

**Fungizidresistenz bei pilzlichen Getreidepathogenen**  
**und**  
**Wirksamkeit der vertikalen (qualitativen) Mehltairesistenz**  
**bei Weizen und Gerste**

Projekt in der angewandten Forschung:

**Bestimmung der Wirkstoffsensitivitäten und Virulenzeigenschaften windverbreiteter pilzlicher Krankheitserreger am Getreide mit dem Ziel eines effektiven und auf das notwendige Maß beschränkten Fungizideinsatz sowie einer erfolgreichen Nutzung der in den Sorten vorhandenen Krankheitsresistenzen**

Für die Bundesländer:

Schleswig-Holstein ( <b>SH</b> )	Thüringen ( <b>TH</b> )
Mecklenburg-Vorpommern ( <b>MV</b> )	Sachsen ( <b>SN</b> )
Niedersachsen ( <b>NI</b> )	Rheinland-Pfalz ( <b>RP</b> )
Brandenburg ( <b>BB</b> )	Baden-Württemberg ( <b>BW</b> )
Hessen ( <b>HE</b> )	Bayern ( <b>BY</b> )

Mit finanzieller Unterstützung durch die beteiligten Länder.



**F. G. Felsenstein & B. Jaser**  
EpiLogic GmbH Agrarbiol. Forschung und Beratung  
Hohenbachernstr. 19-21  
D - 85354 Freising

Es stehen alljährlich Ergebnisberichte zum aktuellen Stand der Fungizidresistenzbildung der Krankheitserreger und zur aktuellen Virulenzsituation des Weizen- und Gerstenmehltaus zur Verfügung:

**Internet: [www.epilogic.de](http://www.epilogic.de)**

## EINFÜHRUNG

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

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

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

Der Einsatz wirksamer Fungizide ebenso wie die effiziente Nutzung der unterschiedlichen Resistenzgene und -genkombinationen der 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 Erarbeitung einer für Anbauberatung und Resistenzzüchtung aussagekräftigen Datenbasis, die den aktuellen Stand der Anpassung wiedergibt. Zudem wird im Vergleich mit dem Datenmaterial aus den zurückliegenden Jahren die Dynamik der Anpassung ersichtlich, was auch eine Abschätzung künftiger Entwicklungen erlaubt.

Die Arbeiten gliedern sich in eine

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

Untersucht werden die regionalen Populationen des jeweiligen Krankheitserregers. Repräsentative Stichproben werden dabei alljährlich mittels einer auf dem Dach eines Fahrzeuges montierten Düsensporenfalle direkt aus der Luft während der Fahrt durch das jeweilige Anbaugebiet gewonnen (s.a. ‚Warum und Wieso‘ unter [www.epilogic.de](http://www.epilogic.de)). Die Routenwahl für die Analysen 2005 ist in Abbildung 1 dargestellt. 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 Anzuchtbedingungen nicht inkubiert werden.

Im Labor werden verschiedene Analysenverfahren angewandt, um die jeweiligen Erregerigenschaften der gesammelten Pathogene zu analysieren. Die Tests erfolgen auf Einzelisolatbasis *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.

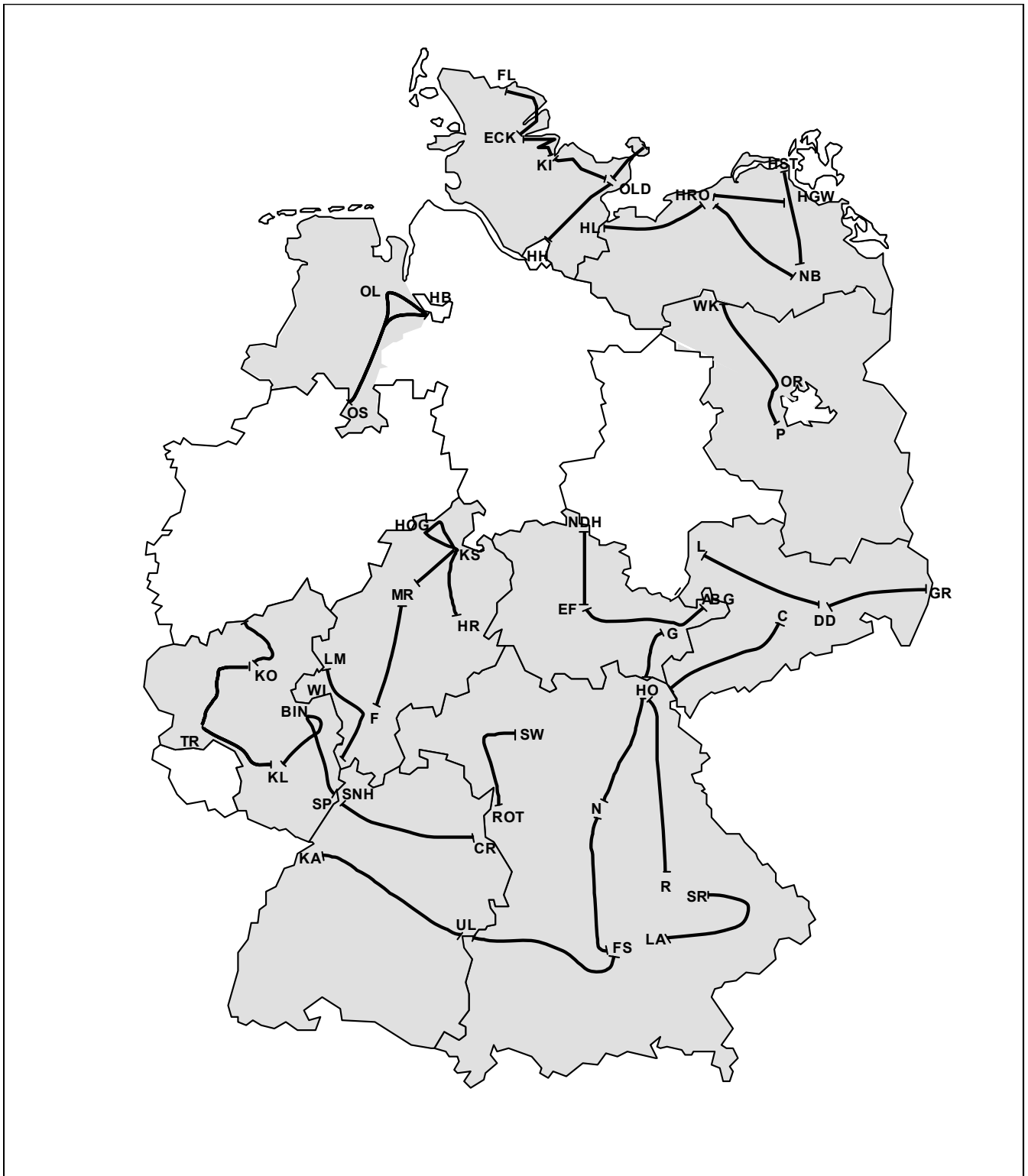


Abb. 1: Routenwahl für die Stichprobengewinnung 2005 in den Bundesländern Schleswig-Holstein, Mecklenburg-Vorpommern, Brandenburg, Niedersachsen, Hessen, Thüringen, Sachsen, Rheinland-Pfalz, Baden-Württemberg und Bayern

## 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:**

Zum einen gibt es die sog. disruptive oder qualitative Anpassungsform (single-step resistance) (Abb. 2 unten). Hier führt bereits eine einzige genetische Veränderung im Pilz zur Resistenz. Sie wird beispielsweise gegenüber den Strobilurin-Wirkstoffen (Qols) ausgebildet. Allerdings muss man hier wiederum zwischen zwei Mutationen, G143A und F129L, unterscheiden:

Die Mutation **G143A** tritt bisher bei Weizenmehltau, Gerstenmehltau, Triticale-Mehltau, *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-resistente Pilzstämme. Und letztere können sich unter entsprechendem 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 zweite bekannte Mutation **F129L**, die bisher vereinzelt bei DTR sowie bei der Netzfleckenkrankheit an Gerste in Deutschland diagnostiziert wurde, führt 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 F129L-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 F129L-Resistenz.

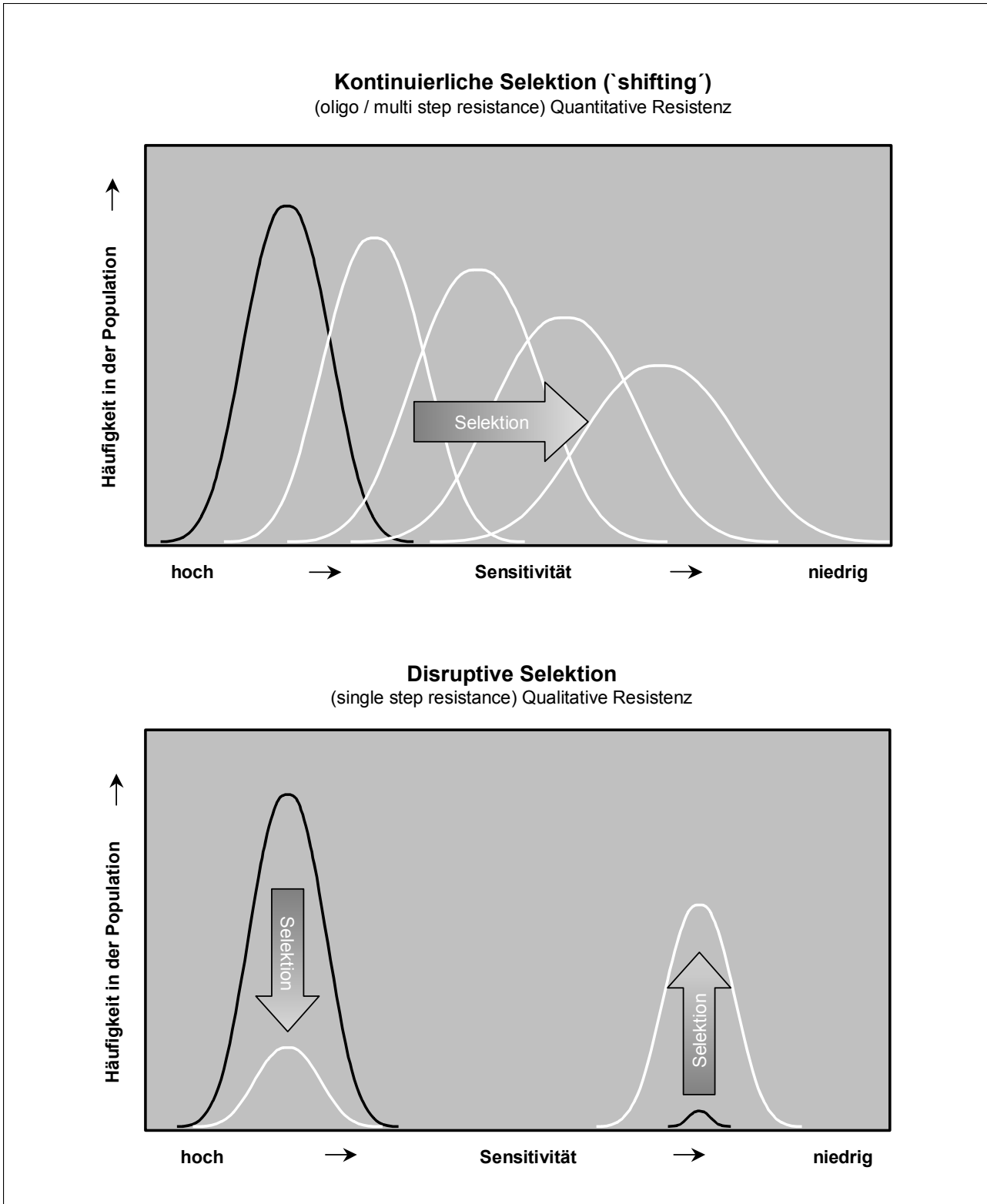


Abb. 2: Schematisierte Wiedergabe der Populationsdynamik bei einem Sensitivitätsverlust der Erregerpopulation durch kontinuierliche oder disruptive Selektion. Schwarze Kurven: Ursprüngliche Sensitivitätsverteilung; weiße Kurven: Sensitivitätsverteilung nach Selektion durch Fungizidanwendung

## 2. Quantitative (= multigene) Anpassung:

Vom Prinzip her ganz anders als die qualitative Resistenzbildung (s.o.) verläuft die sog. kontinuierliche / 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: Triazole, Morpholine, Piperidine, 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 oberen Hälfte von Abb. 2 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, ja z.T. schleichenden Anpassung (Shift) ein bestimmtes Anpassungsniveau einpendelt - die Resistenzbildung also nicht stetig und bis zur totalen Wirkungslosigkeit weiter fortschreitet. Es bildet sich wie bei einem Aktienchart eine Art Seitwärtstrendkanal aus, innerhalb dessen sich die Azol-Empfindlichkeit des Erregers je nach vorherrschendem Selektionsdruck in einem Auf und Ab bewegt (Abb. 3). 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. Bekannt ist solches z.B. aus dem Anbau von Hybridsorten, deren Nachbau für den Landwirt deshalb uninteressant ist, da sich die ideale Genkombination, welche die besonders guten Eigenschaften des „Supertyps“ Hybridsorte bedingt, in der nächsten Generation aufgrund der Neuverteilung der Gene nicht erhalten lässt.

Und: Azol ist nicht gleich Azol! In diesem Punkt wird es insofern recht komplex, da die schließlich erreichten Resistenzfaktoren bzw. -niveaus gegenüber den einzelnen Azol-Wirkstoffen ganz unterschiedlich hoch ausfallen können. Zu jedem Azol-Wirkstoff pendelt sich also über die Jahre ein ganz spezifisches Anpassungsniveau ein (Abb. 4). Diese können dann zu teilweise recht unterschiedlichen verbleibenden Bekämpfungseffektivitäten bei den verschiedenen Azolen 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 Geschwindigkeit und das Ausmaß der Wirkstoffaufnahme in die Pflanze, sowie dessen Transport und Verteilung in oder auf der Pflanze einschließlich dessen Stabilität im oder am pflanzlichen Gewebe. Die Witterungsbedingungen während und nach der Ausbringung sind ebenfalls von Bedeutung. So entfalten Azol-Derivate zumeist bei trocken-warmer Witterung ihr volles Leistungspotential, während ein Morpholin eher im feuchten und etwas kühleren Bereich optimal wirkt. 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 die Relation des aktuellen Sensitivitätsniveaus der untersuchten Population zum ursprünglich empfindlichen Niveau, woraus sich der mittlere Resistenzfaktor MRF der Erregerpopulation ableitet.**

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

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

Abb. 3: Quantitative Resistenzbildung: Stabilisierung der MRFs in einem ‚Seitwärtstrend-Kanal‘

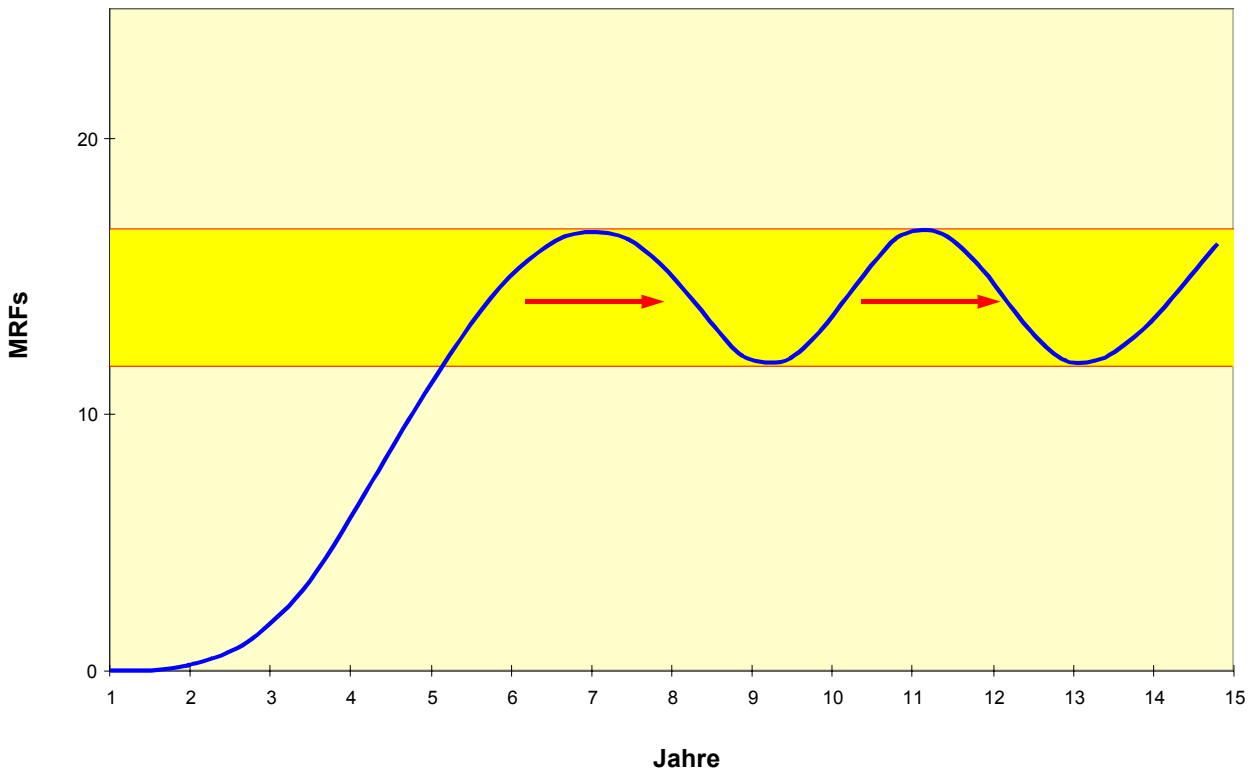
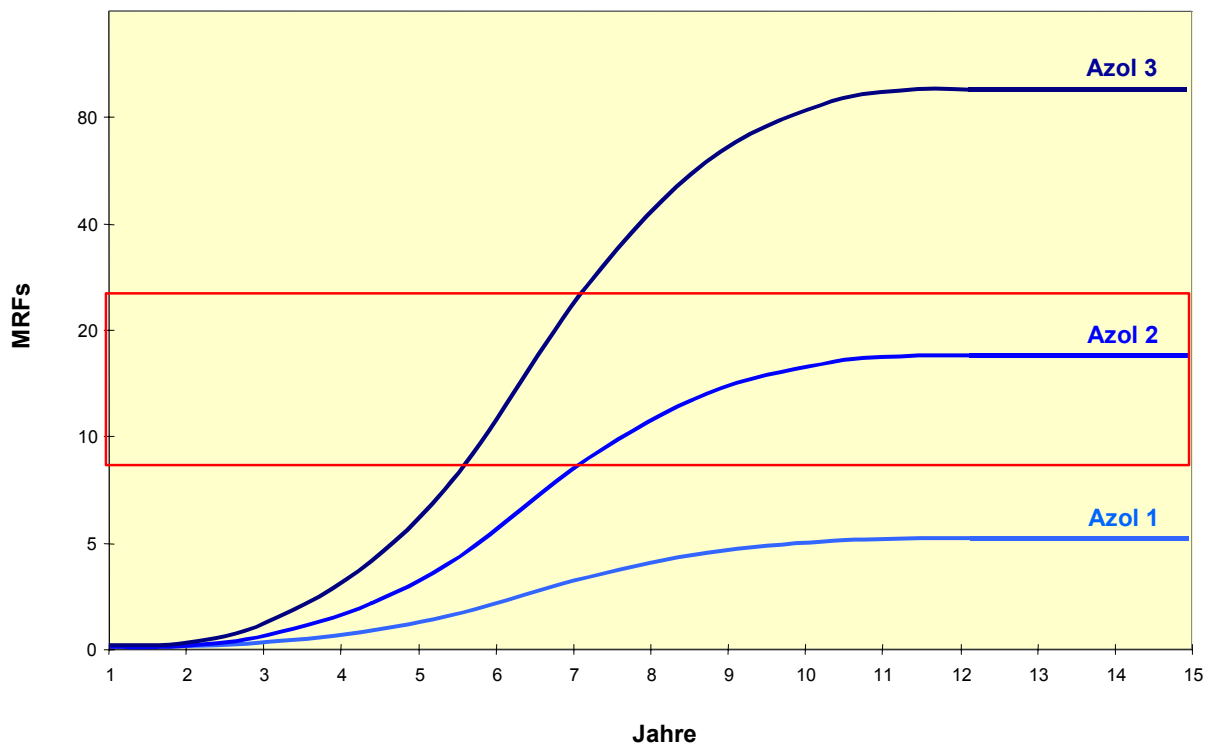


Abb. 4: Quantitative Resistenzbildung: Entwicklung der MRFs gegenüber unterschiedlichen Azolen





**Wichtig:** Um das Verständnis und die Umsetzbarkeit der im vorliegenden Situationsbericht vorgestellten Ergebnisse weiter zu erleichtern, wird neben der Beschreibung der Sensitivitätssituation zusätzlich das Ausmaß der Anpassung bzw. der Resistenzbildung mit Werten zwischen 0 und 10 vereinfachend charakterisiert und damit eine Einschätzung vorgenommen, die auch einen Vergleich der verschiedenen Wirkstoffe direkt ermöglicht. Die Beurteilung erfolgt unter Einbeziehung aller uns zur Verfügung stehenden Informationen.

**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. Gerstenmehltau
3. Weizenbraunrost
4. *Septoria tritici*
5. DTR
6. Netzfleckenkrankheit an Gerste

### 1. Wirkstoffempfindlichkeit des Weizenmehltaus

In den Untersuchungen der letzten 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 2005 lag deshalb der Schwerpunkt der Analysen auf den Wirkstoffklassen Strobilurine (Qols), Chino-line, Anilinopyrimidine und Benzophenone.

#### **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 Anfang der 90er Jahre 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 ließen 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 fast völlig auf. Die Sensitivitätssituation ist seither gegenüber den Azol-Wirkstoffen weitgehend 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 in Westeuropa 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 (4-7).

Tab. 1: Praxisrelevante Einschätzung der Sensitivitätssituation beim Weizenmehltau für 2006  
 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
<b>Triazole:</b>		
Triadimenol	Bayfidan	6/7
Propiconazol	Desmel	5
Tebuconazole	Folicur	4
Cyproconazol	Alto 100	3/4
Epoxiconazol	Opus, (Opus top)*	4/5
Prothioconazole	Input	2/3
<b>Morpholine / Piperidine / Spiroketalamine:</b>		
Fenpropimorph	Corbel	2 - 3/4
Fenpropidin	Zenit M	2 - 3
Spiroxamine	Impulse	2 - 3
<b>Strobilurine (Qols):</b>		
Kresoxim-methyl	(Juwel top)*	4 - 10
Azoxystrobin	Amistar	4 - 10
Trifloxystrobin	(Stratego)*	4 - 10
Fluoxastrobin	(Fandango)*	4 - 10
Picoxystrobin	Acanto	4 - 10
Pyraclostrobin	(Opera)*	4 - 10
<b>Chinoline:</b>		
Quinoxifen	(Juwel forte)*	1 - 4
<b>Anilinopyrimidine:</b>		
Cyprodinil	Unix	0 - 3
<b>Benzophenone:</b>		
Metrafenone	Flexity	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. Grundkagen) 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 maximal etwa 10. Das Anpassungspotential ist insgesamt als moderat einzustufen. Die vorliegenden Analysen über viele Jahre zeigen deutlich, dass bei einem MRF von etwa 10 eine ausgeprägte biologische Barriere gegen eine weitere Fenpropimorph-Resistenzbildung besteht. Ein weiterer Sensitivitätsverlust ist nur noch unter hohem Selektionsdruck möglich. Die aktuelle Situation mit MRFs zwischen 5 und 10 ist also immer noch nicht als sehr risikoreich einzustufen - eine Ausbringung mit voller 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 2005, 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 2006 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 kann. 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 Weizenmehлтаus 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 2006 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. Das Sensitivitätsniveau innerhalb Europas war damit vor der Praxisanwendung noch vollkommen ursprünglich bzw. unselektiert. Über die Art und Weise einer etwaigen Resistenzbildung war bis zu den Erhebungen 1998 wenig bekannt. In 1998 trat dann erstmals in einigen Gebieten Norddeutschlands ein überraschend hoher Anteil von > 50 % an Isolaten mit der Resistenz-Mutation G143A auf, die mit hohen Resistenzfaktoren verbunden ist (s.o., Grundlagen). Aufgrund dieser qualitativen 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 Tab. 2 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 aber klar festhalten, dass einerseits bundesweit von Strobilurin-Wirkstoffen derzeit nur eine äußerst eingeschränkte Schutzwirkung gegen den Weizenmehltau ausgeht. Interessant ist aber andererseits doch, dass sich die %-Werte in den letzten beiden Jahren vielerorts nicht weiter erhöhten, sondern eine wieder eher rückläufige Tendenz aufweisen, so dass nicht überall Wirkungslosigkeit zu konstatieren ist (z.B. in ‚Vordereifel/Hundsrück‘). Ob sich diese Entwicklung weiter fortsetzt oder es sich hier nur um ein Hin-und-Her der regionalen Resistenzanteile handelt, werden die Untersuchungen der Folgejahre aufzeigen.

Tab. 2: **Strobilurin/Qol**-Resistenz des **Weizenmehltaus** in Stichproben aus verschiedenen Regionen der Bundesländer SH, NI, BB, HE, TH, SN, RP, BW und BY, 2005

<b>Region</b>	<b>Datum</b>	<b>n</b>	<b>res. Isolate</b>	<b>% res.Isolate</b>
<b>Schleswig-Holstein:</b>				
Flensburg-Kappeln-Eckernförde	14.07.	10	7	<b>70</b>
Rendsburg-Eckernförde-Kiel	14.07.	10	8	<b>80</b>
Oldenburg/Neustadt-Hamburg	23.06.	10	6	<b>60</b>
<b>Niedersachsen:</b>				
Oldenburg-Bremen-Osnabrück	22.06.	10	4	<b>40</b>
<b>Brandenburg:</b>				
Wittstock-Oranienburg-Potsdam	23.06.	10	4	<b>40</b>
<b>Hessen:</b>				
Hofgeismar-Homberg/Efze	22.06.	10	5	<b>50</b>
Marburg-Giessen-Frankfurt	22.06.	10	4	<b>40</b>
Limburg-Weinheim	16.06.	10	7	<b>70</b>
<b>Thüringen:</b>				
Nordhausen-Erfurt	17.06.	10	4	<b>40</b>
Erfurt-Gera-Altenburg	17.06.	10	7	<b>70</b>
<b>Sachsen:</b>				
Leipzig-Dresden	17.06.	10	6	<b>60</b>
Dresden-Görlitz	29.06.	10	8	<b>80</b>
Chemnitz-Hof	17.06.	10	5	<b>50</b>
<b>Rheinland-Pfalz:</b>				
Rheinbach-Koblenz	16.06.	10	4	<b>50</b>
Kaiserslautern-Trier-Mayen	16.06.	10	0	<b>0</b>
Speyer-Bingen-Kaiserslautern	16.06.	10	4	<b>40</b>
<b>Baden-Württemberg:</b>				
Sinsheim-Crailsheim	16.06.	10	4	<b>40</b>
Karlsruhe-Ulm	16.06.	10	9	<b>90</b>
<b>Bayern:</b>				
Schweinfurt-Rothenburg	22.06.	10	7	<b>70</b>
Hof-Nürnberg	17.06.	10	1	<b>10</b>
Hof-Regensburg	17.06.	10	0	<b>0</b>
Nürnberg-Freising	16.06.	10	2	<b>20</b>
Ulm-Freising	16.06.	10	4	<b>40</b>
Niederbayern	24.06.	10	6	<b>60</b>

## **D) Chinoline**

### Quinoxyfen:

Das Chinolin-Derivat Quinoxyfen stand 1997 erstmalig für die Mehltaubekämpfung im Getreidebau zur Verfügung. Erbrachten die Untersuchungen bis einschließlich 2000 hinsichtlich der Quinoxyfen-Empfindlichkeit des Weizenmehltaus noch keine Anzeichen einer Resistenzbildung, sowohl in qualitativer wie auch in quantitativer Hinsicht, so musste in 2001 in Norddeutschland gegenüber Quinoxyfen erstmalig eine Anpassung des Weizenmehltaus festgestellt werden. In 2004 wurden dann erstmalig in allen am Ring-Projekt beteiligten Bundesländern resistente Isolate nachgewiesen, so dass anzunehmen ist, dass inzwischen bundesweit auch in Regionen ohne Resistenzbefund angepasste Weizenmehltauisolate in latenter Form, d.h. unterhalb unserer Nachweisgrenze, vorliegen.

Dabei zeigen die angepassten Mehltäustämme gegenüber der ursprünglichen Empfindlichkeit oftmals relativ hohe Resistenzfaktoren von 100/200, so dass die Resistenzbildung des Weizenmehltaus gegenüber Quinoxyfen 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 Quinoxyfen im Feldbestand entscheidet.

Die Ergebnisse in 2005 zeigen keine negativen Veränderungen gegenüber dem Vorjahr mehr auf. Der Anteil an angepassten Isolaten liegt dabei im allgemeinen auf einem weiterhin noch relativ niedrigen Niveau zwischen 0 % und 5 % in Mittel- und Süddeutschland sowie 5 % bis etwa 15 % im Norden. Erfreulich ist, dass die Anpassungsdynamik aufgrund rasch ergriffener wirkungsvoller Maßnahmen eines Anti-Resistenzmanagements (z.B. kein empfohlener früher Einsatz des Solowirkstoffes mehr) und eines damit geringeren Selektionsdruckes insgesamt deutlich verhaltener ausfällt, als diese gegenüber den Strobilurinen zu beobachten war. In SH und MV konnte sogar erreicht werden, dass sich die Situation nicht nur stabilisierte, sondern regional die Anteile resistenter Stämme nachweislich zurückgingen. Für die meisten Regionen in Deutschland erwarten wir deshalb weiterhin einen guten Bekämpfungserfolg durch Quinoxyfen.

Tab. 3: **Quinoxifen**-Resistenz des **Weizenmehltaus** in Stichproben aus verschiedenen Regionen der Bundesländer SH, NI, BB, HE, TH, SN, RP, BW und BY, 2005

<b>Region</b>	<b>Datum</b>	<b>n</b>	<b>res. Isolate</b>	<b>% res.Isolate</b>
<b>Schleswig-Holstein:</b>				
Flensburg-Kappeln-Eckernförde	14.07.	52	7	<b>14</b>
Rendsburg-Eckernförde-Kiel	14.07.	26	3	<b>12</b>
Kiel-Oldenburg i.OH	23.06.	46	5	<b>11</b>
Puttgaden-Oldenburg/Neustadt	23.06.	50	8	<b>16</b>
Oldenburg/Neustadt-Hamburg	23.06.	50	4	<b>8</b>
<b>Niedersachsen:</b>				
Oldenburg-Bremen-Osnabrück	22.06.	50	4	<b>8</b>
<b>Brandenburg:</b>				
Wittstock-Oranienburg-Potsdam	23.06.	50	0	<b>0</b>
<b>Hessen:</b>				
Hofgeismar-Homberg/Efze	22.06.	50	1	<b>2</b>
Marburg-Giessen-Frankfurt	22.06.	43	0	<b>0</b>
Limburg-Weinheim	16.06.	50	0	<b>0</b>
<b>Thüringen:</b>				
Nordhausen-Erfurt	17.06.	50	0	<b>0</b>
Erfurt-Gera-Altenburg	17.06.	50	1	<b>2</b>
Gera-Hof	17.06.	18	0	<b>0</b>
<b>Sachsen:</b>				
Leipzig-Dresden	17.06.	50	0	<b>0</b>
Dresden-Görlitz	29.06.	40	0	<b>0</b>
Chemnitz-Hof	17.06.	42	0	<b>0</b>
<b>Rheinland-Pfalz:</b>				
Rheinbach-Koblenz	16.06.	50	0	<b>0</b>
Kaiserslautern-Trier-Mayen	16.06.	50	0	<b>0</b>
Speyer-Bingen-Kaiserslautern	16.06.	44	0	<b>0</b>
<b>Baden-Württemberg:</b>				
Sinsheim-Crailsheim	16.06.	50	2	<b>4</b>
Karlsruhe-Ulm	16.06.	40	0	<b>0</b>
<b>Bayern:</b>				
Schweinfurt-Rothenburg	22.06.	20	0	<b>0</b>
Hof-Nürnberg	17.06.	43	0	<b>0</b>
Hof-Regensburg	17.06.	43	0	<b>0</b>
Nürnberg-Freising	16.06.	50	2	<b>4</b>
Ulm-Freising	16.06.	38	1	<b>3</b>
Niederbayern	24.06.	50	0	<b>0</b>



## **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 wertvolle Verbreiterung des Fungizidspektrums auch für die Mehлтаubekämpfung dar und kann im Rahmen eines Anti-Resistenzmanagements einen konstruktiven Beitrag leisten.

Das Prinzip einer etwaigen Sensitivitätsanpassung ist bei diesem Wirkstoff hingegen noch relativ offen und die Sensitivitätsanalysen müssen deshalb beide möglichen Formen (s. Grundlagen) berücksichtigen. Bei Cyprodinil gilt 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 allerdings keine merklichen negativen Auswirkungen in der Praxis. Allerdings muss aufmerksam verfolgt werden, inwieweit sich dieser Anteil an Isolaten durch einen etwaigen stärkeren Selektionsdruck erhöht.

Die Untersuchungen in 2005 (Tab. 4) weisen wie bereits die der Vorjahre darauf hin, dass sich im Erhebungsraum seit der Markteinführung eine gewisse Selektion 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 30 %. 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 Effizienzminderung.

Tab. 4: **Cyprodinil**-Anpassung des **Weizenmehltaus** in Stichproben aus verschiedenen Regionen der Bundesländer SH, NI, BB, HE, TH, SN, RP, BW und BY, 2005: aufgelistet ist der prozentuale Anteil an Isolaten innerhalb der Stichprobe mit reduzierter Cyprodinil-Empfindlichkeit

<b>Region</b>	<b>Datum</b>	<b>n</b>	<b>Isolate mit red. Sensitivität</b>	<b>% Isolate mit red. Sensitivität</b>
<b>Schleswig-Holstein:</b>				
Flensburg-Kappeln-Eckernförde	14.07.	10	0	<b>0</b>
Rendsburg-Eckernförde-Kiel	14.07.	10	3	<b>30</b>
Oldenburg/Neustadt-Hamburg	23.06.	10	2	<b>20</b>
<b>Niedersachsen:</b>				
Oldenburg-Bremen-Osnabrück	22.06.	10	0	<b>0</b>
<b>Brandenburg:</b>				
Wittstock-Oranienburg-Potsdam	23.06.	10	0	<b>0</b>
<b>Hessen:</b>				
Hofgeismar-Homberg/Efze	22.06.	10	0	<b>0</b>
Marburg-Giessen-Frankfurt	22.06.	10	3	<b>30</b>
Limburg-Weinheim	16.06.	10	0	<b>0</b>
<b>Thüringen:</b>				
Nordhausen-Erfurt	17.06.	10	0	<b>0</b>
Erfurt-Gera-Altenburg	17.06.	10	0	<b>0</b>
<b>Sachsen:</b>				
Leipzig-Dresden	17.06.	10	0	<b>0</b>
Dresden-Görlitz	29.06.	10	0	<b>0</b>
Chemnitz-Hof	17.06.	10	1	<b>10</b>
<b>Rheinland-Pfalz:</b>				
Rheinbach-Koblenz	16.06.	10	0	<b>0</b>
Kaiserslautern-Trier-Mayen	16.06.	10	0	<b>0</b>
Speyer-Bingen-Kaiserslautern	16.06.	10	1	<b>10</b>
<b>Baden-Württemberg:</b>				
Sinsheim-Crailsheim	16.06.	10	1	<b>10</b>
Karlsruhe-Ulm	16.06.	10	0	<b>0</b>
<b>Bayern:</b>				
Schweinfurt-Rothenburg	22.06.	10	2	<b>20</b>
Hof-Nürnberg	17.06.	10	1	<b>10</b>
Hof-Regensburg	17.06.	10	1	<b>10</b>
Nürnberg-Freising	16.06.	10	0	<b>0</b>
Ulm-Freising	16.06.	10	0	<b>0</b>
Niederbayern	24.06.	10	2	<b>20</b>

## **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. Beim Weizenmehltau hat sich deshalb das Spektrum an verfügbaren Wirkstoffen mit unterschiedlichen Angriffsorten am Pilz weiter positiv aufgefächert. 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, andererseits in seinem ersten Jahr bereits regional einen intensiveren Einsatz erfuhr, wurde in 2005 wie bei Quinoxifen ein relativ intensives Monitoring durchgeführt. Die Ergebnisse (Tab. 5) ergeben für den Untersuchungsraum noch keine Anhaltspunkte für eine Resistenzbildung, so dass weiterhin von einem uneingeschränkten Bekämpfungserfolg mit Metrafenone ausgegangen werden kann.

Tab. 5: **Metrafenone**-Resistenz des **Weizenmehltaus** in Stichproben aus verschiedenen Regionen der Bundesländer SH, NI, BB, HE, TH, SN, RP, BW und BY, 2005

<b>Region</b>	<b>Datum</b>	<b>n</b>	<b>res. Isolate</b>	<b>% res.Isolate</b>
<b>Schleswig-Holstein:</b>				
Flensburg-Kappeln-Eckernförde	14.07.	52	0	<b>0</b>
Rendsburg-Eckernförde-Kiel	14.07.	26	0	<b>0</b>
Kiel-Oldenburg i.OH	23.06.	46	0	<b>0</b>
Puttgaden-Oldenburg/Neustadt	23.06.	50	0	<b>0</b>
Oldenburg/Neustadt-Hamburg	23.06.	50	0	<b>0</b>
<b>Niedersachsen:</b>				
Oldenburg-Bremen-Osnabrück	22.06.	50	0	<b>0</b>
<b>Brandenburg:</b>				
Wittstock-Oranienburg-Potsdam	23.06.	50	0	<b>0</b>
<b>Hessen:</b>				
Hofgeismar-Homberg/Efze	22.06.	50	0	<b>0</b>
Marburg-Giessen-Frankfurt	22.06.	43	0	<b>0</b>
Limburg-Weinheim	16.06.	50	0	<b>0</b>
<b>Thüringen:</b>				
Nordhausen-Erfurt	17.06.	50	0	<b>0</b>
Erfurt-Gera-Altenburg	17.06.	50	0	<b>0</b>
Gera-Hof	17.06.	18	0	<b>0</b>
<b>Sachsen:</b>				
Leipzig-Dresden	17.06.	50	0	<b>0</b>
Dresden-Görlitz	29.06.	40	0	<b>0</b>
Chemnitz-Hof	17.06.	42	0	<b>0</b>
<b>Rheinland-Pfalz:</b>				
Rheinbach-Koblenz	16.06.	50	0	<b>0</b>
Kaiserslautern-Trier-Mayen	16.06.	50	0	<b>0</b>
Speyer-Bingen-Kaiserslautern	16.06.	44	0	<b>0</b>
<b>Baden-Württemberg:</b>				
Sinsheim-Crailsheim	16.06.	50	0	<b>0</b>
Karlsruhe-Ulm	16.06.	40	0	<b>0</b>
<b>Bayern:</b>				
Schweinfurt-Rothenburg	22.06.	20	0	<b>0</b>
Hof-Nürnberg	17.06.	43	0	<b>0</b>
Hof-Regensburg	17.06.	43	0	<b>0</b>
Nürnberg-Freising	16.06.	50	0	<b>0</b>
Ulm-Freising	16.06.	38	0	<b>0</b>
Niederbayern	24.06.	50	0	<b>0</b>

## **2. Wirkstoffempfindlichkeit des Gerstenmehltaus**

Seit Jahren zeigte sich auch beim Gerstenmehltau gegenüber den Azol-Wirkstoffen eine deutliche Stagnation im Anpassungsverlauf bzw. ein weitestgehend stabiles Verharren auf dem erreichten Sensitivitätsniveau. In den Erhebungen 2005 lag deshalb der Schwerpunkt der Analysen auf den Wirkstoffklassen Strobilurine, Chinoline, Anilinopyrimidine und Benzophenone.

### **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 einen scheinbar 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 2005 ergaben sich keine Anzeichen einer deutlichen Sensitivitätsveränderung, so dass die Praxiserfahrungen mit den DMI-Derivaten aus den zurückliegenden Jahren auch auf das Anbaujahr 2006 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 (8-10).

Tab. 6: Praxisrelevante Einschätzung der Sensitivitätssituation beim Gerstenmehltau für 2006  
 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	
<b>Triazole:</b>			
Triadimenol	Baytan (Beizung)	7/8	
	Bayfidan (Blatt/Ähre)	6	
Propiconazol	Desmel	5	
Tebuconazole	Folicur	5	
Cyproconazol	Alto 100	3/4	
Epoconazol	Opus, (Opus top)*	4/5	
Prothioconazole	Input	3	
<b>Morpholine / Piperidine / Spiroketalamine:</b>			
Fenpropimorph	Corbel	1 - 3	Nord-Süd-Gefälle
Fenpropidin	Zenit M	1 - 3	Nord-Süd-Gefälle
Spiroxamine	Impulse	0/1	
<b>Strobilurine:</b>			
Kresoxim-methyl	(Juwel top)*	4 - 10	regionale Unterschiede
Azoxystrobin	Amistar	4 - 10	regionale Unterschiede
Trifloxystrobin	(Stratego)*	4 - 10	regionale Unterschiede
Fluoxastrobin	(Fandango)*	4 - 10	regionale Unterschiede
Picoxystrobin	Acanto	4 - 10	regionale Unterschiede
Pyraclostrobin	(Opera)*	4 - 10	regionale Unterschiede
<b>Chinoline:</b>			
Quinoxifen	(Fortress top)*	0	
<b>Anilinopyrimidine:</b>			
Cyprodinil	Unix	0	
<b>Benzophenone:</b>			
Metrafenone	Flexity	0	

\*nur in Kombination mit anderen Wirkstoffen auf dem Markt

## **B) Morpholine, Piperidine, Spiroketalamine**

### Fenpropimorph:

Erstmalig wurden in diesem bundesländerübergreifenden Projekt in 1993 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 Isolaten 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 recht verhalten einzustufen. Im süddeutschen Raum, wo nach wie vor ein großer Teil der Isolate immer noch die ursprüngliche Ausgangsempfindlichkeit aufweist, sind die bisherigen Anpassungsreaktionen wahrscheinlich noch nicht von echter praktischer Relevanz. Hier kann weiterhin von einem sehr guten Mehлтаuschutz durch Fenpropimorph ausgegangen werden. In Norddeutschland hingegen ist nach unseren Daten eine gewisse Einschränkung der Wirkungseffizienz nicht mehr 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 wenige Isolate Resistenzfaktoren  $\geq 20$  erreichen. Auch hier gilt es, den gegenwärtig beobachteten Nord-Südgradient mit einem relativ höheren Anteil an quantitativ angepassten Isolaten im Norden Deutschlands zu berücksichtigen - und deshalb in Norddeutschland ein Nachlassen 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 Mehлтаuschutz in ausreichender Form zu gewährleisten. Unter Berücksichtigung dieser Empfehlung eignet sich Fenpropidin aber 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 den beiden vorgenannten in ähnlicher Form darstellen. „Müsste“ deshalb, da die Kreuzresistenz 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 Spiroxamine-Empfindlichkeit also nur sehr geringfügig von dem ursprünglich vorhandenen Sensitivitätsniveau. 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 bzw. unselektiert. Zu beachten gilt nun, dass der Gerstenmehltau wie der Weizenmehltau gegenüber den Strobilurinen eine qualitative Resistenz mit der Mutation G143A mit einer stark ausgeprägter Resistenz ausbildet (s.o. Grundlagen). Da positive Kreuzresistenz gegenüber allen derzeit am Markt befindlichen Strobilurin-Derivaten vorliegt, lassen sich Ergebnisse beispielsweise zu Kresoxim-methyl im Prinzip 1:1 auf die anderen Strobilurin-Wirkstoffe und umgekehrt übertragen.

Die gegenwärtige Strobilurin-Resistenzsituation ist beim Gerstenmehltau inzwischen bundesweit relativ weit fortgeschritten, wobei im Vergleich zum Weizenmehltau die Resistenzentwicklung und -dynamik zeitlich um einige Jahre versetzt einsetzte – wiederum mit einem Nord-Süd-Gefälle. Gegenwärtig sind noch starke regionale Unterschiede innerhalb Deutschlands zu beobachten (Tab. 7), wobei vielerorts inzwischen die „Problem“-Schwelle von 20 % Anteil an der regionalen Gesamtpopulation erreicht oder überschritten wurde. In etlichen Regionen ist bei Häufigkeiten von Isolaten mit G143A-Mutation von  $\geq 30\%$  die Bekämpfung des Gerstenmehltaus durch das Strobilurin allein nicht mehr gewährleistet bzw. nur noch eingeschränkt möglich. Die Kombination mit einem geeigneten Wirkstoffpartner erscheint in diesen Regionen v.a. bei höherem Infektionsdruck oder bei anfälligen Sorten unbedingt erforderlich.



Tab. 7: **Strobilurin/Qol-Resistenz des Gerstenmehltaus** in Stichproben aus verschiedenen Regionen der Bundesländer SH, NI, BB, HE, TH, SN, RP, BW und BY, 2005

<b>Region</b>	<b>Datum</b>	<b>n</b>	<b>res. Isolate</b>	<b>% res. Isolate</b>
<b>Schleswig-Holstein:</b>				
Flensburg-Eckernförde	13.07.	7	6	<b>86</b>
Kiel-Oldenburg	23.06.	10	10	<b>100</b>
Oldenburg/Neustadt-Hamburg	23.06.	22	16	<b>73</b>
<b>Niedersachsen:</b>				
Oldenburg-Bremen-Osnabrück	22.06.	30	7	<b>23</b>
<b>Brandenburg:</b>				
Wittstock-Oranienburg-Potsdam	23.06.	4	3	<b>75</b>
<b>Hessen:</b>				
Hofgeismar-Homberg/Efze	22.06.	28	8	<b>29</b>
Marburg-Giessen-Frankfurt	22.06.	4	1	<b>25</b>
Limburg-Weinheim	16.06.	23	3	<b>13</b>
<b>Thüringen:</b>				
Nordhausen-Erfurt	17.06.	6	1	<b>17</b>
Erfurt-Gera-Altenburg	17.06.	13	9	<b>69</b>
<b>Sachsen:</b>				
Leipzig-Dresden	17.06.	30	14	<b>47</b>
Dresden-Görlitz	29.06.	7	5	<b>71</b>
Chemnitz-Hof	17.06.	30	10	<b>30</b>
<b>Rheinland-Pfalz:</b>				
Rheinbach-Koblenz	16.06.	30	5	<b>17</b>
Kaiserslautern-Trier-Mayen	16.06.	30	10	<b>33</b>
Speyer-Bingen-Kaiserslautern	16.06.	6	0	<b>0</b>
<b>Baden-Württemberg:</b>				
Sinsheim-Crailsheim	16.06.	8	2	<b>25</b>
<b>Bayern:</b>				
Schweinfurt-Rothenburg	22.06.	20	3	<b>15</b>
Hof-Nürnberg	17.06.	6	2	<b>33</b>
Hof-Regensburg	17.06.	30	3	<b>10</b>
Nürnberg-Freising	16.06.	26	6	<b>23</b>
Ulm-Freising	16.06.	3	1	<b>33</b>
Niederbayern	24.06.	8	2	<b>25</b>

## **D) Chinoline**

### Quinoxyfen

Das Chinolin-Derivat Quinoxyfen ist nunmehr seit 8 Jahren auf dem deutschen Fungizidmarkt vertreten. Während beim Weizenmehltau in 2001 erstmals Quinoxyfen-resistente Stämme auftraten konnte beim Gerstenmehltau bis 2003 noch kein Isolat mit einer Anpassung gefunden werden. In 2004 hingegen wurden im Untersuchungsraum erstmalig vereinzelt Isolate mit einer verminderten Quinoxyfen-Empfindlichkeit ( $RF \geq 15$ ) nachgewiesen. Die Ergebnisse zeigten damit, dass auch der Gerstenmehltau zu einer Anpassung an Quinoxyfen grundsätzlich fähig ist.

In den Untersuchungen in 2005 (Tab. 8) konnte hingegen kein angepasstes Isolat mehr gefunden werden. Das bedeutet, dass der prozentuale Anteil an entsprechenden Isolaten in den regionalen Populationen scheinbar nicht weiter zugenommen hat, da er zuletzt unter unserer Nachweisgrenze (hier von  $n = \max. 12$  je Region) lag. Der Anteil an Quinoxyfen-angepassten Isolate ist im Erhebungsraum demnach noch überall so gering, dass sich in der Saison 2006 noch keine negativen Auswirkungen auf die Bekämpfungseffizienz ergeben sollten, und sich Quinoxyfen nach wie vor gut zur Gerstenmehltaubekämpfung eignet. Inwieweit die Anpassung in den kommenden Jahren zunimmt, werden die künftigen Untersuchungen zeigen.

## **E) Anilinopyrimidine**

### Cyprodinil

Der Einsatz von Cyprodinil ist in der Gerste 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 Sensitivität des Weizenmehltaus (s.o.) so gilt auch beim Gerstenmehltau in Bezug auf Cyprodinil, dass innerhalb der natürlichen, ursprünglich vorkommenden Sensitivitätsstreuung der Ausgangspopulation bereits eine zweigeteilte Sensitivitätsstruktur vorkommt, in der ein kleiner Populationsanteil von  $\leq 1 \%$  eine verminderte Cyprodinil-Empfindlichkeit aufweist. Dieser sehr kleine Anteil an Isolaten mit reduzierter Cyprodinil-Sensitivität hat allerdings keine 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 2005 (Tab. 9) weisen - in gleicher Relation wie in den Vorjahren - drei Isolate mit reduzierter Cyprodinil-Empfindlichkeit im Erhebungsraum aus. Drei Mutanten auf insgesamt ca. 200 untersuchte Isolate - die Häufigkeit liegt damit bei ca. 1 % und noch im Rahmen der „natürlichen“ Vorkommensfrequenz (s.o.). Die Daten weisen deshalb noch nicht auf negative Veränderungen hinsichtlich einer Sensitivitätsanpassung des Gerstenmehltaus an Cyprodinil im Erhebungsraum hin. Der Wirkstoff eignet sich deshalb gut zur Integration in ein Anti-Resistenzmanagement.

Tab. 8: **Quinoxyfen**-Resistenz des **Gerstenmehltaus** in Stichproben aus verschiedenen Regionen der Bundesländer SH, NI, BB, HE, TH, SN, RP, BW und BY, 2005

<b>Region</b>	<b>Datum</b>	<b>n</b>	<b>res. Isolate</b>	<b>% res. Isolate</b>
<b>Schleswig-Holstein:</b>				
Kiel-Oldenburg	23.06.	10	0	<b>0</b>
Oldenburg/Neustadt-Hamburg	23.06.	12	0	<b>0</b>
<b>Niedersachsen:</b>				
Oldenburg-Bremen-Osnabrück	22.06.	12	0	<b>0</b>
<b>Brandenburg:</b>				
Wittstock-Oranienburg-Potsdam	23.06.	4	0	<b>0</b>
<b>Hessen:</b>				
Hofgeismar-Homberg/Efze	22.06.	12	0	<b>0</b>
Marburg-Giessen-Frankfurt	22.06.	4	0	<b>0</b>
Limburg-Weinheim	16.06.	12	0	<b>0</b>
<b>Thüringen:</b>				
Nordhausen-Erfurt	17.06.	6	0	<b>0</b>
Erfurt-Gera-Altenburg	17.06.	12	0	<b>0</b>
<b>Sachsen:</b>				
Leipzig-Dresden	17.06.	12	0	<b>0</b>
Dresden-Görlitz	29.06.	7	0	<b>0</b>
Chemnitz-Hof	17.06.	12	0	<b>0</b>
<b>Rheinland-Pfalz:</b>				
Rheinbach-Koblenz	16.06.	12	0	<b>0</b>
Kaiserslautern-Trier-Mayen	16.06.	12	0	<b>0</b>
Speyer-Bingen-Kaiserslautern	16.06.	6	0	<b>0</b>
<b>Baden-Württemberg:</b>				
Sinsheim-Crailsheim	16.06.	8	0	<b>0</b>
<b>Bayern:</b>				
Schweinfurt-Rothenburg	22.06.	12	0	<b>0</b>
Hof-Nürnberg	17.06.	6	0	<b>0</b>
Hof-Regensburg	17.06.	12	0	<b>0</b>
Nürnberg-Freising	16.06.	12	0	<b>0</b>
Ulm-Freising	16.06.	3	0	<b>0</b>
Niederbayern	24.06.	8	0	<b>0</b>

Tab. 9: **Cyprodinil**-Anpassung des **Gerstenmehltaus** in Stichproben aus verschiedenen Regionen der Bundesländer SH, NI, BB, HE, TH, SN, RP, BW und BY, 2005: aufgelistet ist der prozentuale Anteil an Isolaten innerhalb der Stichprobe mit reduzierter Wirkstoff-Empfindlichkeit

<b>Region</b>	<b>Datum</b>	<b>n</b>	<b>Isolate mit red. Sensitivität</b>	<b>% Isolate mit red. Sensitivität</b>
<b>Schleswig-Holstein:</b>				
Kiel-Oldenburg	23.06.	10	0	0
Oldenburg/Neustadt-Hamburg	23.06.	12	0	0
<b>Niedersachsen:</b>				
Oldenburg-Bremen-Osnabrück	22.06.	12	0	0
<b>Brandenburg:</b>				
Wittstock-Oranienburg-Potsdam	23.06.	4	0	0
<b>Hessen:</b>				
Hofgeismar-Homberg/Efze	22.06.	12	0	0
Marburg-Giessen-Frankfurt	22.06.	4	0	0
Limburg-Weinheim	16.06.	12	1	8
<b>Thüringen:</b>				
Nordhausen-Erfurt	17.06.	6	0	0
Erfurt-Gera-Altenburg	17.06.	12	0	0
<b>Sachsen:</b>				
Leipzig-Dresden	17.06.	12	0	0
Dresden-Görlitz	29.06.	7	0	0
Chemnitz-Hof	17.06.	12	0	0
<b>Rheinland-Pfalz:</b>				
Rheinbach-Koblenz	16.06.	12	0	0
Kaiserslautern-Trier-Mayen	16.06.	12	0	0
Speyer-Bingen-Kaiserslautern	16.06.	6	0	0
<b>Baden-Württemberg:</b>				
Sinsheim-Crailsheim	16.06.	8	0	0
<b>Bayern:</b>				
Schweinfurt-Rothenburg	22.06.	12	1	8
Hof-Nürnberg	17.06.	6	1	17
Hof-Regensburg	17.06.	12	0	0
Nürnberg-Freising	16.06.	12	0	0
Ulm-Freising	16.06.	3	0	0
Niederbayern	24.06.	8	0	0

## 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 möglichen Anpassung (s. Grundlagen) berücksichtigen müssen. Die ersten Ergebnisse aus 2005 (Tab. 10) ergeben für den Untersuchungsraum noch keine Anhaltspunkte für eine Resistenzentwicklung, so dass in 2006 von einem uneingeschränkten Bekämpfungserfolg mit Metrafenone ausgegangen werden kann.

Tab. 10: **Metrafenone**-Resistenz des **Gerstenmehltaus** in Stichproben aus verschiedenen Regionen der Bundesländer SH, NI, BB, HE, TH, SN, RP, BW und BY, 2005

<b>Region</b>	<b>Datum</b>	<b>n</b>	<b>res. Isolate</b>	<b>% res. Isolate</b>
<b>Schleswig-Holstein:</b>				
Kiel-Oldenburg	23.06.	10	0	<b>0</b>
Oldenburg/Neustadt-Hamburg	23.06.	12	0	<b>0</b>
<b>Niedersachsen:</b>				
Oldenburg-Bremen-Osnabrück	22.06.	12	0	<b>0</b>
<b>Brandenburg:</b>				
Wittstock-Oranienburg-Potsdam	23.06.	4	0	<b>0</b>
<b>Hessen:</b>				
Hofgeismar-Homberg/Efze	22.06.	12	0	<b>0</b>
Marburg-Giessen-Frankfurt	22.06.	4	0	<b>0</b>
Limburg-Weinheim	16.06.	12	0	<b>0</b>
<b>Thüringen:</b>				
Nordhausen-Erfurt	17.06.	6	0	<b>0</b>
Erfurt-Gera-Altenburg	17.06.	12	0	<b>0</b>
<b>Sachsen:</b>				
Leipzig-Dresden	17.06.	12	0	<b>0</b>
Dresden-Görlitz	29.06.	7	0	<b>0</b>
Chemnitz-Hof	17.06.	12	0	<b>0</b>
<b>Rheinland-Pfalz:</b>				
Rheinbach-Koblenz	16.06.	12	0	<b>0</b>
Kaiserslautern-Trier-Mayen	16.06.	12	0	<b>0</b>
Speyer-Bingen-Kaiserslautern	16.06.	6	0	<b>0</b>
<b>Baden-Württemberg:</b>				
Sinsheim-Crailsheim	16.06.	8	0	<b>0</b>
<b>Bayern:</b>				
Schweinfurt-Rothenburg	22.06.	12	0	<b>0</b>
Hof-Nürnberg	17.06.	6	0	<b>0</b>
Hof-Regensburg	17.06.	12	0	<b>0</b>
Nürnberg-Freising	16.06.	12	0	<b>0</b>
Ulm-Freising	16.06.	3	0	<b>0</b>
Niederbayern	24.06.	8	0	<b>0</b>

### **3. Wirkstoffempfindlichkeit des Weizenbraunrosts**

#### **Strobilurine (Qols):**

Die Sensitivitätsanalysen zum Weizenbraunrost konzentrierten sich auch in 2005 auf eine etwaige Resistenzbildung gegenüber den Strobilurin-Derivaten. Erhebungen zu den Azolen wurden in zurückliegenden Jahren ab und an vorgenommen, wobei die Untersuchungen eine zwar nachweisbare, aber doch sehr langsam sich vollziehende quantitative Sensitivitätsanpassung auswiesen.

In den Untersuchungen zur Strobilurin-Empfindlichkeit des Weizenbraunrosts (Tab. 11) konnten auch in 2005 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 Anpassungssituation beim Weizenbraunrost ist im Gegensatz zur Situation beim Weizenmehltau (s.o.) oder bei *Septoria tritici* (s.u.) noch vollkommen entspannt. In 2006 sind deshalb keinerlei Wirkungseinbußen aufgrund einer Resistenzbildung zu erwarten.

Praxisrelevante Einschätzung der Sensitivitätssituation beim Weizenbraunrost für 2006:

Bewertungsschlüssel 0 bis 10 (s.o. Grundlagen)

0: keine Anzeichen einer Resistenzbildung → keine Wirkungseinbußen

10: maximal fortgeschrittener Sensitivitätsverlust → voller Wirkungsverlust

**Bewertungszahl für Strobilurine: 0**

Tab. 11: **Strobilurin/QoI-Resistenz des Weizenbraunrosts** in Stichproben aus verschiedenen Regionen der Bundesländer SH, NI, BB, HE, TH, SN, RP, BW und BY, 2005

<b>Region</b>	<b>Datum</b>	<b>n</b>	<b>res. Isolate</b>	<b>% res. Isolate</b>
<b>Schleswig-Holstein:</b>				
Oldenburg/Neustadt-Hamburg	23.06.	13	0	0
<b>Niedersachsen:</b>				
Oldenburg-Bremen-Osnabrück	22.06.	13	0	0
<b>Brandenburg:</b>				
Wittstock-Oranienburg-Potsdam	23.06.	29	0	0
<b>Hessen:</b>				
Hofgeismar-Homberg/Efze	22.06.	10	0	0
Marburg-Giessen-Frankfurt	22.06.	3	0	0
Limburg-Weinheim	16.06.	25	0	0
<b>Thüringen:</b>				
Nordhausen-Erfurt	17.06.	3	0	0
Erfurt-Gera-Altenburg	17.06.	9	0	0
<b>Sachsen:</b>				
Leipzig-Dresden	17.06.	3	0	0
Dresden-Görlitz	29.06.	3	0	0
<b>Rheinland-Pfalz:</b>				
Rheinbach-Koblenz	16.06.	40	0	0
Kaiserslautern-Trier-Mayen	16.06.	25	0	0
Speyer-Bingen-Kaiserslautern	16.06.	7	0	0
<b>Baden-Württemberg:</b>				
Sinsheim-Crailsheim	16.06.	24	0	0
Karlsruhe-Ulm	16.06.	46	0	0
<b>Bayern:</b>				
Schweinfurt-Rothenburg	22.06.	25	0	0
Hof-Regensburg	17.06.	3	0	0
Nürnberg-Freising	16.06.	14	0	0
Niederbayern	24.06.	7	0	0

#### **4. 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 (s.a.o. Einführung). 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 Tab. 12 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 2005. Die aktuelle Situation weist für Nord- und Mitteldeutschland hohe Resistenzhäufigkeiten > 50 % aus. Hier muss in 2006 (wieder) mit deutlichen Wirkungseinbußen gerechnet werden.

Die Ergebnisse lassen nach wie vor ein Nord-Süd-Gefälle innerhalb Deutschlands erkennen. Dabei können insbesondere in Süddeutschland (sub-)regional durchaus noch größere Unterschiede im Resistenzanteil und damit in der Wirksamkeit der Strobilurine bestehen. Auf die eingeschränkte Repräsentativität von Stichproben aus Feldbeständen für eine größere Region sei hier deshalb nochmals ausdrücklich hingewiesen! Bei nunmehr Werten zwischen 30 % und 40 % darf in 2006 aber auch im süddeutschen Raum nicht mehr automatisch von einer zufriedenstellenden Strobilurinwirkung bei *Septoria tritici* ausgegangen werden.

Praxisrelevante Einschätzung der Sensitivitätssituation bei *Septoria tritici* für 2006:

Bewertungsschlüssel 0 bis 10 (s. o. Grundlagen)

0: keine Anzeichen einer Resistenzbildung → keine Wirkungseinbußen

10: maximal fortgeschrittener Sensitivitätsverlust → voller Wirkungsverlust

**Bewertungszahl für Strobilurine: 3 - 10 regionale Unterschiede!**



Tab. 12: **Strobilurin/QoI-Resistenz** von ***Septoria tritici*** in Stichproben aus Feldbeständen in den Bundesländern SH, MV, NI, BB, ST, HE, TH, SN, RP, BW und BY, 2002 - 2005; Mittelwert des Anteils an Strobilurinresistenz mit G143A-Mutation je Bundesland und Jahr in %

Region	2002	2003	2004	2005
Schleswig-Holstein	2	71	59	84
Mecklenburg-Vorpommern	0	30	54	
Niedersachsen (LWK Weser-Ems)			58	96
Niedersachsen (LWK Hannover)	0	62		
Brandenburg			43	71
Sachsen-Anhalt			48	67
Hessen	0	28	57	61
Thüringen	0	13	30	68
Sachsen	0	1	13	60
Rheinland-Pfalz	0	0	11	41
Baden-Württemberg	0	0	1	31
Bayern	0	7	7	38

**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 gewisse Anpassung vollzogen. Glücklicherweise handelt es sich dabei aber um eine sog. quantitative Anpassung, die nur über die Mutation bzw. Veränderung mehrerer Gene im Erreger vollzogen werden kann. Sie ist deshalb auch vollkommen anders zu bewerten als die monogen bedingte qualitative Resistenzbildung gegenüber den Strobilurin-Derivaten (s.o., Grundlagen). Die quantitative Anpassung vollzieht sich praktisch immer in zwei Phasen bzw. Entwicklungsabschnitten. Nach (relativ vielen) Jahren der schrittweisen, ja z.T. schleichenden Anpassung (Shift: Phase 1) folgt eine Stabilisierungsphase (Phase 2), in der sich die Sensitivität des Erregers auf einem erreichten Resistenzniveau einpendelt. Die Resistenzbildung schreitet also nicht stetig und bis zur totalen Wirkungslosigkeit fort, sondern es bildet sich in der Regel eine Art Seitwärtstrendkanal aus, innerhalb dessen sich die Azol-Empfindlichkeit des Erregers dann je nach aktuellem Selektionsdruck in einem Auf und Ab bewegt (s.o. Grundlagen). Allerdings können die dabei erreichten Resistenzlevels gegenüber den einzelnen Wirkstoffen ganz unterschiedlich hoch ausfallen, zu jedem Azol-Wirkstoff bildet sich nach dem Shift also ein jeweils ganz spezifisches Anpassungsniveau aus. Die Azol-Wirkstoffe können sich deshalb in ihrer verbleibenden Bekämpfungseffektivität durchaus stärker unterscheiden, was die Beurteilung der Sensitivitätssituation natürlich erheblich erschwert, da im Prinzip zu jedem Azol-Wirkstoff eigene Untersuchungen für eine genaue Betrachtung erforderlich wären. 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 aufgrund der vorliegenden Strobi-Resistenzsituation und dem Mangel an Alternativen zu den Azolen, ob sich aufgrund eines erhöhten Selektionsdrucks z.B. im Norden, ein (weiterer) Sensitivitätsverlust bzw. Sensitivitäts-Shift gegenüber den Azol-Derivaten einstellte. Hierzu liegen unsererseits im Rahmen des Bundesländer-Monitoring-Projekts ausschließlich zu Epoxiconazol Daten vor, und zwar aus 2001, 2003, 2004 und 2005 (Tab. 13, sowie Abb. 5, 6 und 7). Dieser Wirkstoff dient uns bei diesem Erreger als gut wirksames Referenz-Derivat für die Azol-Gruppe. Die Erkenntnisse daraus können, wie bereits oben erwähnt, 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 der etwas geringeren Azol-Empfindlichkeit in den nördlichen Bundesländern blieb in seiner Form erhalten. In 2004 wie auch in 2005 ergab sich dann allerdings 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 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 in den kommenden Jahren einen höheren Stellenwert bei der *Septoria tritici* -Bekämpfung einnehmen werden, soll an dieser Stelle nochmals an alle Beteiligten appelliert werden, verantwortungsvoll mit dieser Wirkstoffgruppe umzugehen!

Praxisrelevante Einschätzung der Sensitivitätssituation bei *Septoria tritici* für 2006:

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!**

Tab. 13: **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 - 2005; Testverfahren: *in vitro* (Mikrotiter)

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

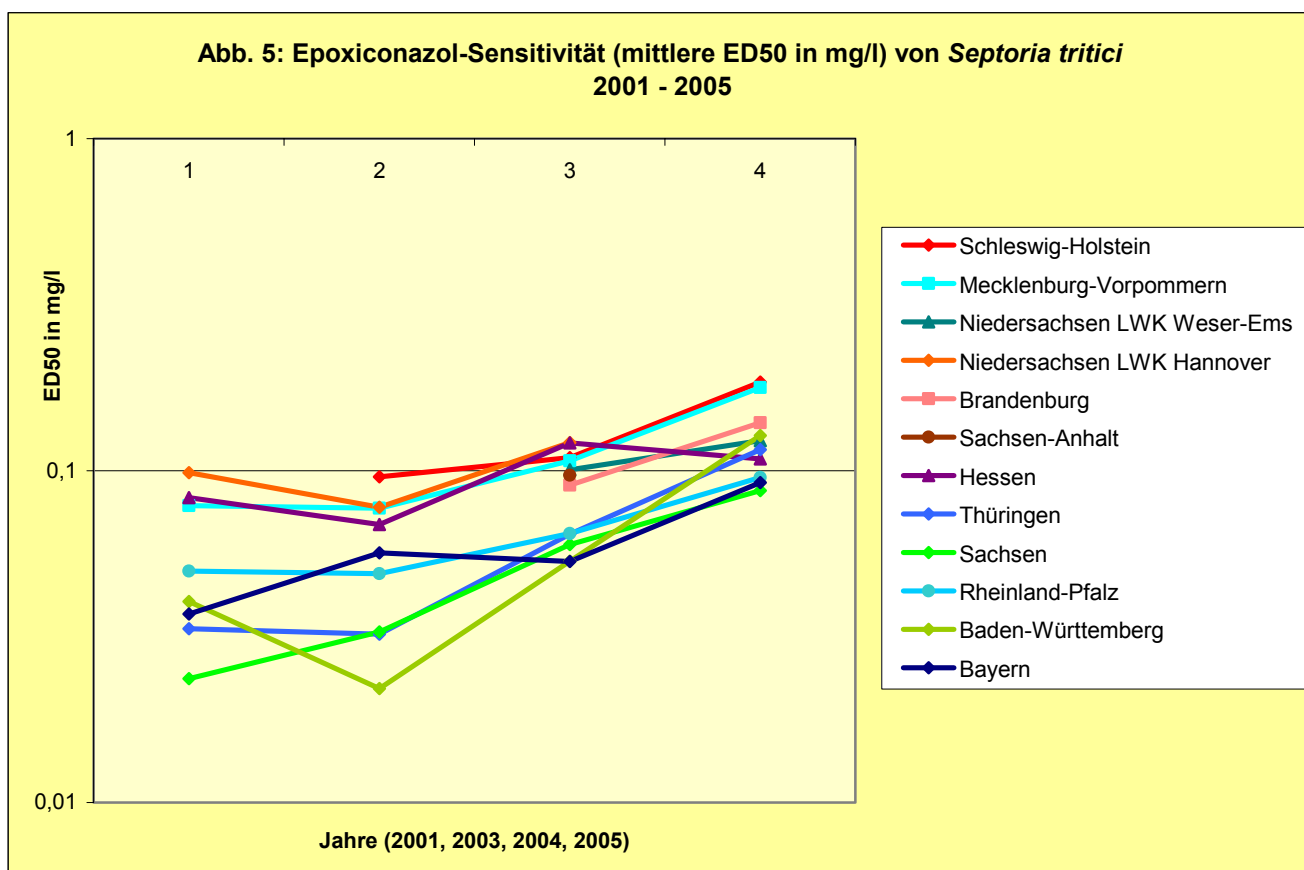
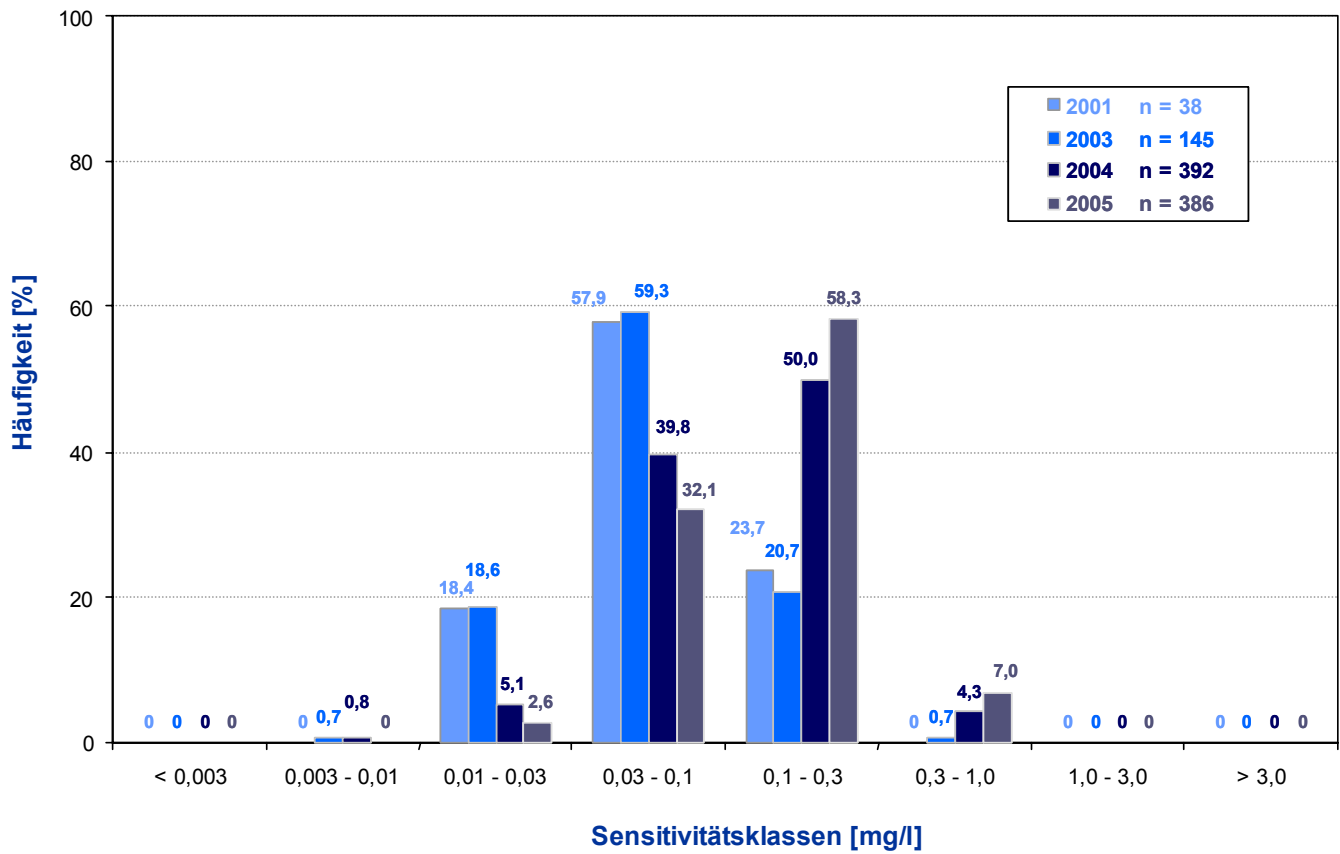


Abb. 6: Sensitivitätsverteilung (ED50) von *Septoria tritici* gegenüber Epoxiconazol von 2001 bis 2005 in Deutschland



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

### **Strobilurine (Qols):**

Neu aufgenommen in die Untersuchungen des Bundesländer-Monitoring-Projektes wurde in 2005 der Erreger *Drechslera/Pyrenophora tritici repentis* (DTR; früher HTR). 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 erste Analysen mit aufgenommen wurde. Kompliziert macht die Sache hier, dass bei diesem Erreger zwei verschiedene genetische Mutationen, zum einen die G143A und des weiteren die F129L, die beide Strobilurinresistenz auslösen, auftreten können. Dies erschwert natürlich die Beurteilung der Situation, zumal die G143A-Mutation starke Strobilurin-Resistenz hervorruft, während die F129L-Mutation zu nur relativ geringen Sensitivitätseinbußen führt (s.o. Grundlagen).

Das Monitoring in 2005 wurde durch eine ausreichende Isolatgewinnung noch eingeschränkt, da in den allermeisten Fällen bei den wenigen uns zugesandten DTR-Feldproben oftmals anscheinend 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. Wir haben deshalb nochmals die uns zugesandten *Septoria tritici* -Proben durchgesehen und hierbei einige DTR-Isolate isolieren können. Das sich daraus ergebende Bild findet sich in Tab. 14. Es ist ähnlich der *Septoria*-Tabelle aufgebaut. Die Ergebnisse stützen sich dabei auf reine *in vitro* -Untersuchungen mit der Analyse von Einzelisolaten. Aus der - wenn auch noch relativ dünnen (!) - Datenbasis von gesamt n = 75 Isolaten geht hervor, dass die G143A-Mutation doch schon etwas weiter verbreitet scheint als bisher vielleicht angenommen und durchaus schon von lokaler Praxisrelevanz sein kann. Der relativ hohe Anteil entsprechender Isolate in SH oder Nord-HE ist hierzu auffallend. Die Daten sind zwar noch nicht sonderlich repräsentativ, die Erfahrungen beispielsweise zu Weizenmehltau oder *Septoria tritici* lassen aber eine ungünstig-dynamische Entwicklung erwarten, zumal bei Resistenzbefund die Isolate überwiegend die Mutation G143A trugen. Obwohl also die Datendichte für Deutschland derzeit noch relativ dünn ist, lassen die bisherigen Ergebnisse aber bereits für den nordwestdeutschen Raum erste Wirkungseinbußen auf lokaler Ebene erwarten.

Praxisrelevante Einschätzung der Sensitivitätssituation bei DTR für 2006:

Bewertungsschlüssel 0 bis 10 (s. o. Grundlagen)

0: keine Anzeichen einer Resistenzbildung → keine Wirkungseinbußen

10: maximal fortgeschrittener Sensitivitätsverlust → voller Wirkungsverlust

**Bewertungszahl für Strobilurine: 0 - 8 regionale Unterschiede!**

**wirkstoffspezifische Unterschiede v.a. bei F129L!**

Tab. 14: **Strobilurin/QoI-Resistenz von *Pyrenophora tritici-repentis* (DTR)** in Stichproben aus Feldbeständen in den Bundesländern SH, HE, TH, RP und BY, 2005; %-Anteil an Isolaten mit a) Teilresistenz, wahrscheinlich/zumeist ausgelöst durch F129L-Mutation und b) starker Resistenzausprägung, wahrscheinlich hervorgerufen durch G143A-Mutation; Testverfahren: *in vitro* (Mikrotiter);

<b>Region</b>	<b>Standorte/ Proben</b>	<b>n</b>	<b>Isolatanzahl a) + b)</b>	<b>%-Anteil a) + b)</b>	<b>%-Anteil a) F129L*</b>	<b>%-Anteil b) G143A*</b>
Schleswig-Holstein	4	7	4	57	0	57
Hessen (Nord)	7	25	17	68	8	60
Thüringen	6	30	3	10	7	3
Rheinland-Pfalz	1	3	0	0	0	0
Bayern	1	10	0	0	0	0

\* oder andere Mutation mit ähnlicher Auswirkung (!)

## **6. 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). Da es sich bei der Netzfleckenkrankheit an Gerste wie beim Weizen- und Gerstenmehltau um einen im Prinzip sehr anpassungsfreudigen Krankheitserreger handelt, war es um so erstaunlicher, dass trotz des teilweise erheblichen Selektionsdrucks durch Strobilurin-Wirkstoffe bis einschließlich 2003 keinerlei messbare Anpassungsreaktionen im Untersuchungsgebiet auftraten. 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 es aus heutiger Sicht noch nicht klar, wie sich die Resistenz auch bei künftig häufigerem Vorkommen in der Praxis äußern wird, da die Resistenz sich nur partiell ausprägt. D.h., trotz Aneignung der Resistenzmutation F129L kann der Erreger bei Anwesenheit des Strobilurin-Wirkstoffes nur in einem eingeschränkten Umfang wachsen und sich vermehren. Zudem deutet sich an, dass sich diese Resistenz gegenüber den am Markt befindlichen Strobilurin-Wirkstoffen unterschiedlich stark ausprägt, und damit sich die entsprechenden Wirkstoffe in ihrer verbleibenden Wirksamkeit - auch bei einer potentiellen Resistenzhäufigkeit von F129L in der Population von 100 % - stärker differenzieren werden, als dies bei der G143A-Mutation der Fall ist (s.o. Grundlagen).

Entgegen mancher Erwartungen blieb es auch in 2005 nur bei wenigen Einzelbefunden einer F129L-Mutation (Tab. 15). 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 2006 eine noch weitestgehend uneingeschränkte Wirkung der Strobilurin-Derivate bei der Bekämpfung der Netzflecken-Krankheit im gesamten Erhebungsraum.

Praxisrelevante Einschätzung der Sensitivitätssituation bei Netzflecken an der Gerste für 2006:

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!**



Tab. 15: **Strobilurin/QoI-Resistenz** von *Drechslera/Pyrenophora teres* (**Netzflecken an Gerste**) in Stichproben aus verschiedenen Regionen der Bundesländer SH, MV, NI, BB, HE, TH, SN, RP, BW und BY, 2005; hier: Teilresistenz, wahrscheinlich ausgelöst durch F129L-Mutation

<b>Region</b>	<b>Datum</b>	<b>n</b>	<b>res. Isolate</b>	<b>% res. Isolate</b>
<b>Schleswig-Holstein:</b>				
Flensburg-Eckernförde	13.07.	7	1	<b>14</b>
Oldenburg/Neustadt-Hamburg	23.06.	20	0	<b>0</b>
<b>Mecklenburg-Vorpommern:</b>				
Rostock-Greifswald	23.06.	10	0	<b>0</b>
Stralsund-Neubrandenburg	23.06.	10	1	<b>10</b>
Neubrandenburg-Prenzlau	29.06.	5	0	<b>0</b>
<b>Niedersachsen:</b>				
Oldenburg-Bremen-Osnabrück	22.06.	33	0	<b>0</b>
<b>Brandenburg:</b>				
Wittstock-Oranienburg-Potsdam	23.06.	6	0	<b>0</b>
<b>Hessen:</b>				
Hofgeismar-Homberg/Efze	22.06.	6	0	<b>0</b>
Marburg-Giessen-Frankfurt	22.06.	12	0	<b>0</b>
Limburg-Weinheim	16.06.	2	0	<b>0</b>
<b>Thüringen:</b>				
Nordhausen-Erfurt	17.06.	2	0	<b>0</b>
<b>Sachsen:</b>				
Leipzig-Dresden	17.06.	3	0	<b>0</b>
Dresden-Görlitz	29.06.	3	0	<b>0</b>
<b>Rheinland-Pfalz:</b>				
Rheinbach-Koblenz	16.06.	10	0	<b>0</b>
Kaiserslautern-Trier-Mayen	16.06.	2	0	<b>0</b>
Speyer-Bingen-Kaiserslautern	16.06.	7	0	<b>0</b>
<b>Baden-Württemberg:</b>				
Sinsheim-Crailsheim	16.06.	11	0	<b>0</b>
Karlsruhe-Ulm	16.06.	6	0	<b>0</b>
<b>Bayern:</b>				
Schweinfurt-Rothenburg	22.06.	12	0	<b>0</b>
Nürnberg-Freising	16.06.	14	0	<b>0</b>
Ulm-Freising	16.06.	5	0	<b>0</b>
Niederbayern	24.06.	6	0	<b>0</b>

## 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 interessanter, 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 2005 für Getreide, Mais, Ölfrüchte, Leguminosen und Hackfrüchte‘ (Herausgeber: Bundessortenamt; Verlag: Deutscher Landwirtschaftsverlag GmbH, Hannover, Postfach 1440, 30014 Hannover, E-mail: [vertrieb.hannover@dlv.de](mailto: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 abgeschwächter
- 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

Tab. 16: Praxisrelevante Einschätzung der Wirksamkeit (von ‚0‘ bis ‚+++‘) der qualitativen Resistenzgene in den 2005 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	2005
Pm4b	0		2000
Pm5	+	Altersresistenz	2000
Pm6	+	Altersresistenz	2001
Pm8	0/(+)		2000
Pm9 (Pm1+Pm2+Pm9)	+ /++		2005
Pm5+Pm6	++	Synergieeffekte	2000
MIAX	+ /++ /+++		2005
U in ‚Cortez‘	+++		2005
U in ‚Mandub‘	+++		2005
U in ‚Punch‘	+++		2005
U in ‚Troll‘	++ /+++		2005
U in ‚Vergas‘	+ /++ /(+++)		2005

### Pm1:

Die Virulenzhäufigkeiten zu Pm1 bewegten sich zuletzt in 2002 zumeist in einem Bereich von 50 % +/- 25 %. Pm1 bietet nur noch einen sehr eingeschränkten Mehltauschutz. 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 Mehltauschutz bietet, so beziehen sie diesen praktisch ausschließlich aus einem relativ hohen Niveau an horizontaler (quantitativer), also rassen-/pathotypen-unabhängiger Mehltausistenz, die sich oftmals als recht dauerhaft erweist (s.o. Grundlagen).

### Pm3c:

Pm3c bot zuletzt (2002) nur noch einen geringen Mehltauschutz mit Virulenzhäufigkeiten von zumeist > 50 %. Gegenwärtig findet sich unter den zugelassenen Sorten jedoch keine mit dieser Resistenz.

Tab. 17: **Virulenz des Weizenmehltaus** in Stichproben aus verschiedenen Regionen der Bundesländer SH, NI, BB, HE, TH, SN, RP, BW und BY, 2005

Region	n	Pm1+2+9	Pm3d	MIAX	Cortez	Mandub	Punch	Troll	Vergas
<b>Schleswig-Holstein:</b>									
Flensbg-Kappeln-Eckernförde	12	42	25	25	0	0	0	8	33
Rendsburg-Eckernförde-Kiel	12	33	58	33	0	0	0	17	83
Oldenburg/Neustadt-Hamburg	12	17	17	0	0	0	0	0	8
<b>Niedersachsen:</b>									
Oldenburg-Bremen-Osnabrück	12	17	0	8	0	0	0	0	25
<b>Brandenburg:</b>									
Wittstock-Oranienbg-Potsdam	12	42	8	0	0	8	8	17	25
<b>Hessen:</b>									
Hofgeismar-Homborg/Efze	12	25	17	8	0	0	0	0	8
Marburg-Giessen-Frankfurt	12	25	0	0	0	0	0	0	25
Limburg-Weinheim	12	58	17	0	8	8	0	0	17
<b>Thüringen:</b>									
Nordhausen-Erfurt	12	17	17	8	0	0	0	8	42
Erfurt-Gera-Altenburg	12	33	0	0	0	0	0	0	25
<b>Sachsen:</b>									
Leipzig-Dresden	12	33	8	0	0	0	0	0	42
Dresden-Görlitz	12	33	8	0	0	0	0	8	17
Chemnitz-Hof	12	33	17	17	0	0	0	0	25
<b>Rheinland-Pfalz:</b>									
Rheinbach-Koblenz	12	33	0	0	0	0	0	0	0
Kaiserslautern-Trier-Mayen	12	17	0	0	0	0	0	0	0
Speyer-Bingen-Kaiserslautern	12	33	0	0	0	0	0	0	17
<b>Baden-Württemberg:</b>									
Sinsheim-Crailsheim	12	8	8	8	0	0	0	0	8
Karlsruhe-Ulm	12	42	25	8	0	0	0	0	42
<b>Bayern:</b>									
Schweinfurt-Rothenburg	12	25	33	33	0	0	0	8	42
Hof-Nürnberg	12	8	0	0	0	0	0	0	0
Hof-Regensburg	12	0	0	8	0	0	0	0	0
Nürnberg-Freising	12	0	0	0	8	0	0	0	0
Ulm-Freising	12	8	17	8	0	0	0	0	8
Niederbayern	12	67	0	0	0	0	0	0	42

### Pm3d (vormals ‚Mik‘)

Gegenüber dieser Resistenz lagen die Virulenzhäufigkeiten in den Stichproben im allgemeinen zwischen 0 % und 30 %, 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 auf entsprechende Analysen auch in 2005 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 Abwehrreaktion. Bei einigen Pm5+Pm6-, 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 2005 zumeist zwischen etwa 15 % und 45 %. 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 Mehltauschutz ausgeht.

#### MIAX:

Die Virulenzhäufigkeiten gegenüber MIAX (vormals in der Sorte ‚Cadenza‘) liegen zumeist noch relativ niedrig bei < 10 %. Vielerorts kann also noch von einem guten Mehltauschutz ausgegangen werden. In der Beschreibenden Sortenliste 2005 ist nur eine Sorte mit MIAX aufgeführt.

#### 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, die Virulenzhäufigkeiten bewegen sich aber weiterhin zwischen 0 % bis < 10 %, was einen noch recht guten Mehltauschutz anzeigt. Die Sorte ‚Cortez‘ ist allerdings in der Beschreibenden Sortenliste aus 2005 nicht mehr gelistet.

#### U in ‚Mandub‘:

Die Virulenz zur qualitativen Mehltairesistenz in der Sorte ‚Mandub‘ wurde ab 2003 untersucht, wobei in 2004 erste virulente Isolate gefunden wurden. Auch in 2005 fanden sich vereinzelt virulente Isolate, wobei die Virulenzhäufigkeiten in den Stichprobe bei < 10 % weiterhin sehr gering sind.

#### U in ‚Punch‘:

Ebenfalls ab 2003 wurde die Virulenzhäufigkeit gegenüber der qualitativen Mehltairesistenz der Sorte ‚Punch‘ untersucht. In den Erhebungen 2004 wurde dann ein erstes virulentes Isolat ausfindig gemacht. In den Untersuchungen 2005 fand sich ebenfalls ein Isolat mit Virulenz. Die Sorte ‚Punch‘ ist in der Beschreibenden Sortenliste 2005 nicht mehr gelistet.

#### U in ‚Troll‘:

Gegenüber der Resistenz U in der Sommerweizensorte ‚Troll‘ konnten in 2005 wieder nur einige wenige Isolate mit passender Virulenz gefunden werden. Die Mehltau-Resistenz in ‚Troll‘ wäre demnach noch gut wirksam; die Sorte ‚Troll‘ selbst ist aber nicht mehr in der Beschreibenden Sortenliste 2005 vertreten.

#### U in ‚Vergas‘:

Regional angestiegen sind die Virulenzhäufigkeiten gegenüber der Resistenz ‚U‘ in der Winterweizensorte ‚Vergas‘. Die Werte schwankten in den Stichproben zwischen 0 % und maximal 83 %, was für 2006 einen regional in der Qualität unterschiedlichen Mehltauschutz anzeigt.

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

Daneben zeigt aber auch ein Vergleich der Daten mit denen von Feldbonituren (s. z.B. in Beschreibenden Sortenliste 2005), dass bei einer Reihe von zumeist jüngeren 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

Tab. 18: Praxisrelevante Einschätzung der Wirksamkeit (von ‚0‘ bis ‚+++‘, s. o.) der qualitativen Resistenzgene in den 2005 zugelassenen Sorten gegenüber dem Gerstenmehltau

Resistenzgen	Wirksamkeit	Bemerkungen	zuletzt untersucht
Mla1	++	z.Z. keine Sorte	1998
Mla3	(0)/+/++		2005
Mla6	0		1999
Mla7	0/+		2003
Mla9	+ /++ /+++	z.Z. keine Sorte	2005
Mla12	0/+		1999
Mla13	+ /++ /+++		2005
MILa	0/+		2002
Mlg	0/?		1992
MI(St)	0/(+)		2000
MI(Si-1) (SI-1)	++ /+++		2005
Mlf, Mlt (SI-4)	+++		2005
MI(1-B-53)	+++	erste virulente Isolate	2005
MI(WI-7)	+ /++ /+++	keine klare Aussage möglich	2005
Mlo9 und Mlo11	+++	sehr dauerhaft	2005
U in ‚Meltan‘	++ /+++		2005
U in ‚Verena‘	++ /+++		2005
U (We) in ‚Scarlett‘	0 /++	starker Nord-Süd-Gradient	2005

### Mla1 (Al):

Da Mla1 gegenwärtig in keiner zugelassenen Sorte vorkommt, und damit keinerlei Selektionsdruck auf die regionalen Gerstenmehltaupopulationen einwirkt, kann auf eine entsprechende Virulenzanalyse zu Gunsten anderer Linien verzichtet werden. In 1998 bewegten sich die Werte in Süddeutschland zwischen < 5 % und 20 %, was einen noch guten Mehltauschutz anzeigen würde.

### Mla3 (Ri):

Bei der Virulenz gegenüber Mla3 sind derzeit leicht ansteigende Häufigkeiten zu verzeichnen. Zudem sind regionale Unterschiede vorhanden, wobei die Werte zwischen etwa 10 % und 70 % streuen. 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. In 1999 besaß ein sehr hoher Anteil von 70 % und 100 % des Gerstenmehltaus in Süddeutschland Mla6-Virulenz.



Tab. 19: **Virulenz des Gerstenmehltaus** in Stichproben aus verschiedenen Regionen der Bundesländer SH, NI, BB, HE, SN, RP, BW und BY, 2005

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
<b>Schleswig-Holstein:</b>												
Kiel-Oldenburg i.OH	10	30	10	0	0	0	0	50	0	0	10	0
Oldenburg/Neustadt-Hamburg	12	17	17	0	0	0	0	67	0	0	17	8
<b>Niedersachsen:</b>												
Oldenburg-Bremen-Osnabrück	12	42	25	17	33	0	0	83	0	17	8	25
<b>Brandenburg:</b>												
Wittstock-Oranienbg-Potsdam	3	67	0	33	0	0	0	33	0	0	0	0
<b>Hessen:</b>												
Hofgeismar-Homberg/Efze	12	33	8	0	0	0	0	67	0	0	0	8
Marburg-Giessen-Frankfurt	4	50	25	25	0	0	0	50	0	25	0	100
Limburg-Weinheim	12	17	33	17	0	0	8	100	0	8	0	100
<b>Thüringen:</b>												
Erfurt-Gera-Altenburg	12	8	17	42	0	0	0	75	0	33	25	42
<b>Sachsen:</b>												
Leipzig-Dresden	12	33	17	17	0	0	0	75	0	8	0	17
Dresden-Görlitz	7	14	0	14	0	0	0	71	0	0	14	14
Chemnitz-Hof	12	50	33	25	0	0	0	75	0	25	0	67
<b>Rheinland-Pfalz:</b>												
Rheinbach-Koblenz	12	17	17	17	17	0	0	92	0	17	8	100
Kaiserslautern-Trier-Mayen	12	25	8	8	0	0	0	92	0	0	8	100
Speyer-Bingen-Kaiserslautern	6	0	17	0	0	0	0	33		0	0	100
<b>Baden-Württemberg:</b>												
Sinsheim-Crailsheim	7	14	14	14	0	0	0	100	0	14	14	100
<b>Bayern:</b>												
Schweinfurt-Rothenburg	12	50	25	0	0	0	0	42	0	0	0	83
Hof-Nürnberg	6	50	0	0	0	0	0	67	0	0	0	83
Hof-Regensburg	12	17	8	8	0	0	8	25	0	8	8	100
Nürnberg-Freising	12	25	17	0	0	0	0	83	0	0	0	75
Ulm-Freising	3	33	0	0	0	0	0	33	0	0	0	100
Niederbayern	8	38	13	0	0	0	0	50	0	0	0	50

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

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 Mehлтаubonitur weisen deshalb einen hohen quantitativen Mehлтаuschutz auf (s.a. Grundlagen).

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

Gegenwärtig ist keine Sorte mit dieser Resistenz laut Beschreibender Sortenliste 2005 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 % - 35 %, 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 Mehлтаuschutz 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 besitzt somit nur noch eine mäßige bis sehr geringe Wirksamkeit, weshalb auf eine Virulenzanalyse in 2005 wieder 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; in 2005 ist sie erstmalig wieder in einer Sorte enthalten.

#### Mlg (We [vorher CPI]):

Aufgrund langjähriger Erfahrungen zur Virulenz gegenüber der Resistenz Mlg wird seit längerem auf ihre Berücksichtigung im Testsortiment verzichtet. Die Resistenz Mlg wird seit mehreren Jahrzehnten genutzt, so dass bereits in den 60er Jahren ein hoher Anteil des Gerstenmehltaus die entsprechende Virulenz aufwies. Die letzten Untersuchungen in 1992 ergaben Virulenzhäufigkeiten von > 50 % - ohne eine erkennbare regionale Differenzierung. Die Resistenz findet sich nach wie vor in Winter- wie in Sommergerstensorten. Ein merklicher Mehлтаuschutz 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 Mehлтаuschutz zu erwarten. Einige Sorten mit MI(St), die nach der Beschreibenden Sortenliste 2005 trotzdem eine gute Mehлтаubonitur aufweisen, beziehen ihren Mehлтаuschutz deshalb hauptsächlich aus einer guten quantitativen Resistenzeigenschaft (vgl. Grundlagen).

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

Regional etwas angestiegen scheint die Virulenzhäufigkeit gegenüber der Resistenz MI(Si-1) zu sein. Bei einer Anzahl an untersuchten Stichproben bei n = 12 Isolaten in der Stichprobe konnten zwar zumeist noch keine virulenten Isolate gefunden werden, was einen im allgemeinen noch recht guten Mehлтаuschutz anzeigt, in zwei Stichproben lag der Anteil aber bereits bei 17 % und 33 %. Dies weist auf eine lokal bereits angeschlagene Mehлтаubwehrkraft von MI(Si-1) hin.

#### Mlf. Mlt (SI-4):

Gegenüber dieser Resistenz wurde in 2003 erstmals eine Virulenzanalyse vorgenommen. Wie in den beiden Vorjahren fanden sich auch in 2005 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 wurde in 2003 erstmals eine Virulenzanalyse vorgenommen, und es ergaben sich bis einschließlich 2004 im Erhebungsraum noch keine angepassten Isolate. In 2005 fanden sich dann gegenüber dieser Resistenz erste virulente Isolate, so dass zwar im allgemeinen noch von einem guten, aber nicht automatisch mehr von einem uneingeschränkten Mehлтаuschutz ausgegangen werden kann.

#### MI(WI-7) (WI-7)

Zu dieser Resistenz wurden in 2004 erstmalig Erhebungen vorgenommen. Die Virulenzanalysen am Primärblatt zeigen sowohl 2004 als auch 2005 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 eine gute Mehлтаuboniturnote (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 großem Vorbehalt wiedergegeben.

#### U in ‚Meltan‘:

Die Virulenzhäufigkeiten gegenüber U in ‚Meltan‘ waren auch in 2005 im gesamten Erhebungsraum zumeist relativ gering. In den Stichproben fanden sich Anteile zwischen 0 % und 33 % virulente Isolate. Die Sorte selbst ist in der Beschreibenden Sortenliste 2005 allerdings nicht mehr gelistet.

### U in ‚Verena‘:

Die Sorte selbst ist nicht mehr als zugelassene Sorte in der Beschreibenden Sortenliste 2005 aufgelistet. Trotzdem sind die Virulenzhäufigkeiten in den Stichproben lokal etwas angestiegen und pendeln nunmehr zwischen 0 % und 25 %.

### U (We) in ‚Scarlett‘:

Nach wie vor große regionale Unterschiede bestehen innerhalb Deutschlands gegenüber der Resistenzeigenschaft in der Sommergerstensorte ‚Scarlett‘. So sind im süddeutschen Raum die Virulenzhäufigkeiten extrem stark angestiegen. Im südlichen HE und SN, in RP, BW und BY liegen die Werte inzwischen generell zwischen 50 % und 100 %, so dass dort die Resistenz kaum mehr zu einem effektiven Mehltauschutz beitragen kann. In der nördlichen Hälfte von Deutschland hingegen liegen die Werte noch teilweise deutlich unter 30 %, was auf den dort bisher weitaus geringeren Selektionsdruck zurückzuführen ist. Auffällig ist dabei auch die starke regionale Differenzierung innerhalb einiger mitteldeutscher Bundesländer wie HE oder SN.

### Mlo9 und Mlo11:

**Grundlagen.** Die Mlo-Resistenz aller bisher in Deutschland zugelassenen Mlo-Sorten lässt sich auf wahrscheinlich 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 2005 immer noch **kein** Mlo-virulentes Isolat im Untersuchungsraum aufgefunden werden konnte. Trotz eines nunmehr langjährigen und massiven Selektionsdrucks hat es der Erreger im Feldbestand bisher noch nicht geschafft, sich erfolgreich an die Mlo-Resistenz anzupassen. Die Virulenzhäufigkeiten sind noch überall 0 %, was einen weiterhin sehr guten Mehltauschutz durch Mlo anzeigt.

Dass der Erreger jedoch grundsätzlich Anpassungspotential auch an diese Resistenzeigenschaft besitzt, zeigte schon vor vielen Jahren ein relativ einfacher Selektionsversuch ohne mutagene Substan-

zen. Auch wird immer wieder von angepassten Pathotypen in Gewächshausversuchen berichtet. Bisher hat es allerdings der Erreger noch nicht vermocht, ein entsprechendes Isolat unter Feldbedingungen erfolgreich zu vermehren.

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

Des Weiteren weisen die Ergebnisse darauf hin, dass eine außergewöhnlich starke **Umweltabhängigkeit bei der Expremierung der Mlo-Resistenz** besteht. Der Mehltau scheint teilweise fähig zu sein, auf gestressten Pflanzen mit dann nicht voll ausgeprägter Mlo-Resistenz erfolgreich zu infizieren. In Untersuchungen zeigte sich, dass dem Wasserhaushalt in der Pflanze offensichtlich eine entscheidende Rolle zukommt. So konnte eine deutlich erhöhte Mehltauanfälligkeit bei Gerstenpflanzen mit Mlo-Resistenz unter Wassermangel nachgewiesen werden. Dabei ist gleichzeitig hervorzuheben, dass nur bestimmte, scheinbar quantitativ etwas angepasste Isolate, die bereits im Labor eine erhöhte Aggressivität aufzeigten, in den entsprechenden Versuchen erfolgreich infizierten. Im Feld könnte dies bei Trockenheit oder vorausgehendem Wassermangel zu einer Einschränkung der Resistenzausprägung führen (z. B. bei hohem Wasserbedarf in der Schossphase der Pflanzen). Bei den Versuchen zeichneten sich zudem starke Sortenunterschiede ab. Fehleinschätzungen von Mlo-Sorten unter bestimmten Klima-/Bodenverhältnissen oder zu bestimmten Wachstumsstadien sind deshalb möglich. Auch ist damit der zuweilen beobachtete stärkere Mehltaubefall von Mlo-Sorten, besonders in der Schossphase, zu erklären.

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 nunmehr möglich, ebenso wie die Unterscheidung zwischen Mlo9 und Mlo11.