



Entwicklungen des Insektizid-Einsatzes in Winterraps (*Brassica napus* L.) infolge des Anwendungsverbotes neonicotinoider Beizen

Sabine Andert¹ · Andrea Ziese²

Eingegangen: 9. April 2021 / Angenommen: 9. Juni 2021 / Online publiziert: 6. Juli 2021
© Der/die Autor(en) 2021

Zusammenfassung

Der Anbau von Winterraps (*Brassica napus* L.) wird durch das Auftreten tierischer Schaderreger begleitet, wodurch ein intensiver Insektizid-Einsatz nötig ist. Insbesondere das Anwendungsverbot neonicotinoider Beizen in Winterraps schränkt jedoch die Möglichkeiten der Insektenbekämpfung für landwirtschaftliche Betriebe in der Europäischen Union (EU) ein. Die vorliegende Studie untersucht den Insektizid-Einsatz landwirtschaftlicher Praxisbetriebe, um die Auswirkungen des Anwendungsverbotes neonicotinoider Beizen in Deutschland zu identifizieren. Die feldspezifischen Anbau- und Insektizid-Daten der Referenzbetriebe Mecklenburg-Vorpommern ermöglichen eine detaillierte Analyse des Insektizid-Einsatzes und einen Vergleich der Anwendungsmuster von Insektiziden im Zeitraum der Zulassung neonicotinoider Beizen (2012–2014) und dem darauffolgenden Zeitraum seit dem Anwendungsverbot (2015–2019). Als Maßzahlen für die Insektizid-Intensität werden der Behandlungsindex (BI) und die Anzahl der Überfahrten mit Insektiziden ausgewertet. Die Ergebnisse belegen einen signifikanten Anstieg des Insektizid-Einsatzes in Winterraps im Zeitverlauf 2012–2019. Die mittlere Insektizid-Intensität der Flächenapplikationen ist infolge des Anwendungsverbotes neonicotinoider Beizen um 22,5 % angestiegen. Die Anzahl der Überfahrten mit Insektiziden ist um 1,1 erhöht, dies entspricht einer zusätzlichen Überfahrt mit Insektiziden mit der maximal zugelassenen Aufwandmenge. In der Auflaufphase und den frühen Entwicklungsstadien der Pflanzen (Herbst) hat sich die Insektizid-Intensität vervierfacht. Saattermine und Saatstärken variieren zwischen den Erhebungsjahren, zeitliche Verschiebungen des Saattermins oder eine Anpassung der Saatstärke infolge des Anwendungsverbotes neonicotinoider Beizen wurden jedoch nicht identifiziert. 41 % der Referenzbetriebe Mecklenburg-Vorpommern setzten die insektizide Beize Lumiposa 625 FS (Wirkstoff Chlorantraniliprole) im Betrachtungszeitraum 2017–2019 ein. Der Einsatz der Beize ist von 2017–2019 angestiegen und variiert zwischen den Betrieben. Die aktuelle Zulassung der insektiziden Beize Lumiposa 625 FS in Deutschland wird vermutlich zum stärkeren Einsatz führen.

Schlüsselwörter Raps · Pflanzenschutz-Intensität · Insektizide · Betriebserhebungen · Referenzbetriebe · Mecklenburg-Vorpommern

✉ Sabine Andert
sabine.andert@uni-rostock.de

¹ Agrar- und Umweltwissenschaftliche Fakultät, Professur für Phytomedizin, Universität Rostock, Satower Straße 48, 18051 Rostock, Deutschland

² Institut für Betriebswirtschaft, Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern, Dorfplatz 1, 18276 Gülzow-Prüzen, Deutschland

Effects of the Ban of Neonicotinoid Seed Treatments on Insecticide Use in Winter Oilseed Rape (*Brassica napus* L.)

Abstract

Insect pests play a superior role among biotic stresses in winter oilseed rape (*Brassica napus* L.) production. Thus, the demands for chemical insecticide treatments have been grown. However, insect pest control in winter oilseed rape has become particularly difficult in Europe due to the ban of neonicotinoid seed treatments. This study investigates the on-farm insecticide use to identify the effects of the ban of neonicotinoid seed dressing in Germany. On-farm data of 17 reference farms in Mecklenburg-Western Pomerania (north-eastern Germany) allow a detailed analysis of the insecticide use in winter oilseed rape between 2012–19. Hence, the analyses enable us to compare the insecticide use pattern between the periods before (2012–14) and afterward (2015–19) the ban of neonicotinoid seed treatment. We used the Treatment Frequency Index (TFI) and the Treatment Frequency (TF) to measure the insecticide use intensity.

This study provided evidence that insecticide use significantly increased from 2012–19. Insecticide applications have increased by up to 22.5% following the ban on neonicotinoid seed treatments. Farmers' did treat winter oilseed rape more often with insecticides. Hence, the TF insecticides have risen by 1.1, which means one additional treatment with insecticides at the maximum registered application rate. The autumn insecticide use in winter oilseed rape has been quadrupled. Sowing dates and sowing densities differ between the years, however, we did not find significant trends regarding sowing dates and sowing densities following the ban on neonicotinoid seed treatments.

41% of the reference farms in Mecklenburg-Western Pomerania used the winter oilseed rape seed treatment Lumiposa 625 FS (active ingredient chlorantraniliprole) (2017–19). On-farm uses of the seed treatment Lumiposa 625 FS have increased in this period, however, differs between the reference farms. The current registration of the seed treatment Lumiposa 625 FS in Germany will probably increase the on-farm use in winter oilseed rape.

Keywords Winter oilseed rape · Pesticide use intensity · Insecticides · On-farm data · Reference farms · Mecklenburg-Western Pomerania

Einleitung

Insekten sind die bedeutendste Schädlingsgruppe im weltweiten Rapsanbau (Zheng et al. 2020). Die Insektenbekämpfung im Winterraps (*Brassica napus* L.) in Europa stellt sich jedoch aufgrund zunehmender Resistenz einiger wichtiger Schadinsekten gegenüber Insektiziden (Heimbach und Müller 2013; Mota-Sanchez und Wise 2021) und der resultierenden eingeschränkten Auswahl an verfügbaren Wirkstoffen besonders herausfordernd dar. Darüber hinaus werden durch das Verbot der Saatgutbeizung mit Neonicotinoiden (u. a. Imidacloprid, Clothianidin und Thiamethoxam) im Jahr 2014 (Verordnung (EU) Nr. 485/2013 der Europäischen Kommission) erhöhte Ertragsverluste durch Schädlinge beobachtet (Kathage et al. 2018; Scott und Bilsborrow 2019; Zhang et al. 2017).

Auf der Grundlage der Ergebnisse der Europäischen Behörde für Lebensmittelsicherheit (EFSA) zur Schädlichkeit der Neonicotinoide für Wild- und Honigbienen schränkte die EU-Kommission die Verwendungen der drei neonicotinoiden Wirkstoffe in Pflanzenschutzmitteln ein. Im Ackerbau sind Saatgut- und Bodenbehandlungen nicht mehr erlaubt sowie Blattbehandlungen nach der Blüte der Kulturen eingeschränkt. Neonicotinoide wirken auch auf die Gehirnprozesse der Bienen (Brandt et al. 2016; Henry et al. 2012). Niedrige Dosen können Gehirnprozesse, wie Wahrnehmen,

Lernen, Erinnern, Orientieren, Navigieren, Kommunizieren, stören – höhere Dosen wirken letal (Fischer et al. 2014; Tison et al. 2016). Darüber hinaus schwächen Neonicotinoide das Immunsystem von Bienen, wodurch sie anfälliger für Viren und Krankheiten werden (Sanchez-Bayo et al. 2016).

Die Saatgutbehandlung von Winterraps (*Brassica napus* L.) mittels Inkrustierung mit insektiziden Wirkstoffen diene der Vorbeugung gegen Befall mit dem Raps- und Kohlerdfloh (*Psylliodes chrysocephalus* L., *Phyllotreta nemorum* L./*Phyllotreta undulata* L.) sowie durch die Herbstgeneration der Kleinen Kohlfliege (*Delia radicum* L.) (Lundin et al. 2020). Der Rapserrdfloh schädigt die Pflanzen sowohl im Larven- als auch im adulten Stadium. Die Larven fressen im Stängel der Pflanzen, adulte Tiere ernähren sich während des Pflanzenauflaufens von Stängel, Keimblättern und den ersten echten Blattpaaren. Die Larven der Kleinen Kohlfliege schädigen hingegen die Wurzeln der Pflanzen, wodurch die Pfahlwurzel in ihrer Funktion und in ihrem Wurzeltiefgang stark eingeschränkt wird.

Seit der Aussaat im Herbst 2014 stehen zum Schutz gegen den Befall von Raps- und Kohlerdfloh-Arten ausschließlich Pyrethroid-haltige Insektizide in Winterraps zur Verfügung. Die eingeschränkten Möglichkeiten der Insektenbekämpfung gefährden die Rentabilität des Winterrapsanbaus (Arthey 2020; Lundin 2021). Europäische Landwir-

te geben an, dass der Zeitaufwand, die Kosten und die Menge an Insektiziden zum Schutz des Winterrapses gegenüber den Schadinsekten zunehmen (Kathage et al. 2018).

Der vorliegende Beitrag zielt darauf ab, die Anwendungsmuster der Applikationen mit Insektiziden in Winterraps zu untersuchen sowie Auswirkungen des Anwendungsverbotes neonicotinoider Beizen in Deutschland zu identifizieren. Zu diesem Zweck werden Anbaudaten und Insektizid-Anwendungen der Referenzbetriebe Mecklenburg-Vorpommern in den Erntejahren 2012–2019 ausgewertet. Der Anbau von Winterraps ist in Mecklenburg-Vorpommern weit verbreitet. Im Mittel der Anbaujahre 2014–2020 wurden 17,8 % des bundesweiten Winterraps in Mecklenburg-Vorpommern angebaut (Statistisches Bundesamt 2020). Der Beitrag von Winterraps an den Umsatzerlösen der Ackerbaubetriebe in Mecklenburg-Vorpommern betrug in 2012–2019 23 % (Annen 2021).

Material und Methoden

Datengrundlage

Im Rahmen der Auswertungen der Referenzbetriebe der Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern wird ein umfangreicher Datensatz landwirtschaftlicher Praxis-Daten ausgewertet. Für den vorliegenden Beitrag wurden Anbaudaten von Winterraps von 17 Referenzbetrieben aus neun Jahren (2012–2019) analysiert. Es wurden 1355 Felder zusammengetragen.

Datenanalyse

Aus den Schlagaufzeichnungen wurden schlagspezifische Anbaudaten, Ackerzahlen und jährliche Erträge entnommen. Zum Anbau wurden die Art der Bodenbearbeitung (nicht wendend/wendend), Sorte (inkl. Beize), Saatstärke (Körner/m²), Saatdatum (Tage ab dem 01.08. des Erntejahres) und die Stickstoffmenge (kg/ha) dokumentiert. Darüber hinaus wurde in den Erntejahren 2017–2019 die Anbaufläche mit Lumiposa 625 FS-gebeiztem Winterraps erfasst.

Zur Darstellung und zum Vergleich der Insektizid-Intensitäten wird der Indikator Behandlungsindex (BI) verwendet (Roßberg et al. 2002). Der Insektizid-Behandlungsindex eines Schlages in einem Erntejahr wird aus allen Behandlungen mit Präparaten der Pflanzenschutzmittelgruppe Insektizide berechnet. Der Gesamt-Insektizid-BI eines Erntejahres ergibt sich aus dem BI-Insektizide Herbst (Zeitraum Aussaat – 31.12. des Erntejahres) und dem BI-Insektizide Frühjahr (Zeitraum 01.01. des Erntejahres – Ernte). Die Behandlungshäufigkeit stellt dar, wie oft im Laufe der Saison Insektizide eingesetzt wurden (Bürger und Gerowitt 2009). Für die separate Auswertung der Insektizid-Behand-

lungen entspricht die Zahl der Behandlungen der Anzahl der Überfahrten (ÜF). Die Überfahrten ergeben sich aus der Anzahl der durchgeführten Insektizid-Anwendungen bezogen auf die jeweilige Anbaufläche. Eine Behandlung erhält den Flächenkoeffizienten „1“, wenn sie die gesamte Fläche des jeweiligen Feldes umfasst, auch dann, wenn mit dieser Maßnahme mehrere Pflanzenschutzmittel als Tankmischung ausgebracht werden. Bei einer Teilflächenbehandlung ergibt sich der Flächenkoeffizient als Quotient von behandelter Fläche und Gesamtfläche. Die Gesamt-ÜF mit Insektiziden eines Erntejahres auf einem Feld ergeben sich aus den ÜF-Insektizide Herbst (Zeitraum Aussaat – 31.12. des Erntejahres) und den ÜF-Insektizide Frühjahr (Zeitraum 01.01. des Erntejahres – Ernte).

Für die Ermittlung der Insektizidkosten (€/ha) wurde die betriebliche Aufwandmenge mit Standardpreisen verrechnet (ATR, Ceravis AG, 2019). Variable Maschinenkosten für die Überfahrten wurden nicht berücksichtigt.

Statistische Auswertungen

Die statistischen Auswertungen erfolgten mit der Softwareumgebung R (R Core Team 2020) und darin mit den Paketen ‚polycor‘ (Fox und Weisberg 2019), ‚lmerTest‘ (Kuznetsova et al. 2017) und ‚agricolae‘ (de Mendiburu und Yaseen 2020). Für die grafische Darstellung der Ergebnisse wurde das Paket ggplot2 verwendet (Wickham 2016).

Der parameterfreie Kruskal-Wallis-Test wurde verwendet, um Unterschiede hinsichtlich des Insektizid-Einsatzes (Behandlungsindex und Überfahrten), Insektizid-Kosten, Saatstärke und Saatdatum zwischen den Erntejahren statistisch zu prüfen.

Ergebnisse

Abb. 1 stellt die Behandlungsindizes und Anzahl der Überfahrten für den Insektizid-Einsatz im Winterraps über den Zeitraum von 2012 bis 2019 dar. Der Gesamt-Insektizid-Einsatz (BI und Anzahl der Überfahrten) ist beginnend mit dem Erntejahr 2015 signifikant angestiegen (Abb. 1a, c).

Seit dem Erntejahr 2015 ist ein deutlicher Anstieg im BI-Insektizide und den Überfahrten mit Insektiziden im Herbst zu erkennen (Abb. 1b, e). Der Herbst-BI-Insektizide der Erntejahre 2012–2014 unterscheidet sich signifikant von den Erntejahren 2015–2019. Im Frühjahr zeigen der BI-Insektizide und die Anzahl der Überfahrten keinen eindeutigen Trend im Zeitverlauf auf (Abb. 1c, d).

Die mittlere Insektizid-Intensität für den Zeitraum 2012–2014 beträgt für das gesamte Erntejahr BI 3,1 – aufgeteilt in Herbst-BI 0,4 und Frühjahrs-BI 2,7. Im Zeitraum 2015–2019 wurden Insektizide im gesamten Erntejahr

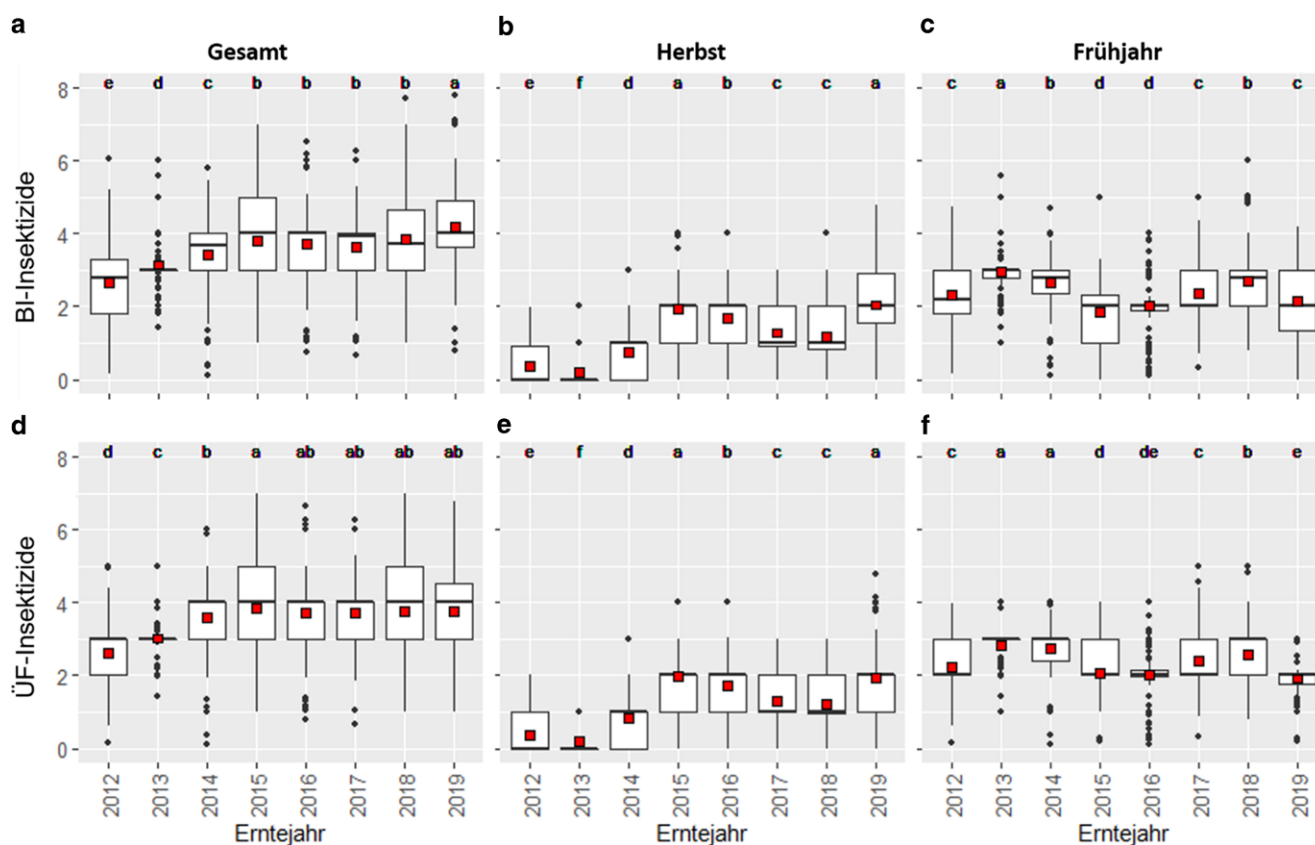


Abb. 1 Insektizid-Intensität im Winterraps in Mecklenburg-Vorpommern 2012 bis 2019; Buchstaben markieren signifikante Unterschiede; **a–c** Behandlungsindex, **d–f** Überfahrten. Verschiedene Buchstaben symbolisieren signifikante Unterschiede ($p < 0,05$) zwischen den Erntejahren (Kruskal-Wallis-Test)

in der Intensität BI 3,8 eingesetzt, im Herbst BI 1,6 und im Frühjahr BI 2,2.

Im Zeitraum 2012–2014 betrug die Überfahrten (ÜF) mit Insektiziden durchschnittlich 3,1 ÜF, im Herbst 0,5 ÜF und im Frühjahr 2,6 ÜF. Die Anzahl der mittleren Überfahrten sind im Zeitraum 2015–19 auf insgesamt 3,8 ÜF angestiegen, aufgeteilt auf 1,6 ÜF im Herbst und 2,2 ÜF im Frühjahr.

Abb. 2 stellt die Insektizid-Intensität der Wirkstoffgruppen Neonicotinoide, Oxadiazin, Pyridin-Azomethine, Pyrethroid Gruppe 1 und Pyrethroid Gruppe 2 dar. Die Wirkstoffgruppen Neonicotinoide (Abb. 3a) (eingesetzte Wirkstoffe: Acetamiprid, Thiacloprid) und Pyrethroide Gruppe 1/2 (Abb. 2d, e) (eingesetzte Wirkstoffe Pyrethroide 1: Tau-Fluvalinat, Etofenprox; Pyrethroide 2: beta-Cyfluthrin, alpha-Cypermethrin, Cypermethrin, Deltamethrin, zeta-Cypermethrin, lambda-Cyhalothrin, Esfenvalerate, Flonicamid) wurden intensiv im Winterrapsanbau Mecklenburg-Vorpommerns eingesetzt. Ein starker Anstieg des BI-Insektizide wurde für die Wirkstoffgruppe Pyrethroid Gruppe 2 (Abb. 2e) im Zeitverlauf 2012–2019 ermittelt. Mit Ausnahme der Jahre 2012 (Pyrethroid Gruppe 1) (Abb. 2d) und 2016 (Neonicotinoide) (Abb. 2a) wurden die

Wirkstoffe der Gruppen Neonicotinoide und Pyrethroide der Gruppe 1 tendenziell gleichmäßig eingesetzt. Produkte der Wirkstoffgruppen Oxadiazin (Abb. 2b) (eingesetzter Wirkstoff: Indoxacarb) und Pyridin-Azomethine (Abb. 2c) (eingesetzter Wirkstoff: Pymetrozin) wurden geringfügig eingesetzt.

Kosten Insektizid-Einsatz

Die mittleren Insektizid-Kosten im Zeitraum 2012–2019 betragen 36,20€ je Hektar im Winterrapsanbau der Referenzbetriebe (Abb. 3a). Zwischen den Zeiträumen 2012–2014 (36,60€) und 2015–2019 (35,90€) unterscheiden sich die Kosten nicht signifikant. Im Herbst der Erntejahre 2015, 2016 und 2019 sind die Insektizid-Kosten signifikant am höchsten (Abb. 3b). Die Kosten für den Insektizid-Einsatz im Herbst sind im Zeitverlauf 2012–2019 angestiegen (Abb. 3b). Im Frühjahr sind die Kosten im Zeitverlauf 2012–2019 variierend, die höchsten Kosten wurden für das Frühjahr der Erntejahre 2013, 2014, 2017 und 2018 ermittelt (Abb. 3c). Im Frühjahr der Erntejahre 2012 und 2016 waren die Insektizid-Kosten signifikant am geringsten.

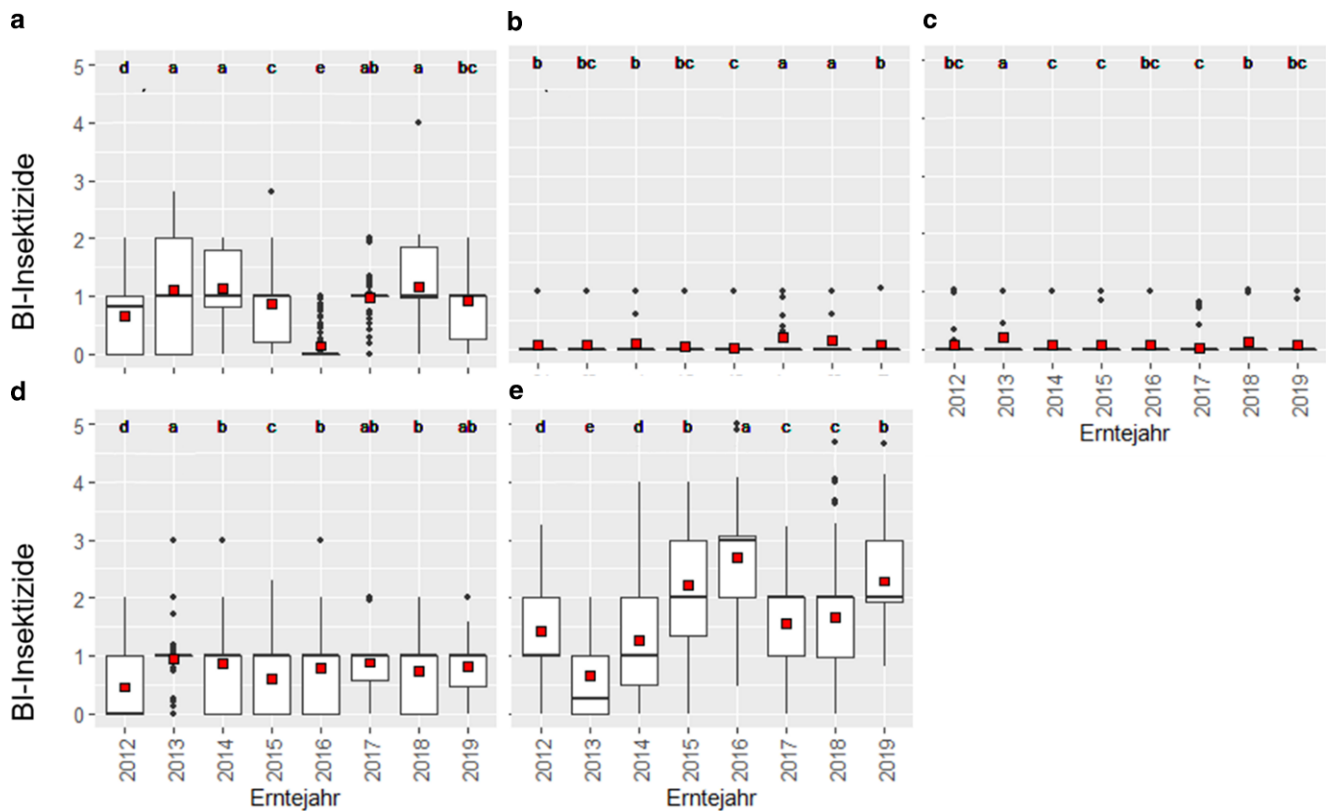


Abb. 2 Insektizid-Intensität im Winterraps in Mecklenburg-Vorpommern 2012 bis 2019 unterteilt in die Wirkstoffgruppen (eingesetzte Wirkstoffe) **a** Neonicotinoide, **b** Oxadiazin, **c** Pyridin-Azomethine, **d** Pyrethroid Gruppe 1 und **e** Pyrethroid Gruppe 2. Unterschiedliche Buchstaben symbolisieren signifikante Unterschiede ($p < 0,05$) zwischen den Erntejahren (Kruskal-Wallis-Test)

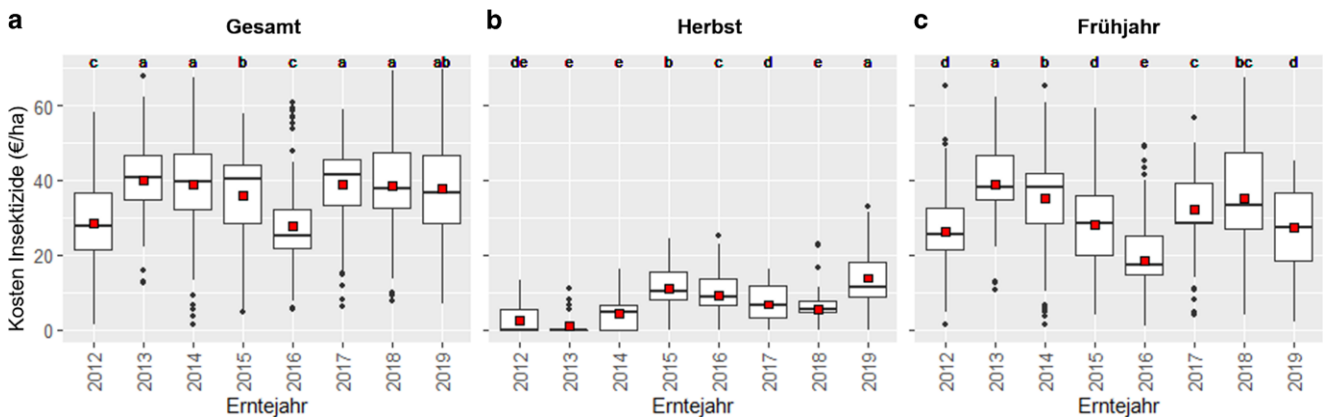


Abb. 3 Darstellung der Kosten des Insektizid-Einsatzes im Winterraps in Mecklenburg-Vorpommern im Zeitverlauf von 2012 bis 2019. Verschiedene Buchstaben symbolisieren signifikante Unterschiede ($p < 0,05$) zwischen den Erntejahren (Kruskal-Wallis-Test)

Saatstärke, -termin und Stickstoffmenge

Tab. 1 greift die Unterschiede in Saatstärke, -termin und Stickstoffmenge zwischen den Erntejahren auf.

Der Saattermin von Winterraps variiert jährlich, zeitliche Verschiebungen sind jedoch nicht deutlich. Der mittlere Saattermin für beide Zeiträume 2012–2014 und 2015–2019 ist der 24. August. Allerdings ist die Streubreite des Saat-

termins in den Jahren 2015–2019 geringer im Vergleich zu den Vorjahren 2012–2014.

Unterschiede in der Saatstärke (Körner/m²) des Winterrapses waren zwischen den Erntejahren signifikant, allerdings wird kein eindeutiger Trend deutlich. Die mittlere Saatstärke ist für die Zeiträume 2012–2014 und 2015–2019 mit 45 Körnern/m² gleich.

Tab. 1 Mittelwerte und Standardabweichung (Sd) für das Aussaatdatum, Saatstärke (Körner/m²) und Stickstoffmenge (kg/ha) in Winterraps im Zeitverlauf von 2012 bis 2019; Mittelwerte für den Zeitraum 2012–2014 und 2015–2019. Verschiedene Buchstaben in einer Spalte symbolisieren signifikante Unterschiede ($p < 0,05$) zwischen den Erntejahren (Kruskal-Wallis-Test)

Erntejahr	Aussaatdatum (Tage nach 01.08.)		Saatstärke (Körner/m ²)		Stickstoffmenge (kg/ha)	
	Mittelwert	Sd	Mittelwert	Sd	Mittelwert	Sd
2012	25 ^a	6,8	48 ^a	7,6	226 ^a	37
2013	21 ^c	5,7	44 ^b	8,6	217 ^b	32
2014	19 ^d	5,2	44 ^b	7,0	217 ^b	35
2015	23 ^b	4,9	47 ^a	6,8	218 ^b	30
2016	23 ^b	5,3	45 ^{ab}	8,1	205 ^c	23
2017	21 ^c	4,7	45 ^{ab}	8,8	202 ^{cd}	36
2018	25 ^a	5,7	45 ^{ab}	7,7	197 ^d	22
2019	23 ^b	4,7	44 ^b	7,0	182 ^e	23
<i>Mittelwert</i>						
2012–2014	24.08.		45		220	
2015–2019	24.08.		45		202	

Höhere Stickstoffmengen (kg/ha) wurden in den Erntejahren 2012–2015 gefunden, niedrigere in den Jahren 2016–2019. Die mittleren Stickstoffmengen unterscheiden sich deutlich zwischen den Zeiträumen 2012–2014 und 2015–2019.

Einsatz der insektiziden Beize Lumiposa 625 FS

Tab. 2 stellt den Anteil der Fläche mit Lumiposa 625 FS-Beize an der gesamten Winterrapsanbaufläche der 17 Referenzbetriebe dar. Die insektizide Beize Lumiposa 625 FS wurde im Erntejahr 2017 zu einem Anteil von 1,7 % eingesetzt, im Erntejahr 2018 mit 1,1 %. Im Jahr 2019 ist die Fläche, auf der Winterraps mit Lumiposa 625 FS-Beize angebaut wurde, stark angestiegen. Die Beize wurde auf 21,1 % der Fläche der Referenzbetriebe eingesetzt.

Der Einsatz der insektiziden Beize Lumiposa 625 FS unterscheidet sich signifikant zwischen den Referenzbetrieben (Tab. A1, Supplementary Material).

Diskussion

Der Anbau von Winterraps wird durch das Auftreten tierischer Schaderreger begleitet, wodurch ein intensiver Insektizid-Einsatz nötig ist (Dachbrodt-Saaydeh et al. 2018;

Krengel-Horney et al. 2020). Die vorliegende Studie untersuchte den Insektizid-Einsatz landwirtschaftlicher Praxisbetriebe, um die Auswirkungen des Anwendungsverbotes neonicotinoider Beizen in Deutschland zu identifizieren. Die feldspezifischen Anbau- und Pflanzenschutzdaten der Referenzbetriebe MV ermöglichen eine detaillierte Analyse des Insektizid-Einsatzes und einen Vergleich der Anwendungsmuster von Insektiziden im Zeitraum der Zulassung neonicotinoider Beizen (2012–2014) und dem darauffolgenden Zeitraum des Anwendungsverbotes (2015–2019).

Die Ergebnisse belegen einen signifikanten Anstieg des Insektizid-Einsatzes im Winterrapsanbau der Referenzbetriebe MV im Zeitverlauf 2012–2019. Der Behandlungsindeks insektizider Flächenapplikationen und die Überfahrten mit Insektiziden sind infolge des Anwendungsverbotes neonicotinoider Beizen signifikant angestiegen (Abb. 1a). Seit dem Erntejahr 2015 ist ein deutlicher Anstieg im BI-Insektizide und den Überfahrten mit Insektiziden im Herbst zu verzeichnen (Abb. 1b, e). Die mittlere Insektizid-Intensität ist seit dem Anwendungsverbot neonicotinoider Beizen in Winterraps um 22,5 % angestiegen, insbesondere der Insektizid-Einsatz im Herbst hat sich vervierfacht (Abb. 1b). Die Ergebnisse belegen ebenfalls einen signifikanten Anstieg der Anzahl der Überfahrten mit Insektiziden um 1,1, dies entspricht einer zusätzlichen Überfahrt mit Insektiziden mit der maximal zugelassenen Aufwandmenge.

Tab. 2 Anteil der Fläche mit insektizider Beize Lumiposa 625 FS an der Gesamtanbaufläche von Winterraps der 17 Referenzbetrieben aus Mecklenburg-Vorpommern

Erntejahr	Erhebungsfäche WRa (ha)	Fläche mit Lumiposa 625 FS-Beize	
		Hektar (ha)	Anteil (%)
2017	5389,63	89,40	1,7
2018	5622,48	64,00	1,1
2019	4413,38	932,00	21,1

Der fehlende insektizide Beizschutz begünstigt insbesondere das Auftreten des Rapserrdflohs in der Auflaufphase und den frühen Entwicklungsstadien der Pflanzen. Rapserrdföhe verursachen typische Fraßschäden an den jungen Blättern der Rapspflanzen, die Vitalität und Photosyntheserate der Pflanzen werden reduziert. Den Hauptschaden verursachen jedoch die Larven, welche die Blattriibe minieren. Sie können bis zum Vegetationspunkt vordringen und diesen zerstören sowie Schaden an Wurzelhals und Wurzeln verursachen. Der Larvenbefall des Rapserrdflohs ist im Zeitverlauf 2012–2019 in MV deutlich angestiegen (LALLF 2021).

Die natürliche Abundanzdynamik sowie Witterungseffekte führen zu unterschiedlichem Auftreten der Rapserrdfloh-Populationen. Die milden Witterungsbedingungen im Winter 2014/2015, verbunden mit einem frühzeitigen Vegetationsstart im Frühjahr 2015, stellten vermutlich günstige Bedingungen und eine lange Periode der Vermehrung dar. Dadurch sind das massenhafte Auftreten des Rapserrdflohs im Herbst 2015 und der resultierende intensive Insektizid-Einsatz erklärbar (Abb. 1b).

Die Ertragsrelevanz des Rapserrdfloh-Auftretens in Winterrapsbeständen wird durch den jahresspezifischen Larvenbefall beeinflusst (Conrad et al. 2018). Nach Nuss (2004) führt ein Larvenbefall größer 11 Larven/Pflanze zu einem Ertragsverlust von max. 5%. Insgesamt werden aufgrund der Neonicotinoid-Beschränkungen Ertragseinbußen erwartet (Scott und Bilsborrow 2019; Zhang et al. 2017). Während alternative Insektizid-Saatgutbehandlungen zur Rapserrdfloh bekämpfung in der EU nicht zur Verfügung stehen, wird erwartet, dass die Kosten für den Winterrapsanbau um 10–20% steigen werden, was hauptsächlich auf den zunehmenden Schädlingsdruck zurückzuführen ist (Arthey 2020; Kathage et al. 2018).

Ein späterer Saattermin und die Erhöhung der Saatstärke stellen ackerbauliche Maßnahmen zur Reduktion des Rapserrdfloh-Auftretens dar (Kathage et al. 2018). Darüber hinaus können durch ein feinkrümliges, abgesetztes Saatbett die Keim- und Auflaufbedingungen verbessert werden, wodurch die Pflanzen widerstandsfähiger gegenüber Schadinsekten sind (Ekbom 2010). Die vorliegenden Ergebnisse belegen eine Variation der Saattermine zwischen den Erhebungsjahren, zeitliche Verschiebungen werden jedoch nicht deutlich (Tab. 1). Der mittlere Saattermin für beide Zeiträume 2012–2014 und 2015–2019 ist der 24. August. Unterschiede in der Saatstärke des Winterrapses waren zwischen den Erntejahren signifikant, allerdings ist ebenfalls kein eindeutiger Zeittrend deutlich. Die mittlere Saatstärke ist für die Zeiträume 2012–2014 und 2015–2019 mit 45 Körnern/m² gleich. In der Praxis hat vermutlich die Witterung den größten Einfluss auf den Aussaatzeitpunkt und die Saatstärke, wodurch sich jährliche Unterschiede erge-

ben, unabhängig von der Zulassungssituation der insektiziden Beize.

Die insektizide Beize Lumiposa 625 FS (Wirkstoff Chlorantraniliprole) wurde in einem größeren Umfang im Erntejahr 2019 durch die Referenzbetriebe zur Bekämpfung der Kleinen Kohlflye eingesetzt (Tab. 2). In den Jahren 2017 und 2018, in denen die Beize erstmalig in Deutschland verfügbar war, wurde diese lediglich geringfügig durch die Referenzbetriebe MV genutzt. Den Schaden an den Pflanzen verursachen die Larven der Kleinen Kohlflye. Neben starken Fraßschäden am Wurzelsystem kann außerdem Fäulnis in den Fraßgängen der Larven auftreten. Versuchsergebnisse zur Wirksamkeit der insektiziden Beize Lumiposa 625 FS zur Kontrolle des Kohlflyebefalls in MV belegen eine Reduzierung der Befallshäufigkeit (relative Anzahl befallener Pflanzen) und Befallsstärke (Ausprägung des Wurzelschadens) um 50% (LALLF 2019, 2018). Auf den Befall des Rapserrdflohs hat die Beize Lumiposa 625 FS keine nachweisbare Wirkung (LALLF 2021). 41% der Referenzbetriebe setzten die Lumiposa-Beize im Betrachtungszeitraum 2017–19 ein. Die Beize war bisher lediglich in EU-Nachbarstaaten zugelassen, gebeiztes Saatgut wurde nach Deutschland importiert. Die Zulassung der insektiziden Beize Lumiposa 625 FS seit Ende 2020 in Deutschland wird vermutlich zum stärkeren Einsatz führen.

Die vorliegenden Ergebnisse des Insektizid-Einsatzes der Referenzbetriebe MV im Frühjahr zeigen keinen eindeutigen Trend im Zeitverlauf (Abb. 1c, d). Die mittlere Insektizid-Intensität im Frühjahr ist im Zeitraum 2015–2019 allerdings um BI=0,5 gesunken im Vergleich zur Insektizid-Intensität im Zeitraum 2012–2014. Dies bedeutet eine eingesparte Überfahrt mit Insektiziden im Frühjahr mit 50% der zugelassenen Aufwandmenge. Deutlich werden darüber hinaus Unterschiede zwischen den Erhebungsjahren. In den Erntejahren 2015, 2016 und 2019 war der Insektizid-BI im Frühjahr am geringsten. Die geringe Streuung des Insektizid-BI im Erntejahr 2016 belegt eine sehr ähnliche Insektizid-Intensität der Referenzbetriebe MV. Bedingt war der geringe Einsatz durch die ruhende Zulassung des Insektizides Biscaya® zur Blütenbehandlung sowie Witterungseffekte (kühles Frühjahr), die das Schädlingsaufkommen im Frühjahr 2016 reduzierten.

Die Frühjahrsschädlinge werden im Winterraps überwiegend mit Pyrethroiden bekämpft. Sowohl der Rapsglanzkäfer (*Brassicogethes aeneus*) als auch der Kohlschotenrüssler (*Ceutorhynchus assimilis*) unterliegen jedoch Resistenzentwicklungen gegenüber Insektiziden der Gruppe der Pyrethroide (Brandes und Heimbach 2018; Mota-Sanchez und Wise 2021; Nauen et al. 2012; Slater et al. 2011; Stará und Kocourek 2018). Um eine fortschreitende Resistenzsituation zu verhindern, ist ein gezieltes Resistenzmanagement unabdingbar (Fachausschuss Insektizide/

Akarizide 2020; IRAC 2021; Lundin et al. 2020; Skellern und Cook 2018).

Die Bekämpfungsschwelle für den Befall des Rapsglanzkäfers wurde durch das Julius-Kühn-Institut in Zusammenarbeit mit den Pflanzenschutzdiensten der Bundesländer neu bewertet (Fachausschuss Insektizide/Akarizide 2020). Ab dem BBCH-Stadium der Kleinstknospe (BBCH 51) liegt der Bekämpfungsrichtwert bei 10 Käfern/Haupttrieb (Bartels et al. 2020). Grund für diese Neubewertung ist, neben der Resistenzsituation der Pyrethroide, insbesondere die Kompensationsfähigkeit des Winterrapses (Gagic et al. 2016; Nuss 2004; Saueremann und Gronow 2006; Williams 2010).

Die Kosten für den Insektizid-Einsatz der Referenzbetriebe MV im Herbst sind im Zeitverlauf 2012–2019, aufgrund der signifikanten Zunahme der Insektizid-Intensität, angestiegen (Abb. 3b). Die Gesamtkosten für den Insektizid-Einsatz in Winterraps sind jedoch zwischen den Zeiträumen 2012–2014 (36,60 €) und 2015–2019 (35,90 €) leicht gesunken (Abb. 3a). Im Erntejahr 2016 stehen die geringen Insektizid-Kosten in Verbindung zum geringen Insektizid-Einsatz im Frühjahr. Die sinkenden Kosten des Insektizid-Einsatzes werden durch weitere Auswertungen der Anbau-daten der Referenzbetriebe gestützt (Ziesemer 2020, 2019). Vermutlich führen Veränderungen in den Preisstrukturen des Handels/der Industrie sowie die Verfügbarkeit generischer insektizider Pflanzenschutzmittel zu sinkenden Einkaufspreisen der eingesetzten Insektizide in Winterraps.

Schlussfolgerung

Die Ergebnisse der Praxisdaten zum Insektizid-Einsatz belegen einen signifikanten Anstieg der Anwendungsintensität insektizider Pflanzenschutzmittel in Winterraps. Zunehmende Resistenzentwicklungen der Winterrapsschädlinge gegenüber Insektiziden und die begrenzte Anzahl verfügbarer insektizider Wirkstoffe mahnen jedoch zu aktivem Resistenzmanagement und konsequenter Umsetzung des integrierten Pflanzenschutzes jedes Anwenders in der Praxis. Um den zukünftigen Winterrapsanbau zu sichern, sollten Insektizide ausschließlich unter strikter Berücksichtigung von Bekämpfungsrichtwerten eingesetzt werden.

Zusatzmaterial online Zusätzliche Informationen sind in der Online-Version dieses Artikels (<https://doi.org/10.1007/s10343-021-00572-4>) enthalten.

Danksagung Besonderer Dank gilt den Referenzbetrieben der Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern, die durch die Bereitstellung Ihrer Betriebsdaten diese Arbeit ermöglicht haben. Pia Baumgärtner hat wertvolle Hilfestellung bei der elektronischen Erfassung der Daten und den Auswertungen geleistet.

Funding Open Access funding enabled and organized by Projekt DEAL.

Interessenkonflikt S. Andert und A. Ziesemer geben an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Open Access Dieser Artikel wird unter der Creative Commons Namensnennung 4.0 International Lizenz veröffentlicht, welche die Nutzung, Vervielfältigung, Bearbeitung, Verbreitung und Wiedergabe in jeglichem Medium und Format erlaubt, sofern Sie den/die ursprünglichen Autor(en) und die Quelle ordnungsgemäß nennen, einen Link zur Creative Commons Lizenz beifügen und angeben, ob Änderungen vorgenommen wurden.

Die in diesem Artikel enthaltenen Bilder und sonstiges Drittmaterial unterliegen ebenfalls der genannten Creative Commons Lizenz, sofern sich aus der Abbildungslegende nichts anderes ergibt. Sofern das betreffende Material nicht unter der genannten Creative Commons Lizenz steht und die betreffende Handlung nicht nach gesetzlichen Vorschriften erlaubt ist, ist für die oben aufgeführten Weiterverwendungen des Materials die Einwilligung des jeweiligen Rechteinhabers einzuholen.

Weitere Details zur Lizenz entnehmen Sie bitte der Lizenzinformation auf <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de>.

Literatur

- Annen T (2021) Testbetriebsergebnisse MV. <https://www.landwirtschaft-mv.de/Fachinformationen/Agraroeconomie/Buchf%C3%BChrungsergebnisse/?id=273&processor=processor.sa.lfaforenbeitrag>. Zugegriffen: 12. März 2021
- Arthey T (2020) Challenges and perspectives in global rapeseed production. <http://www.agribenchmark.org/cash-crop/publicationsand-projects0/reports/challenges-and-perspectives-in-global-rapeseed-production.html>. Zugegriffen: 17. Nov. 2020
- Bartels A, Haberlah-Korr V, Schäfer BC (2020) Leitlinie des integrierten Pflanzenschutzes im Rapsanbau. <https://www.isip.de/isip/servlet/resource/blob/324252/edad97e754eb298057d9fba01262d64/leitlinie-rapsanbau-data.pdf>. Zugegriffen: 28. Mai 2021
- Brandes M, Heimbach U (2018) Pyrethroid resistance of insect pests of oilseed rape in Germany. In: Integrated control in oilseed crops. IOBC-WPRS Bulletin, S 69–72
- Brandt A, Gorenflo A, Siede R, Meixner M, Büchler R (2016) The neonicotinoids thiacloprid, imidacloprid, and clothianidin affect the immunocompetence of honey bees (*Apis mellifera* L.). *J Insect Physiol* 86:40–47. <https://doi.org/10.1016/j.jinsphys.2016.01.001>
- Bürger J, Gerowitz B (2009) Anwendungsmuster von Pflanzenschutzmitteln in Winterweizen und Winterraps. *Gesunde Pflanz* 61:11–17. <https://doi.org/10.1007/s10343-009-0200-3>
- Conrad N, Brandes M, Will T, Verreet J-A, Ulber B, Heimbach U (2018) Effects of insecticidal seed treatments and foliar sprays in winter oilseed rape in autumn on insect pests and TuYV infection. *J Plant Dis Prot* 125:557–565. <https://doi.org/10.1007/s41348-018-0173-5>
- Dachbrodt-Saaydeh S, Sellmann J, Strassemeyer J, Schwarz J, Klocke B, Kregel S, Kehlenbeck H (2018) Netz Vergleichsbetriebe Pflanzenschutz Zwei-Jahresbericht 2015 und 2016 – Analyse der Ergebnisse der Jahre 2007 bis 2016. Berichte aus dem Julius-Kühn-Institut, Bd. 194. <https://doi.org/10.5073/BERJKI.2018.194.000>
- Ekbohm B (2010) Pests and their enemies in spring oilseed rape in Europe and challenges to integrated pest management. In: Williams IH (Hrsg) Biocontrol-based integrated management of oilseed rape pests. Springer, Dordrecht, S 151–165
- Fachausschuss Insektizide/Akarizide (2020) Resistenzstrategie bei wichtigen Rapschädlingen. <https://www.julius-kuehn.de/media/>

- Institute/A/FA_Insektizide_Akarizide/Resistenzstrategie/2020_Resistenzstrategie_bei_wichtigen_Raps-schadlingen.pdf. Zugegriffen: 28. Mai 2021
- Fischer J, Müller T, Spatz A-K, Greggers U, Grünewald B, Menzel R (2014) Neonicotinoids interfere with specific components of navigation in honeybees. *Plos One* 9:e91364. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0091364>
- Fox J, Weisberg S (2019) An R companion to applied regression, 3. Aufl. SAGE, Thousand Oaks
- Gagic V, Riggi LG, Ekblom B, Malsher G, Rusch A, Bommarco R (2016) Interactive effects of pests increase seed yield. *Ecol Evol* 6:2149–2157. <https://doi.org/10.1002/ece3.2003>
- Heimbach U, Müller A (2013) Incidence of pyrethroid-resistant oilseed rape pests in Germany. *Pest Manag Sci* 69:209–216. <https://doi.org/10.1002/ps.3351>
- Henry M, Béguin M, Requier F, Rollin O, Odoux J-F, Aupinel P, Aptel J, Tchamitchian S, Decourtye A (2012) A common pesticide decreases foraging success and survival in honey bees. *Science* 336:348–350. <https://doi.org/10.1126/science.1215039>
- IRAC (2021) Resistance management for sustainable agriculture and improved public health. <https://irac-online.org/>. Zugegriffen: 05 Apr 2021
- Kathage J, Castañera P, Alonso-Prados JL, Gómez-Barbero M, Rodríguez-Cerezo E (2018) The impact of restrictions on neonicotinoid and fipronil insecticides on pest management in maize, oilseed rape and sunflower in eight European Union regions. *Pest Manag Sci* 74:88–99. <https://doi.org/10.1002/ps.4715>
- Krengel-Horney S, Strassemeyer J, Schwarz J (2020) Dauerfeldversuche zum notwendigen Maß bei der Anwendung von Insektiziden im Winterraps – Was lernen wir aus 25 Jahren? – 25 Jahre Dahnsdorf. *J Kulturpflanz* 72:279–289. <https://doi.org/10.5073/JFK.2020.07.05>
- Kuznetsova A, Brockhoff PB, Christensen RHB (2017) lmerTest package: tests in linear mixed effects models. *J Stat Softw* 82:1–26. <https://doi.org/10.18637/JSS.V082.113>
- LALLF (2018) Ergebnisse und Empfehlungen zum Integrierten Pflanzenschutz im Ackerbau 2018. <https://www.isip.de/isip/servlet/resource/blob/269416/29dd46c7d80a7f5108c33028947cef03/ergebnisse-und-empfehlungen-zum-integrierten-pflanzenschutz-im-ackerbau-2018-data.pdf>. Zugegriffen: 28. Mai 2021
- LALLF (2019) Ergebnisse und Empfehlungen zum Integrierten Pflanzenschutz im Ackerbau 2019. <https://www.isip.de/isip/servlet/resource/blob/285592/a075bbf2df591ac4dc556c4b6add1b65/ergebnisse-und-empfehlungen-zum-integrierten-pflanzenschutz-im-ackerbau-2019-data.pdf>. Zugegriffen: 28. Mai 2021
- LALLF (2021) Ergebnisse und Empfehlungen zum Integrierten Pflanzenschutz im Ackerbau 2021. <https://www.isip.de/isip/servlet/resource/blob/320978/dbc227ca157f7dbed3f6f53e30b39b18/ergebnisse-und-empfehlungen-zum-integrierten-pflanzenschutz-im-ackerbau-2021-data.pdf>. Zugegriffen: Zugriff: 05 Apr 2021
- Lundin O (2021) Consequences of the neonicotinoid seed treatment ban on oilseed rape production—what can be learnt from the Swedish experience? *Pest Manag Sci*. <https://doi.org/10.1002/ps.6361>
- Lundin O, Malsher G, Högföldt C, Bommarco R (2020) Pest management and yield in spring oilseed rape without neonicotinoid seed treatments. *Crop Prot* 137:105261. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2020.105261>
- de Mendiburu F, Yaseen M (2020) agricolae: statistical procedures for agricultural research. R package version 1.4.0
- Mota-Sanchez D, Wise JC (2021) The arthropod pesticide resistance database. www.pesticideresistance.org. Zugegriffen: 27. Jan. 2021
- Nauen R, Zimmer CT, Andrews M, Slater R, Bass C, Ekblom B, Gustafsson G, Hansen LM, Kristensen M, Zebitz CP, Williamson MS (2012) Target-site resistance to pyrethroids in European populations of pollen beetle, *Meligethes aeneus* F. *Pestic Biochem Physiol* 103:173–180. <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2012.04.012>
- Nuss H (2004) Untersuchungen zur Eiablage der Triebsschädlinge an den Standorten Weendelsbreite und Otto-Hahn-Straße in den Jahren 1999 bis 2. Dissertation. Göttingen
- R Core Team (2020) R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna (<https://www.R-project.org/>)
- Roßberg D, Gutsche V, Enzian S, Wick M (2002) Neptun 2000—Survey into application of chemical pesticides in agricultural practice in Germany. Report from BBA 98
- Sánchez-Bayo F, Goulson D, Pennacchio F, Nazzi F, Goka K, Desneux N (2016) Are bee diseases linked to pesticides? - A brief review. *Environ Int* 89–90:7–11. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2016.01.009>
- Saueremann W, Gronow J (2006) Einfluss von sehr starkem Befall mit Rapsglanzkäfern auf die Ertragsleistung von Winterraps. *UFOP-Schriften*, Bd. 31, S 151–163
- Scott C, Bilsborrow PE (2019) The impact of the EU neonicotinoid seed-dressing ban on oilseed rape production in England. *Pest Manag Sci* 75:125–133. <https://doi.org/10.1002/ps.5189>
- Skellern MP, Cook SM (2018) The potential of crop management practices to reduce pollen beetle damage in oilseed rape. *Arthropod Plant Interact* 12:867–879. <https://doi.org/10.1007/s11829-017-9571-z>
- Slater R, Ellis S, Genay J-P, Heimbach U, Huart G, Sarazin M, Longhurst C, Müller A, Nauen R, Rison JL, Robin F (2011) Pyrethroid resistance monitoring in European populations of pollen beetle (*Meligethes* spp.): a coordinated approach through the Insecticide Resistance Action Committee (IRAC). *Pest Manag Sci* 67:633–638. <https://doi.org/10.1002/ps.2101>
- Stará J, Kocourek F (2018) Seven-year monitoring of pyrethroid resistance in the pollen beetle (*Brassicoglyphus aeneus* F.) during implementation of insect resistance management. *Pest Manag Sci* 74:200–209. <https://doi.org/10.1002/ps.4695>
- Statistisches Bundesamt (2020) Fachserie. 3, Land- und Forstwirtschaft, Fischerei. Reihe 2, Betriebs-, Arbeits- und Einkommensverhältnisse. 1, Betriebe, Agrarstrukturerhebung. 2, Bodennutzung der Betriebe. https://www.statistischebibliothek.de/mir/receive/DESerie_mods_00000026. Zugegriffen: 12. Febr. 2021
- Tison L, Hahn M-L, Holtz S, Rößner A, Greggers U, Bischoff G, Menzel R (2016) Honey bees' behavior is impaired by chronic exposure to the neonicotinoid thiacloprid in the field. *Environ Sci Technol* 50:7218–7227. <https://doi.org/10.1021/acs.est.6b02658>
- Wickham H (2016) ggplot2: elegant graphics for data analysis. Springer, New York
- Williams IH (Hrsg) (2010) Biocontrol-based integrated management of oilseed rape pests. Springer, Dordrecht
- Zhang H, Breeze T, Bailey A, Garthwaite D, Harrington R, Potts SG (2017) Arthropod pest control for UK oilseed rape—comparing insecticide efficacies, side effects and alternatives. *PLoS ONE* 12:e169475. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0169475>
- Zheng X, Koopmann B, Ulber B, von Tiedemann A (2020) A global survey on diseases and pests in oilseed rape—current challenges and innovative strategies of control. *Front Agron* 2:590908. <https://doi.org/10.3389/fagro.2020.590908>
- Ziesemer A (2019) Wirtschaftlichkeit der Pflanzenproduktion. Ökonomische Auswertung von Verfahren der Pflanzenproduktion. Jahresbericht 2018. Mitteilungen der Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei. <https://www.landwirtschaft-mv.de/Fachinformationen/Agrarökonomie/?id=1006&processor=processor.sa.lfaforenbeitrag>. Zugegriffen: 05 Apr 2021
- Ziesemer A (2020) Wirtschaftlichkeit der Pflanzenproduktion. Ökonomische Auswertung von Verfahren der Pflanzenproduktion. Jahresbericht 2018. Mitteilungen der Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei. <https://www.landwirtschaft-mv.de/Fachinformationen/Agrarökonomie/OekoPflanzenproduktion/?id=1199&processor=processor.sa.lfaforenbeitrag>. Zugegriffen: 05 Apr 2021

Sabine Andert ist Mitarbeiterin an der Universität Rostock, Fachgebiet Phytomedizin. Sie studierte 2007–2012 Agrarwissenschaften an der Christian-Albrechts-Universität Kiel mit dem Schwerpunkt Pflanzenbau. 2016 wurde sie zu Untersuchungen zum Einfluss regionaler und betrieblicher Faktoren auf den Pflanzenschutzmittel-Einsatz im Ackerbau promoviert.