

Zuwendungsempfänger:

Julius Kühn-Institut,
Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen,
Institut für Pflanzenschutz in Ackerbau und Grünland,
Messeweg 11-12, 38104 Braunschweig

Forschungsvorhaben Nr.

06HS038

Thema:

Regionales Auftreten der Rapsglanzkäferresistenz und Auswahl geeigneter Insektizide zur Minderung der Resistenz und Sicherung eines hinreichenden Bekämpfungserfolges

Laufzeit:

01. März 2007 – 28. Februar 2010,
kostenneutrale Verlängerung bis 31. Oktober 2010

Berichtszeitraum:

Abschlussbericht zum 31. Oktober 2010

Zusammenarbeit mit anderen Stellen:

Kooperation mit den Pflanzenschutzdienststellen der einzelnen Bundesländer und dem Biotest-Labor GmbH Sagerheide (BTL)

Projektleitung:

Dr. Udo Heimbach

Projektbearbeitung:

Dipl. Biol. Andreas Müller

Inhaltsverzeichnis

1.	Ziele und Aufgabenstellung des Vorhabens	3
1.1	Planung und Ablauf des Vorhabens	4
1.1.2	Wissenschaftlicher und technischer Stand an den angeknüpft wurde	5
2.	Material und Methoden	5
2.1	Bundesweites Resistenzmonitoring für Rapsglanzkäfer	5
2.1.1	Resistenzmonitoring mittels Test-Kits	5
2.2	Resistenzentwicklung in Abhängigkeit einer regional genutzten Managementstrategie	7
2.2.1	Lage der Untersuchungsgebiete im Raum Schwerin	8
2.2.2	Sammlung der Rapsglanzkäfer auf den Schlägen	11
2.2.3	Sammlung der Rapsglanzkäfer in den Winterlagern	12
2.3	Untersuchungen zur Kreuzresistenz verschiedener insektizider Wirkstoffe	12
2.3.1	Resistenztests im Labor	13
2.3.2	Test-Methode für Pyrethroide der Klasse I und II	13
2.3.3	Test-Methode für Neonicotinoide und Indoxacarp	14
2.3.4	Test-Methode für Organophosphate	15
2.4	Sensitivitätsmonitoring anderer bedeutender Rapsschadinsekten	15
2.4.1	Probenahmen bei Stängel- Schotenrüssler	15
2.4.2	Probenahmen bei Raps- und Kohlerdflöhen	15
2.4.3	Probenahmen bei Kohlschotenmücken	15
2.4.4	Sensitivitätstests im Labor	16
2.5	Datenauswertung und Statistische Analysen	16
3.	Ergebnisse	17
3.1	Ausführliche Darstellung der wichtigsten Ergebnisse	17
3.1.1	Bundesweites Resistenzmonitoring für Rapsglanzkäfer	17
3.1.1.1	Resistenzsituation 2007	17
3.1.1.2	Resistenzsituation 2008	18
3.1.1.3	Resistenzsituation 2009	18
3.1.1.4	Resistenzsituation 2010	19
3.1.1.5	Entwicklung der Resistenzsituation von 2005 bis 2010	24
3.1.2	Resistenzentwicklung in Abhängigkeit einer regional genutzten Managementstrategie	25
3.1.2.1	Insektizid-Anwendungen auf den Versuchsschlägen	26
3.1.2.2	Insektizid-Anwendungen auf den Nachbarschlägen	27
3.1.2.2.1	Gebiet 1	27
3.1.2.2.2	Gebiet 2a und 2b	29
3.1.2.2.3	Bewertung der Insektizid-Maßnahmen	29
3.1.2.3	Entwicklung des Resistenzniveaus der Rapsglanzkäfer in den Untersuchungsgebieten von 2007-2010	30
3.1.2.3.1	Gebiet 1	30
3.1.2.3.2	Gebiet 2a	35

3.1.2.3.3	Gebiet 2b	37
3.1.2.3.4	Vergleich der drei Untersuchungsgebiete hinsichtlich der Entwicklungen der Empfindlichkeiten	39
3.1.2.3.5	Zusammenfassung und Bewertung der Ergebnisse	42
3.1.3	Untersuchungen zur Kreuzresistenz verschiedener insektizider Wirkstoffe	44
3.1.3.1	Pyrethroide Klasse I	44
3.1.3.2	Neonicotinoide	52
3.1.3.3	Organophosphate	56
3.1.3.4	Indoxacarb	58
3.1.4	Sensitivitätsmonitoring anderer bedeutender Rapsschadinsekten	60
3.1.4.1	Großer Rapsstängelrüssler (<i>Ceutorhynchus napi</i>)	61
3.1.4.2	Gefleckter Kohltriebrüssler (<i>Ceutorhynchus pallidactylus</i>)	62
3.1.4.3	Kohlschotenrüssler (<i>Ceutorhynchus obstrictus</i>)	66
3.1.4.4	Kohlerdföhe (<i>Phyllotreta</i> spp.)	70
3.1.4.5	Rapserrdfloh (<i>Psylliodes crysocephala</i>)	70
3.1.4.6	Kohlschotenmücke (<i>Dasineura brassicae</i>)	74
3.2	Voraussichtlicher Nutzen und Verwertbarkeit der Ergebnisse	75
3.2.1	Ergebnisse zum Resistenz-Monitoring Rapsglanzkäfer	75
3.2.2	Ergebnisse zur Eignung von unterschiedlichen Management-Strategien	75
3.2.3	Ergebnisse zur Kreuzresistenz verschiedener Wirkstoffe	76
3.2.4	Ergebnisse zum Sensitivitätsmonitoring anderer Schadinsekten	76
4.	Zusammenfassung	76
5.	Gegenüberstellung der geplanten zu den tatsächlich erreichten Zielen mit Hinweisen auf weiterführende Fragestellungen	78
5.1	Ergebnisse zum Resistenzmonitoring für Rapsglanzkäfer	78
5.2	Ergebnisse zur Eignung unterschiedlicher Management-Strategien	78
5.3	Ergebnisse zur Kreuzresistenz verschiedener Wirkstoffe	78
5.4	Ergebnisse zum Sensitivitätsmonitoring anderer Rapsschadinsekten	79
6.	Literaturverzeichnis	79
	Anhang	

1. Ziele und Aufgabenstellung des Vorhabens

Seit Ende der Neunziger-Jahre in Frankreich die ersten pyrethroid-resistenten Rapsglanzkäfer (*Meligethes aeneus*) festgestellt wurden, breitet sich die Resistenz dieses bedeutenden Rapsschädlings in Europa unerwartet schnell über mehrere Länder aus (Ballanger et al., 2003, 2007, Derron et al., 2004, Hansen, 2003, Wegorek, 2006). Als Ursache dieser metabolischen Resistenz wurde ein erhöhter enzymatischer Abbau von Pyrethroiden bei resistenten Rapsglanzkäfern nachgewiesen. Erste Anzeichen eines Auftretens von resistenten Populationen in Deutschland gab es im Jahr 2000. Seit dem nahm die Bedeutung der Bekämpfung von resistenten Rapsglanzkäfer-Populationen in Deutschland stetig zu (Burghause & Jörg, 2005, Heimbach, 2005, 2006 b, 2007 abc, Müller et al. 2010, Nauen, 2005, Thieme, 2005, Thieme et al. 2010). Im Jahr 2006 kam es aufgrund einer starken Koinzidenz mehrerer Faktoren zu einer Eskalation im Rapsanbau: Es kam zu Ertragsverlusten von 20 % bis 100 % auf einer Fläche, die eine Größe von mehr als 200.000 ha besaß. Davon waren für über 30.000 ha Ertragsverluste von mehr als 80 % bis zu einem totalen Umbruch der Flächen zu verzeichnen. Eine deutliche Zunahme der Resistenz ging mit einem starken Auftreten der Käfer einher und resultierte in massiven Bekämpfungsproblemen, die in mehreren Bundesländern zu Totalverlusten der Pflanzenbestände geführt haben. Als Folge dieser Bekämpfungsprobleme wurde 2007 das hier beschriebene Projekt begonnen, das mit seinen Ergebnissen dazu beitragen sollte, die Entwicklung der Resistenz besser nachvollziehen zu können, um weiterhin eine erfolgreiche Bekämpfung von resistenten Rapsglanzkäfern in Deutschland zu sichern. Um diese Ziele zu erreichen, sollten verschiedene thematische Schwerpunkte zur Resistenz bearbeitet werden: In Zusammenarbeit mit dem amtlichen Pflanzenschutzdienst der Länder sollte die Resistenzsituation der Rapsglanzkäfer in Deutschland durch ein Monitoring-Programm ermittelt werden. Dazu sollte die Resistenzsituation beim Rapsglanzkäfer in verschiedenen Regionen Deutschlands über die Laufzeit des Projektes mittels einer standardisierten Methode erfasst werden, um ihre Veränderung über die Zeit verfolgen zu können. Neben diesen Monitoring-Aktivitäten, die Veränderungen in der lokalen Ausprägung der Resistenz dokumentieren sollten, fanden im Rahmen des Projektes Untersuchungen zur Eignung von unterschiedlichen Bekämpfungsstrategien in Bezug auf ihre Eindämmung der Resistenz statt. Als wichtiger Bestandteil einer Antiresistenzstrategie werden Insektizide mit unterschiedlichen Wirkmechanismen benötigt, um einen alternierenden Einsatz der Wirkstoffe gewährleisten zu können. Um die Neigung zur Kreuzresistenzbildung dieser häufig zur Bekämpfung von Rapsglanzkäfern genutzten Wirkstoffen beurteilen zu können, sollten im Rahmen des Projektes Untersuchungen zur Empfindlichkeit von resistenten Rapsglanzkäfern gegenüber diesen Insektiziden durchgeführt werden. Als letzter thematischer Schwerpunkt sollten verstärkt Daten zur Sensibilität von anderen bedeutenden Rapsschädlingen, wie Stängelschädlinge oder Erdflöhe erzeugt werden, da bis zu Beginn des Projektes keine umfassende Untersuchung zu deren Empfindlichkeit existierte. Aufgrund der häufigen Insektizid-Applikationen im Raps sind auch diese Schädlinge aufgrund eines hohen Selektionsdruckes potenziell in der Lage, eine Resistenz auszubilden. Durch das gezielte Monitoring auf eine mögliche Resistenzbildung bei anderen Rapsschädlingen wird eine vergleichbare Entwicklung zur Resistenz, wie sie beim Rapsglanzkäfer stattgefunden hat, frühzeitig zu erkennen sein. Die Ergebnisse können potenzielle Handlungsmöglichkeiten und sinnvolle Vorgehensweisen für andere von einer Minderung der Empfindlichkeit betroffene Schädlinge aufzeigen. Die im Projekt erarbeiteten Ergebnisse sollten auf den jährlich stattfindenden Sitzungen des Fachausschusses für Pflanzenschutzmittelresistenz für Insektizide und Akarizide, der vom JKI koordiniert wird, vorgestellt und diskutiert werden. Aus

den Erkenntnissen zu den einzelnen thematischen Schwerpunkten wie Resistenzsituation der Rapsglanzkäfer, Eigenschaften und Kreuzresistenz der zur Verfügung stehenden Wirkstoffe, den überprüften Strategieansätzen und den Ergebnissen zur Sensitivität anderer Schädlinge sollten dann zielgerichtete Anwendungsempfehlungen zur Verringerung der Resistenzprobleme bei gleichzeitig gutem Bekämpfungserfolg erarbeitet werden. Diese Empfehlungen sollten als Anti-Resistenzstrategie und für Anwender und Beratung zur Verfügung stehen und kommuniziert werden. Neben diesen Ergebnissen des Projektes sollten die Ergebnisse für die Wissenschaft aufbereitet und veröffentlicht werden.

1.1 Planung und Ablauf des Vorhabens

Bei der Planung und Durchführung des Projektes musste berücksichtigt werden, dass die jährliche Arbeitsphase in den Monaten März bis Juli aufgrund des zeitlich begrenzten Auftretens vieler Rapschädlinge für die Erhebung von Daten und die Durchführung der Monitoring-Aktivitäten zentral war. Die Planung des Vorhabens musste sich daher dieser Vorgabe anpassen. In den ersten beiden Monaten der Jahre fanden die Vorbereitungen für das Rapsglanzkäfer-Monitoring mittels verschickter Test-Kits statt. Aufgrund der guten Lagerfähigkeit der beschichteten Gläser konnte bereits ab Mitte Januar damit begonnen werden, die Testgläser zu beschichten und die Test-Kits vorzubereiten. Nachdem die Bedarfsmeldungen der Pflanzenschutzdienste gesammelt vorlagen, konnten die fertigen Test-Kits verschickt werden, so dass sie zu Beginn der Rapsglanzkäfersaison vor Ort waren. Nachdem die Testungen von den Mitarbeitern der Pflanzenschutzdienste durchgeführt wurden, dauerte es in der Regel bis zum Spätsommer, bis alle Ergebnisse zurückgemeldet waren. Erst dann konnte die zentrale Auswertung der Monitoring-Ergebnisse durch eine Einstufung in Resistenzklassen und die Darstellung als Karten durchgeführt werden. Die JKI-eigenen Testungen begannen je nach Wetterlage mit dem Zuflug der Rüssler und Rapsglanzkäfer in den Monaten März bis April. Entweder wurden auf eigenen Versuchsschlägen Käfer selber gesammelt, oder es wurden vom Pflanzenschutzdienst eingeschickte Proben aus ganz Deutschland bearbeitet. Bei bestimmten Verdachtsmomenten auf Minderwirkungen von Insektiziden im Feld wurden auch Vergleichsproben durch das JKI untersucht, um die Ergebnisse abzusichern. Während der Saison wurden auch immer wieder auftretende Nachbestellungen von Test-Kits bearbeitet. Nachdem im frühen Sommer auch die späteren Schadinsekten wie Kohlschotenrüssler und Erdflöhe untersucht wurden, mussten die Daten der Testungen aufgearbeitet und digitalisiert werden. Die Berechnung der Probit-Analysen zur Erstellung von Dosis-Wirkungskurven fand in den anschließenden Monaten von August bis Oktober statt. Darauf folgte die Auswertung der Ergebnisse. Eine erste Präsentation der Ergebnisse fand für alle Teilgebiete des Projektes auf der jährlich stattfindenden Tagung des Fachausschusses für Insektizide und Akarizide des JKI im November statt. Im Verlaufe des Winters wurden die erarbeiteten Ergebnisse des Projektes auf mehreren Fachtagungen präsentiert und diskutiert. Auf diesen Tagungen wurde auch der Bedarf an Test-Kits von den einzelnen Bundesländern an das JKI zur besseren Planung der nächsten Rapssaison gemeldet.

1.1.2 Wissenschaftlicher und technischer Stand an den angeknüpft wurde

Zur Fragestellung der Resistenz von Schaderregern gegenüber Insektiziden im Raps wurden vom JKI seit 2005 Untersuchungen durchgeführt. Im Rahmen dieser Untersuchungen wurde die Methodik etabliert und erste Ergebnisse zur Sensitivität von Rapsglanzkäfern, Rüsselkäfern und Erdflöhen erzeugt. Dabei wurde schnell deutlich, dass insbesondere für Rüsselkäfer und Erdflöhe bisher kaum Daten zur Sensitivität dieser Arten existierten. Im Gegensatz dazu fanden seit dem ersten Auftauchen von resistenten Rapsglanzkäfer-Populationen im Jahr 2000 in Deutschland bereits vereinzelt Untersuchungen, vor allem von Unternehmen der Chemischen Industrie, statt. Neben diesem Monitoring zur Empfindlichkeit wurden auch weiterführende Untersuchungen zu den metabolischen Mechanismen der Pyrethroidresistenz beim Rapsglanzkäfer durch die Industrie durchgeführt. Wissenschaftliche Untersuchungen zur Resistenz der Käfer und der Wirkung verschiedener Insektizide fanden vor dem Projektbeginn ebenfalls beim Projektpartner BTL statt, so dass dort bereits Erfahrungen mit den Test-Methoden vorlagen und auch Vergleichsdaten existierten.

2. Material und Methoden

2.1 Bundesweites Resistenzmonitoring für Rapsglanzkäfer

2.1.1 Resistenzmonitoring mittels Test-Kits

Für die externe Testung von Rapsglanzkäfern wurde zu Beginn des Projektes dazu übergegangen, die im Labor vielfach validierte und gut funktionierende Methode des Adult-Vial-Testes mit einer reduzierten Anzahl von vier Dosierungen und zwei Wiederholungen mit zwei Kontrollgläsern als kompaktes Test-Kit anzubieten. Die Test-Kits wurden vom JKI produziert und an die Pflanzenschutzdienste der Länder, an interessierte Unternehmen und Privatpersonen abgegeben. Jedes Test-Kit verfügte über eine detaillierte Anleitung und ein Vordruck des Boniturbogens zur Auswertung der Ergebnisse. Die für die Test-Kits verwendeten Dosierungsstufen richteten sich nach dem verwendeten Wirkstoff und sind in der Tabelle 1 für die Test-Kits des Jahres 2010 aufgeführt.

Tab. 1: Die verwendeten fünf Test-Kit Dosierungen in Prozent der Feldaufwandmenge und als Flächenbezug in $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ für den jeweiligen Wirkstoff.

Dosis [% FAW]	I-Cyhalothrin [$\mu\text{g}/\text{cm}^2$]	Bifenthrin [$\mu\text{g}/\text{cm}^2$]	Etofenprox [$\mu\text{g}/\text{cm}^2$]	tau- Fluvalinat [$\mu\text{g}/\text{cm}^2$]	Biscaya [$\mu\text{g}/\text{cm}^2$]
500	0,3750				
100	0,0750	0,1000	0,6000	0,4800	0,7200
50		0,0500	0,3000	0,2400	0,3600
20	0,0150	0,0200	0,1200	0,0960	0,1440
4	0,0030	0,0040	0,0240	0,0192	0,0288
Kontrolle	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

Nach erfolgter Testung der Käfer durch die Mitarbeiter der Pflanzenschutzdienststellen vor Ort, wurden die Ergebnisse in einen digitalen Boniturbogen übertragen und an das JKI zur Auswertung übersendet. Die Ergebnisse der verteilten Test-Kits wurden nach dem vom JKI

eingeführten Bewertungsschema (Heimbach et al. 2007a, 2007b, 2008) in fünf Resistenzklassen eingeteilt und farblich unterschieden (siehe Tabelle 2). Dabei kamen nur Testergebnisse zur Auswertung, die über eine Kontrollmortalität von weniger als 20 % verfügten. Zusätzlich zu den Ergebnissen der Test-Kits wurden auch Laborergebnisse der I-Cyhalothrin-Tests von ins JKI eingeschickten Populationen in die Auswertung mit aufgenommen. Diese Tests wurden mit einer höheren Anzahl von Wiederholungen und Dosierungen durchgeführt. Die Ergebnisse dieser Tests sind an den vierstelligen Nummern in der Karten-Darstellung zu erkennen. Auf Grundlage dieser Klassenzuordnung fand auch die grafische Auswertung zur Resistenzsituation in Form einer Deutschlandkarte statt. Zu Beginn des Projektes wurden die Test-Kits ausschließlich mit dem Wirkstoff I-Cyhalothrin als stellvertretender Wirkstoff für alle Pyrethroide der Klasse II angeboten. Die Rücklaufquoten der Test-Kit-Ergebnisse betragen in den einzelnen Jahren zwischen 45 % und 60 % der ausgegebenen Test-Kits. Seit dem Jahr 2008 wurden auch Test-Kits mit anderen Wirkstoffen (vornehmlich Pyrethroide der Klasse I) angeboten und stark nachgefragt. Nachdem durch Laboruntersuchungen gezeigt werden konnte, dass die Adult-Vial-Methode auch für systemisch wirkende Substanzen wie das Neonicotinoid Thiacloprid eine verlässliche Dosis-Wirkungsbeziehung liefert, wurde 2009 dazu übergegangen, dem amtlichen Pflanzenschutzdienst und anderen interessierten Personen Test-Kits mit dem formulierten Wirkstoff Thiacloprid anzubieten. Aufgrund des häufigen Einsatzes von Thiacloprid im Rahmen der Antiresistenzstrategie (Wirkstoffwechsel) wurde die Möglichkeit einer objektiven Überprüfung der Wirkung des Mittels mit Hilfe der Test-Kits besonders von den Mitarbeitern des amtlichen Pflanzenschutzdienstes stark nachgefragt. Mit dem Angebot dieser Wirkstoffe verlagerten sich die Monitoring-Aktivitäten: Neben dem reinen Pyrethroid-Monitoring mit I-Cyhalothrin erlangte eine Überprüfung von Wirksamkeiten der anderer Wirkstoffe mit der Zeit eine größere Bedeutung (Abb. 1).

Die Gesamtzahl der vom JKI produzierten Test-Kits stieg über die Jahre kontinuierlich an und erreichte mit einer Zahl von 779 Test-Kits im Jahr 2010 ihr Maximum. Rückblickend kann die Einführung des Monitorings mittels Test-Kits als wichtiges Instrument zur schnellen, ortsspezifischen Ermittlung der Empfindlichkeiten von Rapsglanzkäfern gegenüber wichtigen Wirkstoffen gewertet werden. Ein flächenhaftes Monitoring der Resistenzsituation der Rapsglanzkäfer in Deutschland und damit eine veränderte Wahrnehmung des Problems in der Beratung sowie bei Landwirten wäre ohne die Einführung der Test-Kits in der hier vorgestellten Intensität nicht in diesem Maße möglich gewesen!

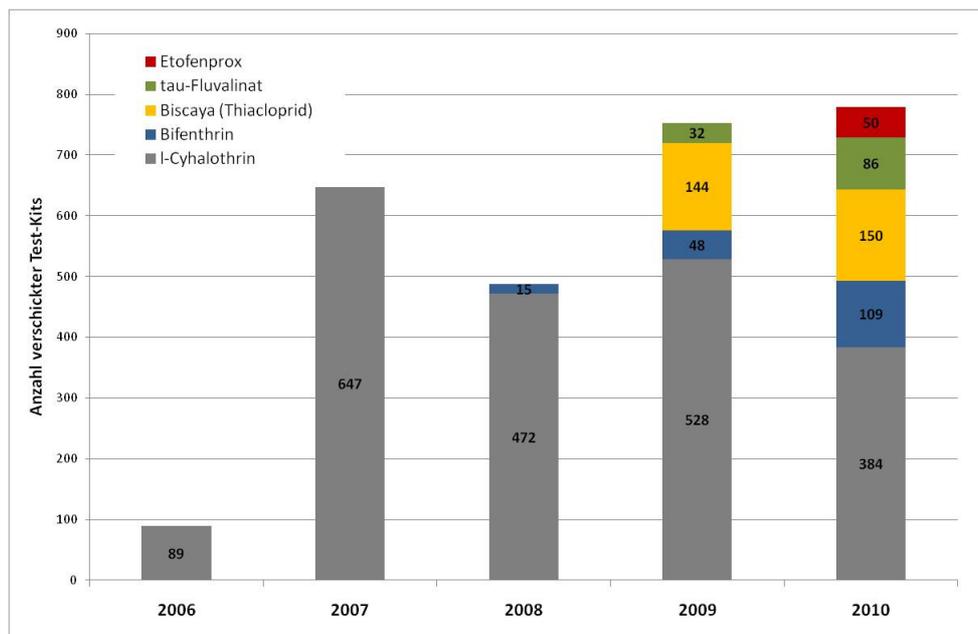


Abb. 1: Gesamtzahl und Anteile der jeweils verwendeten Wirkstoffe der vom JKI verschickten Rapsglanzkäfer Test-Kits zum Monitoring der Resistenzsituation von 2006 bis 2010.

Tab. 2: Schema zur Einteilung der fünf Resistenzklassen anhand der prozentualen Anzahl überlebenden Käfer bei verschiedenen Testdosierungen nach einer fünfständigen Exposition (gilt nur für Tests mit dem Wirkstoff I-Cyhalothrin).

Klasse 1 (sehr sensitiv)	keine überlebenden Tiere ab einer Dosierung von 0,015 µg/cm ² .
Klasse 2 (sensitiv)	bis 30 % überlebende Tiere bei 0,015 µg/cm ² , aber keine bei einer höheren Dosierung.
Klasse 3 (geringe Resistenz)	ab 31 % überlebende Tiere bei 0,015 µg/cm ² oder bis 10 % bei einer höheren Dosierung.
Klasse 4 (Resistenz)	11 – 50 % überlebende Tiere ab einer Dosierung von 0,075 µg/cm ² .
Klasse 5 (hohe Resistenz)	über 50 % überlebende Tiere ab einer Dosierung von 0,075 µg/cm ² oder höher.

2.2 Resistenzentwicklung in Abhängigkeit einer regional genutzten Managementstrategie

Die Untersuchungen zur Eignung eines vollständigen Pyrethroid-Verzichts als mögliche Antiresistenzstrategie im Raum Schwerin wurden aufgrund der aufwendigen Fragestellung auch von der UFOP als Projekt finanziell unterstützt.

2.2.1 Lage der Untersuchungsgebiete im Raum Schwerin

Die Untersuchungsgebiete liegen in Mecklenburg-Vorpommern im Großraum Schwerin. Das Gebiet 1 liegt ca. 24 km nordwestlich von Schwerin im Norden der Stadt Gadebusch (siehe Abb. 2). Das Gebiet 2b liegt wenige Kilometer nördlich von Schwerin in der Nähe der Ortschaften Pingelshagen und Kirchstück. Das Gebiet 2a liegt ca. 23 km nordöstlich von Schwerin und besteht aus mehreren Schlägen in der Nähe der Ortschaften Thurow, Golchen und Brüel.

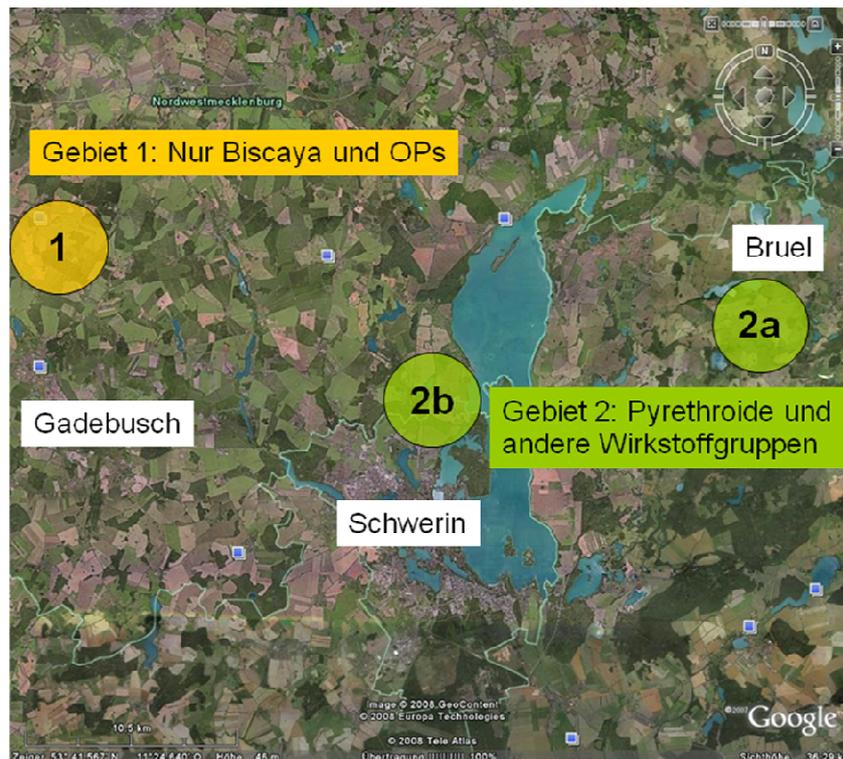


Abb. 2: Die Lage der drei Untersuchungsgebiete im Großraum Schwerin

Gebiet 1

Das Gebiet 1 liegt ca. 24 km nordwestlich von Schwerin in der Nähe der Ortschaft Gadebusch. Es ist ca. 12 km² groß und wird von acht Betrieben bewirtschaftet. Es wird von den Ortschaften Köchelstorf, Groß Hundorf, Buchholz und Benzin begrenzt. Die Lage der von 2007 bis 2010 beprobten Schläge und Winterlagerstandorten findet sich in der Abbildung 3. An zwei Standorten (Groß Hundorf und Buchholz) konnten Winterlagerhabitate von Rapsglanzkäfern lokalisiert und mehrfach beprobt werden. Aufgrund der räumlichen Nähe der Winterlager zu den untersuchten Rapschlägen ist die Wahrscheinlichkeit groß, dass Populationen des Winterlagers auch auf den angrenzenden Rapschlägen zu finden sind. Bei einer größeren Entfernung von Winterlagern zu den untersuchten Schlägen sinkt aufgrund der großen Mobilität der Käfer die Wahrscheinlichkeit, die gleichen Populationen auch mit einer Beprobung der angrenzenden Schläge erfassen zu können. Im Vergleich zu den Gebieten 2a und 2b ist das Gebiet 1 kompakter. Daher ist in diesem Gebiet ein engerer räumlicher Bezug zwischen den Schlägen und den Winterlagern gegeben. Für die Gebiete 2a und 2b sind die Entfernungen zwischen den untersuchten Schlägen und

Winterlagerstandorten größer. Aufgrund der insgesamt geringeren und kompakteren Fläche in Kombination mit einer hohen Untersuchungsichte ergibt sich für das Gebiet 1 eine umfassende Datenlage, die eine gute Beschreibung der Resistenzsituation über mehrere Jahre in einem räumlich recht homogenen Areal ermöglicht.

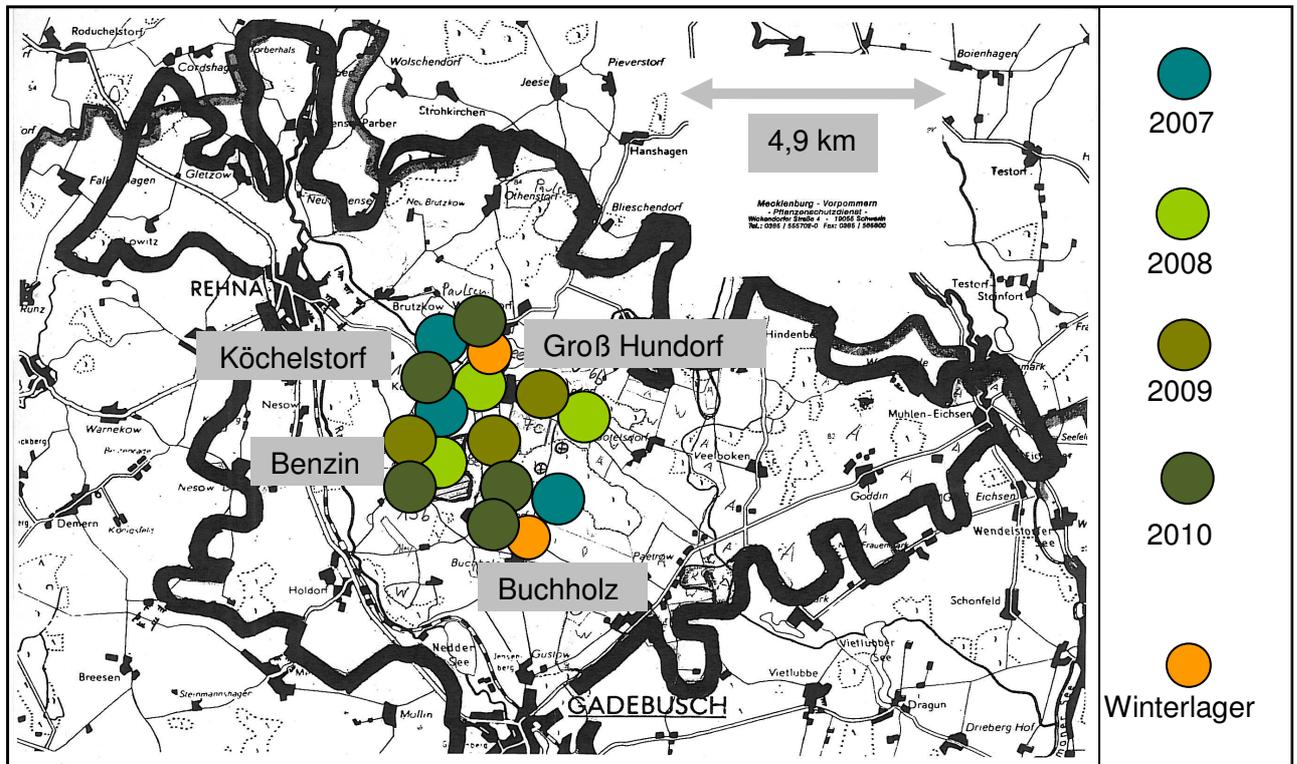


Abb. 3: Das Untersuchungsgebiet 1 nördlich von Gadebusch. Farblich gekennzeichnet sind die beprobten Schläge des jeweiligen Jahres und die beiden Winterlagerstandorte. Das Gebiet wird eingerahmt von den Ortschaften Köchelstorf, Groß Hundorf, Buchholz und Benzin.

Gebiet 2a und 2b

Das Gebiet 2a liegt ca. 23 km nordöstlich von Schwerin im Bereich der Ortschaft Bruel. Seit 2007 wurden die in Abbildung 3 aufgeführten Schläge und Winterlager beprobt. Die Flächen liegen in der Nähe der Ortschaften Bruel, Thurow und Golchen. Die beiden für dieses Gebiet relevanten Winterlagerstandorte befinden sich in Keez und am Kreuzsee. Aufgrund der größeren Entfernung zwischen den Winterlager Standorten des Gebietes zu den untersuchten Schlägen ist ein Bezug der Populationen aus den Winterlagern zu den Populationen der Schläge schwerer herzustellen. Im Vergleich zum Gebiet 1 und zum Gebiet 2b ergibt sich der breiteren Verteilung der Schläge in der Fläche ein heterogeneres Ergebnisse der Resistenzsituation, als es für die dichter beieinander liegenden Schläge und Winterlager der Gebiete 1 und 2b zu erwarten ist.

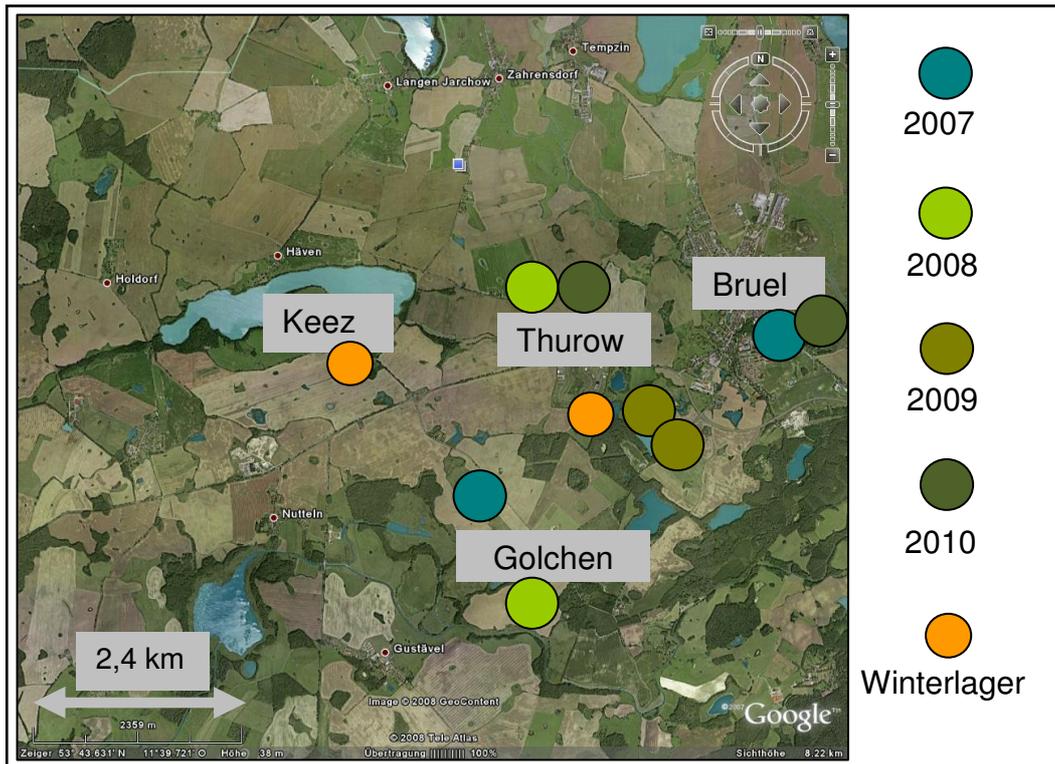


Abb. 4: Das Untersuchungsgebiet 2a im Raum Bruel mit den in den jeweiligen Jahren beprobten Schlägen und Winterlagerstandorten im Bereich der Ortschaften Thurow, Bruel, Golchen und Keez.

Das Gebiet 2b liegt wenige Kilometer nördlich der Stadt Schwerin zwischen der Ortschaft Wickendorf und der Bundesstraße B 106. Das Gebiet wird durch die Ortschaften Lübstorf, Kirchstück, Pingelshagen, Carlshöhe und Wickendorf eingerahmt. An zwei Standorten des Gebietes (Pingelshagen und Carlshöhe) konnten von 2008 bis 2010 Käfer aus Bodenproben der Winterlager ausgetrieben werden. Während der Standort Pingelshagen eine größere Entfernung (ca. 4 km) zu den Versuchsschlägen aufweist, befindet sich das Winterlager Carlshöhe in unmittelbarer Nachbarschaft der Versuchsschläge 2008 und 2009.

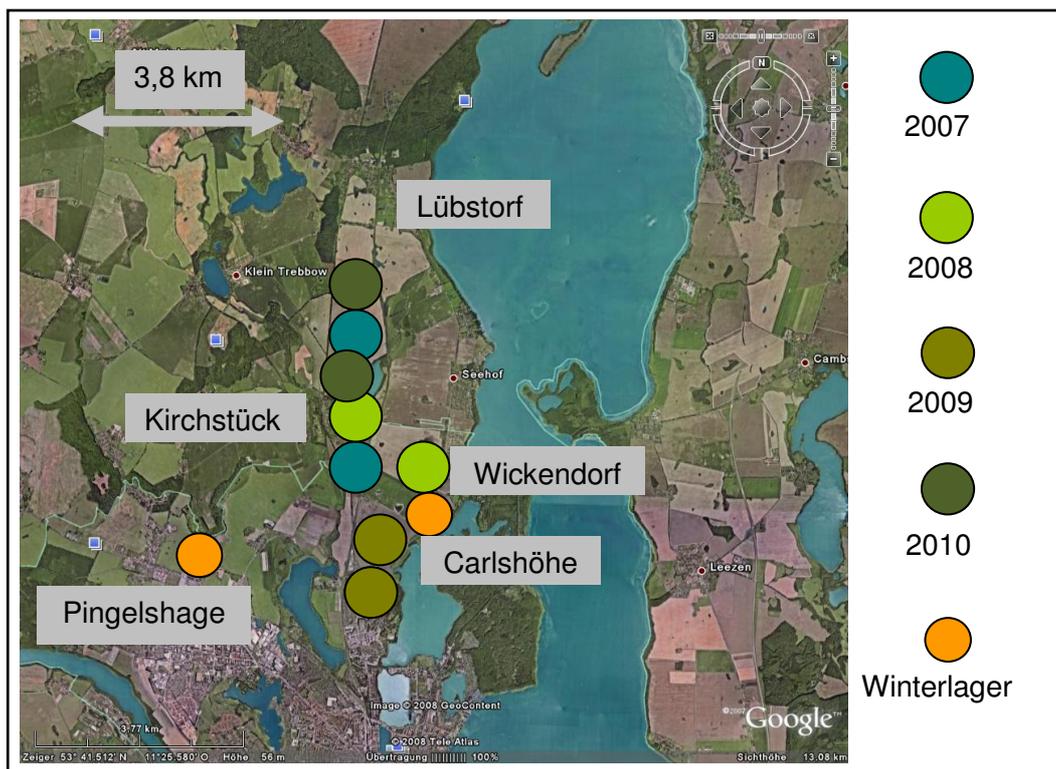


Abb. 5: Das Untersuchungsgebiet 2b nördlich der Stadt Schwerin mit den in den jeweiligen Jahren beprobten Schlägen und Winterlagerstandorten in der Nähe der Ortschaften Pingelshagen, Carlshöhe, Wickendorf, Kirchstück und Lüstorf.

2.2.2 Sammlung der Rapsglanzkäfer auf den Schlägen

Die Probenahmen auf den Versuchsschlägen fanden zu unterschiedlichen Terminen im Jahr statt. Begonnen wurde die regelmäßige Probenahme vor der Blüte des Rapses. Sobald die Käferdichten in den Beständen nach dem einsetzenden Zuflug im Frühjahr eine für die Probenahme lohnende Stärke erreichten, wurden auf den Schlägen Käfer gesammelt. Dies geschah durch Abschütteln der Tiere von den Knospen oder Blütenständen der Pflanzen in einen Fasstrichter, der am Auslass in einen perforierten Plastikbeutel mündete. Die Sammlungen wurden durch mehrere Personen an verschiedenen Stellen der Schläge durchgeführt, um eine gute Verteilung der Sammelstellen im Schlag zu gewährleisten. Im Jahr 2010 wurden mehrere Schläge zeitgleich von zwei Seiten beprobt (dem Winterlager zugewandt und dem Winterlager abgewandt), um zu überprüfen, in wie weit sich die Empfindlichkeiten der Käfer an zwei verschiedenen Stelle eines Schlages unterscheiden. Neben der Beprobung vor der Blüte des Rapses folgten weitere Termine zur Mitte der Blüte und zum Ende der Blüte. Nach Beendigung der Rapsblüte erfolgten weitere Probenahmen entweder auf nachblühenden Pflanzen der Schläge oder aber auf abgehäckselten Rapspflanzen, die mit erneut ausgetriebenen Blütenständen eine attraktive Pollenquelle für Rapsglanzkäfer darstellen. Auf diesen neu ausgetriebenen Pflanzen fanden sich oft enorme Dichten der Käfer, was die Probenahme an den späten Terminen im Jahr oft erleichterte. Auch auf anderen Pollen-spendenden Pflanzen der Schlagränder wie Kamille und Mohn konnten noch zu späteren Zeitpunkten Käfer in räumlicher Nähe zu den Untersuchungs-

schlägen durch Abschütteln gefangen werden. Eine abschließende Beprobung fand im Rahmen des Projektes im Frühjahr 2010 nur an zwei Terminen (vor der Blüte und zum Ende der Blüte) in allen drei Gebieten statt. Grundsätzlich wurden die Käfer nach erfolgter Probenahme in perforierten Plastikbeuteln mit etwas Pflanzenmaterial als Futter, leicht gekühlt, ins Labor transportiert oder per Express-Versand verschickt.

2.2.3 Sammlung der Rapsglanzkäfer in den Winterlagern

Zusätzlich zu den Probenahmen auf den Versuchsschlägen fand ab Frühjahr 2008 eine Beprobung von Winterlagerstandorten in allen Gebieten durch den Projektpartner BTL statt. Ziel dieser Untersuchung war es, Ergebnisse zur Resistenzentwicklung in den Gebieten zu erarbeiten, die weniger von saisonalen und räumlichen Veränderungen beeinflusst werden, als sich dies für Populationen auf den Schlägen im ersten Projektjahr gezeigt hat. Bei der Lokalisation und Beprobung der Winterlager durch den Projektpartner BTL konnten die Erfahrungen aus dem von der UFOP geförderten Winterlagerprojekt vorteilhaft genutzt und eingebracht werden. Für die Beprobung der Winterlager wurde die obere Schicht der Bodenstreu an den als Winterlager potenziell geeigneten Standorten entnommen und die Bodenstreu im Labor mittels einer umgedrehten Berlese-Apparatur in flachen Plastikwannen durch Rotlicht erwärmt. Durch die Erwärmung des Bodenmaterials erwachten die Käfer, krabbelten an die Oberfläche und konnten dort mittels kleiner Handsauger abgesammelt werden. Nach der erfolgten Austreibung aus der Bodenstreu wurden die Käfer direkt an das JKI verschickt, wo die nachfolgenden Labortests durchgeführt wurden. Die ausgetriebenen Käfer wurden mindestens drei Tage vor einem Test mit Blütenpollen als Futter und einer geeigneten Wasserversorgung im Labor gehältert. Insgesamt schwankte die Anzahl der aus den Winterlagern gewonnenen Käfer über die Jahre stark. Nicht immer konnte aus jedem Winterlager in jedem Gebiet ausreichend Tiermaterial gewonnen werden, um Resistenztests mit einer notwendigen Anzahl an Wiederholungen einschließlich einer Probit-Analyse zur Berechnung der LC-Werte durchführen zu können. Eine zusätzliche Beprobung an den bekannten Winterlagerstandorten im Frühjahr 2010 ermöglichte eine für viele Standorte lückenlose Aufzeichnung der Empfindlichkeiten in den Winterlagern vom Frühjahr 2008 bis zum Frühjahr 2010.

2.3 Untersuchungen zur Kreuzresistenz verschiedener insektizider Wirkstoffe

2.3.1 Resistenztests im Labor

Neben dem Wirkstoff I-Cyhalothrin als Vertreter der Klasse II Pyrethroide wurden bei ausreichender Käferanzahl bei eingeschickten Rapsglanzkäferpopulationen auch andere Wirkstoffe im Labortest getestet. Entsprechend der aktuellen landwirtschaftlichen Praxis kamen, neben den häufig gegen Rapsglanzkäfer eingesetzten Klasse I Pyrethroiden (Bifenthrin, Etofenprox, tau-Fluvalinat), vor allem Thiacloprid als Neonicotinoid zum Einsatz. Aufgrund der 2008 im Test mehrfach nachgewiesenen, hohen Empfindlichkeit der Käfer gegenüber Organophosphaten (siehe auch Thieme et al. 2010 b) wurde der Schwerpunkt der Labortestungen mehr auf die in der Praxis häufig angewendeten Wirkstoffe gelegt. Aufgrund einer Ringtestung von Organophosphaten im Jahr 2010, die in Kooperation mit dem Projektpartner BTL und dem Unternehmen MAKHTESHIM AGAN durchgeführt wurde konnte die Datenlage zu diesen Wirkstoffen noch erweitert werden.

2.3.2 Test-Methode für Pyrethroide der Klasse I und II

Alle Sensitivitätstests wurden nach der für Rapsglanzkäfer eingeführten und vielfach validierten Adult-Vial-Methode durchgeführt (Heimbach et al. 2007a, 2007b, 2008, IRAC 2006, Müller 2008a, 2008b). Hierfür wurden Schnappdeckelgläser einer einheitlichen Größe (Höhe 6,5 cm, Radius 1,2 cm, 30 ml Volumen) mit unterschiedlichen Konzentrationen des in Aceton gelösten technischen Wirkstoffs beschichtet. Stellvertretend für alle Pyrethroide der Klasse II wurde I-Cyhalothrin (Formuliertes Produkt ist Karate Zeon®) verwendet. Für die Pyrethroide der Klasse I fanden die Wirkstoffe Bifenthrin, Etofenprox und tau-Fluvalinat Verwendung. Zur Beschichtung der Gläser wurde eine Aceton-Wirkstoff-Lösung in unterschiedlichen Dosierungen in die Gläser pipettiert und die Gläser anschließend auf einem Rollenmischer gleichmäßig unter dem Abzug getrocknet, bis das Aceton vollständig verdampft war. Die fertig beschichteten Gläser wurden entweder direkt für die Sensitivitätstests verwendet oder aber für eine spätere Nutzung dunkel und kühl (5 °C) im Kühlschrank gelagert. Die für die Tests verwendeten Konzentrationen orientierten sich an der für den jeweiligen Wirkstoff zugelassenen Feldaufwandmenge/ha (100 %). Für die Tests wurden bis zu 7 Wirkstoffdosierungen verwendet (siehe Tab. XX).

Tab. 3: Verwendete Konzentrationen der technischen Wirkstoffe im Adult-Vial Testverfahren

Dosierung I-Cyhalothrin	Dosierung Bifenthrin	Dosierung Etofenprox	Dosierung Tau-Fluvalinat	Verhältnis zur Feldaufwandmenge
0,0015 µg/cm ²	0,002 µg/cm ²	nicht getestet	nicht getestet	2%
0,003 µg/cm ²	0,004 µg/cm ²	0,024 µg/cm ²	0,0192 µg/cm ²	4%
0,015 µg/cm ²	0,02 µg/cm ²	0,12 µg/cm ²	0,096 µg/cm ²	20%
0,0263 µg/cm ²	nicht getestet	nicht getestet	nicht getestet	35%
0,0375 µg/cm ²	0,05 µg/cm ²	0,3 µg/cm ²	0,24 µg/cm ²	50%
0,075 µg/cm ²	0,1 µg/cm ²	0,6 µg/cm ²	0,48 µg/cm ²	100%
0,375 µg/cm ²	nicht getestet	nicht getestet	nicht getestet	500%

Bei bekannter Resistenz der zu untersuchenden Rapsglanzkäfer wurden die Testkonzentrationen bis auf das 5fache der Feldaufwandmenge für I-Cyhalothrin (0,375 µg/cm² = 500 %) gesteigert. Bei ausreichender Käferzahl wurden maximal fünf Wiederholungen je Testdosierung angesetzt. Für einen umfangreichen Test mit fünf Kontrollgläsern und zehn Käfern pro Glas wurden daher im Minimum 350 Tiere benötigt.

Die Käfer aus den Probenahmen wurden im Labor in einer Klimakammer bei 10 °C mit etwas Futter und Küchenpapier zum Aufnehmen überschüssiger Feuchtigkeit in perforierten Beuteln mindestens einen Tag bis zum anstehenden Sensitivitätstest gehältert. Für die Tests wurden nur agile und gesund wirkende Tiere mit Hilfe eines Exhausters in die beschichteten Testgefäße überführt. Die Exposition der Gefäße erfolgte über 24 h in einem moderat belichteten, auf 20 °C temperierten Klimaschrank in liegender Position. Während dieses

Zeitraums wurden nach einer Stunde, fünf Stunden und 24 Stunden Bonituren der Tiere durchgeführt. Hierbei wurden die Gläser mit den Tieren kurz geschüttelt und die anschließende motorische Reaktion der Tiere in die Kategorien „vital“, „beeinträchtigt“ und „tot“ eingeteilt. Die Anteile der Kategorien „beeinträchtigt“ und „tot“ wurden für die spätere Auswertung als Mortalität zusammengezogen. Die Daten wurden anschließend zur Berechnung der Mittelwerte und Standardabweichungen in Tabellen überführt. Für die Auswertung der Daten wurde keine Korrektur der Mortalitäten um den Wert der Kontrollmortalität vorgenommen, da diese bis auf einzelne Ausnahmen selbst nach 24 Stunden Exposition bei 0 % lag.

2.3.3 Test-Methode für Neonicotinoide und Indoxacarb

Im Gegensatz zu den technischen Wirkstoffen der Pyrethroide kann bei formulierten Produkten (Biscaya und Avaunt) eine Lösung des Insektizids zur Beschichtung der Testgläser primär nur in Wasser erfolgen. Erst bei den darauffolgenden Verdünnungen zur Herstellung der einzelnen Test-Dosierungen kann das Wasser-Insektizid-Gemisch mit Aceton weiter verdünnt werden. Dies hat den Vorteil, dass die Trocknungszeiten der Gläser verkürzt werden. Tests aus dem Jahr 2008 zeigten, dass das Adult-Vial Test Design auch mit systemisch wirkenden Neonicotinoiden verlässliche Dosis-Wirkungsbeziehungen ergibt. Die Methode wurde daraufhin vom Projektpartner BTL durch mehrere Vergleichstestungen auch mit dem JKI validiert (Thieme et al. 2010a). Das Handling der Sensitivitätstests für Thiacloprid konnte damit im Gegensatz zu den aufwendigen und wenig verlässlichen Tauchtests deutlich vereinfacht werden. Die Untersuchungen zeigten, dass für Thiacloprid nach fünf Stunden Exposition noch ansteigende Mortalitäten festgestellt werden konnten, so dass der optimale Bonitur-Zeitpunkt für diese Tests bei 24 Stunden liegt. Neben den Testungen im Labor erfolgte auch eine Verteilung von mit Biscaya beschichteten Test-Kits an erfahrene Mitarbeiter des amtlichen Pflanzenschutzdienstes mit dem Ziel, den Einsatz der Test-Kits als mögliche Methode für ein breites Biscaya-Monitoring zu testen. Zeitgleich wurden mit derselben Methode vom Unternehmen Bayer CropScience Untersuchungen zu einer Base-Line-Empfindlichkeit von Thiacloprid durchgeführt, die als Bewertungsmaßstab für zukünftig erzielte Monitoring-Ergebnisse unerlässlich ist.

Im Jahr 2010 wurde neben den Organophosphaten Reldan® und Pyrinex® auch das Insektizid Avaunt® mit dem Wirkstoff Indoxacarb aus der Gruppe der Oxadiazine zur Bekämpfung von Rapsglanzkäfern nach § 11 des Pflanzenschutzgesetzes neu genehmigt. Das formulierte Insektizid wurde daher 2010 mit ins Untersuchungsprogramm aufgenommen und wie Biscaya® als formuliertes Produkt nach der oben beschriebenen Methode gelöst und zur Beschichtung von Test-Gläsern verwendet. Insgesamt konnten 12 Populationen im Jahr 2010 auf ihre Empfindlichkeit gegenüber Avaunt® getestet werden.

2.3.4 Test-Methode für Organophosphate

Für Wirkstoffe aus der Gruppe der Organophosphate kann aufgrund des hohen Dampfdruckes dieser Substanzen das Test-Design für Pyrethroide nur bedingt übernommen werden. Versuche mit Chlorpyrifos-methyl (formuliertes Produkt ist Reldan[®]) und Chlorpyrifos-ethyl (formuliertes Produkt ist Pyrinex[®]) zeigten bei Verwendung des herkömmlichen Adult-Vial-Test-Designs selbst bei geringsten Dosierungen bei allen Wiederholungen sehr hohe Mortalitäten, so dass anfänglich keine Dosis-Wirkungsbeziehung für diese Wirkstoffe gefunden werden konnte. Erst eine Belüftung der Gläser durch Verwendung von Deckeln, die mit Gaze versehen waren (Thieme et al. 2010b) erlaubte den notwendigen Luftaustausch und ergab Mortalitäten, die als Dosis-Wirkungsbeziehungen ausgewertet werden konnten. Nach Etablierung dieser Methode durch den Projektpartner BTL konnte eine Validierung an mehreren gemeinsam getesteten Populationen durchgeführt werden. Die Ergebnisse zeigten, dass unter Berücksichtigung der Belüftung eine gut zu handhabende Methode zur Bestimmung der Empfindlichkeit von Käfern gegenüber Organophosphaten etabliert werden konnte.

2.4 Sensitivitätsmonitoring anderer bedeutender Rapsschadinsekten

2.4.1 Probenahmen bei Stängel- und Schotenrüsslern

Im Gegensatz zu den Rapsglanzkäfern ist der Fang von Stängel- und Schotenrüsslern sehr viel aufwändiger. Die frühen Arten wie der Große Rapsstängelrüssler (*Ceutorhynchus napi*) und der Gefleckter Kohltriebrüssler (*Ceutorhynchus pallidactylus*) lassen sich nur während der Einwanderungsphase in die Rapsschläge während der ersten warmen Tage im Jahr fangen. Da der Fang von Hand oder mit dem Kescher bei diesen Arten schwierig ist, stellen Gelbschalen eine geeignete Alternative dar: Sie werden während der ersten warmen Flugtage der Käfer ca. Mitte März bis Mitte April (Bodentemperatur über 5°C, Lufttemperatur über 15°C, sonniges, windstilles Wetter) an den Rändern der Rapsschläge aufgestellt. Bewährt hat es sich, bei „Flugtagen“ mehrere trockene Gelbschalen ohne Wasserfüllung aufzustellen und diese kontinuierlich abzugehen um die darin gelandeten Käfer aufzusammeln. Der Kohlschotenrüssler (*Ceutorhynchus obstrictus*) kann später am Besten im Bestand mittels Klopf-, Saug- und Käscherproben gefangen werden. Probleme kann bei dieser Methode der hohe Beifang in Form von Pflanzenmaterial und nicht gewünschten Tieren bereiten.

2.4.2 Probenahmen bei Raps- und Kohlerdflöhen

Kohlerdflöhe werden am besten auf den betroffenen Schlägen mit Hilfe eines Streifkeschers gesammelt und mit Hilfe eines kleinen Insektsaugers aus dem Kescher in perforierte Plastikbeutel überführt. Für Rapsdflöhe gibt es zwei Möglichkeiten der Sammlung: Während der Ernte können Erdflöhe oft direkt nach dem Drusch leicht auf den Anhängern und später auch noch in den Lagerhallen eingesammelt werden, wobei hier das Problem besteht, dass diese Proben einer regionalen Herkunft zugeordnet werden müssen und nicht mehr schlagbezogen ausgewertet werden können. Direkte Probenahmen auf den Rapsschlägen können Anfang September bis Oktober gut per Hand durchgeführt werden.

Die Rapserrflöhe befinden sich oft in Pflanzennähe, unter den Blättern der Pflanzen oder unter den Erdkluten des Bodens. Sie können bei kühlen Temperaturen in den Morgenstunden, am besten unter Zuhilfenahme eines großen Trichters, direkt in perforierte Plastikbeutel gesammelt werden.

2.4.3 Probenahmen der Kohlschotenmücke

Zur Untersuchungen der Empfindlichkeit von Kohlschotenmücken wurden befallene Schoten auf den Schlägen gesammelt und diese im Labor in kleinen Eklektoren so lange gehältert, bis die Verpuppung und der anschließende Schlupf der Mücken abgeschlossen war. Dazu wurden kleine Eimer benutzt, die mit einem Drahtgitter und Substrat zur Aufnahme der aus den Schoten fallenden Mückenlarven ausgestattet waren. Nach Abwanderung der Mückenlarven in das bereitgestellte Substrat im Eimer wurde dieser mit einem Eklektor-Aufsatz verschlossen und nach dem Schlupf der Mücken diese aus den trockenen Fangdosen des Eklektors abgesammelt.

2.4.4 Sensitivitätstests im Labor

Die Sensitivitätstests für Rüssler und Erdflöhe orientieren sich am Adult-Vial-Verfahren für Rapsglanzkäfer, wobei geringere Dosierungen von bis zu 0,5 % der Feldaufwandmenge von I-Cyhalothrin zum Einsatz kamen. Bei den Bonituren musste berücksichtigt werden, dass viele Arten nach einer mechanischen Störung während der Bonitur (Schütteln des Teströhrchens) über einen Totstellreflex verfügen. Diese Tatsache muss bei der Beurteilung der motorischen Fähigkeiten im Zuge der Bonitur beachtet werden. Zur vergleichenden Bewertung der Empfindlichkeit der Populationen wurde die mittlere Mortalität nach fünf Stunden bei einer Dosierung von $0,015 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ I-Cyhalothrin (entspricht einem Äquivalent von 20 % der Feldaufwandmenge) als diagnostische Dosierung benutzt, um empfindliche von auffälligen Populationen zu trennen, wobei Mortalitäten von 80-100 % als natürliche Schwankungsbreite der Populationen akzeptiert wurden.

2.5 Datenauswertung und Statistische Analysen

Die Ergebnisse der Resistenztests im Labor wurden zur Berechnung von mittleren Mortalitäten und ihrer Standardabweichung in Excel-Tabellen überführt. Die statistische Auswertung der Ergebnisse erfolgte über die Berechnung von Dosis-Wirkungskurven mittels Probit-Analyse mit dem Programm POLO PC PLUS Version 2.0. Die sich aus dieser Berechnung ergebenden LC_{50} und LC_{90} Werte wurden unter Berücksichtigung der oberen und unteren Konfidenzintervalle für weitere Auswertungsschritte genutzt.

- 3. Ergebnisse
- 3.1 Ausführliche Darstellung der wichtigsten Ergebnisse
- 3.1.1 Bundesweites Resistenzmonitoring für Rapsglanzkäfer

Das Monitoring zur Resistenzsituation des Rapsglanzkäfers wurde seit 2007 unter Zusammenarbeit mit den amtlichen Pflanzenschutzdiensten der Länder, den beteiligten Institutionen, sowie Unternehmen durchgeführt. Die vom JKI erstellten Test-Kits (nach IRAC Methode 11) wurden verschickt, um die Testungen der Käfer von den jeweiligen Mitarbeitern vor Ort durchführen zu lassen. Die Ergebnisse dieser Testungen wurden dem JKI zurückgemeldet und zentral ausgewertet. Bereits im Jahr 2007 wurden diese Ergebnisse in Form einer Deutschlandkarte aufgearbeitet, in der die den fünf Resistenzklassen zugeordneten Datenpunkte, entsprechend ihrer Herkunft, nach Postleitzahlen dargestellt werden konnten. Neben der allgemeinen Resistenzsituation in Deutschland ließen sich mit dieser Darstellung auch regionale Verteilungsmuster in den Bundesländern gut erkennen. Die Karten wurden nach Fertigstellung den Pflanzenschutzdiensten zur Verfügung gestellt, damit sie bei internen Schulungen und Besprechungen der Mitarbeiter genutzt werden konnten.

3.1.1.1 Resistenzsituation 2007

In den nördlichen und östlichen Bundesländern wie Schleswig-Holstein, Mecklenburg-Vorpommern und Brandenburg überwiegen resistente und hoch resistente Populationen der Klassen 4 und 5 (Abb. 6). Sensitive Populationen der Klasse 1 und 2 konnten in diesen Bundesländern bereits 2007 nicht mehr nachgewiesen werden. Populationen der Klasse 3 (geringe Resistenz) sind seltener als die der Klasse 4 und 5 anzutreffen. In Sachsen-Anhalt und Sachsen fanden sich fast ausschließlich hoch resistente Populationen. Eine ähnliche Situation wurde für die südlichen und westlichen Bundesländer festgestellt: Nordrhein-Westfalen, Rheinland-Pfalz, Baden-Württemberg und Bayern verfügten in den südlichen Regionen fast ausschließlich über resistente und hoch resistente Standorte. Lediglich im nördlichen Bereich von Bayern fanden sich noch vereinzelte sensitive Populationen. Insbesondere im südlichen Bereich von Niedersachsen und den angrenzenden nördlichen Bereichen der Bundesländer Hessen und Thüringen fanden sich noch mehrere sensitive Populationen der Klasse 1 und 2. Allerdings befinden sich in diesen Bereichen auch schon Standorte mit resistenten Populationen in unmittelbarer Nachbarschaft. Ein Zeichen für die kleinräumige, sich an lokalen Gegebenheiten orientierende Verteilung der Resistenz. Auch in den mittleren und nördlichen Bereichen von Nordrhein-Westfalen fanden sich durchaus noch Standorte mit sensitiven Populationen. Insgesamt betrachtet ergab sich für Deutschland im Jahr 2007 folgendes Bild: Lediglich der mittlere Bereich des Landes entlang einer Nord-West und Süd-Ost Achse verfügt noch über sensitive Populationen der Resistenzklassen 1 und 2. In weiten Bereichen besonders im Nord-Osten und Süd-Westen der Republik herrschen resistente und hoch resistente Populationen vor.

3.1.1.2 Resistenzsituation 2008

Die räumliche Verteilung der untersuchten Populationen zeigt im Vergleich zum Jahr 2007 einen deutlichen Rückgang der Populationen, die der Klasse 1 (sehr sensitiv) zugeordnet werden können (Abb. 7). Lediglich eine Probe Jungkäfer aus dem Raum Göttingen reagierte in den Tests noch entsprechend empfindlich. Im Vorjahr konnten auch in anderen Regionen neben Süd-Niedersachsen wie Nordrhein-Westfalen und im Norden Bayerns, noch sehr sensitive Populationen festgestellt werden. Diese in 2007 noch sehr sensitiven Regionen sind in 2008 nur noch mit sensitiven Populationen der Klasse 2 vertreten. Diese Entwicklung kann deutlich im nördlichen Niedersachsen im Bereich der Nordseeküste nachvollzogen werden: Während 2007 noch zwei Populationen der Klasse 2 auf der Karte zu finden waren, tauchen in 2008 in dieser Region nur Populationen der Klasse 3 und 4 auf. Insgesamt hat also von 2007 zu 2008 eine deutliche Abnahme der sensitiven Populationen stattgefunden. Diese Entwicklung lässt sich besonders gut in Bundesländern wie Thüringen, Baden-Württemberg, dem nördlichen Schleswig-Holstein und den mittleren Bereichen Bayerns beobachten. Neben einer anhaltenden Ausbreitung hoch resistenter Populationen konnte besonders in Mecklenburg-Vorpommern eine leichte Zunahme der Anteile von Populationen der Resistenzklasse 3 (gering resistent) und sogar ein Nachweis der Resistenzklasse 2 (sensitiv) festgestellt werden. Im Vergleich zum Jahr 2007 können wir damit eine leichte Veränderung der Situation in Mecklenburg-Vorpommern feststellen. Diese Ergebnisse befinden sich im Einklang mit den Daten und Ergebnissen der Erhebungen zur Resistenzentwicklung in Abhängigkeit einer regional genutzten Management Strategie welche unter dem Punkt 3.1.2 genauer vorgestellt und diskutiert werden.

3.1.1.3 Resistenzsituation 2009

Die Karte zeigt, dass weite Bereiche der Bundesländer mittlerweile von hoch resistenten Populationen der Käfer dominiert wurden (Abb. 8). Besonders für die Länder Bayern, Baden-Württemberg, Sachsen, Sachsen-Anhalt und weite Bereiche von Thüringen sowie Mecklenburg-Vorpommern konnte eine klare Dominanz von hoch resistenten Populationen der Klasse 5 festgestellt werden. Lediglich im südlichen Niedersachsen und im angrenzenden Norden von Hessen ließen sich noch wenige empfindliche und gering resistente Populationen (Klasse 2 und 3) finden. Sehr empfindliche Populationen der Klasse 1 ließen sich 2009 in ganz Deutschland nicht mehr nachweisen. Das Verschwinden von empfindlichen Populationen wird auch im Vergleich der Untersuchungsergebnisse der letzten Jahre deutlich (Tab. 4). Damit dokumentieren die Ergebnisse des Monitorings eine kontinuierliche Zunahme der Resistenz in der Fläche und Intensität, die auch im Jahr 2009, trotz Anwendung der empfohlenen Antiresistenzstrategie, offensichtlich noch nicht zum Stillstand gekommen ist. Diese Entwicklung untermauern auch Ergebnisse aus dem europäischen Ausland, in denen für Länder wie Österreich, der Schweiz und England ebenfalls eine deutliche Ausbreitung der Resistenz bis zum Jahr 2009 festzustellen war.

3.1.1.4 Resistenzsituation 2010

Im Jahr 2010 sank die Nachfrage von I-Cyhalothrin-Test-Kits im Vergleich zu den Vorjahren deutlich ab (Abb. 9): Eine Folge der gestiegenen Nachfrage von Test-Kits mit Pyrethroiden der Klasse I und Neonicotinoiden in den letzten Projektjahren. Daher konnten 2010 nur 169 Ergebnisse ausgewertet werden. Die sich daraus ergebende Situation ist allerdings eindeutig: Es konnten in ganz Deutschland keine Klasse 1 und 2 Populationen mehr nachgewiesen werden. Von 169 Populationen ließen sich lediglich 10 (5,9 %) der Klasse 3 zuordnen (Tab. 4). In der Klasse 4 finden sich 37,3 % der getesteten Populationen. Der überwiegende Teil von 56,8 % der Rapsglanzkäfer-Populationen muss der Klasse 5 zugeordnet werden. Damit sind im Jahr 2010 94,1 % der Rapsglanzkäferpopulationen in Deutschland resistent bis hoch resistent. Regionale Unterschiede in der Verteilung der Resistenz sind kaum noch festzustellen.

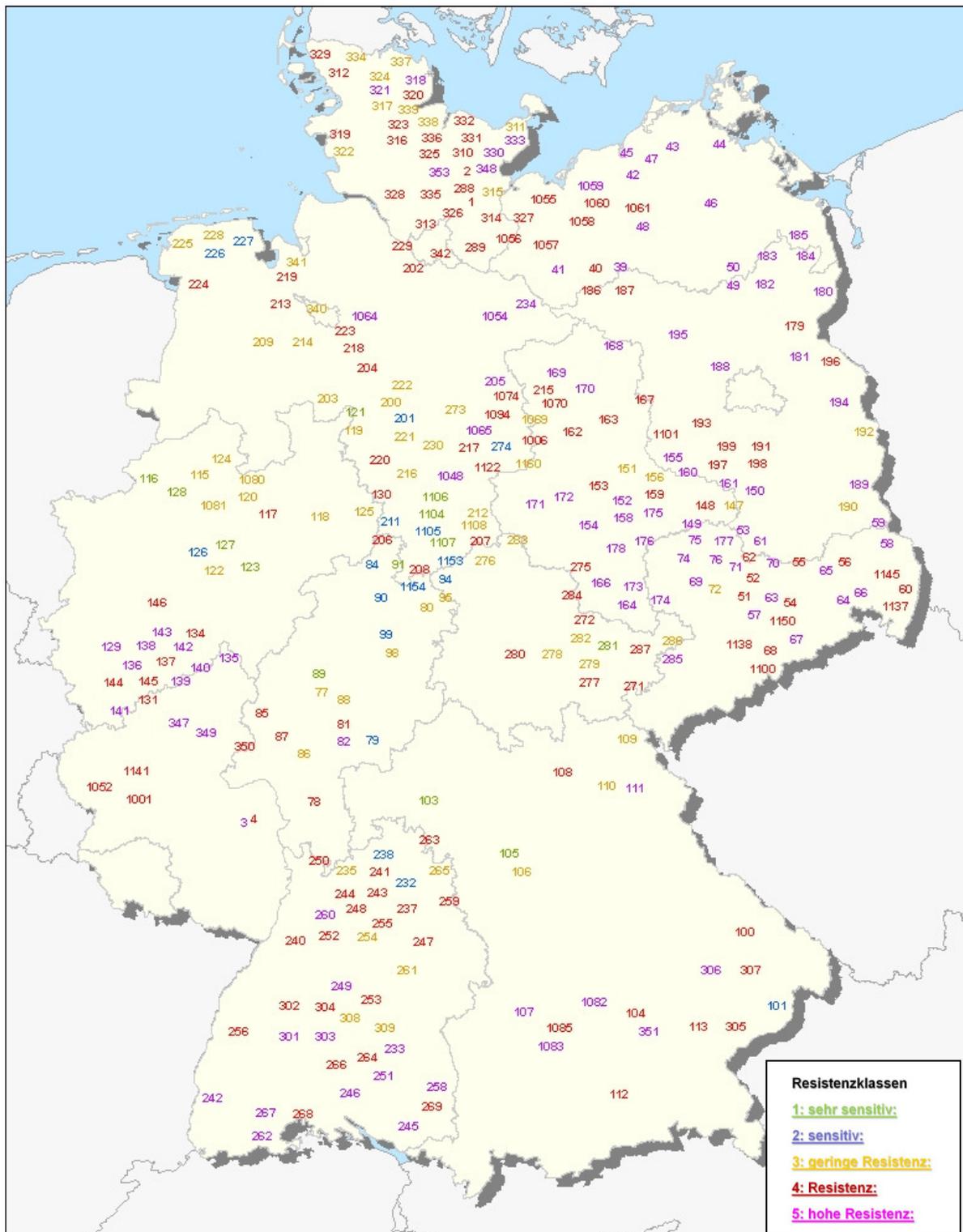


Abb. 6: Resistenzsituation des Rapsglanzkäfers in Deutschland im Jahr 2007. Die unterschiedlichen Farben geben die den Proben zugeordneten Resistenzklassen wieder: Grün = Klasse 1 (sehr sensitiv), Blau = Klasse 2 (sensitiv), Gelb = Klasse 3 (geringe Resistenz), Rot = Klasse 4 (Resistenz) und Magenta = Klasse 5 (hohe Resistenz). Die Zahlen bezeichnen die Identifikationsnummer der Probe.

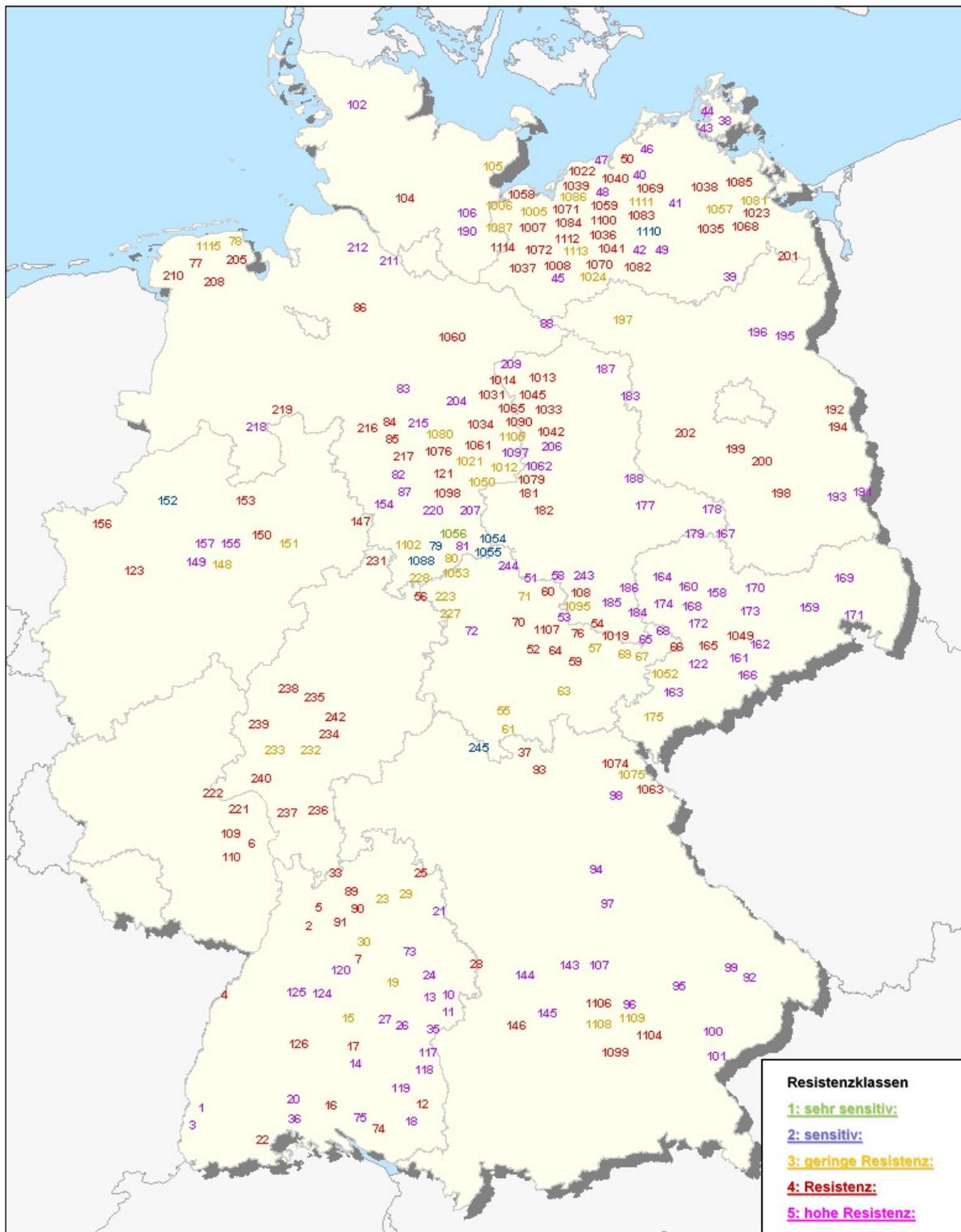


Abb. 7: Resistenzsituation des Rapsglanzkäfers in Deutschland im Jahr 2008. Die unterschiedlichen Farben geben die den Proben zugeordneten Resistenzklassen wieder: Grün = Klasse 1 (sehr sensitiv), Blau = Klasse 2 (sensitiv), Gelb = Klasse 3 (geringe Resistenz), Rot = Klasse 4 (Resistenz) und Magenta = Klasse 5 (hohe Resistenz). Die Zahlen bezeichnen die Identifikationsnummer der Probe.

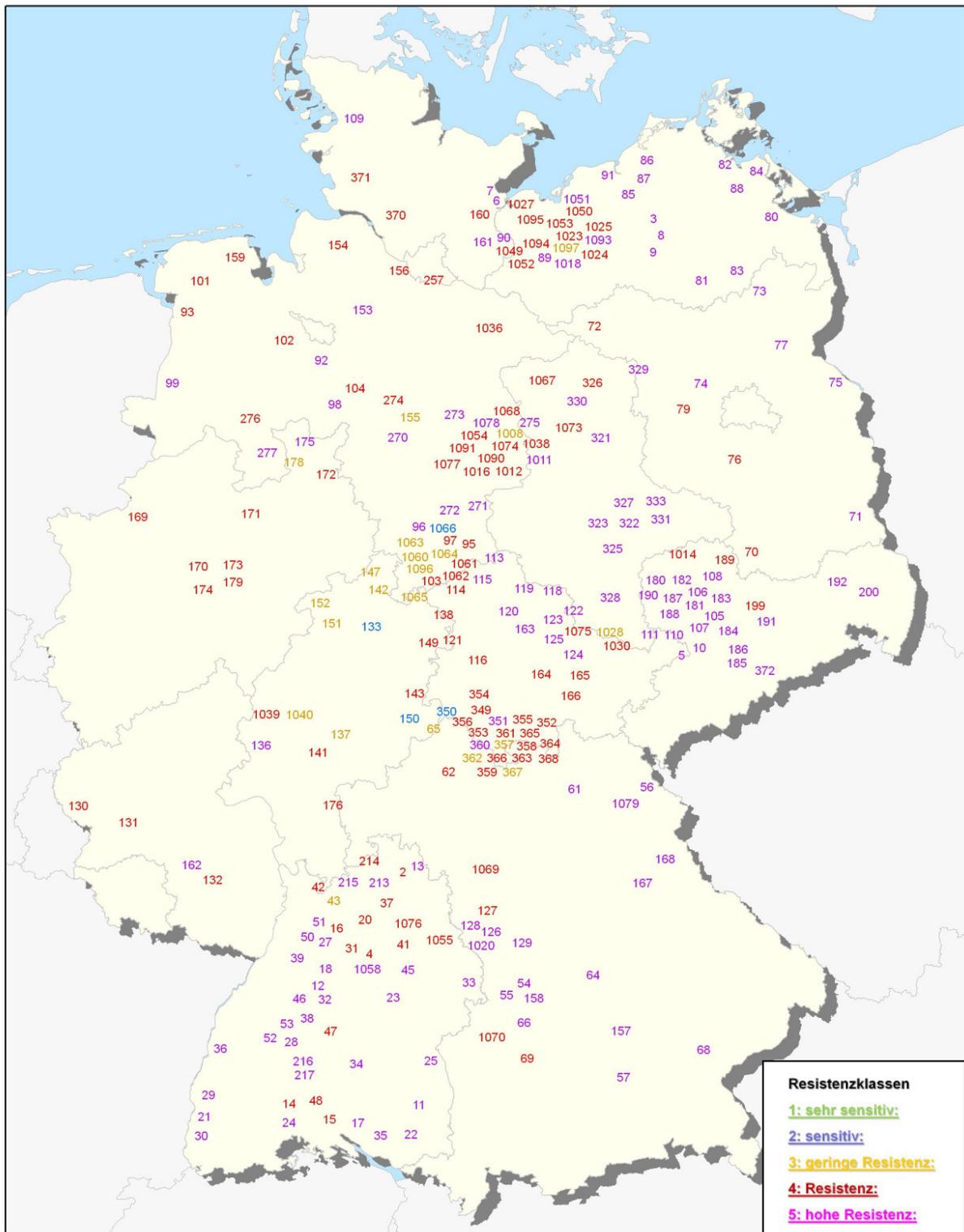


Abb. 8: Resistenzsituation des Rapsglanzkäfers in Deutschland im Jahr 2009. Die unterschiedlichen Farben geben die den Proben zugeordneten Resistenzklassen wieder: Grün = Klasse 1 (sehr sensitiv), Blau = Klasse 2 (sensitiv), Gelb = Klasse 3 (geringe Resistenz), Rot = Klasse 4 (Resistenz) und Magenta = Klasse 5 (hohe Resistenz). Die Zahlen bezeichnen die Identifikationsnummer der Probe.

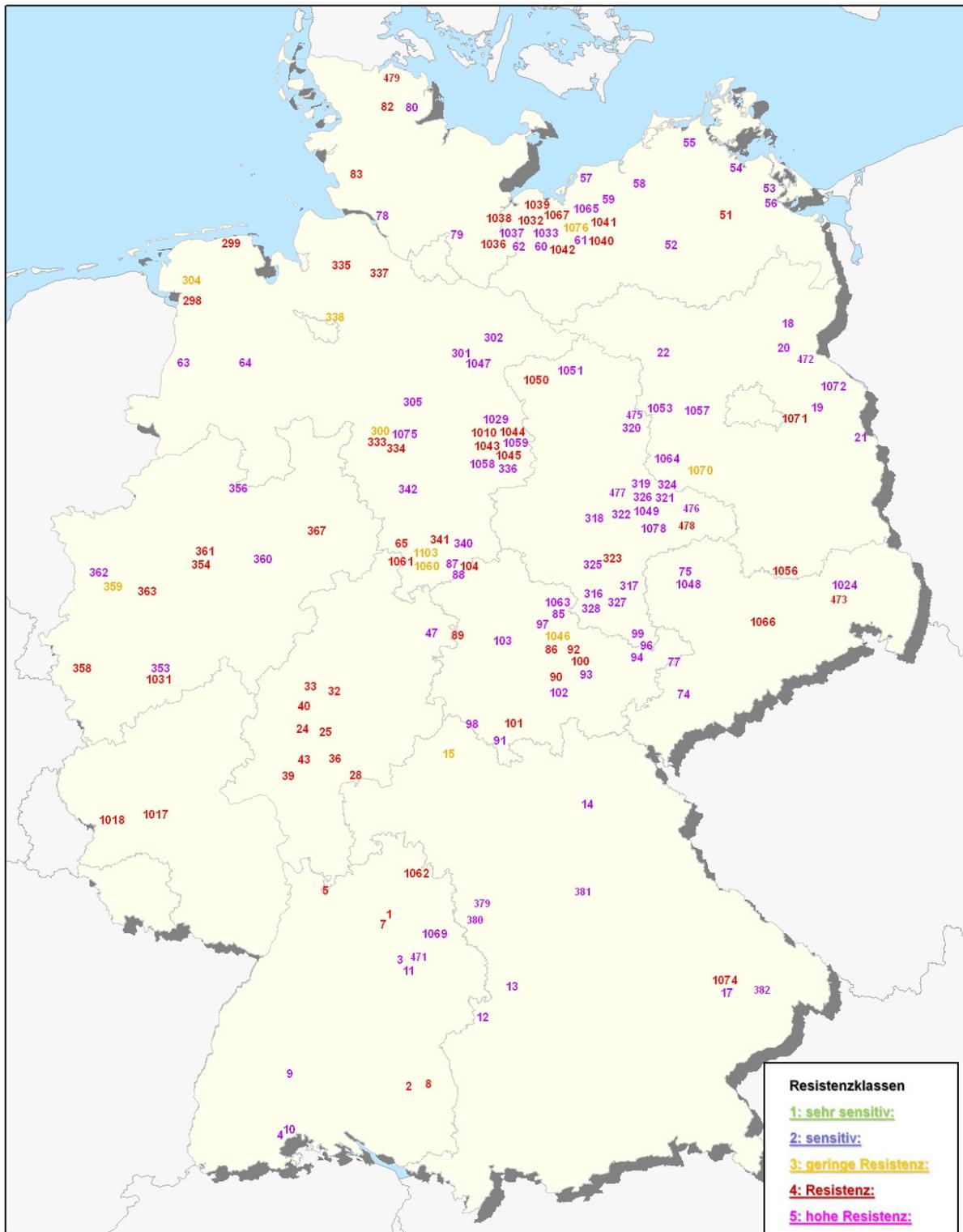


Abb. 9: Resistenzsituation des Rapsglanzkäfers in Deutschland im Jahr 2010. Die unterschiedlichen Farben geben die den Proben zugeordneten Resistenzklassen wieder: Grün = Klasse 1 (sehr sensitiv), Blau = Klasse 2 (sensitiv), Gelb = Klasse 3 (geringe Resistenz), Rot = Klasse 4 (Resistenz) und Magenta = Klasse 5 (hohe Resistenz). Die Zahlen bezeichnen die Identifikationsnummer der Probe.

3.1.1.5 Entwicklung der Resistenzsituation von 2005 bis 2010

Aufgrund der Ergebnisse des Monitorings lässt sich die Zunahme der Resistenz der Rapsglanzkäfer in der Fläche und Intensität in den letzten Jahren detailliert nachzeichnen. Der direkte Vergleich der prozentualen Anteile der jeweiligen Resistenzklassen im Zeitraum von 2005 bis 2010 (Tab. 6 - 9) dokumentiert diese Entwicklung: Für die Resistenzklassen 1-3 ist im Vergleich der Jahre ein stetig kleiner werdender Anteil an der Gesamtzahl der untersuchten Populationen zu beobachten, bis sie schließlich im Jahr 2010 vollkommen verschwinden (Abnahme der Anteile der Klasse 1 und 2 von 33,3 % in 2005 auf 0,0 % im Jahr 2010 bzw. von 20 % auf 0,0 % für die Klasse 2). In der Klasse 4 der als resistent klassifizierten Populationen ist über die Jahre lediglich eine geringe Veränderung festzustellen: Ihr Anteil an der Gesamtzahl der untersuchten Rapsglanzkäferpopulationen liegt in den letzten Jahren bei ca. 40 %. Im Gegensatz zur Abnahme der sensitiv klassifizierten Populationen steigt die Zahl der als hoch resistent klassifizierten Populationen über die Jahre deutlich von 6,7 % im Jahr 2005 auf 56,8 % im Jahr 2010 an. Seit 2005 fiel der Anteil der sensitiven Populationen kontinuierlich ab. Im Gegensatz dazu steigt der gemeinsame Anteil der resistenten und hoch resistenten Populationen (Klasse 4 und 5) auf 94,1 % der untersuchten Populationen im Jahr 2010 an. Von diesen resistenten Populationen müssen mittlerweile 56,8 % der höchsten Resistenzklasse 5 zugeordnet werden.

Tab. 4: Prozentualer Anteil der untersuchten Populationen an den jeweiligen Resistenzklassen in den Jahren 2005-2010. Ausgewertet wurden Tests mit einer Kontrollmortalität von bis zu 20 %.

Klasse	2005 N=15	2006 N =103	2007 N = 281	2008 N = 297	2009 N = 267	2010 N = 169
1	33,3	7,0	3,2	0,3	0	0
2	20,0	8,0	5,3	2,4	1,5	0
3	13,3	18,0	19,9	15,8	7,9	5,9
4	26,7	41,0	38,8	40,4	39,7	37,3
5	6,7	26,0	32,7	41,1	50,9	56,8

Am Beispiel des Landes Niedersachsen kann anschaulich dargestellt werden, wie sich die Anteile der einzelnen Resistenzklassen an der Gesamtzahl der untersuchten Populationen in den letzten Jahren verändert haben (Abb. 6 - 9). Neben dem Wegfall der Klasse 1 und 2 Populationen ist die von Jahr zu Jahr sinkende Anzahl der Klasse 3 Populationen gut zu

erkennen. Im Gegensatz dazu nimmt die Anzahl der Populationen in der Klasse 5 von 2007 bis 2010 kontinuierlich zu. Ähnliche Verläufe lassen sich auch für andere Bundesländer beobachten und dokumentieren damit die überaus schnelle Zunahme der Resistenz des Rapsglanzkäfers in Deutschland.

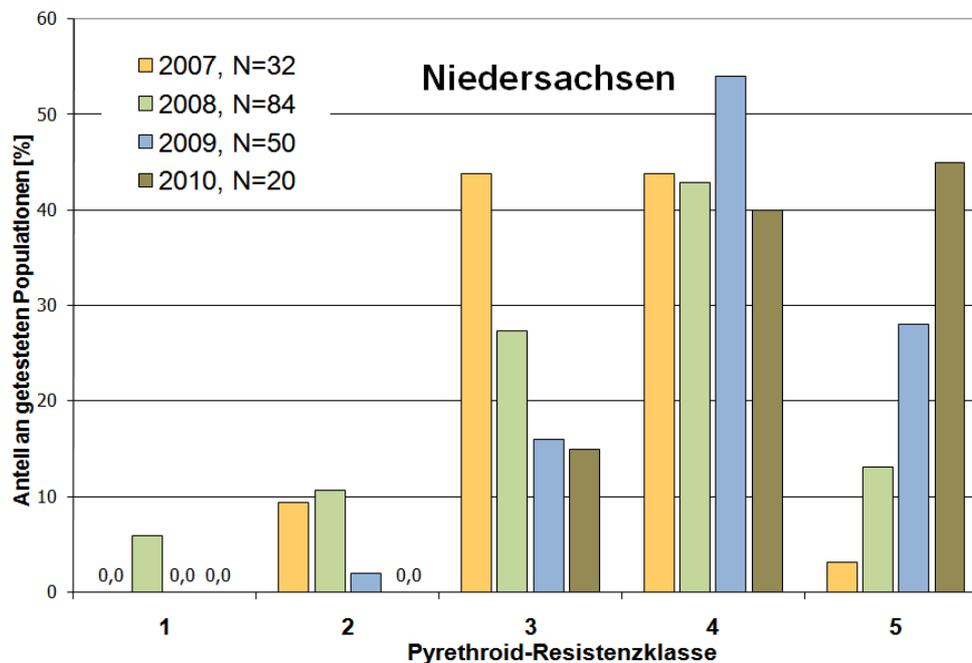


Abb. 10: Prozentualer Anteil der untersuchten Rapsglanzkäfer-Populationen in Niedersachsen in den jeweiligen Resistenzklassen von 2007 bis 2010.

3.1.2 Resistenzentwicklung in Abhängigkeit einer regional genutzten Managementstrategie

Die Untersuchungen zur Entwicklung der Resistenz von Rapsglanzkäferpopulationen in Abhängigkeit von unterschiedlichen Insektizid-Anwendungen wurden von 2007 bis 2010 in Mecklenburg-Vorpommern durchgeführt. Dazu wurden zwei Gebiete im Raum Schwerin hinsichtlich der Entwicklung der Pyrethroidresistenz von Rapsglanzkäfern untersucht, die über ein unterschiedliches Insektizid-Management verfügten. Für ein Gebiet wurden die notwendigen Bekämpfungen so reglementiert, dass lediglich Neonicotinoide und Organophosphate zum Einsatz kamen. Durch den vollständigen, über mehrere Jahre andauernden Verzicht auf Pyrethroide sollte der Selektionsdruck auf eine Pyrethroidresistenz der Käfer in einem Gebiet vermindert und die sich daraus verändernde Resistenzentwicklung untersucht werden. In den anderen Untersuchungsgebieten fand ein regional typischer Einsatz von Insektiziden (Pyrethroide der Klassen I und II sowie Neonicotinoide und bei Bedarf auch Organophosphate) zur Bekämpfung von Rapsglanzkäfern statt. Aus den gewonnenen Ergebnissen der Labortests konnten mittels Dosis-Wirkungsbeziehungen die LC-Werte für die einzelnen Populationen bestimmt und deren Veränderung über die Zeit in Abhängigkeit vom Insektizid-Management der Gebiete dargestellt werden.

3.1.2.1 Insektizid-Anwendungen auf den Versuchsschlägen

Gemäß den Projektvorgaben fand eine Bekämpfung der Rapsglanzkäfer im Gebiet 1 von 2007 bis Ende 2009 nur mit dem Neonicotinoid Biscaya[®] statt. Da in diesem Gebiet bis auf das Jahr 2009 kein Starkbefall von Rapsglanzkäfern zu beobachten war, sind Wirkstoffe aus der Gruppe der Organophosphate nur 2009 und dort lediglich auf einem Schlag punktuell zum Einsatz gekommen (Tab. 5). Am 6. Juni 2009 fand eine eigentlich nicht erwünschte Anwendung eines Pyrethroid der Klasse II (Karate Zeon[®]) auf einem Versuchsschlag statt (Biscaya[®] ist mit max. 2 Anwendungen zugelassen). Aufgrund des geringen Aufkommens der Käfer im Gebiet 1 zu Beginn des Frühjahrs wurde in den Jahren 2007 und 2008 erst eine Randbehandlung der Schläge durchgeführt. Nachdem der Zuflug der Käfer zu einem späteren Termin zugenommen hatte, erfolgte dann die flächige Behandlung der Schläge. Im Jahr 2009 wurde keine Randbehandlung durchgeführt, sondern sofort die gesamte Fläche der Versuchsschläge für eine Applikation genutzt. Im Jahr 2010 erfolgte im Gebiet 1 eine Karate Behandlung, da die Reglementierungen in der Anwendung der Insektizide nur bis zum Ende des Jahres 2009 galten. In den Gebieten 2a und 2b erfolgten die Behandlungen zur Bekämpfung der Rapsglanzkäfer in den Jahren 2007 und 2009 aufgrund der hohen Zahl der eingewanderten Käfer gleich auf der vollständigen Fläche der Schläge. Lediglich im Jahr 2008 wurden in den Gebieten 2a und 2b zuerst Randbehandlungen gefahren, denen sich zwei Wochen später eine Behandlung der gesamten Schläge anschloss. Zum Einsatz bei diesen Applikationen im Gebiet 2a und 2b kamen entsprechend der Projektvorgaben ausschließlich Pyrethroide des Typs I. Neben einer Applikation mit Mavrik[®] im Jahr 2009 wurden für diese beiden Gebiete hauptsächlich Trebon[®] und Talstar[®] eingesetzt.

Tab. 5: Insektizid-Applikationen auf den Schlägen der drei Versuchsgebiete von 2007 bis 2010. R= Randbehandlung, F=Flächenbehandlung

Jahr	Gebiet 1			Gebiet 2a			Gebiet 2b		
		Insektizid	Datum		Insektizid	Datum		Insektizid	Datum
2007	R	Biscaya	05.04.07	F	Trebon und Talstar,	04.04-06.04.07	F	Trebon und Talstar	04.04-06.04.07
	F	Biscaya	24.4.07						
2008	R	Biscaya	28.4.08	R	Talstar	24.04.08	R	Talstar	28.04.08
	F	Biscaya	06.05.08	F	Talstar	08.05.08	F	Talstar	08.05.08
2009	F	Reldan	03.04.09	F	Trebon	08.04.09	F	Trebon	08.04.09
	F	Biscaya	16.04.09		Talstar	08.04.09		Talstar	08.04.09
			29.04.09					Mavrik	08.04.09
		Karate	02.05.09 06.06.09						
2010	F	Karate	07.-08.04.10	F	Talstar Biscaya	Keine Angabe	F	Decis	06.04.10
	R	Biscaya	19. und 30.04.10				F	Biscaya	17.05.10

3.1.2.2 Insektizid-Anwendungen auf den Nachbarschlägen

Da Rapsglanzkäfer eine große Mobilität besitzen, kommen für die Beurteilung der Insektizid-Regime auch die zu den eigentlichen Versuchsschlägen benachbarten Flächen (mit Raps oder anderen Kulturen) als potenzieller Aufenthaltsort von Käfern in Betracht. Um die unterschiedlichen Insektizid-Regime der Gebiete besser beurteilen zu können, wurden im Rahmen des Projektes daher auch Applikationen auf den Nachbarflächen der Versuchsgebiete dokumentiert.

3.1.2.2.1 Gebiet 1

Die Tabelle 6 führt die Insektizid-Applikationen von 2007 bis 2009 auf den Nachbarschlägen des Versuchsgebietes 1 auf. Es zeigt sich, dass vor allem in den Kulturen Winterweizen und Wintergerste besonders während des Frühjahres immer wieder Pyrethroide der Klasse II auf den unmittelbar benachbarten Schlägen appliziert wurden. Inwieweit Rapsglanzkäfer entweder direkt von diesen Applikationen getroffen wurden oder mit den verbleibenden Spritzbelägen in Kontakt gekommen sind, kann nicht eindeutig gesagt werden, da hierfür entsprechende Untersuchungen fehlen. In wieweit sich dieses auf eine Erhöhung des Selektionsdruckes zur Pyrethroidresistenz auswirkt, kann nur vermutet werden. Bei Auftreten der Rapsglanzkäfer auch im Getreide z.B. in blühenden Unkräutern kann dies für die nach wie vor beobachtete, anhaltende Verstärkung der Resistenz auch im Gebiet 1 mitverantwortlich sein. Ein stringentes Insektizid-Management, wie es die Projektvorgaben für die Gebiete gefordert haben, ließ sich in der Praxis nur für die untersuchten Schläge durchführen, nicht aber für benachbarte andere Kulturen, in denen ein absoluter Verzicht auf Pyrethroide nicht gewährleistet werden konnte. Die benachbarten Rapsflächen im Gebiet 1 wurden nicht mit Pyrethroiden behandelt mit Ausnahme der Herbstanwendungen, die aber in der Regel keinen Selektionsdruck auf Rapsglanzkäfer ausüben.

Tab. 6: Insektizid-Applikationen in verschiedenen Kulturen auf den zu den Versuchsschlägen benachbarten Flächen des Gebietes 1 von 2007 bis 2009. WW = Winterweizen, WG = Wintergerste. Späte Applikationen des Vorjahres sind mit aufgeführt

Kultur	Datum	Insektizid
2007		
WG	02.10.2006	Fastac SC
WW	10.10.2006	Fastac
	16.04.2007	Fastac
	31.05.2007	Karate Zeon
WG	02.10.2006	Karate Zeon
WW	02.10.2006	Fastac SC
	27.03.2007	Bulldog
	28.05.2007	Sumicidin Alpha
WW	02.10.2006	Fastac SC
	27.03.2007	Bulldog
	28.05.2007	Sumicidin Alpha
WW	01.06.2007	Karate Zeon
WG	02.10.2006	Karate Zeon
WW	31.05.2007	Karate Zeon

Kultur	Datum	Insektizid
2008		
Raps	09.10.2007	Karate Zeon
	07.05.2008	Biscaya
Triticale	22.10.2007	Sumicidin Alpha
	30.05.2008	Karate Zeon
Triticale	22.10.2007	Sumicidin Alpha
	30.05.2008	Karate Zeon
WG	15.10.2007	Karate Zeon
WW	04.10.2007	Karate Zeon
Raps	26.09.2007	Karate Zeon
	12.10.2007	Fastac
	07.05.2008	Biscaya
WG	15.10.2007	Karate Zeon
Raps	28.09.2007	Fastac SC
	18.10.2007	Trafo WG
	09.04.2008	Reldan
	17.04.2008	Biscaya
	08.05.2008	Biscaya

Kultur	Datum	Insektizid
2009		
WW	30.06.2009	Decis
WW	01.07.2009	Decis
Raps	10.10.2008	Bulldog
	16.04.2009	Biscaya
	02.05.2009	Biscaya
WG	15.10.2008	Karate Zeon
WW	03.07.2009	Decis
WG	15.10.2008	Karate Zeon
WW	06.07.2009	Decis
WW	06.06.2009	Karate Zeon
Raps	18.09.2008	Fastac
	03.04.2009	Reldan
	29.04.2009	Biscaya
WW	01.07.2009	Decis

3.1.2.2.2 Gebiet 2a und 2b

Für die Gebiete 2a und 2b liegen im Vergleich zum Gebiet 1 aufgrund der größeren Abstände zwischen den Versuchsschlägen nur Daten zu Applikationen auf benachbarten Rapsschlägen vor. Eine Einschätzung des gesamten Insektizid-Regimes in diesen Gebieten ist nicht unbedingt notwendig, da die Projektvorgaben von einer regional typischen Vorgehensweise für dieses Gebiet ausgehen, bei der im Raps neben Pyrethroiden der Klasse II auch Neonicotinoide und bei Starkbefall auch Organophosphate zur Anwendung kommen dürfen. Die Anwendung von Insektiziden auf benachbarten Rapsflächen ist entsprechend und findet sich in der Tabelle 7 wieder. Insgesamt zeigte sich, dass auch in den Vergleichsgebieten 2a und 2b häufig Neonicotinoide angewandt wurden. Bei der Nutzung von Pyrethroiden kamen bevorzugt Mittel der Klasse I gegen Rapsglanzkäfer zum Einsatz.

Tab. 7: Insektizid-Applikationen auf den Nachbarschlägen mit Rapsanbau des Gebietes 2a und 2b von 2007 bis 2009

	Gebiet 2a		Gebiet 2b	
Jahr	Insektizid	Datum	Insektizid	Datum
2007	Fastac	12.- 13.03.07	Biscaya	04.04.07
	Ultracid 40	15.- 16.03.07		
2008	Decis	28.- 31.03.08	Biscaya	24.04.08
	Biscaya	8.- 9.05.08		
2009	Talstar	02.- 04.04.09	Decis Talstar, Trebon, Biscaya alle Flächen mit Biscaya	31.03.09
	Biscaya	11.04.09		07.- 08.04.09 16.04.09

3.1.2.2.3 Bewertung der Insektizid-Maßnahmen

Rückblickend kann das Insektizid-Regime der jeweiligen Versuchsgebiete in den Jahren 2007 bis 2009 als sehr homogen bezeichnet werden. Im Gebiet 1 fand die Bekämpfung der Rapsglanzkäfer über drei Jahre zum überwiegenden Teil mit der Anwendung von Biscaya® statt. Da Pyrethroide nur auf den Nachbarschlägen des Gebietes und dann ausschließlich in anderen Kulturen angewendet wurden, kann davon ausgegangen werden, dass ein Kontakt von Rapsglanzkäfer mit Pyrethroiden nicht oder nur sehr selten stattgefunden hat. Im Gegensatz hierzu wurden in den Gebieten 2a und 2b von 2007 bis 2009 ausschließlich Pyrethroide der Klasse I, teilweise auch mehrmals im Jahr zur Bekämpfung der Rapsglanzkäfer verwendet. Im Gegensatz zum Gebiet 1 ist aufgrund dieses intensiven Kontaktes der Käfer mit den Pyrethroiden ein Selektionsdruck hin zur Pyrethroidresistenz

deutlich höher. Kritisch bei der Beurteilung der Insektizid-Maßnahmen sei aber angemerkt, dass momentan nicht bekannt ist, welche Rolle die Mobilität der Tiere spielt: Bei einer hohen Mobilität der Käfer können diese natürlich auch außerhalb der jeweiligen Gebiete mit Pyrethroiden in Kontakt kommen, so dass eine nur schwer zu vermeidende Selektion auf Resistenz nach wie vor stattfinden kann.

3.1.2.3 Entwicklung des Resistenzniveaus der Rapsglanzkäfer in den Untersuchungsgebieten von 2007-2010

3.1.2.3.1 Gebiet 1

Aufgrund der regelmäßigen Probenahme auf den Versuchsschlägen mit einer zusätzlichen Beprobung der Winterlagerstandorte lässt sich die Entwicklung der Empfindlichkeiten der Käferpopulationen für das Gebiet 1 im Zeitraum von 2007 bis 2010 sehr gut darstellen. Durch Angabe der unteren und oberen 95 % Konfidenzintervalle zu den jeweiligen LC_{50} Werten ist es möglich, Veränderungen in den Empfindlichkeiten qualitativ zu bewerten. Bei einer Überlappung der Intervalle einzelner Werte unterscheiden sich die ermittelten LC_{50} Werten nicht. Überlappen sich die dargestellten Konfidenzintervalle nicht, kann von einem Unterschied zwischen den Werten der jeweiligen Termine ausgegangen werden. In der Abbildung 11 sind alle auf den Schlägen erhobenen LC_{50} Werte des Gebietes 1 mit ihren 95 % Konfidenzintervallen, den Zeitpunkten der Beprobung und den Terminen der Applikationen dargestellt. In der Grafik wurden auch Proben berücksichtigt, die zeitgleich auf einem Schlag genommen wurden.

Bei Probenahmen im Gebiet 1, die auf mehreren Schlägen stattgefunden haben, ließen sich unterschiedliche LC_{50} Werte feststellen, die aber aufgrund der Überlappung der Konfidenzintervalle lediglich auf eine hohe Varianz der Populationen in Bezug auf ihre Empfindlichkeit schließen lassen. Eine Erhöhung der Empfindlichkeiten konnte im Gebiet 1 über die Jahre wiederkehrend nach den ersten Probenahmeterminen an unterschiedlichen Terminen im Jahr beobachtet werden: Im Jahr 2007 wurden zum Beispiel am 24. April auf einem Schlag eine solche Veränderung der LC_{50} festgestellt. In den folgenden Jahren ließ sich ebenfalls an verschiedenen Terminen eine deutliche Erhöhung der Empfindlichkeiten auf einzelnen Schlägen zum 27. Mai 2008, 14. Mai 2009, 27. Mai 2010 und zum 3. Juni 2010 beobachten. Diese Veränderungen fanden zeitlich unabhängig von Insektizid-Applikationen auf den Probenahme-Schlägen statt und wurden folglich nicht durch diese induziert. Die Gründe dieser Empfindlichkeitserhöhungen sind momentan noch unklar. Als Ursache wird ein Zusammenhang zwischen dem physiologischen Zustand der Käfer und ihrer Empfindlichkeit gegenüber Pyrethroiden oder in verschiedenen Einwanderungswellen der Käfer vermutet.

Im Rahmen der letzten Beprobungen der Schläge im Jahr 2010 wurde auch der Frage nachgegangen, inwieweit sich die Empfindlichkeiten der Käfer mit der räumlichen Verteilung auf einem Schlag verändern. Dazu wurden am 27. Mai 2010 drei Schläge im Gebiet 1 zum gleichen Zeitpunkt einmal auf der der Winterlager zugewandten und abgewandten Seite beprobt. Die Ergebnisse zeigten für zwei der Schläge deutliche Unterschiede in der räumlichen Verteilung der Empfindlichkeiten: An der dem Winterlager zugewandten Seite

ließen sich LC_{50} Werte feststellen, die den Werten der letzten Winterlagerbeprobung entsprachen. Im Winterlager Buchholz betrug der LC_{50} Wert am 17. März 2010 $0,0242 \mu\text{g}/\text{cm}^2$. Auf den benachbarten Schlägen wurden LC-Werte von $0,022 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ und $0,017 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ auf der dem Winterlager zugewandten Seite ermittelt. Auf den gegenüberliegenden Seiten der Schläge betrug die LC-Werte $0,054 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ bzw. $0,079 \mu\text{g}/\text{cm}^2$. Auf einer Länge von wenigen hundert Metern nahmen die Empfindlichkeiten um den Faktor 2,4 bzw. 4,6 ab. Für den dritten Schlag wurde auf der zum Winterlager orientierten Seite ein Wert von $0,039 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ bestimmt. Auf der dem Winterlager abgewandten Seite stieg der LC_{50} Wert auf $0,046 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ an. Diese Ergebnisse zeigen, dass auf den Schlägen auch kleinräumige Unterschiede der Empfindlichkeiten bestehen können, wobei die Empfindlichkeit der Käfer in dem genannten Beispiel die Tendenz hat, mit zunehmender Entfernung zum Winterlager abzunehmen. Dies zeigt auch, dass Zuwanderungen der Käfer aus anderen Winterlagern schon zeitig im Jahr erfolgen und die Mobilität der Käfer insgesamt deutlich unterschätzt wird.

In Bezug auf die Fragestellung des Projektes ist aber vor allem die allgemeine Entwicklung der Empfindlichkeiten in den Versuchsgebieten von zentralem Interesse. Betrachtet man dafür die Höhe der LC_{50} Werte von 2007 bis 2010, so zeigt sich nach einer leichten Abnahme der Werte im Jahr 2008 eine stetige Zunahme der Werte über die Jahre 2009 bis 2010. Diese Zunahme spiegelt eine zunehmende Resistenz der Käfer gegenüber Pyrethroiden wieder. Obwohl nach der für das Projekt aufgestellten Hypothese die LC-Werte im Gebiet 1 eigentlich aufgrund des abnehmenden Selektionsdruckes über die Jahre sinken sollten, konnte diese Entwicklung durch die erhobenen Daten nicht belegt werden.

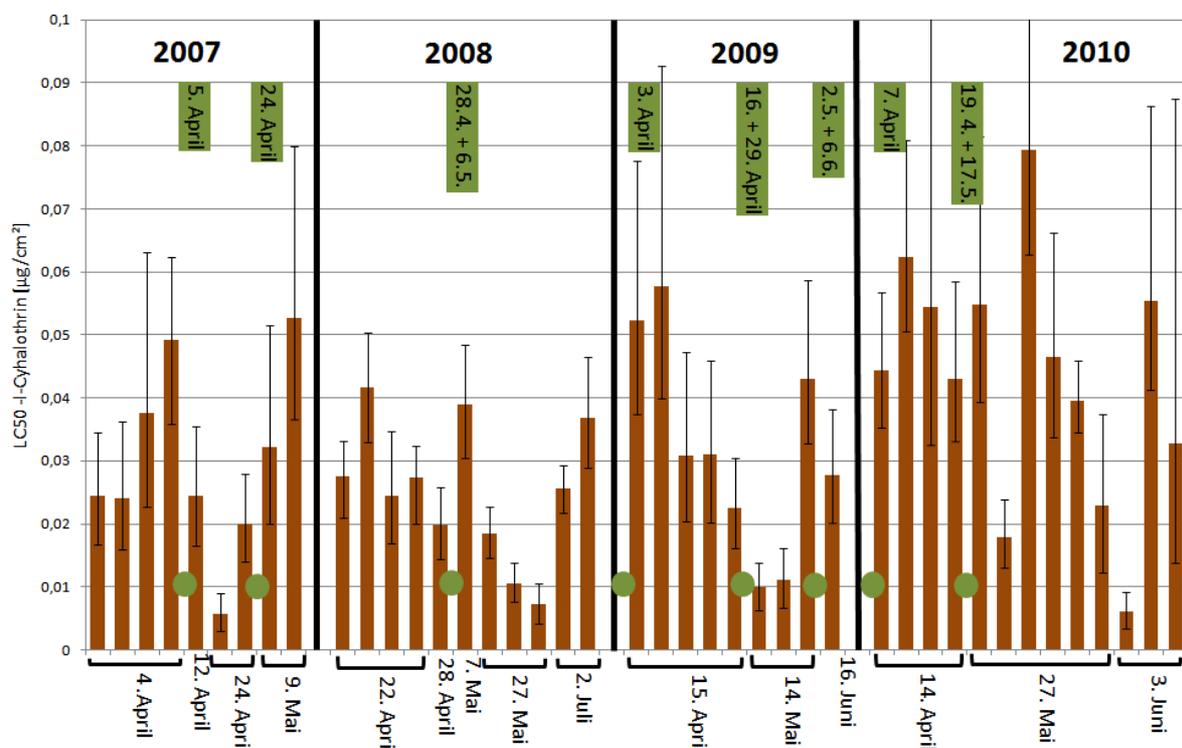


Abb. 11: LC_{50} Werte aller Schläge des Gebietes 1 von 2007 bis 2010 ($\pm 95\%$ Konfidenzintervalle). Die Termine der Applikationen im Gebiet sind als Punkte mit dem dazugehörigen Datum markiert.

Neben den Empfindlichkeiten der Rapsglankkäfer auf den Schlägen wurden seit dem zweiten Projektjahr auch die Empfindlichkeiten von Rapsglankkäfern aus Winterlagern untersucht, die einen möglichst hohen räumlichen Bezug zu den Versuchsschlägen der Gebiete haben sollten. Ziel dieser zusätzlichen Untersuchungen war es, eine bessere Vergleichbarkeit der Sensitivität innerhalb der Gebiete zu erzielen, da Winterlager als Sammlungsort für unterschiedliche Populationen der Umgebung dienen können. Durch die Untersuchung der Winterlager sollten die Interpretationen der bis dahin festgestellten Schwankungen der Empfindlichkeit auf den einzelnen Schlägen mit zusätzlichen Informationen unterstützt werden. Frühere Untersuchungen zur Empfindlichkeit von Rapsglankkäfern aus Winterlager haben gezeigt, dass das Resistenzniveau der Käfer aus dem Winterlager mit dem späteren Resistenzniveau der Käfer auf den zum Winterlager benachbarten Schlägen vergleichbar ist. Diese Tatsache kann bei der Beurteilung des Resistenzniveaus in den Vergleichsgebieten von großem Wert sein. In der Abbildung 6 sind die gemittelten LC_{50} Werte der untersuchten Schläge der jeweiligen Beprobungstermine im Gebiet 1 zusammen mit den Ergebnissen der Winterlagerstandorte dargestellt.

Während im Frühjahr 2008 noch an vier Standorte eine ausreichende Anzahl an Käfern gefangen wurde, reduzierte sich die Anzahl der ergiebigen Winterlager in den folgenden Jahren auf zwei Standorte im Gebiet 1 (Groß Hundorf und Buchholz). Neben den bereits angesprochenen saisonalen Veränderungen auf den Schlägen fallen besonders unterschiedliche LC_{50} Niveaus für Käfer aus denselben Winterlagern im Frühjahr und Herbst auf. Während sich die Empfindlichkeit der Winterlager-Käfer im Frühjahr auf dem Niveau der angrenzenden Rapsschläge befindet, konnten jeweils im Herbst 2008 und 2009 in den gleichen Winterlagern deutlich niedrigere LC_{50} Werte als im Frühjahr ermittelt werden. Lediglich im Jahr 2009 fällt der Unterschied zwischen den LC_{50} Werten des Herbstes 2008 und des Frühjahrs 2009 geringer aus, dieser Unterschied wurde für einen Standort aber auch hier beobachtet. Die unterschiedliche Reaktion der Käfer zu verschiedenen Terminen verdeutlicht auch die Abb. 13, in der die Dosis-Wirkungsbeziehungen nur am Winterlagerstandort Groß Huhndorf für die Probenahmen im Frühjahr 2008 und 2009 sowie im Herbst 2008 aufgezeigt sind.

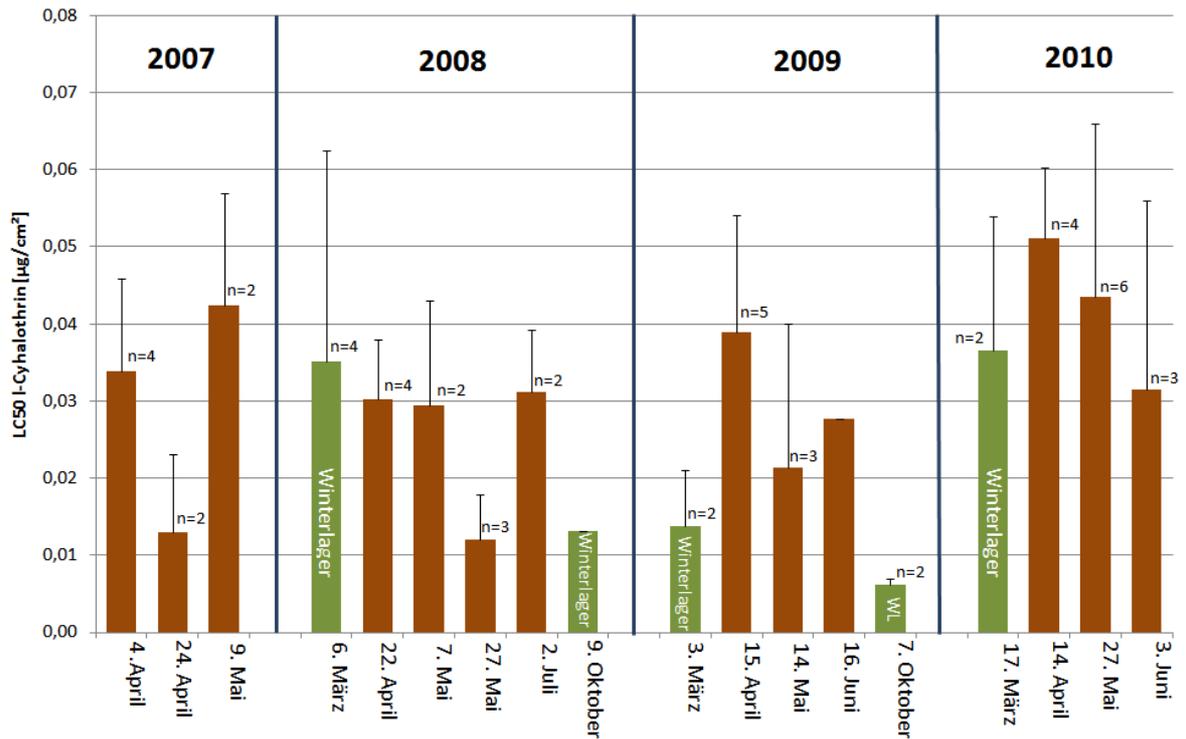


Abb. 12: Mittlere LC₅₀ Werte aller zu einem Termin im Gebiet 1 gefangener Populationen mit den Ergebnissen der Winterlager (± SD) im Zeitverlauf von 2007 bis 2010.

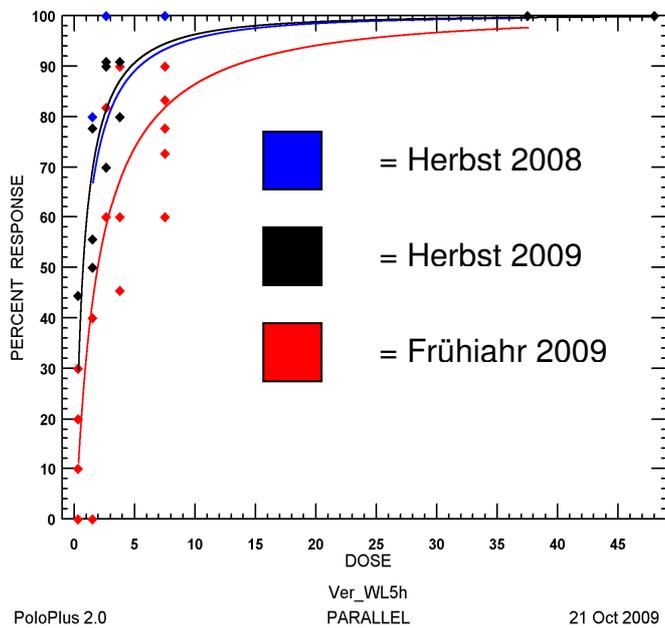


Abb. 13: Dosis-Wirkungsbeziehung der Rapsglanzkäferpopulationen am Standort Groß Huhndorf, Gebiet 1, jeweils im Herbst 2008 (blaue Kurve), Herbst 2009 (schwarze Kurve) und im Frühjahr 2009 (rote Kurve)

Die Entwicklung des allgemeinen Resistenzniveaus im Gebietes 1 lässt sich bei vergleichender Betrachtung der LC₅₀ Werte für die untersuchten Jahre von 2007 bis ein-

schließlich 2010 gut beschreiben (Abb. 12). Konnte vom Jahr 2007 auf das Jahr 2008 ein Rückgang der Werte (Zunahme der Empfindlichkeiten) beobachtet werden, erfolgte im Jahr 2009 und 2010 eine weitere Zunahme der Werte. Mit dieser Entwicklung zeigt sich, dass entgegen der Arbeitshypothese des Projektes eine deutliche Abnahme der Empfindlichkeiten (Zunahme der Resistenz gegenüber I-Cyhalothrin) über die Zeit auch im pyrethroid-freien Gebiet 1 zu beobachten ist. Die Abbildung 14 zeigt, dass die LC_{50} Werte sowohl in der Höhe der im Box-Plot dargestellten Mediane als auch in der Streubreite der Werte über die Jahre zunehmen. Da diese Erhöhung auch für die Untersuchungsgebiete 2a und 2b allerdings in unterschiedlicher Ausprägung beobachtet werden konnte, handelt es sich hierbei nicht um eine spezifische Entwicklung im Gebiet 1.

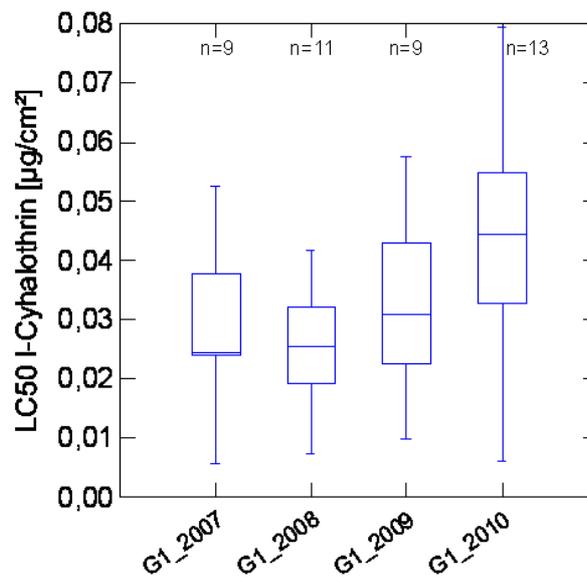


Abb. 14: Box-Plot der LC_{50} Werte (ohne Ergebnisse der Winterlager) des Gebietes 1 von 2007 bis 2010.

Ähnliche Veränderungen der Empfindlichkeiten der Rapsglanzkäfer konnten in den letzten Jahren auch im Rahmen des bundesweiten Monitoring für andere Regionen in Deutschland aufgezeigt werden (Müller et al. 2010a). Die Ergebnisse des Monitorings (Abb. 15) für Regionen außerhalb von Mecklenburg-Vorpommern zeigten eine nur geringfügige Veränderung von 2008 auf 2009. Im Jahr 2010 nahm die Resistenz allerdings im Vergleich zu den Vorjahren wieder deutlich zu. Die Ursachen für diese Entwicklung könnte ein anhaltender Selektionsdruck sein, der trotz vorgeschlagenen Antiresistenzstrategie (JKI 2010) eine kontinuierliche Verstärkung der Resistenz beim Rapsglanzkäfer bedingt. Eine bei anhaltend hohem Rapsglanzkäfer-Befallsdruck nach wie vor vorhandene Anwendung von Pyrethroiden der Klasse II und ein sogar verstärkter Einsatz von Pyrethroiden der Klasse I im Rahmen der Rapsglanzkäferbekämpfung fördert diesen Selektionsdruck weiterhin.

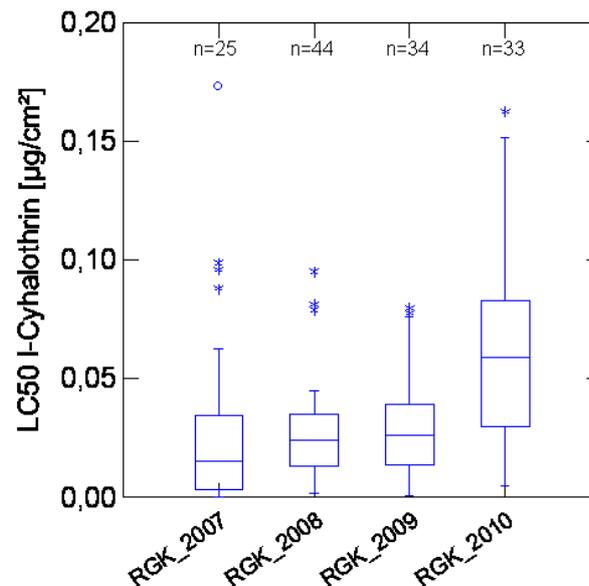


Abb. 15: Box-Plot der LC_{50} Werte für I-Cyhalothrin aller im jeweiligen Jahr in Deutschland untersuchten Rapsglanzkäfer-Populationen ohne Daten aus den Versuchsgebieten in Mecklenburg-Vorpommern.

3.1.2.3.2 Gebiet 2a

Analog zum Gebiet 1 wurden für das Gebiet 2a die erarbeiteten LC_{50} Werte für eine zeitliche Darstellung der Resistenzsituation auf den Schlägen des Gebietes genutzt (Abb. 11). Im Gebiet 2a lassen sich ähnliche Verläufe erkennen, wie sie schon für das Gebiet 1 beschrieben wurden: Saisonale Veränderungen der Empfindlichkeit wurden in allen drei Untersuchungsjahren in unterschiedlichen Ausprägungen in unterschiedlichen Monaten meistens im April, zeitweise aber auch im Mai und Juli (2008 und 2009) beobachtet. Ein direkter Zusammenhang zwischen Applikationsterminen und einer Veränderung der Empfindlichkeiten ist auch hier nicht nachzuweisen. Lediglich im Jahr 2008 wurde nach der Applikation mit Talstar am 24. April bei der Beprobung vier Tage später ein geringerer LC_{50} Wert festgestellt als vor der Anwendung des Insektizids. Die übrigen Anwendungen blieben ohne sichtbare Auswirkungen auf die Empfindlichkeit der Käfer. Tendenziell ist auch im Gebiet 2a im Laufe der Jahre eine Erhöhung der LC_{50} Werte festzustellen. Der Mittelwert aller ermittelten LC_{50} Werte (inklusive der Werte für die Winterlager) für die Jahre 2007 bis 2010 verändert sich allerdings nur leicht von $0,046 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ im Jahr 2007 auf $0,048 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ im Jahr 2010. Eine leichte Abnahme des Mittelwertes war nur im Jahr 2008 auf einen Wert von $0,032 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ festzustellen. Auch im Untersuchungsgebiet 2a sind Unterschiede in der Empfindlichkeit von Käfern aus Winterlagerproben zu unterschiedlichen Zeiträumen (Frühjahr und Herbst) nachzuweisen. Während die Ergebnisse der Winterlagerbeprobung vom März 2008 einen Zusammenhang zwischen der Empfindlichkeiten der Käfer im Winterlager und den Empfindlichkeiten der Käfer auf den Rapschlägen erkennen lassen, kann diese Beziehung im Jahr 2009 aufgrund fehlender Dosis-Wirkungsbeziehungen für die Winterlagerproben (eine zu geringe Anzahl von Tieren für eine Probit-Analyse) leider nicht

nachvollzogen werden. Allerdings bestätigen die Mortalitäts-Ergebnisse der Resistenztests für das Winterlager Thurow/Kreuzsee auch für dieses Jahr unterschiedliche Empfindlichkeiten: Die Mortalität im Herbst ist bei $0,0375 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ I-Cyhalothrin mit 80 % deutlich höher als die Mortalität zum Frühjahrstermin mit lediglich 60 %. Damit lässt sich auch im Jahr 2009 ein Unterschied zwischen den Empfindlichkeit der Käfer im Frühjahrs- und Herbstwinterlager feststellen. Besonders bemerkenswert sind die Ergebnisse der Winterlager-Beprobung im Frühjahr 2010 (Abb. 17): Während am 8. Januar im Winterlager Thurow/Kreuzsee noch ein geringer LC_{50} Wert von $0,0089 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ I-Cyhalothrin festgestellt werden konnte, verringert sich die Empfindlichkeit der Käfer des gleichen Winterlagers zum 17. März um den Faktor 11 auf $0,0808 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ I-Cyhalothrin, ohne das zwischen den beiden Terminen Käfer das Winterlager verlassen haben konnten.

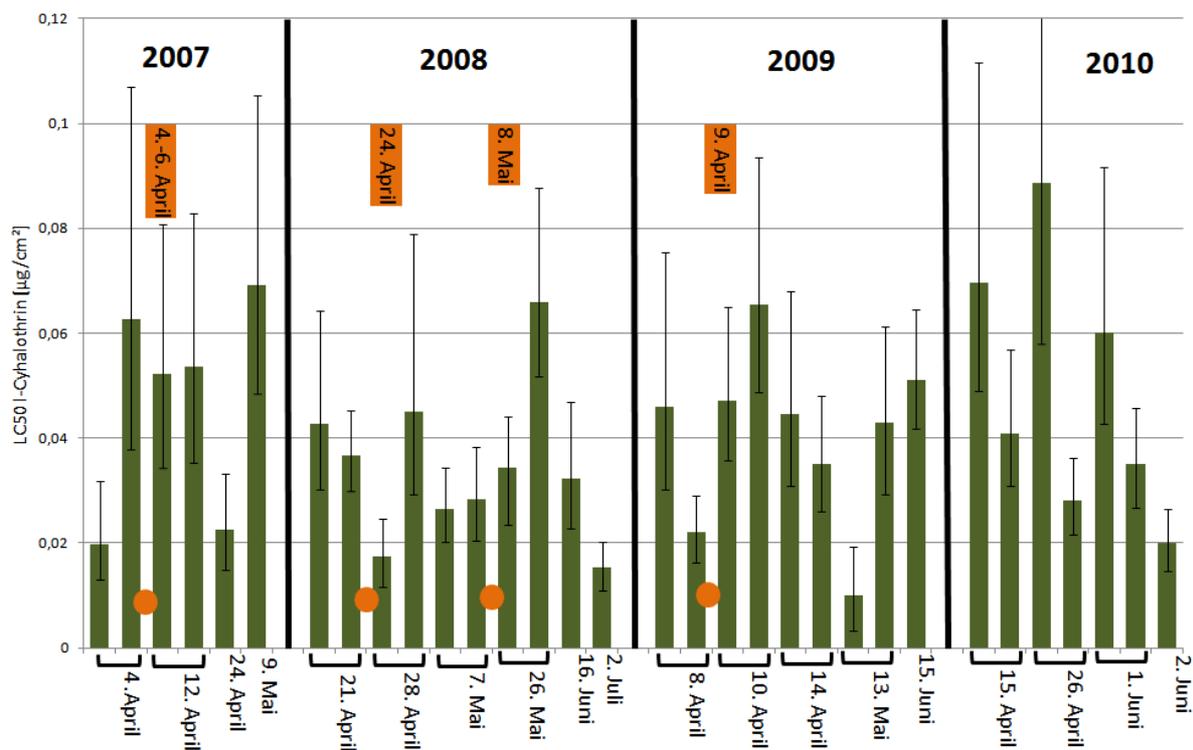


Abb. 16: LC_{50} Werte aller Schläge des Gebietes 2a von 2007 bis 2010 ($\pm 95\%$ Konfidenzintervalle). Die Termine der Applikationen im Gebiet sind als Punkte mit dem dazugehörigen Datum markiert.

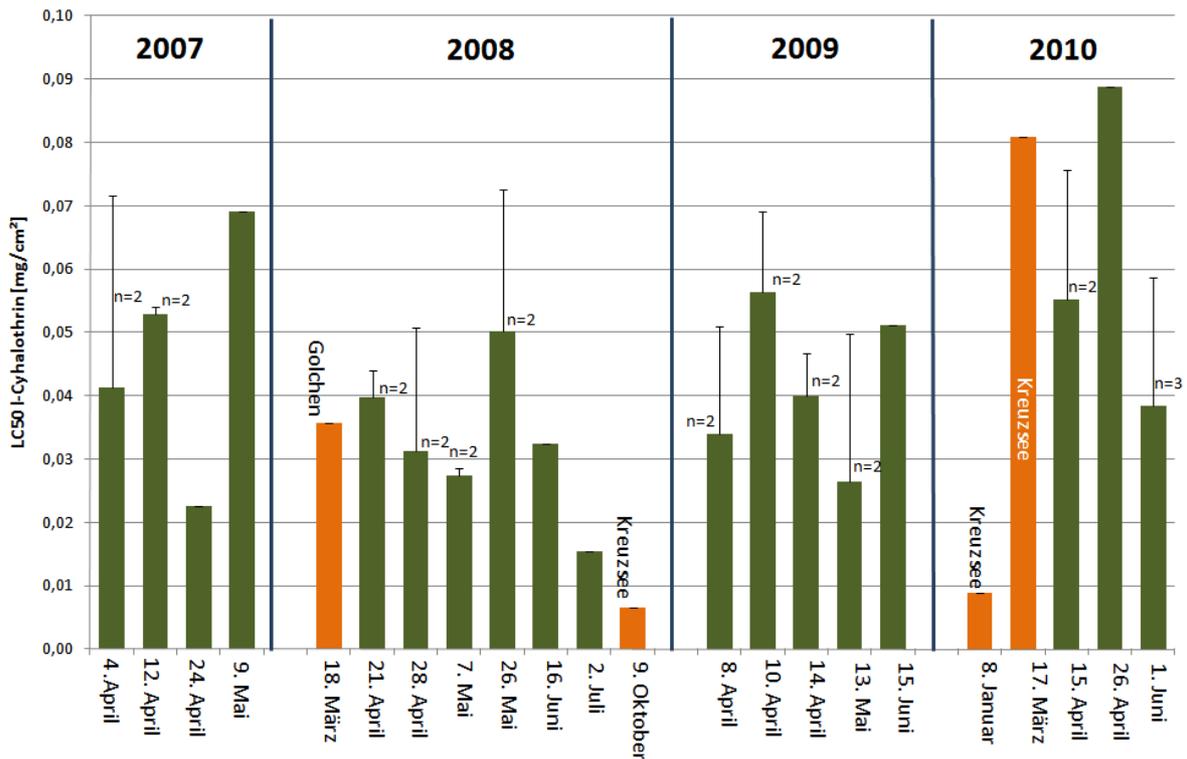


Abb. 17: Mittlere LC₅₀ Werte aller Schläge und Winterlager (\pm SD) des Gebietes 2a im Zeitverlauf von 2007 bis 2010.

Der LC₅₀ Wert erreicht damit am 17. März eine Höhe, die mit dem später auf den Schlägen festgestellten Resistenzniveau gut harmonisiert. Der deutliche Anstieg der LC-Werte (Abnahme der Empfindlichkeit) der Käfer im Winterlager innerhalb dieses kurzen Zeitraumes kann eigentlich nur durch zwei mögliche Aspekte erklärt werden: Entweder ist die räumliche Verteilung der Käfer mit einer unterschiedlichen Ausprägung der Resistenz im Winterlager so heterogen, dass bei zwei Probenahmen deutlich unterschiedliche Ergebnisse entstehen oder es handelt sich bei den beobachteten Unterschieden um Auswirkungen einer zum Frühjahr steigenden physiologischen Aktivität der Käfer. Diese steigende physiologische Aktivität könnte mit einer höheren Metabolisierung der Pyrethroide eine geringere Empfindlichkeit zum Zeitpunkt des Verlassens der Winterlager induzieren. Der beobachtete Effekt könnte aber auch durch eine besonders in den letzten Monaten des Winterlagers verstärkte Mortalität von schwachen Tieren hervorgerufen werden, die im Test sehr empfindlich reagieren würden.

3.1.2.3.3 Gebiet 2b

Für das Untersuchungsgebiet 2b stellt sich die Situation etwas anders dar (Abb. 18): Deutliche saisonalen Schwankungen der Empfindlichkeit der Käfer waren hier nur im Jahr 2007 am 24. April und im Jahr 2009 auf einem Schlag am 13. Mai zu erkennen. Betrachtet man die Mittelwerte aller LC₅₀ Werte einschließlich der Winterlager, so nehmen diese von 0,045 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ in 2007 auf 0,027 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ in 2008 ab um im Jahr 2009 wieder auf 0,033 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ anzusteigen. Im Jahr 2010 konnte mit 0,049 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ der höchste Wert im untersuchten Zeitraum ermittelt werden. Eine Auswirkung der Applikationen auf die Veränderungen der

Empfindlichkeiten konnte auch in diesem Gebiet nicht beobachtet werden. Im Jahr 2007 und 2008 wurde bei den Probenahmen, die mehrere Tage nach den Applikationen stattfanden, sogar in beiden Fällen eine Abnahme der LC_{50} Werte auf den Schlägen beobachtet.

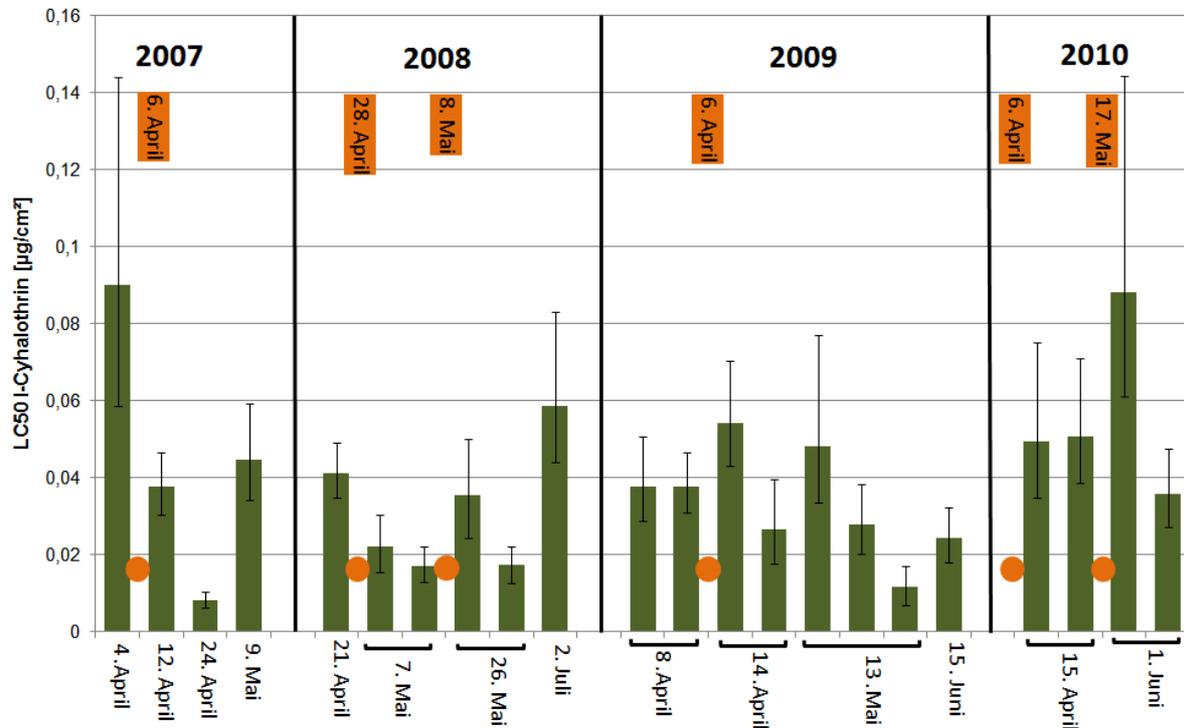


Abb. 18: LC_{50} Werte aller Schläge des Gebietes 2b von 2007 bis 2010 (\pm 95 % Konfidenzintervalle). Die Termine der Applikationen im Gebiet sind als Punkte mit dem dazugehörigen Datum markiert.

Im Gebiet 2b konnten an den Winterlagerstandorten Carlshöhe und Pingelshagen ausreichend Käfer zur Durchführung von aussagefähigen Tests gefunden werden. Besonders im Herbst 2008 und im Frühjahr 2009 konnten beide Standorte vergleichend untersucht werden. Für den Standort Carlshöhe ließen sich die gleichen saisonalen Unterschiede in der Empfindlichkeit der Käfer feststellen, wie sie bereits für die anderen Untersuchungsgebiete beschrieben wurden. Für den Standort Pingelshagen zeigten sich im Frühjahr 2009 allerdings geringere LC_{50} Werte als im Herbst 2008. Dafür konnten im darauffolgenden Jahr 2010 deutliche Unterschiede zwischen den Herbstprobenahmen und den Frühjahrprobenahmen auch an diesem Standort aufgezeigt werden, so dass sich bei einer überwiegenden Zahl der untersuchten Winterlagerstandorte aller Gebiete saisonale Unterschiede in den Empfindlichkeiten der Rapsglanzkäfer zwischen den Herbst- und Frühjahrsterminen auch für mehrere Jahre nachweisen ließen.

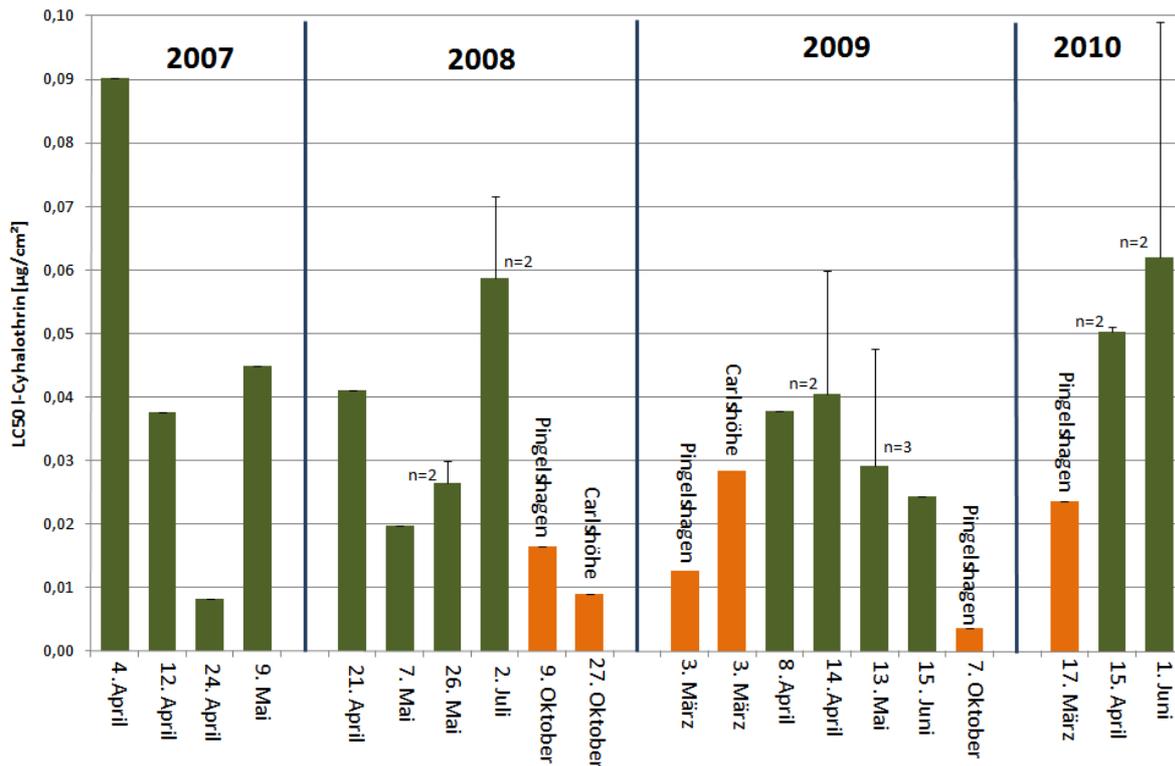


Abb. 19: Mittlere LC₅₀ Werte aller Schläge und Winterlager (\pm SD) des Gebietes 2b im Zeitverlauf von 2007 bis 2010.

3.1.2.3.4 Vergleich der drei Untersuchungsgebiete hinsichtlich der Entwicklungen der Empfindlichkeiten

Aufgrund der nachgewiesenen starken saisonalen Schwankungen der Empfindlichkeiten der Käfer, die in den meisten Fällen während oder nach der Blüte auftraten, bieten sich für einen Vergleich der Gebiete besonders die ersten Beprobungen der Schläge vor der Blüte im April eines Jahres an (Müller et al. 2010b). Die Ergebnisse dieses Vergleiches finden sich in der Abbildung 20. Damit aber neben diesen, vor der Blüte, erzeugten Werten die gesamte Datenbasis für einen Vergleich der Gebiete genutzt werden kann, wird zusätzlich in der Abbildung 21 eine Darstellung aller erhobenen LC₅₀ Werte (der Schläge und Winterlager) als Box-Plot für die einzelnen Gebiete und Jahre verwendet.

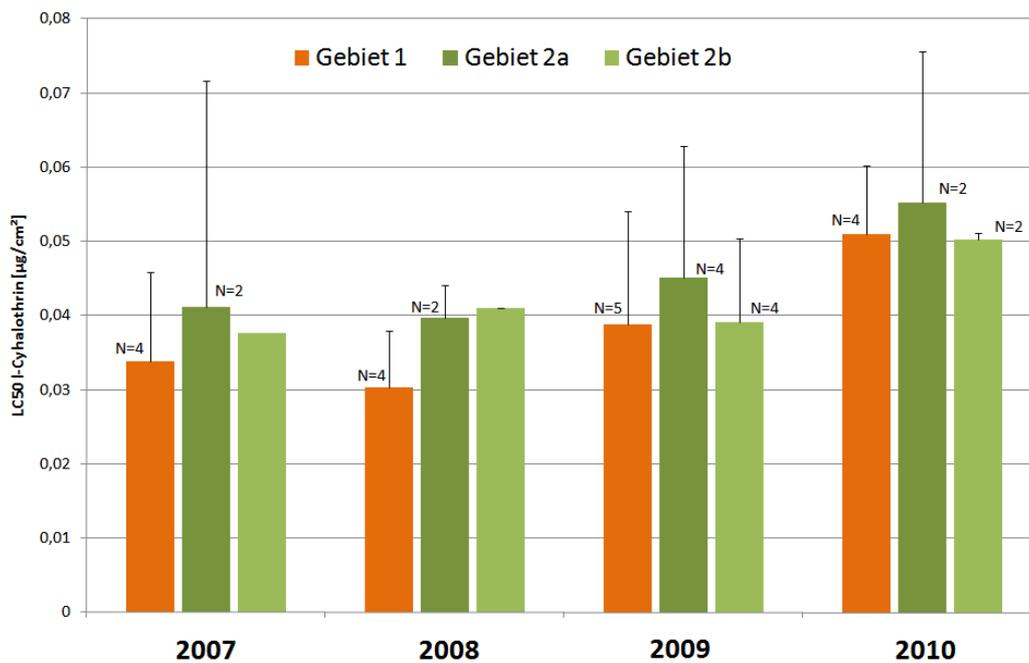


Abb. 20: Mittlere LC_{50} für I-Cyhalothrin der ersten Probenahme-Termine vor der Blüte im April eines jeden Jahres für die Gebiete mit unterschiedlichem Insektizid-Management.

Aus der Gegenüberstellung der LC_{50} Werte für die Beprobung im April der jeweiligen Gebiete wird deutlich, dass im Gebiet 2a in drei von den vier Untersuchungsjahren die geringsten Empfindlichkeiten in Kombination mit den höchsten Streuungen der Werte festzustellen waren. Dabei sind die höheren Streuungen der Werte sicherlich durch die im Vergleich zu den Gebieten 1 und 2b größeren Entfernungen der Versuchsschläge und Winterlagerstandorte zueinander bedingt. Die Gebiete 2b und hier vor allem das Gebiet 1 stellen sich in ihrer räumlichen Ausdehnung sehr viel kompakter dar, was sich in einer gleichförmigeren Reaktion der Populationen aufgrund einer besseren Durchmischung bemerkbar macht. Aus dem Vergleich der LC-Werte über die Versuchsjahre geht auch der leichte, aber kontinuierliche Abfall der Empfindlichkeiten seit 2007 hervor. Während im Jahr 2008 sich zumindest für das Gebiet 1 eine Zunahme der Empfindlichkeiten abzeichnete stiegen die Werte in den folgenden Jahren wieder an. Diese Tendenz der zunehmenden Resistenz gegenüber Pyrethroiden konnte auch für andere Regionen in Deutschland nachgewiesen werden. Aufgrund der aufgezeigten Entwicklung im Gebiet 1 kann für die untersuchten Gebiete nicht davon ausgegangen werden, dass ein vollständiger Verzicht auf Pyrethroide zu einer deutlichen Erhöhung der Empfindlichkeit gegenüber dieser Insektizid-Gruppe führt. Allerdings muss bei dieser Aussage berücksichtigt werden, dass die Gebiete unter Umständen für die Fragestellung zu klein gewählt wurden. Bei einem großflächigeren Verzicht auf Pyrethroide könnten durchaus Effekte zu beobachten sein. Interessant ist, dass selbst bei einer sich verändernden Empfindlichkeit über die Jahre die Verhältnisse der Gebiete untereinander relativ konstant bleiben. Besonders in den Jahren 2009 und 2010 liegen die Empfindlichkeiten der Gebiete 1 und 2b auf einem identischen Niveau, derweil sich das Gebiet 2a durch höhere LC_{50} Werte leicht abhebt. Werden für den Vergleich der Gebiete alle Werte einschließlich der Winterlager und der saisonalen Abweichungen berücksichtigt (Abb. 21) ergibt sich ein ähnliches Bild wie für den Vergleich der April-Termine.

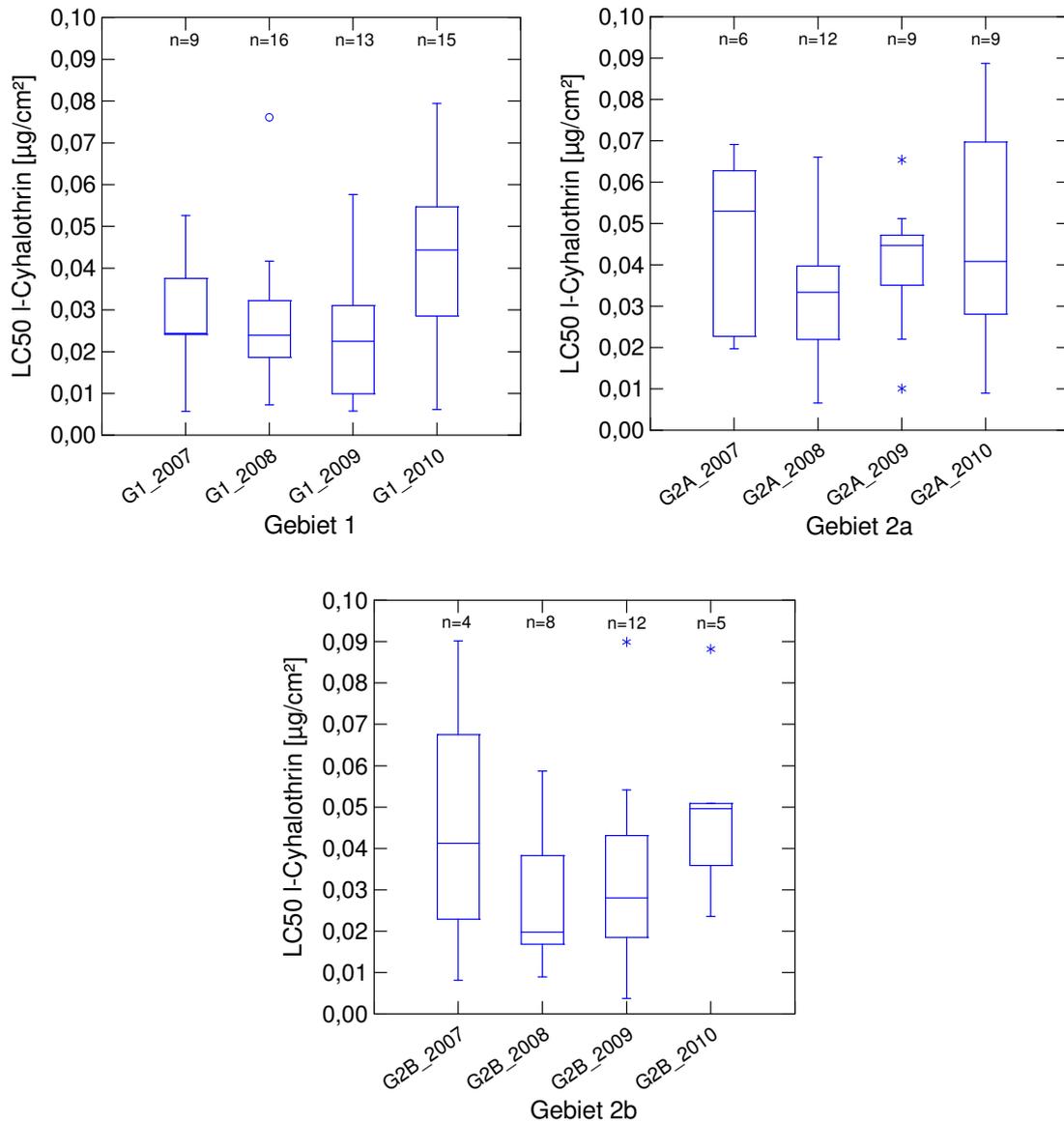


Abb. 21: LC₅₀ Werte der Käfer auf den Schlägen und in den Winterlagern der Gebiete 1, 2a und 2b von 2007 bis 2010 über alle Beprobungstermine.

Für alle drei Gebiete ist im Jahr 2008 ein Rückgang der LC₅₀ Werte festzustellen. Im Gebiet 1 liegt der Median im Jahr 2009 in etwa auf dem Niveau des Jahres 2007. Allerdings nehmen die Streuungen der Werte 2009 deutlich zu. Im darauffolgenden Jahr 2010 ist ein klarer Anstieg der LC₅₀ Werte zu beobachten. Im Gebiet 2a ist nach einem Rückgang der Werte von 2007 auf 2008 ein Anstieg im Jahr 2009 zu beobachten gewesen. Auch hier betreffen die Veränderungen im Jahr 2010 hauptsächlich die Zunahme der Streuungen der Werte, derweil sich der Median im Vergleich zum Vorjahr sogar leicht verringert hat. Im Gebiet 2b zeigt sich eine zum Gebiet 1 vergleichbare Entwicklung der Empfindlichkeit: Nach einer Abnahme in 2008 steigt der Median der LC₅₀ Werte bis 2010 an.

Ein qualitativer Unterschied des pyrethroid-freien Gebietes 1 zu den anderen beiden Gebieten mit Pyrethroid-Anwendungen ist auch unter Berücksichtigung aller erzeugten LC-Werte nicht zu erkennen.

3.1.2.3.5 Zusammenfassung und Bewertung der Ergebnisse

Für die drei Versuchsgebiete konnte über einen Zeitraum von drei Jahren ein unterschiedliches Insektizid-Regime realisiert werden. Dies garantierte, dass im Gebiet 1 von 2007 bis 2009 bis auf eine Ausnahme keine Pyrethroide zur Bekämpfung der Rapsglanzkäfer eingesetzt wurden. Eine Erhöhung des Selektionsdruckes durch Pyrethroid-Applikationen in benachbarten Kulturen (nicht Raps) wird aufgrund des wohl fehlenden Kontaktes der Rapsglanzkäfer mit diesen Kulturen als gering eingestuft. Für die Gebiete 2a und 2b kann von einem deutlichen Selektionsdruck auf Pyrethroidresistenz ausgegangen werden, da in diesen Gebieten fast ausschließlich Pyrethroide der Klasse I, teilweise auch an mehreren Terminen verwendet wurden. Die fast ausschließliche Verwendung von Pyrethroiden der Klasse I in diesen Gebieten könnte allerdings auch einer der Gründe sein, warum in den Gebieten 2a und 2b keine stärkere Resistenzentwicklung als im Gebiet 1 entstand, da die Sensitivitätsmessung fast ausschließlich mit Pyrethroiden der Klasse II erfolgte. Allerdings werden die Pyrethroide der Klasse I auch in anderen Regionen in Deutschland stark eingesetzt. Auf den Nachbarraps-schlägen dieser Gebiete fand die Bekämpfung der Käfer hauptsächlich mit Biscaya statt.

Neben Variationen der Empfindlichkeiten der Käfer auf unterschiedlichen Flächen, sind auch Termine mit einer besonders auffälligen Erhöhung der Empfindlichkeit auf den Schlägen festzustellen. Diese Erhöhungen treten, unabhängig von Applikationsterminen, zu unterschiedlichen Zeitpunkten auf, ließen sich aber erst nach der ersten Einwanderungsphase der Käfer in den ersten Apriltagen nachweisen. Da diese Erhöhungen der Empfindlichkeit für alle Untersuchungsjahre und für alle untersuchten Gebiete (auch Gebiet 2a und 2b) beobachtet werden konnten, handelt es sich hierbei offensichtlich um ein weit verbreitetes, regelmäßiges Phänomen, dessen Ursachen allerdings noch ungeklärt sind. Mögliche Erklärungen zielen momentan auf einen Zusammenhang zwischen dem physiologischen Zustand der Käfer und ihrer Empfindlichkeit gegenüber Pyrethroide bzw. auf unterschiedliche Einwanderungswellen der Käfer. Bisher wird davon ausgegangen, dass ein enger Zusammenhang zwischen der Größe des Fettkörpers der Käfer und deren Reaktion auf Pyrethroide besteht. Da sich im Verlauf des Frühjahrs der Fettanteil der Käfer durch Nahrungsaufnahme stark verändern kann, könnte dies eine Erklärung für die beobachtete Veränderung der Empfindlichkeit darstellen. Um diesen Zusammenhang beschreiben und erläutern zu können, sind zusätzliche Untersuchungen notwendig. Aufgrund dieser nachgewiesenen, saisonalen Veränderung der Empfindlichkeit rückt die Berücksichtigung des Zeitpunktes der Probenahme bei Untersuchungen zur Resistenz stärker in den Focus und darf bei der Bewertung von Ergebnissen nicht unberücksichtigt bleiben.

Für die Empfindlichkeit der Käfer aus den beprobten Winterlagerstandorten ließen sich im Rahmen des Projektes ebenfalls saisonale Unterschiede feststellen, die unabhängig von den Gebieten und dem Insektizid-Regime waren: Im Herbst wurde oft eine höhere Empfindlichkeit in den Winterlagern beobachtet als bei einer darauffolgenden Frühjahrsbeprobung der gleichen Standorte. Da mit den Resistenztests immer Populationen erfasst werden, die aus unterschiedlichen Anteilen von resistenten und weniger resistenten bis sensitiven Tieren bestehen, können diese Ergebnisse ein Hinweis auf eine sich verändernde Zusammensetzung der Populationen während der Überwinterung im Frühjahr sein. Eventuell

ist ein Absterben von empfindlichen Käfern während der Überwinterung (kleinere oder geschwächte Tiere) für die veränderte Zusammensetzung der Populationen und der dadurch verminderten Sensitivität im Frühjahr verantwortlich. Welche Rolle die Überwinterung der Käfer in Bezug auf die Populationsdynamik und die Ausprägung der Resistenz hat, ist derzeit noch unklar. Gerade in Bezug auf die Rolle der Winterlager besteht daher weiterer Forschungsbedarf, um die Prozesse während der Überwinterung besser verstehen zu können.

Die zeitliche Entwicklung der Resistenzsituation in den Untersuchungsgebieten zeigte, dass Veränderungen von 2007 bis 2010 festzustellen waren. Besonders in den Jahren 2009 und 2010 stiegen die LC_{50} Werte für I-Cyhalothrin aller Gebiete kontinuierlich an. Dieses ist ein Zeichen für eine nachlassende Empfindlichkeit gegenüber Pyrethroiden. Da zwischen der Entwicklung der Resistenz im Gebiet 1 und den Vergleichsgebieten 2a und 2b kein Unterschied festgestellt werden konnte, muss momentan davon ausgegangen werden, dass der Verzicht auf Pyrethroide keine nennenswerte Verringerung der Resistenz im betroffenen Gebiet 1 zur Folge hatte. Bei einer Abnahme der Resistenz, wie in der Projekthypothese angenommen, müsste sich das Gebiet 1 entweder in der absoluten Höhe der LC_{50} Werte oder aber im Maß des Anstiegs oder des Abfalls im Vergleich zu den anderen Gebieten deutlich unterscheiden. Im Vergleich der Gebiete untereinander sind aber in der Dynamik und der absoluten Höhe der Veränderung des Resistenzniveaus nur geringe Unterschiede festzustellen. Zeigt doch lediglich das Versuchsjahr 2008 in der Tendenz ein Ergebnis, das mit der Arbeitshypothese des Projektes übereinstimmte: Im Gebiet 1 konnten geringere LC_{50} Werte festgestellt werden als in den Gebieten 2a und 2b. Diese Entwicklung wurde 2009 aber wieder unterbrochen. Ein deutlicher Unterschied im Resistenzniveau des Gebietes 1 zu den anderen Gebieten geht aus den erarbeiteten Ergebnissen daher nicht hervor.

Die Ursachen für die festgestellte allgemeine Zunahme der Resistenz liegen wohl im weiterhin weit verbreiteten Gebrauch von Pyrethroiden. Allerdings haben die saisonalen Verläufe der Resistenz innerhalb eines Jahres bereits gezeigt, dass noch nicht eindeutig bekannte Veränderungen von Rapsglanzkäferpopulationen selbst in relativ kurzen Zeiträumen beträchtliche Unterschiede in der Empfindlichkeit der Tiere zur Folge haben können. Ähnliche Faktoren könnten auch jährliche Veränderungen bedingen, deren genaue Ursachen momentan allerdings noch nicht bekannt sind. Eventuell spielen hier auch Faktoren wie z.B. Temperaturverhältnisse oder der Zustand der Pflanzen eine wichtige Rolle. Sie bestimmen die Aktivität der Käfer zu einer bestimmten Zeit und beeinflussen damit die Nahrungsaufnahme der Tiere, die wiederum über die Bildung von Fettreserven und die damit verbundene Fitness der Käfer Auswirkungen auf die Empfindlichkeit der Tiere gegenüber Pyrethroiden haben kann. Auch zur Mobilität der Käfer gibt es momentan noch zu wenige Erkenntnisse.

Eine Erklärung für die fehlenden Unterschiede in der Resistenzentwicklung zwischen den Gebieten 1 und 2 a, b liegt womöglich in der zu geringen Größe der Gebiete. Um Effekte der lokal unterschiedlichen Insektizid-Anwendungen aufzeigen zu können, müssten die Areale bei mobilen Tieren wie dem Rapsglanzkäfer wahrscheinlich deutlich größer sein, da die Mobilität der Käfer unterschätzt wird. Die Käfer müssen nach dem Schlupf im Raps aus den Beständen auswandern und sich Futterquellen (Pollen) für ihren Reifefraß erschließen.

Danach müssen sie wiederum geeignete Winterquartiere finden. Auch die Auswanderung aus dem Winterlager erfolgt wohl weiträumiger als angenommen, wie die 2010 gefundenen Unterschiede auf verschiedenen Seiten jeweils derselben Felder zwischen winterlagernahen bzw. fernen Käfer zeigen. Weiterhin ist nicht auszuschließen, dass die Resistenz zwischen den Pyrethroiden der Klasse I und I-Cyhalothrin als Vertreter der Klasse II Pyrethroide doch so unterschiedlich ist, dass eine Nutzung der Pyrethroide der Klasse I nicht zu einer weiteren Resistenzveränderung bei denen der Klasse II beiträgt. Genauere Untersuchungen zu Wechselwirkungen, die die Resistenz von Rapsglanzkäfern beeinflussen, existieren momentan noch nicht, sind aber für das Verständnis der Resistenzbildung und -entwicklung sowie für eine erfolgreiche Anwendung von Antiresistenzstrategien in der Praxis von großer Bedeutung.

3.1.3 Untersuchungen zur Kreuzresistenz verschiedener Wirkstoffen

3.1.3.1 Pyrethroide Klasse I

Aufgrund des gleichen Wirkungsmechanismus der Pyrethroide Klasse I (Bifenthrin, Etofenprox und tau-Fluvalinat) und der Pyrethroide Klasse II (alle nach IRAC mit MOA 3a klassifiziert) besteht die Möglichkeit der Ausbildung einer Kreuzresistenz zwischen diesen beiden Pyrethroid-Gruppen. Da im Rahmen der aktuellen Antiresistenzstrategie häufig Pyrethroide der Klasse I zur Bekämpfung von Rapsglanzkäfern eingesetzt werden, sollte die Wirksamkeit dieser Mittelgruppe hinsichtlich einer Veränderung über die Zeit beobachtet werden. Ob sich die Empfindlichkeiten der Rapsglanzkäfer gegenüber den Klasse I Pyrethroiden verändert haben, kann ein Vergleich der LC_{90} Werte dieser Wirkstoffe zeigen, für den auch Laborwerte aus dem Jahr 2006 berücksichtigt wurden (Abb. 22). Es zeigt sich, dass für alle drei Pyrethroide der Klasse I und I-Cyhalothrin eine Veränderung der LC_{90} Werte von 2006 bis 2010 festzustellen ist. Während für Bifenthrin und Etofenprox eine Abnahme der Werte im Zeitraum von 2006 bis 2008 zu beobachten war, veränderte sich diese Tendenz in eine Zunahme der LC_{90} Werte von 2008 bis 2010. Dabei ist für Etofenprox eine Zunahme von besonders hohen Werten zu beobachten, die in der Box-Plot Darstellung als Ausreißer gekennzeichnet sind. Für tau-Fluvalinat ist nach einem Anstieg der Werte von 2007 bis 2009 ein Rückgang der LC_{90} Werte im Jahr 2010 zu beobachten, der die bis dahin erkennbare Tendenz des Anstiegs unterbricht. Die als Vergleich zu den Pyrethroiden der Klasse I dargestellte Entwicklung der LC_{90} Werte für I-Cyhalothrin zeigt nach einem Rückgang der Werte im Jahr 2008 einen deutlichen Anstieg der Werte in 2009, der sich auch im Jahr 2010 fortsetzt. Neben den im Box-Plot dargestellten Medianen sind in den Diagrammen in der obersten Zeile zur besseren Interpretation auch die Mittelwerte der LC_{90} aufgeführt. Für Bifenthrin ist seit 2008 ein deutlicher Anstieg der Mittelwerte von $0,012 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ auf $0,033 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ zu beobachten. Etofenprox zeigt seit 2007 ebenfalls einen kontinuierlichen Anstieg der mittleren LC_{90} Werte von $0,448 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ auf $1,869 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ um einen Faktor von 4. Nach einem Anstieg der Werte für tau-Fluvalinat von 2007 bis 2009 von $0,144 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ auf $0,265 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ fällt der Mittelwert im Jahr 2010 auf $0,161 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ ab. Die in den letzten Jahren stetig gestiegene Resistenz der Rapsglanzkäfer findet in den seit 2008 steigenden Werten für I-Cyhalothrin ihren Ausdruck. Diese veränderten sich um das 2,6 fache von $0,132 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ im Jahre 2008 auf $0,346 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ im Jahr 2010.

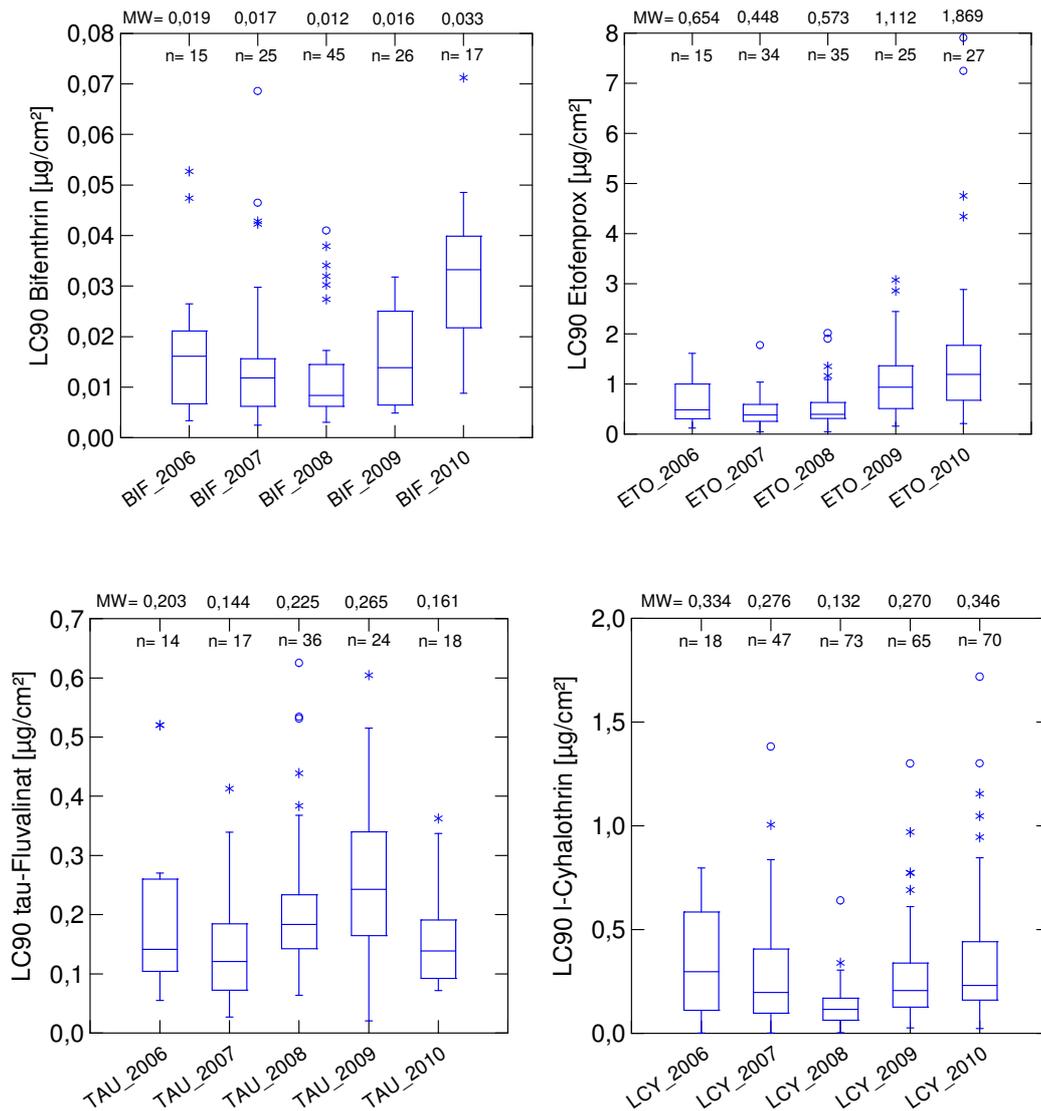


Abb. 22: Entwicklung der LC₉₀ Werte [$\mu\text{g}/\text{cm}^2$] für Bifenthrin, Etofenprox, tau-Fluvalinat und I-Cyhalothrin als Box-Plots für alle im Labor getesteten Populationen mit unterschiedlichen Herkünften von 2006 bis 2010.

Neben den zeitlichen Veränderungen der LC₉₀ Werte kann zur Beurteilung einer potenziellen Kreuzresistenz das Verhältnis der Wirksamkeit von Klasse I Pyrethroiden und I-Cyhalothrin als Bewertungsmaßstab verwendet werden. Dieses Verhältnis der unterschiedlichen Wirkstoffe kann mit Hilfe einer Korrelation zwischen den LC₉₀ Werten der jeweiligen Wirkstoffe beschrieben werden. Dabei weist eine hohe Korrelation zwischen den LC₉₀ Werten von I-Cyhalothrin und dem jeweiligen Wirkstoff der Klasse I Pyrethroide auf ein hohes Potential zur Bildung einer Kreuzresistenz gegenüber diesen Wirkstoffen hin. In Abb. 23 - 25 sind die Korrelationen von Bifenthrin, Etofenprox und tau-Fluvalinat für die einzelnen Projektjahre und zusammenfassend auch als Summe aller Werte von 2007 - 2010 in der Abb. 26 und der Tabelle 8 dargestellt worden. Besonders für Bifenthrin zeichnet sich aus den Ergebnissen eine eindeutige Tendenz ab: Während im Jahr 2007 noch eine hohe Korrelation zwischen den LC₉₀ Werten mit einem Faktor von $R^2 = 0,3524$ ermittelt werden konnte, nahmen die Korrelationskoeffizienten zwischen Bifenthrin und I-Cyhalothrin in den folgenden Jahren mit $R^2 = 0,2052$ für 2008 und $R^2 = 0,0135$ für 2009 bis auf einen Wert von $R^2 = 0,0043$

für das Jahr 2010 ab. Für die Wirkstoffe Etofenprox und tau-Fluvalinat kann keine eindeutige Tendenz festgestellt werden: Während für Etofenprox die Korrelationskoeffizienten von 2007 bis 2009 von $R^2= 0,2273$ auf $R^2= 0,0022$ deutlich abnehmen, steigt der Wert im Jahr 2010 auf $R^2= 0,1914$ an. Für tau-Fluvalinat war nach abnehmenden Werten von 2007 ($R^2= 0,0849$) auf 2008 ($R^2= 0,0043$) im Jahr 2009 ein Anstieg auf $R^2= 0,1371$ zu beobachten. Im Jahr 2010 fiel dieser Wert dann erneut auf $R^2= 0,0678$ ab. Eine klare Korrelation zwischen den LC_{90} Werten von I-Cyhalothrin und den Pyrethroiden der Klasse I ist anhand dieser Ergebnisse nicht zu erkennen.

Tab. 8: Übersicht der Korrelationsfaktoren R^2 zwischen den LC_{90} Werten von I-Cyhalothrin und den Pyrethroiden der Klasse I für die Jahre 2007 bis 2010.

Jahr	Bifenthrin	Etofenprox	Tau-Fluvalinat
2007	0,3524	0,2273	0,0849
2008	0,2052	0,0285	0,0043
2009	0,0135	0,0022	0,1371
2010	0,0043	0,1914	0,0678

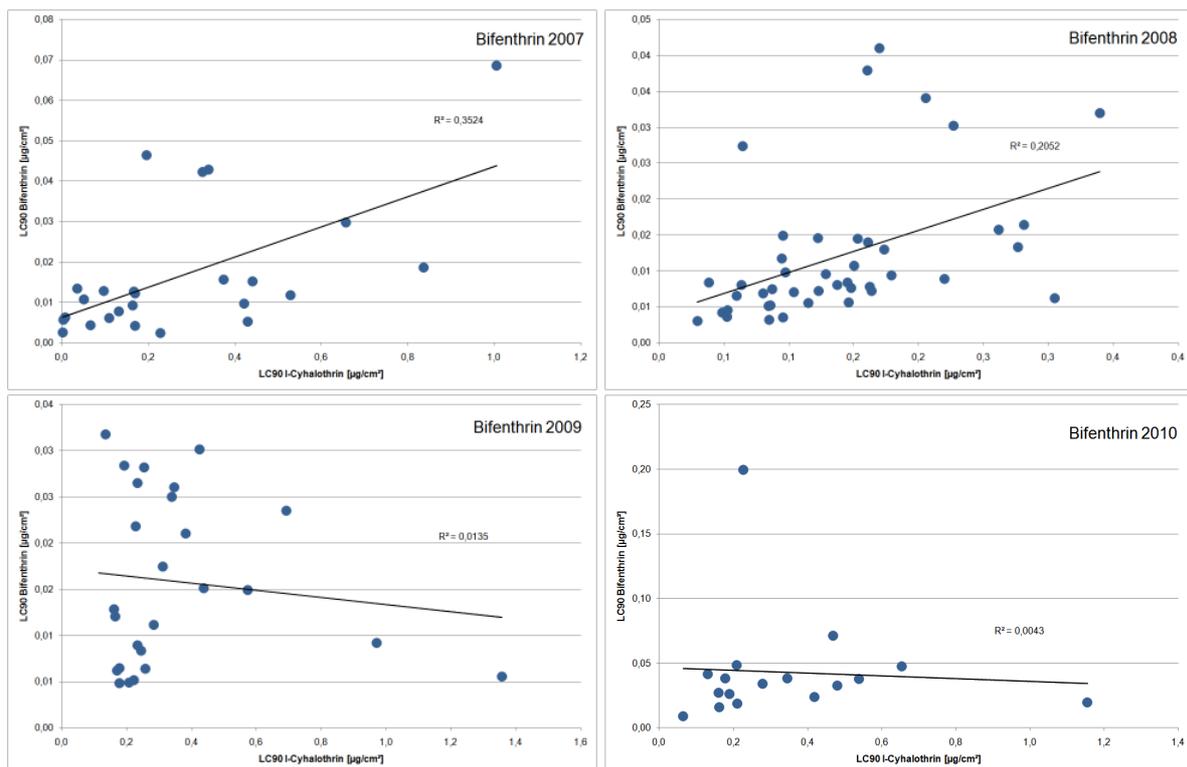


Abb. 23: Korrelation der LC_{90} Werte von I-Cyhalothrin und dem Klasse I Pyrethroid Bifenthrin für die Projektjahre 2007 bis 2010.

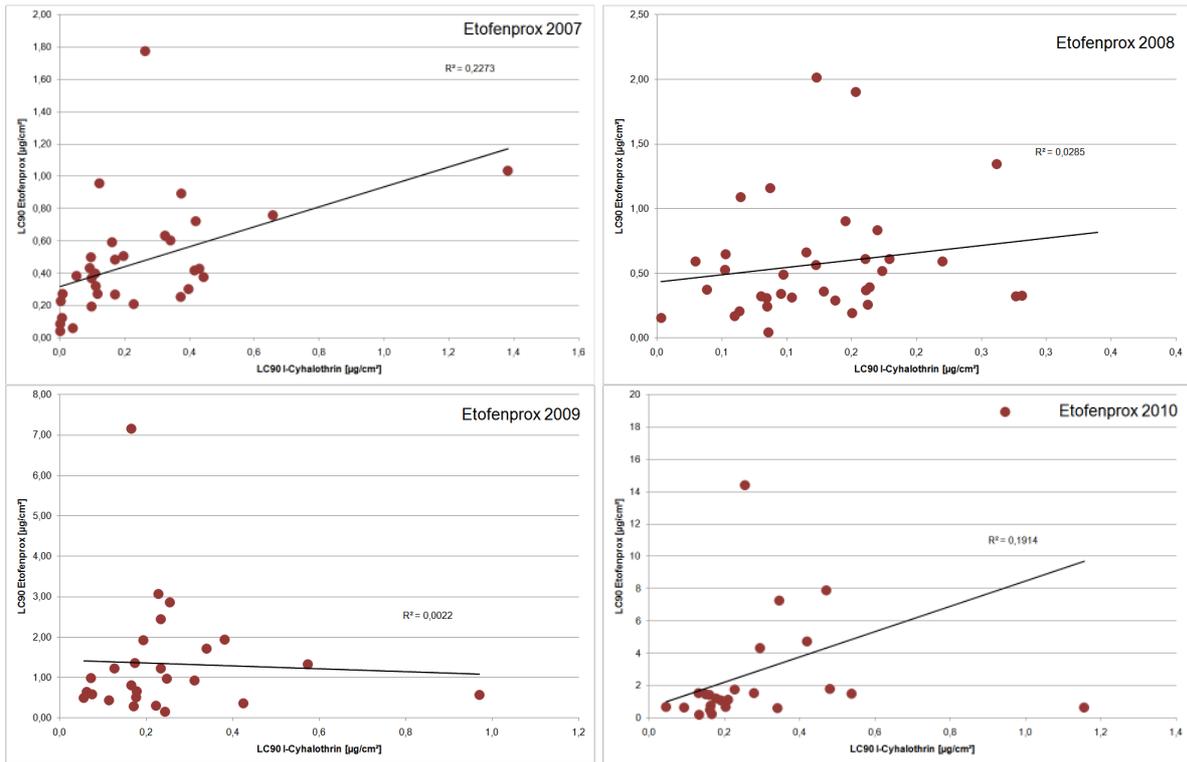


Abb. 24: Korrelation zwischen den LC₉₀ Werten von I-Cyhalothrin, und Etofenprox für die Projektjahre 2007 bis 2010.

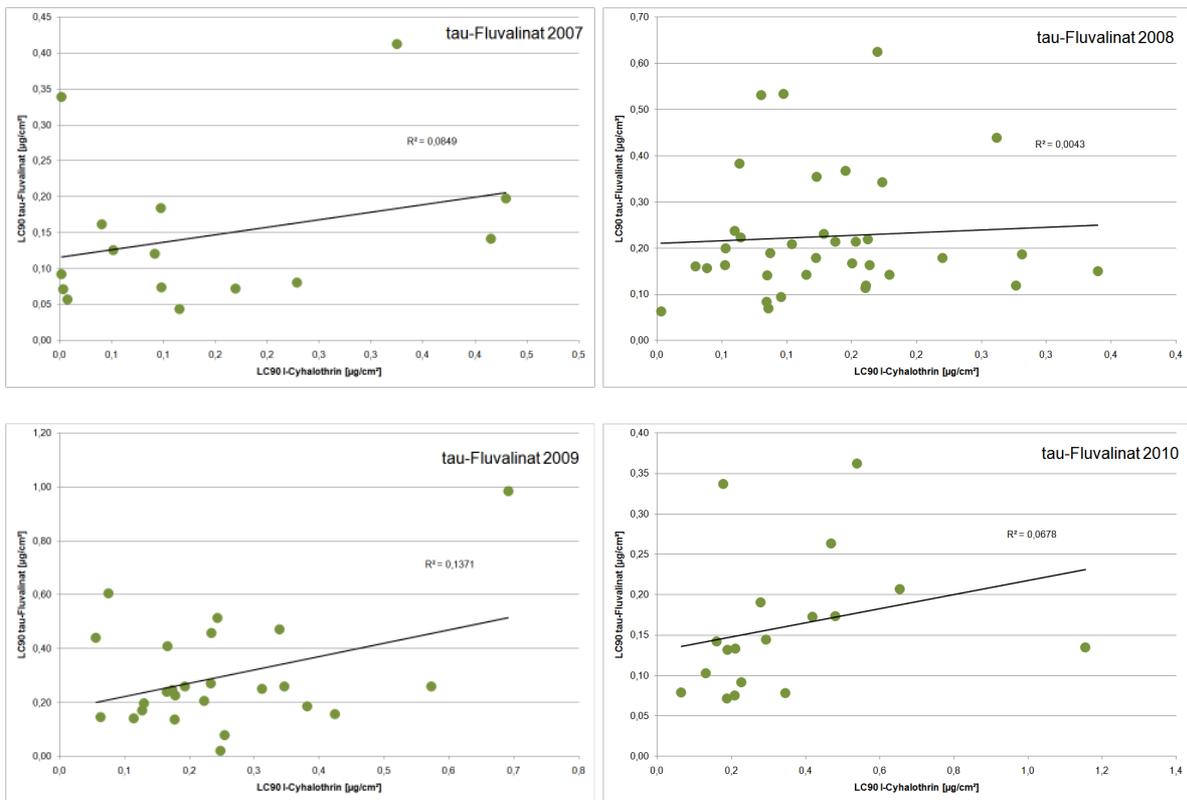


Abb. 25: Korrelation zwischen den LC₉₀ Werten von I-Cyhalothrin, und tau-Fluvalinat für die Projektjahre 2007 bis 2010.

Eine Korrelation aller von 2007 bis 2010 erzeugten LC_{90} Werte der Pyrethroide Klasse I mit I-Cyhalothrin ohne Berücksichtigung der jährlichen Veränderung bestätigt die nicht vorhandenen Korrelation zwischen den Pyrethroiden der Klasse I und I-Cyhalothrin. Für Bifenthrin und tau-Fluvalinat kann mit einem Korrelationskoeffizienten von $R^2= 0,0434$ und $R^2= 0,0315$ eine im Vergleich zum Etofenprox ($R^2= 0,1028$) noch schlechtere Korrelation zu den LC_{90} Werten des I-Cyhalothrin gefunden werden.

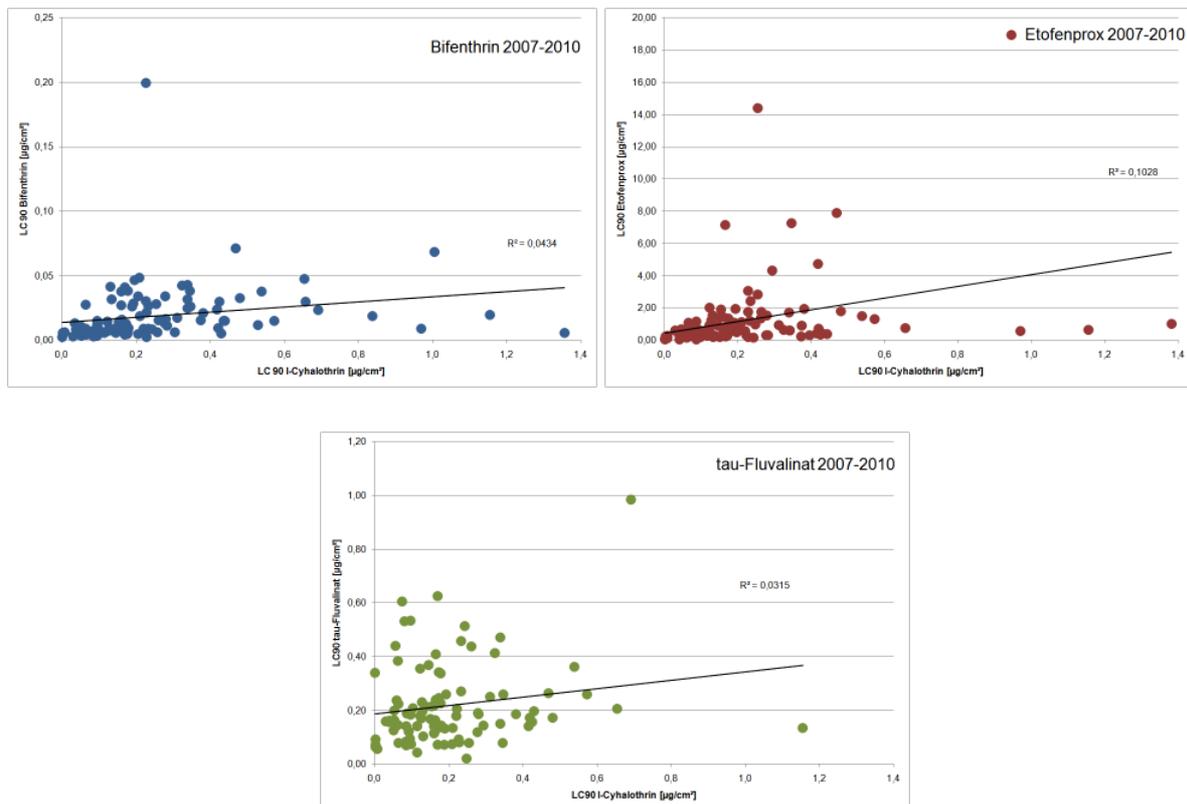


Abb. 26: Korrelationen aller erzeugten LC_{90} Werte für I-Cyhalothrin und den Pyrethroiden der Klasse I von 2007 bis 2010.

Zusammenfassend können die Laborversuche zu den Wirkstoffen der Klasse I Pyrethroide hinsichtlich der Bildung einer Kreuzresistenz zu den Pyrethroiden der Klasse II wie folgt bewertet werden: Nach den hier dargestellten Ergebnissen zeichnet sich im Moment keine Korrelation zwischen der Wirksamkeit der Klasse I Pyrethroide und der Wirksamkeit der Klasse II Pyrethroide ab.

Neben den im Labor durchgeführten genaueren Tests zur Wirksamkeit der verschiedenen Wirkstoffe der Pyrethroide Klasse I wurden in den Jahren 2009 und 2010 Test-Kits für diese Insektizide an die Pflanzenschutzdienste der Länder verteilt. Die Ergebnisse der Test-Kits sind aufgrund der geringeren Anzahl von Wiederholungen und Dosierungen weniger aussagekräftig als die Laborergebnisse. Dies sollte bei der Bewertung der Ergebnisse berücksichtigt werden. Für den Wirkstoff Bifenthrin begann die Verteilung der Test-Kits bereits im Jahr 2008. Das Bundesland Schleswig-Holstein erhielt 15 Test-Kits, von denen 9 Ergebnisse zurückgemeldet wurden. Entsprechend dem Monitoring für I-Cyhalothrin wurden nur Ergebnisse mit einer Kontrollmortalität von weniger als 20 % berücksichtigt. In den darauffolgenden Jahren stiegen die Zahlen der Ergebnisse für Bifenthrin auf 39 im Jahr 2009

und 63 im Jahr 2010 an. Bereits im Jahr 2009 kamen die Ergebnisse aus fünf Bundesländern (Brandenburg, Sachsen, Sachsen-Anhalt, Thüringen und Schleswig-Holstein). Im Jahr 2010 beteiligten sich neun Bundesländer an den Untersuchungen mit Bifenthrin Test-Kits. Aufgrund der großen räumlichen Verteilung der Tests und der Vielzahl von bonitierenden Personen ist die Streuung der Mortalitäten im Vergleich zu den Laborergebnissen größer. In Abb. 27 sind die mittleren Mortalitäten für die einzelnen Test-Dosierungen als prozentuales Äquivalent der Feldaufwandmenge als Box-Plots dargestellt. Folgende Entwicklungen spiegeln die Ergebnisse wider: Für die niedrige Dosierung von 4 % (entspricht $0,004 \mu\text{g}/\text{cm}^2$) ist über die Jahre eine Erhöhung der mittleren Mortalitäten auch unter Zunahme der Streubreiten der Ergebnisse zu beobachten. Für eine Dosierung von 20 % (entspricht $0,02 \mu\text{g}/\text{cm}^2$) kann diese Veränderung besonders von 2009 auf 2010 beobachtet werden: Während die Median-Werte der Mortalitäten und die Streubreiten in 2008 und 2009 annähernd gleich sind, verändert sich der Median von 42,1 im Jahr 2009 auf 75 im Jahr 2010. Für die höheren Dosierungen von 50 % (entspricht $0,05 \mu\text{g}/\text{cm}^2$) und 100 % der Feldaufwandmenge (entspricht $0,1 \mu\text{g}/\text{cm}^2$) sind hingegen von 2009 auf 2010 geringere Zunahmen der Mortalität festzustellen. Es kann für die Bifenthrin Test-Kits bei niedrigen Dosierungen eine Zunahme der Wirksamkeit besonders im Jahr 2010 beobachtet werden. Dies spiegelt sich auch in den angegebenen Mittelwerten wieder. Während die mittleren Mortalitäten im Jahr 2009 leicht abnahmen, stiegen sie im Jahr 2010 besonders bei den niedrigen Dosierungen an.

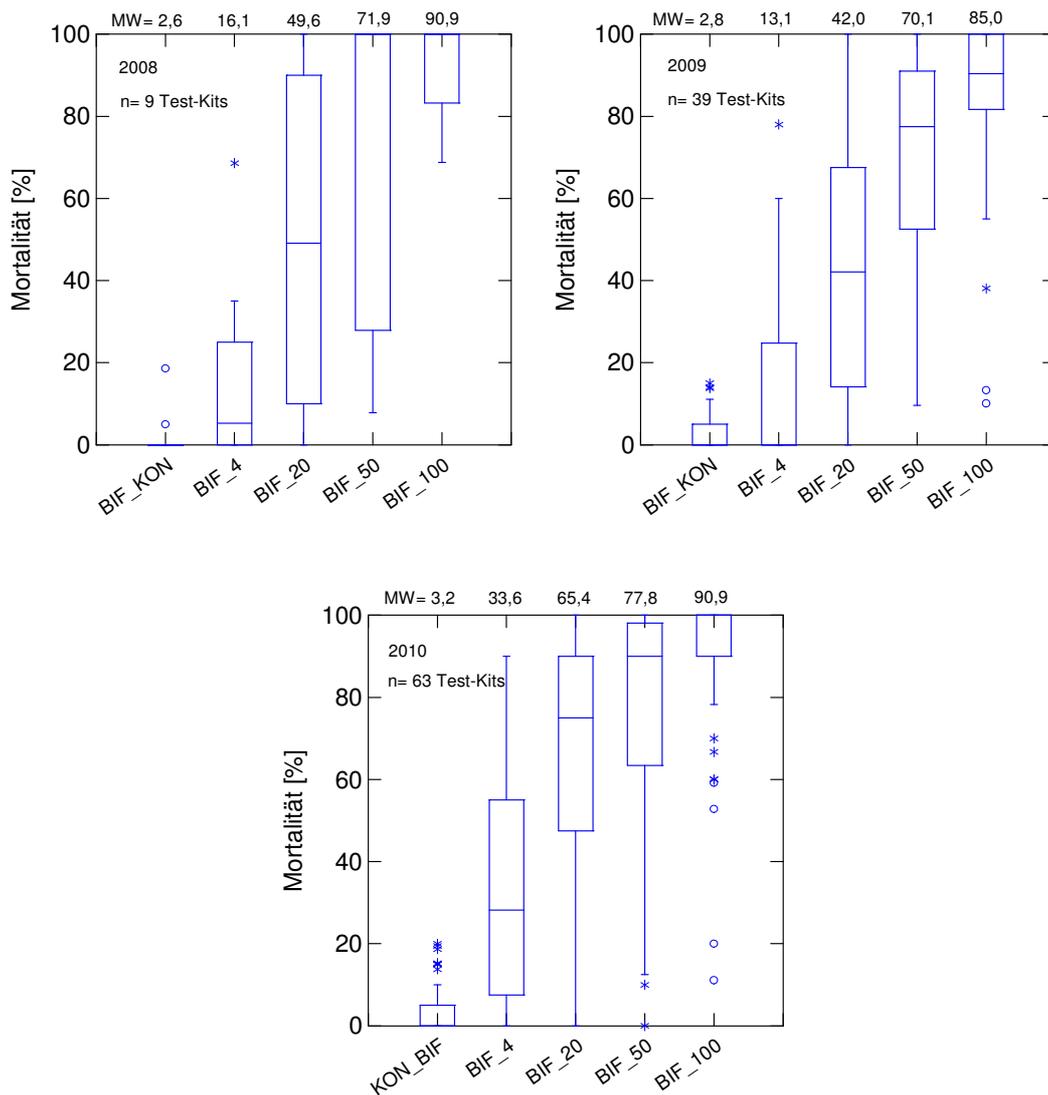


Abb. 27: Mortalitäten der Kontrolle und bei Dosierungen von 4 %, 20 %, 50 % und 100 % der Feldaufwandmenge der an die Pflanzenschutzdienste der Länder verteilten Bifenthrin Test-Kits von 2008 bis 2010. Zusätzlich sind die Mittelwerte aller Mortalitäten je Dosierung angegeben.

Für die Wirkstoffe Etofenprox und tau-Fluvalinat wurden nur im Jahr 2010 Test-Kits angeboten. Für den Wirkstoff Etofenprox konnten 36 Ergebnisse in die Auswertung mit aufgenommen werden. Test-Kits mit dem Wirkstoff tau-Fluvalinat ergaben 30 Ergebnisse. Ein Vergleich der beiden Datensätze zeigt Unterschiede in der Wirkung der beiden Substanzen: Besonders die niedrigen Dosierungen von Etofenprox mit 4 % und 20 % der Feldaufwandmenge zeigen geringe Median-Werte von 5 % bzw. 15 % Mortalität. Erst bei Dosierungen von 50 % steigen diese Werte auf 47,2 % an. Bei einer Dosierung, die der Feldaufwandmenge entspricht, liegt der Median bei 66,8 %. Für den Wirkstoff tau-Fluvalinat erreichen die Median-Werte bereits bei einer Dosierung von 20 % der Feldaufwandmenge Mortalitäten von 65 %. Für die höheren Dosierungen von 50 % und 100 % betragen die Werte 87,5 % und 100 % Mortalität. Der Vergleich der Test-Kits zeigt Unterschiede in der Wirkung von Etofenprox und tau-Fluvalinat im Jahr 2010, was sich auch in den

unterschiedlich hohen Mittelwerten der Mortalitäten bei einzelnen Testdosierungen widerspiegelt. Auch diese Daten decken sich tendenziell mit den Ergebnissen, die im Rahmen der Untersuchungen zur Kreuzresistenz auf der Grundlage von Labordaten erarbeitet wurden.

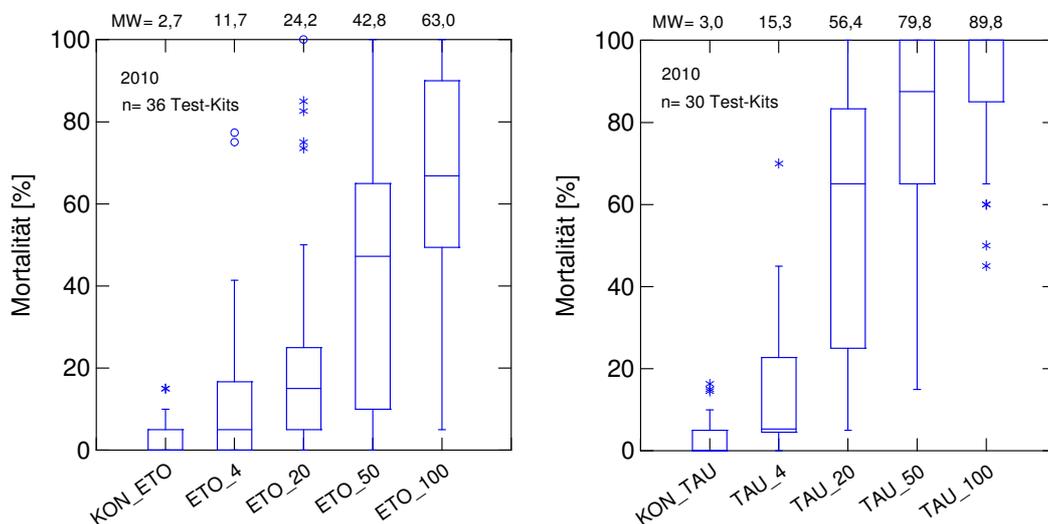


Abb. 28: Mortalitäten der Kontrolle und Dosierungen von 4 %, 20 %, 50 % und 100 % der Feldaufwandmenge der an die Pflanzenschutzdienste der Länder verteilten Etofenprox und tau-Fluvalinat verteilten Test-Kits im Jahr 2010. Zusätzlich sind die Mittelwerte aller Mortalitäten je Dosierung angegeben.

Eine Auswertung der gemeinsamen Datenbasis von Laborergebnissen und Test-Kits zur Empfindlichkeit der Käfer gegenüber I-Cyhalothrin, den Pyrethroiden der Klasse I und Biscaya, zeigt für die mittleren Mortalitäten verschiedener zusammengefasster Dosierungen (Abb. 29) eine Veränderung der Empfindlichkeiten in den letzten Jahren. Für I-Cyhalothrin, Bifenthrin, Etofenprox und Biscaya ist ein Rückgang der mittleren Mortalitäten von 2008 bis 2010 zu erkennen. Lediglich beim Wirkstoff tau-Fluvalinat konnte im Vergleich der Jahre 2009 und 2010 kein Rückgang der Empfindlichkeiten beobachtet werden. Diese Ergebnisse deuten auf eine nachlassende Wirksamkeit für Bifenthrin, Etofenprox und Biscaya bei einer weiterhin zunehmenden Pyrethroidresistenz hin, wobei für Biscaya aufgrund der geringen Anzahl von Ergebnissen im Jahr 2008 diese Verschiebung am wenigsten gesichert ist.

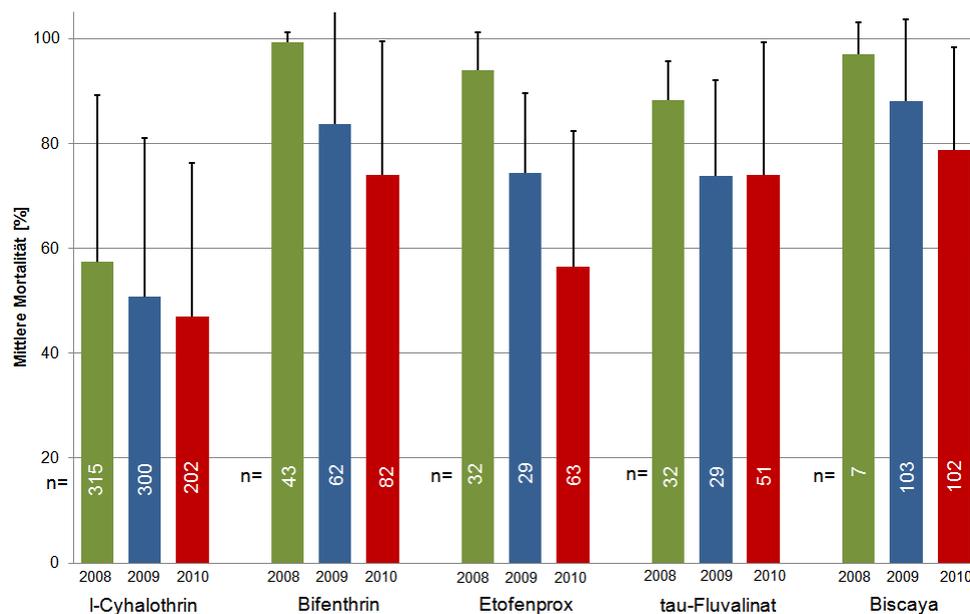


Abb. 29: Mittlere Mortalitäten (Labor- und Test-Kits) bei bis zu zwei Dosierungen (I-Cyhalothrin = 100 % FAW, Etofenprox = 50 % und 100 % FAW, Bifenthrin, tau-Fluvalinat und Biscaya = 20 % und 50 % FAW) von 2008 bis 2010.

3.1.3.2 Neonicotinoide

Nach Etablierung der Adult-Vial Testmethode im Jahr 2008 für Neonicotinoide konnten seit diesem Zeitpunkt Labordaten zur Empfindlichkeit von Rapsglanzkäfern gegenüber Thiacloprid als aktivem Bestandteil des Insektizids Biscaya® in vielen Versuchen generiert werden. Eine Übersicht der sich aus diesen Versuchen ergebenden LC_{50} und LC_{90} Werte für Biscaya gibt Tabelle 9. Besonders im Jahr 2010 fallen drei Ergebnisse mit deutlich überhöhten Werten auf. Ein Vergleich der LC_{50} und LC_{90} Werte für die Jahre 2008 bis 2010 zeigt für die Laborergebnisse zu diesem Wirkstoff zunehmende LC-Werte, wobei die extrem hohen LC_{50} und LC_{90} Werte aus Stresdorf, Brüel und Kirchstück in der Darstellung der Box-Plots zu Gunsten der besseren Differenzierung zwischen den Jahren 2008 und 2009 bereits weggelassen wurden.

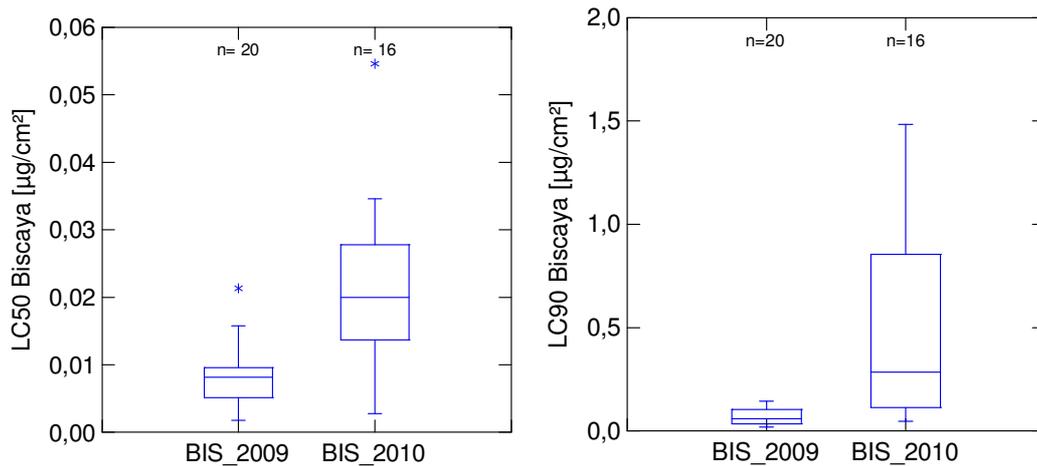


Abb. 30: LC₅₀ und LC₉₀ Werte der mit Biscaya im Labor getesteten Populationen in den Jahren 2008, 2009 und 2010 ohne die extrem hohen Werte aus Stresdorf, Brüel und Kirchstück des Jahres 2010.

Bei der Bewertung der beobachteten Veränderung der Empfindlichkeiten gegenüber Biscaya dürfen methodische Aspekte nicht unberücksichtigt bleiben. Dabei spielt zum Beispiel nach Informationen des Unternehmens Bayer CropScience die Trocknungszeit der Gläser nach Zugabe der Beschichtungslösung sowie der Wasseranteil, der zur Herstellung der verwendeten Lösungen benutzt wird, eine wichtige Rolle. Im Zuge der methodischen Angleichung der Testverfahren in verschiedenen Laboren wurden im Jahr 2010 auch am JKI die längeren Trocknungszeiten berücksichtigt. Eine Veränderung der Empfindlichkeiten gegenüber Thiacloprid kann auch durch methodische Variationen beeinflusst werden, dies gilt jedoch weniger für Veränderungen zur Empfindlichkeit zwischen Populationen. Dies sollte bei der Interpretation der Ergebnisse berücksichtigt werden.

Tab. 9: LC₅₀ und LC₉₀ Werte der Labortests von 2008 bis 2010 für das Insektizid Biscaya mit Angabe der unteren und oberen 95 % Konfidenzintervalle (KI).

Proben ID	Herkunft	Jahr	Datum	LC50 [µg/cm ²]	unteres 95% KI	oberes 95% KI	LC90 [µg/cm ²]	unteres 95% KI	oberes 95% KI
111	Thurow	2008	02.07.2008	0,00265	0,00006	0,00742	0,02857	0,01330	0,05723
114	Hundorf	2008	02.07.2008	0,00112	0,00000	0,00854	0,15573	0,04550	1,27210
115	Funnix	2008	14.07.2008	0,00197	0,00001	0,00675	0,02486	0,00786	0,05376
5	Carlshöhe	2009	04.03.2009	0,01258	0,00478	0,01873	0,06160	0,03934	0,20904
25	Bruel	2009	08.04.2009	0,00791	0,00292	0,01182	0,03495	0,02602	0,06242
44	Grevesmühlen	2009	14.04.2009	0,01000	0,00282	0,01377	0,03031	0,02281	0,08467
45	Lübstorf	2009	14.04.2009	0,00746	0,00205	0,01231	0,04285	0,02945	0,09059
46	Lübstorf	2009	14.04.2009	0,00176	0,00000	0,00651	0,03097	0,01144	0,08283
47	Bruel	2009	14.04.2009	0,00926	0,00174	0,01838	0,12763	0,06914	0,49966
49	Benzin	2009	15.04.2009	0,00352	0,00010	0,00992	0,08680	0,04511	0,38321
50	Köchelstorf	2009	15.04.2009	0,00469	0,00038	0,01077	0,05575	0,03215	0,14878
51	Hundorf	2009	15.04.2009	0,00486	0,00021	0,00951	0,02595	0,01709	0,05408
52	Paetrow	2009	15.04.2009	0,00885	0,00205	0,01713	0,11462	0,06550	0,33606
53	Benzin	2009	15.04.2009	0,00782	0,00159	0,01532	0,10506	0,06004	0,33148
63	Herensen	2009	15.04.2009	0,00537	0,00053	0,01024	0,03335	0,02196	0,07672
70	Zusmarshausen	2009	21.04.2009	0,00841	0,00313	0,01321	0,04848	0,03356	0,09571
73	Keindorf	2009	18.04.2009	0,02134	0,01337	0,02995	0,14432	0,09553	0,27946
74	Wendhausen	2009	24.04.2009	0,00784	0,00247	0,01346	0,06819	0,04416	0,15050
77	Wendhausen	2009	13.05.2009	0,00955	0,00257	0,01252	0,01913	0,01576	0,03105
83	Lübstorf	2009	13.05.2009	0,01575	0,00818	0,02362	0,10784	0,06853	0,24215
87	Köchelsdorf	2009	14.05.2009	0,00958	0,00098	0,02035	0,10223	0,05156	0,61889
95	Köchelsdorf	2009	16.06.2009	0,00302	0,00008	0,00856	0,06012	0,03223	0,19757
96	Weende	2009	22.06.2009	0,00888	0,00340	0,01407	0,05783	0,03905	0,11923
32	Stresdorf	2010	14.04.2010	0,26692	0,17889	0,42243	3,00600	1,39488	13,78602
42	Bruel	2010	15.04.2010	0,01739	0,00198	0,03739	0,16337	0,08891	0,52070
49	Dessau	2010	19.04.2010	0,02545	0,01457	0,03814	0,27535	0,16867	0,59541
50	Ahlum Öko	2010	20.04.2010	0,05460	0,03272	0,08307	0,91954	0,48101	2,72695
53	Wollin	2010	19.04.2010	0,01682	0,00795	0,02658	0,11622	0,07165	0,26965
56	Röderland	2010	19.04.2010	0,02770	0,00925	0,05192	0,98940	0,40014	7,33384
61	Wendelsgraben	2010	19.04.2010	0,00278	0,00005	0,00856	0,04712	0,02213	0,12594
66	Nossen	2010	26.04.2010	0,02261	0,00477	0,04787	0,32220	0,13574	3,11382
67a	Botelsdorf	2010	-	0,00433	0,00006	0,01582	1,24393	0,37185	65,45393
67b	Brüel	2010	-	0,01560	0,00143	0,04050	6,31450	1,26440	868,60000
70	Bergholz	2010	27.04.2010	0,02785	0,00546	0,06267	1,48310	0,50511	21,78600
78	Kühren-Butterloch	2010	17.05.2010	0,01467	0,00840	0,02137	0,10953	0,07441	0,19630
84	Köchelsdorf	2010	27.05.2010	0,02741	0,01420	0,04345	0,34291	0,20105	0,80238
85	Köchelsdorf	2010	27.05.2010	0,00608	0,00172	0,01161	0,07969	0,05057	0,15634
86	Köchelsdorf	2010	27.05.2010	0,01273	0,00590	0,01986	0,08314	0,05370	0,17462
90	Kirchstück	2010	01.06.2010	0,02994	0,00632	0,06441	5,68650	1,26640	418,63000
94	Bruel	2010	02.06.2010	0,03458	0,01799	0,05530	0,29380	0,17844	0,61697
104	Gac Ostawa, Polen	2010	23.06.2010	0,02965	0,01042	0,05514	0,78877	0,35091	4,14120
106	Krapcowice, Polen	2010	30.06.2010	0,01650	0,00751	0,02711	0,22257	0,13279	0,51572

Für die Labortests mit Biscaya zeigte sich in den Vorversuchen, dass eine Expositionsdauer von 24 Stunden zur Beurteilung dieses Wirkstoffs optimal ist. Die in der Tabelle aufgeführten LC_{90} Werte geben demnach die Ergebnisse der 24 Stunden-Bonitur wieder. Für die Jahre 2008 und 2009 konnten nur geringfügige Schwankungen der Werte für die jeweiligen Populationen beobachtet werden. Dies spiegelt sich auch in den Mittelwerten für die jeweiligen Jahre wieder, die mit 0,06972 für 2008 und 0,0679 für 2009 sehr dicht beieinander liegen. Für das Jahr 2010 weicht der Mittelwert der errechneten LC_{90} Werte mit 1,183 von den Werten der Vorjahre ab. Dies liegt vornehmlich an drei besonders hohen LC_{90} Werten, die bei Populationen des Schweriner Raumes auf den Schlägen Stresdorf, Brüel und Kirchstück festgestellt wurden. Die Korrelation aller LC_{90} Werte von Biscaya mit den entsprechenden Werten des I-Cyhalothrin ergibt einen sehr geringen Korrelationskoeffizienten von $R^2 = 0,0042$ (Abb. 31). Aufgrund des anderen Wirkmechanismus der Neonicotinoide (IRAC Mode of Action 4A) sind diese Wirkstoffe nicht von einer möglichen Kreuzresistenz zu den Pyrethroiden betroffen, was durch die hier gezeigten Ergebnisse zur Wirksamkeit von Biscaya[®] gegenüber pyrethroid-resistenten Rapsglanzkäfer bestätigt wird.

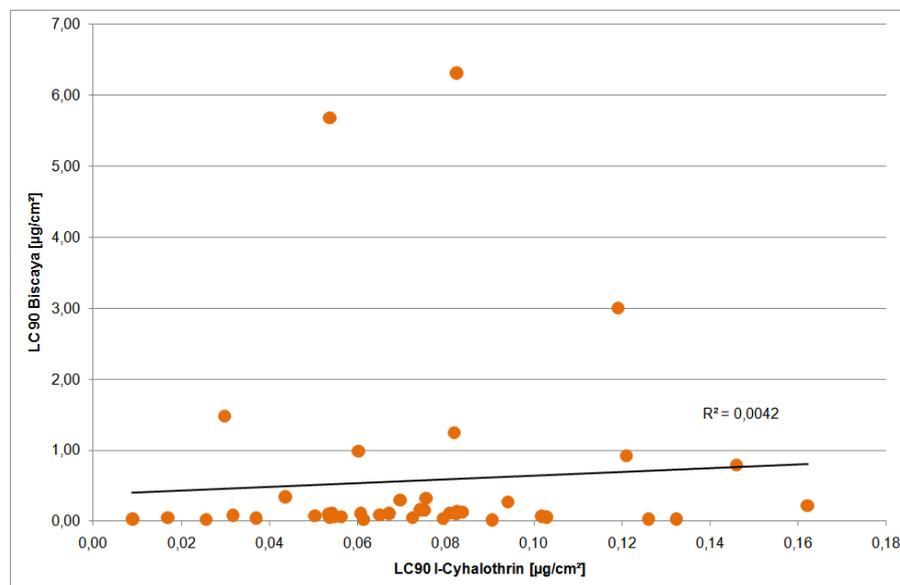


Abb. 31: Korrelation zwischen den LC_{90} Werten für Biscaya[®] und I-Cyhalothrin, die auf Grundlage der 24 Stunden-Bonitur berechnet wurden.

Die Ergebnisse der Biscaya Test-Kits aus den Jahren 2009 und 2010 (Abb. 32) bestätigen den im Labor beobachteten Rückgang der Empfindlichkeiten. Bei einer Dosierung von 4 % der Feldaufwandmenge von Biscaya sinken die mittleren Mortalitäten von 55,7 % im Jahr 2009 auf 50,6 % im Jahr 2010 ab. Auch bei höheren Dosierungen von 20 % und 50 % der Feldaufwandmenge ist ein Rückgang der Empfindlichkeiten von 80 % auf 72,3 % bzw. von 90 % auf 81 % bei den Mittelwerten zu beobachten.

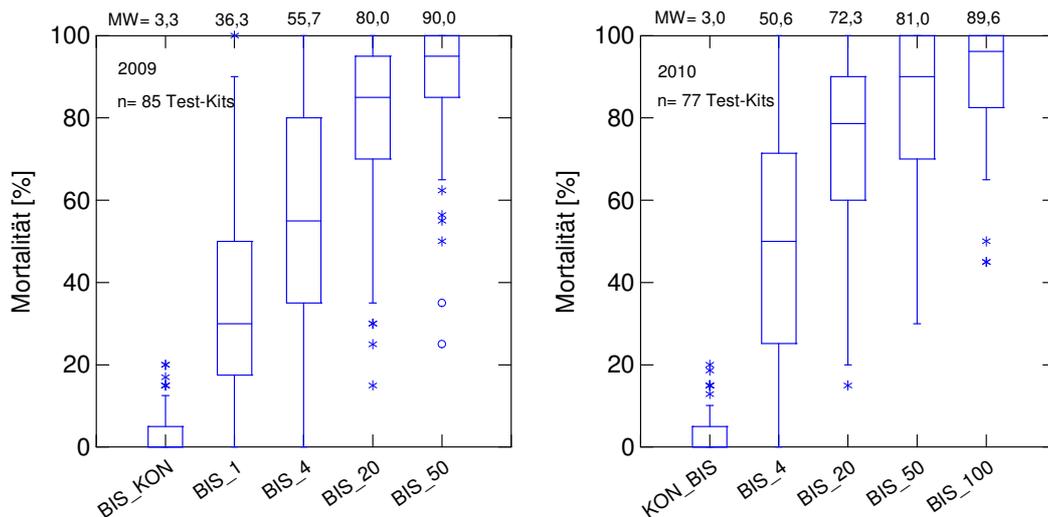


Abb. 32: Mortalitäten der Kontrolle und der einzelnen Dosierungen (z.B. Bis_20 = 20 % der Feldaufwandmenge) für die Biscaya Test-Kits der Jahre 2009 und 2010. Ergänzend sind die Mittelwerte aller Mortalitäten je Dosierung angegeben.

3.1.3.3 Organophosphate

Bei einer ausreichenden Zahl von zur Verfügung stehenden Rapsglanzkäfern aus eingesendeten Proben wurden im Labor auch Wirkstoffe getestet, die im Rahmen der Antiresistenzstrategie eine wichtige Rolle spielen. Nachdem die grundlegende Test-Methodik für Organophosphate (Wirkstoffe Chlorpyrifos-methyl und Chlorpyrifos-ethyl) in Zusammenarbeit mit dem Projektpartner BTL validiert werden konnte (Thieme et al. 2010 c), wurden seit 2007 insgesamt 17 Rapsglanzkäfer-Populationen im Rahmen des Projektes auf ihre Empfindlichkeit gegenüber Organophosphaten getestet. Für 15 Populationen wurden Tests mit dem Wirkstoff Chlorpyrifos-ethyl durchgeführt. Lediglich für zwei Populationen wurde der Wirkstoff Chlorpyrifos-methyl getestet. Aufgrund der großen Empfindlichkeit der Rapsglanzkäfer gegenüber diesen Wirkstoffen, wurden für die Mehrzahl der Populationen nach einer Bonitur von 24 Stunden keine Dosis-Wirkungsbeziehung mehr gefunden, da alle Tiere auch bei geringen Dosierungen bereits abgestorben waren. Für die Auswertung der Tests mit Chlorpyrifos-ethyl wurden daher die Ergebnisse der fünf Stunden-Bonitur verwendet. Für eine Population konnte auch bereits nach fünf Stunden keine Dosis-Wirkungsbeziehung festgestellt, so dass lediglich für 14 Populationen LC_{90} Werte für Chlorpyrifos-ethyl berechnet werden konnten. Die Ergebnisse der beiden Populationen die mit Chlorpyrifos-methyl getestet wurden, beruhen auf einem Bonitur-Zeitpunkt von drei Stunden (Tab. 11).

Tab. 10: LC₅₀ und LC₉₀ Werte für Chlorpyriphos-ethyl aller von 2008 bis 2010 getesteten Rapsglanzkäfer-Populationen mit Angabe der unteren und oberen 95 % Konfidenzintervalle (KI).

Proben ID	Herkunft	Jahr	Datum	LC50 [µg/cm ²]	unteres 95% KI	oberes 95% KI	LC90 [µg/cm ²]	unteres 95% KI	oberes 95% KI
100	Thurow	2008	16.06.2008	0,01922	0,01708	0,02158	0,03352	0,02893	0,04145
105	Wendhausen	2008	24.06.2008	0,01888	0,01603	0,02211	0,03874	0,03167	0,05263
106	Moosburg	2008	25.06.2008	0,01062	0,00555	0,01569	0,05571	0,04083	0,08491
108	Freisingen	2008	28.06.2008	0,05493	0,03958	0,07841	0,28123	0,17520	0,57721
111	Thurow	2008	02.07.2008	0,02582	0,02361	0,02846	0,03253	0,02940	0,03757
113	Köchelstorf	2008	02.07.2008	0,01833	0,01603	0,02098	0,03843	0,03214	0,04929
116	Rothamsted	2008	20.07.2008	0,03192	0,01783	0,04657	0,12922	0,08037	0,40304
45	Lübstorf	2009	14.04.2009	0,01693	0,01306	0,02224	0,05045	0,03497	0,09971
31	Rohleber	2010	12.04.2010	0,01180	0,01031	0,01314	0,01828	0,01612	0,02236
65	Bruel	2010	26.04.2010	0,01199	0,00912	0,01510	0,01840	0,01472	0,03486
68	Nagysap	2010	28.04.2010	0,01377	0,00978	0,01748	0,02846	0,02157	0,05493
104	Gac Ostawa	2010	23.06.2010	0,06151	0,03947	0,16675	0,29646	0,12473	3,55038
106	Krapcowice	2010	30.06.2010	0,01006	0,00563	0,01453	0,06174	0,03556	0,23888
107	Domaszkw	2010	07.07.2010	0,01391	0,01099	0,01742	0,03793	0,02797	0,06463

Tab. 11: LC₅₀ und LC₉₀ Werte für Chlorpyriphos-methyl der im Jahr 2009 getesteten Rapsglanzkäfer-Populationen mit Angabe der unteren und oberen 95 % Konfidenzintervalle (KI).

Proben ID	Herkunft	Jahr	Datum	LC50 [µg/cm ²]	unteres 95% KI	oberes 95% KI	LC90 [µg/cm ²]	unteres 95% KI	oberes 95% KI
26	Bruel	2009	08.04.2009	0,00397	0,00262	0,00639	0,01823	0,01034	0,04794
73	Keindorf	2009	18.04.2009	0,00436	0,00295	0,00652	0,01635	0,01040	0,03076

Für beide Wirkstoffe der Organophosphate konnte aufgrund der Testergebnisse eine hohe Wirksamkeit gegenüber resistenten Rapsglanzkäfern ermittelt werden. Entsprechend gering sind die generierten LC₅₀ und LC₉₀-Werte. Die Korrelation mit den LC₉₀ Werten von I-Cyhalothrin zeigt mit einem Korrelationskoeffizienten von R²=0,0098 einen sehr schwachen Zusammenhang zwischen diesen beiden Wirkstoffen (Abb. 33), der aufgrund des unterschiedlichen Wirkmechanismus (Organophosphate sind nach IRAC mit einem Mode of Action 1B klassifiziert) dieser Substanzen zu erwarten war.

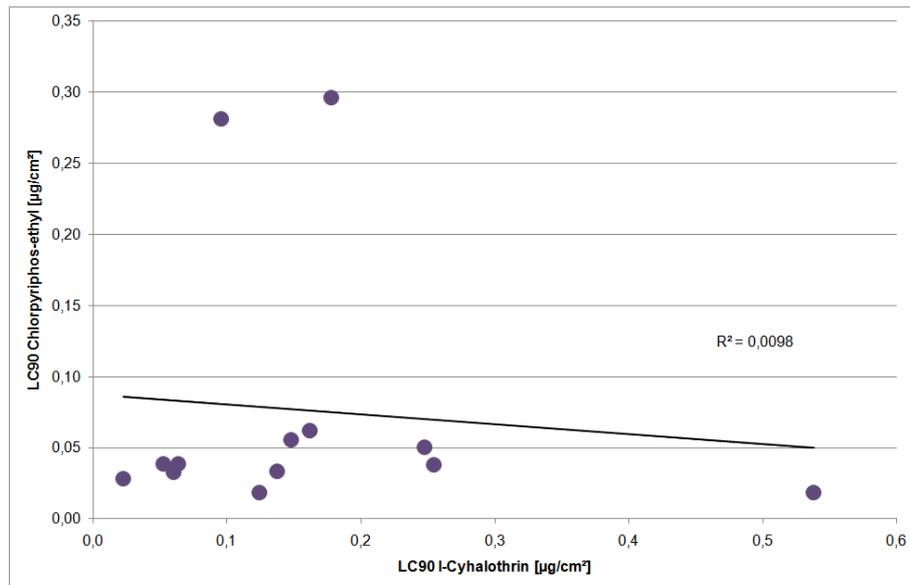


Abb. 33: Korrelation zwischen den LC₉₀ Werten für Chlorpyrifos-ethyl und I-Cyhalothrin, die auf Grundlage der 5 Stunden-Bonitur berechnet wurden.

3.1.3.4 Indoxacarb

2010 wurde das Insektizid Avaunt[®] (Wirkstoff Indoxacarb) nach § 11 des Pflanzenschutzgesetzes zur Bekämpfung von Rapsglanzkäfern bei Starkbefall genehmigt. Das Insektizid ist nach IRAC mit einem Mode of Action 22A klassifiziert und gehört zur Gruppe der Oxadiazine. Aufgrund der neuen Situation wurde dieses Insektizid im Jahr 2010 mit in das Untersuchungsprogramm aufgenommen. Methodisch wird, wie bei Biscaya, mit dem formulierten Produkt in Form einer Lösung in Wasser und Aceton gearbeitet. Insgesamt konnten 12 Populationen mit diesem neuen Insektizid getestet werden. Für zwei dieser Populationen konnte aufgrund einer fehlenden Dosis-Wirkungsbeziehung keine LC-Werte berechnet werden. Im Gegensatz zu den Pyrethroiden der Klasse I und den Organophosphaten reagierten die Käfer in den Tests erst deutlich verzögert auf Indoxacarb. Nach einer Exposition von fünf Stunden konnte in den meisten Fällen kaum eine Beeinflussung der Tiere durch den Wirkstoff beobachtet werden. Erst nach 24 Stunden ergaben sich klare Reaktionen der Tiere. Für Avaunt[®] ist demnach nur eine Auswertung der Versuche zum 24 Stunden Zeitpunkt sinnvoll. Diese Erfahrungen wurden auch vom Projektpartner BTL gemacht. Die aufgrund der Tests ermittelten LC₅₀ und LC₉₀ Werte für Avaunt sind in der Tabelle 12 aufgeführt. Eine Darstellung der Dosis-Wirkungskurven aller getesteten Populationen zeigt teilweise große Unterschiede in der Empfindlichkeit zwischen den Populationen (Abb. 34). Für die LC₉₀ Werte beträgt der Faktor zwischen dem geringsten (0,01054 µg/cm²) und dem höchsten Wert (0,28975 µg/cm²) 27. Da die Methodik zur Untersuchung der Empfindlichkeiten von Rapsglanzkäfern gegen Avaunt unter Berücksichtigung der langsamen Wirkung gut zu handhaben ist und es große Unterschiede in der Wirkung zwischen den Populationen gibt, empfiehlt sich bei steigender Anwendung des Produktes im Feld eine intensive, begleitende Untersuchung dieses Wirkstoffes im Labor.

Tab. 12: LC₅₀ und LC₉₀ Werte für Avaunt® der in 2010 getesteten Rapsglanzkäfer-Populationen mit Angabe der unteren und oberen 95 % Konfidenzintervalle (KI).

Proben ID	Herkunft	Jahr	Datum	LC50 [µg/cm ²]	unteres 95% KI	oberes 95% KI	LC90 [µg/cm ²]	unteres 95% KI	oberes 95% KI
75	Keindorf	2010	01.05.2010	0,00517	0,00316	0,00640	0,01251	0,00973	0,02454
84	Köchelsdorf	2010	27.05.2010	0,00880	0,00720	0,01045	0,02051	0,01657	0,02838
85	Köchelsdorf	2010	27.05.2010	0,00859	0,00698	0,01030	0,02152	0,01701	0,03112
86	Köchelsdorf	2010	27.05.2010	0,00511	0,00321	0,00647	0,01274	0,00998	0,02095
87	Köchelsdorf	2010	27.05.2010	0,00308	0,00114	0,00476	0,01300	0,00958	0,02062
88	Köchelsdorf	2010	27.05.2010	0,01276	0,00721	0,01811	0,03884	0,02719	0,07110
90	Kirchstück	2010	01.06.2010	0,01461	0,01092	0,01920	0,03652	0,02646	0,06387
91	Bruel	2010	01.06.2010	0,01495	0,01130	0,01840	0,03854	0,03091	0,05297
92	Bruel	2010	01.06.2010	0,00441	0,00317	0,00561	0,01054	0,00801	0,01705
94	Bruel	2010	02.06.2010	0,01683	0,00706	0,03183	0,28975	0,11957	1,98341

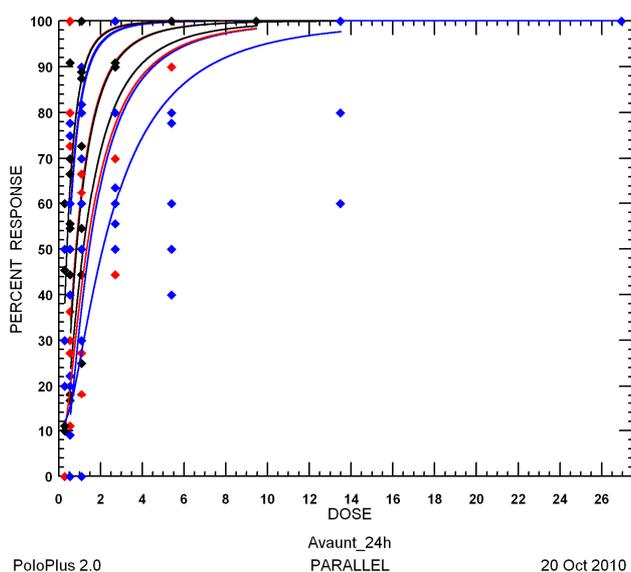


Abb. 34: Dosis-Wirkungs-Beziehungen der mit Avaunt getesteten 10 Populationen für die eine Berechnung der LC-Werte möglich war. Die Angabe der Dosis auf der X-Achse wurde mit dem Faktor 100 multipliziert.

Eine Korrelation der LC₉₀ Werte von Avaunt® mit den LC₉₀ Werten von I-Cyhalothrin ergibt einen Korrelationskoeffizienten von $R^2 = 0,2002$ (Abb. 35). Im Vergleich der Korrelationskoeffizienten von Biscaya ($R^2 = 0,0042$) und den Organophosphaten ($R^2 = 0,0098$) liegt dieser Wert deutlich höher und entspricht eher den Koeffizienten wie sie für die Pyrethroide der Klasse I in den Jahren 2007 und 2008 errechnet werden konnten (Etofenprox 2007 $R^2 = 0,2279$, Bifenthrin 2008 $R^2 = 0,2052$). Aufgrund des anderen Wirkmechanismus des Avaunt® ist auch bei einer Target-Side-Resistenz nicht mit einer Korrelation zu diesen Wirkstoffen zu rechnen.

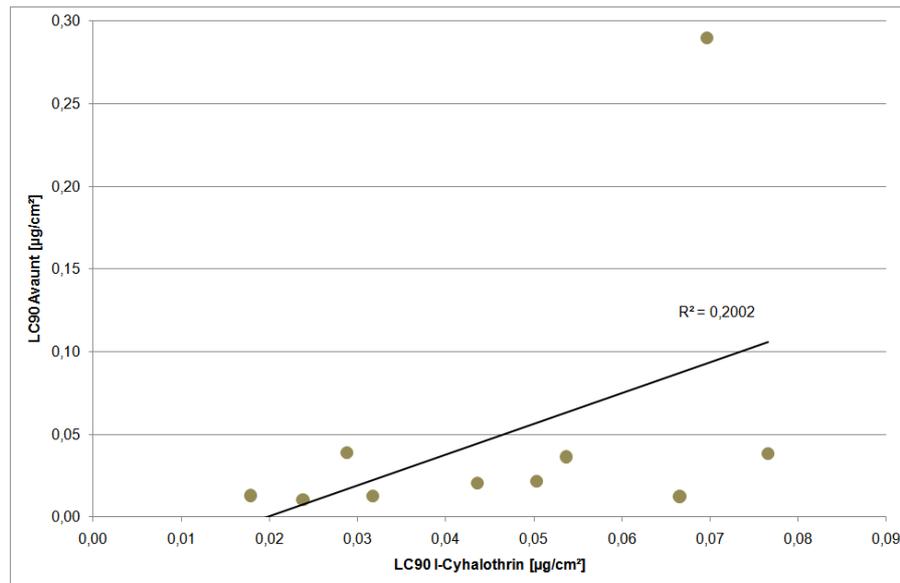


Abb. 35: Korrelation zwischen den LC₉₀ Werten für Avaunt und I-Cyhalothrin, die auf Grundlage der 24 Stunden-Bonitur berechnet wurden.

3.1.4 Sensitivitätsmonitoring anderer bedeutender Rapsschadinsekten

Neben einer Einschätzung der Resistenzsituation beim Rapsglankkäfer ist eine Beobachtung der Empfindlichkeiten der anderen Rapsschadinsekten wie Stängel-, Trieb- und Schotenrüssler oder Kohl- und Rapserdlöhe wichtig. Diese Arten sind aufgrund eines zeitlich überlappenden Vorkommens in der Kultur mehreren Insektizid-Applikationen ausgesetzt, die einen hohen Selektionsdruck auf Resistenz auch bei diesen Arten entstehen lassen. Um eine Veränderung der Empfindlichkeit frühzeitig erkennen zu können, wurden diese Arten im Rahmen eines Sensitivitätsmonitorings bereits seit dem Jahr 2005 vom JKI untersucht. Dabei wurden aus dem Bundesgebiet eingeschickte Populationen und selbst gesammelte Proben untersucht. Da zur Empfindlichkeit dieser Arten bisher kaum Untersuchungen durchgeführt wurden, stellen die insgesamt 265 untersuchten Populationen (Tab. 13) eine gute Datenbasis zur Bewertung der Empfindlichkeit der verschiedenen Arten gegenüber I-Cyhalothrin dar. Die Tabellen mit den untersuchten Standorten und den mittleren Mortalitäten der einzelnen Arten finden sich im Anhang. Mit 90 Populationen ist der Kohltriebrüssler (*Ceutorhynchus pallidactylus*) am häufigsten vertreten. Für den Kohlschotenrüssler (*Ceutorhynchus obstrictus*) konnten 61 Populationen untersucht werden. Die dritte Art der Rüssler, der Große Rapsstengelrüssler (*Ceutorhynchus napi*), war beim Monitoring mit 54 Populationen vertreten. Die Arten der Kohlerdlöhe (*Phyllotreta* spp.) waren mit 16 Populationen eine der am geringsten vertretenen Gruppe. Im Gegensatz dazu konnten für Rapserdlöhe (*Psylliodes chrysocephala*) besonders in den letzten beiden Jahren aufgrund der dort nachgewiesenen Resistenzentwicklung deutlich mehr Proben untersucht werden, so dass ihre Gesamtzahl mit 44 Populationen angegeben werden kann. Im Vergleich der Jahre untereinander ließen sich für 2006, 2007 und 2009 eine ähnlich Anzahl von 44 - 48 Populationen pro Jahr untersuchen. Zu Beginn der Untersuchungen im Jahr 2005 konnten nur 21 Populationen untersucht werden. Im Jahr 2010 wurde mit einer Anzahl von 72 untersuchten Populationen der höchste Wert seit 2005 erreicht. Die Anteile der einzelnen Arten und Jahre am Gesamtergebnis des Monitorings teilen sich wie folgt auf:

Tab. 13: Anzahl der seit 2005 vom JKI untersuchten Populationen der Rüssler und Erdflöhe im Rahmen des Sensitivitätsmonitorings

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	Summe
<i>Ceutorhynchus napi</i>	4	13	16	3	6	12	54
<i>Ceutorhynchus pallidactylus</i>	9	17	19	11	14	20	90
<i>Ceutorhynchus obstrictus</i>	4	11	6	13	9	18	61
<i>Phyllotreta</i> spp.	4	3	3	2	4	0	16
<i>Psylliodes chrysocephala</i>	0	0	2	5	15	22	44
Summe	21	44	46	34	48	72	265

3.1.4.1 Großer Rapsstängelrüssler (*Ceutorhynchus napi*)

Für *Ceutorhynchus napi* zeigten die Mehrzahl der untersuchten 54 Proben keine auffälligen Ergebnisse: Lediglich sechs Populationen zeigten bei einer Dosierung von 0,015 µg/cm² nicht die erwartete Mortalität von 100 %. Von diesen sechs Proben zeigten nur zwei Proben Mortalitäten von weniger als 80 %, wobei bei einer Probe eine sehr hohe Standardabweichung festzustellen war. Da im Jahr 2009 keine auffällige Population für *C. napi* nachgewiesen werden konnte, erfolgten auch keine Nachuntersuchungen im Jahr 2010. Aufgrund der geringen Anzahl von auffälligen Proben und der Tatsache, dass keine Proben mit einer deutlich verringerten Mortalität von weniger als 60 % nachzuweisen waren, kann die Wahrscheinlichkeit einer Resistenzentwicklung bei *C. napi* momentan als gering bewertet werden.

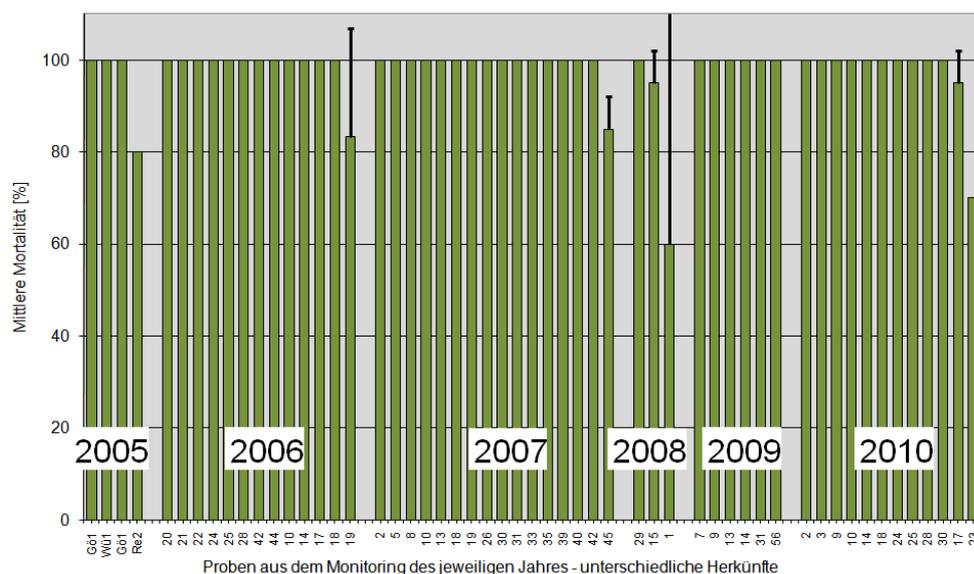


Abb. 36: Mittlere Mortalitäten der im Monitoring untersuchten Populationen von *Ceutorhynchus napi* bei einer Dosierung von 0,015 µg/cm² I-Cyhalothrin und einem Bonitur-Zeitpunkt von fünf Stunden.

Die gesamte Anzahl der untersuchten Monitoring-Proben für *Ceutorhynchus napi* von 2005 bis 2010 mit Herkunft und Testdatum findet sich im Anhang. Da aufgrund der schwer zu fangenden Rüsselkäfer die Anzahl der Tiere in vielen Proben nicht ausgereicht hat, um eine Probit-Analyse durchzuführen oder aber die Empfindlichkeit der Käfer so hoch war, dass selbst bei geringen Dosierungen eine 100 %ige Mortalität entstand, konnten insgesamt nur für neun der 54 Proben Dosis-Wirkungskurven und LC-Werte berechnet werden. Zur Bewertung der restlichen Proben können daher nur die mittleren Mortalitäten im Test herangezogen werden.

Tab. 14: LC₅₀ und LC₉₀ Werte mit Angabe der unteren und oberen 95 % Konfidenzintervalle (KI) für neun Populationen von *Ceutorhynchus napi*.

Jahr	ID	Testdatum	Bundesland	Herkunft	PLZ	LC50 [µg/cm ²]	unteres 95% KI	oberes 95% KI	LC90 [µg/cm ²]	unteres 95% KI	oberes 95% KI
2007	5	13.03.2007	Niedersachsen	Wendhausen	38165	0,00104	0,00092	0,0012	0,00176	0,0015	0,0023
2007	18	16.03.2007	Nordrhein-Westfalen	Blaufelden	55494	0,00055	0,00013	0,0008	0,00208	0,0015	0,0057
2007	19	16.03.2007	Niedersachsen	Göttingen	37077	0,00066	0,00032	0,0009	0,00194	0,0015	0,0039
2007	45	23.03.2007	Thüringen	Sömmerda	99510	0,00167	0,00055	0,0034	0,01074	0,0049	0,1072
2009	14	07.04.2009	Sachsen	Mockrthena	04838	0,00189	0,00128	0,0026	0,00442	0,0031	0,0126
2010	10	30.03.2010	Niedersachsen	Braunschweig	38165	0,00189	0,00166	0,0021	0,0028	0,0025	0,0035
2010	17	30.03.2010	Rheinland-Pfalz	Morbach	54497	0,00567	0,00419	0,008	0,01168	0,0082	0,0213
2010	25	31.03.2010	Mecklenburg-Vorpommern	Schwerin	19395	0,00173	0,00102	0,0023	0,00503	0,0034	0,0178
2010	28	12.04.2010	Niedersachsen	Göttingen	37073	0,00145	0,00068	0,0021	0,00599	0,004	0,0158

Beim Vergleich der errechneten LC-Werte fällt besonders die Probe 17 aus dem Jahr 2010 mit einer besonders hohen LC₅₀ von 0,00567 µg/cm² und LC₉₀ von 0,01168 µg/cm² auf. Bei dieser Probe aus Rheinland-Pfalz konnte bei einer Dosierung von 0,015 µg/cm² eine mittlere Mortalität von 95 % festgestellt werden. Besonders auffällig ist allerdings die Mortalität dieser Probe bei einer Dosierung von 0,003 µg/cm² (entspricht einem Äquivalent von 4 % der Feldaufwandmenge): Hier konnten nur 15 % Mortalität festgestellt werden. Dieser Wert weicht deutlich von den sonst bei dieser Dosierung festgestellten Mortalitäten ab. Neben einer Probe, die bei dieser Dosierung keine Mortalität aufwies, liegen die meisten Mortalitäten zwischen 36 % und 100 % bei einem Mittelwert von 82,4 %.

3.1.4.2 Gefleckter Kohltriebrüssler (*Ceutorhynchus pallidactylus*)

Im Gegensatz zu den anderen beiden Arten der Rüssler wurde für *C. pallidactylus* im Jahr 2008 und 2009 eine steigende Anzahl von Populationen geprüft, die bei einer diskriminierenden Dosis von 0,015 µg/cm² I-Cyhalothrin nicht mehr mit der erwarteten Mortalität von 100 % reagierten (Abb. 37). Bereits im Jahr 2008 konnte für zwei Proben eine mittlere Mortalität von weniger als 40 % im Adult-Vial-Test beobachtet werden. Alleine im Jahr 2009 zeigten lediglich vier von 14 Proben 100 % Mortalität im Test. Für andere Standorte betragen die beobachteten mittleren Mortalitäten der Käfer dieses Jahres im besten Falle 95 % und im schlechtesten Falle 46,7 %. Auch wiesen vier der vierzehn Populationen mittlere Mortalitäten von weniger als 60 % auf. Im Jahr 2010 konnten 20 *C. pallidactylus* Proben untersucht werden. Elf von ihnen zeigten keine verminderten Mortalitäten. Für neun Proben wurden verringerte Mortalitäten festgestellt. Mit einem minimalen Wert von 80,2 % Mortalität und einem maximalen Wert von 95 % zeigen diese

Ergebnisse keine Verschlechterung im Vergleich zum Vorjahr an. Proben mit Mortalitäten unter 60 % konnten 2010 nicht beobachtet werden.

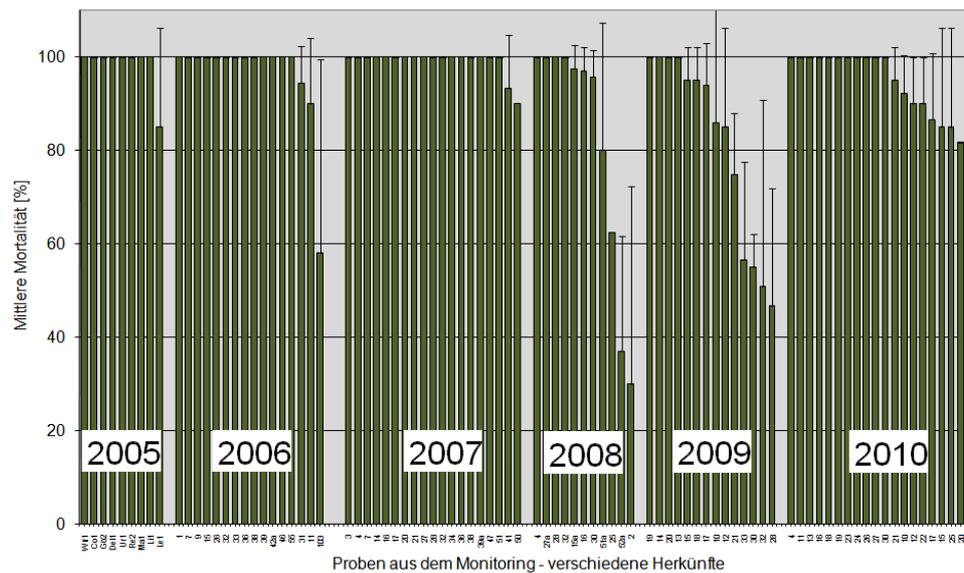


Abb. 37: Mittlere Mortalitäten der im Monitoring untersuchten Populationen von *Ceutorhynchus pallidactylus* bei einer Dosierung von 0,015 µg/cm² I-Cyhalothrin und einer Bonitur nach fünf Stunden.

Die Gesamtzahl der im Rahmen des Monitorings untersuchten *C. pallidactylus* Proben mit der entsprechenden Herkunft findet sich in der Tabelle 16. Aufgrund der hohen Anzahl von auffälligen Proben hebt sich *C. pallidactylus* deutlich von den anderen beiden Arten der Rüssler ab. Für zwei Standorte, bei denen die Tests der Käfer im Monitoring 2008 eine verminderte Mortalität ergaben (Zusmarshausen, Bayern und Wendhausen, Niedersachsen), konnten Nachuntersuchungen im Jahr 2009 eine im Vergleich zum Ergebnis aus 2008 (62,5 % und 97,5 %) veränderte, aber immer noch auffällige Mortalität der Käfer von 94,0 % und 86,0 % nachweisen. Erstmals wurden damit Standorte einer *C. pallidactylus* Population an zwei Jahren hintereinander als auffällig eingestuft.

Analog zum Vorjahr fanden 2010 Nachuntersuchungen der auffälligen Standorte im Jahr 2009 statt. Von den zehn auffälligen Standorten im Jahr 2010 konnten fünf nachuntersucht werden. Aufgrund der Einwanderung der Käfer in die Schläge und der Rotation der Rapsschläge kann leider nicht unmittelbar davon ausgegangen werden, wirklich die gleiche Population untersucht zu haben. Trotzdem bleibt diese, etwas ungenaue Methode, zurzeit die einzigste Möglichkeit eine Veränderung der Empfindlichkeit zu überprüfen. Die Ergebnisse dieser Nachuntersuchungen finden sich in der Tabelle 15.

Tab. 15. Ergebnisse der Nachuntersuchung von auffälligen *C. pallidactylus* Standorten aus dem Jahr 2009

Jahr	ID	Testdatum	Einsender	Bundesland	Ort	PLZ	Mittlere Mortalität [%] bei 0,015	Jahr	ID	Testdatum	Mittlere Mortalität [%] bei 0,015
2009	15	07.04.2009	ALF Deggendorf	Bayern	Deggendorf	94469	95,0	2010	14	27.03.2010	80,2
2009	17	07.04.2009	ALF Augsburg	Bayern	Zusmarshausen	86441	94,0	2010	26	06.04.2010	100,0
2009	10	06.04.2009	JKI	Niedersachsen	Wendhausen	38165	86,0	2010	10	30.03.2010	92,2
2009	12	06.04.2009	JKI	Niedersachsen	Destedt/Hemkenrode	38162	85,0	2010	21	29.03.2010	95,0
2009	21	14.04.2009	ALF Ansbach	Bayern	Dinkelsbühl	91550	74,9	2010	16	27.03.2010	100,0

Von den fünf nachuntersuchten Standorten wurden im Jahr 2010 an drei Orten ebenfalls auffällige Mortalitäten ermittelt, auch wenn die Ergebnisse für zwei Standorte aktuell eine höhere Mortalität im Vergleich zum Jahr 2009 ergaben. Für zwei Standorte bestätigten sich die auffälligen Mortalitäten aus dem Jahr 2009 nicht. Von allen nachuntersuchten Standorten ist Deggendorf mit einer nochmals verringerten Mortalität im Jahr 2010 von 80,2 % am kritischsten zu bewerten. Ein Vergleich der berechneten Dosis-Wirkungskurven von 2009 und 2010 für die Standorte Deggendorf und Wendhausen zeigt besonders für Deggendorf zwei unterschiedliche Kurven, die zwar parallel verlaufen, aber nicht mehr identisch sind. Dies spiegelt die unterschiedliche Empfindlichkeit der Käfer in 2009 und 2010 wider. Für den Standort Wendhausen wurde ebenfalls eine Verschiebung der Dosis-Wirkungs-Kurve beobachtet, die allerdings geringer ausfällt als das für den Standort Deggendorf der Fall ist. Eine erneute Untersuchung der Kohltriebrüssler am Standort Deggendorf im Jahr 2011 wird zur Überprüfung dieser Verschiebung der Empfindlichkeit daher empfohlen.

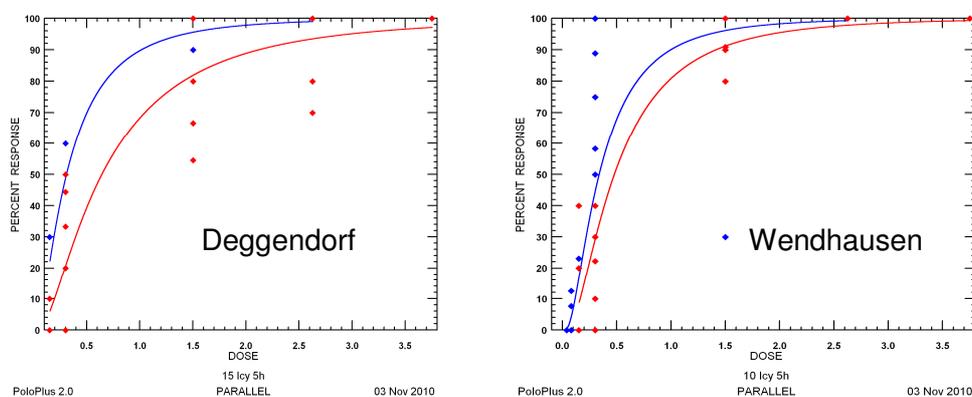


Abb. 38: Dosis-Wirkungsfunktion für die Kohltriebrüssler am Standort Deggendorf und Wendhausen für die Jahre 2009 (blaue Kurve) und 2010 (rote Kurve). Die Werte der Dosierungen müssen zur korrekten Ablesung durch 100 geteilt werden.

Aufgrund des hohen Probenaufkommens für *Ceutorhynchus pallidactylus* und der meistens hohen Anzahl von Tieren in einer Probe konnten seit dem Jahr 2005 für diese Art insgesamt für 32 Populationen LC-Werte berechnet werden. Die LC₅₀ und LC₉₀ Werte sind mit ihren 95 % Konfidenzintervallen in der folgenden Tabelle dargestellt.

Tab. 16: LC₅₀ und LC₉₀ Werte mit Angabe der unteren und oberen 95 % Konfidenzintervalle (KI) für 32 Populationen von *Ceutorhynchus pallidactylus*.

Jahr	ID	Testdatum	Bundesland	Herkunft	PLZ	LC50 [µg/cm ²]	unteres 95% KI	oberes 95% KI	LC90 [µg/cm ²]	unteres 95% KI	oberes 95% KI
2006	11	12.04.2006	Brandenburg	Cottbus	03046	0,00298	0,00118	0,00512	0,013	0,00736	0,04308
2006	31	20.04.2006	Nordrhein-Westfalen	Münsterland	48143	0,00152	0,00035	0,00279	0,00852	0,00472	0,03269
2006	103	04.04.2006	Mecklenburg-Vorpommern	Bad Doberan	18209	0,00796	0,0054	0,01173	0,0205	0,01351	0,04688
2007	32	19.03.2007	Nordrhein-Westfalen	Bonn	53347	0,00162	0,00134	0,00196	0,00336	0,00262	0,00548
2007	4	13.03.2007	Niedersachsen	Wendhausen	38165	0,00142	0,0012	0,0012	0,00284	0,00233	0,00394
2007	17	16.03.2007	Baden-Württemberg	Herrentierbach	74385	0,00226	0,00173	0,00322	0,00595	0,00394	0,01434
2007	34	20.03.2007	Bayern	Bayreuth	95503	0,00183	0,00126	0,00285	0,00402	0,00266	0,01868
2007	28	19.03.2007	Hessen	Kassel	34292	0,00153	0,00112	0,00203	0,0059	0,00395	0,01256
2007	51	02.04.2007	Mecklenburg-Vorpommern	Sagerheide	18184	0,0029	0,00234	0,00374	0,00876	0,0062	0,0152
2007	3	07.03.2007	Rheinland-Pfalz	Bitburg	54344	0,00279	0,00202	0,00401	0,01104	0,00697	0,02375
2007	50	02.04.2007	Brandenburg	Cottbus	03042	0,00299	0,00179	0,00538	0,01141	0,00611	0,05114
2008	27a	08.04.2008	Thüringen	Stadtroda	03607	0,00209	0,00152	0,0027	0,00707	0,00492	0,0145
2008	30	08.04.2008	Mecklenburg-Vorpommern	Sagerheide	18184	0,00334	0,00196	0,00498	0,01187	0,00765	0,02591
2008	52a	05.05.2008	Thüringen	Großenstein	07580	0,01073	0,00617	0,01799	0,03311	0,01944	0,10077
2009	13	07.04.2009	Nordrhein-Westfalen	Bonn	53229	0,00215	0,00134	0,00307	0,00716	0,00463	0,01958
2009	15	07.04.2009	Bayern	Deggendorf	94469	0,00304	0,00204	0,00438	0,01056	0,00678	0,02468
2009	17	07.04.2009	Bayern	Zusmarshausen	86441	0,00369	0,00303	0,00454	0,00975	0,00749	0,014
2009	10	06.04.2009	Niedersachsen	Wendhausen	38165	0,00337	0,00205	0,00594	0,01104	0,0062	0,03901
2009	12	06.04.2009	Niedersachsen	Destedt	38162	0,00555	0,00324	0,01225	0,01777	0,00896	0,09649
2009	21	14.04.2009	Bayern	Dinkelsbühl	91550	0,00672	0,00456	0,00897	0,02406	0,01781	0,03668
2009	33	15.04.2009	Thüringen	Stadtroda	07613	0,01176	0,00571	0,01868	0,04185	0,02499	0,15652
2009	30	15.04.2009	Thüringen	Dornburg	07778	0,01012	0,00431	0,01697	0,04472	0,02505	0,19517
2009	32	16.04.2009	Rheinland Pfalz	Dockendorf	54636	0,01847	0,00911	0,03259	0,05384	0,03108	0,54958
2010	10	30.03.2010	Niedersachsen	Wendhausen	38165	0,00472	0,00368	0,00611	0,01285	0,00946	0,01993
2010	11	27.03.2010	Bayern	Reiterswiesen	97688	0,00345	0,00225	0,00541	0,0097	0,00602	0,02865
2010	14	30.03.2010	Bayern	Deggendorf	94469	0,0064	0,00465	0,00853	0,02104	0,01514	0,03345
2010	15	27.03.2010	Bayern	Kronungen	97490	0,00745	0,00264	0,01597	0,02142	0,01086	0,14455
2010	17	30.03.2010	Rheinland-Pfalz	Morbach	54497	0,00531	0,00327	0,00765	0,01452	0,01	0,02513
2010	18	29.03.2010	Rheinland-Pfalz	Kenn	54344	0,00201	0,00156	0,00249	0,00638	0,00474	0,01073
2010	21	29.03.2010	Niedersachsen	Destedt	38162	0,00333	0,00241	0,00455	0,01051	0,00716	0,02034
2010	22	31.03.2010	Niedersachsen	Barsinghausen	30890	0,00257	0,00154	0,00378	0,01012	0,00648	0,02263
2010	23	31.03.2010	Mecklenburg-Vorpommern	Sagerheide	18184	0,00183	0,00072	0,00279	0,00536	0,00338	0,02863

Eine zeitliche Veränderung der Empfindlichkeiten gegenüber I-Cyhalothrin lässt sich beim Vergleich der LC-Werte von *C. pallidactylus* von 2006 bis 2010 beobachten (Abb. 39). Besonders für das Jahr 2009 ist eine Veränderung der Streubreite und der absoluten Höhe der Werte festzustellen. Die Ergebnisse des Jahres 2010 zeigten einen Rückgang der Werte auf das Niveau von 2008, wobei im Jahr 2010 eine geringere Schwankungsbreite festzustellen war. Mit diesen Ergebnissen ist der von 2007 bis 2009 zu erkennende Trend der Erhöhung der LC-Werte für *Ceutorhynchus pallidactylus* unterbrochen. Allerdings unterscheidet sich die regionale Herkunft der Proben von Jahr zu Jahr: Konnten im Jahr 2009 noch mehrere Kohltriebrüssler-Proben aus Thüringen untersucht werden, so fehlte dieses Bundesland im Jahr 2010. Im Jahr 2009 und 2008 haben insgesamt drei Proben aus Thüringen mit deutlich höheren LC-Werten von bis zu 0,01176 µg/cm² (Herkunft Stadtroda, 2009) die Ergebnisse maßgeblich beeinflusst. Im regionalen Vergleich der ermittelten Empfindlichkeiten für *Ceutorhynchus pallidactylus* fällt dieses Bundesland daher mit besonders geringen Empfindlichkeiten auf. Eine weitere Untersuchung der Kohltriebrüssler-Populationen von diesen Standorten ist daher ebenfalls angezeigt. Auch für andere Standorte ließ sich im Vergleich der Ergebnisse von Jahr zu Jahr Tendenzen in der Entwicklung der Empfindlichkeiten von Kohltriebrüsslern feststellen: In Wendhausen (JKI Versuchsflächen bei Braunschweig) wurde 2007 ein LC₅₀ von 0,00142 µg/cm² I-Cyhalothrin berechnet. Im Jahr 2009 betrug dieser Wert am gleichen Standort 0,00337 µg/cm². Eine Zunahme um den Faktor 2,3. Eine weitere Zunahme des LC₅₀ Wertes konnte im Jahr 2010 auf 0,00472 µg/cm² beobachtet werden. Eine weitere Zunahme seit 2009 um den Faktor 1,4. Insgesamt hat sich die Empfindlichkeit der Kohltriebrüssler an diesem Standort von 2007 bis

2010 um einen Faktor von 3,3 verringert. Eine zunehmende Tendenz ist auch für die Werte der LC₉₀ zu erkennen.

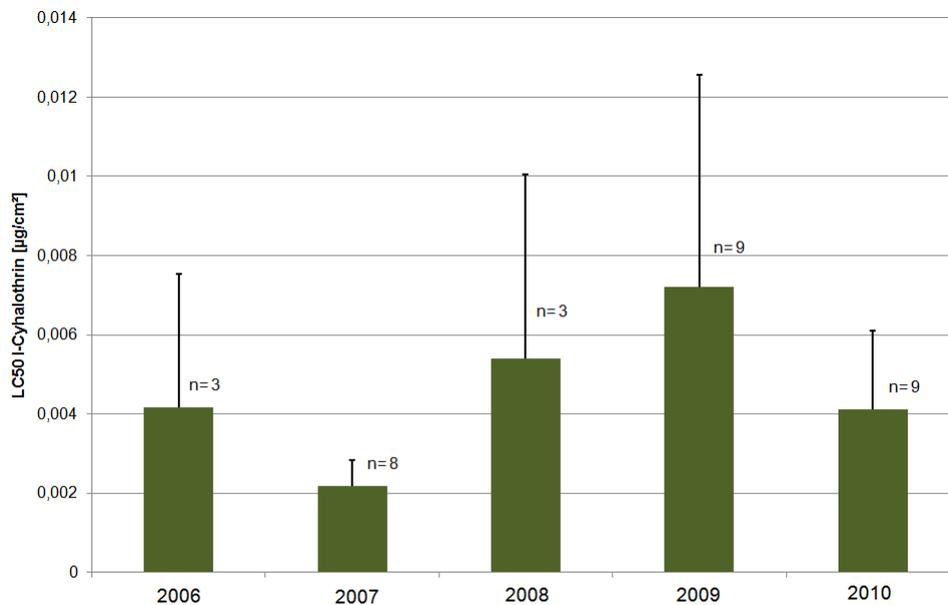


Abb. 39: Veränderung der berechenbaren LC₅₀ Werte (± SD) für *Ceutorhynchus pallidactylus* von 2006 bis 2010.

3.1.4.3 Kohlschotenrüssler (*Ceutorhynchus obstrictus*)

Die Ergebnisse der Sensitivitätstests für *Ceutorhynchus obstrictus* ergaben im Zeitraum von 2005 bis 2010 insgesamt bei 11 von 61 getesteten Populationen eine nur leicht verringerte Mortalität bei 0,015 µg/cm² I-Cyhalothrin. Bis auf eine Probe aus dem Jahr 2010 betrug die niedrigste mittlere Mortalität der auffälligen Proben lediglich 88,9 %. Damit unterscheiden sich die Monitoring-Ergebnisse von *Ceutorhynchus obstrictus* leicht von den Ergebnissen von *C. napi* und deutlich zu den Ergebnissen von *C. pallidactylus*. Die Nachuntersuchung einer Probe aus Göttingen im Jahr 2009 (97,2 % Mortalität) ergab im Jahr 2010 am gleichen Standort eine Mortalität von 100 % bei 0,015 µg/cm². Aufgrund der Tatsache, dass seit 2005 für *Ceutorhynchus obstrictus* keine maßgeblichen Veränderung in der Empfindlichkeit festzustellen war, stellt sich die Situation ebenso wie für *C. napi* als unproblematisch dar.

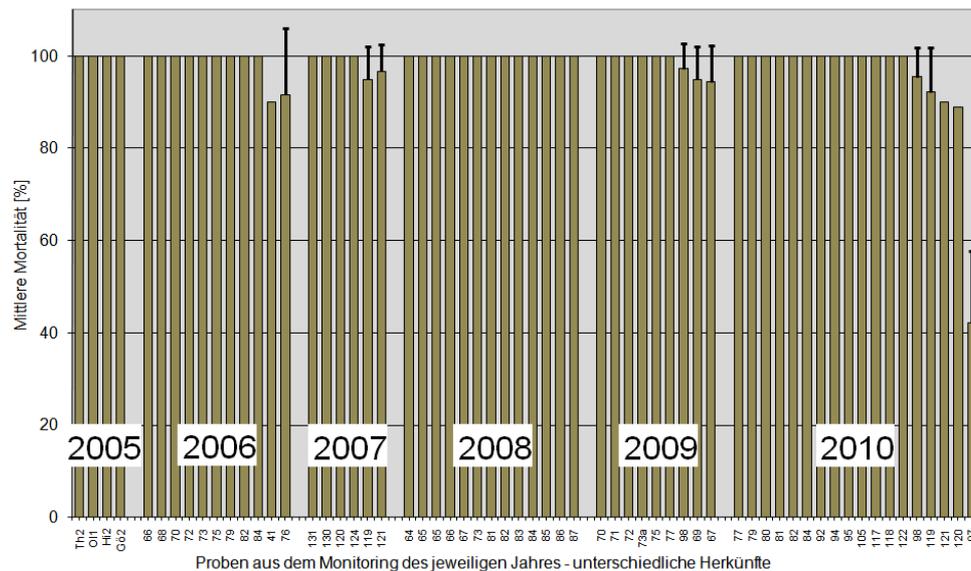


Abb. 40: Mittlere Mortalitäten der Monitoring-Proben von *Ceutorhynchus pallidactylus* bei einer Dosierung von 0,015 µg/cm² I-Cyhalothrin und einem Boniturzeitpunkt von fünf Stunden.

Eine Ausnahme stellt die Probe 97 im Jahr 2010 dar. Nachdem der Test einer Kohlschotenrüssler-Population aus der Versuchsstation Birkenmoor der Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein ein sehr auffälliges Ergebnis gezeigt hat, konnten bei einer zweiten Aufsammlung noch ausreichend Tiere für einen Vergleichstest am JKI gefunden werden. Diese Untersuchung ergab ebenfalls eine im Vergleich zu anderen *C. obstrictus* Proben verringerte Mortalität von 42,2 %. Besonders auffällig an dieser Probe ist die geringe Mortalität von 12,7 % bei einer Dosierung von 0,003 µg/cm² I-Cyhalothrin. Normalerweise liegen die Mortalitäten bei dieser Dosierung für *C. obstrictus* im Mittel bei 80,9 % für alle untersuchten Proben. Lediglich zwei andere Proben des Jahres 2008 zeigten ebenfalls niedrige Mortalitäten bei dieser Dosierung (Keindorf, 26 % und Lübeck 21,1 %), wobei für diese Proben keine verringerten Werte bei 0,015 µg/cm² beobachtet werden konnten. Da für die Probe der Kohlschotenrüssler von der Versuchsstation Birkenmoor mehrere, unabhängig voneinander, erzeugte Testergebnisse mit der gleichen Aussage vorliegen, ist die Wahrscheinlichkeit sehr hoch, dass die getestete Population über eine gesichert verringerte Empfindlichkeit gegenüber Pyrethroiden verfügt. Eine Nachuntersuchung dieses Standortes sollte daher unbedingt erfolgen, zumal auch andere Kohlschotenrüssler-Populationen aus Schleswig-Holstein in den Jahren davor durch Abweichungen der zu erwartenden Mortalität besonders im Raum Lübeck aufgefallen sind. Für die Testergebnisse des Jahres 2010 fällt weiterhin auf, dass neben der bereits angesprochenen Probe aus Schleswig-Holstein auch vier Proben mit Mortalitäten von weniger als 100 % aus dem Raum Schwerin kommen. Dabei handelte es sich um Kohlschotenrüssler, die in Proben von Rapserrdflohen enthalten waren. Aufgrund der Resistenzproblematik beim Rapserrdfloh fand in dieser Region 2010 eine besonders intensive Aufsammlung von Käfern statt. Ein erhöhter Anteil von auffälligen Proben in einer Region, für die bereits eine Resistenzentwicklung bei einer anderen Art nachgewiesen wurde, sollte natürlich die Aufmerksamkeit erhöhen.

Im Untersuchungszeitraum konnten für *Ceutorhynchus obstrictus* insgesamt 15 Dosis-Wirkungsbeziehungen mit einer Probit Analyse berechnet werden. Die daraus ermittelten LC₅₀ und LC₉₀ Werte finden sich mit den Konfidenzintervallen in der Tabelle 17. Die höchsten LC-Werte ergeben sich für die bereits angesprochene Probe aus Schleswig-Holstein. Proben aus Sachsen-Anhalt, Niedersachsen und Thüringen zeigten mit LC₅₀ Werten von 0,00265 – 0,00394 µg/cm² I-Cyhalothrin eine vierfach höhere Empfindlichkeit als die Probe 97. Diese Proben unterscheiden sich aber noch einmal deutlich von den empfindlicheren Populationen, denen LC₅₀ Werte von 0,00045 – 0,0189 µg/cm² zugeordnet werden konnten. Die empfindlichste Probe (ID 105, 2010, Göttingen) unterscheidet sich mit einem Faktor von 37 für die LC₅₀ und mit einem Faktor von 132 für die LC₉₀ zur am wenigsten empfindlichen Probe mit der ID 97.

Tab. 17: LC₅₀ und LC₉₀ Werte mit Angabe der unteren und oberen 95 % Konfidenzintervalle (KI) für 15 Populationen von *Ceutorhynchus obstrictus*.

Jahr	ID	Testdatum	Bundesland	Herkunft	PLZ	LC50 [µg/cm ²]	unteres 95% KI	oberes 95% KI	LC90 [µg/cm ²]	unteres 95% KI	oberes 95% KI
2006	76	22.05.2006	Schleswig-Holstein	Lübeck	23552	0,00105	0,00007	0,00225	0,00761	0,00374	0,05597
2007	121	04.05.2009	Schleswig-Holstein	Lübeck	23566	0,00054	0,0001	0,00101	0,00516	0,003	0,01801
2008	64	14.05.2008	Sachsen-Anhalt	Keindorf	39359	0,00394	0,00331	0,00505	0,00795	0,00596	0,01321
2008	65	13.05.2008	Niedersachsen	Steinum	38154	0,00265	0,00239	0,00297	0,00404	0,00348	0,0053
2008	67	15.05.2008	Thüringen	Burkersdorf	7907	0,00364	0,00298	0,00464	0,00801	0,00595	0,01345
2008	73	19.05.2008	Niedersachsen	Barsinghausen	30890	0,00289	0,00229	0,00453	0,00552	0,0385	0,02543
2009	72	30.04.2009	Sachsen-Anhalt	Dessau	06844	0,00158	0,00137	0,00177	0,00253	0,0022	0,00328
2009	98	23.07.2009	Niedersachsen	Göttingen	37077	0,00124	0,00009	0,00278	0,0088	0,00462	0,02098
2010	79	21.05.2010	Sachsen-Anhalt	Dessau	06842	0,00189	0,00165	0,00248	0,00286	0,00248	0,00366
2010	97	10.06.2010	Schleswig-Holstein	Schwedeneck	24229	0,01677	0,01245	0,02268	0,10035	0,06079	0,24766
2010	105	30.06.2010	Niedersachsen	Göttingen	37249	0,00045	0,00036	0,00053	0,00076	0,00063	0,00115
2010	117	02.08.2010	Brandenburg	Prenzlau	17291	0,0017	0,00151	0,00188	0,00257	0,00226	0,00323
2010	118	02.08.2010	Brandenburg	Trampe	16230	0,00182	0,00151	0,00212	0,00337	0,00276	0,00522
2010	119	03.08.2010	Mecklenburg-Vorpommern	Lübz	19386	0,00325	0,00234	0,00429	0,01563	0,01129	0,02433
2010	120	03.08.2010	Mecklenburg-Vorpommern	Lübz	19386	0,00312	0,00134	0,00648	0,01023	0,0053	0,12284

Ein Vergleich unter Berücksichtigung aller im Projekt erhobenen Daten zeigt Unterschiede in der Empfindlichkeit zwischen den drei Rüssler-Arten. Die Mittelwerte der LC₅₀ Ergebnisse zeigen Unterschiede in den Empfindlichkeiten von *Ceutorhynchus napi* zu den anderen beiden Arten. Für diese Art konnten geringere LC₅₀ Werte festgestellt werden als für *Ceutorhynchus obstrictus* und *Ceutorhynchus pallidactylus* (Abb. 41). Dieses Ergebnis deckt sich mit der geringen Anzahl an Proben, die bei 0,015 µg/cm² keine 100 %ige Mortalität im Test zeigten. Im Gegensatz zu *Ceutorhynchus napi* konnten für *Ceutorhynchus pallidactylus* die höchsten LC₅₀ Werte der Rüssler ermittelt werden. Diese insgesamt geringere Empfindlichkeit zeigt sich auch in einem höheren Anteil von Proben mit einer geringeren Mortalität als 100 % bei 0,015 µg/cm². *Ceutorhynchus obstrictus* nimmt im Vergleich der drei Rüssler-Arten nach den Ergebnissen des Projektes eine mittlere Position ein. Ein Vergleich aller erhobener LC₅₀ Werte von *Psylliodes chrysocephala*, *Ceutorhynchus pallidactylus* und *Ceutorhynchus obstrictus* (Abb. 42) zeigt für die besonders auffällige Probe 97 durchaus Ergebnisse, die mit resistenten Erdflöh-Populationen zu vergleichen sind. Betrachtet man die Faktoren, die sich ergeben wenn die empfindlichsten Werte mit den am wenigsten empfindlichen Werten verglichen werden, ergeben sich Unterschiede zwischen den drei Arten: Mit einem Faktor von 37 zeigt *Ceutorhynchus obstrictus* die größten Unterschiede zwischen sensitiven und weniger sensitiven Populationen. Für die Erdflöhe (*Psylliodes chrysocephala*), für die eine Resistenz bereits nachgewiesen wurde, beträgt dieser Faktor 29. Die Ergebnisse der Rüssler-Art *Ceutorhynchus pallidactylus* zeigten in diesem Vergleich

den geringsten Faktor von 13. Ein Vergleich dieser Faktoren zeigt, dass die Unterschiede von sensitiven zu weniger sensitiven Populationen beim Kohlschotenrüssler (*C. obstrictus*) eher mit den Sensitivitätsunterschieden von Rapserrflöhen zu vergleichen ist als mit den Unterschieden bei *C. pallidactylus*. Diese Tatsache unterstreicht die Notwendigkeit einer weiteren Beobachtung der Rüssler-Empfindlichkeiten.

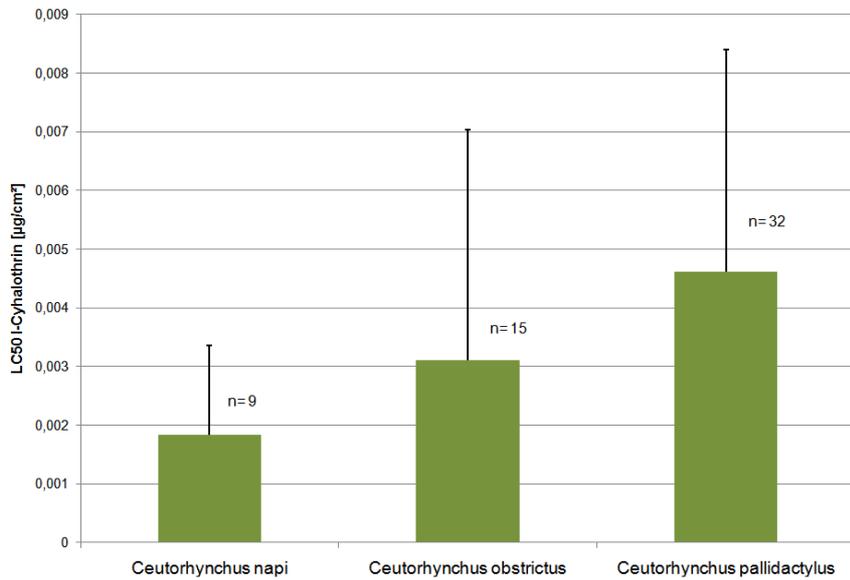


Abb. 41: Mittelwert aller im Rahmen des Projektes errechneten LC₅₀ Werte der drei Rüssler-Arten.

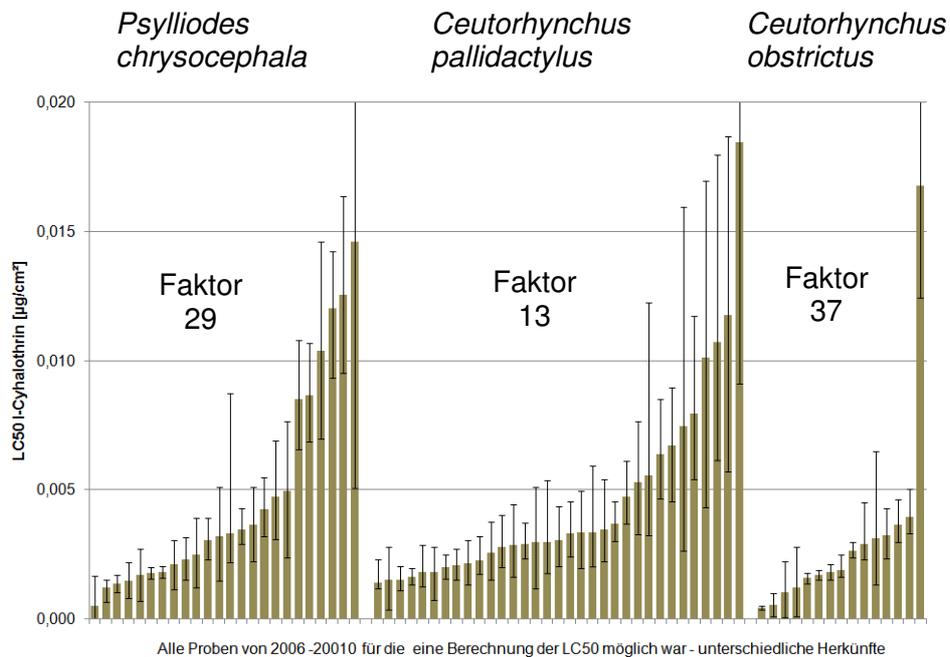


Abb. 42: Alle berechenbaren LC₅₀ Werte von 2006 -2010 für *Psylliodes*, *C. pallidactylus* und *C. obstrictus* mit ihren oberen und unteren 95 % Konfidenzintervallen.

3.1.4.4 Kohlerdföhe (*Phyllotreta* spp.)

Im Rahmen des Monitorings konnten 14 Populationen von *Phyllotreta* spp. getestet werden (Tab. 18). Dabei kamen die Proben lediglich aus drei Bundesländern: Rheinland-Pfalz, Baden-Württemberg und Niedersachsen. Zwei Proben aus dem Jahr 2009 konnten in Österreich gesammelt werden. Alle Proben aus Niedersachsen wurden vom JKI gesammelt. Bis auf die Probe 112 zeigten alle Populationen bereits bei einer Dosierung von 0,003 µg/cm² eine hohe Mortalität von mehr als 77 %. Bei der Probe 114 aus Rheinland-Pfalz aus dem Jahr 2009 und bei der Probe 112 aus Niederösterreich konnten bei 0,015 µg/cm² nur 96,7 % bzw. 95 % Mortalität festgestellt werden. Aufgrund der hohen Anzahl von unauffälligen Proben und den festgestellten geringen Abweichungen zur erwarteten Mortalität können die Kohlerdföhe als unkritisch bewertet werden. Insgesamt konnten für acht der 14 Populationen LC-Werte berechnet werden, die in Tabelle 18 aufgeführt sind. Beim Vergleich der Werte fällt besonders die Populationen 112 mit einem hohen LC₅₀ Wert von 0,00363 µg/cm² und einem entsprechend hohen LC₉₀ Wert von 0,01102 µg/cm² auf. Dieses Ergebnis korrespondiert gut mit der geringen Mortalität dieser Probe bei 0,003µg/cm². Alle anderen Populationen verfügen über geringe LC-Werte. Die Faktoren zwischen den empfindlichsten und am wenigsten empfindlichsten Populationen betragen für die LC₅₀ 12 und für die LC₉₀ 4. Sie liegen damit deutlich unter den Faktoren, die für die Rüssler und den Rapserrdfloh gefunden wurden.

Tab. 18: LC₅₀ und LC₉₀ Werte mit Angabe der unteren und oberen 95 % Konfidenzintervalle (KI) für acht Populationen von *Phyllotreta* spp.

Jahr	ID	Testdatum	Bundesland	Herkunft	PLZ	LC50 [µg/cm ²]	unteres 95% KI	oberes 95% KI	LC90 [µg/cm ²]	unteres 95% KI	oberes 95% KI
2005	Rh1	13.04.2005	Rheinland Pfalz	Bad Kreuznach	55543	0,00138	0,001	0,00183	0,0041	0,00282	0,00889
2005	Hö1	12.05.2005	Niedersachsen	Hötzum	38126	0,00147	0,00066	0,0027	0,00434	0,00245	0,0522
2006	64	16.05.2006	Rheinland Pfalz	Bitburg	54634	0,00028	0	0,00077	0,00255	0,00114	0,00555
2007	155	27.06.2007	Baden-Württemberg	Mauchenheim	67259	0,00147	0,00126	0,00172	0,00238	0,00199	0,00326
2007	157	27.06.2007	Baden-Württemberg	Mauchenheim	67294	0,00102	0,00073	0,00138	0,00462	0,00299	0,01002
2007	165	17.09.2007	Rheinland Pfalz	k.A.	k.A.	0,00137	0,00105	0,0017	0,00244	0,00194	0,00377
2009	112	29.09.2009	Niederösterreich	Königsbrunn	A-2202	0,00363	0,0021	0,00633	0,01102	0,00632	0,03913
2009	114	29.09.2009	Rheinland Pfalz	Gensingen	55457	0,00141	0,00067	0,0021	0,00609	0,00405	0,01369

3.1.4.5 Rapserrdfloh (*Psylliodes chrysocephala*)

Im Rahmen des Projektes wurde in den letzten Jahren auch das Sensitivitätsmonitoring für Rapserrdföhe durchgeführt. Bereits im Jahr 2008 fiel eine Population Rapserrdföhe aus dem Raum Schwerin durch im Vergleich zu anderen Populationen erhöhte LC₉₀ Werte auf. Eine Nachuntersuchung im Jahr 2009 an diesem Standort ergab ebenfalls eine verringerte Sensitivität der Käfer im Labortest. Zeitgleich wurden vom Pflanzenschutzdienst Schwerin Bekämpfungsprobleme an diesem Standort beobachtet. Daraufhin wurde das Untersuchungsprogramm für Rapserrdföhe vom JKI intensiviert, um eine verlässlichere Datenbasis zur Empfindlichkeit von Erdflöhen zu generieren. Im Rahmen der Sitzung des Fachausschusses Pflanzenschutzmittelresistenz – Insektizide, Akarizide im November 2009 wurde anhand der vorliegenden Daten entschieden, beim Rapserrdfloh von Pyrethroidresistenz zu sprechen (Heimbach et al. 2010, Müller et al. 2010c). In Mecklenburg-Vorpommern konnten von 2007 – 2010 bisher 35 Populationen geprüft werden. Die Datenbasis aus anderen Regionen Deutschlands ist hingegen noch sehr dünn: Lediglich aus Bayern, Brandenburg, Niedersachsen, Sachsen-Anhalt und Schleswig-Holstein konnten

einige Proben untersucht werden. Eine Population aus der Schweiz wurde ebenfalls im Rahmen des Monitorings getestet. Die Tabelle mit der Anzahl und der Herkunft der Rapserrdfloh-Populationen befindet sich im Anhang.

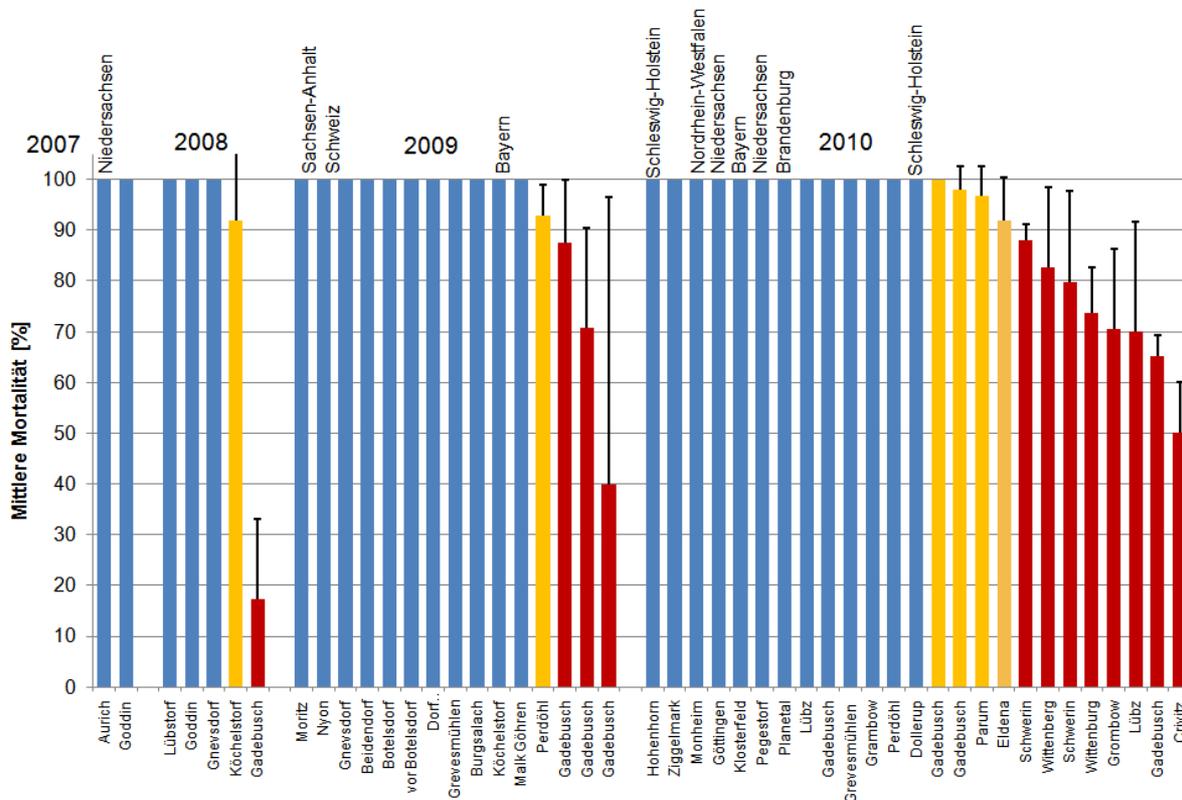


Abb. 43. Mittlere Mortalität der untersuchten Rapserrdflohpopulationen von 2007 bis 2010 bei einer Dosierung von $0,015 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ I-Cyhalothrin. Wenn kein anderes Bundesland angegeben ist, kommt die Population aus Mecklenburg-Vorpommern.

Ein Vergleich der mittleren Mortalitäten bei $0,015 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ zeigt deutliche Unterschiede zwischen den Proben. Aufgrund der Tatsache, dass empfindliche Rapserrdfloh-Populationen bereits bei $0,003 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ eine 100 %ige Mortalität zeigten (Abb. 43), wurden die Kriterien zur Bewertung der Mortalität bei $0,015 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ für Rapserrdföhe vorläufig wie folgt festgelegt. Populationen, die bei dieser Dosierung mit 100 % Mortalität reagieren sind sensitiv. Populationen, die weniger als 100 % aber mehr als 90 % Mortalität zeigten, wurden als vermindert sensitiv bezeichnet. Beträgt die Mortalität der Tiere weniger als 90 %, handelt es sich um Populationen mit einem gewissen Anteil an resistenten Tieren. Alle im Rahmen des Monitorings untersuchten Populationen aus anderen Bundesländern als Mecklenburg-Vorpommern können als sensitiv klassifiziert werden. Für die Populationen aus Mecklenburg ergeben sich große Unterschiede: Neben sensitiven Populationen sind auch solche zu erkennen, die mit mittleren Mortalitäten von weniger als 60 % über deutliche Anteile von resistenten Käfern verfügen. Da ein Großteil dieser Proben nach der Ernte durch Aufsammeln von Käfern in Lagerhallen gesammelt wurden, liegt der Schluss nahe, dass sich resistente und empfindliche Käfer in den Hallen gemischt haben. Da selbst diese Mischproben eine verringerte Mortalität zeigten, kann daraus geschlossen werden, dass auf einzelnen Schlägen der beernteten Region eine durchaus höhere Resistenz existiert. Dies

belegen auch die Ergebnisse aus den Jahren 2008 und 2009, wo auf einem Schlag in der Nähe der Ortschaft Gadebusch Mortalitäten von weniger als 40 % ermittelt wurden.

Ein Vergleich der Mortalitäten bei einer niedrigeren Dosierung von $0,003 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ I-Cyhalothrin zeigt deutlich die Unterschiede zwischen sensitiven und resistenten Populationen (Abb. 44). Für sensitive Populationen konnte bei dieser geringen Dosierung eine 100 %ige Mortalität festgestellt werden. Bei resistenten Populationen beträgt diese weniger als 20 %. Aus der Grafik wird deutlich, dass viele Populationen auch aus anderen Bundesländern (Brandenburg, Bayern) nur mit einer eingeschränkten Mortalität bei $0,003 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ reagieren.

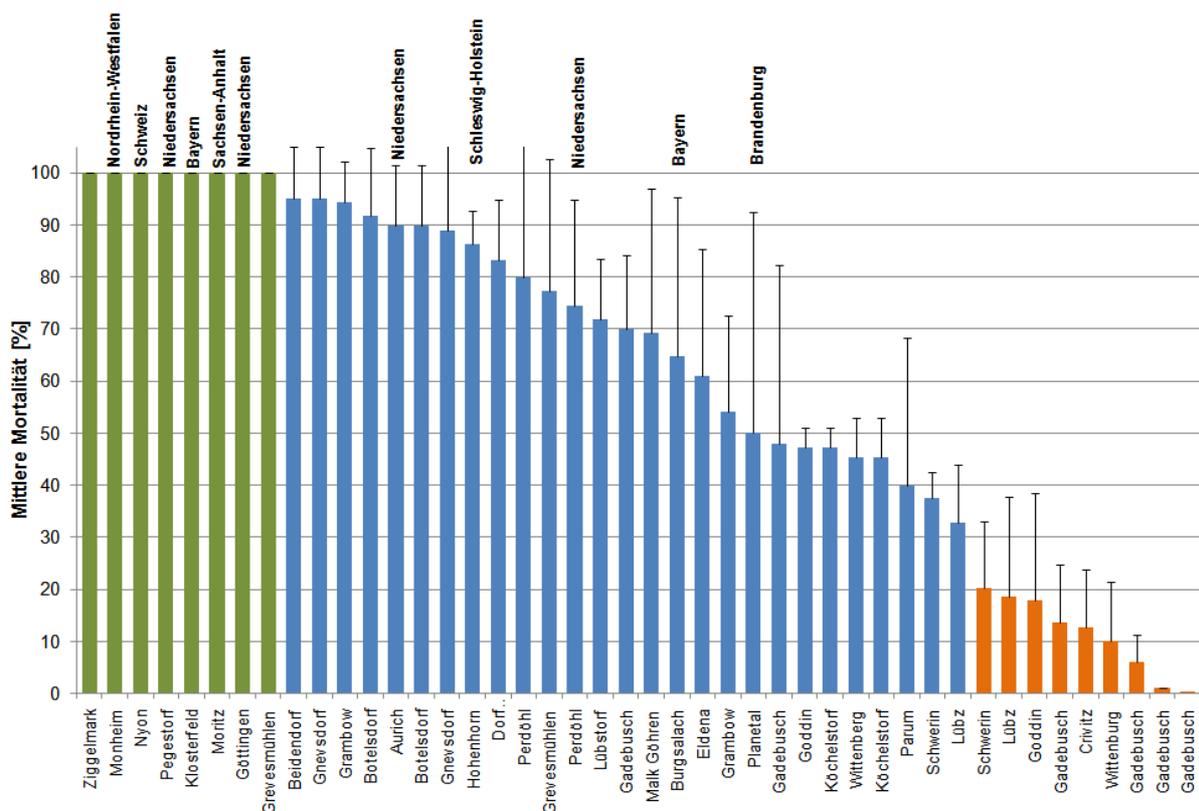


Abb. 44: Mittlere Mortalität der untersuchten Rapserrdflohppopulationen von 2007 bis 2010 bei einer Dosierung von $0,003 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ I-Cyhalothrin. Wenn kein anderes Bundesland angegeben ist, kommt die Population aus Mecklenburg-Vorpommern.

Damit wird die Notwendigkeit unterstrichen, auch in anderen Bundesländern Untersuchungen zur Empfindlichkeit von Rapserrdflohen durchzuführen, um die Datenbasis für diese Regionen verbessern zu können.

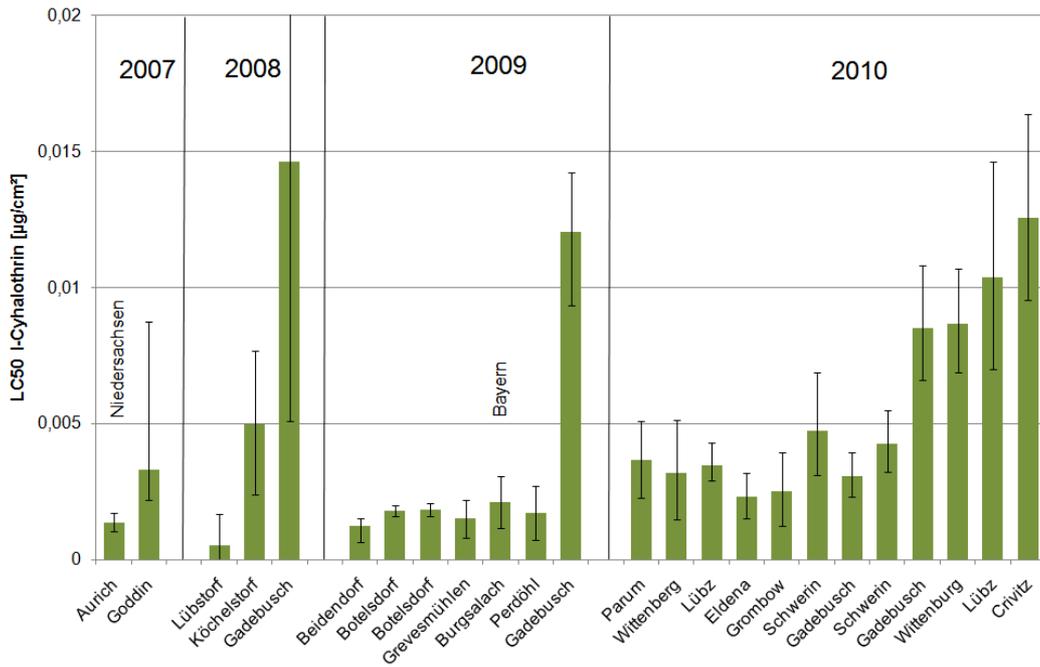


Abb. 45. Alle rechenbaren LC_{50} Werte der untersuchten Rapserdfluh-Populationen von 2007 bis 2010 mit der Angabe der oberen und unteren 95 % Konfidenzintervalle.

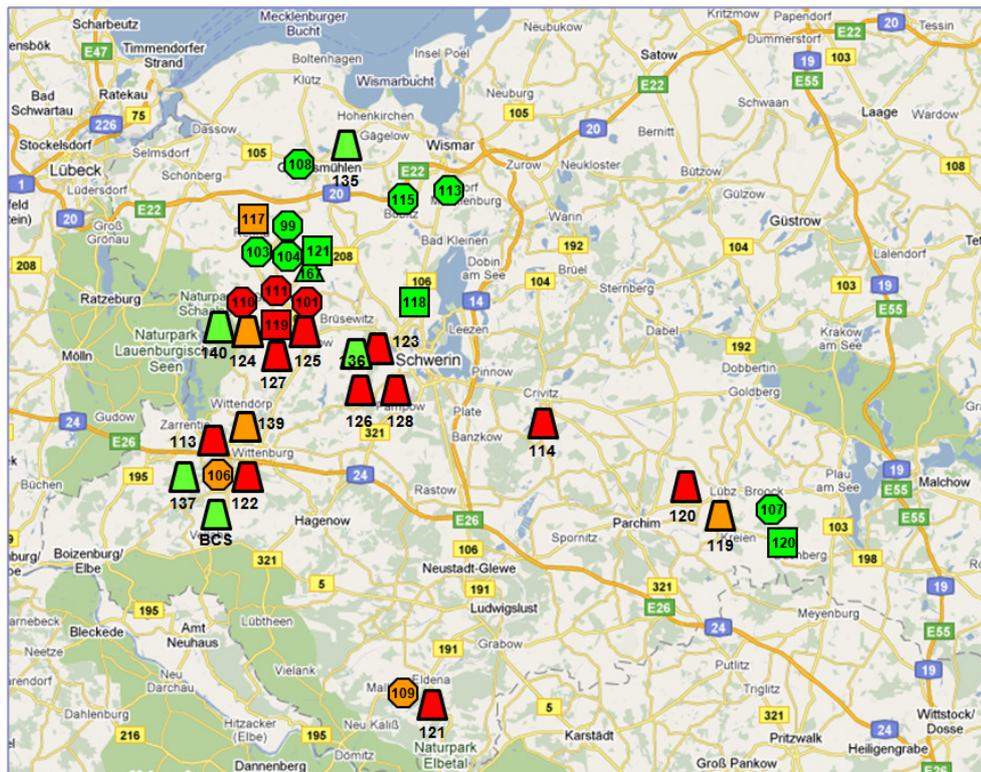


Abb. 46: Karte der von der Pyrethroidresistenz beim Erdfluh betroffenen Region: Rote Punkte: resistente Populationen; orange: Populationen mit einer mittleren Sensitivität; grüne: Sensitive Populationen). Die Formen der Datenpunkte geben das jeweilige Jahr der Testung an: Dreieck = 2007, Viereck = 2008, Achteck = 2009 und Trapez = 2010.

Das Auftreten der Resistenz wurde bisher nur für einen eng begrenzten Raum in Mecklenburg-Vorpommern nachgewiesen (Abb. 46). Allerdings liegen zur Empfindlichkeit von Erdflöhen weiterhin wenige Daten vor, so dass die Situation in anderen Regionen nicht eingeschätzt werden kann. Es sollte daher unbedingt für andere Regionen geprüft werden wie sensitiv die Rapserrflöhe dort reagieren. Eine Resistenz zeigt sich durch Minderwirkungen und Ausfälle im Feld erst dann, wenn ein starkes Auftreten der Schädlingspopulation zu beobachten ist. Bestes Beispiel hierfür war die Resistenzentwicklung beim Rapsgranzkäfer. Erst durch deutliche Schäden am Raps wurde die Resistenz der Käfer auch für den Landwirt und die Beratung sichtbar.

Beim Rapserrfloh besteht das Problem, dass keine anderen Insektizide außer Pyrethroiden zur Bekämpfung der Tiere zugelassen sind. Eine effektive Anti-Resistenzstrategie (wie sie für den Rapsgranzkäfer eingeführt wurde) braucht aber dringend unterschiedliche Wirkmechanismen der Insektizide. Erste Laborergebnisse deuten darauf hin, dass im Gegensatz zum resistenten Rapsgranzkäfer Bifenthrin (Pyrethroid der Klasse I) bei Erdflöhen keine bessere Wirkung hat als das Klasse II Pyrethroid I-Cyhalothrin. Für die Bekämpfung von resistenten Rapserrflöhen werden daher unbedingt neue Wirkstoffe ohne Kreuzresistenz zu Pyrethroiden benötigt.

3.1.4.6 Kohlschotenmücke (*Dasineura brassicae*)

Die Untersuchungen zur Empfindlichkeit von Kohlschotenmücken fanden größtenteils während eines Vorläuferprojektes im Jahr 2005 statt. Es wurden 12 Proben mit befallenen Rapsschoten gesammelt und an das JKI verschickt. Von diesen Proben konnten fünf Populationen nicht untersucht werden, da trotz der Umbettung der eingegangenen Schoten in Labor-Eklektoren und deren Lagerung in der Klimakammer keine adulten Tiere schlüpften. Aus einer Probe konnten nur einzelne Mücken nach dem Schlupf abgesammelt werden, deren Anzahl nicht für einen verlässlichen Test ausreichte. Alle getesteten Kohlschotenmücken-Populationen reagierten äußerst empfindlich auf das Testsystem (Tab. 19). Bereits bei einer Dosierung von 0,0015 µg/cm² (2 % der Feldaufwandmenge von I-Cyhalothrin) konnten nach fünf Stunden Bonitur-Zeitraum nur noch tote Kohlschotenmücken festgestellt werden. Die Kontrollmortalität in den Versuchsgläsern ohne Wirkstoffbehandlung erreichte nach 24 Stunden Versuchsdauer Werte von bis zu 52 %, die deutlich über der nach 5 Stunden lag. Die Kontrollmortalität war damit im Vergleich zu den getesteten Käfern nach 24 Stunden deutlich erhöht, was darauf hinweist, dass das verwendete Testsystem für die fragilen, mechanisch sehr viel empfindlicheren Kohlschotenmücken weniger geeignet ist. Allein das Umsetzen der Tiere aus den Labor-Eklektoren mittels Exhausters in die vorbereiteten Testgefäße könnte mit ein Grund für die erhöhte Kontrollmortalität der Versuche sein. Weiterhin kann eine fehlende Feuchtigkeitsquelle während des Tests die hohe Kontrollmortalität der Tiere nach 24 Stunden verursacht haben. Die Reaktion auf die getesteten Wirkstoffe lässt sich allerdings für alle untersuchten Populationen als äußerst sensitiv beschreiben. Für weiterführende Tests mit Kohlschotenmücken müssten die Testkonzentrationen deutlich verringert und weit unter die 2 % Grenze abgesenkt werden.

Aufgrund der festgestellten hohen Empfindlichkeit der Tiere, des großen Untersuchungsaufwandes und der geringen Eignung des Testsystems wurde im Rahmen des Projektes lediglich im Jahr 2007 noch eine Population Kohlschotenmücken untersucht (Tab.19), die ebenfalls eine hohe Empfindlichkeit zeigte.

Tab. 19: Herkunft, Anzahl der getesteten Tiere und mittlere Mortalität der getesteten Kohlschotenmücken-Populationen 2005 und 2007

ID	Jahr	Herkunft	Testsubstanz	Anzahl getesteter Tiere	Mittlere Mortalität [%] bei 0,0015 µg/cm ²
35	2005	Oldenburg	I-Cyhalothrin	246	98,2
39	2005	Lübeck	I-Cyhalothrin	279	100,0
38	2005	Schwerin	I-Cyhalothrin	126	95,0
41	2005	Lübeck	I-Cyhalothrin	171	100,0
37	2005	Braunschweig	I-Cyhalothrin	51	100,0
36	2005	Braunschweig	I-Cyhalothrin	112	100,0
140	2007	Braunschweig	I-Cyhalothrin	56	100,0

3.2 Voraussichtlicher Nutzen und Verwertbarkeit der Ergebnisse

3.2.1 Ergebnisse zum Resistenz-Monitoring Rapsglanzkäfer

Die Ergebnisse des Resistenz-Monitoring zeigten, dass sich die Resistenz der Rapsglanzkäfer auf Grund der bisher unterschätzten Mobilität der Käfer innerhalb Deutschlands schneller ausgebreitet hat als erwartet. Die bereits früh formulierte Forderung bei der Anwendung der Antiresistenzstrategie, nicht zwischen Gebieten mit hoher Resistenz und geringer Resistenz zu unterscheiden, wird durch diese Ergebnisse bestätigt und kann für Resistenzentwicklungen bei anderen mobilen Schaderregern berücksichtigt werden. Aufgrund der guten Datenlage zur Entwicklung der Resistenz gegenüber Pyrethroide kann eine zukünftige Veränderung der Resistenz egal, ob zu- oder abnehmend, besser detektiert werden. Eine solche Veränderung würde unter Umständen auch eine Anpassung der zur Bekämpfung zur Verfügung stehenden Insektizide nach sich ziehen. Die Ergebnisse des Monitorings wurden auch der IRAC zur Verfügung gestellt, die im Rahmen des europäischen Monitoring für Rapsglanzkäfer die Entwicklungen der Resistenz in Europa dokumentiert.

3.2.2 Ergebnisse zur Eignung von unterschiedlichen Management-Strategien

Die Ergebnisse des Projektes haben gezeigt, dass unter den gewählten Bedingungen ein langjähriger, regionaler Verzicht auf Pyrethroide nicht dazu führt, die Empfindlichkeit der Käfer gegenüber dieser Insektizid-Gruppe zu erhöhen. Die Untersuchungen haben auch gezeigt, dass momentan noch zu viele Pyrethroid-Anwendungen auch im Raps benötigt werden, um den Selektionsdruck auf Resistenz nachhaltig zu verringern. Ein vollständiger Verzicht auf Pyrethroide in der Schädlingsbekämpfung von Rapskulturen scheint damit nicht umsetzbar, zumal unter den gegebenen Bedingungen keine Auswirkungen auf die Entwicklung der Resistenz zu beobachten waren. Wenn ein Verzicht auf Pyrethroide als Antiresistenzstrategie jedoch erwogen wird, müsste dieser sehr großflächig angelegt sein, um Wirkung zeigen zu können. Dabei sollte auch bedacht werden, dass ein Verzicht auf Pyrethroide nicht unbedingt zu einem Rückgang der Resistenz führt. Durch die regelmäßige Beprobung der Untersuchungsgebiete konnten wichtige Ergebnisse zu saisonalen Unterschieden der Empfindlichkeiten bei Rapsglanzkäfern erzielt werden, die bis dahin unbekannt waren. Die Untersuchungen der Rapsglanzkäfer aus den Winterlagern ergaben ebenfalls interessante Ergebnisse, die das Wissen zur Populationsdynamik dieser Art ergänzen können.

3.2.3 Ergebnisse zur Kreuzresistenz verschiedener Wirkstoffe

Da die empfohlene Antiresistenzstrategie zur Bekämpfung von Rapsglanzkäfern regelmäßig durch den Fachausschuss für Insektizide und Akarizide des JKI geprüft und bei Bedarf überarbeitet wird, besteht hier die Möglichkeit, sich entwickelnde Kreuzresistenzen zwischen Insektiziden zu berücksichtigen. Durch eine Anpassung der Strategie könnten damit bei Bedarf Insektizide anders eingestuft werden, was direkte Auswirkungen auf den Einsatz in der Praxis haben kann, wenn den Empfehlungen gefolgt wird. Die bisherigen Ergebnisse zur Wirksamkeit der einzelnen Insektizide führten bisher nicht zu einer gravierenden Veränderung der Bekämpfungsstrategie durch eine veränderte Bewertung von Insektiziden. Zwischen den Pyrethroiden der Klasse II und den Pyrethroiden der Klasse I konnte bisher keine Kreuzresistenz nachgewiesen werden, auch wenn sich für beide Gruppen bis auf den Wirkstoff tau-Fluvalinat die Wirksamkeiten verschlechtert haben. Die im Vergleich zu Etofenprox und Bifenthrin bessere Wirksamkeit von tau-Fluvalinat kann eventuell mit einem geringeren Einsatz dieses Mittels in den letzten Jahren erklärt werden. Neben der bisher bestehenden metabolischen Resistenz beim Rapsglanzkäfer konnte 2010 erstmalig auch in Deutschland eine genetische Resistenz in Form einer Target-Side-Mutation für Rapsglanzkäfer nachgewiesen werden. Breitet sich diese Resistenz aus, kann mit einem großflächigen Wirkverlust der Pyrethroide, unerheblich ob Klasse I oder Klasse II gerechnet werden.

3.2.4 Ergebnisse zum Sensitivitätsmonitoring anderer Schadinsekten

Da bis zum Beginn des Projektes neben den Untersuchungen des JKI zur Empfindlichkeit von Rüsslern und Erdflöhen gegenüber Pyrethroiden keine weiteren Daten vorlagen, stellen die Ergebnisse des Monitoring für diese Schaderreger eine wichtige Erweiterung der Datenlage zur Empfindlichkeit dieser Arten dar. Daher dienen diese Ergebnisse als Grundlage zur Beurteilung der Empfindlichkeit dieser Arten. Eine Veränderung in der Empfindlichkeit kann damit zukünftig erkannt werden, bevor eine Bekämpfung im Feld nicht mehr möglich ist. Die Entwicklung zur Resistenz beim Rapserdflöhen hat das Potenzial dieser Monitoring-Untersuchungen zur Vermeidung einer Resistenz gezeigt: Durch den Nachweis einer Empfindlichkeitsverschiebung bei Rapserdflöhenpopulationen konnten zeitnah geeignete Gegenmaßnahmen in Form von Aufklärung und Sensibilisierung zur Resistenzvermeidung durchgeführt werden.

4. Zusammenfassung

Die Situation in den letzten Jahren zeigte, dass sich die metabolische Resistenz beim Rapsglanzkäfer trotz der Empfehlung einer Antiresistenzstrategie kontinuierlich ausbreitet und verstärkt. Sensitive Populationen verschwinden und der Anteil von resistenten und hoch resistenten Populationen stieg in Deutschland im Jahr 2010 auf einen Anteil von 94,1 % an.

Die Untersuchungen zum unterschiedlichen Insektizideinsatz in Vergleichsgebieten zeigten unter den gegebenen Bedingungen keine Auswirkungen auf die Entwicklung der Resistenz: Auch ein langjähriger, vollständiger Verzicht auf Pyrethroide in einem der Versuchsgebiete war nicht in der Lage, die Sensitivität der Rapsglanzkäfer gegenüber dieser Wirkstoffgruppe

zu erhöhen. Die Ursachen hierfür können auch durch methodische Aspekte bedingt sein (z.B. die zu geringe Flächengröße der Untersuchungsgebiete). Die Ergebnisse dieser Untersuchungen zeigten, dass die metabolische Resistenz der Rapsglanzkäfer deutliche saisonale Veränderungen aufweist. Veränderungen der Sensitivität konnten ebenfalls für Winterlager-Standorte nachgewiesen werden. Die Ursachen dieser saisonalen Veränderungen sind ungeklärt und bedürfen weiterer Forschung.

Die Ergebnisse zur Kreuzresistenz der Klasse I Pyrethroide, Neonicotinoide, Organophosphate und Oxadiazine zu den Klasse II Pyrethroiden (I-Cyhalothrin) ergaben, dass für die Klasse I Pyrethroide und die anderen genannten Wirkstoffe keine klare Korrelation mit I-Cyhalothrin als Stellvertreter der Klasse II Pyrethroide gefunden werden konnten. Weder die Ergebnisse der einzelnen Projektjahre, noch eine Korrelation aller Ergebnisse deutet auf eine Entwicklung zur Kreuzresistenz hin, obwohl bei einigen Wirkstoffen wie bei dem Pyrethroid II ein Abfall der Wirksamkeiten im Zeitablauf beobachtet wurde. In den letzten Jahren wurden für Pyrethroide der Klasse I abnehmende Mortalitäten beobachtet, die Anzeichen für einen Wirkverlust dieser Insektizide darstellen könnten. Für die untersuchten Organophosphate wurde eine sehr hohe Sensitivität festgestellt. Die Tests mit dem Neonicotinoid Thiacloprid und Indoxacarb ergaben eine im Vergleich zu anderen Wirkstoffen größere Schwankungsbreite der Ergebnisse. Auch für Thiacloprid konnte eine Abnahme der Empfindlichkeiten bei Rapsglanzkäfern in den letzten Jahren beobachtet werden.

Das Sensitivitätsmonitoring für Rüssler ergab Unterschiede zwischen den drei Arten: Für *Ceutorhynchus napi* wurden weniger auffällige Proben als für *C. obstrictus* und *C. pallidactylus* gefunden. Für *C. pallidactylus* und *C. obstrictus* wurden an einigen Standorten hohe LC₉₀ Werte festgestellt, die durchaus mit Werten von resistenten Rapserrdfloh-Populationen vergleichbar sind. Besonders für *C. obstrictus* bestehen durch eine sehr geringe Empfindlichkeit einer Population an einem Standort große Unterschiede zwischen der empfindlichsten und der am wenigsten empfindlichen Population. An einigen Standorten konnten aufgrund von Nachuntersuchungen und mehrjährigen Datenerhebungen ein Nachlassen der Empfindlichkeit von Rüssler-Populationen aufgezeigt werden. Die Entwicklung der Empfindlichkeiten von *C. pallidactylus* und *C. obstrictus* sollte daher weiter untersucht werden.

Für Rapserrdföhe (*Psylliodes chrysocephala*) wurde der Nachweis einer Pyrethroid-Resistenz für diesen Rapschädling neben dem Glanzkäfer durchgeführt. Die Resistenz beschränkt sich derzeit auf den Raum Schwerin in Mecklenburg-Vorpommern. Zur genauen Beurteilung der Situation in anderen Bundesländern fehlen Vergleichsdaten. Seit 2008 zeigten mehrere Populationen in Mecklenburg-Vorpommern geringere Mortalitäten im Labortest. Diese Entwicklung belegt, wie wichtig die Untersuchung auch anderer Schaderreger neben dem Rapsglanzkäfer für die Resistenzerkennung war und bleibt.

5. Gegenüberstellung der geplanten, zu den tatsächlich erreichten Zielen, mit Hinweisen auf weiterführende Fragestellungen
- 5.1 Ergebnisse zum Resistenzmonitoring Rapsglanzkäfer

Der Vergleich der geplanten Ziele zu den tatsächlich erreichten Zielen des Monitorings für Rapsglanzkäfer waren Veränderungen in der Durchführung der Fragestellung notwendig. Während das Monitoring zu Beginn des Projektes nur mit den Wirkstoffen der Klasse II Pyrethroide durchgeführt werden sollte, ergab sich im Laufe des Projektes die Notwendigkeit der Aufnahme mehrerer Wirkstoffe (Pyrethroide Klasse I und Thiacloprid) in das Monitoring-Programm. Die erreichten Ziele gehen damit weit über das geplante Ziel des Monitorings hinaus: Mittlerweile liegen zahlreiche Datensätze aus den letzten Jahren zur Empfindlichkeit von Rapsglanzkäfern gegen diese Wirkstoffe vor. Eine Beschreibung der Situation für die neuen Wirkstoffe wäre mit einem reinen Monitoring für Pyrethroide der Klasse II nicht möglich gewesen. Als Hinweis auf eine weiterführende Fragestellung in diesem Themenbereich ergibt sich daraus automatisch die Notwendigkeit einer Weiterführung dieser Beobachtungen. Nur durch ein weiteres Monitoring kann die bereits aufgezeigte Veränderung der Empfindlichkeiten für einige Wirkstoffe auch in Zukunft fundiert nachvollzogen werden.

5.2 Ergebnisse zur Eignung von unterschiedlichen Management-Strategien

Es wurde versucht zu prüfen, in wieweit der vollständigen Verzicht von Pyrethroiden als Möglichkeit zur Wiederherstellung der Wirksamkeit dieser Mittelgruppe geeignet ist. Wegen methodischer Probleme (zu kleine Regionen) war der gewählte Versuchsansatz unter Umständen nicht geeignet, da die Mobilität der Käfer unterschätzt wurde. Das Ziel, eine geeignete Strategie zur weiteren Nutzung der Pyrethroide gegen Rapsglanzkäfer aufzuzeigen, konnte damit unter den gegebenen Voraussetzungen nicht erreicht werden. Ungeklärt bleibt allerdings, ob bei einer größeren Fläche mit Verzicht auf Pyrethroide nicht doch Effekte zu beobachten wären, da dann die Mobilität der Käfer zwischen verschiedenen Behandlungsregimen keine Rolle mehr spielen würde. Im Rahmen dieser Untersuchungen ergaben sich neue Ergebnisse für Rapsglanzkäfer, die für weiterführende Fragestellungen von Bedeutung sind. Zum einen sollten die Mechanismen aufgeklärt werden, die eine saisonale Veränderung der Empfindlichkeit der Käfer bedingen. Solche saisonalen Veränderungen könnten gewinnbringend in Antiresistenzstrategien genutzt werden. Wichtig wäre es auch die Ursachen für die Veränderungen der Sensitivität während des Winterlagers und direkt danach herauszufinden. Bei einer besseren Kenntnis der Ursachen, könnten bessere Schlüsse für die Populationsdynamik und Bekämpfung von resistenten Käfern gezogen werden.

5.3 Ergebnisse zur Kreuzresistenz verschiedener Wirkstoffe

Die geplanten Ziele der Untersuchungen zur Kreuzresistenz verschiedener Wirkstoffe sind mit Projektarbeiten deckungsgleich. Die für eine Bekämpfung von Rapsglanzkäfern wichtigen Wirkstoffe konnten in den letzten Jahren intensiv getestet werden. Die daraus resultierenden Ergebnisse erlauben eine Einschätzung des Potenzials zur Bildung einer Kreuzresistenz. Die Wirksamkeiten dieser Insektizide sollten aber weiterhin überprüft werden, damit ein

mögliches Nachlassen in der Wirksamkeit rechtzeitig bemerkt wird. Da mittlerweile auch neue Wirkstoffe zur Bekämpfung der Käfer zugelassen sind, besteht auch für diese Wirkstoffe die Notwendigkeit einer Überwachung. Die Wirksamkeit aller zugelassenen Insektizide im Raps, einer Kultur mit hoher Behandlungsintensität, muss daher langfristig kontrolliert werden.

5.4 Ergebnisse zum Sensitivitätsmonitoring anderer Schadinsekten

Auch für das Monitoring der anderen Schadinsekten kann keine Abweichung von den gestellten zu den erreichten Zielen des Projektes festgestellt werden. Auf Grund der Erhebungen in den letzten Jahren konnte eine umfassende Datenbasis zur Empfindlichkeit dieser Arten erarbeitet werden. Da besonders für *Ceutorhynchus pallidactylus* und *C. obstrictus* in den letzten beiden Jahren Proben mit einer Minderwirkung von Pyrethroiden zu beobachten waren, sollten dies weiter beobachtet werden. Im Fall der singulären unempfindlichen Population des Kohlschotenrüsslers muss dringend am gleichen Standort eine erneute Untersuchung in den kommenden Jahren stattfinden. Am Beispiel der Rapserrflöhe zeigt sich, dass eine frühzeitig erkannte Resistenz hilft, Ertragsausfällen vorzubeugen, wie sie beim Rapsgranzkäfer im Jahr 2006 verursacht wurden. Bei Erdflöhen sollten weitere Untersuchungen der Resistenzsituation auch in anderen Bundesländern stattfinden. Erst Untersuchungen zur Empfindlichkeit von Erdflöh-Populationen in anderen Regionen können klären, ob es sich um ein nur regionales oder schon flächendeckendes Problem handelt. Diese Bewertung kann momentan aufgrund der fehlenden Daten aus anderen Bundesländern nicht getroffen werden. Genau wie beim Rapsgranzkäfer hat diese Fragestellung aber Auswirkungen auf eine mögliche Antiresistenz-Strategie bei den Rapserrflöhen.

6. Literaturverzeichnis

- Ballanger, Y., Detourne, D., Delorme, R. & Pinochet, X. 2003: Difficulties to control pollen beetle (*Meligethes aeneus* F.) in France revealed by unusual high level infestations in winter rape fields - Proceedings GCIRC, 11th Internat. Rapeseed Congress, Copenhagen, 6-10 July 2003, Vol. 3, 1048-1050.
- Ballanger Y., Détourné D., Delorme R. & Pinochet X. 2007: France, difficulties to manage insect pests of winter oilseed rape (*Brassica napus* var. *oleifera*): resistances to insecticides, Proceedings GCIRC, 12th Internat. Rapeseed Congress, Wuhan, 26-30 March 2007, Vol. 4, 276-279.
- Burghause, F. & Jörg, E. 2005: Bald keine Wirkung mehr? DLG Mitteilungen Heft 4: 40-44.
- Derron, J.O., Le Clech, E., Bezençon, N. & Goy, G. 2004: Résistance des méligèthes du colza aux pyrèthrinoïdes dans les bassin lémanique. Revue Suisse Agriculture 36, 237-242.
- Ericksen, E., Heimbach, U., Müller, A. 2010: Rapserrfloh resistent. Raps 2/2010. S. 98-100.

- Hansen, L.M. 2003: Insecticide-resistant pollen beetles (*Meligethes aeneus* F) found in Danish oilseed rape (*Brassica napus* L) fields. Pesticide Management Science 59, 1057-1059.
- Heimbach, U., Müller, A. & Thieme, T. 2006 a: First steps to analyse pyrethroid resistance of different oil seed rape pests in Germany. Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes 58, 1-5.
- Heimbach, U. & Müller, A. 2006 b: Achtung: Resistente Rapsschädlinge. DLZ Agrarmagazin 2/2006, 40-43.
- Heimbach, U., Müller, A. & Thieme, T. 2007 a: Pyrethroid resistance in pest insects of oil seed rape in Germany. Proceedings GCIRC, 12th Internat. Rapeseed Congress, Wuhan, 26-30 March 2007, S. 246-249.
- Heimbach, U., Müller, A. & Thieme, T. 2007 b: Resistenz beim Rapsglanzkäfer. Raps 25, S. 68-72.
- Heimbach, U., Müller, A. & Thieme, T. 2007 c: Sensitivitätsuntersuchungen an Rapsschadinsekten aus Deutschland mit Pyrethroiden. Mitt. Biol. Bundesanst. Land- Forstwirtschaft. 410, S. 36-42
- Heimbach, U., Müller, A., Thieme, T. 2008: Rapsglanzkäfer Pyrethroid Monitoring 2005-2008. Mitt. Julius Kühn-Institut, 417, S. 462.
- Heimbach, U., Erichsen, E., Müller, A. 2010 a: Auch der Rapserrdfloh wird resistent! DLG Mitteilungen 4/2010. S. 68-69.
- Heimbach, U., Müller, A.; Thieme, T.: Rapsglanzkäfer Pyrethroid Monitoring 2005 bis 2010. Julius-Kühn-Archiv, 428, 2010 b, 502.
- IRAC 2006: IRAC Susceptibility Test Methods Series, Method No: 11, Version: 1.
http://www.irc-online.org/wp-content/uploads/2009/09/Method_011_v3_june09.pdf
- IRAC, 2007: IRAC Susceptibility Test Methods Series, Method No: 11 Pollen Beetle, *Meligethes aeneus*, adults, synthetic pyrethroids. <http://irc-online.org/documents/method11.pdf>, Mai 2007.
- JKI, 2010: Empfohlene Bekämpfungsstrategie 2010 mit Insektiziden im Raps.
<http://www.jki.bund.de/resistenz-insekt.html>, Mai 2010.
- Müller, A., Heimbach, U., Thieme, T. 2008 a: Pyrethroid sensitivity monitoring in Germany of oil seed rape pest insects other than pollen beetle. EPPO Bulletin 38, S. 85-90.
- Müller, A., Heimbach, U., Thieme, T. 2008 b: Sensitivitätsuntersuchungen bei verschiedenen Rapsschädlingen auf Pyrethroide. Mitt. Julius Kühn-Institut, 417, S. 214.
- Müller, A., Heimbach, U., Thieme, T., Erichsen, E. 2010 a: Zur Situation der Pyrethroid-Resistenz beim Rapsglanzkäfer und anderen Schaderregern im Raps. Raps 2/2010. (28.Jg.) S. 94-97.

- Müller, A., Erichsen, E.; Heimbach, U., Thieme, T. 2010 b: Rapsglanzkäfersensitivität bei regional unterschiedlichem Insektizideinsatz. Julius-Kühn-Archiv, 428, 2010, 198-199.
- Müller, A., Erichsen, E.; Heimbach, U., 2010 c: Pyrethroidresistenz beim Rapserrdfloh. Julius-Kühn-Archiv, 428, 2010, 197-198.
- Nauen, R. 2005: Insecticide resistance in European agriculture: Research instead of rumours. Proceedings of the Brighton Crop Protection Conference – Crop Science & Technology 2005, 3, 123-130.
- Thieme, T., Gloyna, K., Drbal, U., Zellner, M. 2010 a: How to determine the susceptibility of *Meligethes aeneus* to neonicotinoids? J. Appl. Entomol. Volume 134, Issue 1. 55-60.
- Thieme, T., Heimbach, U., Müller, A. 2010 b: Chemical Control of Insect Pests and Insecticide Resistance in Oilseed Rape. In: I. H. Williams (ed.), *Biocontrol-Based Integrated Management of Oilseed Rape Pests*. Springer Verlag. Editor Ingrid H. Williams. S. 313-335.
- Thieme, T., Gloyna K., Drbal U., Mühlischlegel F., Müller A., Heimbach, U. 2010 c: Bioassay suitable for determining the susceptibility of *Meligethes aeneus* to organophosphates. Journal für Kulturpflanzen, 62 (8). S. 299-304.
- Wegorek, P. & Zamojska, J. 2006: Resistance of pollen beetle (*Meligethes aeneus* F.) to pyrethroids, chloronicotynyls and organophosphorous insecticides in Poland. IOBC/wprs Bulletin 29(7), 135-140.

Tab. 1: Herkunft und mittlere Mortalitäten bei 0,003 µg/cm² und 0,015 µg/cm² I-Cyhalothrin der *Ceutorhynchus napi* Populationen von 2005 bis 2010

Jahr	ID	Testdatum	Bundesland	Herkunft	PLZ	Mortalität [%] 0,003 µg/cm ²	Mortalität [%] 0,015 µg/cm ²
2005	Gö1	23.03.2005	Niedersachsen	Göttingen	37077	100,0	100,0
2005	Wü1	30.03.2005	Niedersachsen	Wülperode	38835	93,3	100,0
2005	Re1	12.04.2005	Bayern	Regensburg	93047	50,0	100,0
2005	Gö1	19.04.2005	Niedersachsen	Göttingen	37077	100,0	100,0
2006	20	20.04.2006	Brandenburg	Neuruppin	16816	100,0	100,0
2006	21	20.04.2006	Brandenburg	Neuruppin	16816	100,0	100,0
2006	22	24.04.2006	Mecklenburg- Vorpommern	Papendorf	18059	100,0	100,0
2006	24	20.04.2006	Niedersachsen	Göttingen	37077	50,0	100,0
2006	25	20.04.2006	Bayern	Bayreuth	95444	100,0	100,0
2006	28	20.04.2006	Mecklenburg- Vorpommern	Greifswald	17489	100,0	100,0
2006	42	28.04.2006	Bayern	Regensburg	93047	100,0	100,0
2006	44	28.04.2006	Mecklenburg- Vorpommern	Groß Nemerow	17094	100,0	100,0
2006	10	12.04.2006	Brandenburg	Cottbus	03046	100,0	100,0
2006	14	20.04.2006	Niedersachsen	Destedt	38162	n.g.	100,0
2006	17	20.04.2006	Mecklenburg- Vorpommern	Greifswald	17489	100,0	100,0
2006	18	20.04.2006	Mecklenburg- Vorpommern	Kothendorf	19075	100,0	100,0
2006	19	20.04.2006	Mecklenburg- Vorpommern	Wietow	23966	78,6	83,3
2007	2	07.03.2007	Rheinland Pfalz	Bitburg	54344	100,0	100,0
2007	5	13.03.2007	Niedersachsen	Wendhausen	38165	100,0	100,0
2007	8	15.03.2007	Rheinland Pfalz	Bad Kreuznach	55545	100,0	100,0
2007	10	15.03.2007	Brandenburg	Zossen	16269	100,0	100,0
2007	13	16.03.2007	Bayern	Kitzingen	97342	100,0	100,0
2007	18	16.03.2007	Nordrhein-Westfalen	Blaufelden	55494	100,0	100,0
2007	19	16.03.2007	Niedersachsen	Göttingen	37077	100,0	100,0
2007	26	19.03.2007	Hessen	Wetzlar	61209	60,0	100,0
2007	30	19.03.2007	Sachsen-Anhalt	Buchholz	39576	100,0	100,0
2007	31	19.03.2007	Nordrhein-Westfalen	Bonn	53347	100,0	100,0
2007	33	20.03.2007	Bayern	Bayreuth	95503	100,0	100,0
2007	35	20.03.2007	Bayern	Bayreuth	95503	100,0	100,0
2007	39	20.03.2007	Bayern	Deggendorf	94562	40,0	100,0
2007	40	21.03.2007	Bayern	Deggendorf	94562	0,0	100,0
2007	42	21.03.2007	Nordrhein-Westfalen	Paderborn	33102	70,0	100,0
2007	45	23.03.2007	Thüringen	Sömmerda	99510	90,0	85,0
2008	29	08.04.2008	Mecklenburg-Vorpommern	Sagerheide	18184	82,5	100,0
2008	15	02.04.2008	Niedersachsen	Wendhausen	38165	n.g.	95,0
2008	1	03.03.2008	Nordrhein-Westfalen	Bonn	53229	100,0	60,0
2009	7	23.03.2009	Bayern	Dettenheim	91781	51,1	100,0
2009	9	06.04.2009	Niedersachsen	Wendhausen	38165	n.g.	100,0
2009	13	07.04.2009	Nordrhein-Westfalen	Bonn	53229	n.g.	100,0
2009	14	07.04.2009	Sachsen	Mockrhena	04838	70,0	100,0
2009	31	15.04.2009	Nordrhein-Westfalen	Paderborn	33181	50,0	100,0
2009	56	20.04.2009	Niedersachsen	Göttingen	37077	84,7	100,0
2010	2	24.03.2010	Niedersachsen	Braunschweig	38165	100,0	100,0
2010	3	24.03.2010	Niedersachsen	Göttingen	37073	54,8	100,0
2010	9	24.03.2010	Schweiz	Nyon	01260	75,0	100,0
2010	10	30.03.2010	Niedersachsen	Braunschweig	38165	94,1	100,0
2010	14	27.03.2010	Bayern	Deggendorf	94469	36,4	100,0
2010	18	29.03.2010	Rheinland-Pfalz	Kenn	54344	n.g.	100,0
2010	24	06.04.2010	Sachsen	Dresden	02699	96,0	100,0
2010	25	31.03.2010	Mecklenburg-Vorpommern	Schwerin	19395	72,0	100,0
2010	28	12.04.2010	Niedersachsen	Göttingen	37073	64,2	100,0
2010	30	20.04.2010	Mecklenburg-Vorpommern	Sagerheide	18184	66,7	100,0
2010	17	30.03.2010	Rheinland-Pfalz	Morbach	54497	15,0	95,0
2010	23	31.03.2010	Mecklenburg-Vorpommern	Sagerheide	18184	n.g.	70,0

Tab. 2a: Herkunft und mittlere Mortalitäten bei 0,003 µg/cm² und 0,015 µg/cm² I-Cyhalothrin der *Ceutorhynchus pallidactylus* Populationen von 2005 bis 2007

Jahr	ID	Testdatum	Bundesland	Herkunft	PLZ	Mittlere Mortalität [%] bei 0,003 µg/cm ²	Mittlere Mortalität [%] bei 0,015 µg/cm ²
2005	Wü1	30.03.2005	Niedersachsen	Wülperode	38835	75,0	100,0
2005	Co1	01.04.2005	Bayern	Bad Staffelstein	96231	93,3	100,0
2005	Gö2	12.05.2005	Niedersachsen	Göttingen	37073	40,0	100,0
2005	Del1	08.04.2005	Bayern	Deggendorf	94469	45,0	100,0
2005	Ur1	01.04.2005	Schleswig- Holstein	Christinenthal	25593	n.g.	100,0
2005	Re2	08.04.2005	Bayern	Regensburg	93059	23,3	100,0
2005	Ma1	08.04.2005	Niedersachsen	Mascherode	38126	75,0	100,0
2005	Li1	18.04.2005	Rheinland Pfalz	Limburgerhof	67117	100,0	100,0
2005	Le1	12.04.2005	Niedersachsen	Leinefelde	37327	25,0	85,0
2006	1	24.03.2006	Rheinland Pfalz	Bad Kreuznach	55545	76,4	100,0
2006	7	03.04.2006	Baden-Württemberg	Reutlingen	72762	64,6	100,0
2006	9	03.04.2006	Bayern	Stadtbergen	86391	66,7	100,0
2006	15	20.04.2006	Niedersachsen	Destedt	38165	100,0	100,0
2006	26	20.04.2006	Bayern	Bayreuth	95444	81,3	100,0
2006	32	20.04.2006	Sachsen	Fuchshain	04683	90,0	100,0
2006	33	20.04.2006	Sachsen	Roda	06268	100,0	100,0
2006	36	27.04.2006	Niedersachsen	Langelsheim	38685	70,0	100,0
2006	38	27.04.2006	Thüringen	Leinefelde	37327	100,0	100,0
2006	39	27.04.2006	Baden-Württemberg	Rottweil	78658	100,0	100,0
2006	42a	28.04.2006	Bayern	Regensburg	93047	40,0	100,0
2006	46	02.05.2006	Niedersachsen	Göttingen	37073	100,0	100,0
2006	55	11.05.2006	Niedersachsen	Nienburg	31582	100,0	100,0
2006	31	20.04.2006	Nordrhein-Westfalen	Münsterland	48143	58,3	94,4
2006	11	12.04.2006	Brandenburg	Cottbus	03046	55,6	90,0
2006	103	04.04.2006	Mecklenburg-Vorpommern	Bad Doberan	18209	11,3	58,0
2007	3	07.03.2007	Rheinland Pfalz	Bitburg	54344	25,5	100,0
2007	4	13.03.2007	Niedersachsen	Wendhausen	38165	85,2	100,0
2007	7	14.03.2007	Niedersachsen	Destedt	38162	100,0	100,0
2007	14	16.03.2007	Bayern	Kitzingen	97342	81,8	100,0
2007	16	16.03.2007	Sachsen	Pfaffrode	8393	100,0	100,0
2007	17	16.03.2007	Baden-Württemberg	Herrentierbach	74385	70,7	100,0
2007	20	19.03.2007	Bayern	Ansbach	91522	80,0	100,0
2007	21	19.03.2007	Nordrhein-Westfalen	Telgte	48291	81,8	100,0
2007	27	19.03.2007	Hessen	Wetzlar	35410	80,0	100,0
2007	28	19.03.2007	Hessen	Kassel	34292	68,8	100,0
2007	32	19.03.2007	Nordrhein-Westfalen	Bonn	53347	90,0	100,0
2007	34	20.03.2007	Bayern	Bayreuth	95503	70,0	100,0
2007	36	20.03.2007	Bayern	Bayreuth	95503	80,0	100,0
2007	38	20.03.2007	Baden-Württemberg	Donaueschingen	78199	100,0	100,0
2007	39a	20.03.2007	Bayern	Deggendorf	94562	40,0	100,0
2007	47	30.03.2007	Sachsen	Großpösna	4828	60,0	100,0
2007	51	02.04.2007	Mecklenburg-Vorpommern	Sagerheide	18184	38,9	100,0
2007	41	21.03.2007	Bayern	Deggendorf	94562	0,0	93,3
2007	50	02.04.2007	Brandenburg	Cottbus	3042	50,0	90,0

Tab. 2b: Herkunft und mittlere Mortalitäten bei 0,003 µg/cm² und 0,015 µg/cm² I-Cyhalothrin der *Ceutorhynchus pallidactylus* Populationen von 2008 bis 2010

Jahr	ID	Testdatum	Bundesland	Herkunft	PLZ	Mittlere Mortalität [%] bei 0,003 µg/cm ²	Mittlere Mortalität [%] bei 0,015 µg/cm ²
2008	4	04.03.2008	Bayern	Stadtbergen	86391	60,0	100,0
2008	27a	08.04.2008	Thüringen	Stadtroda	03607	54,0	100,0
2008	28	08.04.2008	Bayern	Anberg	95659	n.g.	100,0
2008	32	17.04.2008	Mecklenburg-Vorpommern	Letschow	18258	n.g.	100,0
2008	15a	02.04.2008	Niedersachsen	Wendhausen	38165	n.g.	97,5
2008	16	04.04.2008	Thüringen	Rudolfstadt	07318	0,0	97,0
2008	30	08.04.2008	Mecklenburg-Vorpommern	Sagerheide	18184	36,9	95,8
2008	51a	05.05.2008	Ungarn	Ungarn		5,0	80,0
2008	25	08.04.2008	Bayern	Stadtbergen	86441	n.g.	62,5
2008	52a	05.05.2008	Thüringen	Großenstein	07580	10,0	37,0
2008	2	03.03.2008	Nordrhein-Westfalen	Bonn	53229	5,0	30,0
2009	19	14.04.2009	Bayern	Dinkelsbühl	91550	73,3	100,0
2009	14	07.04.2009	Sachsen	Mockrhena	04838	n.g.	100,0
2009	20	14.04.2009	Bayern	Dinkelsbühl	91550	36,8	100,0
2009	13	07.04.2009	Nordrhein-Westfalen	Bonn	53229	50,0	100,0
2009	15	07.04.2009	Bayern	Deggendorf	94469	40,0	95,0
2009	18	14.04.2009	Mecklenburg-Vorpommern	Gnevsdorf	19055	100,0	95,0
2009	17	07.04.2009	Bayern	Zusmarshausen	86441	47,1	94,0
2009	10	06.04.2009	Niedersachsen	Wendhausen	38165	74,4	86,0
2009	12	06.04.2009	Niedersachsen	Destedt	38162	20,0	85,0
2009	21	14.04.2009	Bayern	Dinkelsbühl	91550	23,3	74,9
2009	33	15.04.2009	Thüringen	Stadtroda	07613	10,0	56,7
2009	30	15.04.2009	Thüringen	Dornburg	07778	20,0	55,0
2009	32	16.04.2009	Rheinland Pfalz	Dockendorf	54636	0,0	50,8
2009	28	15.04.2009	Thüringen	Dornburg	07778	25,0	46,7
2010	4	24.03.2010	Bayern	Langweid	86391		100,0
2010	11	27.03.2010	Bayern	Reiterswiesen	97688	22,7	100,0
2010	13	27.03.2010	Bayern	Ansbach	91522	16,1	100,0
2010	16	27.03.2010	Bayern	Dinkelsbühl	91550	0,0	100,0
2010	18	29.03.2010	Rheinland-Pfalz	Kenn	54344	58,7	100,0
2010	19	29.03.2010	Rheinland-Pfalz	Wolfenbüttel	38315	60,0	100,0
2010	23	31.03.2010	Mecklenburg-Vorpommern	Sagerheide	18184	71,4	100,0
2010	24	06.04.2010	Sachsen	Dresden	02699	n.g.	100,0
2010	26	06.04.2010	Bayern	Stadtbergen	86441	43,6	100,0
2010	27	06.04.2010	Thüringen	Sömmerda	99610	n.g.	100,0
2010	30	20.04.2010	Mecklenburg-Vorpommern	Sagerheide	18184	75,0	100,0
2010	21	29.03.2010	Niedersachsen	Braunschweig	38162	33,8	95,0
2010	10	30.03.2010	Niedersachsen	Braunschweig	38165	20,4	92,2
2010	12	27.03.2010	Bayern	Ansbach	91522	26,7	90,0
2010	22	31.03.2010	Niedersachsen	Barsinghausen	30890	63,3	90,0
2010	17	30.03.2010	Rheinland-Pfalz	Morbach	54497	26,7	86,7
2010	15	27.03.2010	Bayern	Kronungen	97490	20,0	85,0
2010	25	31.03.2010	Mecklenburg-Vorpommern	Schwerin	19395	61,5	85,0
2010	20	27.03.2010	Bayern	Stadtbergen	86497	n.g.	81,8
2010	14	30.03.2010	Bayern	Deggendorf	94469	29,6	80,2

Tab. 3: Herkunft und mittlere Mortalitäten bei 0,003 µg/cm² und 0,015 µg/cm² I-Cyhalothrin der *Ceutorhynchus obstrictus* Populationen von 2005 bis 2010

Jahr	ID	Testdatum	Bundesland	Herkunft	PLZ	Mortalität [%]	
						0,003 µg/cm ²	0,015 µg/cm ²
2005	Th-2	30.05.2005	Schleswig-Holstein	Okel	24997	100,0	100,0
2005	OL-1	30.05.2005	Niedersachsen	Oldenburg	26121	100,0	100,0
2005	Hi-2	30.05.2005	Thüringen	Hildburghausen	98646		100,0
2005	Go2	12.05.2005	Niedersachsen	Göttingen	37077	40,0	100,0
2006	66	16.05.2006	Rheinland Pfalz	Bitburg	54634	100,0	100,0
2006	68	16.05.2006	Rheinland Pfalz	Bitburg	54634	95,0	100,0
2006	70	18.05.2006	Rheinland Pfalz	Bitburg	54634	100,0	100,0
2006	72	18.05.2006	Rheinland Pfalz	Bitburg	54634	92,6	100,0
2006	73	18.05.2006	Mecklenburg-Vorpommern	Kothendorf	19075	100,0	100,0
2006	75	18.05.2006	Niedersachsen	Göttingen	37077	100,0	100,0
2006	79	22.05.2006	Baden Württemberg	Herrentierbach	74572	100,0	100,0
2006	82	30.05.2006	Sachsen	Chemnitz	09111	100,0	100,0
2006	84	02.06.2006	Niedersachsen	Ahlum	38489	100,0	100,0
2006	76	22.05.2006	Schleswig-Holstein	Lübeck	23552	85,9	91,7
2006	41	28.04.2006	Nordrhein-Westfalen	Paderborn	33098	100,0	90,0
2007	131	21.05.2007	Mecklenburg-Vorpommern	Botelsdorf	19205	45,0	100,0
2007	130	21.05.2007	Mecklenburg-Vorpommern	Köchelstorf	19217	45,0	100,0
2007	120	04.05.2007	Schleswig-Holstein	Lübeck	23816	87,5	100,0
2007	124	21.05.2007	United Kingdom	Rothamsted	AL5 2JQ	40,0	100,0
2007	119	04.05.2007	Schleswig-Holstein	Lübeck	23566	95,0	95,0
2007	121	04.05.2009	Schleswig-Holstein	Lübeck	23566	80,8	96,7
2008	64	14.05.2008	Mecklenburg-Vorpommern	Keindorf	39359	26,0	100,0
2008	65	13.05.2008	Niedersachsen	Steinum	38154	65,1	100,0
2008	65	21.05.2008	Niedersachsen	Steinum	38154	86,9	100,0
2008	66	14.05.2008	Schleswig-Holstein	Lübeck	23501	21,1	100,0
2008	67	15.05.2008	Thüringen	Burkersdorf	07907	30,0	100,0
2008	73	19.05.2008	Niedersachsen	Barsinghausen	30890	52,5	100,0
2008	81	04.06.2008	Mecklenburg-Vorpommern	Golchen	17089	n.g.	100,0
2008	82	04.06.2008	Mecklenburg-Vorpommern	Thurov	19412	96,7	100,0
2008	83	04.06.2008	Mecklenburg-Vorpommern	Wickendorf	19055	n.g.	100,0
2008	84	05.06.2008	Mecklenburg-Vorpommern	Kirchstück	19069	100,0	100,0
2008	85	05.06.2008	Mecklenburg-Vorpommern	Benzin	19217	83,3	100,0
2008	86	05.06.2008	Mecklenburg-Vorpommern	Köchelstorf	19217	90,0	100,0
2008	87	05.06.2008	Mecklenburg-Vorpommern	Botelsdorf	19205	n.g.	100,0
2009	70	04.05.2009	Bayern	Stadtbergen	86441	n.g.	100,0
2009	71	30.04.2009	Sachsen-Anhalt	Dessau	06844	100,0	100,0
2009	72	30.04.2009	Sachsen-Anhalt	Dessau	06844	96,0	100,0
2009	73a	24.04.2009	Mecklenburg-Vorpommern	Keindorf	39359	100,0	100,0
2009	75	05.05.2009	Thüringen	Großenstein	37077	96,0	100,0
2009	77	18.05.2009	Niedersachsen	Wendhausen	38165	96,7	100,0
2009	98	23.07.2009	Niedersachsen	Göttingen	37077	71,7	97,2
2009	69	05.05.2009	Bayern	Uffenheim	91438	n.g.	95,0
2009	67	30.04.2009	Niedersachsen	Ahlum	38489	n.g.	94,4
2010	77	21.05.2010	Rheinland-Pfalz	Hettenheidelberg	67310	100,0	100,0
2010	79	21.05.2010	Sachsen-Anhalt	Dessau	06844	92,5	100,0
2010	80	27.05.2010	Bayern	Straß	86666	100,0	100,0
2010	81	27.05.2010	Thüringen	Dornburg	65599	100	100,0
2010	82	31.05.2010	Brandenburg	Waldsiefersdorf	15518	100,0	100,0
2010	84	03.06.2010	Mecklenburg-Vorpommern	Köchelsdorf	19217	67,6	100,0
2010	92	14.06.2010	Mecklenburg-Vorpommern	Bruel	19412	n.g.	100,0
2010	94	16.06.2010	Mecklenburg-Vorpommern	Bruel	19412	n.g.	100,0
2010	95	16.06.2010	Rheinland-Pfalz			100,0	100,0
2010	105	30.06.2010	Niedersachsen	Göttingen	37249	100,0	100,0
2010	117	02.08.2010	Brandenburg	Prenzlau	17291	96,0	100,0
2010	118	02.08.2010	Brandenburg	Trampe	16230	85,0	100,0
2010	122	05.08.2010	Mecklenburg-Vorpommern	Wittenburg	19243	70,0	100,0
2010	98	16.06.2010	Mecklenburg-Vorpommern	Köchelstorf	19217	n.g.	95,5
2010	119	03.08.2010	Mecklenburg-Vorpommern	Lübz	19386	38,3	92,2
2010	121	05.08.2010	Mecklenburg-Vorpommern	Eldena	19294	70,0	90,0
2010	120	03.08.2010	Mecklenburg-Vorpommern	Lübz	19386	73,9	88,9
2010	97	10.06.2010	Schleswig-Holstein	Schwedeneck	24229	12,7	42,2

Tab. 4: Herkunft und mittlere Mortalitäten bei 0,003 µg/cm² und 0,015 µg/cm² I-Cyhalothrin der getesteten *Phyllotreta* Populationen von 2005 bis 2009

Jahr	ID	Testdatum	Bundesland	Herkunft	PLZ	Mortalität [%] 0,003 µg/cm ²	Mortalität [%] 0,015 µg/cm ²
2005	Rh1	13.04.2005	Rheinland Pfalz	Bad Kreuznach	55543	91,3	100,0
2005	Hö1	12.05.2005	Niedersachsen	Hötzum	38126	83,3	100,0
2005	Sch2	12.05.2005	Rheinland Pfalz	Bitburg		100,0	100,0
2005	We1	26.05.2005	Niedersachsen	Weddel	38162	100,0	100,0
2006	64	16.05.2006	Rheinland Pfalz	Bitburg	54634	94,4	100,0
2006	12	20.04.2006	Niedersachsen	Hordorf	38162	100,0	100,0
2006	15	20.04.2006	Niedersachsen	Destedt	38162	0,0	100,0
2007	155a	27.06.2007	Baden-Württemberg	Mauchenheim	67259	95,0	100,0
2007	157	27.06.2007	Baden-Württemberg	Mauchenheim	67294	100,0	100,0
2007	165	17.09.2007	Rheinland Pfalz	k.A.	k.A.	100,0	100,0
2008	122	14.10.2008	Baden- Württemberg	Bad Mergentheim	97980	95,6	100,0
2008	123	14.10.2008	Baden- Württemberg	Bad Mergentheim	97980	83,3	100,0
2009	12	06.04.2009	Niedersachsen	Destedt	38162		100,0
2009	112	29.09.2009	Niederösterreich	Königsbrunn	A-2202	90,0	100,0
2009	112	29.09.2009	Niederösterreich	Königsbrunn	A-2202	28,8	95,0
2009	114	29.09.2009	Rheinland Pfalz	Gensingen	55457	77,6	96,7

Tab. 5: Herkunft und mittlere Mortalitäten bei 0,003 µg/cm² und 0,015 µg/cm² I-Cyhalothrin der getesteten *Psylliodes chrysocephala* Populationen von 2007 bis 2010. Für drei Populationen wurden die Tests vom Unternehmen Bayer CropScience (BCS) durchgeführt.

Jahr	ID	Testdatum	Bundesland	Herkunft	PLZ	Mortalität [%] 0,003 µg/cm ²	Mortalität [%] 0,015 µg/cm ²
2007	163	23.07.2007	Niedersachsen	Aurich	26632	90,0	100,0
2007	167	15.10.2007	Mecklenburg-Vorpommern	Goddin	19205	47,2	100,0
2008	118	01.08.2008	Mecklenburg-Vorpommern	Lübstorf	19069	71,8	100,0
2008	121	09.10.2008	Mecklenburg-Vorpommern	Goddin	19205	18,0	100,0
2008	120	09.10.2008	Mecklenburg-Vorpommern	Gnevsdorf	19395	88,9	100,0
2008	117	01.08.2008	Mecklenburg-Vorpommern	Köchelstorf	19217	45,3	92,0
2008	119	25.09.2008	Mecklenburg-Vorpommern	Gadebusch	19205	6,1	17,4
2009	105	21.09.2009	Sachsen-Anhalt	Moritz	39264	100,0	100,0
2009	116	01.10.2009	Schweiz	Nyon	01260	100,0	100,0
2009	107	23.09.2009	Mecklenburg-Vorpommern	Gnevsdorf	19395	95,0	100,0
2009	115	01.10.2009	Mecklenburg-Vorpommern	Beidendorf	23996	95,0	100,0
2009	104	21.09.2009	Mecklenburg-Vorpommern	Botelsdorf	19205	91,8	100,0
2009	103	21.09.2009	Mecklenburg-Vorpommern	Botelsdorf	19205	90,0	100,0
2009	113	29.09.2009	Mecklenburg-Vorpommern	Dorf Mecklenburg	23972	83,3	100,0
2009	108	23.09.2009	Mecklenburg-Vorpommern	Grevesmühlen	23936	77,3	100,0
2009	102	21.08.2009	Bayern	Burgsalach	91790	64,8	100,0
2009	99	05.08.2009	Mecklenburg-Vorpommern	Köchelstorf	19035	47,2	100,0
2009	106	23.09.2009	Mecklenburg-Vorpommern	Perdöhl	19243	74,4	93,0
2009	109	24.09.2009	Mecklenburg-Vorpommern	Malk Göhren	19294	69,4	100,0
2009	110	24.09.2009	Mecklenburg-Vorpommern	Gadebusch	19205	n.g.	40,0
2009	111	24.09.2009	Mecklenburg-Vorpommern	Gadebusch	19205	n.g.	87,5
2009	101	13.08.2009	Mecklenburg-Vorpommern	Gadebusch	19035	0,0	70,8
2010	109	04.07.2010	Niedersachsen	Göttingen	37249	100,0	100,0
2010	111	27.07.2010	Bayern	Klosterfeld	97717	100,0	100,0
2010	112	29.07.2010	Niedersachsen	Pegestorf	37619	100,0	100,0
2010	113	29.07.2010	Mecklenburg-Vorpommern	Wittenberg	19243	45,5	82,8
2010	114	29.07.2010	Mecklenburg-Vorpommern	Crivitz	19079	12,7	50,0
2010	116	02.08.2010	Brandenburg	Planetal	14778	50,0	100,0
2010	119	02.08.2010	Mecklenburg-Vorpommern	Lübz	19386	32,8	100,0
2010	120	03.08.2010	Mecklenburg-Vorpommern	Lübz	19386	18,6	70,0
2010	121	05.08.2010	Mecklenburg-Vorpommern	Eldena	19294	61,1	92,0
2010	122	05.08.2010	Mecklenburg-Vorpommern	Wittenburg	19243	10,0	73,6
2010	123	12.08.2010	Mecklenburg-Vorpommern	Grambow	19071	54,1	70,4
2010	124	12.08.2010	Mecklenburg-Vorpommern	Gadebusch	19205	1,0	100,0
2010	125	12.08.2010	Mecklenburg-Vorpommern	Gadebusch	19205	13,8	65,1
2010	126	12.08.2010	Mecklenburg-Vorpommern	Schwerin	19053	37,5	88,1
2010	127	16.08.2010	Mecklenburg-Vorpommern	Gadebusch	19205	48,0	98,0
2010	128	16.08.2010	Mecklenburg-Vorpommern	Schwerin	19053	20,3	79,7
2010	135	28.09.2010	Mecklenburg-Vorpommern	Grevesmühlen	23936	100,0	100,0
2010	136	04.10.2010	Mecklenburg-Vorpommern	Grambow	19071	94,4	100,0
2010	137	05.10.2010	Mecklenburg-Vorpommern	Perdöhl	19243	80,0	100,0
2010	138	05.10.2010	Schleswig-Holstein	Dollerup	24989	n.g.	100,0
2010	139	07.10.2010	Mecklenburg-Vorpommern	Parum	19243	40,0	96,7
2010	140	13.10.2010	Mecklenburg-Vorpommern	Gadebusch	19205	70,0	100,0
2010	BCS	k.A.	Mecklenburg-Vorpommern	Ziggelmark	19243	100,0	100,0
2010	BCS	k.A.	Nordrhein-Westfalen	Monheim	40789	100,0	100,0
2010	BCS	k.A.	Schleswig-Holstein	Hohenhorn	21526	86,3	100,0