‚Hof-Regensburg‘ und nicht in der Region ‚Karlsruhe-Ulm‘, wo 1999 bereits ein virulentes Isolat gefunden wurde. Die Resistenz von MI(Si-1) ist deshalb überall als noch ‚sehr gut‘ einzustufen.

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 HE, RP, BW und BY zu verzeichnen sind. Die Werte bewegen sich nunmehr durchweg zwischen ca. 50 % und 100 %. Ganz anders sieht die Situation noch in MV aus, wo die entsprechenden Virulenzhäufigkeiten vielerorts bei < 10 % liegen, was auf den dort bisher weitaus geringeren Selektionsdruck zurückzuführen ist.

Gegenüber U in ‚Meltan‘:

Die Virulenzhäufigkeiten gegenüber U in ‚Meltan‘ waren im gesamten Erhebungsraum in 2002 noch relativ gering und lagen generell < 10 %, was einen noch recht guten Mehлтаuschutz anzeigt.

Gegenüber U in ‚Verena‘:

Teilweise kräftig angestiegen sind die Virulenzhäufigkeiten gegenüber der Mehлтаuresistenz in der Sorte ‚Verena‘. Die Werte bewegen sich nunmehr zwischen etwa 10 % und 40 % im süddeutschen Raum und zwischen 30 % und 70 % in MV, wohingegen in 2001 in den meisten Regionen noch Werte < 10 % vorlagen. Die Schutzwirkung der qualitativen Mehлтаuresistenz in ‚Verena‘ ist deshalb bereits regional deutlich gefährdet und nur noch teilweise als noch gut zu charakterisieren. Eine genaue Beobachtung entsprechender Bestände ist deshalb unbedingt anzuraten.

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 2002 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 führen (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 Mehltaubefall von Mlo-Sorten, besonders in der Schossphase, zu erklären.

DIE AKTUELLE FUNGIZID-SENSITIVITÄTSSITUATION

Auch in 2002 konnten weitere Regionen/Bundesländer in die Erhebungen zur Fungizidsensitivität von Getreidepathogenen mit einbezogen werden (vgl. Abb. 1). Vornehmlich aufgrund des Informationsbedarfs hinsichtlich einer etwaigen Anpassung bzw. Resistenzbildung gegenüber den Strobilurin-Wirkstoffen sowie des reinen Mehltauwirkstoffs Quinoxifen lag hier der Schwerpunkt der Untersuchungen. 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. Aufgrund detaillierter Erhebungen im Feld und langjähriger Erfahrungen bei der Virulenzbildung des Weizen- und Gerstenmehltaus gegenüber den qualitativen Resistenzgenen der Wirtspflanzen (s.o.) konnte auch ein Beurteilungsschlüssel zur qualitativen Resistenzbildung gegenüber Wirkstoffen abgeleitet werden, der die gewonnenen Daten in die Praxis einfach zu übersetzen hilft:

So ist bei einer Häufigkeit an resistenten Isolaten in der regionalen Ausgangspopulation (d.h. vor dem jährlichen Selektionsbeginn durch Wirkstoffausbringung) 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 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.

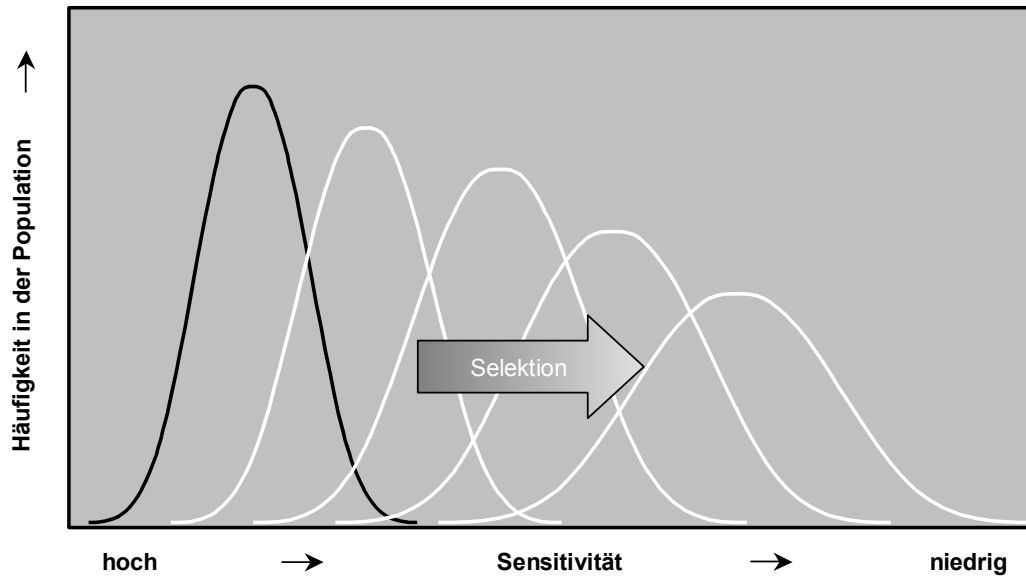
Zu berücksichtigen gilt hier des Weiteren, dass die tatsächliche Präparatwirkung im Feldbestand von einer ganzen Reihe von Faktoren abhängt, wobei die quantitative Anpassung des Erregers zumeist erst bei fortgeschrittenem Sensitivitätsabbau zum dominierenden Faktor wird. Weitere Faktoren sind die vom 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 hinzu, dass bei der Beurteilung der MRF-Werte 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

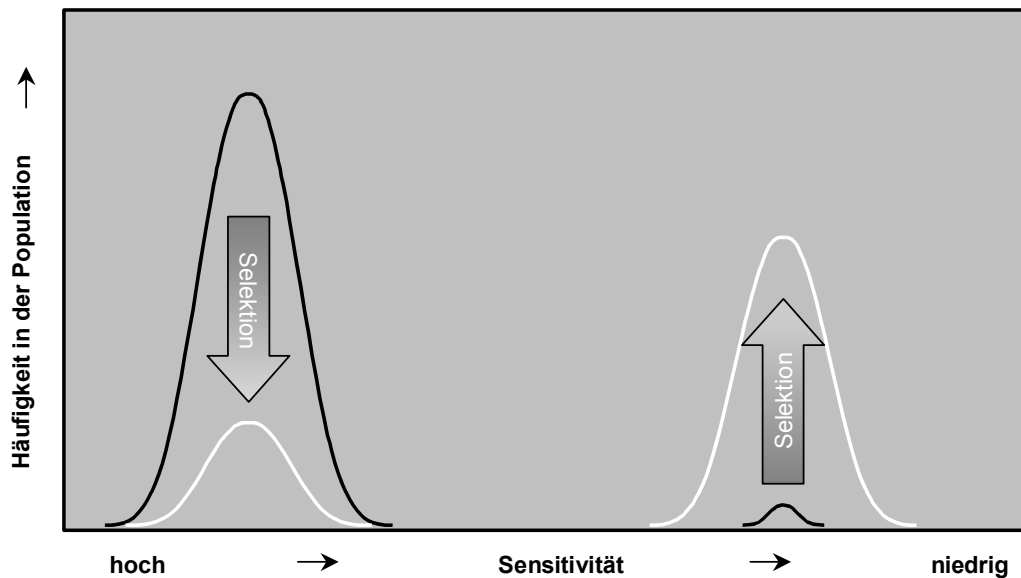


Abb. 2: Schematisierte Wiedergabe der Populationsdynamik bei einem Sensitivitätsverlust der Erregerpopulation durch kontinuierliche oder disruptive Selektion. Schwarze Kurven: Ursprüngliche Sensitivitätsverteilung; weiße Kurven: Sensitivitätsverteilung nach Selektion durch Fungizidanwendung

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 gegenüber den Azolwirkstoffen eine deutliche Stabilisierung in der Anpassung auf dem erreichten Sensitivitätsniveau. In den Erhebungen 2002 lag deshalb der Schwerpunkt der Analysen - neben den Morpholin-(ähnlichen) Substanzen - auf den neu am Markt befindlichen Wirkstoffklassen der Strobilurine (QoIs), Chinoline und Anilinopyrimidine.

Tab. 5: Praxisrelevante Einschätzung der Sensitivitätssituation beim Weizenmehltau für den Untersuchungsraum, 2002

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 - 4	
Spiroxamine	Impulse	3	
Strobilurine (QoIs):			
Kresoxim-methyl	(Juwel top)*	5 - 10	
Azoxystrobin	Amistar	5 - 10	
Trifloxystrobin	(Stratego)*	5 - 10	
Picoxystrobin	Acanto	5 - 10	
Pyraclostrobin	(Opera)*	5 - 10	
Chinoline:			
Quinoxifen	(Fortress top)*	0 - 4	starke regionale Unterschiede !
Anilinopyrimidine:			
Cyprodinil	Unix	0 - 2	regionale Unterschiede !

*nur in Kombination mit anderen Wirkstoffen auf dem Markt

A) Triazole (DMIs: Demethylierungs-Inhibitoren)

Bereits seit Ende der 70er Jahre ist Triadimenol (bzw. sein Vorläufer Triadimefon, das erst in der Pflanze zum aktiveren Triadimenol umgewandelt wird), 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 (Tebuconazol, Cyproconazol, Epoxiconazol u. a.) eingeführt. Aufgrund der positiven Kreuzresistenz des Pathogens gegenüber allen Wirkstoffen aus der Gruppe der DMIs lag jedoch 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. Die zu Beginn der 90er Jahre noch ausgeprägten regionalen Unterschiede lösten sich dabei in den vergangenen Jahren durch die Windverbreitung des Pathogens 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 Mehltau-bekämpfung 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 „Zeiger“-Triazolen verfolgt. Wie bereits oben angesprochen, ergaben sich in 2002 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 2003 übertragen werden können. Die MRF-Niveaus gegenüber den einzelnen Azol-Derivaten liegen derzeit in etwa wie folgt: Triadimenol (30-70), Propiconazol (15-30), Tebuconazol (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 Sensitivitätsanpassung relativ langsam. Der bisher beobachtete „Shift“ führte überall im Untersuchungsraum zu MRFs bis zu etwa 10, maximal 15. 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 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 2002, so dass sich seither in den meisten Regionen 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 2002 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 (um ca. 10 %), in MV in den Regionen ‚Lübeck-Rostock‘ und ‚Rostock-Greifswald‘ lag ihr Anteil in 2002 aber bereits bei 30 % bis max. 50 %, so dass die Entwicklung weiterhin aufmerksam beobachtet werden sollte.

Gegenüber Spiroxamine:

Spiroxamine wurde 1997 auf dem deutschen Fungizidmarkt eingeführt. Es gehört als Spiroketalamin zur SBI-Wirkstoffgruppe. Aufgrund einer vorliegenden positiven Kreuzresistenz des Weizenmehлтаusch 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 2003 ausgegangen werden.

C) Strobilurine (Qols)

Die Strobilurine (Qols) sind eine noch relativ neue Wirkstoffklasse, die 1996 erstmals auf dem deutschen bzw. europäischen Fungizidmarkt eingeführt wurde und rasch - nicht zuletzt wegen ihrer ausgeprägten physiologischen Effekte - weite Verbreitung und eine relativ intensive Anwendung fanden. 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 disruptiven Resistenzselektion 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 erarbeiteten Ergebnisse lassen sich also 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 noch starke regionale Unterschiede die Situation im Vorjahr, so finden sich nunmehr auch im süddeutschen Raum %-Anteile Qol-resistenter Isolate von zumeist > 50 %, was eine nur noch geringe bis unmerkliche Schutzwirkung gegen den Weizenmehltau dort zur Folge hat. Nur noch in einigen wenigen Regionen in Süddeutschland ist mit einer noch akzeptablen Bekämpfungswirkung zu rechnen. Insbesondere bei einer stärkeren, länger andauernden Mehltäuepidemie sind jedoch auch in diesen Gebieten deutlichere Wirkungseinbußen einzukalkulieren.

Tab. 6: **Strobilurin**-Resistenz des **Weizenmehltaus** in Stichproben aus verschiedenen Regionen der Bundesländer SH, MV, NI, HE, TH, SN, RP, BW und BY, 2002

Region	Datum	n	res. Isolate	% res. Isolate
Schleswig-Holstein:				
Flensbg-Kappeln-Eckernförde	26.06.	30	30	100
Dänischer Wohld via Birkenmoor	26.06.	30	30	100
Kiel-Oldenburg	26.06.	30	29	97
Oldenburg/Neustadt-Hamburg	26.06.	30	30	100
Mecklenburg-Vorpommern:				
Lübeck-Rostock	20.06.	30	30	100
Rostock-Greifswald	20.06.	30	28	93
Stralsund-Neubrandenburg	20.06.	30	25	83
Rostock-Neubrandenburg	20.06.	30	29	97
Neubrandenburg-Prenzlau	19.06.	30	24	80
Niedersachsen:				
Hannover-Kassel	26.06.	30	29	97
Hessen:				
Hofgeismar-Homberg/Efze	12.07.	21	15	71
Marburg-Frankfurt	12.07.	11	4	36
Limburg-Wiesbaden-Weinheim	23.06.	22	11	50
Thüringen:				
Nordhausen-Erfurt	29.06.	30	20	67
Erfurt-Gera-Altenburg	29.06.	30	19	63
Gera-Hof	19.06.	30	22	73
Sachsen:				
Leipzig-Dresden	29.06.	30	21	70
Dresden-Görlitz	04.06.	30	20	67
Chemnitz-Hof	29.06.	30	25	83
Rheinland-Pfalz:				
Rheinbach-Koblenz	23.06.	25	13	52
Mayen/Koblenz-Trier	05.07.	14	7	50
Speyer-Bingen-Kirchheimbol.	05.07.	30	12	40
Baden-Württemberg:				
Sinsheim-Crailsheim	23.06.	30	24	80
Karlsruhe-Ulm	23.06.	25	19	76
Karlsruhe-Basel	01.07.	4	3	75
Bayern:				
Schweinfurt-Rothenburg	18.06.	5	3	60
Hof-Nürnberg	18.06.	20	4	20
Hof-Regensburg	18.06.	20	10	50
Nürnberg-Freising	18.06.	10	4	40
Ulm-Freising	12.06.	30	24	80
Niederbayern	18.06.	30	21	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 bisher 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 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 2002 (Tab. 7) wurden in SH, MV und erstmals auch in NI und SN resistente Isolate gefunden. Innerhalb des Erhebungsraumes, auch innerhalb eines Bundeslandes, ergeben sich gegenwärtig starke regionale Unterschiede, wie sie typisch sind am Anfang einer Resistenzbildung. In SH liegen die %-Werte aktuell zwischen 5 % und 40 %, in MV zwischen 2 % und 20 % und in den betroffenen Gebieten in NI und SN noch bei < 10 %. Die Anpassungsdynamik ist nicht zuletzt 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 als diese bei den Strobilurinen zu beobachten war (s.o.). Die Werte sind in SH und MV jedoch bereits so hoch, dass insbesondere bei einer stärkeren Mehltau-epidemie regional mit einer merklichen Einschränkung im Bekämpfungserfolg in der Saison 2003 zu rechnen ist. In den anderen Bundesländern NI, HE, TH, SN, RP, BW und BY sollte hingegen noch ein im allgemeinen sehr guter Bekämpfungserfolg mit Quinoxifen zu erzielen sein. Allerdings ist damit zu rechnen, dass auch in den anderen Regionen angepasste Weizenmehltauisolate in latenter Form, d.h. unterhalb unserer Nachweisgrenze, vorliegen, so dass in 2003 eine weiterhin aufmerksame Beobachtung der Sensitivitätssituation unerlässlich ist.

Tab. 7: **Quinoxifen**-Resistenz des **Weizenmehltaus** in Stichproben aus verschiedenen Regionen der Bundesländer SH, MV, NI, HE, TH, SN, RP, BW und BY, 2002

Region	Datum	n	res. Isolate	% res.Isolate
Schleswig-Holstein:				
Flensbg-Kappeln-Eckernförde	26.06.	50	16	32
Dänischer Wohld via Birkenmoor	26.06.	50	19	38
Kiel-Oldenburg	26.06.	50	6	12
Kiel-Eutin	27.06.	19	1	5
Puttgaden-Oldenburg/Neustadt	26.06.	50	5	10
Oldenburg/Neustadt-Hamburg	26.06.	50	17	34
Mecklenburg-Vorpommern:				
Lübeck-Rostock	20.06.	50	10	20
Rostock-Greifswald	20.06.	50	9	18
Rostock-Neubrandenburg	20.06.	50	3	6
Stralsund-Neubrandenburg	20.06.	50	10	20
Neubrandenburg-Prenzlau	19.06.	50	1	2
Niedersachsen:				
Hamburg-Hannover	26.06.	50	0	0
Hannover-Kassel	26.06.	50	3	6
Hessen:				
Hofgeismar-Homberg/Efze	12.07.	21	0	0
Marburg-Frankfurt	12.07.	11	0	0
Limburg-Weinheim	23.06.	28	0	0
Thüringen:				
Nordhausen-Erfurt	29.06.	67	0	0
Erfurt-Gera-Altenburg	29.06.	50	0	0
Gera-Hof	19.06.	50	0	0
Sachsen:				
Leipzig-Dresden	29.06.	50	2	4
Dresden-Görlitz	04.06.	46	0	0
Chemnitz-Hof	29.06.	40	2	5
Rheinland-Pfalz:				
Rheinbach-Koblenz	23.06.	35	0	0
Mayen-Trier-Waldmoor	05.07.	24	0	0
Speyer-Bingen-Kaiserslautern	05.07.	44	0	0
Baden-Württemberg:				
Sinsheim-Crailsheim	23.06.	53	0	0
Karlsruhe-Basel	01.07.	4	0	0
Karlsruhe-Ulm	23.06.	31	0	0
Stuttgart-Singen	01.07.	10	0	0
Bayern:				
Schweinfurt-Rothenburg	18.06.	10	0	0
Hof-Nürnberg	18.06.	27	0	0
Hof-Regensburg	18.06.	23	0	0
Nürnberg-Freising	18.06.	13	0	0
Ulm-Freising	12.06.	50	0	0
Niederbayern	18.06.	45	0	0

E) Anilinopyrimidine

Gegenüber Cyprodinil:

Cyprodinil stand 1998 in Deutschland erstmalig der Praxis zur Verfügung, ist 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 ≤ 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 2002 (Tab. 8) zeigen für die meisten Regionen eine noch weitestgehend ursprünglich-sensitive Populationsstruktur auf. Eine qualitative Anpassung war generell nicht zu erkennen. Allerdings hat sich der Anteil an Isolaten mit quantitativ verminderter Cyprodinil-Empfindlichkeit in MV in der Region ‚Rostock-Greifswald‘ auf 20 % etwas erhöht. 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 Effizienz-minderung zu rechnen. So erscheint eine aufmerksame Beobachtung des Mehltaus in den betroffenen Regionen weiterhin unbedingt ratsam.

Tab. 8: **Cyprodinil**-Anpassung des **Weizenmehltaus** in Stichproben aus verschiedenen Regionen der Bundesländer SH, MV, NI, HE, TH, SN, RP, BW und BY, 2002: prozentualer 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	26.06.	10	0	0
Dänischer Wohld via Birkenmoor	26.06.	10	0	0
Kiel-Oldenburg	26.06.	10	0	0
Oldenburg/Neustadt-Hamburg	26.06.	10	0	0
Mecklenburg-Vorpommern:				
Lübeck-Rostock	20.06.	30	1	3
Rostock-Greifswald	20.06.	10	2	20
Rostock-Neubrandenburg	20.06.	10	0	0
Stralsund-Neubrandenburg	20.06.	10	0	0
Neubrandenburg-Prenzlau	19.06.	10	0	0
Niedersachsen:				
Hannover-Kassel	26.06.	10	0	0
Hessen:				
Hofgeismar-Homberg/Efze	12.07.	10	0	0
Marburg-Frankfurt	12.07.	10	0	0
Limburg-Weinheim	23.06.	10	0	0
Thüringen:				
Nordhausen-Erfurt	29.06.	10	1	10
Erfurt-Gera-Altenburg	29.06.	10	0	0
Gera-Hof	19.06.	10	0	0
Sachsen:				
Leipzig-Dresden	29.06.	10	0	0
Dresden-Görlitz	04.06.	10	0	0
Chemnitz-Hof	29.06.	10	0	0
Rheinland-Pfalz:				
Rheinbach-Koblenz	23.06.	20	1	5
Mayen-Trier-Waldmoor	05.07.	10	0	0
Speyer-Bingen-Kaiserslautern	05.07.	10	0	0
Baden-Württemberg:				
Sinsheim-Crailsheim	23.06.	20	1	5
Karlsruhe-Ulm	23.06.	10	0	0
Bayern:				
Schweinfurt-Rothenburg	18.06.	5	0	0
Hof-Nürnberg	18.06.	10	0	0
Nürnberg-Freising	18.06.	10	0	0
Ulm-Freising	12.06.	10	1	10
Niederbayern	18.06.	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 2002 lag deshalb auch hier der Schwerpunkt der Analysen auf den neu am Markt befindlichen Wirkstoffklassen der Strobilurine, Chinoline und Anilinopyrimidine.

Tab. 9: Praxisrelevante Einschätzung der Sensitivitätssituation beim Gerstenmehltau für den Untersuchungsraum, 2002

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
Epoconazol	Opus, (Opus top)*	4/5

Morpholine / Piperidine / Spiroketalamine:

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

Strobilurine:

Kresoxim-methyl	(Juwel top)*	0 - 8	starke regionale Unterschiede !
Azoxystrobin	Amistar	0 - 8	starke regionale Unterschiede !
Trifloxystrobin	(Stratego)*	0 - 8	starke regionale Unterschiede !
Picoxystrobin	Acanto	0 - 8	starke regionale Unterschiede !
Pyraclostrobin	(Opera)*	0 - 8	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 Jahre am deutschen Fungizidmarkt eingeführten Triazole wie Tebuconazol, 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 Mehltaubekämpfung 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 „Zeiger“-Triazole reduziert. In 2002 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 2003 übertragen werden können. Die MRF-Niveaus gegenüber den einzelnen Azol-Derivaten liegen derzeit 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:

Während sich bis einschließlich 1992 in Süddeutschland keinerlei Anzeichen einer Anpassung des Gerstenmehltaus an Fenpropimorph erkennen ließen, waren 1993 in einigen Stichproben vereinzelt Isolate mit einer um einen Faktor von 3 bis 10 verminderten Fenpropimorph-Empfindlichkeit nachzuweisen. Deren Anteil hat sich in den letzten Jahren weiter erhöht. Derzeit liegen im gesamten Untersuchungsraum die Anteile an entsprechenden Isolaten in den regionalen Gerstenmehltaupopulationen bei zumeist 10 % - 40 %, in SH (Oldenburg/Neustadt-Hamburg) aber auch schon darüber bei ca. 80 %. Insgesamt gesehen ist die Anpassungsdynamik aber immer noch als recht verhalten einzustufen, der bisherige ‚Shift‘ - mit Ausnahme von SH - wahrscheinlich noch nicht von praktischer Relevanz. So kann weiterhin von einem guten bis sehr guten Mehлтаuschutz durch Fenpropimorph ausgegangen werden. Jedoch sollte insbesondere in SH 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. Die künftige Sensitivitätsentwicklung muss jedoch aufmerksam im Auge behalten werden, da mit weiteren schrittweisen Veränderungen in den kommenden Jahren durchaus zu rechnen ist.

Gegenüber Fenpropidin:

Eine ähnlich gerichtete Sensitivitätssituation wie zu Fenpropimorph liegt vornehmlich aufgrund der positiven Kreuzresistenz auch gegenüber dem erst 1995 zugelassenen Piperidin-Wirkstoff Fenpropidin vor. So herrscht in den meisten Regionen noch überwiegend eine ursprüngliche Fenpropidin-Empfindlichkeit vor. Nur in SH (Ostholstein, vgl. o.) ist der Anteil an Isolaten mit reduzierter Empfindlichkeit in 2002 auf ca. 80 % angestiegen (s.a. o.). Die Isolate mit reduzierter Fenpropidin-Empfindlichkeit weisen meist etwas geringere Resistenzfaktoren (≤ 5) im Vergleich zu Fenpropimorph auf, einige wenige aber auch deutlich höhere von ≥ 30 , wobei der Anteil letzterer auch in 2002 gering blieb. Die bisherige Anpassungsreaktion ist als noch äußerst 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. In SH allerdings ist von einer stärkeren Reduzierung der empfohlenen Aufwandmengen abzuraten.

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 die entsprechenden Isolate 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 folglich 1:1 auf die anderen Strobilurin-Wirkstoffe **Azoxystrobin**, **Trifloxystrobin**, **Picoxystrobin** und **Pyraclostrobin** übertragen.

Jedoch ist die gegenwärtige Strobilurin-Sensitivitätssituation beim Gerstenmehltau noch ganz anders als beim Weizenmehltau - auch im erweiterten Erhebungsraum (Tab. 10), wobei gegenwärtig eine starke regionale Differenzierung innerhalb Deutschlands vorliegt. So konnte in etwa der Hälfte der untersuchten Regionen überhaupt noch kein resistenter Stamm nachgewiesen werden, ihr Anteil lag also noch unterhalb unserer Nachweisgrenze. Für etliche Regionen Süddeutschlands ergaben die Untersuchungen allerdings Anteile resistenter Isolate bis etwa 10 %. In einer Region in SN („Leipzig-Dresden“) sowie SH (Ostholstein) fand sich ein Niveau von 15 %, in MV lagen die Werte hingegen bereits zwischen 25 % und 60 %. In diesem Bundesland ist die Mehltauwirkung der Strobilurine bereits nur noch mit ‚eingeschränkt‘ bis hin zu ‚stark gefährdet‘ zu charakterisieren. Im restlichen Erhebungsraum kann für die Saison 2003 noch von einem verhältnismäßig guten bis sehr guten Mehltauschutz ausgegangen werden.

Wie rasch sich künftig der Anteil an strobilurinresistentem Gerstenmehltau weiter erhöht, wird sich in den Erhebungen der Folgejahre zeigen. Entscheidend ist der ausgeübte Selektionsdruck auf das Pathogen in Abhängigkeit der Selektionszeit. Diese beiden Faktoren können jetzt noch durch ein geeignetes Antiresistenz-Management beeinflusst werden, um einer raschen Erhöhung des Anteils strobilurinresistenter Isolate in den regionalen Populationen bei diesem Erreger entgegenzuwirken.

Tab. 10: **Strobilurin**-Resistenz des **Gerstenmehltaus** in Stichproben aus verschiedenen Regionen der Bundesländer SH, MV, NI, HE, TH, SN, RP, BW und BY, 2002

Region	Datum	n	res. Isolate	% res. Isolate
Schleswig-Holstein:				
Oldenburg/Neustadt-Hamburg	26.06.	39	6	15
Mecklenburg-Vorpommern:				
Lübeck-Rostock	20.06.	40	11	28
Rostock-Greifswald	19.06.	37	15	41
Stralsund-Neubrandenburg	19.06.	16	4	25
Rostock-Neubrandenburg	19.06.	40	24	60
Neubrandenburg-Prenzlau	19.06.	7	3	42
Niedersachsen:				
Hannover-Kassel	05.06.	40	0	0
Hessen:				
Hofgeismar-Homberg/Efze	05.06.	40	1	3
Marburg-Gießen-Frankfurt	05.06.	40	1	3
Limburg-Wiesbaden-Weinheim	05.06.	12	0	0
Thüringen:				
Nordhausen-Erfurt	04.06.	45	1	2
Erfurt-Gera-Altenburg	04.06.	40	0	0
Gera-Hof	19.06.	4	0	0
Sachsen:				
Leipzig-Dresden	04.06.	40	6	15
Dresden-Görlitz	04.06.	40	3	8
Chemnitz-Hof	04.06.	40	0	0
Rheinland-Pfalz:				
Rheinbach-Koblenz	06.06.	8	0	0
Mayen-Trier-Waldmoor	06.06.	40	1	3
Speyer-Bingen-Kirchheimbol.	06.06.	40	1	3
Baden-Württemberg:				
Sinsheim-Crailsheim	06.06.	12	0	0
Karlsruhe-Basel	11.06.	40	4	10
Karlsruhe-Ulm	11.06.	40	0	0
Stuttgart-Singen	11.06.	11	1	9
Bayern:				
Schweinfurt-Rothenburg	10.06.	40	0	0
Hof-Nürnberg	10.06.	40	0	0
Hof-Regensburg	04.06.	40	0	0
Nürnberg-Freising	10.06.	40	1	3
Ulm-Freising	11.06.	32	1	3
Niederbayern	04.06.	21	1	5

D) Chinoline

Gegenüber Quinoxifen

Das Chinolin-Derivat Quinoxifen hat einen neuen Wirkungsmechanismus und ist nunmehr seit 5 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 erweiterten Untersuchungsraum 2002 noch kein Gerstenmehltauisolat mit einer nachweislichen Anpassung an Quinoxifen ausfindig gemacht 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 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 werden können.

E) Anilinopyrimidine

Gegenüber Cyprodinil

Cyprodinil ist neu auf dem deutschen Fungizidmarkt in der Gerste vertreten, jedoch bereits seit einigen Jahren in Frankreich zugelassen. Es besteht keine Kreuzresistenz des Gerstenmehltaus gegenüber ihm 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 für Cyprodinil des weiteren zu beachten, dass innerhalb der natürlichen, ursprünglich vorkommenden Sensitivitätsstreuung der Ausgangspopulation bereits eine zweigeteilte Sensitivitätsstruktur vorkommt, in der ein 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 in 2002 (Tab. 12) weisen ein derartiges Isolat in Niederbayern aus, die Daten zeigen aber dennoch keine negativen Veränderungen hinsichtlich einer Sensitivitätsanpassung des Gerstenmehltaus an Cyprodinil im Erhebungsraum auf. Der Wirkstoff eignet sich deshalb gut zur Integration in ein Anti-Resistenzmanagement und könnte hier beispielsweise über die Wirkstoffalternierung einen wertvollen Beitrag leisten.

Tab. 11: **Quinoxifen**-Resistenz des **Gerstenmehltaus** in Stichproben aus verschiedenen Regionen der Bundesländer SH, MV, NI, HE, TH, SN, RP, BW und BY, 2002

Region	Datum	n	res. Isolate	% res.Isolate
Schleswig-Holstein:				
Oldenburg/Neustadt-Hamburg	26.06.	14	0	0
Mecklenburg-Vorpommern:				
Lübeck-Rostock	20.06.	12	0	0
Rostock-Greifswald	19.06.	12	0	0
Stralsund-Neubrandenburg	19.06.	12	0	0
Rostock-Neubrandenburg	19.06.	12	0	0
Neubrandenburg-Prenzlau	19.06.	7	0	0
Niedersachsen:				
Hannover-Kassel	05.06.	12	0	0
Hessen:				
Hofgeismar-Homberg/Efze	05.06.	12	0	0
Marburg-Gießen-Frankfurt	05.06.	12	0	0
Limburg-Wiesbaden-Weinheim	05.06.	12	0	0
Thüringen:				
Nordhausen-Erfurt	04.06.	12	0	0
Erfurt-Gera-Altenburg	04.06.	12	0	0
Gera-Hof	19.06.	4	0	0
Sachsen:				
Leipzig-Dresden	04.06.	12	0	0
Dresden-Görlitz	04.06.	12	0	0
Chemnitz-Hof	04.06.	12	0	0
Rheinland-Pfalz:				
Rheinbach-Koblenz	06.06.	8	0	0
Mayen-Trier-Waldmoor	06.06.	12	0	0
Speyer-Bingen-Kirchheimbol.	06.06.	12	0	0
Baden-Württemberg:				
Sinsheim-Crailsheim	06.06.	12	0	0
Karlsruhe-Basel	11.06.	12	0	0
Karlsruhe-Ulm	11.06.	12	0	0
Stuttgart-Singen	11.06.	12	0	0
Bayern:				
Schweinfurt-Rothenburg	10.06.	12	0	0
Hof-Nürnberg	10.06.	12	0	0
Hof-Regensburg	04.06.	12	0	0
Nürnberg-Freising	10.06.	12	0	0
Ulm-Freising	11.06.	12	0	0
Niederbayern	04.06.	12	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, 2002: 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	26.06.	10	0	0
Mecklenburg-Vorpommern:				
Lübeck-Rostock	20.06.	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.	7	0	0
Niedersachsen:				
Hannover-Kassel	05.06.	10	0	0
Hessen:				
Hofgeismar-Homberg/Efze	05.06.	10	0	0
Marburg-Gießen-Frankfurt	05.06.	10	0	0
Limburg-Wiesbaden-Weinheim	05.06.	10	0	0
Thüringen:				
Nordhausen-Erfurt	04.06.	10	0	0
Erfurt-Gera-Altenburg	04.06.	10	0	0
Gera-Hof	19.06.	4	0	0
Sachsen:				
Leipzig-Dresden	04.06.	10	0	0
Dresden-Görlitz	04.06.	10	0	0
Chemnitz-Hof	04.06.	10	0	0
Rheinland-Pfalz:				
Rheinbach-Koblenz	06.06.	8	0	0
Mayen-Trier-Waldmoor	06.06.	10	0	0
Speyer-Bingen-Kirchheimbol.	06.06.	10	0	0
Baden-Württemberg:				
Sinsheim-Crailsheim	06.06.	10	0	0
Karlsruhe-Basel	11.06.	10	0	0
Karlsruhe-Ulm	11.06.	10	0	0
Stuttgart-Singen	11.06.	10	0	0
Bayern:				
Schweinfurt-Rothenburg	10.06.	10	0	0
Hof-Nürnberg	10.06.	10	0	0
Hof-Regensburg	04.06.	10	0	0
Nürnberg-Freising	10.06.	10	0	0
Ulm-Freising	11.06.	10	0	0
Niederbayern	04.06.	10	1	10

3. Wirkstoffempfindlichkeit des Weizenbraunrosts

Strobilurine (Qols):

Die Sensitivitätsanalysen zum Weizenbraunrost konzentrierten sich in 2002 auf eine etwaige Resistenzbildung gegenüber den Strobilurin-Derivaten. Erhebungen zu den Triazolen wurden für Süddeutschland in einigen der Vorjahre vorgenommen, wobei die Untersuchungen eine zwar vorhandene, aber sich doch sehr langsam vollziehende quantitative Sensitivitätsanpassung auswiesen.

In den Untersuchungen zur Strobilurin-Empfindlichkeit des Weizenbraunrosts in 2002 (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 2003 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, 2002

Region	Datum	n	res. Isolate	% res. Isolate
Schleswig-Holstein:				
Flensbg-Kappeln-Eckernförde	26.06.	3	0	0
Dänischer Wohld via Birkenmoor	26.06.	6	0	0
Kiel-Oldenburg	26.06.	2	0	0
Oldenburg/Neustadt-Hamburg	26.06.	19	0	0
Mecklenburg-Vorpommern:				
Lübeck-Rostock	20.06.	14	0	0
Rostock-Greifswald	20.06.	4	0	0
Stralsund-Neubrandenburg	20.06.	3	0	0
Neubrandenburg-Prenzlau	19.06.	3	0	0
Niedersachsen:				
Bremen-Nienburg-Hannover	12.07.	4	0	0
Hamburg-Hannover	26.06.	13	0	0
Hannover-Kassel	26.06.	38	0	0
Hessen:				
Hofgeismar-Homberg/Efze	12.07.	10	0	0
Marburg-Frankfurt	12.07.	18	0	0
Limburg-Weinheim	23.06.	70	0	0
Thüringen:				
Nordhausen-Erfurt	29.06.	57	0	0
Erfurt-Gera-Altenburg	29.06.	69	0	0
Gera-Hof	19.06.	48	0	0
Sachsen:				
Leipzig-Dresden	29.06.	64	0	0
Chemnitz-Hof	29.06.	18	0	0
Rheinland-Pfalz:				
Rheinbach-Koblenz	23.06.	66	0	0
Mayen-Trier-Waldmoor	05.07.	70	0	0
Baden-Württemberg:				
Sinsheim-Crailsheim	23.06.	80	0	0
Karlsruhe-Basel	01.07.	60	0	0
Karlsruhe-Ulm	23.06.	57	0	0
Stuttgart-Singen	01.07.	68	0	0
Bayern:				
Schweinfurt-Rothenburg	18.06.	12	0	0
Hof-Nürnberg	18.06.	78	0	0
Hof-Regensburg	18.06.	16	0	0
Nürnberg-Freising	18.06.	73	0	0
Ulm-Freising	12.06.	58	0	0
Niederbayern	18.06.	15	0	0

4. Wirkstoffempfindlichkeit von *Septoria tritici*

Strobilurine (Qols):

In 2002 wurden wiederum umfangreiche Untersuchungen zu einer etwaigen Anpassung des Krankheitserregers an die Strobilurin-Derivate vorgenommen. Hierzu 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 separate Aussage ableiten zu können.

Wie Tab. 14 aufzeigt, wurde im erweiterten Erhebungsraum in 2002 erstmals ein Isolat mit Resistenz gegenüber den Strobilurinen in SH ausfindig gemacht. Es handelt sich hierbei wiederum um eine eindeutig qualitative Resistenzbildung (s.o. Grundlagen!). Insbesondere bedeutet dies wiederum, dass einzig der Anteil an angepassten Isolaten in der regionalen Pathogenpopulation über die tatsächlich noch vorhandene Wirksamkeit im Feldbestand entscheidet. Da es sich bisher um einen Einzelbefund handelt, eine Resistenzbildung damit in einem relativ frühen Stadium erkannt wurde, hat dies nun mehrere Konsequenzen: Erstens bedeutet dies, dass auch *Septoria tritici* grundsätzlich zu einer Resistenzbildung gegenüber Strobilurinen fähig ist. Zweitens: Der resistente Anteil ist derzeit noch so gering, dass sich die Resistenz in der Praxis in 2003 noch nicht äußern wird. Drittens: Keine Entwarnung für die anderen Bundesländer; auch hier liegt wahrscheinlich eine latente Strobilurinresistenz bei *Septoria tritici* unterschwellig, nur noch nicht feststell- und messbar vor. Und viertens: Jetzt muss man durch ein gezieltes Antiresistenzmanagement gegensteuern, um die Entwicklung zu bremsen und die Wirksamkeit der Strobilurine möglichst lange zu erhalten.

Die Grundsätze des Einsatzes möglichst unterschiedlicher Wirkstoffgruppen sind 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 Triazol-Wirkstoffgruppe. Es sollte unbedingt darauf geachtet werden, dass dem Strobilurin ein Triazolpartner 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 wäre eine dynamischere Anpassung und der vielleicht rasche Verlust einer wertvollen Wirkstoffgruppe zur *Septoria tritici*-Bekämpfung.

Praxisrelevante Einschätzung der Sensitivitätssituation bei *Septoria tritici* 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 - 1 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

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, bisher insbesondere Azoxystrobin, weiterhin keinerlei Anpassungsreaktion im Untersuchungsgebiet auftritt (Tab. 15). 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 2003 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. 15: **Strobilurin**-Resistenz von *Drechslera teres* (**Netzfleckenkrankheit an Gerste**) in Stichproben aus verschiedenen Regionen der Bundesländer NS, MV, NI, HE, TH, SN, RP, BW und BY, 2002

Region	Datum	n	res. Isolate	% res. Isolate
Schleswig-Holstein:				
Ostholstein	26.06.	6	0	0
Mecklenburg-Vorpommern:				
Lübeck-Rostock	20.06.	12	0	0
Srostock-Greifswald	20.06.	9	0	0
Rostock-Neubrandenburg	20.06.	7	0	0
Stralsund-Neubrandenburg	20.06.	12	0	0
Niedersachsen:				
Hannover-Kassel	06.06.	9	0	0
Hessen:				
Hofgeismar-Homberg/Efze	06.06.	3	0	0
Limburg-Weinheim	23.06.	4	0	0
Thüringen:				
Nordhausen-Erfurt	05.06.	8	0	0
Erfurt-Gera-Altenburg	05.06.	11	0	0
Sachsen:				
Leipzig-Dresden	05.06.	16	0	0
Cemnitz-Hof	05.06.	6	0	0
Rheinland-Pfalz:				
Rheinbach-Koblenz	23.06.	16	0	0
Baden-Württemberg:				
Karlsruhe-Basel	01.07.	10	0	0
Sinsheim-Crailsheim	23.06.	25	0	0
Bayern:				
Nürnberg-Freising	18.06.	12	0	0
Niederbayern	05.06.	6	0	0