

EINFÜHRUNG

Pilzliche Krankheitserreger haben im Getreide ein äußerst hohes Schadenspotential, insbesondere hinsichtlich Ertrag und Qualität des Erntegutes. Sie stellen deshalb im Rahmen des Pflanzenschutzes einen wichtigen Zielkomplex dar. 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 Landbewirtschaftung vor, um den Schutz der Umwelt und des Menschen zu gewährleisten. Der Integrierte Pflanzenschutz und die Gute Landwirtschaftliche Praxis sind dabei zentrale Gesichtspunkte.

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

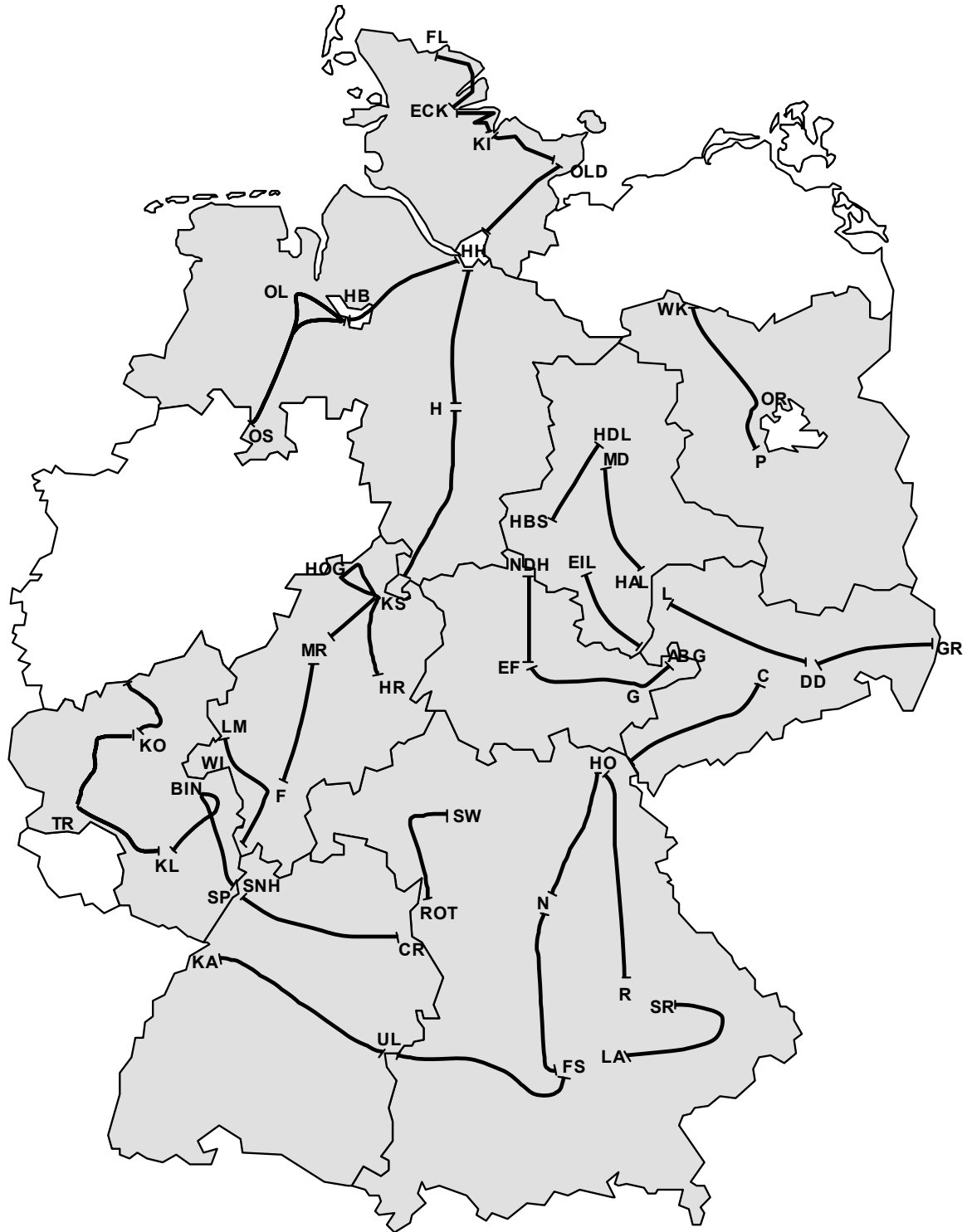
Der Einsatz wirksamer Fungizide ebenso wie die effiziente Nutzung der unterschiedlichen Resistenzgene und -genkombinationen in den verschiedenen Zuchtsorten setzt voraus, dass man die entsprechenden Sensitivitäts- und Virulenzeigenschaften der Krankheitserreger genau kennt. Aufgrund unterschiedlicher regionaler Verhältnisse sind standortspezifische Informationen erforderlich. Aufgabe der vorliegenden Untersuchungen ist deshalb die alljährliche Erarbeitung einer aussagekräftigen Datenbasis, die stets den aktuellen Stand der Anpassung wiedergibt. Mit einem Vergleich des Datenmaterials über die Jahre wird zudem die Dynamik der Anpassung ersichtlich, was auch eine Abschätzung künftiger Entwicklungen erlaubt.

Die Arbeiten gliedern sich in eine

- **Fungizidsensitivitätsanalyse** bei **Weizenmehltau, Triticalemehltau, Gerstenmehltau, Weizenbraunrost, *Septoria tritici*, DTR** und **Netzfleckenkrankheit an Gerste**
- **Virulenzanalyse** bei **Weizenmehltau** und **Gerstenmehltau**

Untersucht werden regionale Populationen des jeweiligen Krankheitserregers. Bei den drei Mehltauformen, Weizenbraunrost sowie Netzflecken werden hierzu repräsentative Stichproben mittels einer auf dem Dach eines Fahrzeuges montierten Düsen孢enfalle direkt aus der Luft während der Fahrt durch das jeweilige Anbauggebiet gewonnen. Die Routenwahl für die Analysen 2006 findet sich in der nachfolgenden Abbildung. Bei den beiden Erregern *Septoria tritici* und DTR muss allerdings auf Stichproben aus Feldbeständen zurückgegriffen werden, da die mit dem Wind verbreiteten Sporen unter den genutzten Laborbedingungen nicht erfolgreich inkubiert werden.

Zur Sensitivitäts- und Virulenzbestimmung werden drei verschiedene Analyseverfahren eingesetzt. Die Tests erfolgen *in vivo* auf Testsortimenten aus Blattmaterial, *in vitro* mit einem Mikrotitertest-Verfahren oder bei der Strobilurin-Resistenz von *Septoria tritici* auch mit einem molekulargenetischen Ansatz.



Routenwahl für die Stichprobengewinnung 2006 in den Bundesländern Schleswig-Holstein, Niedersachsen, Brandenburg, Sachsen-Anhalt, Hessen, Thüringen, Sachsen, Rheinland-Pfalz, Baden-Württemberg und Bayern

DIE AKTUELLE FUNGIZID-SENSITIVITÄTSSITUATION

Grundlagen

Bei der Anpassung von Getreidepathogenen an fungizide Wirkstoffe müssen vom Prinzip her zwei Varianten unterschieden werden:

1. Qualitative (= monogene) Anpassung:

Bei der sog. disruptiven oder qualitativen Anpassungsform (single-step resistance) (s. Abb.) führt bereits eine einzige genetische Veränderung im Pilz zur Resistenz bzw. Anpassungsreaktion. Sie wird beispielsweise gegenüber den Strobilurin-Wirkstoffen (Qols) ausgebildet. Allerdings muss man hier wiederum zwischen drei Mutationen mit den Bezeichnungen G143A, F129L und G137R unterscheiden:

Die Mutation **G143A** tritt bisher bei Weizenmehltau, Gerstenmehltau, Triticalemehltau, *Septoria tritici* und DTR auf. Sie verursacht eine derart geringe Empfindlichkeit, dass das Strobilurin bei dem betroffenen Erregerstamm in der empfohlenen Aufwandmenge nicht mehr oder nur noch stark eingeschränkt wirkt. Es gibt also, etwas vereinfachend dargestellt, nur strobilurin-empfindliche und strobilurin-**un**empfindliche Pilzstämme. Und letztere können sich bei starkem Selektionsdruck explosionsartig vermehren. Hat ein großer Teil (= hoher %-Satz) der Erregerpopulation diese Eigenschaft erworben, so ist nur noch mit einem sehr eingeschränkten bis unzureichenden Bekämpfungserfolg zu rechnen. Für eine praxisrelevante Beurteilung der Situation vor Ort ist also der Anteil an Isolaten mit der entsprechenden Resistenz G143A in der regionalen Pathogenpopulation ausschlaggebend. Er bestimmt den tatsächlich noch vorhandenen Bekämpfungserfolg des Wirkstoffs. Nachfolgend ist ein entsprechender Beurteilungsschlüssel abgeleitet, der es erlaubt, die gewonnenen Daten relativ einfach in die Praxis zu übersetzen:

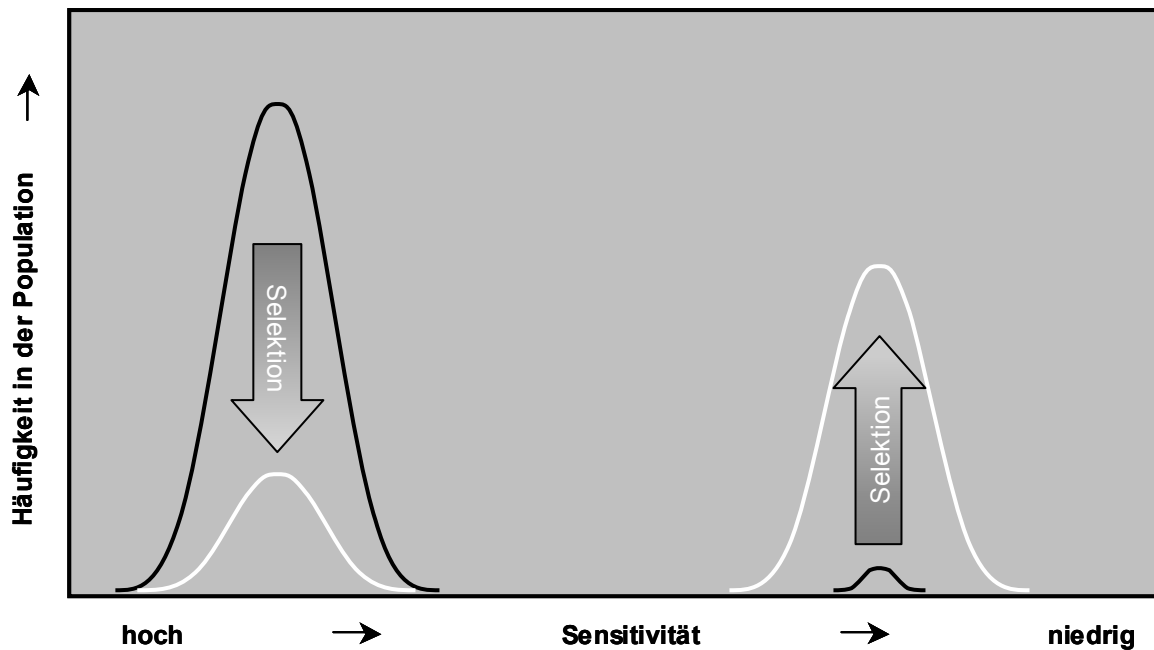
So ist bei einer Häufigkeit an G143A-Isolaten in der regionalen Ausgangspopulation vor der (Strobilurin)Behandlung von

- 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 meist nur noch geringer, oftmals unzureichender bis kaum mehr feststellbarer Krankheitsschutz zu erwarten.**

Die zwei weiteren bekannten Mutationen **F129L** und **G137R**, die bisher vereinzelt bei DTR oder bei der Netzfleckenkrankheit an Gerste in Deutschland diagnostiziert wurden, führen hingegen nur zu einer partiellen (= teilweisen) Resistenzausprägung bzw. Wirkungseinbuße, die sich in der Praxis im Bestand optisch (!) wahrscheinlich eher wie eine quantitative Anpassung äußert. Nach gegenwärtigem Erkenntnisstand hat sie für die Praxis also weit weniger gravierende Folgen. Des weiteren gilt zu berücksichtigen, dass sich die einzelnen Strobilurin-Wirkstoffe bei Vorliegen einer entsprechenden Mutation stärker in ihrer noch verbleibenden Wirksamkeit differenzieren, so dass der Wirkungsverlust je nach Derivat mehr oder weniger stark ausfallen kann. Dies erschwert natürlich zusätzlich eine praxisrelevante Beurteilung der beiden Resistenzmutationen.

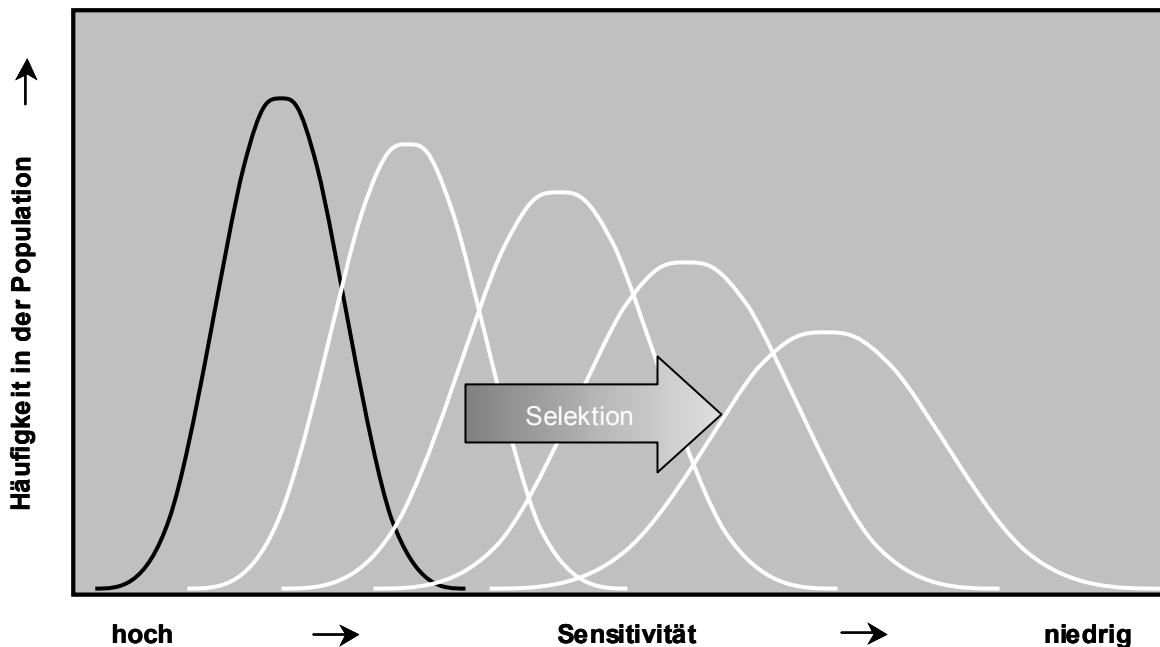
Disruptive Selektion

(single step resistance) Qualitative Resistenz (z.B. bei Srobilurinen)



Kontinuierliche Selektion ('shifting')

(oligo / multi step resistance) Quantitative Resistenz (z.B. bei Azolen)



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

2. Quantitative (= multigene) Anpassung:

Vom Prinzip her ganz anders als die qualitative Resistenzbildung (s.o.) verläuft die sog. kontinuierliche oder quantitative Sensitivitätsanpassung (oligo-/multi-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: Azole und Morpholine bzw. morpholinähnliche Wirkstoffe wie Piperidine und Spiroketalamine). Die Erreger können sich dabei nur über die Anhäufung mehrerer genetischer Veränderungen ausschließlich schrittweise und im Allgemeinen nur recht träge anpassen, wie in der unteren Hälfte der Abbildung dargestellt. Und das bedeutet: Je höher die Resistenz, umso mehr müssen hierfür zuständige Gene innerhalb des einzelnen Erregerindividuums akkumuliert werden. Konsequenz: Je höher der Resistenzgrad, desto schwieriger wird es für das Pathogen, diesen zu erreichen. Erste Anpassungsreaktionen bleiben oftmals unbemerkt, da sich diese im Feldbestand aufgrund der geringen Resistenzfaktoren/-grade 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. Mit zunehmendem Resistenzgrad werden dann in erster Linie die Wirkstoffreserven der Präparate angegriffen, was im Feld in der Regel 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.

Biologische Prozesse, genauer die Neukombination der Gene aufgrund der sexuellen Vermehrung des Erregers (z.B. Ascosporenbildung) führen nun dazu, dass sich nach Jahren der schrittweisen, teilweise schleichenden Anpassung (Shift) ein bestimmtes Anpassungsniveau einpendelt - die Resistenzbildung also nicht stetig und bis zur totalen Wirkungslosigkeit weiter fortschreitet. Wie in der Abbildung schematisiert dargestellt, bildet sich eine Art Seitwärtstrendkanal aus, innerhalb dessen sich die Wirkstoffempfindlichkeit des Erregers je nach vorherrschendem Selektionsdruck in einem Auf und Ab bewegt. Ursache ist, dass sich bei einem multigenen Steuerungsmodus der Resistenz die besonders resistenten „Supertypen“ (mit der idealen Resistenzgenkombination) in der Population nur schwer halten können, da bei der Ascosporenbildung und damit bei der Neuverteilung der Gene biologisch bedingt immer wieder eher „Durchschnittstypen“ entstehen, die ideale Genkombination also immer wieder aufgebrochen bzw. zerstört wird.

Das Ganze wird nun zusätzlich dadurch relativ komplex, als die unter quantitativer Anpassung schließlich erreichten Resistenzfaktoren bzw. -niveaus gegenüber den einzelnen Wirkstoffen ganz unterschiedlich hoch ausfallen können. Zu jedem Wirkstoff pendelt sich also über die Jahre ein ganz spezifisches Anpassungsniveau ein (s. Abb.). Diese können dann zu teilweise recht unterschiedlichen verbleibenden Bekämpfungseffektivitäten bei den verschiedenen Wirkstoffen führen.

Zu berücksichtigen gilt 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 Geschwin-

digkeit 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. Natürlich haben auch die gewählte Aufwandmenge (Wirkstoffreserven), die Spritztechnik sowie die verwendeten Wassermengen (Verteilung) einen Einfluss auf den Erfolg der Anwendung.

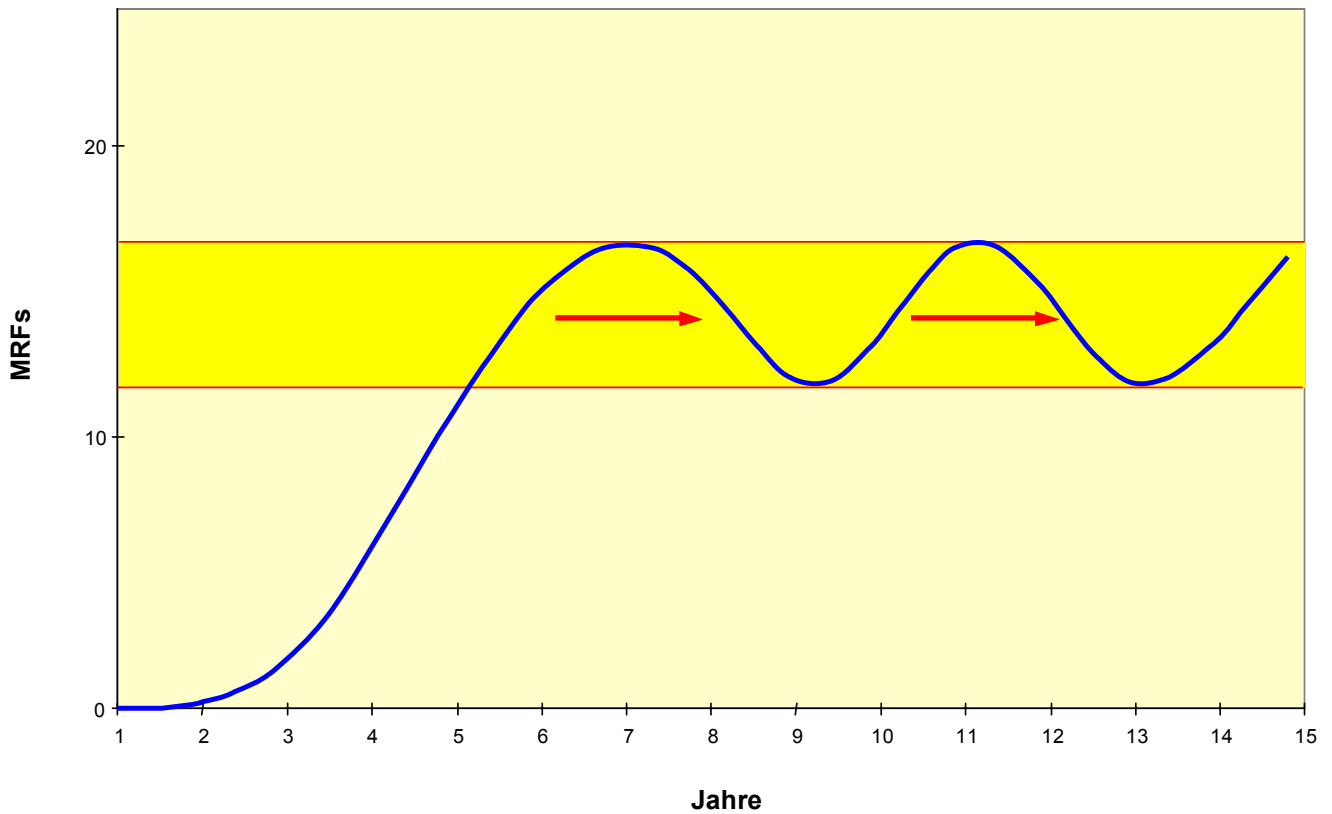
Insgesamt lässt sich die quantitative Sensitivitätsanpassung schwieriger beschreiben als die qualitative, und die gewonnenen Daten sind relativ schwierig in die Praxis zu übertragen. **Zentrale Maßzahl ist hier oftmals die Relation des aktuellen Sensitivitätsniveaus der untersuchten Population zum ursprünglich empfindlichen Niveau (falls bekannt oder noch ermittelbar), woraus sich der mittlere Resistenzfaktor MRF der Erregerpopulation ableitet.**

Aktuelle Wirkstoff-Empfindlichkeit der untersuchten Population

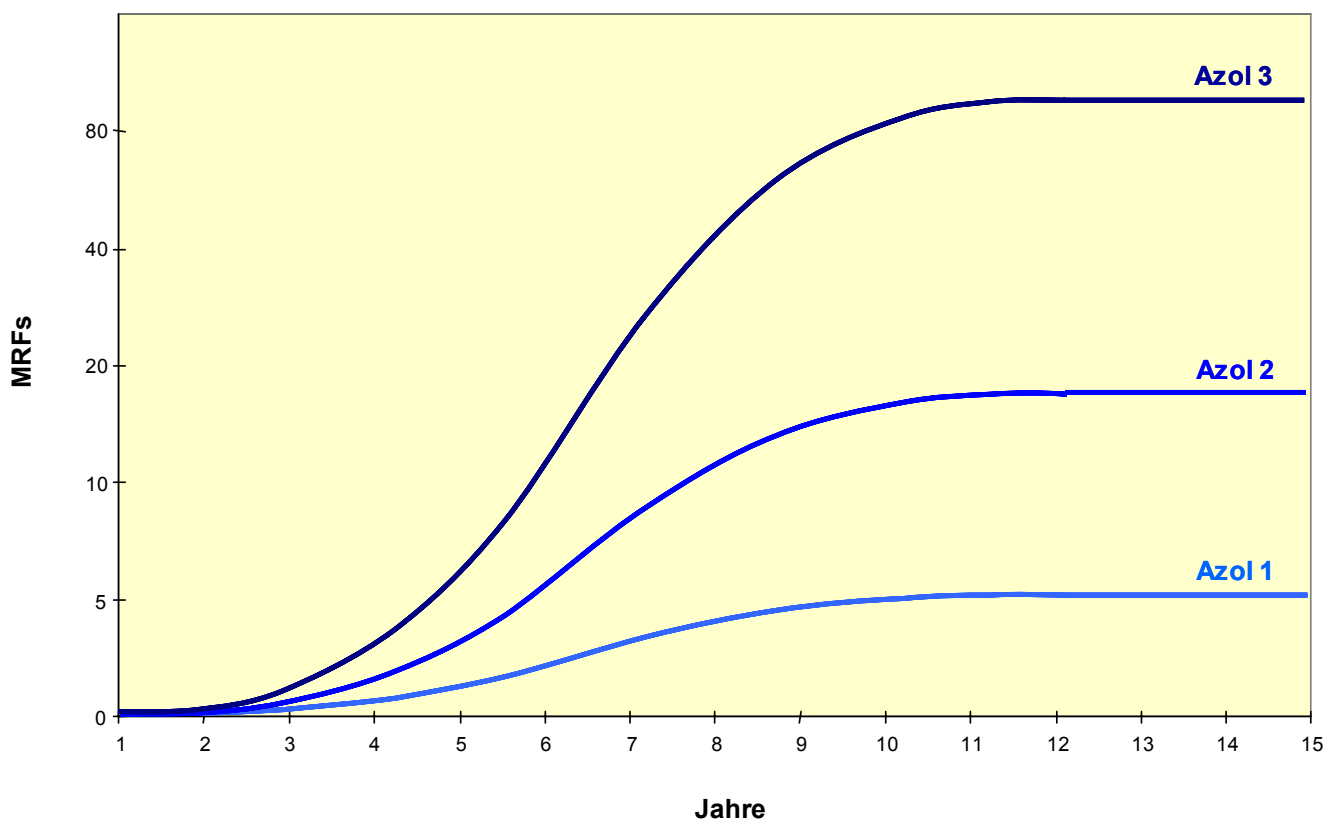
$$\text{MRF} = \frac{\text{Aktuelle Wirkstoff-Empfindlichkeit der untersuchten Population}}{\text{Unselektiertes Ausgangsniveau}}$$

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.

Quantitative Resistenzbildung: Stabilisierung der Anpassungsreaktion in einem ‚Seitwärtstrendkanal‘ (z.B. bei Azolen und Morpholinen)



Quantitative Anpassung: Stabilisierung der Anpassungsreaktion gegenüber verschiedenen Wirkstoffen einer Wirkstoffgruppe (z.B. Azole) auf unterschiedlichen Resistenzniveaus



Wichtig: Um das Verständnis und die Umsetzbarkeit der hier vorgestellten Ergebnisse weiter zu erleichtern, wird neben der Beschreibung der Sensitivitätssituation zusätzlich das Ausmaß der Anpassung bzw. der Resistenzbildung innerhalb einer Beurteilungsskala 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, kann jedoch nur unter Ausschluss jeglicher Gewährleistung vorgenommen werden.

Der Bewertungsschlüssel ist wie folgt unterteilt:

- 0: keine messbaren Anzeichen einer Resistenzbildung**
- 3: trotz einer messbaren Anpassungsreaktion ist ein durch die Resistenz noch relativ wenig eingeschränkter 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 durch die Resistenzbildung, 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‘ aufgrund maximal fortgeschrittener Anpassung**

Ergebnisse

Sensitivitätsanalysen wurden zu folgenden Erregern vorgenommen:

1. Weizenmehltau
2. Triticalemehltau
3. Gerstenmehltau
4. Weizenbraunrost
5. *Septoria tritici*
6. DTR, früher HTR
7. Netzfleckenkrankheit an Gerste

1. Wirkstoffempfindlichkeit des Weizenmehltaus

In den Untersuchungen der vergangenen Jahre zeigte der Weizenmehltau sowohl gegenüber den Azol-Wirkstoffen als auch gegenüber den Morpholin-(ähnlichen) Substanzen eine deutliche Stabilisierung in der Empfindlichkeit auf dem erreichten Anpassungsniveau (s.a. Grundlagen!). In den Erhebungen 2006 lag deshalb der Schwerpunkt der Analysen auf den Wirkstoffgruppen Strobilurine bzw. Qols, Chinoline (Quinoxifen), Anilinopyrimidine (Cyprodinil), Benzophenone (Metrafenone) sowie Amidoxime (Cyflufenamid).

A) Azole (DMIs: Demethylierungs-Inhibitoren)

Bereits seit Ende der 70er Jahre sind Azole im Getreideanbau in der Anwendung. Deren weiträumiger und intensiver Einsatz führte bereits in den 80er Jahren zu einer quantitativen Sensitivitätsanpassung (s.o. Grundlagen!) des Weizenmehltaus und zu teilweise merklich eingeschränkten Bekämpfungserfolgen. Als später am deutschen Fungizidmarkt weitere DMI-Derivate wie Tebuconazole, Cyproconazol, Epoxiconazole oder zuletzt Prothioconazole eingeführt wurden, lag aufgrund der positiven Kreuzresistenz des Pathogens gegenüber allen DMI-Wirkstoffen bereits zu deren Markteinführung eine verminderte Azol-Empfindlichkeit vor, so dass diese Wirkstoffe mit einer gewissen Hypothek an den Start gehen mussten.

Seit Mitte der 90er Jahre lassen die Untersuchungen am Weizenmehltau in Deutschland gegenüber den verschiedenen Azolen nur noch eine relativ geringe Sensitivitätsdynamik erkennen. Zudem lösten sich regionale Unterschiede aufgrund des fortgesetzten Einsatzes der DMIs sowie der Windverbreitung des Pathogens weitestgehend auf. Die Sensitivitätssituation ist seither gegenüber den Azol-Wirkstoffen recht stabil, wobei sich zu jedem Azol-Wirkstoff ein jeweils ganz spezifisches Resistenzniveau einstellte (s.o. Grundlagen!). Die dabei erreichten Resistenzfaktoren sind also gegenüber den einzelnen Wirkstoffen teilweise recht unterschiedlich, und können deshalb auch zu teilweise recht unterschiedlichen verbleibenden Bekämpfungserfolgen führen. So besitzt beispielsweise das vormals hervorragend wirkende 'Triadimenol' eine nur noch vergleichsweise unzufriedenstellende Bekämpfungswirkung (weshalb es auch seine Marktbedeutung eingebüßt hat), während Tebuconazole aus dem gleichen Haus eine noch recht ordentliche Mehltauwirkung aufweist, da sich hier die Anpassung auf einem geringeren Niveau "einpendelte".

Aufgrund der nachhaltigen Stabilisierung der Azol-Sensitivitätssituation wurde in den zurückliegenden Jahren die Anzahl der untersuchten Azole je Untersuchungsjahr zu Gunsten anderer Analysearbeiten auf ein „Zeiger“-Triazol reduziert. Die MRFs gegenüber den einzelnen Azol-Derivaten liegen nach unserer Einschätzung gegenwärtig vielerorts wie folgt: Triadimenol (30-70), Propiconazol (15-35), Tebuconazole (10-25), Cyproconazol (10-15), Epoxiconazole (15-40), Prothioconazole (3-7).

Praxisrelevante Einschätzung der Sensitivitätssituation beim Weizenmehltau für 2007

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	
Azole:			
Triadimenol	Bayfidan	6/7	
Propiconazol	Desmel	5	
Tebuconazole	Folicur	4	
Cyproconazol	Alto 100	3/4	
Epoconazol	Opus, (Opus top)*	4/5	
Prothioconazole	Input	2/3	
Morpholine / Piperidine / Spiroketalamine:			
Fenpropimorph	Corbel	2 - 3/4	
Fenpropidin	Zenit M	2 - 3	
Spiroxamine	Impulse	2 - 3	
Strobilurine (Qols):			
Kresoxim-methyl	(Juwel top)*	2 - 10	regionale Unterschiede
Azoxystrobin	Amistar	2 - 10	regionale Unterschiede
Trifloxystrobin	Twist	2 - 10	regionale Unterschiede
Fluoxastrobin	(Fandango)*	2 - 10	regionale Unterschiede
Picoxystrobin	Acanto	2 - 10	regionale Unterschiede
Pyraclostrobin	(Diamant)*	2 - 10	regionale Unterschiede
Chinoline:			
Quinoxifen	(Juwel forte)*	1 - 3	
Anilinopyrimidine:			
Cyprodinil	Unix	0 - 3	
Benzophenone:			
Metrafenone	Flexity	0	
Amidoxime:			
Cyflufenamid	Vegas	0	

*nur in Kombination mit anderen Wirkstoffen auf dem Markt

B) Morpholine, Piperidine, Spiroketalamine

Fenpropimorph:

Bei Fenpropimorph, das seit Anfang der 80er Jahre am Markt ist, liegt inzwischen überall in Deutschland eine messbare quantitative Sensitivitätsanpassung (s.o. Grundlagen) vor. Da der Wirkstoff aber an verschiedenen Orten der Sterol-Biosynthese des Pilzes angreift und damit eine Reihe von genetischen Veränderungen für eine erfolgreiche Resistenzbildung erforderlich sind, vollzog sich die Anpassung relativ langsam, und seit etwa Mitte der 90er Jahre sind kaum mehr Veränderungen zu beobachten. Der bisher beobachtete „Shift“ führte überall im Untersuchungsraum zu MRFs bis max. etwa 10. Die Analysen über viele Jahre zeigen deutlich, dass bei einem MRF von etwa 10 eine ausgeprägte biologische Barriere gegen eine weitere Fenpropimorph-Resistenzbildung besteht. Das Anpassungspotential ist insgesamt als moderat einzustufen; die aktuelle Situation mit MRFs zwischen 5 und 10 ist also noch nicht sehr risikoreich - eine Ausbringung der empfohlenen Aufwandmenge einmal vorausgesetzt. Die Einschätzung bezieht sich nicht (!) auf die teilweise praktizierte Ausbringung stark reduzierter Aufwandmengen. 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 weiterhin ausdrücklich abgeraten.

Fenpropidin:

Fenpropidin ist seit 1995 in Deutschland zugelassen. Aufgrund der positiven Kreuzresistenz Fenpropimorph-Fenpropidin lag allerdings bereits zur Markteinführung im Erhebungsbereich ein um einen Faktor von 4 bis 8 vermindertes Sensitivitätsniveau vor. Derartige MRF-Werte fanden sich auch in 2006, so dass sich seither kaum mehr Veränderungen ergaben. Die als relativ moderat einzustufenden MRF-Werte sollten sich im Feldbestand noch nicht gravierend auswirken. So kann in der Saison 2007 im allgemeinen 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. Ihr Anteil an der Gesamtpopulation ist gegenwärtig in den meisten Regionen aber nach wie vor relativ gering.

Spiroxamine:

Spiroxamine wurde 1997 auf dem deutschen Fungizidmarkt eingeführt. Es gehört als Spiroketalamin zur SBI-Wirkstoffgruppe. Aufgrund der 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 2007 ausgegangen werden.

C) Strobilurine (Qols)

Die Wirkstoffklasse der Strobilurine (Qols) wurde 1996 erstmals auf dem deutschen Fungizidmarkt eingeführt und fand rasch eine sehr 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 und das Sensitivitätsniveau war damit vor der Praxisanwendung noch vollkommen ursprünglich empfindlich. 1998 trat dann erstmals in einigen Gebieten Norddeutschlands ein überraschend hoher Anteil von > 50 % an Isolaten mit qualitativer (= monogen induzierter) Resistenz mit zugleich hohen Resistenzfaktoren, hervorgerufen durch die Mutation G143A, auf (s.o., Grundlagen!). Aufgrund dieser Art der Resistenzbildung handelte es sich für die Praxis um ein äußerst ernstes Problem, zumal der Anpassungsprozess sich ausgesprochen dynamisch innerhalb einer Saison vollziehen konnte und der Erreger mit positiver Kreuzresistenz gegenüber allen am Markt befindlichen Strobilurin-Derivaten reagierte.

Die Ergebnisse zur aktuellen Strobilurin-Resistenzsituation des Weizenmehltaus sind in der nachfolgenden Tabelle dargestellt. Der prozentuale Anteil an resistentem Mehltau in der Stichprobe liefert dabei direkt eine Aussage zur regionalen Wirksamkeit der Strobilurine (s. Grundlagen!). Allerdings gilt zu berücksichtigen, dass der Stichprobenumfang (Anzahl an untersuchten Isolaten je Region) in den letzten Jahren mehr und mehr zurückgefahren wurde (von n = 50 auf n = 10), was die mögliche Streuung der Einzelwerte natürlich erhöht.

Insgesamt lässt sich festhalten, dass derzeit bundesweit von Strobilurin-Wirkstoffen vielerorts nur eine äußerst eingeschränkte Schutzwirkung gegen den Weizenmehltau zu erwarten ist. Andererseits ist interessant, dass sich die %-Werte in den letzten beiden Jahren zumeist nicht weiter erhöhten, sondern regional sogar eine wieder eher rückläufige Tendenz aufweisen, so dass nicht überall absolute Wirkungslosigkeit zu konstatieren ist. Bereits letztes Jahr zeigte sich der Weizenmehltau in einigen Regionen gegenüber Strobilurin-Derivaten wieder eher sensitiver, so dass bei 10 untersuchten Isolaten je Region zuweilen auch mal kein Isolat mehr resistent gegen Strobilurine war, oder der Anteil bei nur 10/20 % lag. Diese Entwicklung setzte sich auch in 2006 fort. Auffällig ist nun, dass diese Beobachtungen praktisch ausschließlich Regionen betreffen, die neben dem Weizen auch einen respektablem Triticale-Anbau aufweisen. Nach unseren Untersuchungen kann zum einen der Weizenmehltau zwar nur relativ selten Triticale befallen (>>> keine gute Brücke Weizen --> Triticale), jedoch zum anderen Triticale-Mehltau immer auch den Weizen infizieren (>>> gute Infektionsbrücke Triticale --> Weizen). Triticale-Mehltau kann also die Weizenmehltaupopulation in ihrer Zusammensetzung und Dynamik erheblich beeinflussen (umgekehrt aber - noch - weit weniger!). Da der Triticale-Mehltau aber noch in vielen Regionen weitestgehend strobilurin-sensitiv ist (s.u.), nährt nun anscheinend der sensitive Triticale-Mehltau - der wahrscheinlich aus sensitiven Weizenmehltaumutanten hervorgegangen ist - die Weizenmehltaupopulation und drückt regional deren Strobilurin-Resistenzhäufigkeit. Ursprüngliche Strobilurin-Empfindlichkeit „swingt“ so derzeit regelrecht zurück in den Weizen. In den entsprechenden Regionen setzt sich der Weizenmehltau also zusammen aus Weizenmehltau, der nur Weizen befallen kann und Mehltau, der *Triticale* plus Weizen befallen kann, wobei die Höhe der jeweiligen Anteile uns bisher nicht bekannt ist.

Strobilurin/QoI-Resistenz des Weizenmehltaus in Stichproben aus verschiedenen Regionen der Bundesländer SH, NI, BB, ST, HE, TH, SN, RP, BW und BY, 2006

Region	Datum	n	res. Isolate	% res.Isolate
Schleswig-Holstein:				
Flensburg-Kappeln-Eckernförde	08.07.	10	6	60
Rendsburg-Eckernförde-Kiel	08.07.	10	8	80
Kiel-Oldenburg i.OH	30.06.	10	10	100
Oldenburg/Neustadt-Hamburg	30.06.	10	8	80
Niedersachsen:				
Oldenburg-Bremen-Osnabrück	30.06.	10	5	50
Bremen-Hamburg	30.06.	10	3	30
Hamburg-Hannover	07.07.	10	1	10
Hannover-Kassel	29.06.	10	10	100
Brandenburg:				
Wittstock-Oranienburg-Potsdam	29.06.	10	4	40
Sachsen-Anhalt:				
Haldensleben-Halberstadt	29.06.	10	5	50
Magdeburg-Halle	22.06.	10	5	50
Eisleben-Altenburg	22.06.	10	4	40
Hessen:				
Hofgeismar-Homberg/Efze	29.06.	10	3	30
Marburg-Giessen-Frankfurt	09.06.	10	7	70
Limburg-Weinheim	09.06.	10	1	10
Thüringen:				
Nordhausen-Erfurt	22.06.	10	9	90
Erfurt-Gera-Altenburg	22.06.	10	8	80
Sachsen:				
Leipzig-Dresden	22.06.	10	9	90
Dresden-Görlitz	21.06.	10	10	100
Chemnitz-Hof	21.06.	10	4	40
Rheinland-Pfalz:				
Rheinbach-Koblenz	27.06.	10	8	80
Kaiserslautern-Trier-Mayen	27.06.	10	0	0
Speyer-Bingen-Kaiserslautern	27.06.	10	9	90
Baden-Württemberg:				
Sinsheim-Crailsheim	27.06.	10	6	60
Karlsruhe-Ulm	27.06.	10	4	40
Bayern:				
Schweinfurt-Rothenburg	03.07.	10	4	40
Hof-Nürnberg	03.07.	10	0	0
Hof-Regensburg	21.06.	10	0	0
Nürnberg-Freising	03.07.	10	7	70
Ulm-Freising	27.06.	10	3	30
Niederbayern	03.07.	10	3	30

D) Chinoline

Quinoxifen:

Das Chinolin-Derivat Quinoxifen stand 1997 erstmalig für die Mehltaubekämpfung im Getreidebau zur Verfügung. 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. In 2004 wurden dann in allen am Ring-Projekt beteiligten Bundesländern resistente Isolate nachgewiesen, so dass anzunehmen ist, dass auch in Regionen ohne Resistenzbefund angepasste Weizenmehltauisolate in latenter Form, d.h. unterhalb unserer Nachweisgrenze, vorliegen.

Die angepassten Mehltäustämme zeigen gegenüber der ursprünglichen Empfindlichkeit oftmals relativ hohe Resistenzfaktoren von 100/200, so dass die Resistenzbildung des Weizenmehltaus gegenüber Quinoxifen eher einer disruptiven Anpassungsform (s. Grundlagen!) gleichzusetzen ist. Dies bedeutet wiederum, dass - ähnlich wie bei den Strobilurinen und der G143A-Mutation - der Anteil an angepassten Isolaten in der regionalen Pathogenpopulation über die noch vorhandene Wirksamkeit von Quinoxifen im Feldbestand entscheidet.

Die Ergebnisse in 2006 zeigen keine negativen Veränderungen gegenüber dem Vorjahr mehr auf. Im Gegenteil, in den Regionen in Norddeutschland, wo vor wenigen Jahren noch Häufigkeiten angepasster Isolate von 20 % und darüber gefunden wurden, hat sich aufgrund des nachlassenden Selektionsdruckes (weniger Wirkstoffeinsatz) die Situation nicht nur stabilisiert, sondern die Anteile resistenter Stämme sind nachweislich zurückgegangen. Bundesweit liegt ihr Anteil aktuell auf einem weiterhin bzw. wieder relativ niedrigen Niveau zwischen 0 % und 5 % in Mittel- und Süddeutschland sowie 5 % bis etwa 15 % im Norden. Für die meisten Regionen in Deutschland erwarten wir deshalb einen guten Bekämpfungserfolg durch Quinoxifen.

Quinoxifen-Resistenz des Weizenmehltaus in Stichproben aus verschiedenen Regionen der Bundesländer SH, NI, BB, ST, HE, TH, SN, RP, BW und BY, 2006

Region	Datum	n	res. Isolate	% res.Isolate
Schleswig-Holstein:				
Flensburg-Kappeln-Eckernförde	08.07.	40	1	3
Rendsburg-Eckernförde-Kiel	08.07.	28	2	7
Kiel-Oldenburg i.OH	30.06.	28	3	11
Oldenburg/Neustadt-Hamburg	30.06.	40	6	15
Niedersachsen:				
Oldenburg-Bremen-Osnabrück	30.06.	40	5	13
Bremen-Hamburg	30.06.	35	2	6
Hamburg-Hannover	07.07.	25	1	4
Hannover-Kassel	29.06.	40	1	3
Brandenburg:				
Wittstock-Oranienburg-Potsdam	29.06.	40	1	3
Sachsen-Anhalt:				
Haldensleben-Halberstadt	29.06.	40	1	3
Magdeburg-Halle	22.06.	40	0	0
Eisleben-Altenburg	22.06.	36	1	3
Hessen:				
Hofgeismar-Homberg/Efze	29.06.	40	0	0
Marburg-Giessen-Frankfurt	09.06.	40	0	0
Limburg-Weinheim	09.06.	40	1	3
Thüringen:				
Nordhausen-Erfurt	22.06.	40	0	0
Erfurt-Gera-Altenburg	22.06.	40	0	0
Sachsen:				
Leipzig-Dresden	22.06.	40	1	3
Dresden-Görlitz	21.06.	40	0	0
Chemnitz-Hof	21.06.	40	0	0
Rheinland-Pfalz:				
Rheinbach-Koblenz	27.06.	19	1	5
Kaiserslautern-Trier-Mayen	27.06.	40	0	0
Speyer-Bingen-Kaiserslautern	27.06.	40	1	3
Baden-Württemberg:				
Sinsheim-Crailsheim	27.06.	35	4	11
Karlsruhe-Ulm	27.06.	13	0	0
Bayern:				
Schweinfurt-Rothenburg	03.07.	40	1	3
Hof-Nürnberg	03.07.	40	0	0
Hof-Regensburg	21.06.	40	0	0
Nürnberg-Freising	03.07.	40	3	8
Ulm-Freising	27.06.	20	0	0
Niederbayern	03.07.	40	0	0

E) Anilinopyrimidine

Cyprodinil:

Cyprodinil wurde 1998 in Deutschland in die Praxis eingeführt, war jedoch zuvor schon seit einigen Jahren in Frankreich zugelassen. Seine Wirkungsschwerpunkte sind in erster Linie weniger der Mehltau als vielmehr Halmbruch oder Netzflecken. Dennoch stellt der Wirkstoff eine nützliche Verbreiterung des Fungizidspektrums auch für die Mehлтаubekämpfung dar und kann im Rahmen eines Anti-Resistenzmanagements einen konstruktiven Beitrag leisten.

Soweit bekannt, liegt der Sensitivitätsanpassung bei diesem Wirkstoff ein monogener Steuerungsmodus (= qualitative Anpassung) zugrunde, wobei durch die jeweilige genetische Veränderung nicht unbedingt hohe Resistenzfaktoren erreicht werden - zu vergleichen in etwa mit den verschiedenen Anpassungsmutationen gegenüber Strobilurinen (s.o., Grundlagen). Bei Cyprodinil gilt außerdem zu beachten, dass innerhalb der natürlichen, ursprünglich vorkommenden Sensitivitätsstreuung der Ausgangspopulation anscheinend 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 noch keine merklichen negativen Auswirkungen in der Praxis. Allerdings muss aufmerksam verfolgt werden, inwieweit sich dieser Anteil an Isolaten durch den Einsatz entsprechender Präparate und den damit verbundenen Selektionsdruck erhöht.

Die Untersuchungen in 2006 (s.u.) weisen wie bereits die der Vorjahre darauf hin, dass sich im Erhebungsraum seit der Markteinführung eine gewisse Anreicherung von Isolaten mit verminderter Cyprodinil-Empfindlichkeit (RF von ca. 10) vollzieht. So schwankt der Anteil entsprechender Isolate in den Stichproben bei einem Stichprobenumfang von $n = 10$ zwischen 0 % und 40 %. 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. Jedoch erwarten wir bei einer stärkeren Anreicherung ($> 50\%$) nach den bisher vorliegenden Erfahrungen durchaus eine gewisse Effizienzmindering.

Cyprodinil-Anpassung des **Weizenmehltaus** in Stichproben aus verschiedenen Regionen der Bundesländer SH, NI, BB, ST, HE, TH, SN, RP, BW und BY, 2006: aufgelistet ist der prozentuale Anteil an Isolaten innerhalb der Stichprobe mit reduzierter Cyprodinil-Empfindlichkeit

Region	Datum	n	Isolate mit red. Sensitivität	% Isolate mit red. Sensitivität
Schleswig-Holstein:				
Flensburg-Kappeln-Eckernförde	08.07.	10	1	10
Rendsburg-Eckernförde-Kiel	08.07.	10	3	30
Kiel-Oldenburg i.OH	30.06.	10	2	20
Oldenburg/Neustadt-Hamburg	30.06.	10	0	0
Niedersachsen:				
Oldenburg-Bremen-Osnabrück	30.06.	10	0	0
Bremen-Hamburg	30.06.	10	0	0
Hamburg-Hannover	07.07.	10	0	0
Hannover-Kassel	29.06.	10	1	10
Brandenburg:				
Wittstock-Oranienburg-Potsdam	29.06.	10	0	0
Sachsen-Anhalt:				
Haldensleben-Halberstadt	29.06.	10	1	10
Magdeburg-Halle	22.06.	10	0	0
Eisleben-Altenburg	22.06.	10	0	0
Hessen:				
Hofgeismar-Homberg/Efze	29.06.	10	1	10
Marburg-Giessen-Frankfurt	09.06.	10	1	10
Limburg-Weinheim	09.06.	10	1	10
Thüringen:				
Nordhausen-Erfurt	22.06.	10	1	10
Erfurt-Gera-Altenburg	22.06.	10	0	0
Sachsen:				
Leipzig-Dresden	22.06.	10	1	10
Dresden-Görlitz	21.06.	10	0	0
Chemnitz-Hof	21.06.	10	0	0
Rheinland-Pfalz:				
Rheinbach-Koblenz	27.06.	10	4	40
Kaiserslautern-Trier-Mayen	27.06.	10	1	10
Speyer-Bingen-Kaiserslautern	27.06.	10	3	10
Baden-Württemberg:				
Sinsheim-Crailsheim	27.06.	10	2	20
Karlsruhe-Ulm	27.06.	10	1	10
Bayern:				
Schweinfurt-Rothenburg	03.07.	10	2	20
Hof-Nürnberg	03.07.	10	0	0
Hof-Regensburg	21.06.	10	0	0
Nürnberg-Freising	03.07.	10	4	40
Ulm-Freising	27.06.	10	0	0
Niederbayern	03.07.	10	0	0

F) Benzophenone

Metrafenone:

Metrafenone erschien 2005 in Deutschland erstmalig auf dem Fungizidmarkt. Es gehört zu einer neuen Wirkstoffklasse, und es liegen deshalb keinerlei Kreuzresistenzen zu den anderen bereits am Markt befindlichen Wirkstofffamilien vor. Über die Art und Weise einer etwaigen Resistenzbildung ist bisher nichts bekannt, so dass die Sensitivitätsanalysen beide möglichen Formen einer etwaigen Anpassung (s. Grundlagen) berücksichtigen müssen. Da der Wirkstoff einerseits neu ist, andererseits bereits regional einen intensiveren Einsatz erfuhr, wurde ein etwas höherer Stichprobenumfang von $n = 20$ Isolaten untersucht. Die Ergebnisse ergeben für den Untersuchungsraum noch keine Anhaltspunkte für eine Resistenzbildung, so dass weiterhin von einem uneingeschränkten Bekämpfungserfolg mit Metrafenone ausgegangen werden kann.

G) Amidoxime

Cyflufenamid

Das 2006 auf dem deutschen Fungizidmarkt eingeführte Cyflufenamid ist ein weiterer Getreidemehltau-Wirkstoff mit einem neuartigen Wirkungsmechanismus. Es liegt damit keinerlei Kreuzresistenz zu den am Markt befindlichen Wirkstoffen mit bereits vorhandener quantitativer oder qualitativer Anpassung vor. Nach Herstellerangaben greift Cyflufenamid an mehreren Wirkorten am Pilz ein, wobei es sich im Getreide um ein reines Mehлтаuprodukt handelt. Beim Weizenmehltau hat sich damit das Spektrum an verfügbaren Wirkstoffen mit unterschiedlichen Angriffsorten am Pilz weiter positiv aufgefächert.

Aufgrund des neuartigen Wirkmechanismus und des erst relativ geringen Einsatzes von Cyflufenamid in der Praxis ist es nicht verwunderlich, dass in 2006 noch keinerlei Resistenzanzeichen ausfindig gemacht werden konnten. Die Analysen berücksichtigen dabei sowohl eine etwaig stattfindende quantitative wie auch qualitative Anpassungsreaktion.

Metrafenone-Resistenz des Weizenmehltaus in Stichproben aus verschiedenen Regionen der Bundesländer SH, NI, BB, ST, HE, TH, SN, RP, BW und BY, 2006

Region	Datum	n	res. Isolate	% res.Isolate
Schleswig-Holstein:				
Flensburg-Kappeln-Eckernförde	08.07.	20	0	0
Rendsburg-Eckernförde-Kiel	08.07.	20	0	0
Kiel-Oldenburg i.OH	30.06.	20	0	0
Oldenburg/Neustadt-Hamburg	30.06.	20	0	0
Niedersachsen:				
Oldenburg-Bremen-Osnabrück	30.06.	20	0	0
Bremen-Hamburg	30.06.	20	0	0
Hamburg-Hannover	07.07.	20	0	0
Hannover-Kassel	29.06.	20	0	0
Brandenburg:				
Wittstock-Oranienburg-Potsdam	29.06.	20	0	0
Sachsen-Anhalt:				
Haldensleben-Halberstadt	29.06.	20	0	0
Magdeburg-Halle	22.06.	20	0	0
Eisleben-Altenburg	22.06.	20	0	0
Hessen:				
Hofgeismar-Homberg/Efze	29.06.	20	0	0
Marburg-Giessen-Frankfurt	09.06.	20	0	0
Limburg-Weinheim	09.06.	20	0	0
Thüringen:				
Nordhausen-Erfurt	22.06.	20	0	0
Erfurt-Gera-Altenburg	22.06.	20	0	0
Sachsen:				
Leipzig-Dresden	22.06.	20	0	0
Dresden-Görlitz	21.06.	20	0	0
Chemnitz-Hof	21.06.	20	0	0
Rheinland-Pfalz:				
Rheinbach-Koblenz	27.06.	20	0	0
Kaiserslautern-Trier-Mayen	27.06.	20	0	0
Speyer-Bingen-Kaiserslautern	27.06.	20	0	0
Baden-Württemberg:				
Sinsheim-Crailsheim	27.06.	20	0	0
Karlsruhe-Ulm	27.06.	13	0	0
Bayern:				
Schweinfurt-Rothenburg	03.07.	20	0	0
Hof-Nürnberg	03.07.	20	0	0
Hof-Regensburg	21.06.	20	0	0
Nürnberg-Freising	03.07.	20	0	0
Ulm-Freising	27.06.	20	0	0
Niederbayern	03.07.	20	0	0

Cyflufenamid-Resistenz des Weizenmehltaus in Stichproben aus verschiedenen Regionen der Bundesländer SH, NI, BB, ST, HE, TH, SN, RP, BW und BY, 2006

Region	Datum	n	res. Isolate	% res.Isolate
Schleswig-Holstein:				
Flensburg-Kappeln-Eckernförde	08.07.	10	0	0
Rendsburg-Eckernförde-Kiel	08.07.	10	0	0
Kiel-Oldenburg i.OH	30.06.	10	0	0
Oldenburg/Neustadt-Hamburg	30.06.	10	0	0
Niedersachsen:				
Oldenburg-Bremen-Osnabrück	30.06.	10	0	0
Bremen-Hamburg	30.06.	10	0	0
Hamburg-Hannover	07.07.	10	0	0
Hannover-Kassel	29.06.	10	0	0
Brandenburg:				
Wittstock-Oranienburg-Potsdam	29.06.	10	0	0
Sachsen-Anhalt:				
Haldensleben-Halberstadt	29.06.	10	0	0
Magdeburg-Halle	22.06.	10	0	0
Eisleben-Altenburg	22.06.	10	0	0
Hessen:				
Hofgeismar-Homberg/Efze	29.06.	10	0	0
Marburg-Giessen-Frankfurt	09.06.	10	0	0
Limburg-Weinheim	09.06.	10	0	0
Thüringen:				
Nordhausen-Erfurt	22.06.	10	0	0
Erfurt-Gera-Altenburg	22.06.	10	0	0
Sachsen:				
Leipzig-Dresden	22.06.	10	0	0
Dresden-Görlitz	21.06.	10	0	0
Chemnitz-Hof	21.06.	10	0	0
Rheinland-Pfalz:				
Rheinbach-Koblenz	27.06.	10	0	0
Kaiserslautern-Trier-Mayen	27.06.	10	0	0
Speyer-Bingen-Kaiserslautern	27.06.	10	0	0
Baden-Württemberg:				
Sinsheim-Crailsheim	27.06.	10	0	0
Karlsruhe-Ulm	27.06.	10	0	0
Bayern:				
Schweinfurt-Rothenburg	03.07.	10	0	0
Hof-Nürnberg	03.07.	10	0	0
Hof-Regensburg	21.06.	10	0	0
Nürnberg-Freising	03.07.	10	0	0
Ulm-Freising	27.06.	10	0	0
Niederbayern	03.07.	10	0	0

2. Wirkstoffempfindlichkeit des Mehltaus an *Triticale*

Strobilurine (Qols)

Untersuchungen zur Strobilurin-Empfindlichkeit des Mehltaus an *Triticale* wurden 2005 sowie 2006 vorgenommen. Hintergrund waren Berichte aus Niedersachsen (Weser-Ems) und Brandenburg über ein Nachlassen der Wirksamkeit entsprechender Präparate. Die Stichprobengewinnung gestaltete sich in beiden Erhebungsjahren nicht ganz optimal, da nicht immer zum optimalen Zeitpunkt eine Sporensammlung aus der Luft vorgenommen werden konnte. Trotzdem kann mit der vorliegenden, relativ dünnen Datenbasis ein grobes Bild der Gesamtsituation gezeichnet werden.

Die Untersuchungen aus beiden Jahren zeigen zum einen auf, dass auch der Mehltau an *Triticale* grundsätzlich zu einer Strobilurin-Resistenzbildung fähig ist. Die hierzu genutzte genetische Veränderung ist wiederum die Mutation G143A, die eine sehr starke Resistenzausprägung auslöst (s.o. Grundlagen!). Zum anderen wird deutlich, dass sich, ganz im Gegensatz zum Weizen und zur Gerste, die bisherige Resistenzentwicklung in *Triticale* nur lokal nachweisen lässt, und in vielen Regionen die Häufigkeit an resistentem Mehltau noch unterhalb unserer Nachweismöglichkeit liegt. Bei diesem Pathogen steckt die Strobilurin-Resistenzbildung landesweit betrachtet also noch eher in den Kinderschuhen. Trotzdem kann bereits subregional, d.h. in einzelnen Feldbeständen, auch mal eine höhere Frequenz entsprechend resistenter Isolate auftreten und zum Wirkungseinbruch beim Strobilurin führen, wie eine Feldprobe aus Niedersachsen (Weser-Ems) mit 100 % Resistenzanteil in der Strobilurin-behandelten Variante veranschaulichte.

Gleichzeitig wird aber auch deutlich, dass *Triticale*-Mehltau in gewisser Weise eine neue Mehltauform darstellt. Anders ist es nicht zu erklären, dass in Regionen mit höherer Häufigkeit an Strobilurin-Resistenz im Weizenmehltau sich gleicherorts bei *Triticale* zumeist kein oder nur ein weit geringerer Anteil an resistenten Isolaten nachweisen lässt. Die Resistenzbildung ist bei beiden Pathogenformen also bisher mit ganz unterschiedlicher Dynamik parallel verlaufen. Gleichzeitig wiederum einschränkend (!) ist anzuführen, dass Mehltau an *Triticale* vermutlich vom Weizenmehltau abstammt und mit diesem noch sehr nahe verwandt ist, da, wie bereits oben unter ‚Strobilurinresistenz bei Weizenmehltau‘ angesprochen, nach unseren bisherigen Untersuchungen der Weizenmehltau nur relativ selten *Triticale* befallen kann (>>> keine gute Brücke Weizen --> *Triticale*), jedoch zum anderen *Triticale*-Mehltau immer auch den Weizen zu infizieren vermag (>>> gute Infektionsbrücke *Triticale* --> Weizen). In Regionen mit parallelem Anbau von Weizen und *Triticale* führt dies dann auch dazu, dass umgekehrt sich inzwischen der Weizenmehltau aus „reinem“ Weizenmehltau, der nur Weizen befallen kann und (*Triticale*-)Mehltau, der *Triticale* plus Weizen befallen kann, zusammensetzt. Letzterer kann dann in beiden Kulturformen auf Strobilurin-Resistenz hin selektiert werden, so dass mit einem weiteren Anstieg der Strobilurin-Resistenz beim Mehltau in *Triticale* zu rechnen ist.

Praxisrelevante Einschätzung der Sensitivitätssituation bei Mehltau an *Triticale* für 2007:

Bewertungsschlüssel 0 bis 10 (s. o. Grundlagen)

0: keine Anzeichen einer Resistenzbildung → keine Wirkungseinbußen

10: maximal fortgeschrittener Sensitivitätsverlust → voller Wirkungsverlust

Bewertungszahl für Strobilurine: 0 - 7 regionale Unterschiede!

Strobilurin/QoI-Resistenz des Mehltaus an *Triticale* in Stichproben aus verschiedenen Regionen der Bundesländer SH, NI, BB, HE, TH und BY, 2006

Region	Datum	n	res. Isolate	% res.Isolate
Schleswig-Holstein:				
Flensburg-Hamburg	07.07.	4	0	0
Mecklenburg-Vorpommern:				
Güstrow-Wittstock	29.06.	12	0	0
Niedersachsen:				
Oldenburg-Bremen-Osnabrück	08.07.	8	3	38
Bremen-Hamburg	08.07.	9	0	0
Hannover-Braunschweig-Helmstedt	29.06.	16	0	0
Brandenburg:				
Prenzlau-Berlin	22.06.	13	0	0
Burg-Potsdam	22.06.	29	0	0
Hessen:				
Homberg/Efze-Bad Brückenau	29.06.	11	0	0
Thüringen:				
Gera-Hof	22.06.	10	0	0
Sachsen:				
Dresden-Görlitz	06.07.	5	1	20
Bayern:				
Aschaffenburg-Würzburg	09.06.	28	0	0
Rothenburg-Crailsheim-Nürnberg	09.06.	50	0	0

Strobilurin/QoI-Resistenz des Mehltaus an *Triticale* in Stichproben aus verschiedenen Regionen der am Ringprojekt beteiligten Bundesländer, 2005 - 2006;

Region	2005	2006
Schleswig-Holstein:		
Ostholstein	0	
Flensburg-Hamburg		0
Mecklenburg-Vorpommern:		
Güstrow-Wittstock		0
Niedersachsen:		
Oldenburg-Bremen-Osnabrück	9	38
Bremen-Hamburg	0	0
Hannover-Braunschweig-Helmstedt		0
Brandenburg:		
Wittstock-Oranienburg-Potsdam	0	
Prenzlau-Berlin		0
Burg-Potsdam		0
Hessen:		
Hofgeismar-Homberg/Efze	0	
Homberg/Efze-Bad Brückenau		0
Thüringen:		
Gera-Hof	0	0
Sachsen:		
Dresden-Görlitz		20
Bayern:		
Aschaffenburg-Würzburg		0
Rothenburg-Crailsheim-Nürnberg	0	0

3. Wirkstoffempfindlichkeit des Gerstenmehltaus

Seit Jahren zeigt sich auch beim Gerstenmehltau gegenüber den Azol-Wirkstoffen ein weitestgehend stabiles Verharren auf dem erreichten Sensitivitätsniveau. In den Erhebungen 2006 lag deshalb der Schwerpunkt der Analysen auf den Wirkstoffklassen Strobilurine, Chinoline (Quinoxifen), Anilinopyrimidine (Cyprodinil), sowie Benzophenone (Metrafenone).

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- bzw. Ährenbehandlung und die Möglichkeit des Erregers, dominierende Pathotypen in der Population aufzubauen, sind die Ursachen für eine relativ zum Weizenmehltau noch weiter fortgeschrittene Azol-Anpassung. Die positive Kreuzresistenz des Gerstenmehltaus gegenüber den DMIs hatte dann auf die weiteren am deutschen Fungizidmarkt eingeführten Azole wie Tebuconazole, Cyproconazol, Epoxiconazole oder zuletzt Prothioconazole die Auswirkung, dass bereits zur Markteinführung eine verminderte Empfindlichkeit mit MRFs, je nach Wirkstoff und Region, von ca. 10 bis etwa 50 vorlag.

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 fortgesetzten Azol-Nutzung sowie der Windverbreitung des Erregers lösten sich auch die regionalen Unterschiede praktisch vollkommen auf. Seither unterliegen die regionalen DMI-Resistenzniveaus 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 (s.o. Grundlagen!). Die hierbei bedeutsamen Cleistothecien/Ascosporen nehmen allerdings beim Weizenmehltau scheinbar einen deutlich höheren Stellenwert im jährlichen Infektionszyklus ein als beim Gerstenmehltau, dem oftmals eine grüne Brücke über das Jahr hinweg zur Verfügung steht. Aufgrund der nachhaltigen Stabilisierung der Azol-Sensitivitätssituation wurde auch beim Gerstenmehltau zu Gunsten anderer Analysearbeiten die Anzahl der untersuchten Azole je Saison auf ein „Zeiger“-Azol reduziert. In 2006 ergaben sich keine Anzeichen einer deutlichen Sensitivitätsveränderung, so dass die Praxiserfahrungen mit den DMI-Derivaten aus den zurückliegenden Jahren auch auf das Anbaujahr 2007 übertragen werden können. Die MRF-Niveaus gegenüber den einzelnen Azol-Derivaten liegen nach unserer Einschätzung in etwa wie folgt: Triadimenol (100-250), Propiconazol (40-60), Tebuconazole (40-70), Cyproconazol (20-40), Epoxiconazol (30-60), Prothioconazole (8-15).

Praxisrelevante Einschätzung der Sensitivitätssituation beim Gerstenmehltau für 2007

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
Tebuconazole	Folicur	5
Cyproconazol	Alto 100	3/4
Epoxyconazol	Opus, (Opus top)*	4/5
Prothioconazole	Input	3

Morpholine / Piperidine / Spiroketalamine:

Fenpropimorph	Corbel	1 - 3	Nord-Süd-Gefälle
Fenpropidin	Zenit M	1 - 3	Nord-Süd-Gefälle
Spiroxamine	Impulse	0 - 1	

Strobilurine:

Kresoxim-methyl	(Juwel top)*	4 - 9	regionale Unterschiede
Azoxystrobin	Amistar	4 - 9	regionale Unterschiede
Trifloxystrobin	Twist	4 - 9	regionale Unterschiede
Fluoxastrobin	(Fandango)*	4 - 9	regionale Unterschiede
Picoxystrobin	Acanto	4 - 9	regionale Unterschiede
Pyraclostrobin	(Diamant)*	4 - 9	regionale Unterschiede

Chinoline:

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

Anilinopyrimidine:

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

Benzophenone:

Metrafenone	Flexity	0
-------------	---------	---

*nur in Kombination mit anderen Wirkstoffen auf dem Markt

B) Morpholine, Piperidine, Spiroketalamine

Fenpropimorph:

Erstmals wurden 1993 in diesem bundesländerübergreifenden Projekt vereinzelt Isolate mit einer um einen Faktor von 3 bis 10, maximal 15 verminderten Fenpropimorph-Empfindlichkeit nachgewiesen. Deren Anteil hat sich in den letzten 10 Jahren ganz langsam weiter erhöht. Gegenwärtig ist ein Nord-Süd-Gefälle innerhalb Deutschlands auszumachen: In Norddeutschland dominiert zumeist bereits der Anteil an entsprechend angepassten Isolatentypen in den regionalen Gerstenmehltaupopulationen, während im süddeutschen Raum ursprünglich-sensitive Stämme zumeist noch die Mehrheit stellen. Insgesamt gesehen ist die Anpassungsdynamik aber immer noch als relativ verhalten einzustufen. Im süddeutschen Raum, wo nach wie vor ein großer Teil der Isolate die ursprüngliche Ausgangsempfindlichkeit aufweist, sind die bisherigen Anpassungsreaktionen wahrscheinlich noch nicht von merklicher praktischer Relevanz. Hier kann weiterhin von einem sehr guten Mehlschutz durch Fenpropimorph ausgegangen werden. In Norddeutschland hingegen ist nach unseren Daten eine gewisse Einschränkung der Wirkungseffizienz nicht ausgeschlossen und entsprechend zu berücksichtigen. Insbesondere sollte hier 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. Allerdings ist die Streubreite bei den Resistenzfaktoren inzwischen etwas höher als gegenüber Fenpropimorph, wobei einige Isolate Resistenzfaktoren ≥ 20 erreichen. Auch hier gilt es, den gegenwärtig beobachteten Nord-Südgradient mit einem höheren Anteil an quantitativ angepassten Isolatentypen im Norden Deutschlands zu berücksichtigen - und deshalb dort eine gewisse Reduktion der ursprünglich vorhandenen Wirksamkeit von Fenpropidin einzukalkulieren. Dies gilt wiederum besonders bei stärkerer Reduzierung der empfohlenen Aufwandmengen, da dann die enthaltenen Wirkstoffreserven des Präparates u. U. nicht mehr ausreichen, den gewünschten Mehlschutz in zufriedenstellender Form zu gewährleisten. Unter Berücksichtigung dieser Empfehlung eignet sich Fenpropidin weiterhin gut zur Gerstenmehltaubekämpfung.

Gegenüber Spiroxamine:

Da auch der Gerstenmehltau grundsätzlich eine positive Kreuzresistenz gegenüber Fenpropimorph, Fenpropidin und dem Spiroketalamin Spiroxamine besitzt, müsste sich auch bei diesem Wirkstoff die Sensitivitätssituation im Prinzip wie bei den beiden vorgenannten in ähnlicher Form darstellen. „Müsste“ deshalb, da die Kreuzresistenz beim Gerstenmehltau gegenüber Spiroxamine nur extrem schwach (!), d.h. gerade überhaupt noch messbar, ausgeprägt ist. An Fenpropimorph und Fenpropidin quantitativ deutlich angepasste Isolate (s.o.) unterscheiden sich in ihrer Sensitivität gegen Spiroxamine also nur sehr geringfügig von dem ursprünglich vorhandenen Sensitivitätsniveau, was eine Besonderheit bei diesem Erreger darstellt. Es liegt also praktisch noch keine Einschränkung in der Wirksamkeit von Spiroxamine aufgrund von Anpassungsreaktionen vor.

C) Strobilurine (Qols)

Da die Strobilurine bei ihrer Markteinführung einen anderen Angriffsort am Pilzpathogen (Eingriff in die Atmungskette der Mitochondrien) als die bereits am Markt befindlichen Wirkstoffe besaßen, lag auch keine entsprechende Kreuzresistenz vor. Das Sensitivitätsniveau war damit noch vollkommen ursprünglich sensitiv. Zu beachten gilt nun, dass der Gerstenmehltau wie der Weizenmehltau gegenüber den Strobilurinen eine qualitative Resistenz mit der Mutation G143A mit stark ausgeprägter Resistenz ausbildet (s.o. Grundlagen). Da positive Kreuzresistenz gegenüber allen derzeit am Markt befindlichen Strobilurin-Derivaten vorliegt, lassen sich Ergebnisse zu einem Strobilurin-Derivat im Prinzip 1:1 auf andere Strobilurin-Wirkstoffe übertragen.

Die gegenwärtige Strobilurin-Resistenzsituation ist beim Gerstenmehltau inzwischen vielerorts relativ weit fortgeschritten, wobei im Vergleich zum Weizenmehltau die Resistenzentwicklung und -dynamik zeitlich um einige Jahre versetzt - wiederum zuerst mit einem deutlichen Nord-Süd-Gefälle - einsetzte. Gegenwärtig sind nur noch geringere regionale Unterschiede innerhalb Deutschlands zu beobachten (s. Tabelle), wobei oftmals die „Problem“-Schwelle von 20 % Anteil an der regionalen Gesamtpopulation inzwischen erreicht oder überschritten ist. Die Werte bewegen sich vielerorts zwischen 20 % und 50 %, also Häufigkeiten, bei denen die Bekämpfung des Gerstenmehltaus durch das Strobilurin allein nicht mehr gewährleistet bzw. nur noch eingeschränkt möglich ist (s.o. Grundlagen). Die Kombination mit einem geeigneten Wirkstoffpartner erscheint dort v.a. bei höherem Infektionsdruck oder bei anfälligen Sorten unbedingt erforderlich.

Strobilurin/QoI-Resistenz des Gerstenmehltaus in Stichproben aus verschiedenen Regionen der Bundesländer SH, NI, BB, ST, HE, TH, SN, RP, BW und BY, 2006

Region	Datum	n	res. Isolate	% res. Isolate
Schleswig-Holstein:				
Flensburg-Kappeln-Eckernförde	08.07.	10	4	40
Oldenburg/Neustadt-Hamburg	30.06.	24	14	58
Niedersachsen:				
Oldenburg-Bremen-Osnabrück	30.06.	22	10	45
Bremen-Hamburg	30.06.	10	2	20
Hannover-Kassel	29.06.	24	3	13
Brandenburg:				
Wittstock-Oranienburg-Potsdam	29.06.	17	2	12
Sachsen-Anhalt:				
Magdeburg-Halle	22.06.	10	2	20
Hessen:				
Hofgeismar-Homberg/Efze	29.06.	16	4	25
Marburg-Giessen-Frankfurt	09.06.	8	3	38
Limburg-Weinheim	09.06.	12	1	8
Thüringen:				
Nordhausen-Erfurt	22.06.	9	3	33
Erfurt-Gera-Altenburg	22.06.	26	10	38
Sachsen:				
Leipzig-Dresden	22.06.	30	20	67
Dresden-Görlitz	21.06.	14	4	29
Chemnitz-Hof	21.06.	21	9	43
Rheinland-Pfalz:				
Kaiserslautern-Trier-Mayen	27.06.	8	3	38
Baden-Württemberg:				
Sinsheim-Crailsheim	09.06.	30	7	23
Karlsruhe-Ulm	27.06.	17	2	12
Bayern:				
Schweinfurt-Rothenburg	09.06.	30	9	30
Hof-Nürnberg	03.07.	28	6	21
Hof-Regensburg	21.06.	15	5	33
Nürnberg-Freising	09.06.	30	3	10
Ulm-Freising	27.06.	12	3	25
Niederbayern	09.06.	24	3	13

D) Chinoline

Quinoxifen

Das Chinolin-Derivat Quinoxifen ist nunmehr seit 9 Jahren auf dem deutschen Fungizidmarkt vertreten. Während beim Weizenmehltau in 2001 erstmals Quinoxifen-resistente Stämme auftraten, konnten beim Gerstenmehltau erst in 2004 erstmalig Isolate mit einer verminderten Quinoxifen-Empfindlichkeit nachgewiesen werden.

In den Untersuchungen 2006 konnte kein angepasstes Isolat mehr gefunden werden. Das bedeutet, dass der prozentuale Anteil an entsprechenden Isolaten in den regionalen Populationen nicht weiter zugenommen hat, da er unter unserer Nachweisgrenze ($n = \max. 10$ je Region) lag. Der Anteil an Quinoxifen-angepassten Isolaten ist demnach noch überall so gering, dass sich in der Saison 2007 keine negativen Auswirkungen auf die Bekämpfungseffizienz ergeben sollten.

E) Anilinopyrimidine

Cyprodinil

Der Einsatz von Cyprodinil in der Gerste ist noch relativ neu, jedoch für eine entsprechende Anwendung 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.

Wie bei der Cyprodinil-Sensitivität des Weizenmehltaus (s.o.) so gilt auch beim Gerstenmehltau, dass innerhalb der ursprünglichen 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 noch keine merklich negativen Auswirkungen in der Praxis. Allerdings sollte aufmerksam verfolgt werden, inwieweit sich dieser Anteil an Isolaten durch einen etwaigen stärkeren Selektionsdruck erhöht.

Die Ergebnisse aus 2006 weisen - in gleicher Relation wie in den Vorjahren - drei Isolate mit reduzierter Cyprodinil-Empfindlichkeit im Erhebungsraum aus. Drei Mutanten auf insgesamt 235 untersuchte Isolate - die Häufigkeit liegt damit bei ca. 1 % und noch im Rahmen der „natürlich“ vorkommenden Frequenz. Die Daten weisen deshalb noch nicht auf negative Veränderungen hinsichtlich einer Sensitivitätsanpassung des Gerstenmehltaus an Cyprodinil im Erhebungsraum hin.

F) Benzophenone

Metrafenone:

Das in Deutschland 2005 erstmals auf den Markt gebrachte Metrafenone gehört zu einer neuen Wirkstoffklasse, so dass keinerlei Kreuzresistenzen zu den anderen bereits am Markt befindlichen Wirkstofffamilien vorliegen. Über die Art und Weise einer etwaigen Resistenzbildung ist bisher nichts bekannt, so dass die Sensitivitätsanalysen beide möglichen Formen einer Anpassung (s. Grundlagen) berücksichtigen müssen. Die Ergebnisse aus 2006 ergeben für den Untersuchungsraum noch keine Anhaltspunkte für eine Resistenzentwicklung, so dass in 2007 von einem uneingeschränkten Bekämpfungserfolg mit Metrafenone ausgegangen werden kann.

Quinoxifen-Resistenz des Gerstenmehltaus in Stichproben aus verschiedenen Regionen der Bundesländer SH, NI, BB, ST, HE, TH, SN, RP, BW und BY, 2006

Region	Datum	n	res. Isolate	% res. Isolate
Schleswig-Holstein:				
Flensburg-Kappeln-Eckernförde	08.07.	10	0	0
Oldenburg/Neustadt-Hamburg	30.06.	10	0	0
Niedersachsen:				
Oldenburg-Bremen-Osnabrück	30.06.	10	0	0
Bremen-Hamburg	30.06.	10	0	0
Hannover-Kassel	29.06.	10	0	0
Brandenburg:				
Wittstock-Oranienburg-Potsdam	29.06.	10	0	0
Sachsen-Anhalt:				
Magdeburg-Halle	22.06.	10	0	0
Hessen:				
Hofgeismar-Homberg/Efze	29.06.	10	0	0
Marburg-Giessen-Frankfurt	09.06.	8	0	0
Limburg-Weinheim	09.06.	10	0	0
Thüringen:				
Nordhausen-Erfurt	22.06.	9	0	0
Erfurt-Gera-Altenburg	22.06.	10	0	0
Sachsen:				
Leipzig-Dresden	22.06.	10	0	0
Dresden-Görlitz	21.06.	10	0	0
Chemnitz-Hof	21.06.	10	0	0
Rheinland-Pfalz:				
Kaiserslautern-Trier-Mayen	27.06.	8	0	0
Baden-Württemberg:				
Sinsheim-Crailsheim	09.06.	10	0	0
Karlsruhe-Ulm	27.06.	10	0	0
Bayern:				
Schweinfurt-Rothenburg	09.06.	10	0	0
Hof-Nürnberg	03.07.	10	0	0
Hof-Regensburg	21.06.	10	0	0
Nürnberg-Freising	09.06.	10	0	0
Ulm-Freising	27.06.	10	0	0
Niederbayern	09.06.	10	0	0

Cyprodinil-Anpassung des Gerstenmehltaus in Stichproben aus verschiedenen Regionen der Bundesländer SH, NI, BB, ST, HE, TH, SN, RP, BW und BY, 2006: 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:				
Flensburg-Kappeln-Eckernförde	08.07.	10	0	0
Oldenburg/Neustadt-Hamburg	30.06.	10	0	0
Niedersachsen:				
Oldenburg-Bremen-Osnabrück	30.06.	10	0	0
Bremen-Hamburg	30.06.	10	0	0
Hannover-Kassel	29.06.	10	0	0
Brandenburg:				
Wittstock-Oranienburg-Potsdam	29.06.	10	0	0
Sachsen-Anhalt:				
Magdeburg-Halle	22.06.	10	0	0
Hessen:				
Hofgeismar-Homberg/Efze	29.06.	10	0	0
Marburg-Giessen-Frankfurt	09.06.	8	1	13
Limburg-Weinheim	09.06.	10	0	0
Thüringen:				
Nordhausen-Erfurt	22.06.	9	0	0
Erfurt-Gera-Altenburg	22.06.	10	0	0
Sachsen:				
Leipzig-Dresden	22.06.	10	1	10
Dresden-Görlitz	21.06.	10	0	0
Chemnitz-Hof	21.06.	10	0	0
Rheinland-Pfalz:				
Kaiserslautern-Trier-Mayen	27.06.	8	1	13
Baden-Württemberg:				
Sinsheim-Crailsheim	09.06.	10	0	0
Karlsruhe-Ulm	27.06.	10	0	0
Bayern:				
Schweinfurt-Rothenburg	09.06.	10	0	0
Hof-Nürnberg	03.07.	10	0	0
Hof-Regensburg	21.06.	10	0	0
Nürnberg-Freising	09.06.	10	0	0
Ulm-Freising	27.06.	10	0	0
Niederbayern	09.06.	10	0	0

Metrafenone-Resistenz des Gerstenmehltaus in Stichproben aus verschiedenen Regionen der Bundesländer SH, NI, BB, ST, HE, TH, SN, RP, BW und BY, 2006

Region	Datum	n	res. Isolate	% res. Isolate
Schleswig-Holstein:				
Flensburg-Kappeln-Eckernförde	08.07.	10	0	0
Oldenburg/Neustadt-Hamburg	30.06.	10	0	0
Niedersachsen:				
Oldenburg-Bremen-Osnabrück	30.06.	10	0	0
Bremen-Hamburg	30.06.	10	0	0
Hannover-Kassel	29.06.	10	0	0
Brandenburg:				
Wittstock-Oranienburg-Potsdam	29.06.	10	0	0
Sachsen-Anhalt:				
Magdeburg-Halle	22.06.	10	0	0
Hessen:				
Hofgeismar-Homberg/Efze	29.06.	10	0	0
Marburg-Giessen-Frankfurt	09.06.	8	0	0
Limburg-Weinheim	09.06.	10	0	0
Thüringen:				
Nordhausen-Erfurt	22.06.	9	0	0
Erfurt-Gera-Altenburg	22.06.	10	0	0
Sachsen:				
Leipzig-Dresden	22.06.	10	0	0
Dresden-Görlitz	21.06.	10	0	0
Chemnitz-Hof	21.06.	10	0	0
Rheinland-Pfalz:				
Kaiserslautern-Trier-Mayen	27.06.	8	0	0
Baden-Württemberg:				
Sinsheim-Crailsheim	09.06.	10	0	0
Karlsruhe-Ulm	27.06.	10	0	0
Bayern:				
Schweinfurt-Rothenburg	09.06.	10	0	0
Hof-Nürnberg	03.07.	10	0	0
Hof-Regensburg	21.06.	10	0	0
Nürnberg-Freising	09.06.	10	0	0
Ulm-Freising	27.06.	10	0	0
Niederbayern	09.06.	10	0	0

4. Wirkstoffempfindlichkeit des Weizenbraunrosts

Strobilurine (Qols):

Die Sensitivitätsanalysen zum Weizenbraunrost konzentrierten sich auch in 2006 auf eine etwaige Resistenzbildung gegenüber den Strobilurin-Derivaten. Erhebungen zu den Azolen wurden in zurückliegenden Jahren ab und an vorgenommen, wobei die Untersuchungen eine nachweisbare, aber sehr langsam sich vollziehende quantitative Sensitivitätsanpassung auswiesen.

In den Untersuchungen zur Strobilurin-Empfindlichkeit des Weizenbraunrosts konnten auch in 2006 keine resistenten Isolate im Erhebungsraum gefunden werden. Die Tests wurden dabei so ausgelegt, dass sowohl eine Mutation mit starker Resistenzbildung (z.B. G143A) als auch eine Mutation mit partieller Resistenzausprägung (z.B. F129L) hätten aufgedeckt werden können (s.o. Grundlagen). Die Strobilurin-Anpassungssituation beim Weizenbraunrost ist im Gegensatz zur Situation bei Weizenmehltau (s.o.), *Septoria tritici* oder DTR (s.u.) noch vollkommen entspannt. In 2007 sind deshalb keinerlei Wirkungseinbußen aufgrund einer Resistenzbildung zu erwarten.

Praxisrelevante Einschätzung der Sensitivitätssituation beim Weizenbraunrost für 2007:

Bewertungsschlüssel 0 bis 10 (s.o. Grundlagen)

0: keine Anzeichen einer Resistenzbildung → keine Wirkungseinbußen

10: maximal fortgeschrittener Sensitivitätsverlust → voller Wirkungsverlust

Bewertungszahl für Strobilurine: 0

Strobilurin/QoI-Resistenz des Weizenbraunrosts in Stichproben aus verschiedenen Regionen der Bundesländer SH, NI, BB, ST, HE, TH, SN, RP, BW und BY, 2006

Region	Datum	n	res. Isolate	% res. Isolate
Schleswig-Holstein:				
Flensburg-Kappeln-Eckernförde	08.07.	5	0	0
Rendsburg-Eckernförde-Kiel	08.07.	6	0	0
Oldenburg/Neustadt-Hamburg	30.06.	10	0	0
Niedersachsen:				
Oldenburg-Bremen-Osnabrück	30.06.	6	0	0
Bremen-Hamburg	30.06.	7	0	0
Hamburg-Hannover	07.07.	10	0	0
Hannover-Kassel	29.06.	15	0	0
Brandenburg:				
Wittstock-Oranienburg-Potsdam	29.06.	10	0	0
Sachsen-Anhalt:				
Haldensleben-Halberstadt	29.06.	8	0	0
Magdeburg-Halle	22.06.	11	0	0
Hessen:				
Hofgeismar-Homberg/Efze	29.06.	1	0	0
Marburg-Giessen-Frankfurt	09.06.	3	0	0
Limburg-Weinheim	09.06.	63	0	0
Thüringen:				
Nordhausen-Erfurt	22.06.	11	0	0
Erfurt-Gera-Altenburg	22.06.	9	0	0
Sachsen:				
Leipzig-Dresden	22.06.	13	0	0
Dresden-Görlitz	21.06.	7	0	0
Chemnitz-Hof	21.06.	3	0	0
Rheinland-Pfalz:				
Rheinbach-Koblenz	27.06.	70	0	0
Kaiserslautern-Trier-Mayen	27.06.	34	0	0
Speyer-Bingen-Kaiserslautern	27.06.	22	0	0
Baden-Württemberg:				
Sinsheim-Crailsheim	27.06.	42	0	0
Karlsruhe-Ulm	27.06.	5	0	0
Bayern:				
Schweinfurt-Rothenburg	03.07.	15	0	0
Hof-Nürnberg	03.07.	5	0	0
Hof-Regensburg	21.06.	8	0	0
Nürnberg-Freising	03.07.	19	0	0
Niederbayern	03.07.	10	0	0

5. Wirkstoffempfindlichkeit von *Septoria tritici*

A) Strobilurine (Qols):

Bei der Sensitivitätsanalyse von *Septoria tritici* können nur Proben aus Feldbeständen herangezogen werden. Diese besitzen im Vergleich zu Luftproben keine so hohe Repräsentativität für die Gesamtregion. Deshalb wurden alle Feldproben je Bundesland zusammengefasst, um zumindest für jedes Bundesland eine spezifische Aussage ableiten zu können.

Bei der Resistenzbildung von *Septoria tritici* gegenüber den Strobilurinen handelt es sich wiederum um eine qualitative Resistenz mit der Mutation G143A und der damit verbundenen starken Resistenzausprägung (s.o. Grundlagen). Dies bedeutet, dass praktisch einzig der Anteil an angepassten Isolaten in der regionalen Pathogenpopulation über die tatsächlich noch vorhandene Wirksamkeit im Feldbestand entscheidet.

Wie in der Tabelle wiedergegeben, wurde erstmals in 2002 im Erhebungsraum, genauer in SH, ein Isolat mit Resistenz gegenüber den Strobilurinen ausfindig gemacht (1 Isolat entsprach 2 % der aus SH untersuchten Isolate). Es vollzog sich dann eine nahezu kontinuierliche und äußerst dynamische Anpassung bis zur Stichprobengewinnung in 2006. Die aktuelle Situation weist inzwischen für ganz Deutschland relativ hohe Resistenzhäufigkeiten ≥ 50 % aus. Es muss deshalb für 2007 überall im Erhebungsraum mit deutlichen Wirkungseinbußen gerechnet werden. Gewisse regionale Unterschiede insbesondere in Süddeutschland sind dabei sicherlich noch vorhanden, wobei in diesem Zusammenhang nochmals auf die eingeschränkte Repräsentativität von Stichproben aus Feldbeständen für ein größeres Gebiet hingewiesen werden muss.

Praxisrelevante Einschätzung der Sensitivitätssituation bei *Septoria tritici* für 2007:

Bewertungsschlüssel 0 bis 10 (s. o. Grundlagen)

0: keine Anzeichen einer Resistenzbildung → keine Wirkungseinbußen

10: maximal fortgeschrittener Sensitivitätsverlust → voller Wirkungsverlust

Bewertungszahl für Strobilurine: 5 - 10 regionale Unterschiede!

Strobilurin/Qol-Resistenz von *Septoria tritici* in Stichproben aus Feldbeständen in den Bundesländern SH, MV, NI, BB, ST, HE, TH, SN, RP, BW und BY, 2002 - 2006; Mittelwert des Anteils an Strobilurinresistenz mit G143A-Mutation je Bundesland und Jahr in %

Region	2002	2003	2004	2005	2006
Schleswig-Holstein	2	71	59	84	79
Mecklenburg-Vorpommern	0	30	54		
Niedersachsen	0	62	58	96	60
Brandenburg			43	71	66
Sachsen-Anhalt			48	67	77
Hessen	0	28	57	61	87
Thüringen	0	13	30	68	82
Sachsen	0	1	13	60	67
Rheinland-Pfalz	0	0	11	41	59
Baden-Württemberg	0	0	1	31	55
Bayern	0	7	7	38	46

Niedersachsen

LWK Han

LWK Han

LWK WE

LWK WE

BioTest: *in vitro*-Analyse von Isolaten aus dem (über)lebenden Erregermaterial in der Stichprobe

qPCR: quantitativer molekularer Test zur Bestimmung des Anteils an der Mutation G143A in der Stichprobe aus (über)lebendem und abgestorbenem Erregermaterial

B) Azole:

Bei *Septoria tritici* (wie auch bei anderen Pathogenen) hat sich gegenüber den Azolen in den zurückliegenden nunmehr etwa 25 Jahren der Selektion eine quantitative Anpassung vollzogen, die nur über die Mutation bzw. Veränderung mehrerer Gene fortschreiten kann. Wie bereits in den ‚Grundlagen‘ (s.o.) erläutert, vollzieht sie sich praktisch immer in zwei Phasen; der Anpassungsphase (Shift: Phase 1) folgt eine Stabilisierungsphase (Seitwärtstrendkanal: Phase 2). Allerdings können die dabei erreichten Resistenzlevels gegenüber den einzelnen Azol-Wirkstoffen ganz unterschiedlich hoch ausfallen; die Azol-Wirkstoffe können sich dadurch in ihrer verbleibenden Bekämpfungseffektivität stärker unterscheiden. Im Prinzip müssten deshalb für eine genauere Betrachtung zu jedem Azol-Wirkstoff eigene Untersuchungen vorgenommen werden. Grundsätzlich besteht jedoch positive Kreuzresistenz unter den Azol-Derivaten, so dass die grobe Richtung, z.B. die eines Shifts, im Großen und Ganzen von allen eingehalten wird - wobei wiederum gleichzeitig einzuschränken ist, dass auch gewisse Sonderbewegungen gegenüber dem einen oder anderen Derivat aufgrund spezifischer Selektionsbedingungen möglich sind.

Von großem Interesse ist derzeit, ob sich aufgrund des weitgehenden Ausfalls der Strobilurine bei der *Septoria tritici* -Bekämpfung und eines damit verbundenen erhöhten Selektionsdrucks auf die Azole ein (weiterer) Sensitivitätsverlust gegenüber den Azol-Derivaten einstellt. Zur Klärung dieser Frage liegen im Rahmen des Bundesländer-Monitoring-Projekts ausschließlich zu Epoxiconazol genügend Daten vor, und zwar aus 2001 sowie 2003 bis 2006. Dieser Wirkstoff dient uns bei diesem Erreger als gut wirksames Referenz-Derivat für die Azol-Gruppe. Die Erkenntnisse daraus können auch auf die anderen Azol-Derivate - allerdings nur mit Einschränkung (s.o.) - übertragen werden.

Unsere Untersuchungen mit Epoxiconazol lassen von 2001 auf 2003 praktisch keinerlei Veränderungen in der Azol-Empfindlichkeit bei *Septoria tritici* erkennen. Es war für diesen Zeitraum auch in Norddeutschland keinerlei „Shift“ messbar, da sich sowohl der Sensitivitätsmittelwert der untersuchten Isolate je Bundesland als auch die Sensitivitätsstreuung insgesamt nicht signifikant veränderte. In der Sensitivitätsentwicklung war also bereits ein gewisser Seitwärtstrend eingetreten. Auch der Nord-Süd-Gradient mit etwas geringerer Azol-Empfindlichkeit (= höhere Anpassung) in den nördlichen Bundesländern blieb in seiner Form erhalten. In 2004 wie auch in 2005 ergab sich dann durch das teilweise weitgehende Ausscheiden der Strobilurine bei der *Septoria*-Bekämpfung ein erhöhter Selektionsdruck auf die Azole, da die Last der Bekämpfung ja wieder zunehmend auf deren Schultern lag. Und dieser erhöhte Selektionsdruck führte nun in etlichen Regionen zu einer messbaren Anpassungsreaktion, einem eingeschränkten Shift. Eingeschränkt deshalb, da sich bei den Analysen die Sensitivitätsstreuung gegenüber Epoxiconazol nicht weiter negativ ausgeweitet hat, d.h. es konnten keine weniger-Epoxiconazol-empfindlichen Isolate als bereits bekannt gefunden werden. Allerdings erhöhte sich insbesondere im norddeutschen Raum der Anteil der Isolate, die am oberen Ende der Anpassungsskala bzw. des erreichten Seitwärtstrendkanals (s.o.) anschlagen, was den ED50-Mittelwert bzw. das mittlere Anpassungsniveau regional teilweise erhöhte.

Die aktuellen Daten aus 2006 weisen nun auf folgenden Sachverhalt hin:

- Der Nord-Süd-Gradient mit einem noch etwas geringeren Anpassungsniveau (mittlere ED50 = MED50) in Süddeutschland ist weiterhin vorhanden.
- Die Sensitivitätsstreuung (ED50-Werte) hat sich wie in den Vorjahren nicht weiter negativ verändert.

- Die Azol-Anpassungsdynamik hat sich vielerorts merklich abgeschwächt und eine Stabilisierung im Seitwärtstrendkanal ist derzeit vorherrschend; eine fortgesetzte Azol-Resistenzbildung ist derzeit nicht nachweisbar; die gegenwärtige Entwicklung entspricht unseren Erwartungen.

Die bisherige Azol-Anpassung bei *Septoria tritici* führt v.a. im Norden sicherlich zu einer gewissen Einschränkung in der Bekämpfungseffizienz. Dies gilt insbesondere natürlich dann, wenn 50 % der empfohlenen (= zugelassenen) Aufwandmenge oder gar weniger zur Anwendung kommen. Hier kann die Situation bei höherem Infektionsdruck schnell kippen, da mit einem stärker reduzierten Wirkstoffangebot kaum mehr Reserven für Eventualitäten bereit stehen, und der Applikationszeitpunkt muss bei einer derartigen Strategie schon optimal passen. Zudem muss durch eine geeignete Applikationstechnik und mit genügend hoher Wassermenge je ha gewährleistet werden, dass jede Infektionsstelle auch wirklich mit ausreichend Wirkstoff versorgt wird. Auf alle Fälle sind unter der momentanen Sensitivitätssituation selbst bei so guten Wirkstoffen wie Prothioconazole (Input), Epoxiconazol (Opus) oder auch Fluquinconazol (Flamenco) keinerlei Spielereien mit stärker reduzierten Aufwandmengen mehr angebracht. Als Faustformel kann gelten, dass 75 % der empfohlenen Aufwandmenge nicht mehr unterschritten werden sollten. Dies hat dann auch noch den positiven Nebeneffekt, dass vermieden wird, mit provozierenden Minimengen einen weiteren Sensitivitäts-Shift bei den Azolen voranzutreiben. Da die Azol-Derivate wieder einen hohen Stellenwert bei der *Septoria tritici* -Bekämpfung einnehmen, soll an dieser Stelle nochmals an alle Beteiligten appelliert werden, verantwortungsvoll mit dieser Wirkstoffgruppe umzugehen!

Praxisrelevante Einschätzung der Sensitivitätssituation bei *Septoria tritici* für 2007:

Bewertungsschlüssel 0 bis 10 (s. o. Grundlagen)

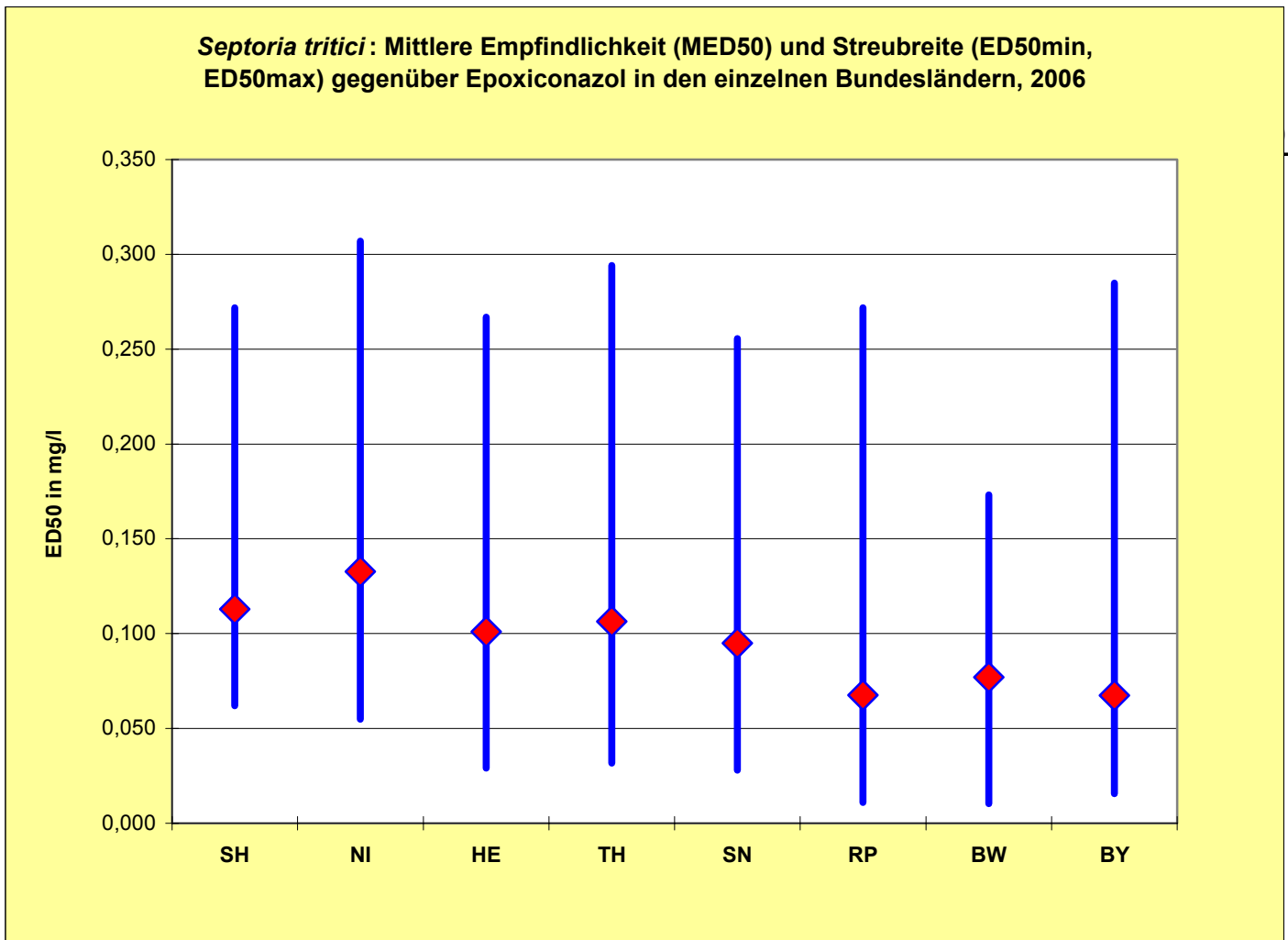
0: keine Anzeichen einer Resistenzbildung → keine Wirkungseinbußen

10: maximal fortgeschrittener Sensitivitätsverlust → voller Wirkungsverlust

Bewertungszahl für Azole: 3 - 4/5 regionale Unterschiede!
wirkstoffspezifische Unterschiede!

Epoxiconazol-Sensitivität (ED50 in mg/l) von *Septoria tritici* in Stichproben aus Feldbeständen in den Bundesländern SH, NI, HE, TH, SN, RP, BW und BY, 2006; Testverfahren: *in vitro* (Mikrotiter); Testkonzentrationen: 0.0, 0.003, 0.01, 0.03, 0.1, 0.3, 1.0, 3.0 mg/l a.i.

Bundesland	Proben	n	MED50	ED50min	ED50max
Schleswig-Holstein	25	55	0,113	0,062	0,272
Niedersachsen	24	45	0,133	0,055	0,307
Hessen	14	35	0,101	0,029	0,267
Thüringen	11	28	0,106	0,032	0,294
Sachsen	14	39	0,095	0,028	0,256
Rheinland-Pfalz	12	30	0,067	0,011	0,272
Baden-Württemberg	19	46	0,077	0,010	0,173
Bayern	15	38	0,067	0,016	0,285



Epoxiconazol-Sensitivität (MED50 in mg/l) von *Septoria tritici* in Stichproben aus Feldbeständen in den Bundesländern SH, MV, NI, BB, ST, HE, TH, SN, RP, BW und BY, 2001 - 2006; Testverfahren: *in vitro* (Mikrotiter)

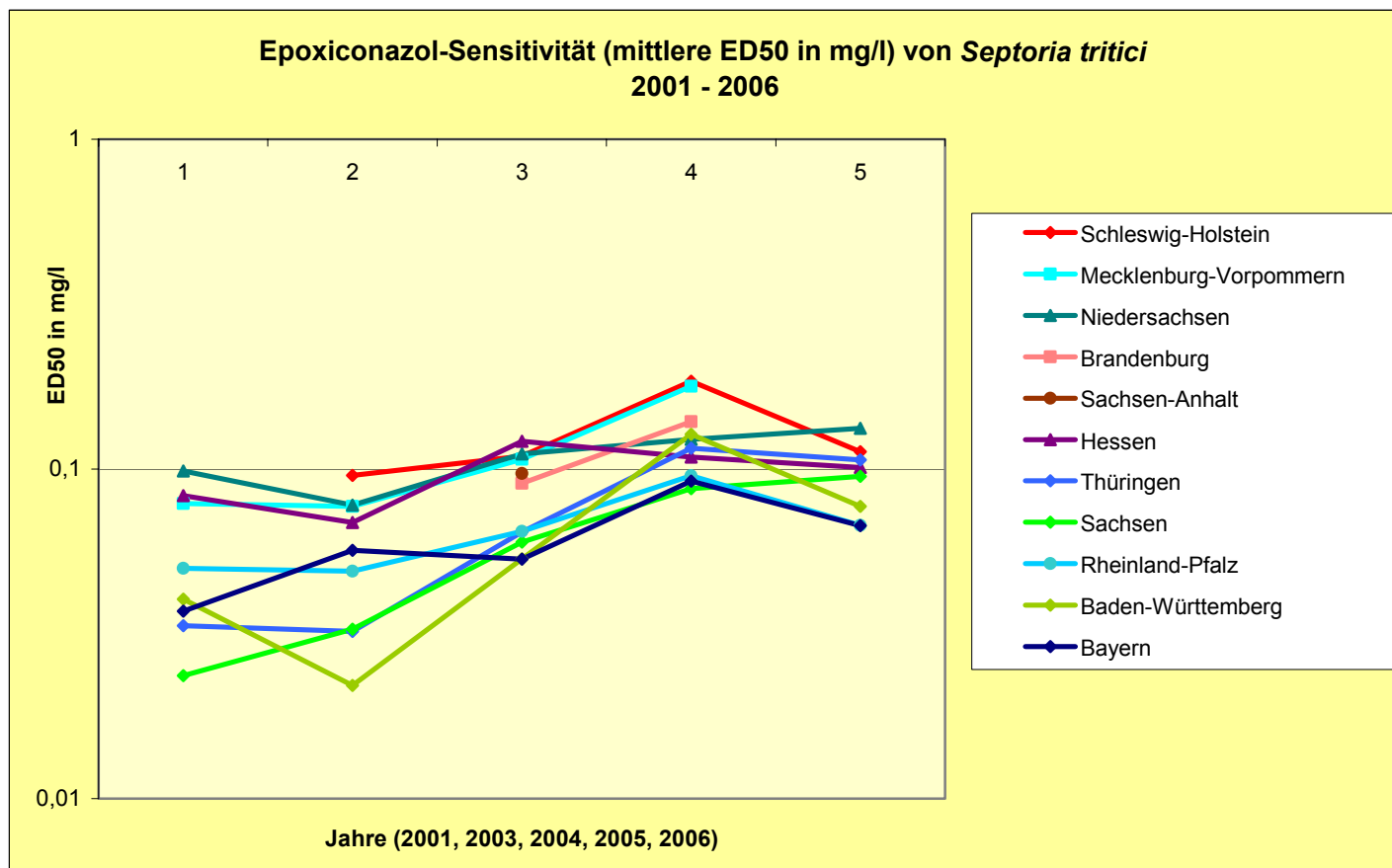
Bundesland	2001	2003	2004	2005	2006
Schleswig-Holstein		0,096	0,109	0,185	0,113
Mecklenburg-Vorpommern	0,078	0,077	0,107	0,178	
Niedersachsen	0,098	0,078	0,111	0,123	0,133
Brandenburg			0,090	0,139	
Sachsen-Anhalt			0,097		
Hessen	0,083	0,069	0,121	0,109	0,101
Thüringen	0,033	0,032	0,064	0,116	0,106
Sachsen	0,024	0,033	0,060	0,087	0,095
Rheinland-Pfalz	0,050	0,049	0,065	0,095	0,067
Baden-Württemberg	0,040	0,022	0,053	0,127	0,077
Bayern	0,037	0,057	0,053	0,092	0,067

Niedersachsen

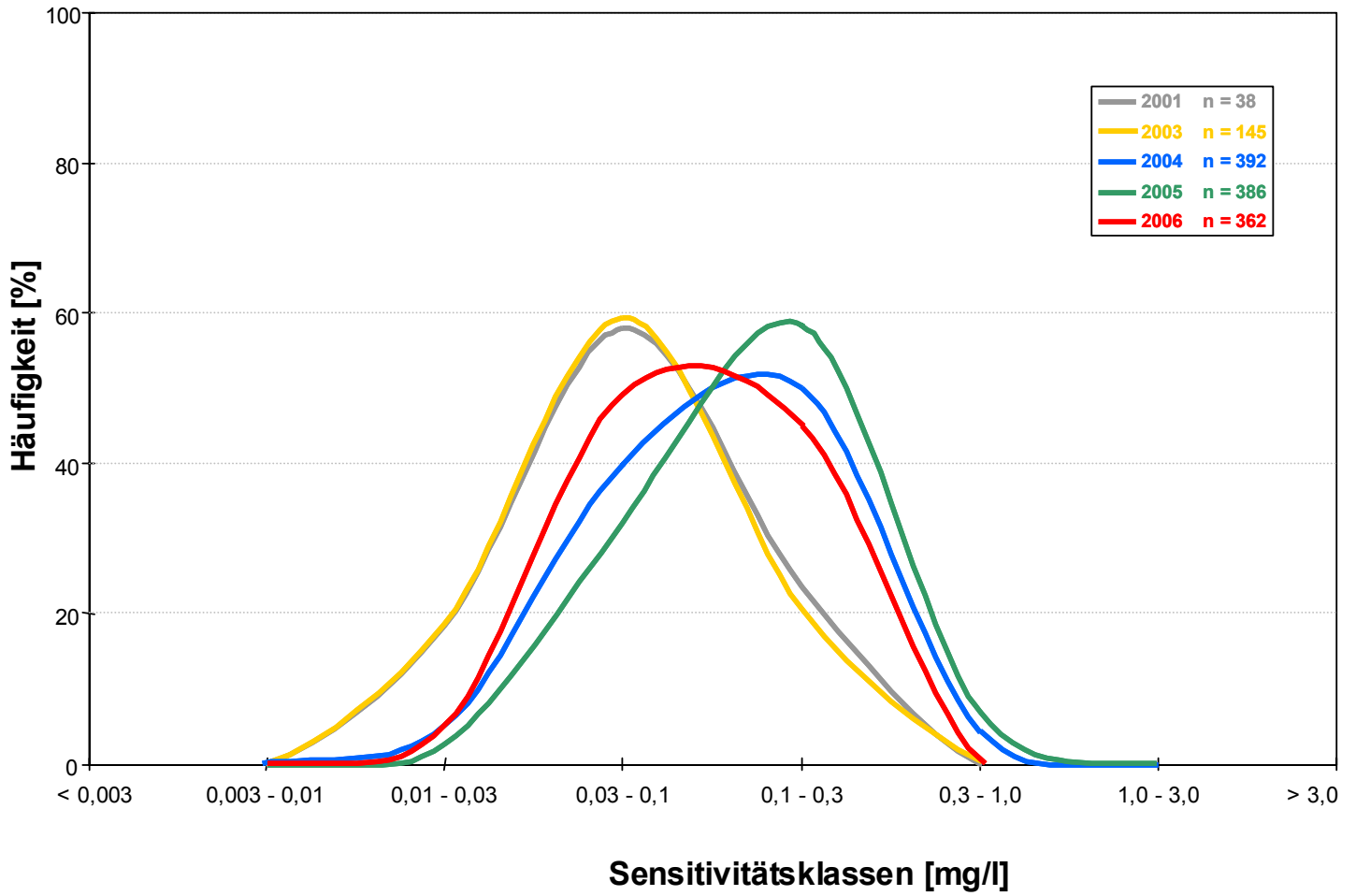
LWK Han

LWK Han

LWK WE



Sensitivitätsverteilung (ED50) von *Septoria tritici* gegenüber Epoxiconazol in Deutschland, 2001 bis 2006



6. Wirkstoffempfindlichkeit von DTR (*Drechslera/Pyrenophora tritici-repentis*)

Strobilurine (Qols):

Der Erreger *Drechslera/Pyrenophora tritici repentis* (DTR; früher HTR) wurde in 2005 in die Untersuchungen des Bundesländer-Monitoring-Projektes neu aufgenommen. Hintergrund war unser erster G143A-Befund bei einem aus Schaffstedt in Schleswig-Holstein stammenden Isolat, das im Rahmen der methodischen Etablierungsarbeiten mehr oder weniger zufällig in die ersten Analysen mit aufgenommen wurde. Kompliziert macht die Sache hier, dass bei diesem Erreger drei verschiedene Strobilurin-Resistenz auslösende genetische Mutationen, zum einen die G143A und des weiteren die F129L sowie G137R, auftreten können. Dies erschwert natürlich die Beurteilung der Situation, zumal die G143A-Mutation starke Strobilurin-Resistenz hervorruft, während die beiden anderen Mutationen zu nur relativ geringen Sensitivitätseinbußen führen (s.o. Grundlagen). In der nachfolgenden Diskussion der Daten wird deshalb nur auf das Vorkommen der Mutation G143A eingegangen.

Das Monitoring in 2005 und 2006 wurde durch eine teilweise nicht ganz befriedigende Isolatgewinnung eingeschränkt, da in etlichen Fällen bei den uns zugesandten DTR-Feldroben gar keine oder nur eine sehr geringe DTR-Infektion vorlag, die Symptome also nur einer DTR-Infektion ähnelten, nach Inkubation aber kein Erreger zu isolieren war.

Trotz des eingeschränkten Stichproben- und Isolatumfanges ergibt sich doch ein relativ aussagekräftiges Bild der aktuellen Gesamtsituation. Die Ergebnisse stützen sich bisher auf reine *in vitro* - Untersuchungen mit der Analyse von Einzelisolaten. Diese zeigen an, dass die G143A-Mutation schon weiter verbreitet ist als bisher teilweise angenommen. Mit bereits relativ hohen G143A-Anteilen in den regionalen DTR-Populationen Nord- und Mitteldeutschlands und noch geringeren Anteilen im Süden Deutschlands ergeben sich dabei auffallende Parallelen zur zurückliegenden Strobilurin-Resistenzdynamik von Weizenmehltau und *Septoria tritici* (s.o). Der bei DTR derzeit noch vorhandene Nord-Süd-Gradient im Vorkommen der Mutation G143A dürfte sich deshalb binnen weniger Jahre ebenfalls weitgehend auflösen. Aktuell muss insbesondere in der nördlichen Landeshälfte mit einer deutlichen Einschränkung der Strobilurin-Wirkstoffeffizienz bei der DTR-Bekämpfung gerechnet werden.

Es sei aber auch darauf verwiesen, dass aufgrund der relativ dünnen Datenbasis die ermittelten %-Werte nicht allzu dogmatisch anzuwenden sind, d.h., die 100 % in SH weisen nur auf einen dort vorherrschenden hohen G143A-Anteil hin. Und die 0 % in BY sind ebenfalls nicht als absolute „0“ zu verstehen. Auch hier kann die G143A-Mutation bereits regional gehäuft auftreten.

Praxisrelevante Einschätzung der Sensitivitätssituation bei DTR für 2007:

Bewertungsschlüssel 0 bis 10 (s. o. Grundlagen)

0: keine Anzeichen einer Resistenzbildung → keine Wirkungseinbußen

10: maximal fortgeschrittener Sensitivitätsverlust → voller Wirkungsverlust

Bewertungszahl für Strobilurine: 2 - 10 regionale Unterschiede!

wirkstoffspezifische Unterschiede bei F129L, G137R

Strobilurin/QoI-Resistenz von *Pyrenophora tritici-repentis* (DTR) in Stichproben aus Feldbeständen in den Bundesländern SH, NI, TH, SN, BW und BY, 2006; %-Anteil an Isolaten mit a) Teilresistenz, wahrscheinlich/zumeist ausgelöst durch F129L- oder G137R-Mutation und b) starker Resistenzausprägung, wahrscheinlich hervorgerufen durch G143A-Mutation; Testverfahren: *in vitro* (Mikrotiter);

Region	Standorte/ Proben	n	Isolatanzahl a) + b)	%-Anteil a) + b)	%-Anteil a) F129L*	%-Anteil b) G143A
Schleswig-Holstein	1	4	4	100	0	100
Niedersachsen	3	14	6	43	0	43
Thüringen	3	13	6	46	0	46
Sachsen	4	14	6	43	7	36
Baden-Württemberg	4	8	2	25	0	25
Bayern	4	7	0	0	0	0

* oder andere Mutation mit ähnlicher Auswirkung z.B. G137R (!)

Strobilurin/QoI-Resistenz von *Pyrenophora tritici-repentis* (DTR) in Stichproben aus Feldbeständen in den am Ringprojekt beteiligten Bundesländern, 2005 - 2006; Mittelwert des Anteils an Strobilurinresistenz mit G143A-Mutation je Bundesland und Jahr in %

Region	2005	2006
Schleswig-Holstein	57	100
Niedersachsen		43
Hessen (Nord)	60	
Thüringen	3	46
Sachsen		36
Rheinland-Pfalz	0	
Baden-Württemberg		25
Bayern	0	0

7. Wirkstoffempfindlichkeit bei Netzflecken an Gerste (*Drechslera/Pyrenophora teres*)

Strobilurine (Qols):

Die Sensitivitätsanalysen bei Strobilurinen berücksichtigen auch bei diesem Erreger eine qualitative Anpassung sowohl mit starker Resistenzbildung (z.B. bei Mutation G143A) als auch mit partieller Resistenzbildung (z.B. bei Mutation F129L oder G137R). Da es sich bei der Netzfleckenkrankheit an Gerste wie beim Weizen- und Gerstenmehltau um einen im Prinzip sehr anpassungsfreudigen Krankheitserreger handelt, ist es umso erstaunlicher, dass trotz des teilweise erheblichen Selektionsdrucks durch Strobilurin-Wirkstoffe bis einschließlich 2003 keinerlei messbare Anpassungsreaktion im Untersuchungsgebiet auftrat. In 2004 wurde dann erstmalig ein Isolat mit Strobilurin-Anpassung im Erhebungsbereich gefunden. Dieses besaß jedoch nicht die G143A-Mutation, sondern die Mutation F129L (s.o. Grundlagen!) mit einer nur partiellen Resistenzausprägung.

Wie in den Grundlagen bereits angeführt, ist noch nicht völlig geklärt, wie sich die Resistenz bei etwaig künftig häufigerem Vorkommen in der Praxis äußern wird, da die Resistenz sich nur partiell ausprägt. D.h., trotz der Resistenzmutation F129L kann der Erreger bei Anwesenheit des Strobilurin-Wirkstoffes nur in einem eingeschränkten Umfang wachsen und sich vermehren. Zudem scheint sich diese Resistenz gegenüber den am Markt befindlichen Strobilurin-Wirkstoffen unterschiedlich stark auszuprägen. Damit würden sich die entsprechenden Wirkstoffe in ihrer verbleibenden Wirksamkeit - auch bei einer potentiellen Resistenzhäufigkeit von F129L in der Population von 100 % - stärker differenzieren, als dies bei der G143A-Mutation der Fall ist (s.o. Grundlagen).

Entgegen den Erwartungen verharrte auch in 2006 die Häufigkeit an F129L-Mutanten im Erhebungsraum auf so geringem Niveau, dass nur eines der gesamt 182 untersuchten Isolate die Mutation trug. Das (latente) Vorkommen entsprechender Mutanten ist also fast überall noch unterhalb unserer Nachweisgrenze im BioTest. Eine G143A-Mutation konnte weiterhin nicht (!) ausfindig gemacht werden. Da es sich nach wie vor um Einzelfälle einer F129L-Mutation handelt, erwarten wir für die kommende Saison 2007 eine noch weitestgehend uneingeschränkte Wirkung aller Strobilurin-Derivate bei der Bekämpfung der Netzflecken-Krankheit im gesamten Erhebungsraum.

Praxisrelevante Einschätzung der Sensitivitätssituation bei Netzflecken an der Gerste für 2007:

Bewertungsschlüssel 0 bis 10 (s.o. Grundlagen)

0: keine Anzeichen einer Resistenzbildung → keine Wirkungseinbußen

10: maximal fortgeschrittener Sensitivitätsverlust → voller Wirkungsverlust

Bewertungszahl für Strobilurine: 0/1 wirkstoffspezifische Unterschiede bei F129L!

Strobilurin/QoI-Resistenz von *Drechslera teres* (Netzflecken an Gerste) in Stichproben aus verschiedenen Regionen der Bundesländer SH, NI, BB, ST, HE, TH, SN, RP, BW und BY, 2006; hier: Teilresistenz, wahrscheinlich ausgelöst durch F129L-Mutation

Region	Datum	n	res. Isolate	% res. Isolate
Schleswig-Holstein:				
Oldenburg/Neustadt-Hamburg	30.06.	10	0	0
Niedersachsen:				
Hamburg-Hannover	07.07.	5	0	0
Hannover-Kassel	29.06.	4	0	0
Brandenburg:				
Wittstock-Oranienburg-Potsdam	29.06.	2	0	0
Sachsen-Anhalt:				
Haldensleben-Halberstadt	29.06.	7	1	14
Magdeburg-Halle	22.06.	2	0	0
Hessen:				
Hofgeismar-Homberg/Efze	29.06.	14	0	0
Limburg-Weinheim	09.06.	4	0	0
Thüringen:				
Nordhausen-Erfurt	22.06.	2	0	0
Erfurt-Gera-Altenburg	22.06.	9	0	0
Sachsen:				
Leipzig-Dresden	22.06.	18	0	0
Dresden-Görlitz	21.06.	18	0	0
Rheinland-Pfalz:				
Rheinbach-Koblenz	27.06.	4	0	0
Kaiserslautern-Trier-Mayen	27.06.	15	0	0
Speyer-Bingen-Kaiserslautern	27.06.	15	0	0
Baden-Württemberg:				
Sinsheim-Crailsheim	09.06.	3	0	0
Bayern:				
Schweinfurt-Rothenburg	09.06.	20	0	0
Nürnberg-Freising	09.06.	15	0	0
Niederbayern	09.06.	15	0	0

DIE AKTUELLE VIRULENZSITUATION BEI WEIZEN- UND GERSTENMEHLTAU

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 bzw. -gene mit praktisch keiner bzw. seit Jahren nur noch relativ geringer Schutzwirkung wurden zugunsten interessanterer, teilweise neuer Mehлтаuresistenzen 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 noch vorhandene Schutzwirkung durch die Resistenz. **Anhand der ermittelten Werte (Virulenzhäufigkeiten) lässt sich folglich die standortspezifische Wirksamkeit der Resistenzgene bzw. -eigenschaften in den verschiedenen Sorten direkt ablesen.** Über die Verbreitung der Resistenzgene in den zugelassenen Sorten informiert die ‚Beschreibende Sortenliste 2006 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>). 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-/rassenunspezifische) 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 bei etlichen Weizensorten sind solche Erscheinungen anzutreffen.

1. Virulenz des Weizenmehltaus

Praxisrelevante Einschätzung der Wirksamkeit (von ‚0‘ bis ‚+++‘) der qualitativen Resistenzgene in den 2006 zugelassenen Sorten gegenüber dem Weizenmehltau

Resistenzgen	Wirksamkeit	Bemerkungen	zuletzt untersucht
Pm1	0/+		2002
Pm2	0		2000
Pm3c	0/(+)	z.Z. keine Sorte	2002
Pm3d (Mlk)	+ /++ /+++	Jugendresistenz	2006
Pm4b	0		2000
Pm5	+	Altersresistenz	2000
Pm6	+	Altersresistenz	2001
Pm8	0/(+)		2000
Pm9 (Pm1+Pm2+Pm9)	+ /++ /+++		2006
Pm5+Pm6	++	Synergieeffekte	2000
MIAX	++ /+++		2006
U in ‚Cortez‘	+++		2006
U in ‚Mandub‘	+++		2006
U in ‚Punch‘	+++		2006
U in ‚Troll‘	+++		2006
U in ‚Vergas‘	(+) /++ /+++		2006

Pm1:

Die Virulenzhäufigkeiten zu Pm1 bewegten sich zuletzt in 2002 zumeist in einem Bereich von 50 % +/- 25 %. Pm1 bietet nur noch einen sehr eingeschränkten Mehлтаuschutz. Es kommt derzeit ausschließlich nur in einigen Sommerweizensorten in Kombination mit anderen Resistenzgenen vor.

Pm2:

Seit vielen Jahren bietet Pm2 in Deutschland kaum mehr eine Schutzwirkung. Die Virulenzhäufigkeiten bewegten sich über Jahre bis 2000 nahe 100 %. Wenn eine Sorte, die als qualitative Resistenzeigenschaft nur Pm2 besitzt, trotzdem noch einen sehr guten oder guten Mehлтаuschutz bietet, so beziehen sie diesen praktisch ausschließlich aus einem relativ hohen Niveau an horizontaler (quantitativer), also rassen- bzw. pathotypen-unabhängiger Mehлтаuresistenz, die sich oftmals als recht dauerhaft erweist (s.o. Grundlagen).

Pm3c:

Pm3c bot bei den zuletzt durchgeführten entsprechenden Analysen in 2002 nur noch einen geringen Mehлтаuschutz mit Virulenzhäufigkeiten von zumeist > 50 %. Gegenwärtig findet sich unter den zugelassenen Sorten jedoch keine mit dieser Resistenz.

Virulenz des Weizenmehltaus in Stichproben aus verschiedenen Regionen der Bundesländer SH, NI, BB, ST, HE, TH, SN, RP, BW und BY, 2006

Region	n	Pm1+2+9	Pm3d	MIAX	Cortez	Mandub	Punch	Troll	Vergas
Schleswig-Holstein:									
Flensbg-Kappeln-Eckernförde	10	30	0	0	0	0	0	0	0
Rendsburg-Eckernförde-Kiel	10	0	0	0	0	0	0	0	0
Kiel-Oldenburg i.OH	10	30	0	0	0	0	0	0	0
Oldenburg/Neustadt-Hamburg	10	20	0	0	0	0	0	0	0
Niedersachsen:									
Oldenburg-Bremen-Osnabrück	10	10	0	0	0	0	0	0	0
Bremen-Hamburg	10	0	0	0	0	0	0	0	0
Hamburg-Hannover	10	0	0	0	0	0	0	0	0
Hannover-Kassel	10	10	0	0	0	0	0	0	0
Brandenburg:									
Wittstock-Oranienbg-Potsdam	10	10	0	0	0	0	0	0	0
Sachsen-Anhalt:									
Haldensleben-Halberstadt	10	20	10	10	0	0	0	0	10
Magdeburg-Halle	10	50	10	0	0	0	0	0	10
Eisleben-Altenburg	10	0	20	0	0	0	0	0	20
Hessen:									
Hofgeismar-Homberg/Efze	10	10	0	0	0	0	0	0	0
Marburg-Giessen-Frankfurt	10	30	10	0	0	0	0	0	10
Limburg-Weinheim	10	0	10	0	0	0	0	0	10
Thüringen:									
Nordhausen-Erfurt	10	30	10	10	0	0	0	0	0
Erfurt-Gera-Altenburg	10	40	10	10	0	0	0	0	10
Sachsen:									
Leipzig-Dresden	10	10	0	0	0	0	0	0	0
Dresden-Görlitz	10	20	40	10	0	0	0	0	20
Chemnitz-Hof	10	0	0	0	0	0	0	0	0
Rheinland-Pfalz:									
Rheinbach-Koblenz	10	10	0	0	0	0	0	0	0
Kaiserslautern-Trier-Mayen	10	0	0	0	0	0	0	0	0
Speyer-Bingen-Kaiserslautern	10	50	10	0	0	0	0	0	10
Baden-Württemberg:									
Sinsheim-Crailsheim	10	30	0	0	0	0	0	0	0
Karlsruhe-Ulm	10	10	0	0	0	0	0	0	0
Bayern:									
Schweinfurt-Rothenburg	10	30	10	0	0	0	0	0	20
Hof-Nürnberg	10	0	0	0	0	0	0	0	0
Hof-Regensburg	10	0	0	0	0	0	0	0	0
Nürnberg-Freising	10	10	0	0	0	0	0	0	0
Ulm-Freising	10	10	10	0	0	0	0	0	10
Niederbayern	10	30	10	10	0	0	0	0	30

Pm3d (vormals ‚Mik‘)

Gegenüber dieser Resistenz lagen die Virulenzhäufigkeiten in den Stichproben im allgemeinen zwischen 0 % und 40 %, was eine noch gute bis mäßige Wirksamkeit anzeigt. Für eine korrekte Einschätzung von Pm3d muss zudem berücksichtigt werden, dass es sich hier wahrscheinlich um eine sog. Jugendresistenz handelt, die Resistenz also nur in frühen Entwicklungsstadien der Pflanzen zum Tragen kommt.

Pm4b:

Der Pm4b-Virulenzanteil in den Populationen lag über Jahre hinweg zumeist zwischen etwa 80 % und 100 % (s. Ergebnisbericht 2000), weshalb in den letzten Jahren auf entsprechende Analysen verzichtet wurde. Gleichzeitig gilt festzuhalten, dass bei Sorten mit ausschließlich Pm4b, die im Feld eine gute Mehлтаubonitur erlangen, der Mehлтаuschutz sich praktisch wiederum ausschließlich aus einem relativ hohen Niveau an horizontaler (quantitativer) Mehлтаuresistenz ableitet (s.o. Grundlagen).

Pm5:

Pm5 kann seine Resistenzwirkung erst in späteren Entwicklungsstadien des Weizens voll entfalten (Altersresistenz). Deshalb können mit der Virulenzanalyse an jungen Pflanzen die tatsächlichen Virulenzhäufigkeiten nur unzureichend ermittelt werden. Zurückliegende Untersuchungen weisen allerdings trotzdem auf eine zunehmende Virulenzbildung hin, wobei Pm5 anscheinend nach wie vor noch eine gewisse Schutzwirkung aufweist, insbesondere in Kombination mit der ebenfalls erst in späteren Entwicklungsstadien voll ausgeprägten Resistenz Pm6. Hier ergeben sich anscheinend ergänzende und verstärkende Abwehrreaktionen. Bei einigen Pm5+Pm6-Sorten, insbesondere jedoch bei reinen Pm5-Sorten mit guten bis sehr guten Boniturwerten im Feldbestand kommt aber auch noch ein sehr guter quantitativer Resistenzhintergrund (s. Grundlagen) mit zum Tragen.

Pm6:

Auch Pm6 entfaltet seine volle Resistenzwirkung erst mit zunehmendem Pflanzenalter. Hierdurch wird die Untersuchung der Virulenzhäufigkeit am Primärblatt zwar erschwert, trotzdem konnte mit hinlänglicher Genauigkeit eine Bestimmung erfolgen und in zurückliegenden Analysen eine Zunahme der Virulenzhäufigkeiten in einen Bereich > 50 % beobachtet werden. Entsprechende Sorten mit sehr guten Feldboniturnoten besitzen deshalb zusätzlich einen stärker wirksamen quantitativen Resistenzsockel. (S.a. Ausführungen zur Kombination Pm5+Pm6, s.o. unter Pm5).

Pm8:

Bereits in den 80er Jahren etablierte sich in Deutschland ein hohes Niveau an Pm8-Virulenz mit Werten bis 100 %. Die Werte lagen bei den letzten Analysen in 2000 im allgemeinen bei > 50 %. Wie Pm2 und Pm4b (s.o.) bietet auch Pm8 weiterhin zumeist keinen nennenswerten Krankheitsschutz. Selbst die Kombination aus den Genen Pm2+Pm4b+Pm8 bringt keinen befriedigenden Bekämpfungserfolg mehr, da ein großer Teil der Mehлтаuisolate auch die Virulenzkombination gegenüber allen drei Resistenzgenen besitzt. Zeigt also eine reine Pm8-Sorte einen guten Mehлтаuschutz, so beruht dieser praktisch ausschließlich auf guten quantitativen Resistenzeigenschaften.

Pm9 in der Genkombination Pm1+Pm2+Pm9:

Da Pm9 allein bisher nicht in einer Sorte vorlag, wurden in 2005 wiederum Virulenzanalysen zur Genkombination Pm1+Pm2+Pm9 vorgenommen, um die Wirksamkeit von Pm9 allein abschätzen zu können. Die Werte bewegten sich in 2006 zumeist zwischen etwa 0 % und 50 %. Unter Berücksichtigung der Virulenzhäufigkeiten zu Pm1 und Pm2 ergeben sich gegenüber Pm9 Werte zwischen etwa 10 % und 50 %, so dass von Pm9 allein ein nur relativ eingeschränkter Mehltenschutz ausgeht.

MIAX:

Die Virulenzhäufigkeiten gegenüber MIAX liegen noch relativ niedrig bei 0 % bis 10 %. Es kann also noch von einem guten Mehltenschutz ausgegangen werden.

U in ‚Cortez‘:

Zu der Resistenz U in ‚Cortez‘ wurden in 2002 erstmals virulente Isolate beobachtet. Von 2003 bis 2005 fanden sich wiederum vereinzelt virulente Isolate, in 2006 hingegen konnte bei einem Stichprobenumfang von 10 Isolaten keines mehr detektiert werden, wobei die Sorte ‚Cortez‘ in der Beschreibenden Sortenliste aus 2006 auch nicht mehr gelistet ist.

U in ‚Mandub‘:

Die Virulenz zur qualitativen Mehltaresistenz in der Sorte ‚Mandub‘ wird seit 2003 untersucht, wobei in 2004 erste virulente Isolate gefunden wurden. In 2006 fanden sich hingegen keine virulenten Isolate mehr.

U in ‚Punch‘:

Ebenfalls ab 2003 wird die Virulenzhäufigkeit gegenüber der qualitativen Mehltaresistenz der Sorte ‚Punch‘ untersucht. In den Erhebungen 2004 wurde dann ein erstes virulentes Isolat auffindig gemacht. Auch hier fand sich in den Erhebungen 2006 kein entsprechend virulentes Isolat mehr. Die Sorte ‚Punch‘ ist in der Beschreibenden Sortenliste 2006 nicht mehr gelistet.

U in ‚Troll‘:

Gegenüber der Resistenz U in der Sommerweizensorte ‚Troll‘ konnten in 2006 ebenfalls keine Isolate mit passender Virulenz mehr gefunden werden. Die Mehltau-Resistenz in ‚Troll‘ wäre demnach noch gut wirksam; die Sorte ‚Troll‘ selbst ist aber nicht mehr in der Beschreibenden Sortenliste 2006 vertreten.

U in ‚Vergas‘:

In 2006 schwankten die Virulenzhäufigkeiten gegenüber der Resistenz ‚U‘ in der Winterweizensorte ‚Vergas‘ in den Stichproben zwischen 0 % und 30 %, was für 2007 einen noch guten bis etwas eingeschränkten Mehlterschutz 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 inzwischen 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. in Beschreibenden Sortenliste 2006), dass bei einer Reihe von Sorten ein beachtlicher quantitativer Resistenzsockel aufgebaut wurde, der für sich allein bereits einen sehr guten Mehлтаuschutz gewährleistet. Die zusätzlich vorliegende qualitative Resistenz trägt dann teilweise nur noch einen flankierenden Schutz bei. Auf der Schiene der quantitativen Resistenzzüchtung gegenüber dem Weizenmehltau konnten deshalb in den letzten 10 Jahren erhebliche Erfolge verbucht werden.

2. Virulenz des Gerstenmehltaus

Praxisrelevante Einschätzung der Wirksamkeit (von ‚0‘ bis ‚+++‘, s. o.) der qualitativen Resistenzgene in den 2006 zugelassenen Sorten gegenüber dem Gerstenmehltau

Resistenzgen	Wirksamkeit	Bemerkungen	zuletzt untersucht
Mla3	(0)/+/++		2006
Mla6	0		1999
Mla7	0/+		2003
Mla9	+/++/(+++)	z.Z. keine Sorte	2006
Mla12	0/+		1999
Mla13	+/++/(+++)		2006
MILa	0/+		2002
Mlg	0/?		1992
MI(St)	0/(+)		2000
MI(Si-1) (SI-1)	++/+++		2006
Mlf, Mit (SI-4)	+++		2006
MI(1-B-53)	+++	erste virulente Isolate in 2005	2006
MI(WI-7)	+/++/+++	keine klare Aussage möglich	2006
Mlo9 und Mlo11	+++	sehr dauerhaft	2006
U in ‚Meltan‘	+/++/(+++)		2006
U in ‚Verena‘	++/+++		2006
U (We) in ‚Scarlett‘	0/+/++	starker Nord-Süd-Gradient	2006

Mla3 (Ri):

Bei der Virulenz gegenüber Mla3 bewegen sich die Werte aktuell zwischen 10 % und 50 %. Der Mehltauschutz durch Mla3 allein ist damit regional nur noch eingeschränkt vorhanden.

Mla6 (Sp: hier in Kombination mit Mla14):

Hohe Virulenzhäufigkeiten gegenüber Mla6 bis zu 100 % sind die Konsequenz eines über viele Jahre andauernden Selektionsprozesses durch zahlreiche Winter- sowie Sommergerstensorten. Bereits 1999 besaß ein sehr hoher Anteil von 70 % und 100 % des Gerstenmehltaus in Süddeutschland Mla6-Virulenz, so dass auf eine entsprechende Virulenzanalyse in den Folgejahren verzichtet wurde.

Mla7 (Ly: hier in Kombination mit MIK):

Nach einem Anstieg der Virulenzhäufigkeiten zu Mla7 im süddeutschen Raum auf Werte von 85 % - 100 % und im Norden Deutschlands (MV) auf 20 % - 50 % geht von Mla7 allein kaum mehr oder nur noch deutlich eingeschränkt eine Schutzwirkung aus. Sorten mit Mla7 und einer im Feld relativ guten Mehltaubonitur weisen deshalb einen hohen quantitativen Mehltauschutz auf (s.a. Grundlagen).

Virulenz des Gerstenmehltaus in Stichproben aus verschiedenen Regionen der Bundesländer SH, NI, BB, ST, HE, TH, SN, RP, BW und BY, 2006

Region	n	Mla3 Ri	Mla9 Mc	Mla13 Ru	MI(SI-1) SI-1	Mlf, Mit SI-4	MI(1-B-53) 1-B-53	MI(WI-7) WI-7	Mlo	U Meltan	U Verena	U Scarlett
Schleswig-Holstein:												
Flensburg-Kappeln-Eckernförde	10	50	20	30	0	0	0	50	0	0	0	10
Oldenburg/Neustadt-Hamburg	10	20	30	0	0	0	0	30	0	0	0	10
Niedersachsen:												
Oldenburg-Bremen-Osnabrück	10	10	20	10	10	0	0	0	0	0	0	10
Bremen-Hamburg	10	50	50	20	0	0	0	30	0	20	0	70
Hannover-Kassel	10	50	10	10	0	0	0	80	0	10	0	40
Brandenburg:												
Wittstock-Oranienburg-Potsdam	10	10	30	10	0	0	0	50	0	10	0	50
Sachsen-Anhalt:												
Magdeburg-Halle	10	20	0	30	0	0	0	20	0	20	0	40
Hessen:												
Hofgeismar-Homberg/Efze	10	40	10	10	0	0	0	40	0	20	0	60
Marburg-Giessen-Frankfurt	8	13	25	0	0	0	0	13	0	13	0	100
Limburg-Weinheim	10	40	30	0	0	0	0	60	0	0	0	100
Thüringen:												
Nordhausen-Erfurt	9	11	0	22	0	0	0	44	0	22	0	33
Erfurt-Gera-Altenburg	10	40	10	10	0	0	0	10	0	10	0	50
Sachsen:												
Leipzig-Dresden	10	20	0	10	0	0	0	40	0	0	0	0
Dresden-Görlitz	10	50	30	40	0	0	0	10	0	30	0	10
Chemnitz-Hof	10	10	0	30	0	0	0	20	0	20	0	40
Rheinland-Pfalz:												
Kaiserslautern-Trier-Mayen	8	25	0	13	0	0	0	63	0	0	0	100
Baden-Württemberg:												
Sinsheim-Crailsheim	10	20	10	0	0	0	0	10	0	0	0	50
Karlsruhe-Ulm	10	40	0	10	0	0	0	20	0	10	0	100
Bayern:												
Schweinfurt-Rothenburg	10	20	10	10	0	0	0	60	0	0	0	70
Hof-Nürnberg	10	40	30	20	0	0	0	30	0	10	10	80
Hof-Regensburg	10	20	20	10	20	0	0	10	0	10	0	90
Nürnberg-Freising	10	20	10	0	0	0	0	30	0	0	0	100
Ulm-Freising	10	30	20	0	0	0	0	30	0	10	0	90
Niederbayern	10	10	20	10	0	0	0	20	0	0	0	60

Mla9 (Mc: hier in Kombination mit MLk):

Gegenwärtig ist keine Sorte mit dieser Resistenz laut Beschreibender Sortenliste 2006 zugelassen. Trotzdem trägt der Gerstenmehltau aufgrund der Mla9-Virulenzselektion zurückliegender Jahre diese Virulenz in durchaus noch ansehnlichem Umfang in sich. Die Werte bewegen sich wie im Vorjahr bei zumeist 10 % bis 30 %, und die Virulenzfrequenz ist immer noch so hoch, dass bei Erscheinen einer neuen Sorte mit Mla9 diese Resistenz vielerorts nur einen gerade noch guten bis eingeschränkten Mehltauschutz gewährleisten würde.

Mla12 (Ar):

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

Mla13 (Ru):

Die Virulenzhäufigkeiten gegenüber Mla13 ergeben derzeit ein relativ inhomogenes Bild mit regionalen Unterschieden innerhalb Deutschlands. Die Werte bewegen sich in den Stichproben zwischen 0 % und etwa 40 %. Insgesamt ist der Selektionsdruck derzeit gering, da entsprechende Sorten nur eine relativ geringe Anbaufläche einnehmen.

MILa (La):

Wieder etwas verbessert hatte sich die Virulenzsituation gegenüber MILa in Süddeutschland nach einem gravierenden Virulenzanstieg auf regional bis 100 %. 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. Die Resistenz war etliche Jahre nicht mehr im zugelassenen Sortenspektrum anzutreffen; seit 2005 ist sie erstmalig wieder in einer Sorte enthalten.

Mlg (We [vorher CP]):

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. Die Resistenz findet sich nach wie vor in Winter- wie in Sommergerstensorten. Ein merklicher Mehltauschutz ist deshalb von Mlg nicht zu erwarten.

MI(St) (St):

Bis einschließlich 2000 stieg die Virulenz gegen MI(St) in Süddeutschland auf ein hohes Niveau mit Werten zwischen 60 % und 100 % an. Von dem Resistenzgen, das sowohl in Winter- als auch in Sommergerstensorten eingekreuzt wurde, ist gegenwärtig kein zufriedenstellender Mehltauschutz zu erwarten. Einige Sorten mit MI(St), die nach der Beschreibenden Sortenliste 2006 trotzdem eine gute Mehltaubonitur aufweisen, beziehen ihren Mehltauschutz deshalb hauptsächlich aus einer guten quantitativen Resistenzeigenschaft (vgl. Grundlagen).

MI(Si-1) (SI-1):

Eine ähnliche Situation wie im Vorjahr findet sich bei der Virulenz gegenüber MI(Si-1). Bei einer untersuchten Anzahl an Isolaten in der Stichprobe von n = 10 konnten zumeist noch keine virulenten Isolate gefunden werden. In zwei Stichproben lag der Anteil allerdings bei 10 % und 20 %. Dies weist auf eine lokal bereits etwas angeschlagene Mehltauabwehrkraft von MI(Si-1) hin.

Mlf, Mlt (SI-4):

Gegenüber dieser Resistenz wurde in 2003 erstmals eine Virulenzanalyse vorgenommen. Wie in den Vorjahren fanden sich auch in 2006 im Erhebungsraum noch keine virulenten Isolate. Die Resistenz ist demnach noch sehr gut wirksam.

MI(1-B-53) (1-B-53):

Auch gegenüber dieser Resistenz erfolgte in 2003 erstmals eine Virulenzanalyse. In 2005 fanden sich dann erstmals virulente Isolate. In 2006 konnte wiederum kein virulentes Isolat auffindig gemacht werden, so dass sich anscheinend die Virulenzsituation nicht weiter negativ weiterentwickelt hat und im allgemeinen noch von einem guten Mehltauschutz ausgegangen werden kann.

MI(WI-7) (WI-7)

Zu dieser Resistenz wurden in 2004 erstmalig Erhebungen vorgenommen. Die Analysen am Primärblatt zeigen regional bereits relativ hohe Virulenzanteile auf. Dies erstaunt insofern, da nur eine in 2004 neu zugelassene Sorte diese Resistenz trägt und diese in der Beschreibenden Sortenliste 2006 eine gute Mehltanote (3) erhielt. Es liegt deshalb nahe, dass die Resistenz MI(WI-7) am Primärblatt noch nicht voll ausgeprägt wird und somit die entsprechenden Analysen nur eine unzureichende Aussage zur tatsächlich vorhandenen Situation liefern (vgl. Ausführungen zu Pm5 und Pm6 beim Weizenmehltau). Die Ergebnisse der Virulenztests zu MI(WI-7) werden deshalb nur unter Vorbehalt wiedergegeben.

U in ‚Meltan‘:

Die Virulenzhäufigkeiten gegenüber U in ‚Meltan‘ waren auch in 2006 im gesamten Erhebungsraum zumeist relativ gering. In den Stichproben fanden sich Anteile zwischen 0 % und 30 % virulente Isolate. Die Sorte selbst ist in der Beschreibenden Sortenliste 2006 allerdings nicht mehr gelistet.

U in ‚Verena‘:

Die Sorte selbst ist nicht mehr als zugelassene Sorte in der Beschreibenden Sortenliste 2006 aufgelistet. Die Virulenzhäufigkeiten haben sich gegenüber dem Vorjahr etwas verringert, in den Stichproben pendeln sie nunmehr zwischen 0 % und 10 %.

U (We) in ‚Scarlett‘:

Nach wie vor bestehen innerhalb Deutschlands regionale Unterschiede gegenüber der Mehltaresistenz in ‚Scarlett‘. So sind im süddeutschen Raum die Virulenzhäufigkeiten inzwischen flächendeckend extrem stark angestiegen, während in der nördlichen Landeshälfte es immer noch Regionen mit Werten ≤ 20 % gibt (z.B. SH), was auf den dort bisher weitaus geringeren Selektionsdruck zurückzuführen ist. Auffällig ist auch die starke regionale Differenzierung innerhalb einiger Bundesländer wie NI oder SN.

Mlo9 und Mlo11:

Grundlagen. Die Mlo-Resistenz aller bisher in Deutschland zugelassenen Mlo-Sorten lässt sich auf zwei Quellen zurückführen. Die eine sind drei aus Äthiopien stammende 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 (s.a. Ausführungen zu quantitativer Resistenzbildung bei Fungiziden, in Grundlagen). 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 2006 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 bzw. messbar 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 und nachhaltig 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. In entsprechenden Versuchen konnten dabei nur bestimmte, scheinbar quantitativ etwas angepasste Isolate, die bereits im Labor eine erhöhte Aggressivität aufzeigten, erfolgreich infizieren. 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. Fehleinschätzungen von Mlo-Sorten unter bestimmten Klima-/Bodenverhältnissen oder zu bestimmten Wachstumsstadien sind deshalb möglich.

Aufgrund fehlender virulenter Isolate kann die Bestimmung von Mlo in Sorten und Zuchtlinien sowie eine Differenzierung von Mlo9 und Mlo11 bisher mit Hilfe des klassischen BioTests nicht erfolgen. Mit Hilfe von molekulargenetischen Methoden ist dies aber möglich, ebenso wie die Unterscheidung zwischen Mlo9 und Mlo11.