

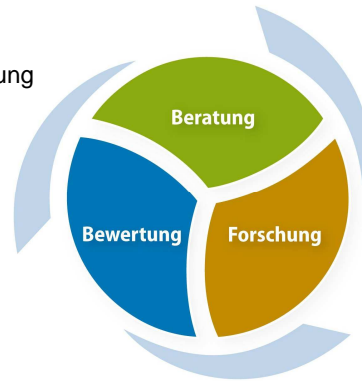
## Pflanzenschutzmittel-Resistenz – Anforderungen an den Landwirt

25. Thüringer Düngungs- und Pflanzenschutztagung  
Erfurt, 24. November 2016

**Peter Zwirger**

Udo Heimbach, Henning Nordmeyer, Dagmar Rissel, Bernd  
Rodemann, Lena Ulber,

Institut für Pflanzenschutz in Ackerbau und Grünland



[www.julius-kuehn.de](http://www.julius-kuehn.de)

## Gliederung

Einleitung

Pflanzenschutzmittel-Resistenz (Definition; Mechanismen)

Dynamik der Pflanzenschutzmittel-Resistenz

Auftreten von Pflanzenschutzmittel-Resistenzen in der Praxis

Verfügbarkeit von Pflanzenschutzmitteln

Strategien zum Resistenzmanagement

Zusammenfassung

## Pflanzenschutzmittel-Resistenz – Konsequenzen ?



### **Auftreten resistenter Schadorganismen auf einer Fläche bedeutet**

#### **für den Landwirt:**

- Verlust eines (bisher) effizienten Bekämpfungsverfahrens;
- Kostensteigerung durch Ausweichen auf andere Verfahren;
- Infragestellung der Anbauwürdigkeit von Kulturen.

#### **für die Umwelt:**

- Zusätzliche Belastungen durch die Ausbringung unwirksamer und/oder zusätzlicher Pflanzenschutzmittel.

## Pflanzenschutzmittel-Resistenz – Definitionen



### **Resistenz**

Natürlich vorhandene und erblich bedingte Fähigkeit von Biotypen einer Population, praxisübliche und höhere Pflanzenschutzmittel-Dosen zu überstehen

### **Kreuzresistenz**

Biotypen einer Population sind gegen zwei oder mehr Wirkstoffe resistent, wobei die Resistenz auf dem gleichen Mechanismus beruht

### **Multiple Resistenz**

Biotypen einer Population besitzen zwei oder mehr unterschiedliche Resistenzmechanismen

## Resistenzmechanismen

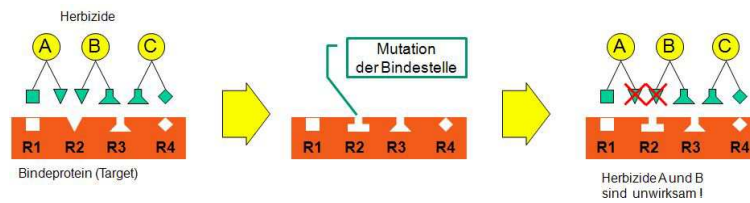


### Metabolische Resistenz:

Resistenz wird durch einen beschleunigten Wirkstoffabbau in dem resistenten Schadorganismus hervorgerufen.

### Wirkort-Resistenz:

Wirkstoff kann nicht mehr an dem bisherigen Wirkort ansetzen, da die molekulare Bindungsstelle im resistenten Schadorganismus durch eine genetische Anpassung verändert wurde.

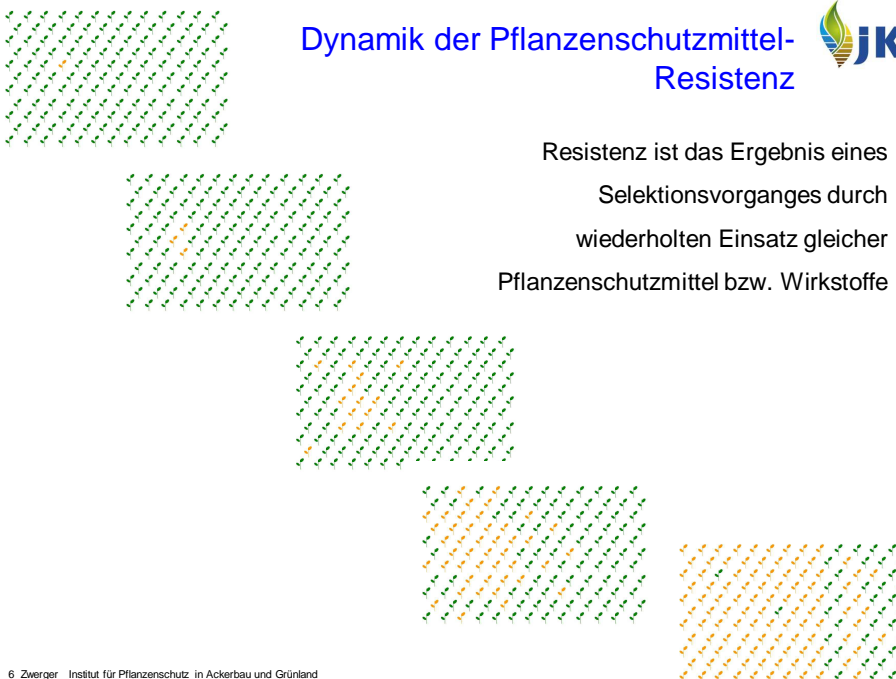


5 Zwinger Institut für Pflanzenschutz in Ackerbau und Grünland

## Dynamik der Pflanzenschutzmittel-Resistenz

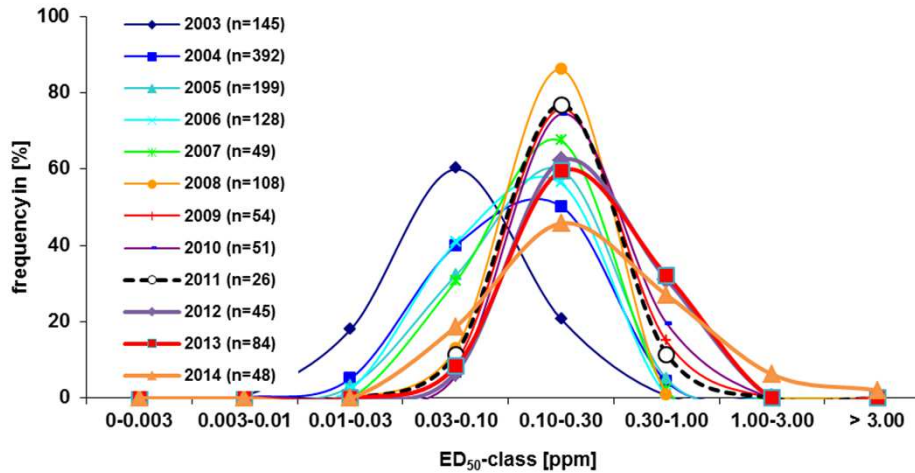


Resistenz ist das Ergebnis eines Selektionsvorganges durch wiederholten Einsatz gleicher Pflanzenschutzmittel bzw. Wirkstoffe



6 Zwinger Institut für Pflanzenschutz in Ackerbau und Grünland

## Sensitivitätsveränderung von *Septoria tritici* gegenüber Epxiconazol in Deutschland



7 Zverger Institut für Pflanzenschutz in Ackerbau und Grünland

## Prinzip der Resistenzbildung



### Schadorganismus

#### Biologie/Ökologie

- Frequenz resistenter Individuen (z. B.  $10^{-6}$ )
- Individuenabundanz
- Reproduktionsrate
- Ver- und Ausbreitungsmechanismen
- Überwinterung / Überdauerung
- Fitness der R-Typen
- ...
- annuelle Art

### Anbauverfahren / Produktionssystem

- Fruchtfolge
- Bodenbearbeitung
- Saattermin
- Wirkstoffwechsel / -mischungen
- Aufwandmenge
- Sortenwahl
- Feld- und Bodenhygiene
- ...

### Wirkstoff / Mittel

#### Verhalten / Verbleib

- Wirkungsweise
- Resistenzmechanismus bzw. -mechanismen
- Kreuzresistenzen
- Metabolisierungsrate
- ...
- Persistenz

(gemäß EPPO Standard PP 1/213)

8 Zverger Institut für Pflanzenschutz in Ackerbau und Grünland

## Bewertung des Resistenzrisikos bei Fungiziden



Resistenzrisiko Wirkstoffe

hoch

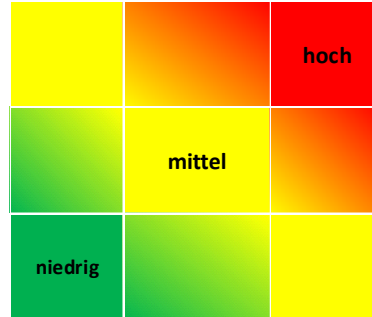
**Strobilurine** (Azoxystrobin, Pyraclostrobin, Fluoxastrobin);  
**SDHI-Carboxamide ???**



**Triazole** (z. B. Epoxiconazol, Prothioconazol) + **SDHI-Carboxamide** (Bixafen, Isopyrazam, Fluxapyroxad)

niedrig

**Multi site Inhibitor**  
(Chlorthalonil)



bodenbürtige Pilze  
Puccinia sp.; Ustilago sp.

Oculimacula sp.; Septoria sp.  
Drechslera sp.

Echter Mehltau, Botrytis sp., Venturia sp.

niedrig → hoch

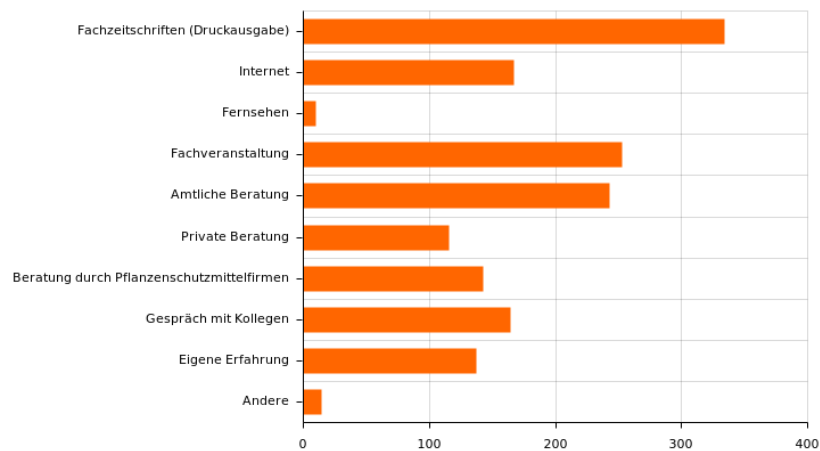
Resistenzrisiko Pilze

9 Zwerger Institut für Pflanzenschutz in Ackerbau und Grünland

## Auswertung – Bewusstsein für Resistenz



Aus welchen Quellen haben Sie von dem Auftreten herbizidresistenter Unkräuter in Deutschland erfahren? (Mehrfachnennungen möglich)



10 Zwerger Institut für Pflanzenschutz in Ackerbau und Grünland

## Auswertung – Auftreten von Herbizidresistenz

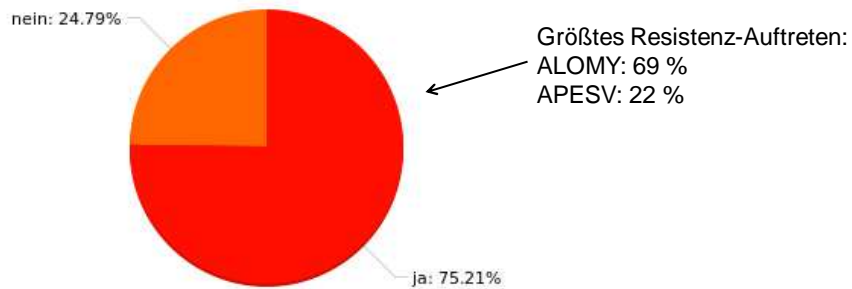


### Wie schätzen Sie die Problematik der Herbizidresistenz in Deutschland ein?

(1 bedeutet „kein Problem“ und 10 bedeutet „großes Problem“)

- Gräser:  $\bar{x}$  7,51 (mittleres – großes Problem)
- Dikotyle:  $\bar{x}$  4,66 (mittleres Problem)

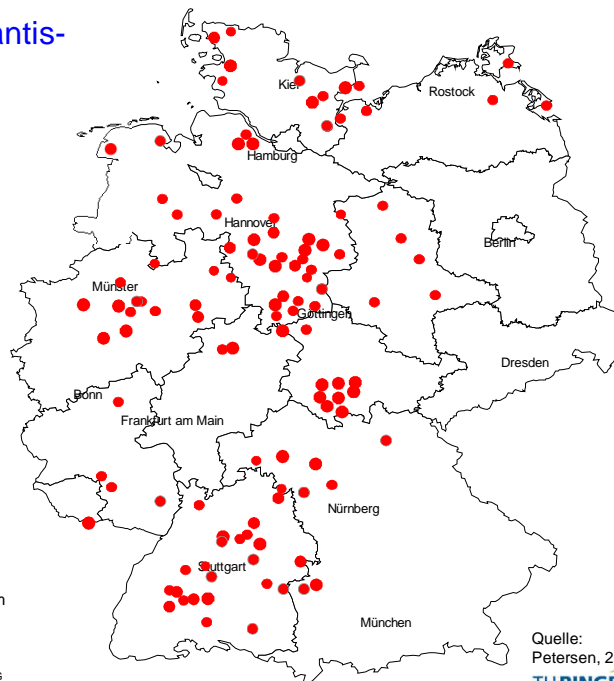
### Treten in Ihrem Landkreis bereits herbizidresistente Unkräuter bzw. Ungräser auf?



11 Zwerger Institut für Pflanzenschutz in Ackerbau und Grünland

## Verbreitung der Atlantis-Resistenz

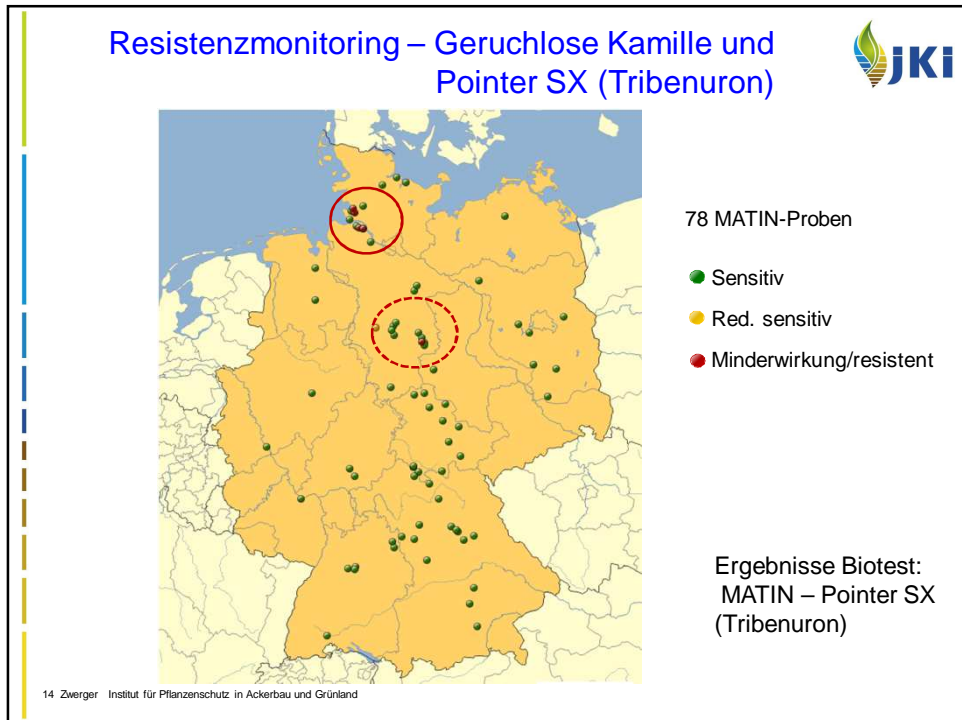
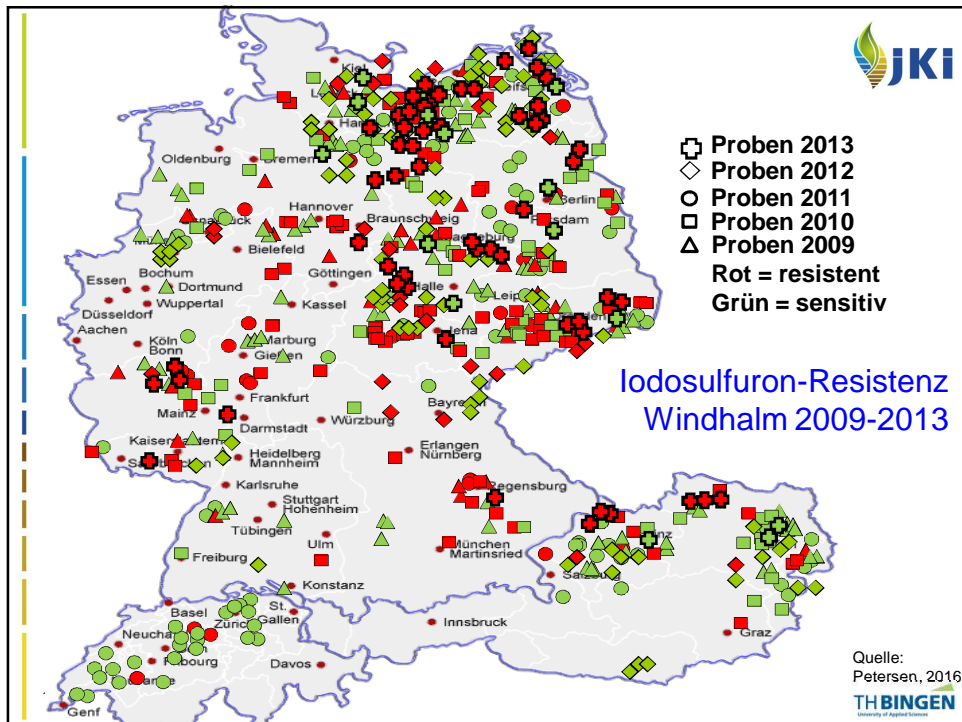
### Acker-Fuchsschwanz in Winterweizen (2007-2016)



Atlantis WG:  
30 g/kg Mesosulfuron-methyl  
6 g/kg Iodosulfuron-methyl-natrium  
90 g/kg Mefenpyr-diethyl

12 Zwerger Institut für Pflanzenschutz in Ackerbau und G

Quelle:  
Petersen, 2016  
**TH BINGEN**  
University of Applied Sciences

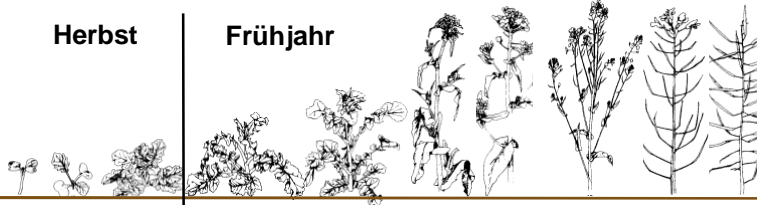


## Resistenzselektion - mögliche Exposition von Rapsschädlingen und ihrer Larven zu Insektiziden



Herbst

Frühjahr

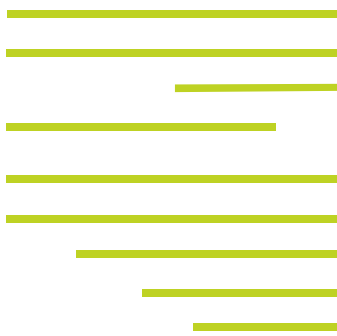


Bildquelle: Lancashire et al. (1997)

- Gr. Pfirsichblattlaus\*
- Rapserrdfloh\*
- Kl. Kohlflye
- Schw. Kohltrieb-  
rüssler\*
- Großer Rapsstängelrüssler
- Gefleckter Kohltrieb-  
rüssler
- Rapsglanzkäfer\*
- Kohlschotenrüssler\*
- Kohlschotenmücke

Entwicklung Blütenanlagen

Blüte



\*Rapsschädlinge mit nachgewiesener Pyrethroidresistenz

15 Zwerger Institut für Pflanzenschutz in Ackerbau und Grünland

## Pyrethroid-Resistenz Rapserrdfloh (*Psylliodes chrysocephala*)

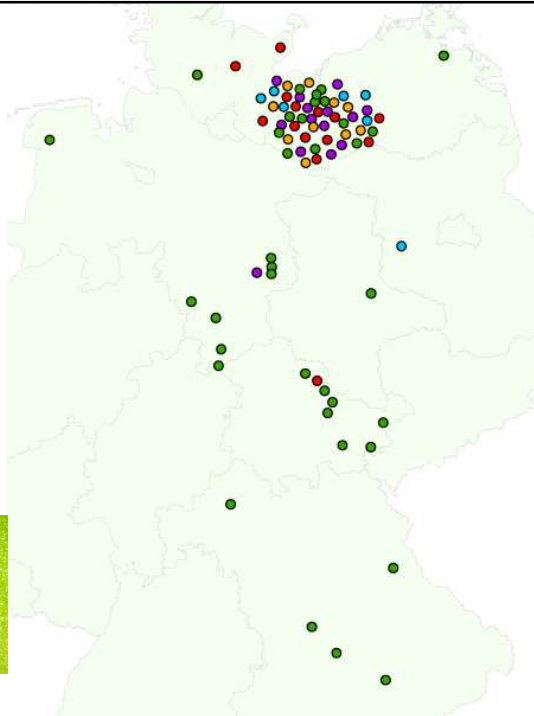
Deutschland 2007-2016

N = 70

**Resistenzfaktor: 21**

LD<sub>50</sub> Werte der 10 sensitivsten zu 10  
resistentesten,  
Biotest nach 5 h

- hoch sensitiv
- sensitiv
- etwas resistent
- resistent
- hoch resistent



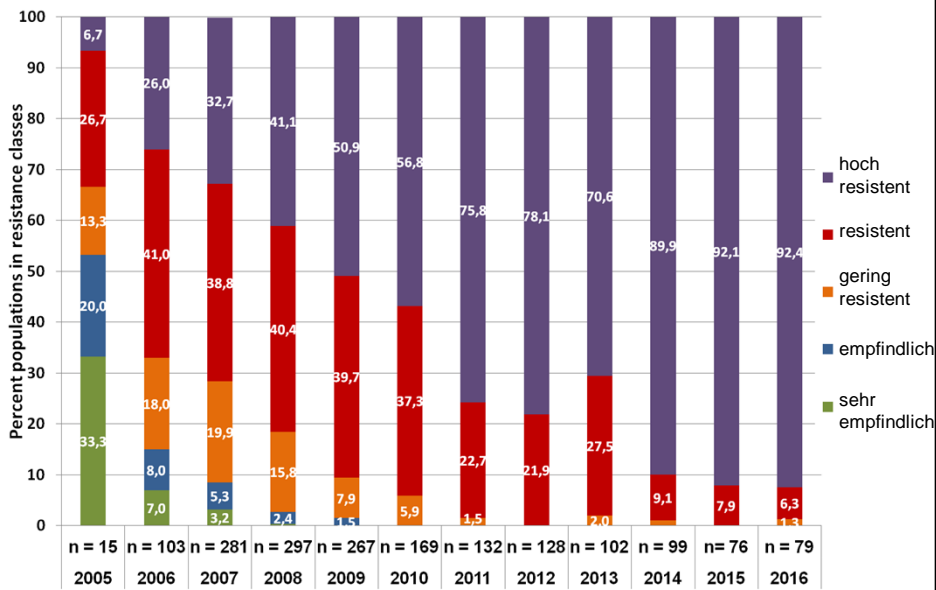
16 Zwerger Institut für Pflanzenschutz in Ackerbau und Grünland



## Pyrethroid-Resistenz – Rapsglanzkäfer



Anteil JKI-Resistenzklassen, Deutschland 2005 – 2016, im Biotest (nach 5 h)



17 Zwerger Institut für Pflanzenschutz in Ackerbau und Grünland

## Pyrethroid-Resistenz

### Kohlschotenrüssler (*Ceutorhynchus obstrictus*)

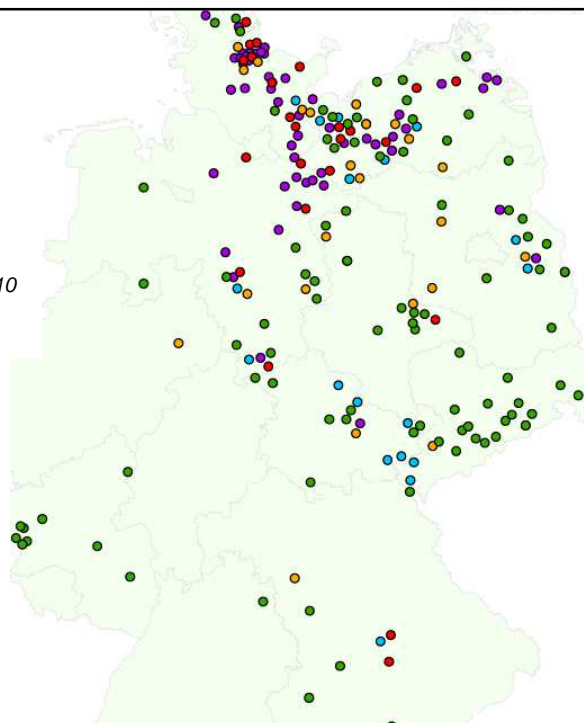
Deutschland 2005-2016

N = 98

**Resistenzfaktor: 67**

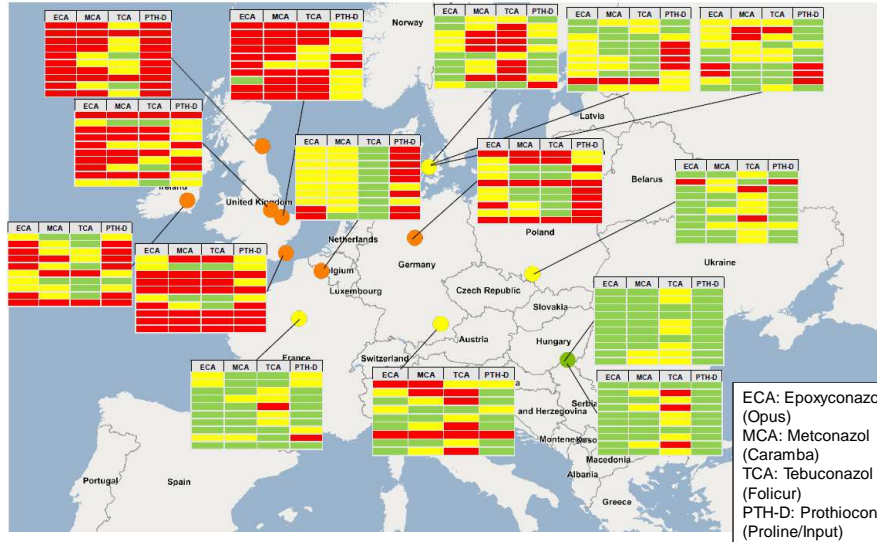
*LD<sub>50</sub>* Werte der 10 sensitivsten zu 10 resistentesten, Biotest nach 5 h

- hoch sensitiv
- sensitiv
- etwas resistant
- resistant
- hoch resistant



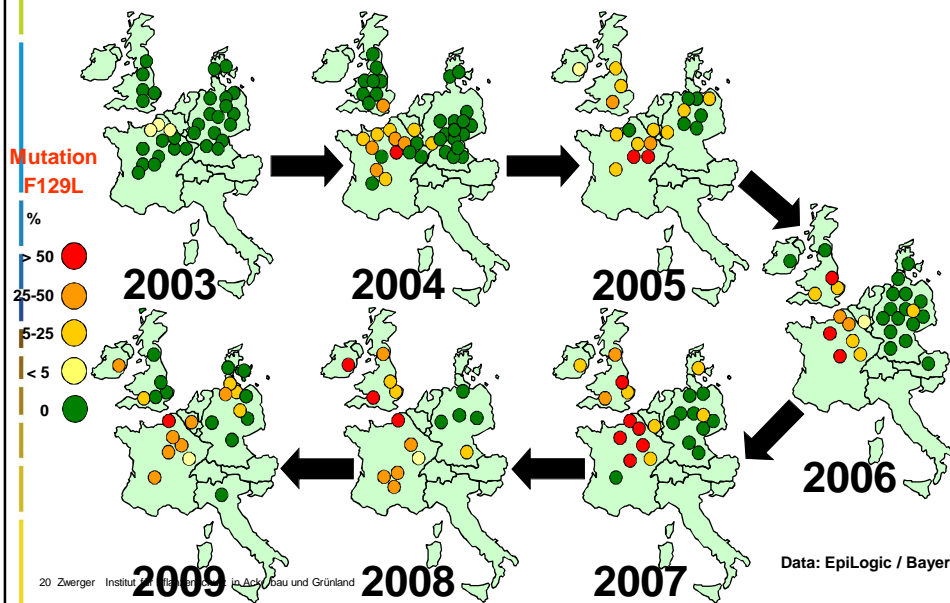
18 Zwerger Institut für Pflanzenschutz in Ackerbau und Grünland

## Resistenz von *Septoria tritici* gegen Azolwirkstoffe in Europa (eurowheat 2015)



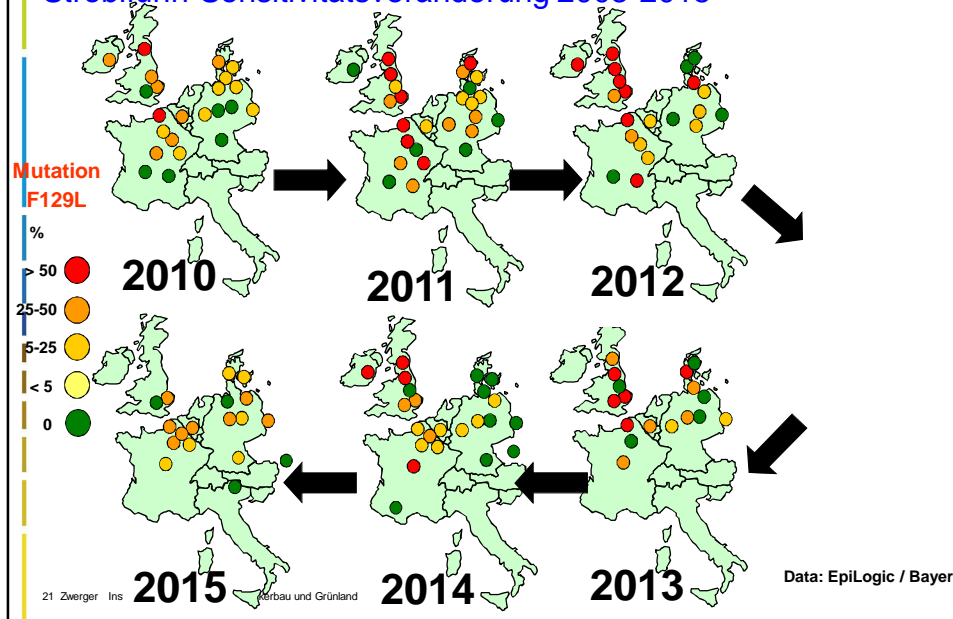
19 Zwerger Institut für Pflanzenschutz in Ackerbau und Grünland

## Netzflecken an Gerste - Strobilurin-Sensitivitätsveränderung 2003-2015



20 Zwerger Institut für Pflanzenschutz in Ackerbau und Grünland

## Netzflecken an Gerste - Strobilurin-Sensitivitätsveränderung 2003-2015



## Resistenz ist kein einheitliches Phänomen



=> Notwendigkeit der Erarbeitung von spezifischen Maßnahmen für ein wirksames und nachhaltiges Resistenzmanagement

- Kein einheitliches Auftreten der Schaderreger, sondern regionale Spezifitäten;
- Kenntnis über den Sensitivitätszustand ist unabdingbar für gezielte Entscheidungen zur Vermeidung der Anpassung und Ausbreitung;
- Ein breit angelegtes Monitoring dient als Basis zur Beschreibung des IST-Zustandes.

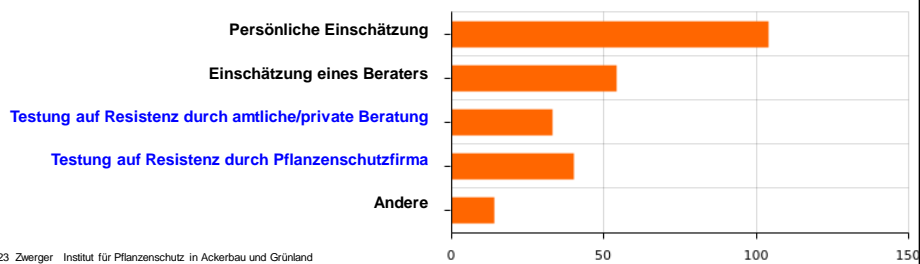
## Auswertung – Information über das Resistenzaufreten



Sind auf Ihrem Betrieb bereits herbizidresistente Unkräuter aufgetreten?



Wie sind Sie zu dem Schluss gekommen, dass die Unkräuter/Ungräser eine Herbizidresistenz aufweisen? (Mehrfachnennungen möglich)

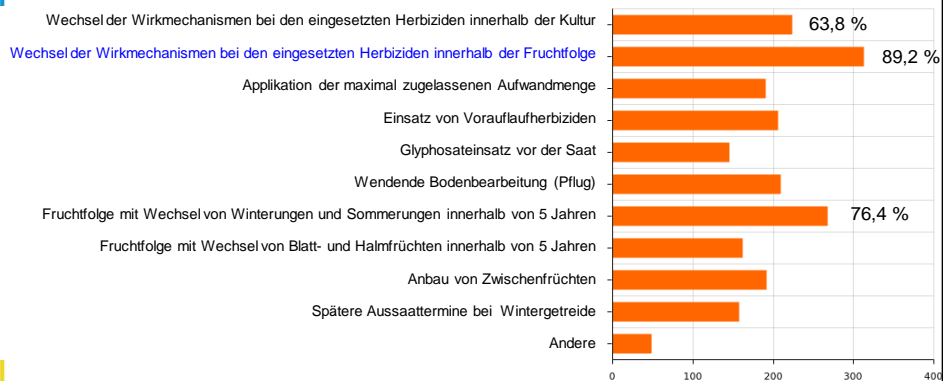


23 Zwerger Institut für Pflanzenschutz in Ackerbau und Grünland

## Auswertung – betriebliche Resistenzmanagement-Maßnahmen



Welche der folgenden Maßnahmen wenden Sie auf Ihrem Betrieb an? (Mehrfachnennungen möglich)



24 Zwerger Institut für Pflanzenschutz in Ackerbau und Grünland

## Auswertung – generelle Resistenzmanagement-Maßnahmen

**Unabhängig von Ihrer eigenen betrieblichen Situation, welche der nachstehenden Maßnahmen würden Sie generell als wirksam zur Resistenzvermeidung einstufen? Skala von 1 bis 10**  
(1 bedeutet „nicht wirksam“ und 10 bedeutet „sehr wirksam“)

Maßnahme	Durchschnittliche Bewertung
Wechsel der Wirkmechanismen bei den eingesetzten Herbiziden innerhalb der Fruchtfolge	8,5
Fruchtfolge mit Wechsel von Winterungen und Sommerungen innerhalb von 5 Jahren	7,7
Fruchtfolge mit Wechsel von Blatt- und Halmfrüchten innerhalb von 5 Jahren	7,7
Wechsel der Wirkmechanismen bei den eingesetzten Herbiziden innerhalb der Kultur	7,5
Spätere Aussaattermine bei Wintergetreide	6,9

25 Zwerger Institut für Pflanzenschutz in Ackerbau und Grünland

## Wirkstoff-Verfügbarkeit

ein wirkungsvolles und nachhaltiges Resistenzmanagement setzt die Verfügbarkeit alternativer Wirkstoffe voraus

### Restriktionen bei der Genehmigung von Wirkstoffen / Zulassung von Pflanzenschutzmitteln

- Ausschlusskriterien:(cut-off)
  - a) Gesundheit
    - karzinogen, mutagen, reproduktionsbeeinflussend
    - Hormonbeeinflussend (endokrine Wirkung) beim Menschen
  - b) Umwelt
    - POP (persistenterorganischer Schadstoff)
    - PBT (persistent, bioakkumulativ, toxisch)
    - vPvB (sehr persistent, sehr bioakkumulativ)

evtl. Komplettwegfall wegen besonders kritischer Stoffeigenschaften:  
Thiacloprid, Pymetrozin, I-Cyhalothrin

26 Zwerger Institut für Pflanzenschutz in Ackerbau und Grünland



Alte und neue Wirkstoffe in der EU (Stand 1.11.2016)				
	Anzahl Wirkstoffe	Aufnahme	keine Aufnahme	noch in Prüfung
Alle Gruppen	1324	486 (36,7 %)	803	35
Insektizide	286	105 (36,7 %)	172	9
Fungizide	313	155 (49,5 %)	144	14
Herbizide	332	127 (38,3 %)	199	6
Nematizide, Molluskizide	30 5	9 (30 %) 2 (40 %)	18 3	3 0

## Wirkstoff-Verfügbarkeit

ein wirkungsvolles und nachhaltiges Resistenzmanagement setzt die Verfügbarkeit alternativer Wirkstoffe voraus

### Restriktionen bei der Genehmigung von Wirkstoffen / Zulassung von Pflanzenschutzmitteln

- steigende Anforderungen an die Prüfung (z. B. deutlich verschärfte Prüfungen von Bienen und Bestäuberinsekten);
- Substitution von Mitteln mit kritischen Wirkstoffen
  - Insektizide Dimethoat, Esfenvalerat, Etofenprox, I-Cyhalothrin, Pirimicarb, Thiacloprid, ...;
  - Fungizide Azole: (Metconazol, Prochloraz, Propiconazol, Tebuconazol, Cyproconazol, Difenconazol, Epoxiconazol, ...), Dimoxystrobin, Famoxadone, Fludioxonil, Carbendazim, Metiram, ...;
  - Herbizide Quizalofop-P, Sulcotrione, Prosulfuron, Imazosulfuron, Flumioxazin, Nicosulfuron, Diflufenican, Metsulfuron, ...

## Resistenzmanagement – was tun ?



### **Keine unnötigen Behandlungen:**

- Nutzung von Prognose- und Überwachungsmöglichkeiten zur Vorhersage des Auftretens von Schadorganismen;
- Nutzung von Schwellenwerten;

### **Nur geeignete Produkte effizient einsetzen:**

- Einholen von Information zum Auftreten resistenter Schadorganismen;
- Anbauhistorie beachten;
- Bei Verdacht, Bestimmung des Sensitivitäts- bzw. Resistenzstatus der Schadorganismen auf den Flächen;
- Ausschöpfen der applikationstechnischen Möglichkeiten zur Erzielung einer hohen Wirksamkeit (Düsenwahl, Wasseraufwandmenge, Fahrgeschwindigkeit, Zeitpunkt der Behandlung, ...);

## Resistenzmanagement – was tun ?



### **Wirkstoffe mit Wirkstoffen schützen**

- Verwendung von Kombinationsprodukten und/oder Tankmischungen mit nicht kreuzresistenten Wirkstoffen aber überlappendem Wirkungsspektrum;
- In einer Spritzfolge Wechsel von Wirkstoffen mit unterschiedlichen (nicht kreuzresistenten) Wirkmechanismen zur Bekämpfung einzelner Schadorganismen;
- In der Fruchtfolge Wechsel von Wirkstoffen mit unterschiedlichen (nicht kreuzresistenten) Wirkmechanismen zur Bekämpfung einzelner Schadorganismen;
- Keine „Überbeanspruchung“ von Wirkstoffen (z. B. Kurativleistung von Fungiziden);

## Resistenzmanagement – was tun ?



### Konsequente Nutzung vorbeugender Maßnahmen

- Rückkehr zu „gesunden“ Fruchtfolgen, um die Anreicherung von (bodenbürtigen) Schadorganismen zu vermeiden; konsequente Einhaltung der Fruchtfolgen;
- Durchführung standortgerechter und situationsbezogener Bodenbearbeitung mit geeigneten Geräten (Pflug ?);
- Konsequente Beachtung von Feld- und Bodenhygiene (Förderung des Abbaus von Ernterückständen, Reduzierung von Inokulumquellen; Beseitigen von Ausfallgetreide („grüne Brücke“));
- Beachtung einer standortgerechten Kulturführung (keine extremen Frühsaaten, angepasste Düngung, ... );
- Auswahl von Sorten, die Toleranz- oder Resistenzeigenschaften gegenüber den wichtigen standortspezifischen Schadorganismen aufweisen (*Sorten schützen Fungizide, Fungizide schützen die Sorten*).

31 Zwerger Institut für Pflanzenschutz in Ackerbau und Grünland

## Zusammenfassung



### Pflanzenschutzmittel-Resistenz – Anforderungen an den Landwirt

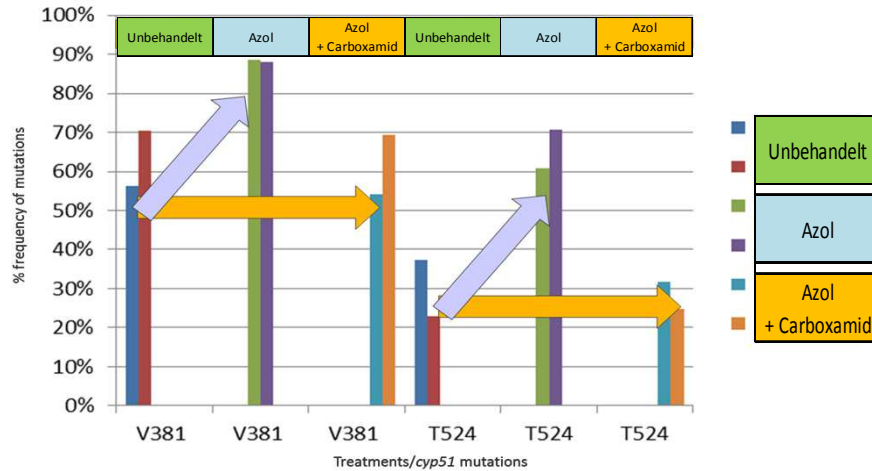
- Die Resistenzsituation hat sich den letzten Jahren im Ackerbau deutlich verschärft, mit teils regionalen Schwerpunkten (Fungizide, Herbizide, Insektizide). Die Anbauwürdigkeit anfälliger Kulturen wird dadurch in Frage gestellt.
- Die Verfügbarkeit von Wirkstoffen und Pflanzenschutzmitteln wird künftig noch weiter zurückgehen und ein nachhaltiges und effektives Resistenzmanagement in Frage stellen.
- Um künftig noch erfolgreich Ackerbau betreiben zu können, darf die Wirksamkeit der noch vorhandenen Wirkstoffe und Pflanzenschutzmittel nicht leichtfertig verspielt werden.

**Konsequente Nutzung vorbeugender Maßnahmen**  
**verantwortungsvoller Einsatz der Pflanzenschutzmittel**

32 Zwerger Institut für Pflanzenschutz in Ackerbau und Grünland



## Einfluss der Fungizidbehandlung auf das Auftreten der *cyp51* Mutationen bei *Septoria tritici* (Irland 2011)



Die Mischung von SDHI-Carboxamiden + Azolen + ... stellt eine effektive Anti-Resistenzstrategie dar. Azole, solo, selektieren weniger empfindliche Pilzgenotypen.

33 Zwißler - Institut für Pflanzenschutz in Weinbau und Obstbau

## Mögliche Fungizidstrategie im Weizen



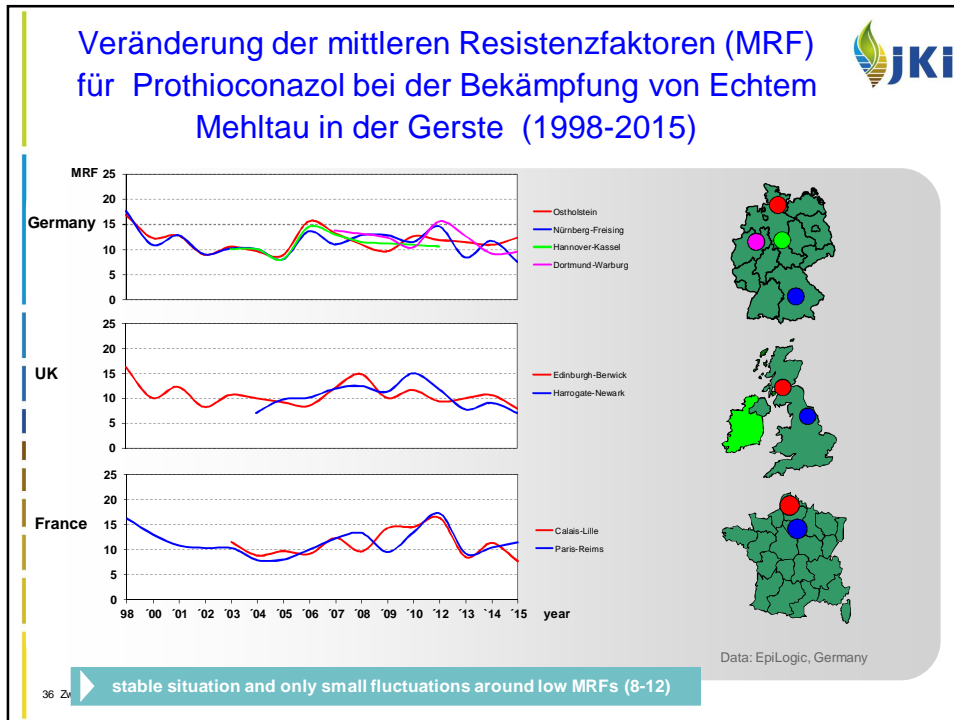
Stadien	T 1 BBCH 31 /32	T 2 BBCH 37 /39	T 3 BBCH 59 / 61
Krankheiten	Septoria tritici Halmbasisbefall Roste	Septoria tritici Roste DTR	Ährenfusarium Roste
geringer Krankheitsdruck	Azole (mix) + Kontaktmittel	Azole (mix-andere) + SDHI-Carboxamid + ggfs. Kontaktmittel	Azole (mix-andere)
hoher Krankheitsdruck	Azole (mix) + Kontaktmittel	Azole (mix-andere) + SDHI-Carboxamid + ggfs. Kontaktmittel + ggfs. Strobilurine	Azole (mix-andere)
Maßnahme	Wirkstoff- kombinationen mit verschiedenen MoA	Wirkstoffwechsel von Wirkstoff- kombination mit verschiedenen MoA	Wirkstoff- kombinationen mit verschiedenen MoA

34 Zwißler

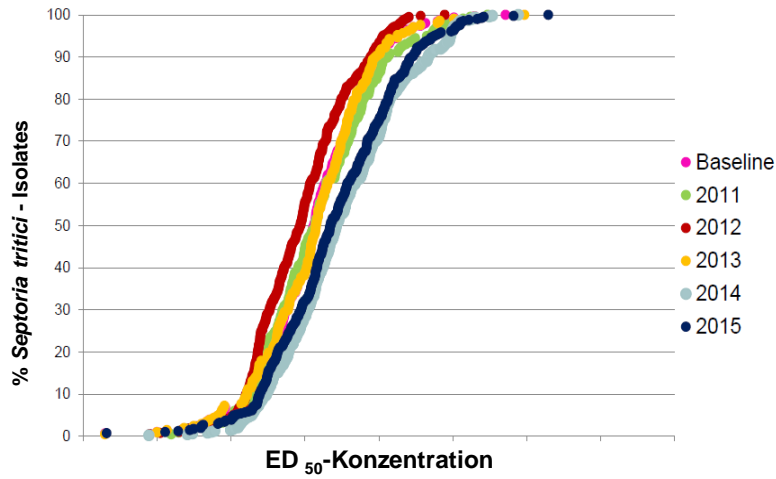
Fungizidgruppe	Wirkung	Wirkstoff	Produkte / Zulassung	Resistenz-einstufung
Strobilurine	protektiv Langzeitwirkung	Azoxystrobin Fluoxastrobin Kresoxim-Methyl Picoxystrobin Pyraclostrobin	Amistar (12/24), Azoxystar (06/17), Amistar Opti (12/16) Fandango (12/18) Juwel Top (12/19) Acanto (04/16), Credo (10/16) Diamant (12/16), Viverda (12/24)	hohes Risiko; Resistenz- vorsorge treffen
Carboxamide	protektiv, bedingt kurativ Langzeitwirkung	Fluxapyroxad Boscalid Isopyrazam Penthiopyrad Solatenol Fluopyram Bixafen	Adexar (03/16), Ceriax (12/25) Champion (12/18) Bontima (11/16), Seguris (03/16) Vertisan (N.N.) Elatus Plus (2017?); Elatus Era (2017?) AscraXpro (2017?) AviatorXpro (02/16), SkywayXpro (02/16), SiltraXpro (02/16), InputXpro (03/16)	mittleres bis hohes Risiko; Resistenz- vorsorge treffen
Azole	protektiv + kurativ Kurzzeitwirkung	Cyproconazol Epoconazol Metconazol Prochloraz Prothioconazol Propiconazol Tebuconazol	Alto 240 (12/18) Epoxion (12/21), Capalo (12/18), Opus Top (12/17), Osiris (12/19) Caramba (12/18) Mirage 45 EC (12/22), Cirkon (11/16), Ampera (12/22) Input classic (12/22), Proline (12/18), Prosaro (12/20) Desmel (07/16), Achat (12/18), Folicur (12/20), Orius (12/20), Gladio (12/23), Prosaro (12/20), Ceralo (12/23)	mittleres; Wirkstoff- wechsel
Kontaktfungizide	protektiv	Chlorthalonil Mancozeb	Bravo 500 (04/16 !!!!) Dithane NeoTec (05/17)	geringes Risiko, Resistenz nicht bekannt
Spezialfungizide (z.B. Mehltau)	protektiv + kurativ, unterschiedliche Dauerwirkung	Cyflufenamid Fenpropidin Fenpropimorph Quinoxifen Proquinazid	Vegas (12/20) Zenit M (12/17) Corbel (12/17) Talius (12/22)	mittleres bis hohes Risiko; Wirkstoff- wechsel

KI

35 Zwerger Ins

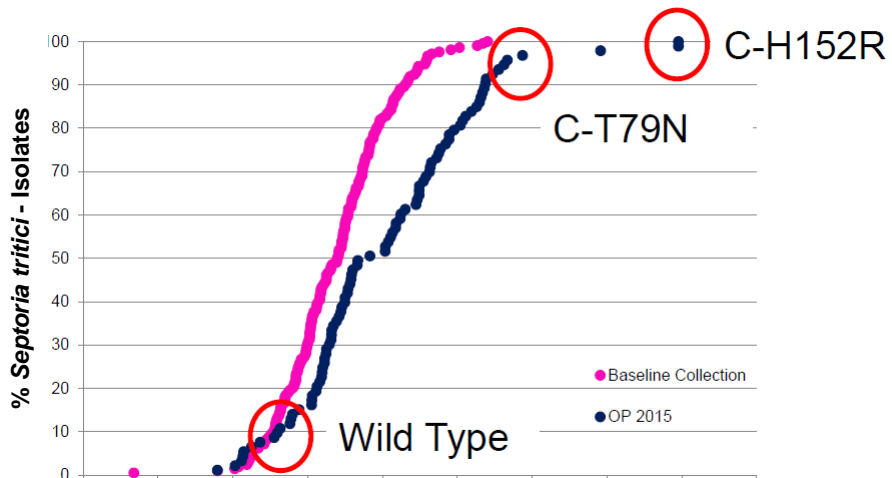


Veränderung der Sensitivität von *Septoria tritici* gegenüber den SDHI-Carboxamiden in Irland (2011-2015)



37 Zwerger Institut für Pflanzenschutz in Ackerbau und Grünland

Detektion von *Septoria tritici* – Isolaten mit Mutationen gegenüber den SDHI-Carboxamiden in Irland (Oat Park, 2015)



38 Zwerger Institut für Pflanzenschutz in Ackerbau und Grünland

Einfluss der Mutation C-H152R bei *Septoria tritici* auf den Bekämpfungserfolg der SDHI-Carboxamide



Aufwand-  
menge (AS):

0%;

25%;

50%

100%

Wild  
Type

C-H152R



39 Zwerger