

Resistenzen gegenüber Pflanzenschutzmitteln

Schriftenreihe, Heft 5/2014



Untersuchungen zu Pflanzenschutzmittel- resistenzen wirtschaftlich bedeutsamer Schaderreger gegenüber Insektiziden, Fungiziden und Herbiziden

Projektleitung:	Andela Thate
Bearbeitung:	Michael Dietz
Projektbeteiligung:	Birgit Pölitz Dr. Ewa Meinlschmidt Dr. Michael Kraatz

Inhalt

1	Einleitung	7
1.1	Problemstellung	7
1.2	Zielstellung	7
2	Resistenzsituation gegenüber Pflanzenschutzmitteln	8
2.1	Insektizide	8
2.2	Fungizide	10
2.3	Herbizide	11
3	Material und Methode	14
3.1	Witterungsverlauf	14
3.1.1	Witterung 2011	14
3.1.2	Witterung 2012	15
3.2	Insektizide	16
3.2.1	Rapsglankkäfer	17
3.2.2	Stängel- und Schotenschädlinge	19
3.2.3	Kartoffelkäfer	19
3.3	Fungizide	20
3.3.1	Schadpathogene Winterweizen	21
3.3.2	Schadpathogene Wintergerste	21
3.3.3	Schadpathogene Winterraps	22
3.4	Herbizide	22
3.5	Behandlungsindex (BI)	26
4	Ergebnisse	28
4.1	Insektizide	28
4.1.1	Rapsglankkäfer	28
4.1.2	Stängel- und Schotenschädlinge	31
4.1.3	Kartoffelkäfer	32
4.2	Fungizide	33
4.2.1	Septoria tritici	33
4.2.2	Weizenmehltau	34
4.2.3	Gerstenmehltau	35
4.2.4	Netzflecken	35
4.2.5	DTR-Blattflecken	36
4.2.6	Weißstängeligkeit (<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>)	37
4.3	Herbizide	38
4.3.1	Ackerfuchsschwanz	38
4.3.2	Windhalm	40
4.4	Behandlungsindex	43
4.4.1	Behandlungsindex Insektizide	43
4.4.2	Behandlungsindex Fungizide	44
4.4.3	Behandlungsindex Herbizide (ohne Glyphosat)	44
4.4.4	Behandlungsindex Wachstumsregler	45
4.4.5	Gesamtbehandlungsindex	46
5	Diskussion	46
5.1	Insektizide	46
5.2	Fungizide	48
5.3	Herbizide	50
6	Zusammenfassung	51
7	Fazit	52
	Literatur	53

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Verteilung insektizider Frühjahrsbehandlungen nach Wirkstoffgruppen im Winterraps in Sachsen 1998 bis 2012 (SEÜ Sachsen).....	8
Abbildung 2:	Fortschreitender Selektionsprozess in Unkraut/Ungraspopulationen.....	12
Abbildung 3:	Nachgewiesene resistente Unkrautarten bei verschiedenen Wirkstoffgruppen (HEAP 2013)	12
Abbildung 4:	Nachgewiesene Herbizidresistenzen beim Windhalm in den 5 Bundesländern (SCHRÖDER et al. 2012).....	13
Abbildung 5:	Niederschlagsverteilung ausgewählter Wetterstationen in Sachsen 2011	14
Abbildung 6:	Temperaturverlauf ausgewählter Wetterstationen in Sachsen 2011	14
Abbildung 7:	Niederschlagsverteilung ausgewählter Wetterstationen in Sachsen 2012	15
Abbildung 8:	Temperaturverlauf ausgewählter Wetterstationen in Sachsen 2012	15
Abbildung 9:	Teströhrchen Rapsschädlinge	16
Abbildung 10:	Versuchsanordnung Kreistest	18
Abbildung 11:	Verdachtsprobe BPL11_14 im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle und einem sensitiven Standard	23
Abbildung 12:	Berechnung des Gesamtbehandlungsindex (SCHMIDT 2004).....	27
Abbildung 13:	Wirkungsgrade der getesteten Klasse II-Pyrethroide nach 24 Stunden.....	28
Abbildung 14:	Prozentuale Verteilung der Ergebnisse für Lambda-Cyhalothrin nach IRAC-Resistenzklassen	29
Abbildung 15:	Wirkungsgrade der getesteten Klasse I-Pyrethroide nach 24 Stunden	29
Abbildung 16:	Wirkungsgrade der getesteten Neonicotinoide nach 24 Stunden	30
Abbildung 17:	Wirkungsgrad von Avaunt nach 24 Stunden	31
Abbildung 18:	Wirkungsgrad von Lambda-Cyhalothrin auf Populationen des Kohlschotenrüsslers	32
Abbildung 19:	LD50- und LD95-Werte für die Standorte Pirna und Pommritz	32
Abbildung 20:	Verlauf des Wirkungsgrades (%) in Abhängigkeit von der AWM für Karate Zeon (Standorte Pirna und Pommritz).....	33
Abbildung 21:	Festgestellte Resistenzen von <i>Pyrenophora teres</i> gegen Fluoxastrobin in Sachsen 2011	35
Abbildung 22:	Festgestellte Resistenzen von <i>Pyrenophora teres</i> gegen Fluoxastrobin in Sachsen 2012	36
Abbildung 23:	Resistenzniveau von DTR-Blattflecken gegenüber Fluoxastrobin in Sachsen 2011	36
Abbildung 24:	Resistenzniveau von DTR-Blattflecken gegenüber Fluoxastrobin in Sachsen 2012	37
Abbildung 25:	Resistenzstatus von <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> gegenüber Boscalid in Sachsen 2011.....	38
Abbildung 26:	Resistenzstatus von <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> gegenüber Boscalid in Sachsen 2012.....	38
Abbildung 27:	Probenstandorte und Bewertung der Ackerfuchsschwanzproben in Sachsen 2011 und 2012	39
Abbildung 28:	Probenstandorte und Bewertung der Windhalmproben in Sachsen 2011	41
Abbildung 29:	Probenstandorte und Bewertung der Windhalmproben 2012	42
Abbildung 30:	Behandlungsindex Insektizide der Untersuchungsflächen 2011 und 2012	44
Abbildung 31:	Behandlungsindex Fungizide der Untersuchungsflächen 2011 und 2012	44
Abbildung 32:	Behandlungsindex Herbizide (ohne Glyphosat) der Untersuchungsflächen 2011 und 2012	45
Abbildung 33:	Behandlungsindex Wachstumsregler der Untersuchungsflächen 2011 und 2012	45
Abbildung 34:	Gesamtbehandlungsindex der Untersuchungsflächen 2011 und 2012.....	46
Abbildung 35:	Anti-Resistenzstrategie Rapsschädlinge 2013.....	47
Abbildung 36:	Entwicklung der MED50-Werte für den Wirkstoff Epoxiconazol in Sachsen (2001–2012).....	48

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Eingruppierung ausgewählter Insektizidwirkstoffe nach IRAC	9
Tabelle 2:	Eingruppierung ausgewählter Fungizidwirkstoffe nach FRAC	10
Tabelle 3:	Eingruppierung ausgewählter Herbizidwirkstoffe nach HRAC	11
Tabelle 4:	Untersuchte tierische Schädlinge und durchgeführte Resistenztestungen	16
Tabelle 5:	Übersicht Resistenztestungen Rapsglanzkäfer 2011–2012.....	17
Tabelle 6:	IRAC-Klassifizierung für lambda-Cyhalothrin im Adult-Vial-Test.....	18
Tabelle 7:	Erwartete Mortalitäten für Biscaya im Adult-Vial-Test.....	19
Tabelle 8:	Übersicht Resistenztestung Stängel- und Schotenschädlinge 2011–2012.....	19
Tabelle 9:	Getestete Aufwandmengen für das Mittel Karate Zeon (Lambda-Cyhalothrin), 100 % = Feldaufwandmenge	20
Tabelle 10:	Analysemethoden Fungizidtestungen	20
Tabelle 11:	Resistenzklassifizierung nach Felsenstein bei DTR-Blattflecken gegen Strobilurine	21
Tabelle 12:	Untersuchungsumfang Schadpathogene Winterweizen	21
Tabelle 13:	Untersuchungsumfang Schadpathogene Wintergerste.....	22
Tabelle 14:	Untersuchungsumfang Schadpathogene Winterraps.....	22
Tabelle 15:	Angewendete Klassifizierung Ackerfuchsschwanz und Windhalm	23
Tabelle 16:	Resistenzschatzung Verdachtsprobe BPL11_14	23
Tabelle 17:	Untersuchte SNP im ALS-Gen (genetische Information und Konsequenzen in der Proteinsequenz).....	24
Tabelle 18:	Untersuchte SNP im ACCase-Gen (genetische Information und Konsequenzen in der Protein- Sequenz)	25
Tabelle 19:	Prüfsubstanzen Ackerfuchsschwanzproben 2011–2012	26
Tabelle 20:	Prüfsubstanzen Windhalmpollenproben 2011–2012	26
Tabelle 21:	Beispielberechnung Behandlungsindex.....	27
Tabelle 22:	MED50-Werte in mg/l der getesteten Wirkstoffe bei Feldproben von Septoria tritici in Sachsen 2011– 2012.....	33
Tabelle 23:	Mittlere Resistenzfaktoren der getesteten Wirkstoffe bei Proben von Septoria tritici in Sachsen 2011– 2012.....	34
Tabelle 24:	Ergebnisse der Resistenztestungen Weizenmehltau in Sachsen 2011–2012	34
Tabelle 25:	Ergebnisse der Resistenztestungen Gerstenmehltau in Sachsen 2011–2012	35
Tabelle 26:	MED-50 Werte in mg/l für die getesteten Wirkstoffe bei DTR-Blattflecken in Sachsen 2011–2012.....	37
Tabelle 27:	Bewertung der Ackerfuchsschwanzproben 2011 und 2012 (Biotest Gewächshaus)	39
Tabelle 28:	Ergebnisse der molekulargenetischen Analyse der auffälligen Probe BPL11_014 des Jahres 2011	39
Tabelle 29:	Ergebnisse der molekulargenetischen Analyse der auffälligen Probe BPL12_063 des Jahres 2012	40
Tabelle 30:	Bewertung der Proben von Apera spica-venti 2011.....	40
Tabelle 31:	Bewertung der Proben von Apera spica-venti 2012.....	42
Tabelle 32:	Ergebnis der molekulargenetischen Untersuchungen des Windhalm-Biotyps BPL12_069 des Jahres 2012.....	43

Abkürzungsverzeichnis

ALOMY	<i>Alopecurus myosourides</i>
ALS	Acetolactate-Synthase
AMK	Aufwandmengkoeffizient
APESV	<i>Apera spica-venti</i>
AWM	Aufwandmenge
BBCH	einheitliche Codierung der phänologischen Entwicklungsstadien mono- und dikotyler Pflanzen
BI	Behandlungsindex
ED	Effektivdosis
FAM	Feldaufwandmenge
FHS	Formulierungshilfsstoff
FRAC	Fungicide Resistance Action Committee
HRAC	Herbicide Resistance Action Committee
IRAC	Insecticide Resistance Action Committee
ISIP	Informationssystem integrierte Pflanzenproduktion
KTR	Gefleckter Kohltriebrüssler
LD	letale Dosis
MED	mittlere Effektivdosis
mRF	Resistenzfaktor
NTSR	Non-Target-site-Resistenz
PSM	Pflanzenschutzmittel
RGK	Rapsglankäfer
RSR	Großer Rapsstängelrüssler
SEÜ	Schaderregerüberwachung
SN	Sachsen
SNP	Single Nucleotide Polymorphism
TSR	Target-site-Resistenz
UK	unbehandelte Kontrolle
WG	Wirkungsgrad
WT	Wildtyp

1 Einleitung

1.1 Problemstellung

Die Landbewirtschaftung Sachsens unterlag in den vergangenen Jahren vielfältigen Veränderungen. Rahmenbedingungen wie auf wenige Winterkulturen reduzierte Fruchtfolgen, der Verzicht auf die wendende Bodenbearbeitung und extreme Fröhsaaten begünstigen die Entstehung hoher Dichten an Schaderregern und damit auch mögliche Resistenzen. Auch die wiederholte Anwendung von Pflanzenschutzmitteln mit gleichen Wirkmechanismen trägt zu dieser Entwicklung bei. Resistenzen gegenüber Pflanzenschutzmitteln sind mittlerweile für immer mehr Schaderreger nicht nur örtlich begrenzt, sondern flächendeckend nachweisbar. Auch sind immer mehr Wirkstoffe und Wirkstoffgruppen betroffen. Als Folge von Resistenzen können verminderte Wirkungsgrade bis hin zum völligen Wirkungsverlust bestimmter Pflanzenschutzmittel auftreten, was wiederum steigende Pflanzenschutzintensitäten (Behandlungsindex) nach sich zieht. Tendenzen aus der Pflanzenschutzmittelindustrie zeigen, dass in den kommenden Jahren nicht mit neuen Wirkmechanismen zu rechnen ist. Ein wirksames Resistenz-Management ist daher nötig, um die vorhandenen Wirkstoffe im Rahmen des integrierten Pflanzenschutzes sinnvoll einzusetzen und ihre Wirksamkeit möglichst lange zu erhalten. Die Ausarbeitung geeigneter Resistenzstrategien ist ebenso ein Bestandteil des Nationalen Aktionsplans zur nachhaltigen Anwendung von Pflanzenschutzmitteln (NAP).

1.2 Zielstellung

In Kooperation mit sächsischen Betrieben wurde die Resistenzsituation bei ausgewählten wirtschaftlich bedeutsamen Schaderregern auf einer repräsentativen Anzahl von Untersuchungsflächen bzw. Standorten gegenüber insektiziden, fungiziden und herbiziden Pflanzenschutzmitteln systematisch erfasst und bewertet. Dabei wurden alle Anbauregionen Sachsens in die Untersuchungen einbezogen.

Um Rückschlüsse auf die betrieblichen Pflanzenschutzstrategien sowie den Behandlungsindex ziehen zu können, wurden die für eine Resistenzentwicklung relevanten Behandlungsmaßnahmen der Untersuchungsflächen erfasst und ausgewertet. Die Ergebnisse der Resistenztestungen wurden zeitnah auf der Internetplattform ISIP (Informationssystem integrierte Pflanzenproduktion) veröffentlicht und somit den Landwirten zur Verfügung gestellt. Auch sollten mit Hilfe der Untersuchungsergebnisse angepasste bzw. neue Strategien gegen eine weitere Ausbreitung von Resistenzen erarbeitet und der Praxis zur Verfügung gestellt werden. Einem erhöhten Einsatz von Pflanzenschutzmitteln aufgrund entstehender Resistenzen soll somit entgegen gewirkt werden.

2 Resistenzsituation gegenüber Pflanzenschutzmitteln

2.1 Insektizide

Exemplarisch für die Entwicklung einer Resistenz gegenüber Insektiziden ist der Rapsglanzkäfer (*Meligethes spp.*). Betroffen hiervon ist die Wirkstoffgruppe der Pyrethroide. Die Resistenz ist bei diesem Schädling weitestgehend metabolisch bedingt, d. h. die jeweiligen Wirkstoffe werden durch die vermehrte Produktion von Enzymen (Esterasen) oder oxidativen Abbau (Monooxygenasen) im Körper der Käfer schnell abgebaut. Wirkungsverluste der Insektizide sind die Folge. Auch wirkortspezifische Veränderungen („Target-site Resistenz“) wurden bei diesem Schädling 2008 in Dänemark bereits entdeckt. Erstmals wurde Pyrethroidresistenz beim Rapsglanzkäfer im Jahr 1999 im Nordosten Frankreichs dokumentiert (SLATER & NAUEN 2007). Bereits im Jahr 2006 kam es in Deutschland durch diesen Schädling auf mehr als 200.000 ha zu empfindlichen Ertragseinbußen im Winterraps. Ca. 30.000 ha mussten komplett umgebrochen werden (THIEME & GLOYNA 2007). Grund waren auch hier Minderwirkungen der bis dahin gegen den Rapsglanzkäfer noch gut wirksamen Pyrethroide der Klasse II (z. B. Karate Zeon, Decis flüssig, Fastac SC). Auch der späte Vegetationsbeginn im Jahr 2006 und der massive Zuflug während des sensiblen Knospenstadiums des Rapses trugen zu den Ertragsverlusten bei (KREMER 2007). Pyrethroidresistenzen sind mittlerweile in allen Bundesländern vorhanden (THIEME & GLOYNA 2007; HEIMBACH et al. 2012) und auch in anderen europäischen Ländern bekannt (BRENNER 2010; LIPPMANN 2010). Lediglich in Ungarn und der Ukraine dominieren noch sensitive Populationen dieses Schädlings (ANONYM 2010). Der Schwerpunkt der Rapsglanzkäferbekämpfung lag über viele Jahre hinweg bei den Pyrethroiden der Klasse II. Grund hierfür war vor allem die gute Wirksamkeit der Präparate. Teilweise waren auch keine Mittel mit anderen Wirkmechanismen zugelassen. Seit dem Starkbefallsjahr 2006 wird nun versucht, der Resistenzproblematik durch die Applikation von Mitteln mit alternativen Wirkmechanismen beizukommen. Allerdings liegt der Hauptschwerpunkt in der Rapsglanzkäferbekämpfung nach wie vor bei den Pyrethroiden. Dargestellt ist dies am Beispiel der Frühjahrsapplikationen in Sachsen von 1998 bis 2012 in Abbildung 1.

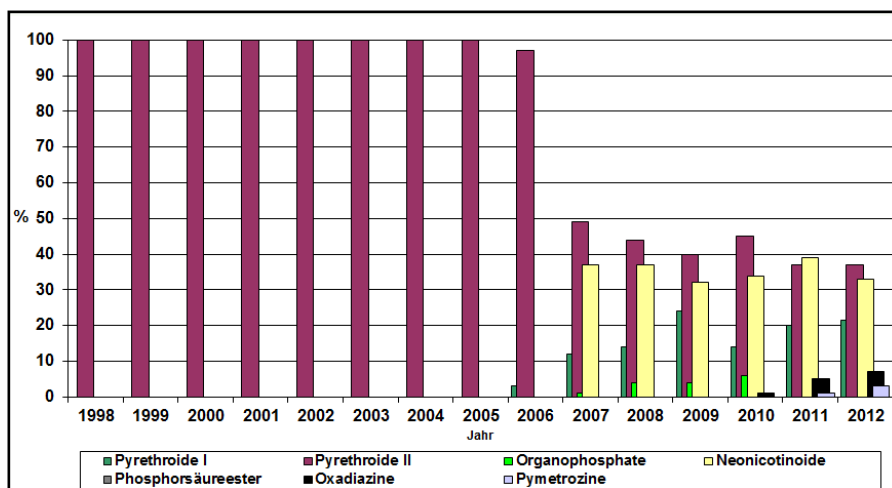


Abbildung 1: Verteilung insektizider Frühjahrsbehandlungen nach Wirkstoffgruppen im Winterraps in Sachsen 1998 bis 2012 (SEÜ Sachsen)

Neben den Pyrethroiden der Klasse II stehen mittlerweile auch Wirkstoffe von Pyrethroiden der Klasse I für den Einsatz gegen Rapsglanzkäfer zur Verfügung. Diese sogenannten Etherpyrethroide sind in ihrem chemischen Aufbau so verändert, dass der Rapsglanzkäfer sie schlechter metabolisieren kann, was sich in verbesserten Wirkungsgraden zeigt. Zu ihnen gehören die Wirkstoffe Etofenprox (Trebon 30 EC); tau-Fluvalinat (Mavrik) und Bifenthrin (Talstar 8 SC; zurzeit nicht zugelassen). Auch bei diesen Wirkstoffen deuten Testergebnisse der letzten Jahre zumindest auf erste Sensitivitätsverluste hin (ZELLNER 2011). Bei den übrigen zugelassenen Wirkstoffgruppen (Neonicotinoide, Oxadiazine, Organophosphate, Pymetrozine) sind dagegen noch keine Sensitivitätsverluste beim Rapsglanzkäfer bekannt.

Tabelle 1 gibt einen Überblick zu den wichtigsten insektiziden Wirkstoffklassen mit deren Wirkungsweisen nach der Klassifizierung des Insecticide Resistance Action Committee's (IRAC).

Tabelle 1: Eingruppierung ausgewählter Insektizidwirkstoffe nach IRAC

Gruppe	1A (Carbamate)	1B (Organophosphate)	3A (Pyrethroide)	4A (Neonicotinoide)	9B (Pymetrozine)	22A (Oxadiazine)
Wirkmechanismus	Hemmung Acetylcholinesteraseaktivität	Hemmung Acetylcholinesteraseaktivität	Modulatoren der Natriumkanäle	Blockade Acetylcholinrezeptoren	Blockade der Saugtätigkeit	Blockade der Natriumkanäle (verhindert Na-Einstrom in die Zelle)
Wirkstoffe (Auswahl)	Benfuracarb Methiocarb Pirimicarb	Chlorpyrifos Malathion Pirimiphosmethyl	lambda-Cyhalothrin gamma-Cyhalothrin beta-Cyfluthrin alpha-Cypermethrin Esfenvalerate zeta-Cypermethrin Deltamethrin tau-Fluvalinat Etofenprox Bifenthrin	Thiacloprid Acetamiprid Chlothianidin Imidacloprid	Pymetrozin	Indoxacarb

Neben dem Rapsglanzkäfer sind aus anderen Bundesländern mittlerweile auch Sensitivitätsverluste bei weiteren Rapsschädlingen dokumentiert. Betroffen ist auch hier die Wirkstoffgruppe der Pyrethroide. In Mecklenburg-Vorpommern sind entsprechende Minderwirkungen für Populationen des Rapserdflohs (*Psylliodes chrysocephalus*), des Kohlschotenrüsslers (*Ceutorhynchus obstrictus*) und für den Gefleckten Kohltriebrüssler (*Ceutorhynchus pallidactylus*) bekannt. Für den Großen Rapsstängelrüssler (*Ceutorhynchus napi*) konnten noch keine Sensitivitätsverluste nachgewiesen werden (HEIMBACH & MÜLLER 2011). In Sachsen sind bei den genannten Stängel- und Schotenschädlingen noch keine Sensitivitätsverluste gegenüber Pyrethroiden bekannt.

Ein Beispiel für eine Resistenzentwicklung gegen verschiedene Wirkstoffe ist der Kartoffelkäfer (*Leptinotarsa decemlineata*). Bei diesem Schädling war in den letzten Jahren eine Resistenzentwicklung gegen Insektizide aus den Wirkstoffgruppen der Carbamate und Organophosphate, gegen Ende der 1990er-Jahre auch gegenüber Pyrethroiden nachweisbar (PÖLITZ 2007; RICHERZHAGEN 2010). Seit 2007 ist eine Entspannung der Resistenzsituation bei Pyrethroiden festzustellen. Als Gründe hierfür werden die verbesserte Zulassungssituation (aktuell sind 4 Wirkstoffgruppen mit unterschiedlichen Wirkmechanismen zugelassen) und ein konsequenter Wechsel von Wirkstoffgruppen und damit ein wirksames Resistenzmanagement durch die Landwirte angegeben (RICHERZHAGEN & TSCHÖPE 2010).

2.2 Fungizide

Einleitend gibt Tabelle 2 einen Überblick über die Eingruppierung ausgewählter Fungizidwirkstoffe nach der Klassifizierung des Fungicide Resistance Action Committees (FRAC).

Tabelle 2: Eingruppierung ausgewählter Fungizidwirkstoffe nach FRAC

Gruppe	B1 (Benzimidazole/ BCM-Mittel)	C2 (Carbox- amide)	C3 (Strobilurine)	G1 (Triazole/ Imidazole)	G2 (Amine)	M (Kontaktwirkstoffe)
Wirkungs- mechanis- mus	Mitose- und Zelltei- lungsinhibitoren	Inhibitoren der Atmung		Inhibitoren der Sterolbiosynthese in Pilzmembranen		Inhibitoren mit mehreren Wirkorten
Wirkstoffe (Auswahl)	Thiophanatmethyl Carbendazim	Boscalid Bixafen Isopyrazam Fluxapyroxad Penthiopyrad	Kresoximmethyl Pyraclostrobin Azoxystrobin Trifloxistrobin Picoxystrobin Fluoxastrobin	Epoxiconazol Prothioconazol Fluquinconazol Propiconazol Tebuconazol Prochloraz	Fenpropimorph Fenpropidin Spiroxamine	Chlorthalonil Mancozeb

Grundsätzlich unterscheidet man bei Fungiziden zwei unterschiedliche Formen der Resistenzprägung. Zum einen existiert bei Wirkstoffen aus der Gruppe der Azole und Morpholine eine quantitative Resistenz, welche auch als „Shifting“ bezeichnet wird. Nachweisbar ist dies im Labor anhand der ermittelten ED50-Werte, d. h. die effektive Dosis des jeweiligen Wirkstoffs, die benötigt wird, um das Pathogenwachstum um 50 % zu hemmen. Steigt dieser Wert im Laufe der Jahre, spricht man von einem „Shifting“ (FELSENSTEIN 2007). Untersuchungen der vergangenen Jahre zeigen, dass die verschiedenen Azolwirkstoffe bei der Bekämpfung von *Septoria tritici* ein unterschiedliches starkes Shifting zeigen, was eine differenzierte Betrachtung jedes Wirkstoffs bei den Untersuchungen nötig macht. Neben quantitativen Anpassungserscheinungen können durch genetische Veränderungen des Pilzes auch qualitative Resistenzen ausgebildet werden, bei der eine einzige Mutation im Pilzgenom genügt, um einen vollständigen Wirkungsverlust zu verursachen. (FELSENSTEIN 2007; MEHL & STENZEL 2008). Von einer qualitativen Resistenz war in den vergangenen Jahren insbesondere die Wirkstoffgruppe der Strobilurine betroffen. Ein rascher Anstieg des Resistenzniveaus konnte bei Strobilurinen bereits zwei Jahre nach der Markteinführung festgestellt werden. Mittlerweile sind die Schadpathogene *Septoria tritici* und der Erreger des Echten Weizenmehltaus nahezu vollständig resistent gegenüber Strobilurinwirkstoffen, d. h. der Erreger kann mit der empfohlenen Aufwandmenge nicht mehr ausreichend bekämpft werden.

Ausgelöst wird diese Resistenz durch die sogenannte G143A-Mutation. Mittlerweile sind drei Mutationen mit den Bezeichnungen G143A; G137R und F129L bekannt, wobei die G143A Mutation den effektivsten Resistenzmechanismus darstellt (BÄUMLER 2004). Die Mutation F129L kann in den letzten Jahren vermehrt in Populationen von *Pyrenophora teres* (Netzflecken), vereinzelt auch bei DTR-Blattflecken, nachgewiesen werden. Allerdings ist bei dieser Mutation nur ein teilweiser Wirkungsverlust die Folge, der auch bei den verschiedenen betroffenen Wirkstoffen (Strobilurine) unterschiedlich stark ausgeprägt ist. (FELSENSTEIN 2011) Die weitaus bedeutsamere G143A-Mutation wurde in weltweit durchgeführten Monitoringprogrammen bei Netzflecken noch nicht gefunden (SEMAR et al. 2011). Die Resistenzgefährdung der im Getreide und Raps eingesetzten Wirkstoffgruppe der Carboxamide wird analog zu den Strobilurinen aufgrund des speziellen Angriffspunktes im Pilz (Komplex II der Atmungskette, bei Strobilurinen Komplex III der Atmungskette) als mittel bis hoch eingeschätzt (RODEMANN 2012). Auch sind die verschiedenen Carboxamide, wie auch die Strobilurine, untereinander kreuzresistent, d. h. eventuell auftretende Resistenzen betreffen die gesamte Wirkstoffgruppe. Einige auffällige Einzelisolate des Schadpathogens *Sclerotinia sclerotiorum* mit Anpassungserscheinungen gegenüber

Carboxamiden wurden bereits im Jahr 2010 auf einem Standort in Frankreich beobachtet (ANONYM 2010). Ebenfalls im Jahr 2010 war in Sachsen erstmals ein Einzelisolat dieser Krankheit mit Anpassungserscheinung gegenüber dem Carboxamid Boscalid nachweisbar. Resistenzen gegenüber dem Wirkstoff sind auch beim Erreger des Grauschimmels (*Botrytis cinerea*) an Erdbeeren und Himbeeren dokumentiert (WEBER & ENTROP 2011). Dabei wurden Resistenzfaktoren von über 50 ermittelt. Bei den im Getreide eingesetzten Carboxamiden sind dagegen noch keine Sensitivitätsverluste bekannt (WEIGAND 2012).

2.3 Herbizide

Tabelle 3 gibt einleitend einen Überblick über die wichtigsten Wirkungsmechanismen bei Herbiziden nach der Klassifizierung des Herbicide Resistance Action Committees (HRAC) mit ausgewählten Wirkstoffen.

Tabelle 3: Eingruppierung ausgewählter Herbizidwirkstoffe nach HRAC

Gruppe	A	B	C	F	G	K	N
Wirkungsmechanismus	ACCCase-hemmer	ALS-Hemmer	Photosynthesehemmer	HPPD-hemmer (Bleacher)	EPSP-hemmer	Zellwachstumshemmer	Lipidbiosynthesehemmer
Wirkstoffe (Auswahl)	Clodinafop Fenoxaprop-P-ethyl Fluazifop-P-buthyl Haloxifop-R-methyl Clethodim Pinoxaden	Amidosulfuron Iodosulfuron Mesosulfuron Nicosulfuron Sulfosulfuron Florasulam	Chlortoluron Isoproturon Bromoxynil Terbuthylazine Phenmedipham Desmedipham	Diflufenican Flurtamone Clomazone Aclonifen Mesotrione	Glyphosate	Pendimethalin Metacachlor Napropamid Flufenacet	Prosulfocarb

Auch bei Herbizidwirkstoffen erfolgt die Resistenzbildung auf zwei verschiedenen Wegen. In jeder Ungraspopulation können von Natur aus resistente oder weniger empfindliche Individuen auftreten (BALGHEIM 2006). Werden nun über viele Jahre immer wieder die gleichen Wirkstoffe oder Wirkstoffe mit dem gleichen Wirkmechanismus angewendet, steigt der Selektionsdruck innerhalb der Population stark an. Es überleben dann mit der Zeit jene Pflanzen, die den Wirkstoff schnell in unwirksame Bestandteile abbauen können (MEINLSCHMIDT 2011). In diesem Fall spricht man dann von einer metabolischen Resistenz, welche analog zu der Resistenz bei den Insektiziden in Deutschland am verbreitetsten ist. Beispielhaft hierfür sind die Minderwirkungen bei bedeutsamen Ungräsern wie dem Gemeinen Windhalm (*Apera spica-venti*) und dem Ackerfuchsschwanz (*Alopecurus myosourides*), die diese Erscheinungen bei Sulfonylharnstoffen und ACCCase-Hemmer zeigen können. Das Schema einer solchen Selektion ist in Abbildung 2 dargestellt.

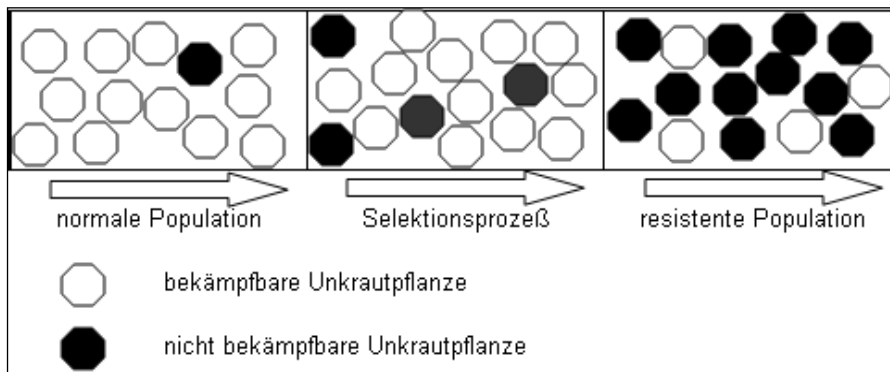


Abbildung 2: Fortschreitender Selektionsprozess in Unkraut/Ungraspopulationen

Neben dieser metabolischen Resistenz sind auch bei den Herbiziden genetische Veränderungen in der Pflanze möglich. Weil Herbizide ihre Wirkung an bestimmten Stellen im Stoffwechsel der Pflanze entfalten, kann als Folge dieser genetischen Veränderungen der Wirkstoff nicht mehr am Zielort („Target“) binden. In Folge dessen kommt es zu einem vollständigen Wirkungsverlust („Target-site Resistenz“). Als Beispiel kann hier die Triazin-Resistenz bestimmter Unkräuter (*Conovulus* spp.; *Polygonum amphibium* und *Equisetum arvense*) im Mais genannt werden. Aus Abbildung 3 wird ersichtlich, dass mittlerweile bei nahezu allen Wirkstoffgruppen resistente Ungras- oder Unkrautarten bekannt sind.

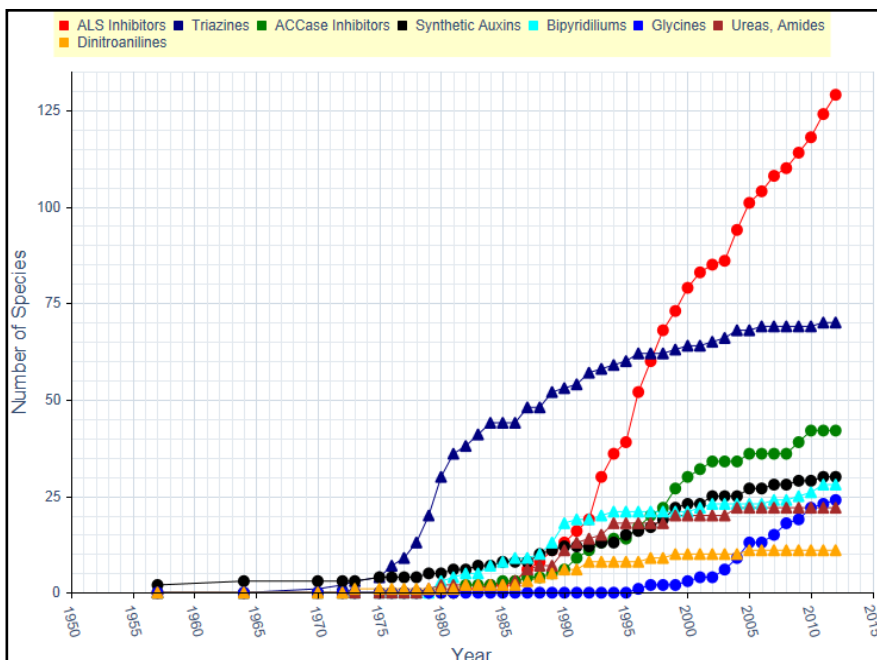


Abbildung 3: Nachgewiesene resistente Unkrautarten bei verschiedenen Wirkstoffgruppen (HEAP 2013)

Herbizidresistenzen beschränken sich nicht nur auf einkeimblättrige Arten. So wurden auch bei zweikeimblättrigen Arten wie z. B. bei der Echten Kamille (*Matricaria chamomilla*), der Geruchlosen Kamille (*Matricaria inodora*) (Pflanzenschutzdienste der Länder Berlin, Brandenburg, Sachsen, Sachsen-Anhalt und Thüringen 2013), dem Weißen Gänsefuß (*Chenopodium album*) oder dem Aufsteigenden Fuchsschwanz (*Amaranthus hybridus*) Resistenzen nachgewiesen. In Sachsen hat der Windhalm (*Apera spica-venti*) von den Ungräsern die größte Bedeutung. Mittlerweile können bei diesem Ungras in Sachsen Fälle von Resistenzen gegen Herbizide der Gruppe der Sulfonylharnstoffe (ALS-Hemmer; HRAC-Gruppe B) sowie im Einzelfall gegen ACCase-Hemmer (HRAC-Gruppe A) nachgewiesen werden, wobei die Resistenzen gegenüber ALS-Hemmern domi-

nieren. Auch aus anderen Bundesländern sind unzureichende Wirkungsgrade von Herbiziden gegen Windhalm dokumentiert. So verweist GEHRING (2012a-b) auf Resistenzen bei Ungräsern wie Acker-Fuchsschwanz, Windhalm und Deutsches Weidelgras in Deutschland. Auch aus Nachbarländern wie Tschechien und Polen wird über ähnliche Probleme bei der Windhalmbekämpfung berichtet (NOVÁKOVÁ et al. 2006; ROLA 1990). Abbildung 4 zeigt eine Übersicht über nachgewiesene Resistenzen gegen Herbizide der HRAC-Gruppen A, B und C bei Windhalm in den Bundesländern Sachsen, Sachsen-Anhalt, Thüringen, Hessen und Brandenburg (Untersuchungen durch BayerCropScience; DuPont; Syngenta und die Pflanzenschutzdienste der jeweiligen Bundesländer).

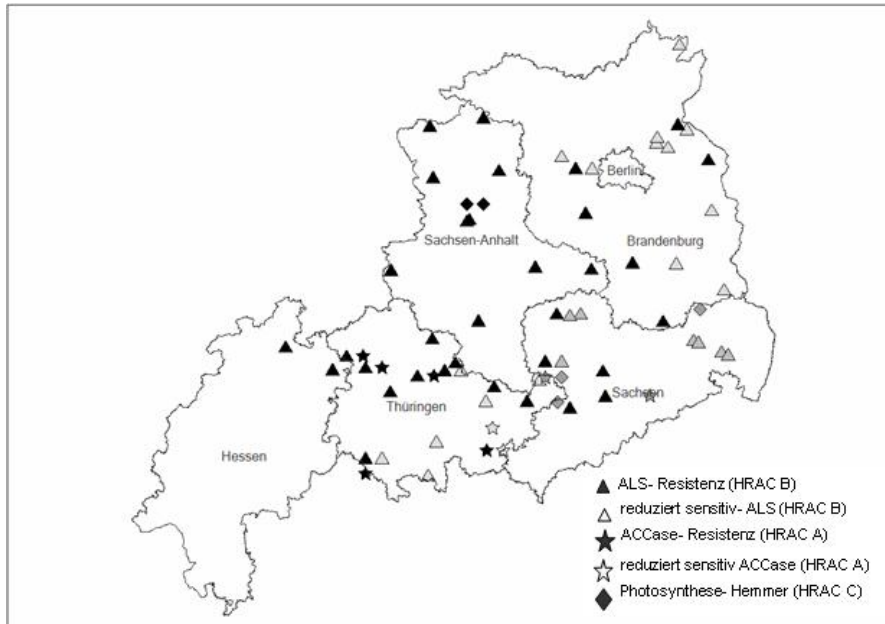


Abbildung 4: Nachgewiesene Herbizidresistenzen beim Windhalm in den 5 Bundesländern (SCHRÖDER et al. 2012)

Neben dem Windhalm hat sich auch der Ackerfuchsschwanz in einigen Regionen Sachsens als bedeutendes Ungras etabliert. Eine beginnende Resistenz wurde beim Ackerfuchsschwanz nachgewiesen. Dagegen sind resistente Populationen in England (SCHLEICH-SAIDFAR 2010) und auch in Schleswig-Holstein oder Bayern seit längerem bekannt (ANONYM 1994, GEHRING 2012a).

3 Material und Methode

3.1 Witterungsverlauf

3.1.1 Witterung 2011

In Abbildung 5 und Abbildung 6 sind die Niederschlagsverteilung sowie der Temperaturverlauf des Jahres 2011 an ausgewählten Standorten Sachsens zu sehen. Der Witterungsverlauf 2011 war geprägt von Extremwetterlagen. Im Januar erfolgte aufgrund der relativ milden Witterung ein zügiges Abtauen der teilweise ergiebigen Schneefälle aus dem Dezember 2010. Im Frühjahr sorgte die wochenlange Hochdruckwetterlage für einen Sonnenscheinrekord. Insbesondere der April war ungewöhnlich warm. Dementsprechend gering blieben auch die Niederschläge in den Monaten März, April, Mai und damit auch der Krankheitsdruck in den Getreidebeständen. Auch die Bedingungen für Infektionen der Rapsbestände mit *Sclerotinia sclerotiorum* waren nicht ideal.

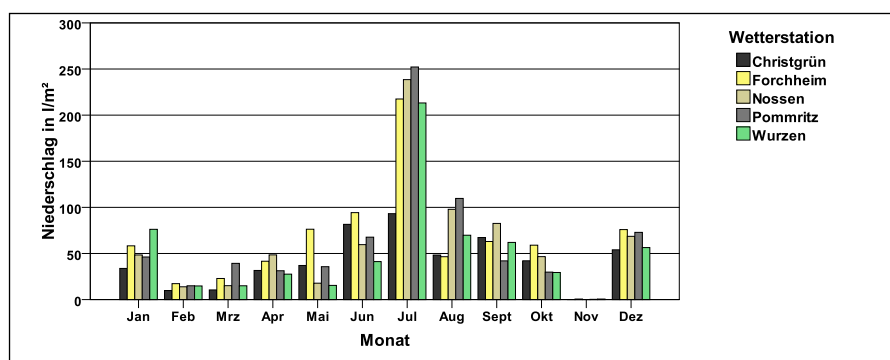


Abbildung 5: Niederschlagsverteilung ausgewählter Wetterstationen in Sachsen 2011

In den Monaten Juni, Juli und August änderte sich dann das Wettergeschehen grundlegend. Nun waren Tiefdruckwetterlagen bestimmend, die teilweise sehr starke Niederschläge brachten. Insbesondere der Monat Juli war viel zu nass, was teilweise für erhebliche Verzögerungen in der Getreideernte sorgte. Auch führten die Niederschläge zu einem Anstieg des Krankheitsdrucks in den Beständen, der jedoch kaum noch ertragswirksam wurde. Die Monate September und Oktober verliefen insgesamt zu warm. Für die Ernte der Zuckerrüben waren die Bedingungen jedoch ideal. Der November stellte einen neuen Dürre rekord auf. An manchen Standorten wurden im gesamten Monat keine Niederschläge registriert. Der Dezember verlief hingegen sehr stürmisch, nass und für die Jahreszeit eher untypisch.

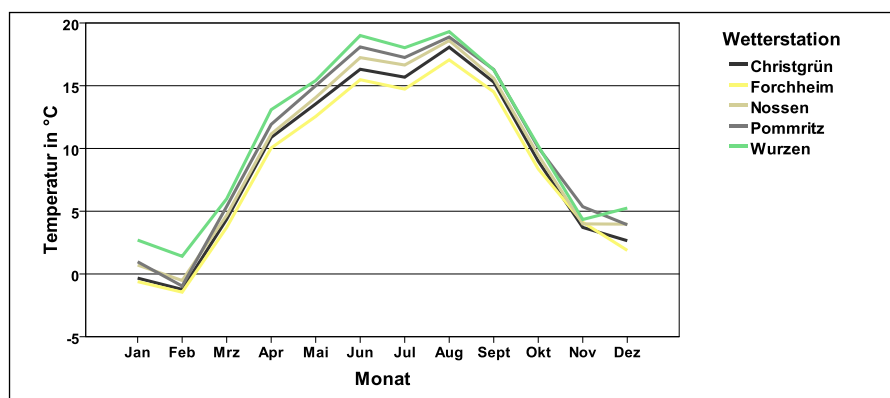


Abbildung 6: Temperaturverlauf ausgewählter Wetterstationen in Sachsen 2011

3.1.2 Witterung 2012

Abbildung 7 und Abbildung 8 zeigen den Temperaturverlauf und die Niederschlagsverteilung des Jahres 2012. Das Jahr startete im Januar sehr mild und niederschlagsreich. Der Februar war geprägt von trockener, extrem kalter Luft. Teilweise sanken die Temperaturen mehrere Tage auf unter -20 °C . In schneearmen Gebieten kam es durch Kahlfröste zu massiven Auswinterungen in den landwirtschaftlichen Kulturen (insbesondere im Winterweizen). Schätzungen zufolge mussten deutschlandweit ca. 400.000 ha Getreide umgebrochen werden. In Sachsen betrug die Fläche ca. 36.500 ha Winterweizen und 9.800 ha Wintergerste. Insgesamt war der Februar somit deutlich zu kalt und zu trocken. Hochdruckeinfluss bestimmte das Wetter im Monat März. Durch die warme Witterung konnte die Frühjahrsbestellung problemlos durchgeführt werden. Allerdings bot die Witterung auch ideale Zuflugbedingungen für die Rapsschädlinge. Die Frühjahrsmonate waren wie schon im Jahr 2011 sehr trocken (siehe Abbildung 7).

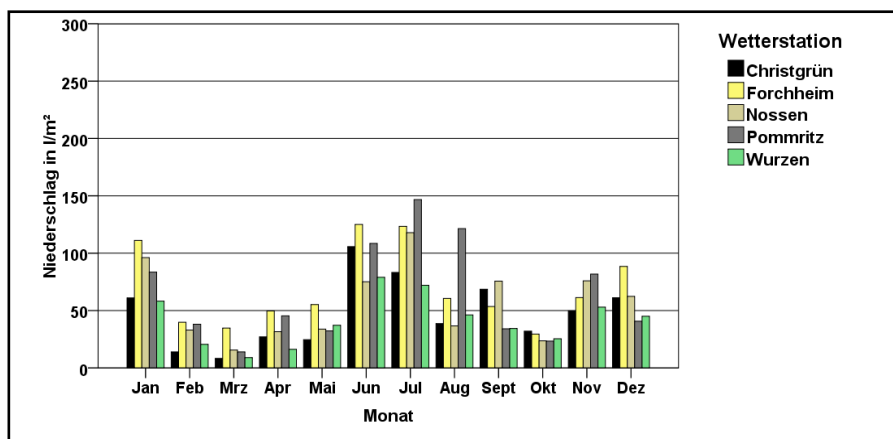


Abbildung 7: Niederschlagsverteilung ausgewählter Wetterstationen in Sachsen 2012

Recht wechselhaftes Wetter herrschte in den Monaten Mai und Juni vor. Kühle, trockene Phasen wechselten sich mit ergiebigen Niederschlägen ab. Das unbeständige Wetter setzte sich bis Mitte Juli fort. Durch die feuchte Witterung stieg der Infektionsdruck an Pilzkrankheiten in den Beständen. Schauerartige, gewittrige Niederschläge behinderten in der ersten Julidekade zunächst die Getreide- und Rapsenernte. Von der günstigen Wasserversorgung profitierten dagegen die Zuckerrübe und der Silomais. Im anschließenden sehr warmen, trockenen und sonnenscheinreichen August konnte die Getreideernte vielerorts zügig abgeschlossen werden.

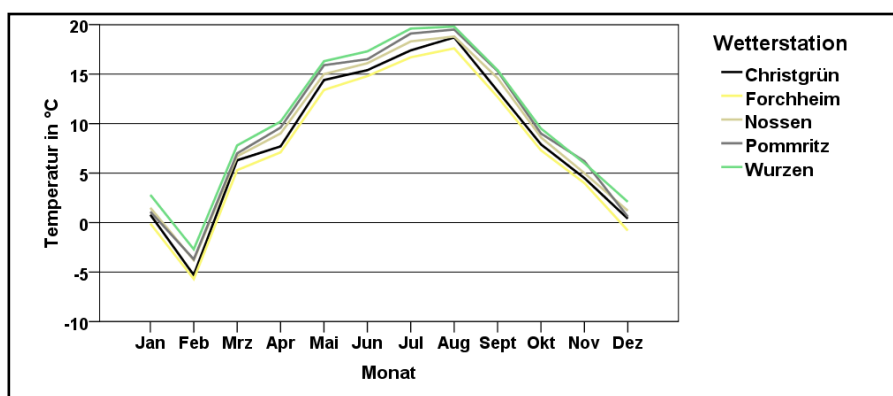


Abbildung 8: Temperaturverlauf ausgewählter Wetterstationen in Sachsen 2012

3.2 Insektizide

Ausgehend von der in Kapitel 2.1 beschriebenen Situation in Sachsen konzentrierten sich die Untersuchungen auf die im Raps bedeutsamen Schädlinge Rapsglanzkäfer (*Meligethes spp.*), Gefleckter Kohltriebrüssler (*Ceutorhynchus pallidactylus*), Großer Rapsstängelrüssler (*Ceutorhynchus napi*) und Kohlschotenrüssler (*Ceutorhynchus obstrictus*), wobei der Rapsglanzkäfer aufgrund der bereits vorhandenen Resistenzproblematik den Untersuchungsschwerpunkt bildete. Im Jahr 2012 konnten zusätzlich jeweils 2 Populationen der Kohlschotenmücke (*Dasineura brassicae*) und des Kohlerdflohs (*Phyllotreta spp.*) getestet werden. Als weiterer bedeutsamer Schädling in Sachsen wurde der Kartoffelkäfer (*Leptinotarsa decemlineata*) in die Untersuchungen einbezogen (Testung von 2 Populationen im Jahr 2011). Tabelle 4 gibt einen Überblick über die untersuchten Schädlinge und die Anzahl der durchgeführten Testreihen in den Jahren 2011 und 2012:

Tabelle 4: Untersuchte tierische Schädlinge und durchgeführte Resistenztestungen

Schaderreger	Testungen 2011	Testungen 2012
Rapsglanzkäfer (<i>Meligethes spp.</i>)	127	167
Großer Rapsstängelrüssler (<i>Ceutorhynchus napi</i>)	2	3
Gefleckter Kohltriebrüssler (<i>Ceutorhynchus pallidactylus</i>)	2	5
Kohlschotenrüssler (<i>Ceutorhynchus obstrictus</i>)	11	12
Kohlschotenmücke (<i>Dasineura brassicae</i>)	-	2
Kohlerdfloh (<i>Phyllotreta spp.</i>)	-	2
Kartoffelkäfer (<i>Leptinotarsa decemlineata</i>)	2	-

Getestet wurden Insektizide aus den Wirkstoffgruppen der Pyrethroide, Neonicotinoide und Oxadiazine. Die Testung der untersuchten Rapsschädlinge erfolgte mit Hilfe von beschichteten Glasröhrchen (Innenfläche 20 bis 80 cm²). Dabei war entweder der technische Wirkstoff (Pyrethroide der Klasse I und II) oder das Insektizid als Formulierung (Biscaya, Mospilan SG, Avaunt 150 EC) in einer Acetonlösung in verschiedenen Konzentrationen auf die Innenseite der Gläschen aufgetragen. Abbildung 9 zeigt das verwendete Testsystem.



Abbildung 9: Teströhrchen Rapsschädlinge

3.2.1 Rapsglanzkäfer

Je nach Wirkstoff standen für die Untersuchungen eine unterschiedliche Anzahl Testkits zur Verfügung. Eine Testung wurde jeweils in zweifacher Wiederholung (externe Labortestungen bis zu vierfacher Wiederholung) durchgeführt. Die Anzahl der durchgeführten Testungen pro Wirkstoff zeigt Tabelle 5.

Tabelle 5: Übersicht Resistenztestungen Rapsglanzkäfer 2011–2012

technische Wirkstoffe	IRAC-Einstufung (Mode of Action)	Testungen 2011	Testungen 2012
Lambda-Cyhalothrin	3A (Pyrethroid Klasse II)	16	17
Gamma-Cyhalothrin	3A (Pyrethroid Klasse II)	-	10
Etofenprox	3A (Pyrethroid Klasse I)	19	22
tau-Fluvalinat	3A (Pyrethroid Klasse I)	19	23
Bifenthrin	3A (Pyrethroid Klasse I)	24	20

Formulierungen (Wirkstoff)	IRAC-Einstufung (Mode of Action)	Testungen 2011	Testungen 2012
Biscaya (Thiacloprid)	4A (Neonicotinoide)	31	43
Mospilan SG (Acetamiprid)	4A (Neonicotinoide)	7	14
Avaunt 150 EC (Indoxacarb)	22A (Oxadiazine)	10	10

Die Sammlung der Rapsglanzkäfer erfolgte im Zeitraum von Ende März bis Mitte Juli. Der Fang der Tiere wurde zunächst mit Hilfe von Gelbschalen durchgeführt. Mit zunehmender Pflanzenentwicklung konnte ab dem Knospenstadium des Rapses die Klopfmethode angewendet werden. Hierbei wurden die Tiere vorsichtig von den Knospen in die Transportbeutel überführt. Die Käfer wurden in den perforierten Beuteln zügig zum Testort transportiert und anschließend über Nacht kühl gehalten. Hierdurch sollten bereits geschädigte Tiere erkannt und vom Test ausgeschlossen werden.

Pro Testkonzentration wurden 10 Rapsglanzkäfer in die Glasröhrchen überführt und anschließend 24 h in den liegenden Gefäßen exponiert. Die Bonituren erfolgten in den Zeiträumen 1 h, 5 h und 24 h.

Gemäß den validierten Labormethoden Nr. 11 (Pyrethroide), Nr. 21 (Biscaya) und Nr. 27 (Avaunt) des Insecticide Resistance Action Committees (IRAC) wurde die 24 h Bonitur ausgewertet. Die 5 h Bonitur wurde für die Pyrethroide der Klassen I und II auf Grundlage der angewendeten Methodik des Julius Kühn-Instituts (JKI) ebenfalls in die Auswertung einbezogen. Für den Wirkstoff Indoxacarb (Avaunt 150 EC) wurde aufgrund des Wirkmechanismus die 24 h-Bonitur für die Analyse verwendet. Die 1 h- und 5 h-Bonitur wurden als Sichtbonitur der Gläschen durchgeführt. Dabei erfolgte eine visuelle Einschätzung der Schädigung durch das jeweilige Insektizid. Für die 24 h-Bonitur wurden die Tiere mittig auf einen Papierkreis (Durchmesser 15 cm) überführt. Eine seitlich angebrachte Lichtquelle sollte die Käfer zum Verlassen des Kreises animieren. Anschließend wurde der Anteil der Käfer ermittelt, die den Kreis nach einer Minute ohne Beeinträchtigungen in ihrem Bewegungsablauf verlassen konnten. Die Versuchsanordnung ist in Abbildung 10 dargestellt:



Abbildung 10: Versuchsanordnung Kreistest

Die Einteilung der getesteten Rapsglanzkäfer erfolgte in die Klasse „vital“ für Tiere ohne erkennbare Beeinträchtigungen. Abgetötete Rapsglanzkäfer und Tiere mit sichtbaren Schädigungen (Lähmungserscheinungen) wurden als „geschädigt“ klassifiziert. Die Einteilung der Populationen in Resistenzklassen wurde für den Wirkstoff Lambda-Cyhalothrin auf Grundlage der in Tabelle 6 dargestellten Klassifizierung nach der IRAC-Methode 11 (siehe Anhang) vorgenommen. Für die Pyrethroide der Klasse I konnte diese Klassifizierung aufgrund der unterschiedlichen intrinsischen Wirkungen nicht angewendet werden. Diese Wirkstoffe wurden nach den erzielten Wirkungsgraden in den Röhrchen bewertet.

Tabelle 6: IRAC-Klassifizierung für lambda-Cyhalothrin im Adult-Vial-Test

Konzentration (% Feldaufwandmenge)	% geschädigt	Resistenzklasse	Interpretation
100 %	100 %	1	hoch sensitiv
20 %	100 %		
100 %	100 %	2	sensitiv
20 %	< 100 %		
100 %	100 % – ≤ 90 %	3	moderat resistent
100 %	< 90 % – ≥ 50 %	4	resistent
100 %	< 50 %	5	hoch resistent

Die Bewertung der Ergebnisse für Biscaya und Mospilan SG erfolgte auf Grundlage der in der IRAC 21 Methode (siehe Anhang) angegebenen Erwartungswerte der Mortalitäten in den Gläschen bei einer Konzentration von 20 %, 100 % und 200 %. Für die Interpretation der Ergebnisse wurde die für das Testsystem empfohlene diagnostische Dosis von 200 % Feldaufwandmenge verwendet. Die Erwartungswerte sind in Tabelle 7 dargestellt. Für das Mittel Avaunt war zum Untersuchungszeitpunkt keine Klassifizierung der Ergebnisse möglich.

Tabelle 7: Erwartete Mortalitäten für Biscaya im Adult-Vial-Test

Konzentration (% Feldaufwandmenge)	% geschädigt	Standardabweichung in %
20 %	50 %	10
100 %	93 %	6
200 %	98 %	3

3.2.2 Stängel- und Schotenschädlinge

Der Fang der Stängelschädlinge Großer Rapsstängelrüssler, Gefleckter Kohltriebrüssler und Kohlerdfloh wurde im Zeitraum März bis Anfang April durch Ablesen der Käfer von den Rapspflanzen und teilweise mit Hilfe von Gelbschalen durchgeführt. Für den Kohlschotenrüssler konnte die Klopfmethode (vorsichtiges Abklopfen der Käfer von den Knospen) angewendet werden. Der Fang des Kohlschotenrüsslers erstreckte sich von Anfang bis Ende Mai.

Getestet wurde der Wirkstoff Lambda-Cyhalothrin stellvertretend für die Wirkstoffgruppe der Pyrethroide der Klasse II. Gegenüber dieser Wirkstoffgruppe wurden in den vorhergehenden Jahren in Sachsen noch keine Sensitivitätsverluste bei den Stängel- und Schotenschädlingen festgestellt (siehe Kapitel 2.1). Die Testungen wurden in Abhängigkeit der zur Verfügung stehenden Tiere in 2- bzw. 4-facher Wiederholung durch das Julius Kühn-Institut in Braunschweig durchgeführt. Zur Anwendung kam analog zu den Untersuchungen der Rapsglanzkäfer die Methode des Adult-Vial-Tests (siehe Kapitel 3.2.1). Die eingesetzten Konzentrationen in den Gläschen betragen 4 % und 20 % der in der Praxis applizierten Feldaufwandmenge. Bonitiert wurde nach 5 Stunden. Die Klassifizierung erfolgte analog zu den Rapsglanzkäfern in die Klassen „vital“ und „geschädigt“. Tabelle 8 zeigt eine Übersicht der Testungen in den beiden Untersuchungsjahren 2011 und 2012:

Tabelle 8: Übersicht Resistenztestung Stängel- und Schotenschädlinge 2011–2012

IRAC-Einstufung (Mode of Action)	Wirkstoff	Schädling	Testungen 2011	Testungen 2012
(Pyrethroid Klasse II)	Lambda-Cyhalothrin	Gefleckter Kohltriebrüssler	2	5
		Großer Rapsstängelrüssler	2	3
		Kohlschotenrüssler	11	12
		Kohlschotenmücke	-	2
		Kohlerdfloh	-	2

3.2.3 Kartoffelkäfer

Der Resistenzstatus des Kartoffelkäfers wurde im Jahr 2011 an den Standorten Pirna und Pommritz getestet. Grundlage der Untersuchung war die international anerkannte IRAC-Labormethode Nr. 7. Geprüft wurde das Insektizid KARATE mit ZEON-Technologie (Wirkstoff: Lambda-Cyhalothrin). Für die Laboranalysen wurden unbehandelte Larven (Larvenstadien L1-L2) mit verschiedenen Aufwandmengen des Versuchsmittels in Kontakt gebracht. Tabelle 9 zeigt die verwendeten Aufwandmengen.

Tabelle 9: Getestete Aufwandmengen für das Mittel Karate Zeon (Lambda-Cyhalothrin), 100 % = Feldaufwandmenge

Aufwandmenge in %	Aufwandmenge in ppm
0	Kontrolle
0,75	---
1,5	2,8125
3	5,625
6	11,25
12,5	23,4375
25	46,875
50	93,75
100	187,5
200	375
400	---

Anschließend wurde der Anteil letal geschädigter Individuen nach 48 Stunden festgestellt. Zur Quantifizierung des Resistenzstatus der Einzelpopulation wurden die LD-Werte (LD50 und LD95) bestimmt. Mit dem LD-Wert kann die Dosis-Wirkungs-Beziehung näher beschrieben werden. Die statistische Auswertung erfolgte mittels Probit-Analyse (mit der Software XLSTAT® ver. 2011.1.02), einem mathematischen Modell, welches die Versuchswerte mit theoretischen Werten in Beziehung setzt.

3.3 Fungizide

Die Durchführung aller Analysen erfolgte durch die Firma Epilogic GmbH Freising. Je nach Schadpathogen wurden unterschiedliche biologische und molekulargenetische Analysemethoden angewendet (Tabelle 10).

Tabelle 10: Analysemethoden Fungizidtestungen

Schadpathogen	Getestete Wirkstoffe	Angewandetes Testverfahren
<i>Septoria tritici</i>	Epoxiconazol Prothioconazol Bixafen	<i>in vitro</i> (Mikrotiter)
Weizenmehltau	Cyflufenamid Metrafenone Proquinacid	<i>in vivo</i> , Blattsegment auf Agar, Behandlung der ganzen intakten Pflanzen Biotest mit Einzelsporennachkommenschaften Sporengewinnung aus der Luft
Gerstenmehltau	Cyflufenamid Metrafenone Proquinacid	<i>in vivo</i> , Blattsegment auf Agar, Behandlung der ganzen intakten Pflanzen Biotest mit Einzelsporennachkommenschaften Sporengewinnung aus der Luft und aus dem Feld
Netzflecken	Bixafen Fluoxastrobin (F129L-Mutation)	<i>in vivo</i> (Biotest) Testkonzentrationen diskriminierend
DTR-Blattflecken	Fluoxastrobin (G143A-Mutation) Prothioconazol Bixafen	Quantifizierung mit Hilfe der 'real time' PCR-Technik („Taqman“) <i>in vitro</i> (Mikrotiter)
<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>	Dimoxystrobin Boscalid	<i>in vitro</i> (24-well-Platten)

Eine Klassifizierung der Ergebnisse in Resistenzklassen war zum Untersuchungszeitpunkt nur für das Auftreten der G143A-Mutation bei *Septoria tritici* (keine Strobilurine untersucht) und DTR-Blattflecken möglich. Die Klassifizierung zeigt Tabelle 11:

Tabelle 11: Resistenzklassifizierung nach FELSENSTEIN bei DTR-Blattflecken gegen Strobilurine

% Anteil G143A Mutation innerhalb der mitochondrialen Pilz DNA	Resistenzausprägung	Interpretation, Wirkungssicherheit
0 bis 10 %	keine bis sehr geringe Resistenz	sehr gute bis gute Wirkung
> 10 bis 20 %	geringes Resistenzniveau	noch gute bis deutliche, jedoch bei hohem Infektionsdruck bereits eingeschränkte Wirkung
> 20 bis 50 %	mittleres Resistenzniveau	mäßige, aber noch merkliche Wirkung
≥ 50 %	hohes Resistenzniveau	nur noch geringe, oftmals unzureichende bis kaum feststellbare Wirkung

3.3.1 Schadpathogene Winterweizen

Trotz des witterungsbedingten eher geringen Krankheitsdrucks in den Jahren 2011 und 2012 für die untersuchten pilzlichen Schaderreger im Winterweizen konnte eine ausreichende Anzahl an Proben gesammelt werden. Die Probenahme für die Schaderreger *Septoria tritici* und *Pyrenophora tritici-repentis* erfolgte direkt in den Beständen. Je Probe wurden 20 bis 25 infizierte Blätter gesammelt. Die Probenahme des Echten Weizenmehltaus wurde durch das externe Labor mittels Sporenfang aus der Luft mit einer Düsensporenfalle abgesichert. Die Anzahl der untersuchten Proben ist in Tabelle 12 dargestellt.

Tabelle 12: Untersuchungsumfang Schadpathogene Winterweizen

Schadpathogen	getestete Wirkstoffe	Testungen 2011	Testungen 2012
<i>Septoria tritici</i> (Septoria Blattflecken)	Epoxiconazol	15 x 3 Isolate	11 x 3 Isolate
	Prothioconazol	15 x 3 Isolate	11 x 3 Isolate
	Bixafen	15 x 3 Isolate	11 x 3 Isolate
<i>Pyrenophora tritici-repentis</i> (DTR-Blattflecken)	Fluoxastrobin (G143A Mutation)	14 (real time PCR)	17 (real time PCR)
	Prothioconazol	14 x 3 Isolate	8 x 3 Isolate
	Bixafen	14 x 3 Isolate	8 x 3 Isolate
<i>Blumeria graminis f. sp. Tritici</i> (Echter Weizenmehltau)	Metrafenone	30	30
	Proquinacid	30	30
	Cyflufenamid	30	30

3.3.2 Schadpathogene Wintergerste

Die Untersuchung des Gerstenmehltaus erfolgte analog zum Weizenmehltau mittels Sporenfang aus der Luft durch das externe Labor. Die Beprobung für die Netzfleckenkrankheit erfolgte durch die Sammlung von jeweils 20 bis 25 infizierten Blättern je Probe mit anschließender Zusendung an das Labor. Tabelle 13 gibt eine Übersicht über die Testungen.

Tabelle 13: Untersuchungsumfang Schadpathogene Wintergerste

Schadpathogen	getestete Wirkstoffe	Testungen 2011	Testungen 2012
<i>Pyrenophora teres</i> (Netzfleckenkrankheit)	Fluoxastrobin (F129L Mutation)	15 x 3 Isolate	12 x 4 Isolate
	Bixafen	15 x 3 Isolate	12 x 4 Isolate
<i>Blumeria graminis f. sp. Hordei</i> (Echter Gerstenmehltau)	Metrafenone	30 Isolate	30 Isolate
	Proquinacid	30 Isolate	30 Isolate
	Cyflufenamid	30 Isolate	30 Isolate

3.3.3 Schadpathogene Winterraps

Tabelle 14 zeigt den Untersuchungsumfang für die untersuchten Schadpathogene im Winterraps. Die Untersuchungen bezogen sich auf die wirtschaftlich bedeutsame Krankheit *Sclerotinia sclerotiorum*. Die Probenahme bei *Sclerotinia sclerotiorum* erfolgte durch Sammlung der Dauerform des Pilzes (*Sklerotien*) aus befallenen Pflanzen. Aus diesen wurden im Labor 5 Isolate gewonnen und anschließend auf Anpassungserscheinungen gegenüber dem jeweils getesteten Wirkstoff hin untersucht. Getestet wurde der Wirkstoff Boscalid aus der Wirkstoffgruppe der Carboxamide (2011 und 2012) und der Strobilurinwirkstoff Dimoxystrobin (nur 2011).

Tabelle 14: Untersuchungsumfang Schadpathogene Winterraps

Schadpathogen	getestete Wirkstoffe	Testungen 2011	Testungen 2012
<i>Sclerotinia sclerotiorum</i> (Weißstängeligkeit)	Dimoxystrobin	17 x 5 Isolate	-
	Boscalid	17 x 5 Isolate	17 x 5 Isolate

3.4 Herbizide

Die Resistenztestungen wurden in beiden Untersuchungsjahren bei den beiden Ungräsern Ackerfuchsschwanz (*Alopecurus myosourides*) und Windhalm (*Apera spica-venti*) an verschiedenen Standorten Sachsens durchgeführt. Die Probenahme erfolgte in Form von reifen Samen der adulten Pflanzen in den Beständen.

Um eine klare Differenzierung zwischen auftretender metabolischer Resistenz und einer genetisch bedingten Resistenz (Target-site-Resistenz) gewährleisten zu können, wurden die Resistenzuntersuchungen der beiden Ungräser mit zwei verschiedenen Methoden durchgeführt. Zunächst wurden Gewächshausversuche durchgeführt, um auffällige Populationen zu erkennen. Anschließend wurden molekulargenetische Tests an Einzelpflanzen dieser auffälligen Populationen vorgenommen, um eventuelle genetische Veränderungen in den Pflanzen nachweisen zu können. Insgesamt konnten im Jahr 2011 5 Standorte mit Ackerfuchsschwanzbesatz und 9 Windhalmpopulationen untersucht werden. Im Jahr 2012 wurden 4 Ackerfuchsschwanzstandorte und 12 Windhalmpflanzen analysiert. Diese wurden nach der Anzucht im Gewächshaus mit den jeweiligen Herbiziden in verschiedenen Aufwandmengen (50 %, 100 % und doppelte zugelassene Aufwandmenge gegenüber der Ungrasart) behandelt. In den anschließenden Bonituren wurde der gesamte Habitus eines Topfes mit dem der unbehandelten Kontrolle verglichen und in einem Prozentwert ausgedrückt. Die Bonituren wurden 14 Tage und 28 Tage nach der Behandlung der Pflanzen im BBCH 12-14 durchgeführt. Dabei berücksichtigt wurden Wuchsdepressionen der Pflanzen, Abnormalitäten in der Blattentwicklung, Blattverfärbungen, Chlorosen und der Anteil komplett abgestorbener Pflanzen zum Zeitpunkt der Bonitur. Die Boniturergebnisse wurden anschließend auf den sensitiven Standard bezogen und so relativiert. Die Vorgehensweise wird nachfolgend am Beispiel der Verdachtsprobe BPL11_14 (Ackerfuchsschwanz, getestetes Herbizid Lexus, 28 Tage nach Applikation) in Abbildung 11 dargestellt und anschließend erläutert.

Unbehandelte Kontrolle



Sensitiver Standard



Verdachtsprobe BPL11_14



Abbildung 11: Verdachtsprobe BPL11_14 im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle und einem sensitiven Standard

Für die Bewertung wurden die Boniturdaten mit dem sensitiven Standard abgeglichen und in die Klassen S (sensitiv) und 5 Resistenzklassen eingeteilt. Der Mittelwert der Bonitur des sensitiven Standards wird durch 5 geteilt. Daraus resultieren dann die Resistenzklassen. Die Klassifizierung der Resistenzgrade erfolgte nach dem Schema von MOSS. Dargestellt ist die Klassifizierung in Tabelle 15.

Tabelle 15: Angewendete Klassifizierung Ackerfuchsschwanz und Windhalm

Wirkungsgrade in %	Resistenzklasse	Interpretation
100 – 91	S	Übergangsbereich (beginnende Resistenz bis sensitiv)
81 – 90	1*	
80 – 61	2*	hoher Resistenzgrad
60 – 41	3*	
40 – 21	4*	sehr hoher Resistenzgrad, weit entwickelte Resistenz
20 – 0	5*	

Beträgt der Mittelwert der Bonitur des sensitiven Standards 100, so ergibt sich die in Tabelle 14 dargestellte Klassifizierung. Weicht der sensitive Standard ab (z. B. bei nicht vollständiger Wirkung, 80 bis 95 % des sensitiven Standards), wird dies in der Klassifizierung berücksichtigt. Damit wird eine Bewertung auch dann gewährleistet, wenn die Reaktion des sensitiven Standards unter 100 liegt. Für die Probe BPL11_14 würde sich nach diesem Schema das in Tabelle 16 dargestellte Ergebnis zeigen.

Tabelle 16: Resistenzeinschätzung Verdachtsprobe BPL11_14

	Sensitiver Standard			Verdachtsprobe BPL11_14		
Bonitur	100	100	100	75	100	65
Anzahl Pflanzen/Topf	13	12	13	4	5	5
tot/lebend	13/0	13/0	13/0	3/1	5/0	4/1
Resistenzgrad	S	S	S	2*	S	2*

Interpretiert wird das Ergebnis nun folgendermaßen: Bei einer Behandlung von 10 g/ha Lexus sind 35 % Überlebende zu finden, die nach der Bonitur vital sind. Die Gesamtbewertung ergibt demnach, dass eine leichte bis mittlere Resistenz (2*) ausgeprägt wird, die in einem Anteil von 35 % in der Population vertreten ist.

Für die anschließenden molekulargenetischen Untersuchungen wurden aus den Töpfen alle lebenden und vitalen Pflanzen, die als resistent bonitiert wurden, entnommen und getrocknet. Anschließend wurden die Pflanzen auf Papier geklebt und beschriftet und so für die weiteren Untersuchungen archiviert. Für die Extraktion von DNA wurde ein 1 bis 1,5 cm langes Stück Blatt einer Pflanze in eine Kavität einer 96-Deep-Well-Platte eingepflegt. Das Material wurde nach Zugabe von 200 µl DNA-Extraktionspuffer und einer Stahlkugel mit 5 mm Durchmesser in einer Schwingmühle (Retsch MM 400) zerkleinert. War der Rohextrakt von guter Qualität (helle, grünliche Farbe, keine Dunkelfärbung), wurde ein Aliquot nach Zentrifugation mit destilliertem Wasser 1 : 20 verdünnt und bis zur weiteren Verwendung eingefroren. In anderen Fällen musste der Rohextrakt vor einer weiteren Verwendung in der PCR aufgereinigt werden. Dafür wurde ein DNA-Extraktions-Kit (Firma Analytik Jena AG) verwendet. Die Qualität eines Rohextraktes hing stark vom physiologischen Zustand des Pflanzenmaterials zum Zeitpunkt der Ernte und von der Trocknung ab. Tabelle 17 und Tabelle 18 stellen die Informationen der verschiedenen Genfragmente und SNP (Single Nucleotide Polymorphism) zusammen und sind für das Verständnis und die Interpretation notwendig.

Tabelle 17: Untersuchte SNP im ALS-Gen (genetische Information und Konsequenzen in der Proteinsequenz)

ALS, Position der Aminosäure im Protein	Keine Target-site-Resistenz: Aminosäure im Protein (und kodierende Sequenz im Gen)	Target-site-Resistenz: Aminosäure im Protein (und Änderung der kodierenden Sequenz im Gen)
122	Ala (<u>G</u> CC)	Thr (<u>A</u> CC)
197	Pro (<u>C</u> CC)	Thr (<u>A</u> CC)
197	Pro (<u>C</u> CC)	Leu (<u>G</u> CC)
197	Pro (<u>C</u> CC)	Ser (<u>I</u> CC)
205	Ala (<u>G</u> CC)	Val (<u>G</u> IC)
376	Asp (<u>G</u> AT)	Glu (<u>G</u> AA) oder Glu (<u>G</u> AG)
574	Trp (<u>T</u> GG)	Leu (<u>T</u> IG)
653	Ser (<u>A</u> GC)	Asn (<u>A</u> AC)
653	Ser (<u>A</u> GC)	Thr (<u>A</u> CC)

Tabelle 18: Untersuchte SNP im ACCase-Gen (genetische Information und Konsequenzen in der Protein-Sequenz)

ACCcase, Position der Aminosäure im Protein	Keine Target-site-Resistenz: Aminosäure im Protein (und kodierende Sequenz im Gen)	Target-site Resistenz: Aminosäure im Protein (und Änderung der kodierenden Sequenz im Gen)
1781	Ile (<u>A</u> TA)	Leu (<u>I</u> TA) or Leu (<u>C</u> TA)
1999	Trp (TG <u>G</u>)	Cys (TG <u>I</u>) or Cys (TG <u>C</u>)
2027	Trp (TG <u>G</u>)	Cys (TG <u>I</u>) or Cys (TG <u>C</u>)
2041	Ile (<u>A</u> TT)	Val (<u>G</u> TT)
2041	Ile (A <u>I</u> T)	Asn (A <u>A</u> T)
2078	Asp (G <u>A</u> T)	Gly (G <u>G</u> T)
2088	Cys (<u>I</u> GC)	Arg (<u>C</u> GC)
2096	Gly (G <u>G</u> T)	Ala (G <u>C</u> T)

Die Pyrosequenzierung-Analyse wurde mit einem PSQ 96 MA durchgeführt. Die DNA-Fragmente, die mit der Pyrosequenzierung Projekt-Nr. RM2011_03 Technologie analysiert wurden, waren zwischen 190 und 220 bp lang. Jedes PCR-Fragment enthält einen der SNP, welches mit einem PSQ-96-MA analysiert wurde. Zur Interpretation der Ergebnisse müssen Tabelle 18, Tabelle 19 und Tabelle 20 herangezogen werden. Die unterstrichenen und fetten Buchstaben zeigen die Nukleotide an, welche im Fall einer TSR ausgetauscht werden. Für die Interpretation ist es notwendig zu verstehen, dass jedes PCR-Fragment aus zwei Allelen eines diploiden Organismus besteht. ALOMY, APESV und LOLSS sind diploide Organismen und tragen damit mütterliche und väterliche Erbkomponenten in sich. Genau 50 % der PCR-Fragmente enthalten Informationen, die von der (Mutter-)pflanze vererbt werden. Die anderen 50 % stammen aus dem Pollen von Pflanzen der Umgebung. Im Falle von Ile-zu-Leu1781 z. B., ist die Nukleotid-Kombination A/A in sensitiven Pflanzen (bzw. Pflanzen, die nicht aufgrund einer TSR 1781 resistent sind). Beide elterliche Komponenten vererben ein A. Im Falle, dass ein Elternteil eine Resistenz (T) vererbt, resultiert z. B. ein T/A. Die Pflanze ist dann heterozygot resistent. In dem Fall, dass beide Eltern eine Resistenz vererben, ist das Ergebnis T/T. Die Pflanzen sind homozygot resistent. Pflanzen, die homozygot für eine TSR gegen ALS- oder ACCase-Inhibitoren sind, haben einen höheren Resistenzfaktor bezogen auf einen Wirkstoff als Pflanzen, die heterozygot sind, weil beide Anteile, sensitives und resistentes Target gleich stark (Co-dominant) vererbt werden. Die Frequenz der Homozygotie in einer Population ist ein Marker für eine hohe Inzucht und reflektiert eine hohe Frequenz von TSR in einer Feldpopulation (WAGNER 2011).

Tabelle 19 zeigt die getesteten Herbizide der Ackerfuchsschwanzuntersuchungen mit den jeweils enthaltenen Wirkstoffen.

Getestet wurden verschiedene Herbizide aus der Gruppe der ACCase-Hemmer (HRAC-Gruppe A), der Sulfonylharnstoffe (HRAC-Gruppe B) und der Photosystem II-Hemmer Arelon flüssig (HRAC-Gruppe C). Im Untersuchungsjahr 2012 wurde das Herbizid Topik 100 durch Corello und das Herbizid Focus Ultra durch Traxos ersetzt.

Tabelle 19: Prüfsubstanzen Ackerfuchsschwanzproben 2011–2012

2011			2012		
Herbizid	Wirkstoffe	HRAC-Gruppe	Herbizid	Wirkstoffe	HRAC-Gruppe
Axial 50	Pinoxaden	A	Axial 50	Pinoxaden	A
Focus Ultra	Cycloxydim	A	Traxos	Clodinafop Pinoxaden	A B
Atlantis WG + Actirob B (FHS)	Iodosulfuron Mesosulfuron	B	Atlantis WG + Genapol (FHS)	Iodosulfuron Mesosulfuron	B
Lexus	Flupyrsulfuron	B	Lexus	Flupyrsulfuron	B
Topik 100	Clodinafop	B	Corello + Dash	Pendimethalin Pyroxsulam	K1 B
Broadway + Actirob B (FHS)	Florasulam Pyroxsulam	B	Broadway + Genapol (FHS)	Florasulam Pyroxsulam	B
Arelon flüssig	Isoproturon	C	Arelon flüssig	Isoproturon	C

Tabelle 20 gibt einen Überblick über die verwendeten Prüfsubstanzen der Windhalmuntersuchungen in den Jahren 2011 und 2012. Wie auch bei den Ackerfuchsschwanztestungen wurden Herbizide der HRAC-Gruppen A, B und C untersucht. Im Jahr 2012 war mit Lentipur 700 ein zweiter Photosystem II-Hemmer im Test. Alle anderen Prüfsubstanzen wurden analog zum Jahr 2011 übernommen.

Tabelle 20: Prüfsubstanzen Windhalmproben 2011–2012

2011			2012		
Herbizid	Wirkstoffe	HRAC-Gruppe	Herbizid	Wirkstoffe	HRAC-Gruppe
Axial 50	Pinoxaden	A	Axial 50	Pinoxaden	A
Focus Ultra	Cycloxydim	A	Focus Ultra	Cycloxydim	A
Atlantis WG + Actirob B (FHS)	Iodosulfuron Mesosulfuron	B	Atlantis WG + Genapol (FHS)	Iodosulfuron Mesosulfuron	B
Lexus	Flupyrsulfuron	B	Lexus	Flupyrsulfuron	B
Husar OD	Iodosulfuron	B	Husar OD + Mero (FHS)	Iodosulfuron	B
Broadway + Actirob B (FHS)	Florasulam Pyroxsulam	B	Broadway + Genapol (FHS)	Florasulam Pyroxsulam	B
Arelon flüssig	Isoproturon	C	Arelon flüssig	Isoproturon	C
-	-	-	Lentipur 700	Chlortoluron	C

3.5 Behandlungsindex (BI)

Definiert ist der Behandlungsindex wie folgt: Der Behandlungsindex stellt die Anzahl von Pflanzenschutzmittel-Anwendungen auf einer betrieblichen Fläche, in einer Kultur oder in einem Betrieb unter Berücksichtigung von reduzierten Aufwandmengen und Teilflächenbehandlungen dar, wobei bei Tankmischungen jedes Pflanzenschutzmittel gesondert zählt (ANONYM 2008). Wesentlicher Vorteil besteht in der Vergleichbarkeit verschiedener Aufwandmengen von Pflanzenschutzmitteln bei unterschiedlichen Einheiten (Liter, Milliliter, Gramm). Ermittelt wurden die Behandlungsindizes für die Kulturen Winterraps, Winterweizen und Wintergerste. Die Be-

rechnung erfolgte für die Untersuchungsflächen auf Grundlage der betrieblichen Schlagaufzeichnungen. Abbildung 12 zeigt die verwendete Formel für die Berechnung des Gesamtbehandlungsindex.

$$BI_{ges} = \sum TI_{ges}$$

$$BI_{F/HLW} = \sum TI_{F/HLW}$$

$$TI = FK * AWM\text{-Koeff.}$$

FK = behandelte Fläche pro Mittel/Gesamtanbaufläche der Kultur
AWM-Koeff. = tatsächliche Aufwandmenge/zugelassene Menge des PSM

BI = normierter Behandlungsindex
 TI = Teilindex
 FK = Flächenkoeffizient
 AWM-Koeff. = Aufwandmengkoeffizient

Abbildung 12: Berechnung des Gesamtbehandlungsindex (SCHMIDT 2004)

Aus dieser Formel wurden zunächst die Teilindizes für die einzelnen Pflanzenschutzmittelkategorien der Untersuchungsschläge ermittelt. Diese waren eingeteilt in die Teilindizes Insektizide, Herbizide, Fungizide und Wachstumsregler. Die Informationen über die maximal zulässigen Aufwandmengen der jeweiligen Pflanzenschutzmittel entstammen dem Programm PAPI (Pflanzenschutzmittel-Auswertung und Pflanzenschutzmittel-Information). Im Winterraps wurden alle Applikationen bis zum BBCH 59 mit Mitteln, die sowohl als Fungizide als auch als Wachstumsregulatore eingesetzt werden können, als Kategorie Wachstumsregler zusammengefasst. Die Applikationen zur Blüte sind als Kategorie Fungizide dargestellt. Tabelle 21 zeigt beispielhaft die Methodik anhand eines untersuchten Wintergerstenschlags.

Tabelle 21: Beispielberechnung Behandlungsindex

Datum	PSM	AWM	Max. AWM	AWK	FK	Teil BI
07.10.2010	Falkon	1,0 l/ha	1,0 l/ha	1,0	1,0	1,0
07.10.2010	Karate mit ZEON-Technologie	75 ml/ha	75 ml/ha	1,0	1,0	1,0
21.04.2011	Moddus	0,5 l/ha	0,8 l/ha	0,625	1,0	0,625
07.05.2011	Amistar Opti	1,5 l/ha	2,5 l/ha	0,6	1,0	0,6
Summe						3,225

4 Ergebnisse

4.1 Insektizide

4.1.1 Rapsglanzkäfer

Die folgenden Abbildungen beinhalten die Wirkungsgrade der getesteten Insektizide nach 24 Stunden Kontaktzeit mit den Rapsglanzkäfern bei den jeweils angegebenen Feldaufwandmengen.

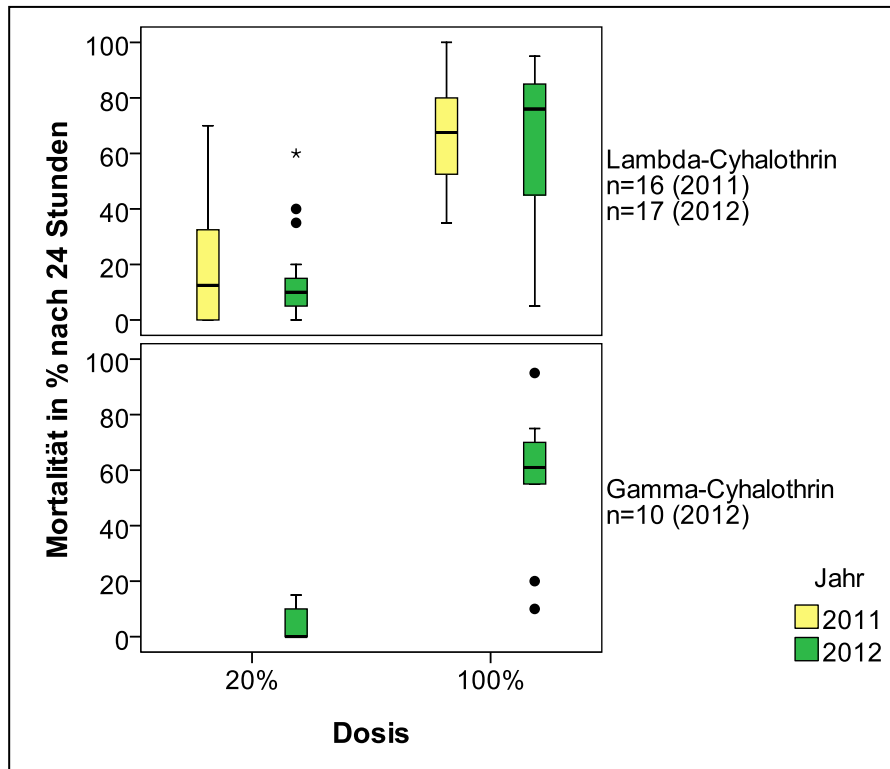


Abbildung 13: Wirkungsgrade der getesteten Klasse II-Pyrethroide nach 24 Stunden

Abbildung 13 zeigt die Ergebnisse für die Pyrethroide der Klasse II Lambda-Cyhalothrin und Gamma-Cyhalothrin. Nach 24 Stunden konnte im Jahr 2011 für den Wirkstoff Lambda-Cyhalothrin bei voller Feldaufwandmenge (FAM) einen Wirkungsgrad von 67 % (± 17 %) ermittelt werden. 2012 wurde ein Wert von 65 % (± 17 %) erreicht. Der Wirkstoff Gamma-Cyhalothrin erreichte bei voller FAM im Jahr 2012 einen mittleren Wirkungsgrad von 57 % (± 25 %). Bei einer Feldaufwandmenge von 20 % zeigten die Rapsglanzkäfer in beiden Untersuchungsjahren sowohl bei Lambda-Cyhalothrin als auch bei Gamma-Cyhalothrin nur geringe Schädigungsraten (mittlere Wirkungsgrade von 5 bis 20 %). Abbildung 14 stellt die prozentuale Verteilung der Ergebnisse für den getesteten Pyrethroidwirkstoff Lambda-Cyhalothrin nach der verwendeten IRAC-Klassifizierung (siehe Kapitel 3.2.1) dar.

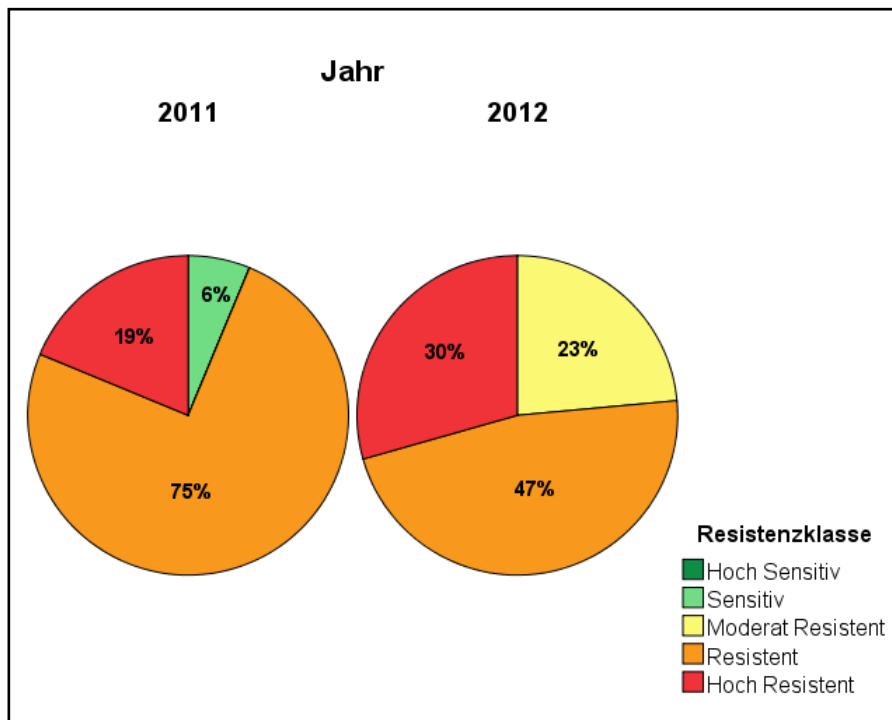


Abbildung 14: Prozentuale Verteilung der Ergebnisse für Lambda-Cyhalothrin nach IRAC-Resistenzklassen

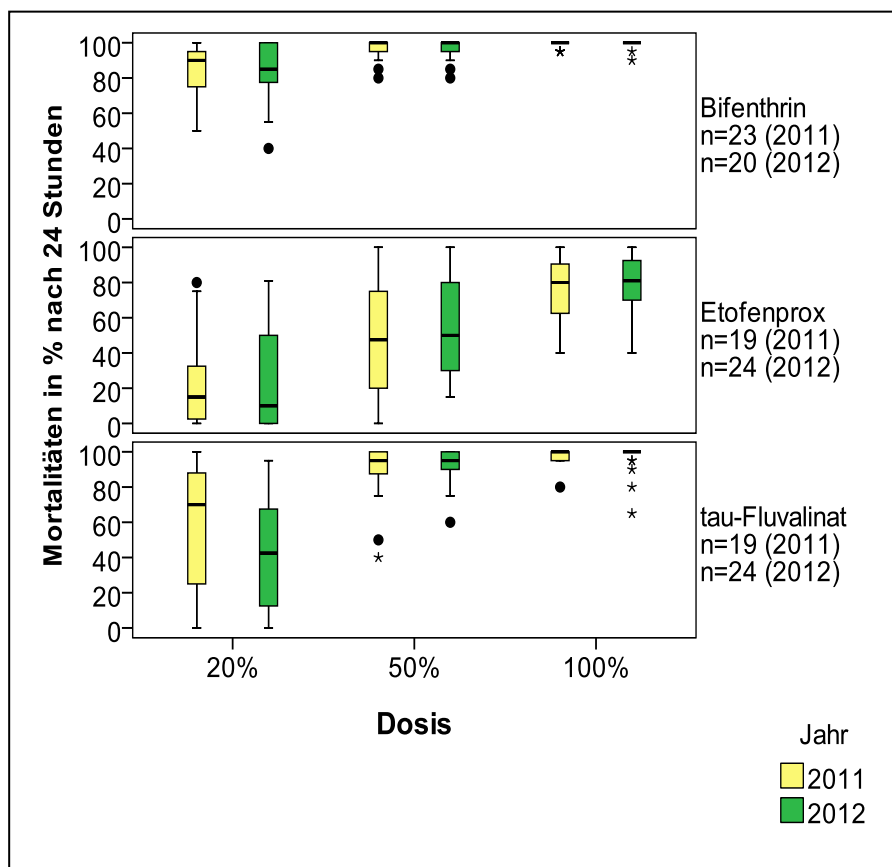


Abbildung 15: Wirkungsgrade der getesteten Klasse I-Pyrethroide nach 24 Stunden

Die Ergebnisse der drei getesteten Pyrethroide der Klasse I zeigt Abbildung 15.

Der Wirkstoff Bifenthrin erzielte bei voller Feldaufwandmenge im Jahr 2011 hohe Mortalitäten von 98,9 % ($\pm 2,1$ %) bzw. 99 % ($\pm 2,4$ %) im Jahr 2012. Ähnliche Ergebnisse zeigte tau-Fluvalinat. Hier konnte 2011 ein Wirkungsgrad von 97,6 % ($\pm 4,8$ %) bonitiert werden. Auch 2012 war der Wirkungsgrad in den Gläschen mit 96,8 % ($\pm 8,2$ %) recht hoch. Die Ergebnisse streuten insgesamt etwas stärker als bei Bifenthrin. Etofenprox zeigt im Test eine sehr starke Variabilität der Ergebnisse und als reiner technischer Wirkstoff eine etwas schwächere Wirkung. 2011 lag der Wirkungsgrad bei 77 % ($\pm 17,6$ %) und 2012 bei 79 % (± 16 %).

Bei allen drei untersuchten Wirkstoffen blieben die mittleren Mortalitäten in beiden Untersuchungsjahren auf einem vergleichbaren Niveau. Abfallende Tendenzen waren in Sachsen nicht erkennbar.

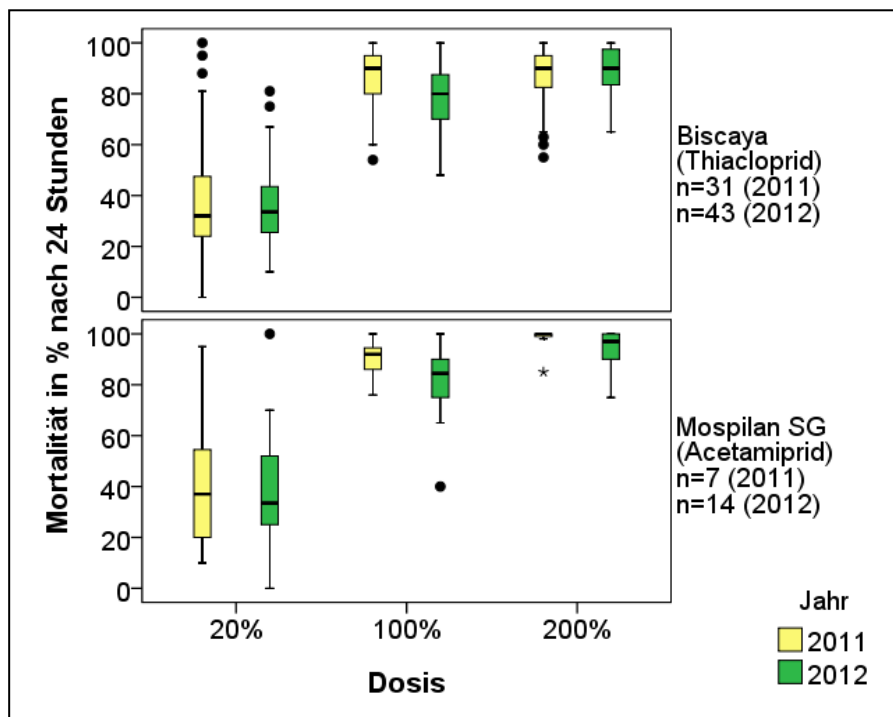


Abbildung 16: Wirkungsgrade der getesteten Neonicotinoide nach 24 Stunden

In Abbildung 16 sind die Ergebnisse für die beiden Neonicotinoide Biscaya und Mospilan SG dargestellt. Im Mittel wurde bei der für den Test empfohlenen Dosierung von 200 % Feldaufwandmenge für Biscaya 2011 ein Wirkungsgrad von 86,65 % ($\pm 13,2$ %) und 2012 von 89,56 % ($\pm 9,4$ %) ermittelt. Mospilan SG lieferte mit Wirkungsgraden von 97,6 % ($\pm 5,6$ %) im Jahr 2011 und 93,6 % ($\pm 8,3$ %) ähnlich hohe Wirkungsgrade. Allerdings erreichten einige Populationen in beiden Untersuchungsjahren nicht die in Kapitel 3.2.1 angegebenen Erwartungswerte im Röhrentest.

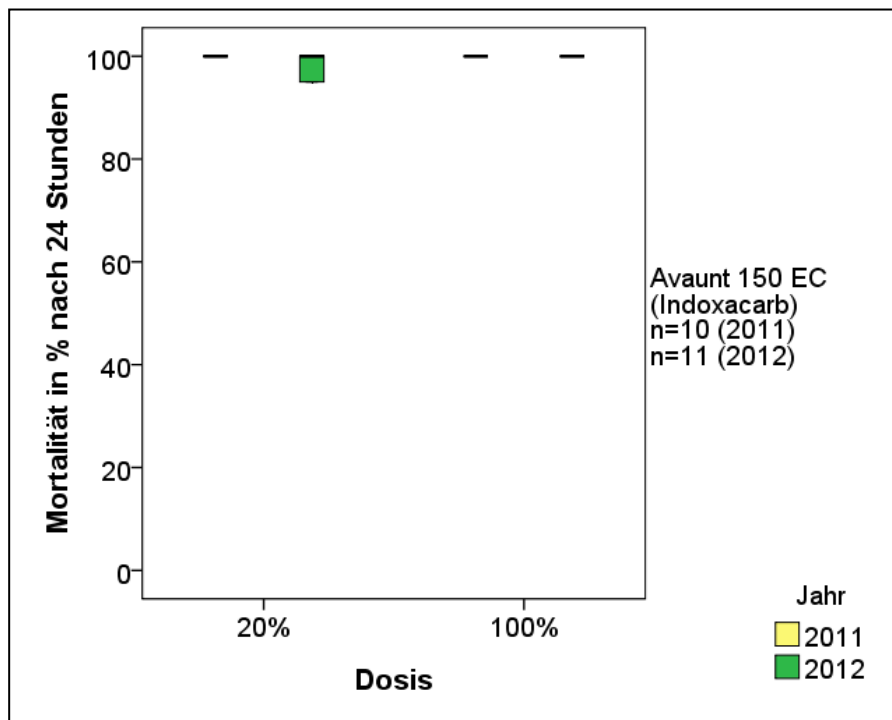


Abbildung 17: Wirkungsgrad von Avaunt nach 24 Stunden

Die Ergebnisse des getesteten formulierten Wirkstoffs Indoxacarb (Avaunt 150 EC) sind in Abbildung 17 dargestellt. Ersichtlich wird, dass die getesteten Käfer bereits bei einer Konzentration von 20 % eine hohe Sensitivität gegenüber Indoxacarb zeigten. Bei einer Feldaufwandmenge von 100 % war nach 24 Stunden in beiden Untersuchungsjahren eine vollständige Mortalität der Rapsglanzkäfer festzustellen.

4.1.2 Stängel- und Schotenschädlinge

Abbildung 18 zeigt die Wirkungsgrade von Lambda Cyhalothrin auf die getesteten Populationen des Kohlschotenrüsslers. Bereits bei einer Feldaufwandmenge von 20 % zeigten sich in beiden Untersuchungsjahren alle Populationen von *Ceutorhynchus obstrictus* (Kohlschotenrüssler) als hoch sensitiv gegenüber dem getesteten Wirkstoff. Für die getesteten Populationen des Großen Rapsstängelrüsslers und des Gefleckten Kohltriebrüsslers konnten bei einer Konzentration von 20 % ebenfalls keine Sensitivitätsverluste festgestellt werden. Gleiches gilt auch für die im Jahr 2012 untersuchten Populationen der Kohlschotenmücke und des Kohlerdflohs. Auf eine grafische Darstellung wurde bei diesen Rapschädlingen aufgrund der geringen Stichprobenanzahl verzichtet.

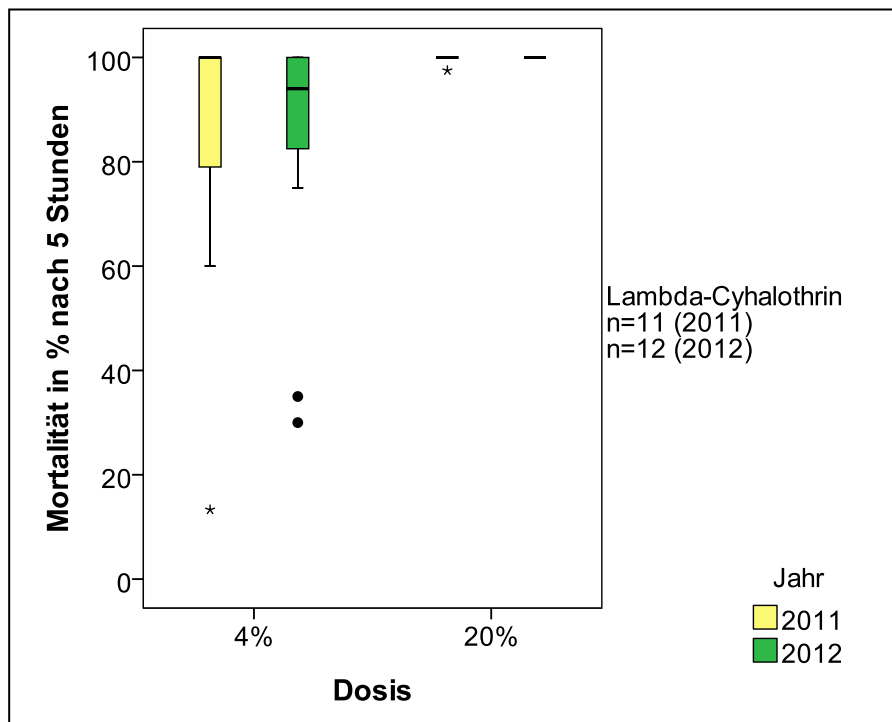


Abbildung 18: Wirkungsgrad von Lambda-Cyhalothrin auf Populationen des Kohlschotenrüsslers

4.1.3 Kartoffelkäfer

Abbildung 19 zeigt die LD50 und 95 für die Standorte Pirna und Pommritz. Für den Standort Pirna wurden ein LD50-Wert von 78,4 und ein LD95-Wert von 3424,1 ermittelt. Der Standort Pommritz lag beim LD50-Wert bei 29,4. Als LD95-Wert wurde 938,7 ermittelt.

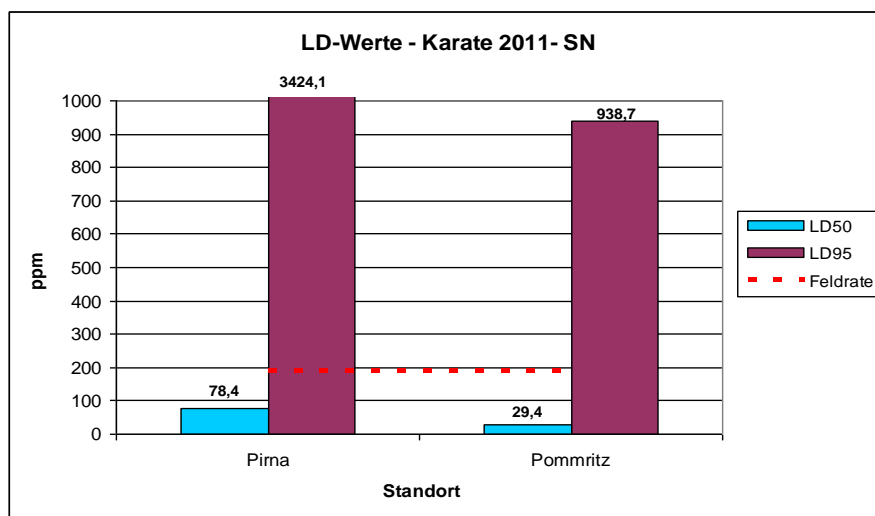


Abbildung 19: LD50- und LD95-Werte für die Standorte Pirna und Pommritz

Abbildung 20 zeigt die zu erzielenden Wirkungsgrade laut Probit-Analyse. Für die volle Feldaufwandmenge von 100 % wurde für den Standort Pirna ein Wirkungsgrad von ca. 60 % berechnet. Für den Standort Pommritz ergibt sich bei voller Feldaufwandmenge ein Wirkungsgrad von 80 %.

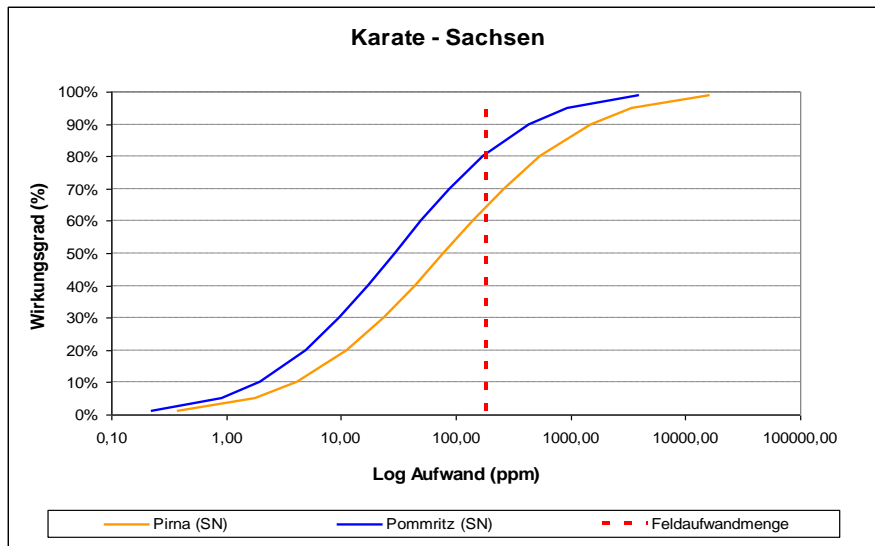


Abbildung 20: Verlauf des Wirkungsgrades (%) in Abhängigkeit von der AWM für Karate Zeon (Standorte Pirna und Pommritz)

4.2 Fungizide

4.2.1 *Septoria tritici*

Die Tabelle 22 und 23 zeigen die zusammengefassten Ergebnisse für die Wirkstoffe Epoxiconazol, Prothioconazol und Bixafen. Angegeben sind die mittleren ED50-Werte in mg/l und die berechneten mRF (mittlere Resistenzfaktoren). Die angegebenen sensitiven Standardisolate dienen als Vergleichsmuster und Berechnungsgrundlage der ermittelten Resistenzfaktoren. Für den Wirkstoff Epoxiconazol lagen die ED50-Werte der Proben zwischen 0,091 und 0,262 mg/l. Der Mittelwert (MED50) aller Proben lag 2011 bei 0,171 mg/l. 2012 wurde ein Wert von 0,178 mg/l ermittelt. Im Vergleich zu den sensitiven Standardisolaten ist ein Shifting für diesen Wirkstoff in beiden Untersuchungsjahren erkennbar. Die Werte bei Prothioconazol lagen im Bereich von 3,427 bis 9,815 mg/l. Der mittlere ED50-Wert aller Proben wurde mit 6,095 mg/l im Jahr 2011 bzw. 2,484 im Jahr 2012 errechnet. Auch für diesen Wirkstoff ist ähnlich wie bei Epoxiconazol ein Shifting erkennbar.

Für den Carboxamidwirkstoff Bixafen lagen die ED50-Werte im Bereich von 0,023 bis 0,046 mg/l. Als mittlerer ED50-Wert wurde 2011 ein Wert von 0,032 mg/l ermittelt. 2012 lag der Wert bei 0,043 mg/l. Eine Sensitivitätsverschiebung konnte für Bixafen in beiden Untersuchungsjahren nicht nachgewiesen werden. Alle untersuchten Isolate aus Sachsen lagen im Bereich der sensitiven Standardisolate oder darunter. Resistenzfaktoren konnten aus diesem Grund ebenfalls nicht berechnet werden.

Tabelle 22: MED50-Werte in mg/l der getesteten Wirkstoffe bei Feldproben von *Septoria tritici* in Sachsen 2011–2012

Jahr	Epoxiconazol	Prothioconazol	Bixafen
2011	0,171	6,095	0,032
2012	0,178	2,484	0,043
2 Sensitive Standardisolate (ED50)	0,009	0,349	0,049
(Vergleichsmuster)	0,007	0,445	0,087

Tabelle 23: Mittlere Resistenzfaktoren der getesteten Wirkstoffe bei Proben von *Septoria tritici* in Sachsen 2011–2012

Jahr	mRF Epoxiconazol	mRF Prothioconazol	mRF Bixafen
2011	23,4	28,3	-
2012	31,8	22,9	-

4.2.2 Weizenmehltau

Tabelle 24 und Tabelle 25 zeigen die zusammenfassenden Ergebnisse für die Schadpathogene Weizen- und Gerstenmehltau. Für den Wirkstoff Cyflufenamid (Produktname: Vegas) konnten weder bei den untersuchten Proben des Gerstenmehltaus noch beim Weizenmehltau angepasste Isolate gefunden werden. Alle geprüften Isolate reagierten sensitiv auf den Wirkstoff. Auch die Untersuchung des Wirkstoffs Proquinacid (Produktname: Talius) brachte vergleichbare Resultate. Sowohl beim Gerstenmehltau als auch beim Weizenmehltau konnte 2011 jeweils ein moderat angepasstes Isolat gefunden werden. Für den Wirkstoff Metrafenone (Produktnamen: Flexity, Capalo) wurden beim Weizenmehltau 2011 in jeder der drei Regionen jeweils ein angepasstes Isolat gefunden. Auch im Jahr 2012 konnten solche Isolate gefunden werden. Es wurde analog zum Wirkstoff Proquinacid nur eine moderate Anpassung der Isolate festgestellt. Beim Gerstenmehltau konnten für Metrafenone in beiden Untersuchungsjahren keine angepassten Isolate gefunden werden. Resistente Isolate wurden bei keinem der drei Wirkstoffe gefunden.

Tabelle 24: Ergebnisse der Resistenztestungen Weizenmehltau in Sachsen 2011–2012

untersuchter Wirkstoff	Region/Probe	Anzahl Isolate/Jahr	moderat angepasste Isolate 2011	moderat angepasste Isolate 2012	resistente Isolate 2011	resistente Isolate 2012
Metrafenone	Leipzig-Dresden	10	1	2	0	0
	Dresden-Görlitz	10	1	2	0	0
	Chemnitz-Hof	10	1	0	0	0
Cyflufenamid	Leipzig-Dresden	10	0	0	0	0
	Dresden-Görlitz	10	0	0	0	0
	Chemnitz-Hof	10	0	0	0	0
Proquinacid	Leipzig-Dresden	10	1	0	0	0
	Dresden-Görlitz	10	0	0	0	0
	Chemnitz-Hof	10	0	0	0	0

4.2.3 Gerstenmehltau

Tabelle 25: Ergebnisse der Resistenztestungen Gerstenmehltau in Sachsen 2011–2012

untersuchter Wirkstoff	Region/Probe	Anzahl Isolate/Jahr	moderat angepasste Isolate 2011	moderat angepasste Isolate 2012	resistente Isolate 2011	resistente Isolate 2012
Metrafenone	Leipzig-Dresden	10	0	0	0	0
	Dresden-Görlitz	10	0	0	0	0
	Chemnitz-Hof	10	0	0	0	0
	Feldprobe Forchheim	10	0	-	0	-
Cyflufenamid	Leipzig-Dresden	10	0	0	0	0
	Dresden-Görlitz	10	0	0	0	0
	Chemnitz-Hof	10	0	0	0	0
	Feldprobe Forchheim	10	0	-	0	-
Proquinacid	Leipzig-Dresden	10	0	0	0	0
	Dresden-Görlitz	10	0	0	0	0
	Chemnitz-Hof	10	0	0	0	0
	Feldprobe Forchheim	10	1	-	0	-

4.2.4 Netzflecken

Abbildung 21 und Abbildung 22 zeigen in einer Übersichtskarte die Ergebnisse für den Strobilurinwirkstoff Fluoxastrobin. Pro Probe wurden 3 Isolate des Pilzes untersucht. 2011 konnte in 7 der 15 Proben die F129L-Mutation in unterschiedlichen Anteilen im Pilzgenom nachgewiesen werden. Hierbei waren insbesondere die Proben aus dem Landkreis Meißen betroffen. Für den Carboxamidwirkstoff Bixafen konnten in allen untersuchten Proben keine Resistenzen festgestellt werden.

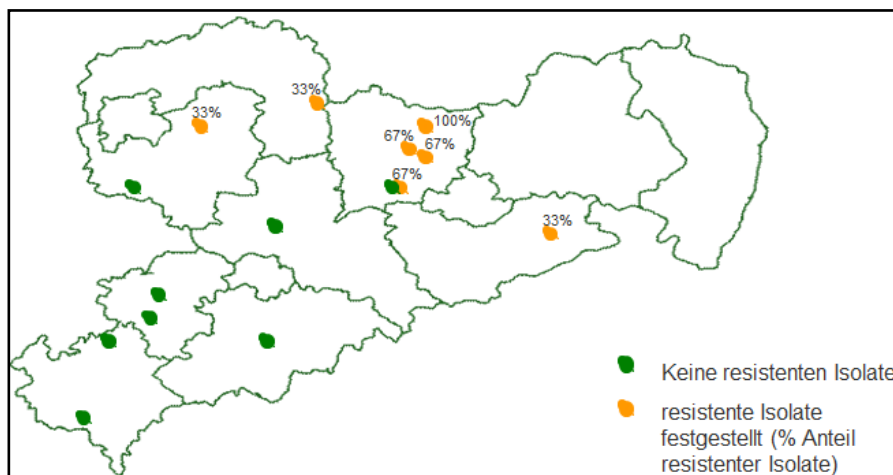


Abbildung 21: Festgestellte Resistenzen von *Pyrenophora teres* gegen Fluoxastrobin in Sachsen 2011

Ein ähnliches Bild zeigten die Untersuchungsergebnisse des Jahres 2012. Pro Probe wurden 4 Isolate des Erregers untersucht. In der Hälfte der untersuchten 12 Populationen von *Pyrenophora teres* war die F129L-Mutation in Sachsen nachweisbar. Beim ebenfalls untersuchten Carboxamidwirkstoff Bixafen wurden in den untersuchten Proben auch im Jahr 2012 keine Resistenzen nachgewiesen.

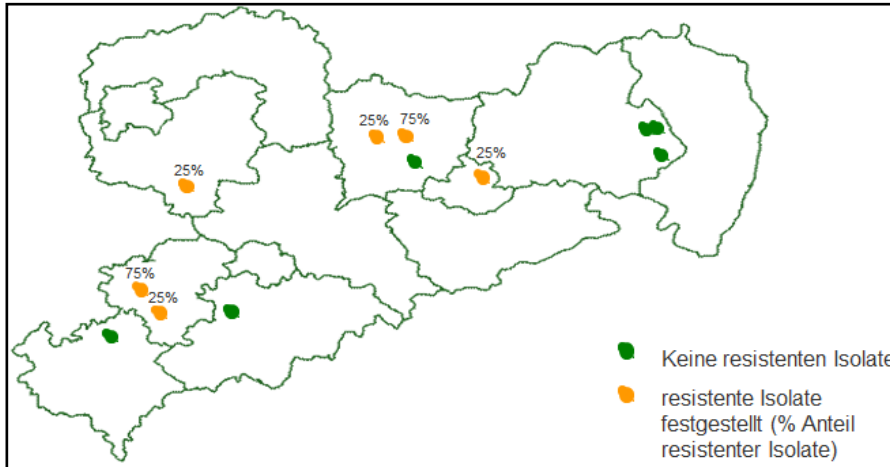


Abbildung 22: Festgestellte Resistenzen von *Pyrenophora teres* gegen Fluoxastrobin in Sachsen 2012

4.2.5 DTR-Blattflecken

Aus Abbildung 23 sind die Ergebnisse der untersuchten DTR-Blattproben ersichtlich für das Jahr 2011. Deutlich wird ein hohes Niveau der Resistenzausprägung gegenüber Strobilurinen. Lediglich auf zwei Standorten konnte im Jahr 2011 die Mutation G143A nicht nachgewiesen werden. Im Mittel wurde 2011 ein Resistenzniveau von DTR gegenüber den Strobilurinen von 50,7 % festgestellt.

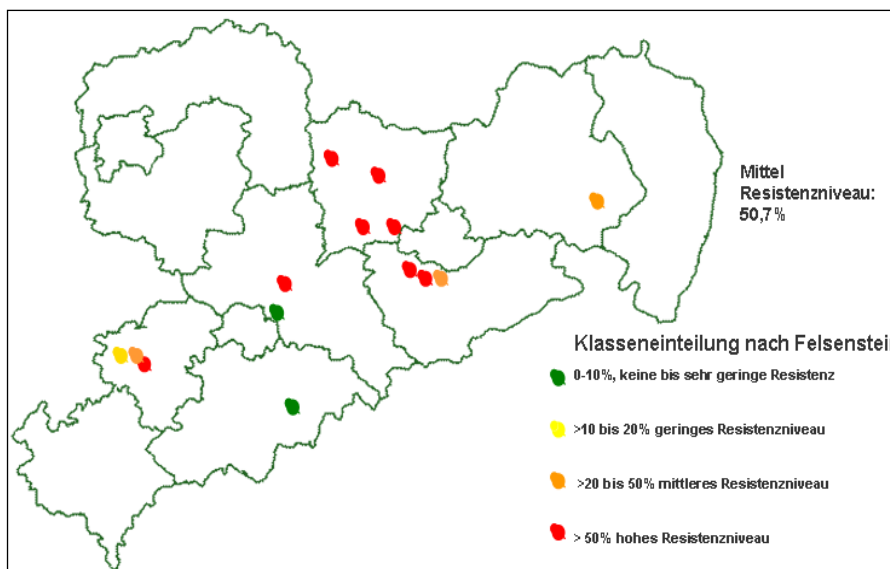


Abbildung 23: Resistenzniveau von DTR-Blattflecken gegenüber Fluoxastrobin in Sachsen 2011

Abbildung 24 zeigt die Ergebnisse des Jahres 2012. Zu sehen ist eine weitere Zunahme des Resistenzniveaus des Erregers gegenüber Strobilurinen. Das mittlere Resistenzniveau stieg von 50,7 % auf 63 %, d. h. 63 % der untersuchten DNA enthielt die G143A-Mutation. Proben mit keiner bis sehr geringer Resistenz waren 2012 nicht mehr zu finden. Im Großteil der untersuchten Proben dominierten Erregerpopulationen mit stark ausgeprägtem Resistenzniveau. Auch auf unbehandelten Schlägen war die Mutation in hohem Anteil vorhanden.

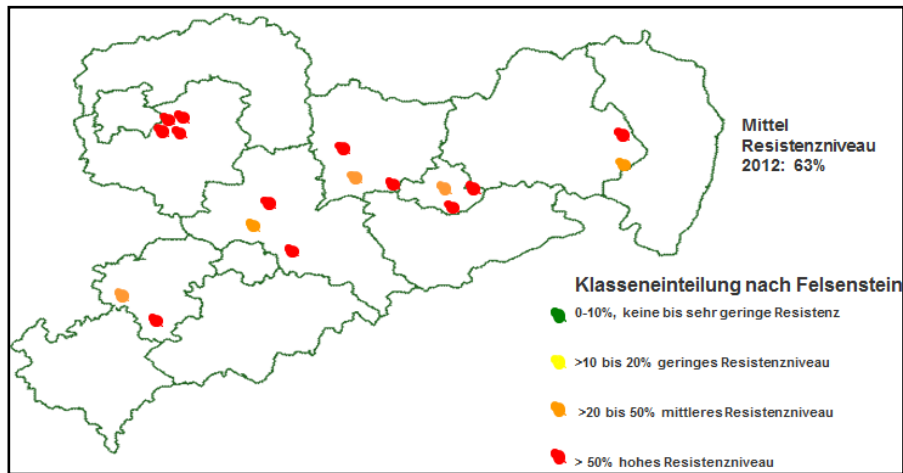


Abbildung 24: Resistenzniveau von DTR-Blattflecken gegenüber Fluoxastrobin in Sachsen 2012

Tabelle 26 zeigt die ermittelten MED50-Werte für die Wirkstoffe Prothioconazol und Bixafen sowie jeweils 3 Referenzisolate, die als Vergleichsmuster dienen. Bei Prothioconazol streuten die Werte sehr stark. Die ermittelten MED50-Werte lagen im Jahr 2011 bei 3,638 mg/l bzw. 2,436 mg/l im Jahr 2012. Der Blick auf die MED50-Werte bei Bixafen zeigt in beiden Jahren jeweils nur eine geringe Streuung der Werte. Dabei sind die durchgängig niedrigeren ED50-Werte im Jahr 2012 auf abweichende analytische Methodik zurückzuführen. Eine Sensitivitätsverschiebung war für Bixafen in Sachsen nicht nachweisbar.

Tabelle 26: MED-50 Werte in mg/l für die getesteten Wirkstoffe bei DTR-Blattflecken in Sachsen 2011–2012

Jahr	MED 50 Prothioconazol (mg/l)	MED 50 Bixafen (mg/l)
2011	3,638	0,657
2012	2,436	0,272
3 Referenzisolate 2011 (Vergleichsmuster)	5,214	0,973
	1,935	0,510
	1,770	1,591
3 Referenzisolate 2012 (Vergleichsmuster)	2,476	0,303
	1,529	0,167
	0,933	0,295

4.2.6 Weißstängeligkeit (*Sclerotinia sclerotiorum*)

In Abbildung 25 sind die Probenstandorte und die Bewertung des Resistenzstatus der Weißstängeligkeit gegenüber dem Carboxamidwirkstoff Boscalid (Untersuchungsjahr 2011) dargestellt. Auf 16 der 17 Standorte war keine Anpassung des Erregers an den Wirkstoff zu finden. An einem Standort konnte bei allen 5 untersuchten Isolaten eine Anpassung gegenüber dem Carboxamid Boscalid nachgewiesen werden. Die Anpassungsgrade der Isolate lagen hier bei 50 % bis 100 % (vollständige Anpassung).

Der im Jahr 2011 ebenfalls untersuchte Strobilurinwirkstoff Dimoxystrobin zeigte keine Auffälligkeiten.

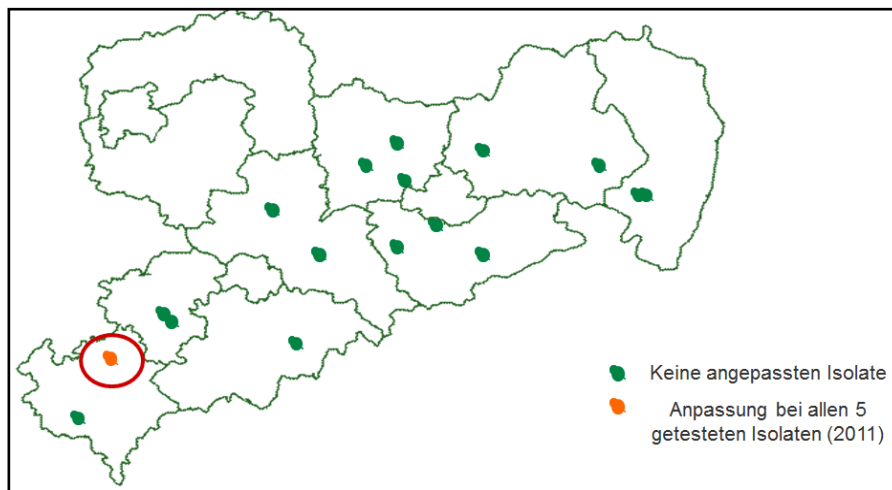


Abbildung 25: Resistenzstatus von *Sclerotinia sclerotiorum* gegenüber Boscalid in Sachsen 2011

Abbildung 26 zeigt die Ergebnisse für das Untersuchungsjahr 2012. Auf 15 der 17 Standorte war keine Anpassung des Erregers an den Wirkstoff Boscalid zu finden. Bei zwei der untersuchten Proben konnten auffällige Isolate gefunden werden. Auch bei diesen Isolat (sic) war eine hohe Anpassung (bis 100 %) an den Carboxamidwirkstoff nachweisbar.

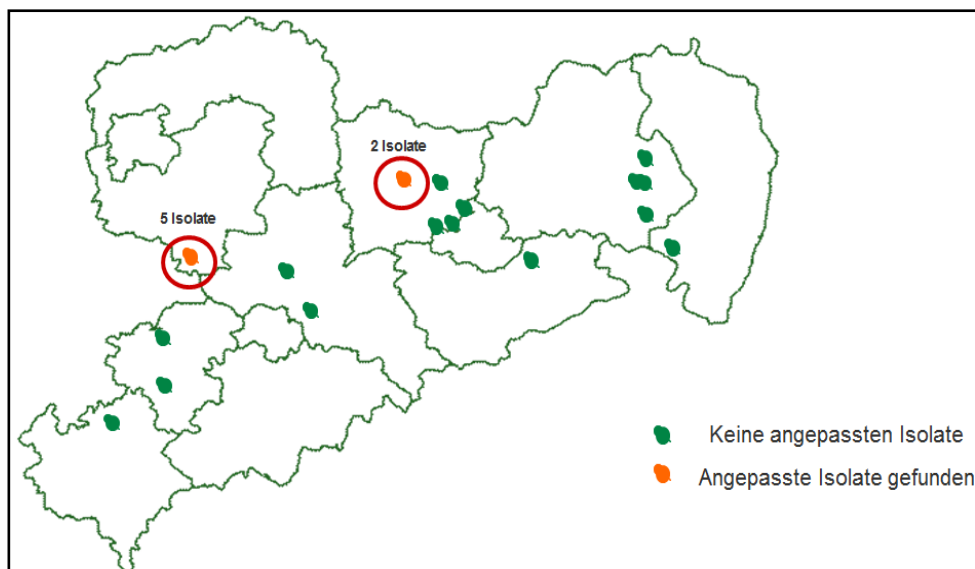


Abbildung 26: Resistenzstatus von *Sclerotinia sclerotiorum* gegenüber Boscalid in Sachsen 2012

4.3 Herbizide

4.3.1 Ackerfuchsschwanz

Tabelle 27 zeigt die Resistenzbewertung der Ackerfuchsschwanzproben der Jahre 2011 und 2012. Von den neun untersuchten Proben reagierten sieben sensitiv auf alle applizierten Herbizide. Die Probe BPL11_014 zeigte bei den niedrigen Aufwandmengen (50 % AWM) Minderwirkungen gegenüber den Herbiziden Atlantis WG und Lexus (HRAC-Gruppe B). Bei den vollen Aufwandmengen reagierten die untersuchten Pflanzen sensitiv. Die im Jahr 2012 untersuchte Probe BPL12_063 zeigte Minderwirkungen bei den Herbiziden Lexus (HRAC B), Corello (HRAC-Gruppe B, K1) und dem Photosystem II-Hemmer Arelon flüssig (HRAC-Gruppe C2).

Tabelle 27: Bewertung der Ackerfuchsschwanzproben 2011 und 2012 (Biotest Gewächshaus)

Art	Biotyp ID	Landkreis	Bewertung Gewächshausversuche
ALOMY	BPL11_001	Bautzen	sensitiv
ALOMY	BPL11_007	Görlitz	sensitiv
ALOMY	BPL11_010	Mittelsachsen	sensitiv
ALOMY	BPL11_011	Bautzen	sensitiv
ALOMY	BPL11_014	Leipzig	Minderwirkung bei 50 % Aufwandmenge (Atlantis WG, Lexus)
ALOMY	BPL12_60	Dresden	sensitiv
ALOMY	BPL12_61	Meißen	sensitiv
ALOMY	BPL12_62	Leipzig	sensitiv
ALOMY	BPL12_63	Leipzig	Minderwirkung nach der Anwendung von Lexus; Corello und Arelon flüssig

Abbildung 27 zeigt die Probenstandorte der untersuchten Biotypen von *Alopecurus myosuroides* in Sachsen in den beiden Untersuchungsjahren.

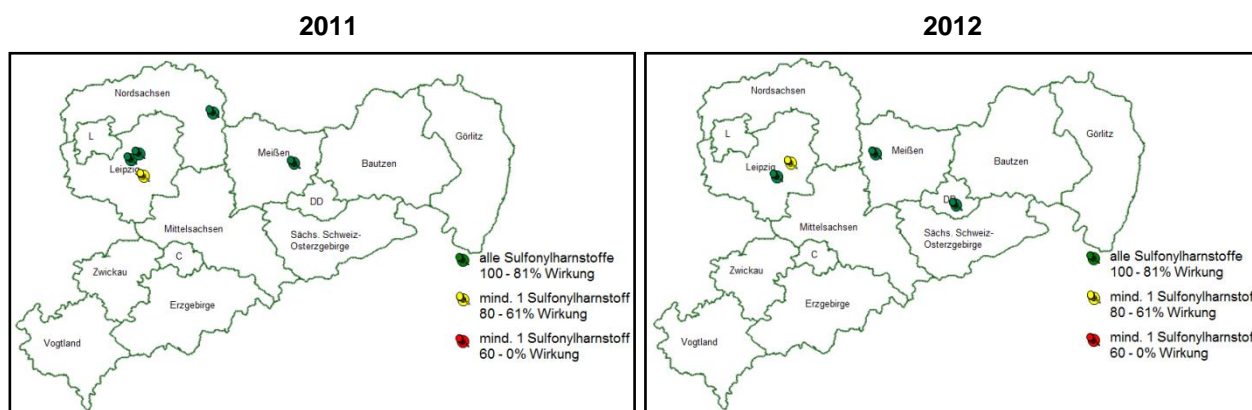


Abbildung 27: Probenstandorte und Bewertung der Ackerfuchsschwanzproben in Sachsen 2011 und 2012

Tabelle 28 und Tabelle 29 zeigen die Ergebnisse der molekulargenetischen Untersuchungen für die getesteten auffälligen Ackerfuchsschwanz-Biotypen des Jahres 2011 und 2012. In keiner der untersuchten Pflanzen konnte eine Target-site-Mutation nachgewiesen werden.

Tabelle 28: Ergebnisse der molekulargenetischen Analyse der auffälligen Probe BPL11_014 des Jahres 2011

Biotyp	Bezeichnung des analysierten Topfs	Anzahl analysierter Pflanzen	Allele	Ergebnis Pro 197	Ergebnis Trp 574
BPL11_014	Tr46/Rep. 1	4	WT	C/C	G/G
	Tr46/Rep. 1	1	WT	C/C	G/G
	Tr52/Rep. 1	1	WT	C/C	G/G
	Tr52/Rep. 3	3	WT	C/C	G/G

Tabelle 29: Ergebnisse der molekulargenetischen Analyse der auffälligen Probe BPL12_063 des Jahres 2012

Biotyp	Untersuchte Mutationsstelle	Ergebnis	Interpretation
BPL12_63	ALS; Pro 197	100 % A/A	keine Target-site-Resistenz
	ALS; Trp 574	100 % G/G	keine Target-site-Resistenz
	ACCAse; Ile 1781	100 % A/A	keine Target-site-Resistenz
	ACCAse; Trp 2027	100 % G/G	keine Target-site-Resistenz
	ACCAse; Trp 2041	100 % A/A	keine Target-site-Resistenz
	ACCAse; Trp 2041	100 % T/T	keine Target-site-Resistenz
	ACCAse; Trp 2078	100 % A/A	keine Target-site-Resistenz
	ACCAse; Trp 2096	100 % T/T	keine Target-site-Resistenz

4.3.2 Windhalm

Tabelle 30 gibt eine Übersicht über die Bewertung der gesammelten Windhalmproben der Jahre 2011 nach Abschluss der Gewächshausversuche und der molekulargenetischen Untersuchungen. Von den 9 untersuchten Biotypen, die in ihrer Reaktion gegen insgesamt 8 Herbizide im Nachauflauf geprüft wurden, erbrachten vier, BPL11_005, BPL11_006, BPL11_008 und BPL11_012 eine Resistenz gegen alle geprüften ALS-Inhibitoren. Die molekulargenetische Analyse ergab, dass in den Töpfen sowohl TSR (Thr197) als auch der Wild-Typ vorkommen. Das Vorkommen der Wild-Typ Allele lässt die Interpretation zu, dass beide Mechanismen, die TSR (Target-site-Resistenz) und die NTSR (Non-Target-site-resistenz) unterschiedlich verteilt in den Biotypen vorkommen. Zwei Biotypen wurden als sensitiv bewertet, während bei den Biotypen BPL11_003, BPL11_004 und BPL11_009 eine Resistenz gegen Lexus (halbe und volle Aufwandmenge) und Broadway (halbe Aufwandmenge) auftrat. Keine der geprüften Biotypen zeigte eine Resistenz gegen ACCase-Inhibitoren und dem PS II-Inhibitor Arelon Flüssig (WAGNER 2011).

Tabelle 30: Bewertung der Proben von *Apera spica-venti* 2011

Jahr	Biotyp ID	Landkreis	Bewertung nach Gewächshausversuchen und molekulargenetischen Untersuchungen
2011	BPL11_002	Bautzen	sensitiv
2011	BPL11_003	Görlitz	Resistenz gegenüber Lexus
2011	BPL11_004	Mittelsachsen	Resistenz gegenüber Lexus und halbe zugelassene AWM Broadway
2011	BPL11_005	Bautzen	Resistenz gegenüber allen ALS-Inhibitoren; Target-site-Resistenz (TSR) und Non-Target-site-Resistenz (NTSR)
2011	BPL11_006	Leipzig	Resistenz gegenüber allen ALS-Inhibitoren; Target-site-Resistenz (TSR) und Non-Target-site-Resistenz (NTSR)
2011	BPL11_008	Bautzen	Resistenz gegenüber allen ALS-Inhibitoren; Target-site-Resistenz (TSR) und Non-Target-site-Resistenz (NTSR)
2011	BPL11_009	Görlitz	Resistenz gegenüber Lexus und halbe zugelassene AWM Broadway
2011	BPL11_012	Mittelsachsen	Resistenz gegenüber allen ALS-Inhibitoren; Target-site-Resistenz (TSR) und Non-Target-site-Resistenz (NTSR)
2011	BPL11_013	Meißen	sensitiv

Die folgende Abbildung 28 zeigt die Probenverteilung von *Apera spica-venti* in Sachsen sowie die Sensitivitätsbewertung der untersuchten Biotypen des Jahres 2011

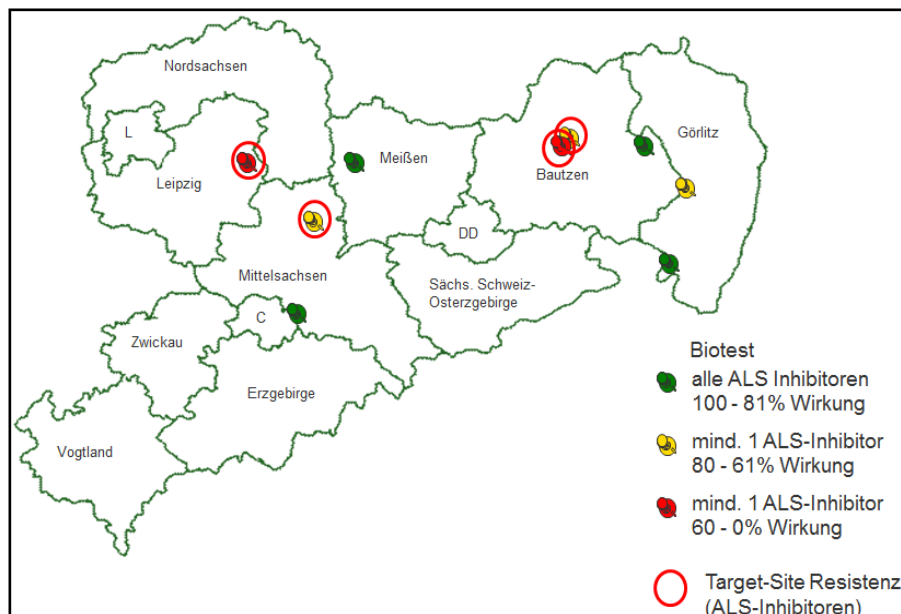


Abbildung 28: Probenstandorte und Bewertung der Windhalmpflanzen in Sachsen 2011

Bei den molekulargenetischen Untersuchungen des Jahres 2011 wurden Pflanzen aus den Töpfen der Biotypen BPL11_005, BPL11_006, BPL11_008 und BPL11_012 auf eine TSR gegen ALS-Inhibitoren analysiert. Dazu wurden alle überlebenden (resistenten) Pflanzen eines ausgewählten Topfes analysiert. Es wurden zwei Positionen auf dem ALS-Gen des Windhalms analysiert. Bei der Position Prolin 197 konnte ein Allel der Target-site Resistenz für einen Austausch von Pro197 gegen Threonin (Thr) nachgewiesen werden. In vielen, aber nicht in allen Pflanzen der untersuchten Biotypen wurde das Allel heterozygot (A/C) und homozygot (A/A) nachgewiesen. Der Anteil an resistenten Pflanzen mit dem Wild-Typ Allel (C/C) lässt den Schluss zu, dass noch andere Resistenzmechanismen in Abhängigkeit von Dosierung und Wirkstoff vorkommen. In allen vier Biotypen wurde das Vorkommen von Thr197 nachgewiesen. Ein Austausch von Pro197 durch Thr197 ist aus der Literatur bekannt für eine Resistenz gegen die hier untersuchten Wirkstoffe aus der Gruppe der ALS-Inhibitoren.

Tabelle 31 und Tabelle 32 sowie Abbildung 29 geben einen Überblick zu den untersuchten Windhalmpflanzen des Jahres 2012. Ein Großteil der Proben konnte auf Grundlage der Versuche im Gewächshaus als sensitiv klassifiziert werden. In einer Probe aus dem Landkreis Leipzig konnte nach Auswertung beider Analysemethoden (Gewächshaus und Molekulargenetik) sowohl eine Resistenz (metabolisch und Target-site-Resistenz gemischt in der Population) gegenüber ALS-Inhibitoren als auch gegenüber ACCase-Inhibitoren nachgewiesen werden. Eine Probe zeigte leichte Minderwirkungen nach der Applikation von Lexus. Eine Target-site-Resistenz ließ sich bei dieser Probe nicht nachweisen.

Tabelle 31: Bewertung der Proben von *Apera spica-venti* 2012

Jahr	Biotyp	Landkreis	Bewertung nach Gewächshausversuchen und molekulargenetischen Untersuchungen
2012	BPL12_065	Leipzig	sensitiv
2012	BPL12_066	Leipzig	sensitiv; leichte Minderwirkung bei Lexus
2012	BPL12_067	Leipzig	sensitiv
2012	BPL12_068	Mittelsachsen	sensitiv
2012	BPL12_069	Leipzig	Resistenz bei Axial > Lentipur > Atlantis = Husar OD = Lexus, leichte Resistenz bei Broadway; Arelon; Target-site-Resistenz und Non Target-site-Resistenz bei ALS-Hemmern und ACCase-Hemmern
2012	BPL12_070	Leipzig	sensitiv
2012	BPL12_071	Leipzig	sensitiv
2012	BPL12_072	Nordsachsen	sensitiv
2012	BPL12_073	Meißen	sensitiv
2012	BPL12_074	Meißen	sensitiv
2012	BPL12_075	Bautzen	sensitiv
2012	BPL12_076	Mittelsachsen	schlechte Keimung; Probenausfall
2012	BPL12_077	Mittelsachsen	sensitiv

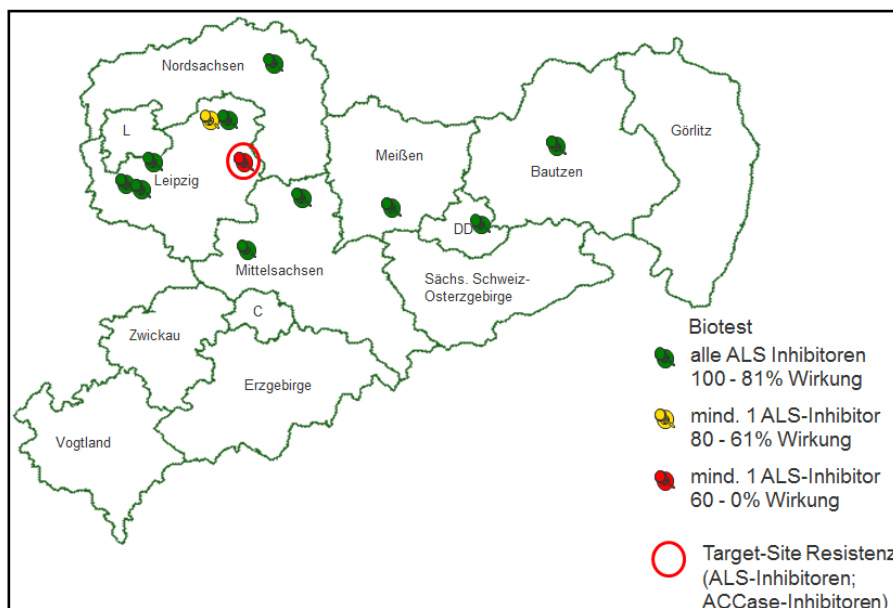


Abbildung 29: Probenstandorte und Bewertung der Windhalmpollen 2012

Tabelle 32: Ergebnis der molekulargenetischen Untersuchungen des Windhalm-Biotyps BPL12_069 des Jahres 2012

Biotyp	Untersuchte Mutationsstelle	Ergebnis	Interpretation
BPL12_69	ALS; Pro 197	40 % C/C 36 % C/A (Thr) 24 % C/T (Ser)	40 % Wildtypallel Target-site-Resistenz; Vererbung heterozygot
	ALS; Trp 574	100 % G/G	keine Target-site-Resistenz
	ACCAse; Ile 1781	87 % A/A 13 % A/T	87 % Wildtypallel Target-site-Resistenz; Vererbung heterozygot
	ACCAse; Trp 2027	100 % G/G	keine Target-site-Resistenz
	ACCAse; Trp 2041	100 % A/A	keine Target-site-Resistenz
	ACCAse; Trp 2041	100 % T/T	keine Target-site-Resistenz
	ACCAse; Trp 2078	100 % A/A	keine Target-site-Resistenz
	ACCAse; Trp 2096	100 % T/T	keine Target-site-Resistenz

4.4 Behandlungsindex

Die folgenden Abbildungen zeigen die ermittelten Behandlungsintensitäten (Insektizide, Fungizide, Herbizide, Wachstumsregler, Gesamtbehandlungsindex) in den Kulturen Winterraps, Winterweizen und Wintergerste auf den Untersuchungsflächen in den Jahren 2011 und 2012.

4.4.1 Behandlungsindex Insektizide

Abbildung 30 zeigt die Auswertung des Teilindex der Insektizide. Erwartungsgemäß war die Behandlungsintensität im Winterraps am höchsten. Teilweise wurden auf einzelnen Schlägen 5 Insektizidmaßnahmen durchgeführt. Keiner der in den beiden Jahren untersuchten Rapschläge war unbehandelt. Im Mittel wurde im Winterraps ein Behandlungsindex von 2,82 (2011) bzw. 2,56 (2012) ermittelt. Somit waren im Schnitt 3 Insektizidbehandlungen auf den Untersuchungsflächen die Regel. Die Kulturen Winterweizen und Wintergerste wurden deutlich weniger intensiv geführt. Für den Winterweizen lagen die mittleren Behandlungsindizes für die Insektizide zwischen 0,64 (2011) und 0,52 (2012) und für Wintergerste etwas niedriger bei 0,29 und 0,26. Die Bekämpfungen richteten sich in den beiden Getreidekulturen gegen Blattläuse und Getreidehähnchen. Aufwandmengenreduzierungen wurden im Winterraps auf einigen Schlägen vorgenommen. Bei Winterweizen und Wintergerste war dies nicht der Fall.

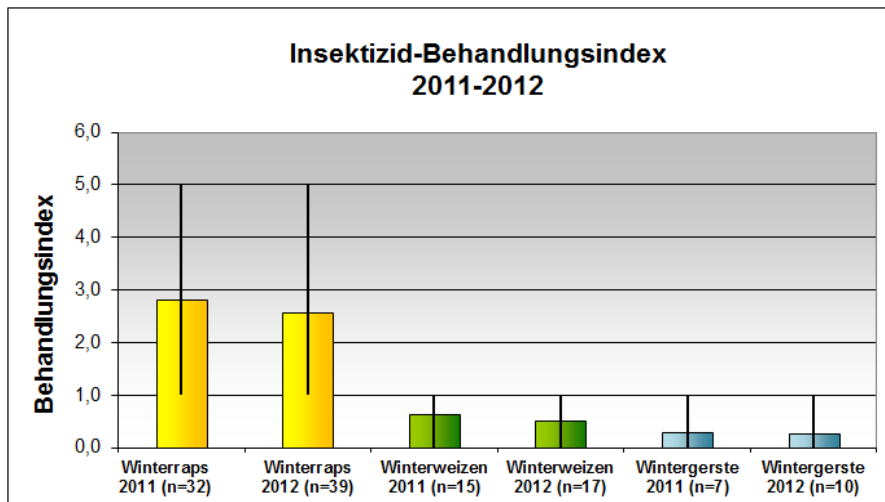


Abbildung 30: Behandlungsindex Insektizide der Untersuchungsflächen 2011 und 2012

4.4.2 Behandlungsindex Fungizide

Abbildung 31 zeigt die Auswertung für den Teilindex der Fungizide. Dabei sind im Winterraps nur die Applikationen zur Blüte erfasst, weil Anwendungen von Wachstumsreglern mit fungizider Wirkung (z. B. Folicur; Caramba; Carax) teilweise nicht eindeutig dieser Indikation zuzuordnen waren (siehe Kapitel 3.5). Deutlich wird, dass auf nahezu allen untersuchten Rapschlägen eine Fungizidbehandlung zur Blüte erfolgte. Der mittlere Behandlungsumfang betrug 0,87 (2011) und 0,95 (2012). Im Winterweizen wurde im Jahr 2011 ein mittlerer Behandlungsindex 1,65 und im Jahr 2012 ein Wert von 1,82 ermittelt, was in der Praxis zwei Fungizidbehandlungen entspricht. In der Wintergerste wurde im Schnitt eine Behandlung durchgeführt. Der mittlere Behandlungsindex lag in dieser Kultur zwischen 0,91 (2011) und 0,95 (2012).

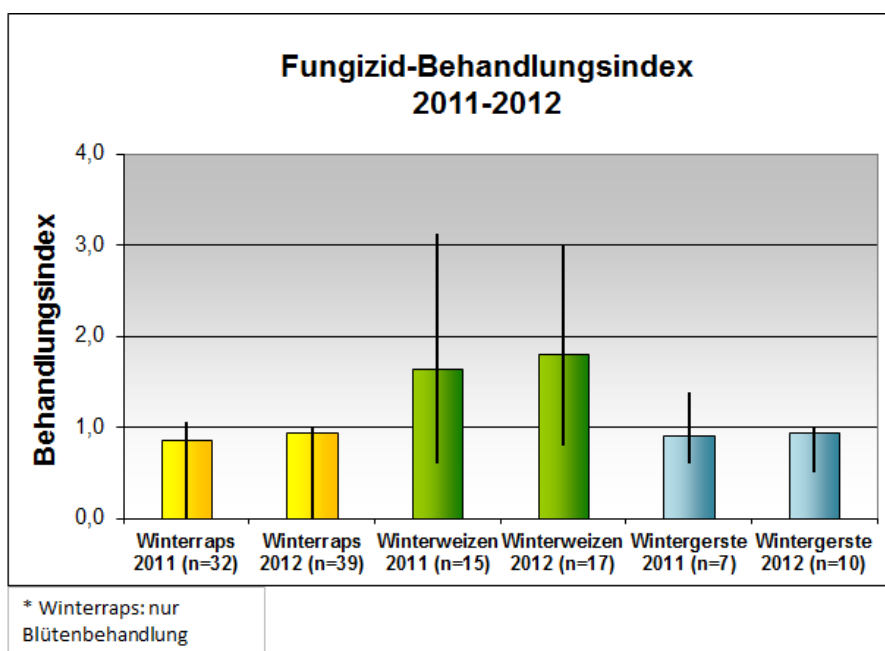


Abbildung 31: Behandlungsindex Fungizide der Untersuchungsflächen 2011 und 2012

4.4.3 Behandlungsindex Herbizide (ohne Glyphosat)

Die Behandlungsindizes für die Herbizide zeigt Abbildung 32. Auch hier zeigt sich, dass der Winterraps beim Herbizideinsatz am intensivsten geführt wird. Im Mittel wurde im Raps ein Behandlungsindex von 1,57 (2011) und 1,80 (2012) ermittelt, was in der Praxis den beiden Applikationen im Herbst gegen zweikeimblättrige Un-

kräuter und der Bekämpfung von Gräsern entspricht. Teilweise mussten Flächen im Frühjahr nachbehandelt werden, was sich in höheren Behandlungsindizes von bis zu 4,0 äußert. Die Kulturen Winterweizen und Wintergerste lagen bei den Herbizidbehandlungen mit durchschnittlich 1 bis 2 Behandlungen auf einem vergleichbaren Niveau. Eine Steigerung der Intensität zwischen den beiden Untersuchungsjahren war nicht festzustellen.

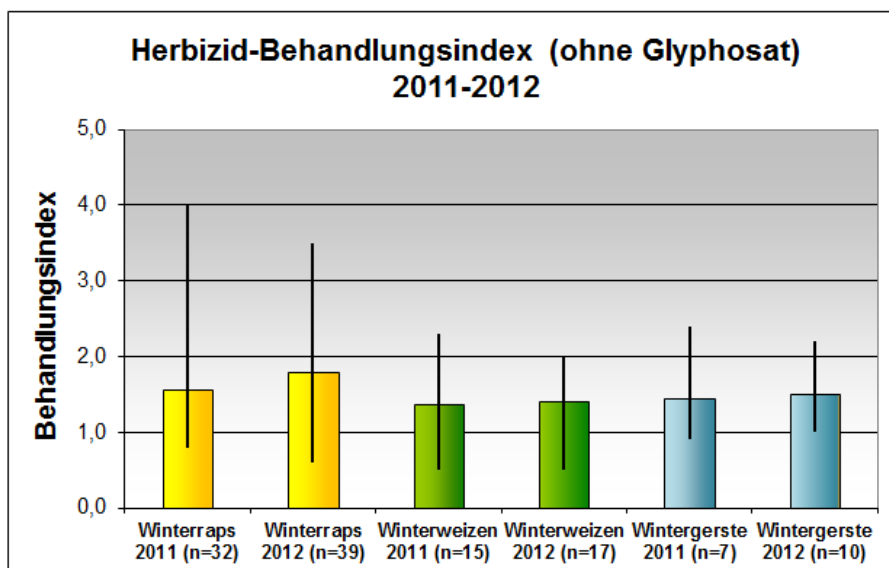


Abbildung 32: Behandlungsindex Herbizide (ohne Glyphosat) der Untersuchungsflächen 2011 und 2012

4.4.4 Behandlungsindex Wachstumsregler

Abbildung 33 informiert über die ermittelten Intensitäten des Einsatzes von Wachstumsregulatoren in den untersuchten Kulturen. Tendenziell war im Winterweizen der höchste Behandlungsumfang zu verzeichnen. Es wurde ein mittlerer Behandlungsindex von 0,76 (2011) und 0,74 (2012) ermittelt. Im Winterraps lag der Index bei Werten von 0,67 im Jahr 2011 und 0,71 im Jahr 2012. Bei Wintergerste lag der Index für die Wachstumsregler bei 0,57 (2011) und 0,70 (2012).

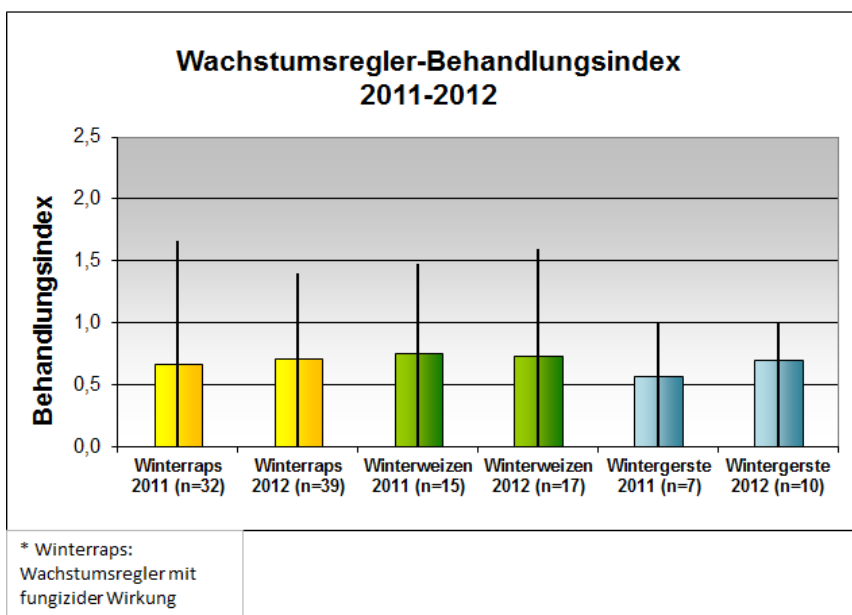


Abbildung 33: Behandlungsindex Wachstumsregler der Untersuchungsflächen 2011 und 2012

4.4.5 Gesamtbehandlungsindex

Abbildung 34 stellt abschließend den Gesamtbehandlungsindex der drei ausgewerteten Kulturen dar. Für den Winterraps konnte im Jahr 2011 ein Gesamtbehandlungsindex von 6,14 und 2012 ein Wert von 6,02 ermittelt werden. Der Winterraps stellt somit die am intensivsten geführte Kultur im Pflanzenschutz dar. Im Winterweizen wurden im Mittel zwischen 4 und 5 Pflanzenschutzmaßnahmen durchgeführt. Der ermittelte Gesamtbehandlungsindex lag bei 4,67 im Jahr 2011 und 4,72 im Jahr 2012. In der Wintergerste lag die ermittelte Intensität bei 3 bis 4 Pflanzenschutzmaßnahmen. So betrug im Jahr 2011 der Gesamtbehandlungsindex 3,67 und im Jahr 2012 3,81.

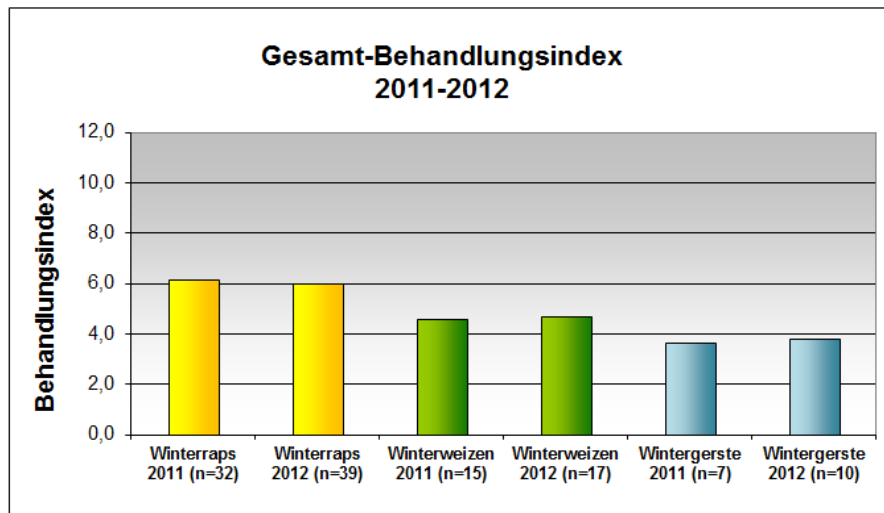


Abbildung 34: Gesamtbehandlungsindex der Untersuchungsflächen 2011 und 2012

5 Diskussion

5.1 Insektizide

Die Ergebnisse des Rapsglanzkäfermonitorings ergaben differenzierte Ergebnisse für die verschiedenen Wirkstoffe und Wirkstoffgruppen. Die getesteten Neonicotinoide Biscaya und Mospilan SG zeigten die erwarteten hohen Wirkungsgrade. Ähnliche Ergebnisse konnten auch ZIMMER & NAUEN (2011) in einem europaweiten Sensitivitätsmonitoring für Biscaya nachweisen. Allerdings zeigten bei beiden Neonicotinoiden einige Populationen starke Abweichungen gegenüber den zu erwartenden Mortalitäten im Adult-Vial-Test. Die entsprechenden Populationen sollten in den kommenden Jahren unter Beobachtung bleiben, um eventuell beginnende Sensitivitätsverluste bei den Neonicotinoiden frühzeitig zu erkennen. Für die Pyrethroide der Klasse II (Lambda-Cyhalothrin und Gamma-Cyhalothrin im Test) konnte keine Entspannung der Resistenzproblematik nachgewiesen werden. Ein Großteil der in beiden Jahren getesteten Populationen war resistent oder hoch resistent. Mehrere vergleichbare Untersuchungen von ZELLNER (2011) und GÖTZ (2011) zeigten auch für andere Bundesländer eine ähnliche Entwicklung. Aufgrund dieser Ergebnisse können Pyrethroide der Klasse II nicht zur Rapsglanzkäferbekämpfung empfohlen werden. Problematischer gestaltet sich die Interpretation der Ergebnisse für die Pyrethroide der Klasse I. Höhere Wirkungsgrade gegenüber den Pyrethroiden der Klasse II waren bei allen drei getesteten Wirkstoffen sichtbar, wobei sich allerdings die Wirkungsgrade von Etofenprox (Trebon 30 EC) im Adult-Vial-Test als sehr variabel zeigten. In mehreren im Jahr 2011 durchgeführten Freilandversuchen erzielte die Formulierung Trebon 30 EC bessere Wirkungsgrade als der im Adult-Vial-Test verwendete technische Wirkstoff Etofenprox (HENZE 2011; ZELLNER 2011). Allerdings sind auch Freilandversu-

che mit unzureichenden Wirkungsgraden des formulierten Wirkstoffs bekannt. Eine direkte Übertragbarkeit der Ergebnisse aus den Röhrentests auf Feldergebnisse ist nicht möglich. Abbildung 35 zeigt die in Abstimmung mit dem Fachausschuss Pflanzenschutzmittelresistenz – Insektizide festgelegte Anti-Resistenzstrategie bei der Bekämpfung von Rapsschädlingen.

Indikation (bekämpfungswürdig!)	Auftreten Rapsglanzkäfer (RGK)	Strategie/ empfohlene Mittel
Stängel- und Triebrüssler	Keine RGK	Pyrethroide Klasse I oder II
	RGK vorhanden	Klasse I Pyrethroide
Stängel- und Triebrüssler und RGK	RGK auch bekämpfungswürdig	Pyrethroide Klasse I oder II und Plenum 50 WG (B1) oder Avaunt (B1)
RGK vor Blüte	RGK unter Bekämpfungsrichtwert	Keine Bekämpfung
	RGK über Bekämpfungsrichtwert	Biscaya oder Mospilan SG oder Plenum 50 WG (B1) oder Avaunt (B1)
Schotenschädlinge	RGK gering	Pyrethroide Klasse I oder II oder Biscaya
	RGK deutlich vorhanden	Biscaya (falls Wirkstoffwechsel nötig, Klasse I Pyrethroid)

Abbildung 35: Anti-Resistenzstrategie Rapsschädlinge 2013

Anders als beim Rapsglanzkäfer stellte sich die Situation bei den Schädlingen Großer Rapsstängelrüssler, Gefleckter Kohltriebrüssler, Kohlschotenrüssler und Kohlschotenmücke in Sachsen weniger kritisch dar. Die 4 getesteten Arten zeigten bei einer Feldaufwandmenge von 20 % im Adult-Vial-Test die erwartete hohe Sensitivität gegenüber dem Pyrethroid II Lambda-Cyhalothrin. Ähnliche Ergebnisse wurden für andere Bundesländer durch HEIMBACH & MÜLLER (2012) im jährlich durchgeführten bundesweiten Monitoring nachgewiesen. In diesem Zusammenhang muss auf einzelne Populationen des Kohlschotenrüsslers in Mecklenburg-Vorpommern hingewiesen werden, die über mehrere Jahre hinweg abnehmende Sensitivitäten gegenüber den Pyrethroiden der Klasse II zeigen. Im Jahr 2011 wurden die betroffenen Populationen durch den Fachausschuss Pflanzenschutzmittelresistenz – Insektizide, Akarizide als resistent klassifiziert. Allerdings sind die entstandenen Resistenzen noch örtlich begrenzt. Zur Vorbeugung dieser Resistenzproblematik sollten in Sachsen unnötige Behandlungen und Routinemaßnahmen (insbesondere in der Rapsblüte) vermieden werden. Für den Rapserrdfloh konnten keine Proben getestet werden. Deutschlandweite Untersuchungen von HEIMBACH & MÜLLER (2012) zeigen bei einzelnen Populationen in Mecklenburg-Vorpommern örtlich begrenzte Resistenzen. 2 Populationen des artverwandten Kohlerdflohs (*Phyllotreta spp.*) zeigten 2012 im Test in Sachsen eine hohe Sensitivität und damit keine Resistenzen.

Die Ergebnisse bei den beiden getesteten Proben des Kartoffelkäfers zeigen für Sachsen keine zufriedenstellenden Wirkungsgrade bei der Applikation von Karate Zeon (Lambda-Cyhalothrin). Die LD95-Werte liegen für beide Standorte weit über der empfohlenen Feldaufwandmenge. Laut den Berechnungen der durchgeführten Probit-Analyse werden die LD95-Werte für den Standort Pirna bei einer Feldaufwandmenge von 1.826 % und für Pommritz bei einer Feldaufwandmenge von 501 % erreicht. Karate Zeon zeigte somit an beiden Standorten keine ausreichende Wirkung.

Die Ergebnisse widersprechen dem von RICHERZHAGEN & TSCHÖPE (2010) festgestellten Trend zu höheren Empfindlichkeiten des Kartoffelkäfers gegenüber Pyrethroiden in Baden-Württemberg und Rheinland-Pfalz. Eine Entspannung der Resistenzsituation bei den Pyrethroiden konnte für beide Standorte in Sachsen nicht festgestellt werden.

5.2 Fungizide

Die Bewertung der Fungizidresultate verlangt analog zu den Insektiziden eine Einzelbewertung der untersuchten Wirkstoffe in Abhängigkeit des jeweiligen Schadpathogens. Bei den Untersuchungen zu *Septoria tritici* war ein Shifting der Triazole Epoxi-conazol und Prothioconazol ebenso nachweisbar wie eine schwach vorhandene Kreuzresistenz zwischen den beiden Wirkstoffen. Auch die Resistenzfaktoren der untersuchten Azole lagen auf einem vergleichbaren Niveau. Die langfristige Entwicklung der MED50-Werte für den Wirkstoff Epoxiconazol in Sachsen zeigt Abbildung 36.

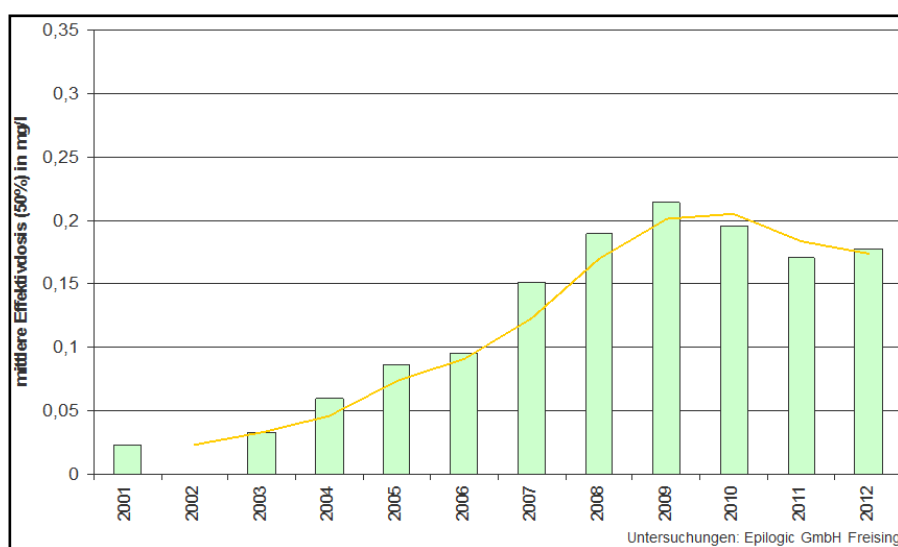


Abbildung 36: Entwicklung der MED50-Werte für den Wirkstoff Epoxiconazol in Sachsen (2001–2012)

Es lässt sich nach dem kontinuierlichen Anstieg der MED50-Werte bis zum Jahr 2008 nun eine Seitwärtsbewegung feststellen („Seitwärtstrendkanal“). Dies stellt eine typische Entwicklung für das Shifting bei den Azolwirkstoffen dar (FELSENSTEIN 2007). Allerdings äußert sich die im Labor nachweisbare Sensitivitätsverschiebung bei ausreichend hohen Aufwandmengen unter geringem bis mittlerem Befallsdruck und eher trockenen Bedingungen noch nicht in Minderwirkungen im Feld. Dennoch sollten die Aufwandmengen bei der Septoria-Bekämpfung nicht unter 80 % gesenkt werden.

Bei den getesteten Spezialwirkstoffen gegen Weizen- und Gerstenmehltau konnten für die Wirkstoffe Proquinacid (Talius) und Metrafenone (Flexity, Capalo) einzelne Isolate mit Anpassungserscheinungen nachgewiesen werden. Jedoch handelt es sich lediglich um eine moderate Anpassung, die sich nicht in Wirkungsverlusten im Feld zeigt. Vereinzelt angepasste Isolate wurden bei diesen Wirkstoffen auch in Norddeutschland gefunden (WEIGAND 2012). Es wird bei diesen Isolaten jedoch von einer verringerten biologischen Fitness berichtet, d. h. die betroffenen Erregerstämme können sich scheinbar in den Populationen im Feld noch nicht ausreichend etablieren, um sichtbare Minderwirkungen beim Bekämpfungserfolg zu erzeugen. Der Wirkstoff Cyflufenamid (Vegas) zeigte keine Auffälligkeiten. Um die Wirksamkeit der Präparate langfristig zu erhalten,

wird der Zusatz eines kurativen Mischungspartners empfohlen. Sololanwendungen der Wirkstoffe Proquinazid und Metrafenone sind zu vermeiden.

Die Ergebnisse für *Pyrenophora tritici-repentis* (DTR-Blattflecken) zeigten einen durch die Mutation G143A verursachten hohen Resistenzgrad des Erregers gegenüber der Wirkstoffgruppe der Strobilurine. Eine ähnliche Entwicklung ist auch in anderen Bundesländern zu beobachten (WEIGAND 2012), sodass davon auszugehen ist, dass durch Strobilurine eine zufriedenstellende Bekämpfung von DTR-Blattflecken nicht mehr gewährleistet werden kann. Der Blick auf die MED50-Werte beim Carboxamidwirkstoff Bixafen zeigt in beiden Jahren jeweils für sich nur eine moderate Sensitivitätsstreuung bzw. -spannweite auf, welche sich sogar in 2012 noch einheitlicher bzw. schmaler darstellt. Resistente Pathotypen müssten sich hingegen durch wesentlich davon abweichende höhere MED50-Werte gegenüber dem jeweils festgestellten Sensitivitätsniveau abheben (FELSENSTEIN 2012). Es sind daher keine Resistenzen bzw. Sensitivitätsverschiebungen bei DTR-Blattflecken gegenüber dem getesteten Carboxamidwirkstoff Bixafen nachweisbar. Bei Prothioconazol war dagegen eine gewisse Anpassung (Shifting) analog zu *Septoria tritici* zu beobachten.

Die Untersuchungsergebnisse bei *Pyrenophora teres* (Netzflecken) zeigen, dass Erregerstämme mit der Mutation F129L in Sachsen bereits weit verbreitet sind. Bekämpfungsprobleme im Feld lassen sich daraus jedoch nicht zwangsläufig bei allen Strobilurinwirkstoffen ableiten, weil die verschiedenen Wirkstoffe bei dieser Mutation unterschiedlich stark angegriffen reagieren. So berichten SEMAR et al. (2007) von einer uneingeschränkten Wirksamkeit des Wirkstoffs Pyraclostrobin in Populationen von *Pyrenophora teres* mit vorhandener F129L-Mutation. Jedoch scheinen zumindest die Wirkstoffe Azoxystrobin (Amistar Opti) und Fluoxastrobin (Fandang) ähnlich auf eine vorhandene F129L-Mutation zu reagieren (FELSENSTEIN 2011). Minderwirkungen waren bei einem hohen Anteil resistenter Isolate in den Erregerpopulationen auf einzelnen Schlägen sichtbar. Das getestete Carboxamid Bixafen zeigte in beiden Untersuchungsjahren keine Auffälligkeiten.

Die Resistenzuntersuchung bei *Sclerotinia sclerotiorum* (Weißstängeligkeit an Winterraps) zeigte in beiden Untersuchungsjahren Fälle von angepassten Isolaten bei einem Wirkstoff aus der Gruppe der Carboxamide (Boscalid). Ein Standort im Vogtland war nach 2010 auch im Jahr 2011 auffällig, was auf eine beginnende Resistenzentwicklung schließen lässt. Alle 5 untersuchten Isolate des Standortes zeigten bei der höchsten Applikationsmenge im Labor hohe Anpassungsgrade gegenüber dem getesteten Wirkstoff Boscalid. 2012 konnten auf zwei Praxis schlägen ähnliche Ergebnisse festgestellt werden. Bei einer Probe aus dem Landkreis Leipzig waren alle 5 untersuchten Isolate angepasst, bei einem zweiten Standort (Landkreis Meißen) wurden 2 angepasste Isolate gefunden. Ob die im Labor festgestellten Anpassungen auch in Minderwirkungen im Feld sichtbar werden, ist noch ungeklärt. Die Ergebnisse zeigen jedoch, dass eine Resistenzentwicklung bei den Carboxamiden im Ackerbau grundsätzlich möglich ist. Daher sollten auch die in den Getreidekulturen eingesetzten Carboxamide nur einmal in der Spritzfolge zur Anwendung kommen.

Nachfolgend sind die wichtigsten Punkte für ein Resistenzmanagement in Getreidekulturen aufgeführt:

- Einhaltung aller acker- und pflanzenbaulichen Faktoren zur Senkung des Infektionspotenzials
- Anbau wenig anfälliger Sorten
- Fungizideinsatz nur nach Bekämpfungsrichtwert und Entscheidungshilfen
- Strobilurinkombinationen sind im Weizen nur bei hohem Rostbefall sinnvoll – Einsatz bei anfälligen Sorten, Befallslagen und **nur einmal in einer Spritzfolge**
- **Einsatz von Carboxamiden nur einmal in der Spritzfolge**

- Wirkstoffkonzentrationen in den Tankmischungen gut aufeinander abstimmen
- Aufwandmengen nicht zu stark reduzieren (≥ 80 %)
- Anzahl der Behandlungen auf ein Mindestmaß beschränken
- leistungsstarke Azole gegen *Septoria tritici* einsetzen (Epoconazol, Prothioconazol, Fluquinconazol)
- Nutzung der verfügbaren Kontaktwirkstoffe
- in Spritzfolgen Wirkstoffwechsel zwischen den Azolwirkstoffen bzw. Tankmischungen von Azolen
- Mehltauwirkstoffe Proquinazid und Metrafenone nur mit einem kurativen Mischungspartner gegen Mehltau einsetzen

5.3 Herbizide

Die Analysen der Ackerfuchsschwanz- und Windhalmpflanzen erbrachten Resistenznachweise für beide untersuchte Ungräser.

In einigen der Windhalmpflanzen konnte sowohl eine metabolische als auch eine wirkortbedingte Resistenz (Target-site-Resistenz) nachgewiesen werden. Betroffen war zum überwiegenden Teil die Wirkstoffgruppe der ALS-Hemmer (HRAC-Gruppe B). In geringem Anteil konnte in einer Windhalmpflanze erstmals in Sachsen auch eine Target-site-Mutation gegenüber ACCase-Hemmern (HRAC-Gruppe A) nachgewiesen werden. Allerdings sind die gefundenen Resistenzen schlagbezogen und noch nicht flächendeckend vorhanden. So zeigten im Jahr 2012 nur 2 der untersuchten 13 Windhalmbiotypen eine ausgeprägte Resistenz.

Ein Großteil der untersuchten Ackerfuchsschwanz-Biotypen zeigte keine Resistenzen gegenüber den getesteten Herbiziden. In zwei auffälligen Proben konnte eine metabolische, jedoch keine Target-site-Resistenz nachgewiesen werden. Die auffällige Probe im Jahr 2012 zeigte eine vergleichbare Reaktion wie der als Vergleichsmuster getestete metabolisch-resistente Standard Peldon aus England.

Insgesamt ist die Situation beim Ackerfuchsschwanz in Sachsen weniger kritisch einzuschätzen als in anderen Bundesländern (insbesondere Norddeutschland), wo sich bereits Resistenzen gegenüber verschiedenen Wirkstoffgruppen großflächig entwickeln und etablieren konnten (ULBER & ZWARGER 2013). Im Gegensatz zu anderen Bundesländern, in denen die Resistenznachweise in den letzten Jahren zugenommen haben, besteht in Sachsen noch die Möglichkeit, die Selektion von resistenten Biotypen zeitlich hinauszuzögern.

Für die Umsetzung eines effektiven Resistenzmanagements in Getreidekulturen sollten folgende Dinge berücksichtigt werden:

- konsequenter Wirkstoffgruppenwechsel innerhalb der Kultur und der Fruchtfolge
- Vermeidung von extremen Fröhsaaten
- Einbau von Sommerungen in die Fruchtfolge
- regelmäßiger Pflugeinsatz auf betroffenen Flächen
- hohe Wirkungsgrade der eingesetzten Herbizide anstreben (WG ≥ 95 %)
 - Einsatz sicher wirksamer Aufwandmengen

- Berücksichtigung wichtiger Anwendungs- und Umweltbedingungen (Bodenfeuchtigkeit, Luftfeuchtigkeit, BBCH-Stadium der Zielpflanze) beim Herbizideinsatz

■ gezielter Einsatz von Bodenherbiziden im Herbst (HRAC-Gruppen E, F, N, K)

6 Zusammenfassung

Im Rahmen des Projekts wurde die aktuelle Resistenzsituation von wirtschaftlich bedeutsamen Schadorganismen gegenüber Pflanzenschutzmitteln (Fungizide, Insektizide und Herbizide) in Sachsen analysiert und bewertet. Die für eine Resistenzentwicklung relevanten Pflanzenschutzmaßnahmen auf den beprobten Flächen wurden erfasst und die Pflanzenschutzmittelintensität durch Berechnung des Behandlungsindex ermittelt. Die Ergebnisse der Untersuchungen wurden den Landwirten über die Internetplattform ISIP zur Verfügung gestellt. Folgende wesentliche Kernaussagen lassen sich aus den Projektergebnissen ableiten:

Insektizide

Die Untersuchungen zeigten eine ausgeprägte Resistenz des Rapsglanzkäfers gegenüber Wirkstoffen aus der Gruppe der Pyrethroide (Pyrethroide Klasse II). Auch bei den neueren Pyrethroiden der Klasse I waren Populationen mit verringerter Sensitivität zu finden. Dagegen wiesen die untersuchten Stängel- und Schotenschädlinge in Sachsen eine hohe Sensitivität gegenüber dieser Wirkstoffgruppe auf. Bei Neonicotinoiden und Oxadiazinen konnte keine Resistenz nachgewiesen werden, wobei insbesondere die Neonicotinoide unter Beobachtung bleiben sollten, um auf mögliche Sensitivitätsverschiebungen frühzeitig reagieren zu können. Mit einer Entspannung der Resistenzsituation (Pyrethroide) ist beim Rapsglanzkäfer in den kommenden Jahren nicht zu rechnen. Die Auswertung der Insektizidmaßnahmen auf den untersuchten Flächen zeigte, dass die Insektizidbehandlungen im Frühjahr gegen die Stängelschädlinge (gefleckter Kohltriebrüssler, großer Rapsstängelrüssler) und zur Blüte gegen die Schotenschädlinge (Kohlschotenrüssler, Kohlschotenmücke) zum überwiegenden Teil mit Pyrethroiden der Klasse II durchgeführt werden. Zu diesen Zeitpunkten werden so auch vorhandene Rapsglanzkäfer von diesen Insektizidmaßnahmen getroffen, wodurch der Selektionsdruck auf Pyrethroidresistenz unverändert hoch bleiben wird.

Fungizide

Für die im Getreideanbau bedeutendste Pilzkrankheit *Septoria tritici* konnte ein schrittweiser Wirkungsverlust (Shifting) der getesteten Azole nachgewiesen werden, wobei sich in den letzten Jahren bei Epoxiconazol in Sachsen eine Stabilisierung des Resistenzniveaus andeutet. Die Strobilurine verlieren dagegen weiter an Wirkung. Nach den Pilzkrankheiten *Septoria tritici* und dem Echten Mehltau zeigte sich nun auch ein nachweisbar hohes Resistenzniveau des Pilzes *Pyrenophora tritici-repentis* (DTR-Blattflecken) gegenüber dieser Wirkstoffgruppe. Strobilurine können daher im Weizen nur noch für die Bekämpfung von Rostpilzen (Braunrost, Gelbrost) empfohlen werden, weil sie hier durch ihre lange Protektivwirkung Vorteile gegenüber den Azolen besitzen. Keines der untersuchten Getreidepathogene zeigte eine Resistenz gegenüber Carboxamiden. Dagegen waren beim Schadpathogen *Sclerotinia sclerotiorum* im Winterraps Anpassungen gegenüber einem Carboxamidwirkstoff in beiden Untersuchungsjahren zu finden. Aufgrund ihrer Resistenzgefährdung (FRAC-Einstufung mittel bis hoch) sollte diese Wirkstoffgruppe **nur einmal in der Fruchtfolge** eingesetzt werden. Vor diesem Hintergrund muss aus den Fehlern nach der Markteinführung der Strobilurine (alleiniger Einsatz ohne Zusatzpartner, mehrmaliger Strobilurineinsatz in der Fruchtfolge, starke Reduzierung der Aufwandmengen bei ungünstiger Witterung) gelernt werden, um die Carboxamide langfristig für den Pflanzenschutz im Ackerbau zu erhalten.

Herbizide

Für die untersuchten Ungräser Ackerfuchsschwanz und Windhalm waren Resistenzen gegen verschiedene Wirkstoffgruppen in unterschiedlichen Ausprägungen nachweisbar. Bei beiden Ungräsern waren auf den betroffenen Flächen vor allem Wirkstoffe aus der Gruppe der ALS-Hemmer (Sulfonylharnstoffe; HRAC-Gruppe B) betroffen. In geringem Umfang konnten auch Minderwirkungen bei ACCase-Hemmern (HRAC-Gruppe A) und Photosynthese-Hemmern (HRAC-Gruppe C) gefunden werden. Es lässt sich abschließend feststellen, dass Herbizidresistenz sowohl beim Ackerfuchsschwanz als auch beim Gemeinen Windhalm auf Einzelschlägen zu finden ist. Flächendeckend tritt das Problem in Sachsen im Gegensatz zu anderen untersuchten Schaderregern jedoch noch nicht auf.

7 Fazit

Die Untersuchungsergebnisse zeigen, dass im Ackerbau Resistenzen bedeutsamer Schadorganismen gegenüber Pflanzenschutzmitteln sowohl bei Insektiziden als auch bei Fungiziden und herbiziden Wirkstoffen und Wirkstoffgruppen in ganz Sachsen verbreitet sind. Schwerpunkte der Resistenzen wurden für die jeweilige Pflanzenschutzmittelkategorie (Insektizide/Fungizide/Herbizide) aufgezeigt und Lösungsansätze in Form von Resistenzstrategien für die Praxis erarbeitet. Die aus dem Projekt gewonnenen Erkenntnisse wurden in die Strategieempfehlungen des amtlichen Pflanzenschutzdienstes in Sachsen aufgenommen.

Bei einigen der untersuchten Schadorganismen zeigte sich eine deutliche Verschärfung der Resistenzsituation. Die aktuellen Berichte über neu entdeckte Resistenzen (Blattläuse mit Sensitivitätsverlusten gegenüber Insektiziden, Resistenzen bei der Echten und Geruchlosen Kamille, Weißem Gänsefuß sowie bei der Hühnerhirse gegenüber Herbiziden) verdeutlichen zum einen die Komplexität dieses Themas und zeigen zum anderen aber auch die Notwendigkeit weiterführender Untersuchungen.

Entscheidend für die landwirtschaftliche Praxis wird auch weiterhin der **sorgsame, verantwortungsvolle Umgang mit den vorhandenen Wirkstoffen sein**, weil mittelfristig keine Wirkstoffgruppen mit neuen Wirkmechanismen zu erwarten sind.

Literatur

- ANONYM (1994): Herbizidresistenz – ein Problem in Schleswig-Holstein? Landpost 10/1994; 43.
- ANONYM (2008): Nationaler Aktionsplan zur nachhaltigen Anwendung von Pflanzenschutzmitteln. BMELV Bonn, 1-32
- ANONYM (2010): pollen beetle resistance Monitoring 2010. Monitoring-Poster des Insecticide Resistance Action Committee's, Oilseed Rape Working Group. Januar 2011
- ANONYM (2010): Protocol of the discussions and use recommendations of the SDHI Working Group of the Fungicide Resistance Action Committee (FRAC). 4th Meeting on December 1, 2010, 4-5.
- BALGHEIM, R. (2006): Herbizidresistenz vermeiden, Wirkstoffe erhalten – eine Gemeinschaftsaufgabe von Beratung, Forschung und Praxis am Beispiel von Ackerfuchsschwanz (*Alopecurus myosuroides* Huds.). Journal of Plant Diseases and Protection, Sonderheft XX, 49-56.
- BÄUMLER, S. (2004): Entwicklung und Validierung von molekularen Markersystemen für QoI – Fungizidresistenzen bei pilzlichen Phytopathogenen. Dissertation Technische Universität München. 86
- BRENNER, H. (2010): Rapsglanzkäfer erobern auch die Ostschweiz. Landfreund 4/2011, 2-4.
- FELSENSTEIN, F. G.; JASER, B. (2007): Fungizidresistenz bei pilzlichen Getreidepathogenen und Wirksamkeit der vertikalen (qualitativen) Mehlauresistenz bei Weizen und Gerste – Situationsbericht 2007, 4-10.
- FELSENSTEIN, F. G (2011): mündliche Mitteilung 2011.
- GEHRING, K. (2012a): Herbizidresistenz bei *Alopecurus myosuroides* Huds. in Bayern. Tagungsband 25. Deutsche Arbeitsbesprechung über Fragen der Unkrautbiologie und -bekämpfung. Julius-Kühn-Archiv 434, 127-132.
- GEHRING, K. (2012b): Herbizidresistenz bei *Apera spica-venti* L. in Bayern. Tagungsband 25. Deutsche Arbeitsbesprechung über Fragen der Unkrautbiologie und -bekämpfung. Julius-Kühn-Archiv 434, 133-137.
- GEHRING, K.; BALGHEIM, R.; MEINLSCHMIDT, E.; SCHLEICH-SAIDFAR, C. (2012): Prinzipien einer Anti-Resistenzstrategie bei der Bekämpfung von *Alopecurus myosuroides* und *Apera spica-venti* aus Sicht des Pflanzenschutzdienstes. Tagungsband 25. Deutsche Arbeitsbesprechung über Fragen der Unkrautbiologie und -bekämpfung. Julius-Kühn-Archiv 434, 89-101
- GÖTZ, R. (2011): Zum aktuellen Stand bei Resistenzen gegenüber Pflanzenschutzmitteln. Fachvortrag im Rahmen der 20. Thüringer Düngungs- und Pflanzenschutztagung am 23. November 2011 in Pfiffelbach.
- HEIMBACH, U.; MÜLLER, A.; THIEME, T. (2006): First steps to analyse pyrethroid resistance of different oil seed rape pests in Germany. Nachrichtenblatt Deutscher Pflanzenschutzdienst, 58 (1), 1-5
- HEIMBACH, U.; MÜLLER, A.; THIEME, T. (2011): Pyrethroidresistenz beim Rapsglanzkäfer: Entwicklungen und Monitoringergebnisse aus dem Jahr 2011. Fachvortrag im Rahmen des Fachausschusses Pflanzenschutzmittelresistenz – Insektizide, Akarizide 07./08. November 2011 in Braunschweig.
- HEIMBACH, U.; MÜLLER, A. (2011): Sensitivität und Resistenz der Rüssler und Rapserdföhe: aktuelle Ergebnisse. Fachvortrag im Rahmen des Fachausschusses Pflanzenschutzmittelresistenz – Insektizide, Akarizide 07./08. November 2011 in Braunschweig.
- HEIMBACH, U.; MÜLLER, A.; NAUEN, R.; THIEME, T. (2011): Vergleichendes Sensitivitätsmonitoring mit Rapsglanzkäfern gegenüber Thiacloprid BTL, BCS, JKI. Fachvortrag im Rahmen des Fachausschusses Pflanzenschutzmittelresistenz – Insektizide, Akarizide 07./08. November 2011
- HEIMBACH, U.; MÜLLER, A. (2012): Empfindlichkeit von Rüsslern und Erdflöhen gegenüber Pyrethroiden im Jahr 2012. Fachvortrag im Rahmen des Fachausschusses Pflanzenschutzmittelresistenz – Insektizide, Akarizide 05./06. November 2012 in Braunschweig.
- HENZE, M. (2011): Trebon 30 EC/Etofenprox: bundesweite Versuchsreihe in Feld und Labor. Fachvortrag im Rahmen des Fachausschusses Pflanzenschutzmittelresistenz – Insektizide, Akarizide 07./08. November 2011 Braunschweig.

- KAISER, C.; GRUNAU, S.; MÜLLER, B.; VOLKMAR, C. (2010): Zur Wirkung von Insektiziden gegenüber dem Raps-schädling *Meligethes aeneus*. Bachelorarbeiten Martin-Luther Universität Halle-Wittenberg.
- KREMER, F. (2007): Resistenz des Rapsglanzkäfers auf die Pyrethroide – Fachgerechter Insektizideinsatz und Resistenzmanagement – neue Strategien im Raps. Fachvortrag am 09.03. 2007 in Ettelbrück
- LIPPMANN, D. (2010): Der Rapsglanzkäfer – Resistenzmanagement 2010. De Letzeburger Bauer 4/2010, 10.
- MEINLSCHMIDT, E. (2011): Damit es nicht soweit kommt – Herbizidresistenzen. dlz agrarmagazin 2/2011, 2-5.
- NOVÁKOVÁ, K.; SOUKUP, J.; WAGNER, J.; HAMOUZ, P.; NÁMESTEK, J. (2006): Chlorsulfuron resistance in silky bent-grass (*Apera spica-venti* (L.) Beauv.), its importance and control in the Czech Republic. Journal of plant Diseases and protection. 73-80.
- Pflanzenschutzdienste der Länder Berlin, Brandenburg, Sachsen, Sachsen-Anhalt und Thüringen (2013): Hinweise zum sachkundigen Einsatz von Pflanzenschutzmitteln im Ackerbau und auf Grünland, 49.
- PÖLITZ, B. (2007): Insektizidresistenz beim Kartoffelkäfer in Sachsen – erste Untersuchungsergebnisse der LfL 2007. Fachvortrag LfL Sachsen 2007.
- RICHERZHAGEN, D. (2010): Noch keine Entwarnung – Resistenzen. dlz Agrarmagazin, 61, 56-58
- RICHERZHAGEN, D.; TSCHÖPE, B. (2010): Insektizideinsatz beim Kartoffelkäfer – Status quo 2010. Kartoffelbau, 61, 188-191.
- RODEMANN, B. (2012): Nur einmal Carboxamide in der Spritzfolge. DLG-Mitteilungen, 2/2012, 52-55.
- ROLA, J. (1990): Population dynamics of Weeds on sandy soils in Poland. Journal of plant Diseases and Protection, Sonderheft XII: 97-100.
- SCHLEICH-SAIDFAR, C. (2010): Herbizid-Resistenz: Ackerfuchsschwanz im Focus. Landpost 6/2010, 24.
- SCHMIDT, J. (2004): Ermittlung, Bewertung und Vergleich des Behandlungsindex´ für den Pflanzenschutzmit-telaufwand in vier sächsischen Betrieben. Diplomarbeit HTW Dresden
- SCHRÖDER, G.; MEINLSCHMIDT, E.; BALGHEIM, R.; BERGMANN, E.; GÖßNER, K. (2012): Effektive Kontrolle von Windhalm (*Apera spica-venti* (L.) P.B.) durch Nutzung von Herbizidvarianten mit hohen Wirkungsgraden – Auswertung der Ringversuche der Bundesländer Brandenburg, Hessen, Sachsen, Sachsen-Anhalt und Thüringen von 2001 – 2011. Tagungsband 25. Deutsche Arbeitsbesprechung über Fragen der Unkraut-biologie und -bekämpfung. Julius-Kühn-Archiv 434/2012, 301-312.
- SEMAR, M.; STROBEL, D.; KOCH, A.; KLAPPACH, K.; STAMMLER, G. (2007): Field efficacy of pyraclostrobin against populations of *Pyrenophora teres* containing the F129L mutation in the cytochrome b gene. Journal of Plant Diseases and Protection, 114 (3), 117-119.
- SLATER, R.; NAUEN, R. (2007): The development and nature of pyrethroid resistance in the pollen beetle (*Meli-gethes aeneus*) in Europe. Fachvortrag im Rahmen des “EPPO workshop on insecticide resistance of *Meligethes spp.* (pollen beetle) on oilseed rape”. 03. bis 05. September 2007 in Berlin.
- THIEME, T.; GLOYNA, K. (2007): Analyse der Mortalität von Rapsglanzkäfern im Winterlager und Bestimmung des Anteils von Tiere mit Resistenz gegen Pyrethroide. Endbericht für das vom UFOP geförderte Projekt Nr. 521/071, 1-2.
- ULBER, L.; ZWERGER, P. (2013): Resistente Pflanzen – Was kommt auf uns zu. Bauernblatt/16. Februar 2013, 42.
- WAGNER, J. (2011): Zwischenbericht zum Projekt „Untersuchungen zu Pflanzenschutzmittelresistenzen in Sachsen“, unveröffentlicht.
- WEBER, R.W.S.; ENTROP, A.-P. (2011): Auftreten, Bedeutung und Vermeidung von Fungizid-Resistenzen bei *Botrytis* an Erdbeeren und Himbeeren. Mitteilungen des Obstbauversuchsrings des alten Landes, 66, 136-144.
- WEIGAND, S. (2012): Gesunderhaltung von Getreidekulturen – Welche Leistungen und Risiken bringen die neuen Carboxamid-Mittel? Fachvortrag im Rahmen des 59. Baden-Württembergischen Pflanzenschutz-tages 10. Februar 2012 Möglingen.

- ZELLNER, M. (2011): Wirkungsversuche mit verschiedenen Mitteln im Feld gegen Rapsglanzkäfer. Fachvortrag im Rahmen des Fachausschusses Pflanzenschutzmittelresistenz – Insektizide, Akarizide 07./08. November 2011 Braunschweig.
- ZIMMER, C. T. & NAUEN, R. (2011): Pyrethroid resistance and thiacloprid baseline susceptibility of European populations of *Meligethes aeneus* (Coleoptera: Nitidulidae) collected in winter oilseed rape. *Pest Management science*, 67, 599-608

Herausgeber:

Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG)
Pillnitzer Platz 3, 01326 Dresden
Telefon: +49 351 2612-0
Telefax: +49 351 2612-1099
E-Mail: lfulg@smul.sachsen.de
www.smul.sachsen.de/lfulg

Autoren:

Michael Dietz, Andela Thate, Birgit Pölitz, Dr. Ewa Meinlschmidt,
Dr. Michael Kraatz
Abteilung Landwirtschaft/Referat Pflanzenschutz

Redaktion:

Andela Thate
Abteilung Landwirtschaft/Referat Pflanzenschutz
Telefon: + 49 35242 631-7300
Telefax: + 49 35242 631-7399
E-Mail: andela.thate@smul.sachsen.de

Redaktionsschluss:

13.01.2014

ISSN:

1867-2868

Hinweis:

Die Broschüre steht nicht als Printmedium zur Verfügung, kann aber als PDF-Datei unter <https://publikationen.sachsen.de/bdb/> heruntergeladen werden.

Verteilerhinweis

Diese Informationsschrift wird von der Sächsischen Staatsregierung im Rahmen ihrer verfassungsmäßigen Verpflichtung zur Information der Öffentlichkeit herausgegeben.

Sie darf weder von Parteien noch von deren Kandidaten oder Helfern im Zeitraum von sechs Monaten vor einer Wahl zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für alle Wahlen.

Missbräuchlich ist insbesondere die Verteilung auf Wahlveranstaltungen, an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken oder Aufkleben parteipolitischer Informationen oder Werbemittel. Untersagt ist auch die Weitergabe an Dritte zur Verwendung bei der Wahlwerbung. Auch ohne zeitlichen Bezug zu einer bevorstehenden Wahl darf die vorliegende Druckschrift nicht so verwendet werden, dass dies als Parteinarbeit des Herausgebers zu Gunsten einzelner politischer Gruppen verstanden werden könnte.

Diese Beschränkungen gelten unabhängig vom Vertriebsweg, also unabhängig davon, auf welchem Wege und in welcher Anzahl diese Informationsschrift dem Empfänger zugegangen ist. Erlaubt ist jedoch den Parteien, diese Informationsschrift zur Unterrichtung ihrer Mitglieder zu verwenden.