

Integrierte Bekämpfung der Kohlmottenschildlaus an Gemüsekohlarten

Integrated control of *Aleyrodes proletella* in different cabbage varieties

FKZ: 12NA020

Projektnehmer:

Julius Kühn-Institut (JKI)
Institut für Pflanzenschutz in Gartenbau und Forst
Messeweg 11/12, 38104 Braunschweig
Tel.: +49 531 299-4441
Fax: +49 531 299-3009
E-Mail: elias.boeckmann@julius-kuehn.de
Internet: www.julius-kuehn.de

Autoren:

Böckmann, Elias; Richter, Ellen

Gefördert durch das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages im Rahmen des Bundesprogramms Ökologischer Landbau und andere Formen nachhaltiger Landwirtschaft.

Die inhaltliche Verantwortung für den vorliegenden Abschlussbericht inkl. aller erarbeiteten Ergebnisse und der daraus abgeleiteten Schlussfolgerungen liegt beim Autor / der Autorin / dem Autorenteam. Bis zum formellen Abschluss des Projektes in der Geschäftsstelle Bundesprogramm Ökologischer Landbau und andere Formen nachhaltiger Landwirtschaft können sich noch Änderungen ergeben.

Abschlussbericht

Verbundvorhaben „Kohlmottenschildlaus“ Integrierte Bekämpfung der Kohlmottenschildlaus an Gemüsekohllarten

Förderkennzeichen: 28012NA020

Projektnehmer:

Julius Kühn-Institut (JKI)
Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen
Institut für Pflanzenschutz in Gartenbau und Forst
Messeweg 11/12
38104 Braunschweig

Autoren: Elias Böckmann, Ellen Richter

Laufzeit: 01.07.2013 bis 31.12.2016

Kooperationspartner:

Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover
Institut für Gartenbauliche Produktionssysteme, Abt. Phytomedizin, Angewandte
Entomologie
Herrenhäuser Straße 2
30419 Hannover

Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern
Norddeutsches Kompetenzzentrum für Freilandgemüsebau
Dorfplatz 1
18276 Gülzow

Kurzfassung: Integrierte Bekämpfung der Kohlmottenschildlaus an Gemüsekohlarten

Elias Böckmann¹, Ellen Richter²

¹Julius Kühn-Institut (JKI) – Institut für Pflanzenschutz in Gartenbau und Forst, Messeweg 11/12, 38114 Braunschweig

²Landwirtschaftskammer (LWK) Nordrhein-Westfalen-Fachbereichsleiterin
FB 62-Pflanzenschutzdienst, Siebengebirgsstraße 200, 53229 Bonn

Ziel des Verbundvorhabens war die Erarbeitung eines Gesamtkonzepts zur Bekämpfung der Kohlmottenschildlaus für den ökologischen und integrierten Anbau von Kohlarten. Im vorliegenden Teilprojekt wurde notwendiges Basiswissen ermittelt und gezielte Pflanzenschutzstrategien zur Bekämpfung der Kohlmottenschildlaus *Aleyrodes proletella* (Hemiptera: Aleyrodidae) an Rosenkohl (*Brassica oleracea* var. *gemmifera*) und weiteren Kohlarten entwickelt. Es wurde gezeigt, dass ein Kohlmottenschildlaus-Befall den Feldertrag und die Vermarktbarkeit von Rosenkohl gerade bei ungünstigen Wuchsbedingungen stark reduzieren kann. Durch die Verwendung einer Bekämpfungsschwelle (BS) von 25 % mit Larven befallenen Pflanzen ist eine sichere Bekämpfung möglich. Dieses Verfahren wurde für Rosenkohl ausreichend erprobt und für Grünkohl, Kohlrabi und Wirsing liegen erste Ergebnisse vor. Durch Verwendung dieser BS können Pflanzenschutzmittel-Anwendungen eingespart werden. In der Praxis müssen dabei geeignete Spritzfolgen ausgewählt werden, wobei die verwendeten Pflanzenschutzmitteln PSM unterschiedlichen Wirkstoffklassen (MoA) angehören sollten. Ein wirksames systemisches Mittel sollte an den Beginn der Spritzfolge gestellt werden (bei der derzeitigen Zulassungssituation empfiehlt sich hier Movento OD). Im ökologischen Anbau ist eine Verwendung der BS aufgrund der vergleichsweise geringeren Wirksamkeit der verfügbaren PSM nicht zielführend. In dem Pilotversuch zeigte sich, dass bei geeigneten Anbaubedingungen das frühzeitige Auflegen eines feinmaschigen Netzes (0,5-0,6 mm Maschenweite) bis mindestens Anfang August eine wirksame Maßnahme gegen den Schädling ist. Im selben Versuch zeigte sich, dass ein Einsatz von nicht-selektiven Pflanzenschutzmitteln (z. B. Schwefel) die Parasitierungsrate durch den einheimischen Parasitoiden *Encarsia tricolor* stark reduziert. Entsprechend sollten vorrangig Mittel verwendet werden, die nicht oder wenig schädigend gegenüber der nah verwandten Art *Encarsia formosa* sind.

Abstract: Integrated control of *Aleyrodes proletella* in different cabbage varieties

Elias Böckmann¹, Ellen Richter²

¹Julius Kühn-Institut (JKI) – Institut für Pflanzenschutz in Gartenbau und Forst, Messeweg 11/12, 38114 Braunschweig

² Landwirtschaftskammer (LWK) Nordrhein-Westfalen, FB 62-Pflanzenschutzdienst, Siebengebirgsstraße 200, 53229 Bonn

Main focus of the project was the development of a comprehensive approach for the control of *Aleyrodes proletella* (Hemiptera: Aleyrodidae) in integrated and organic cabbage production. In the present subproject we gathered basic knowledge about the pest to develop a targeted plant protection strategy in Brussels sprouts (*Brassica oleracea* var. *gemmifera*) and preferably other cabbage varieties. It was shown that *A. proletella* infestation can cause severe reduction in yield and quality (i.e. due to contamination with honeydew) of Brussels sprouts, especially in years with unfavorable growing conditions. Application of an Action Threshold (AT) of 25% plants with nymphs provided sufficient control. This procedure was sufficiently validated in Brussels sprouts and first trials in kale, Kohlrabi, and Savoy show similar results. By using the above mentioned AT, a reduction of the number of insecticide applications becomes possible. In practice it is important to rotate pesticides with different mode of action (MoA). In this regard, it is important to start the spraying sequence with an effective systemic insecticide, for instance Movento OD if authorized. In organic production to date available insecticides are not sufficiently effective so that a use of an AT of 25% cannot be recommended. In a pilot study it was shown that coverage of the crop with a fine-meshed net (mesh-size 0.5-0.6 mm) effectively prevents crops from *A. proletella* infestation. Coverage should not be removed before beginning of August. The same study indicates that application of non-selective Plant Protection Products (for instance also sulfur) can markedly reduce parasitism rate of the native parasitoid *Encarsia tricolor*. Therefore products with no or slight side-effects on the close related parasitoid *Encarsia formosa* should be first choice in practice.

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis.....	5
Figuren- und Abbildungsverzeichnis.....	6
Tabellenverzeichnis.....	6
1. Einführung.....	7
1.1. Gegenstand des Vorhabens.....	7
1.2. Ziele und Aufgabenstellung des Projekts, Bezug zu den einschlägigen Zielen des BÖLN oder zu den konkreten Bekanntmachungen und Ausschreibungen	7
1.3. Planung und Ablauf des Projektes.....	8
2. Wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde.....	9
3. Material und Methoden.....	12
4. Ausführliche Darstellung der wichtigsten Ergebnisse	13
Befall-Verlust-Relation in Rosenkohl.....	13
Bekämpfungsschwellen für die KMSL an verschiedenen Kohlarten	14
Versuche zu Spritzfolgen	19
Pilotversuch zur Kombination erfolgsversprechender Verfahren der Teilprojekte.....	20
5. Diskussion der Ergebnisse	24
Befall-Verlust-Relation in Rosenkohl.....	24
Bekämpfungsschwellen für die KMSL an verschiedenen Kohlarten	24
Versuche zu Spritzfolgen	25
Pilotversuch zur Kombination erfolgsversprechender Verfahren der Teilprojekte.....	25
6. Angaben zum voraussichtlichen Nutzen und zur Verwertbarkeit der Ergebnisse.....	27
7. Gegenüberstellung der ursprünglich geplanten und tatsächlich erreichten Ziele; Hinweise auf weiterführende Fragestellungen.	28
8. Zusammenfassung.....	29
9. Literaturverzeichnis	31
10. Übersicht aller im Berichtszeitraum realisierten Veröffentlichungen und geplanten Aktivitäten des Projektnehmers	33

Abkürzungsverzeichnis

KMSL	Kohlmottenschildlaus <i>Aleyrodes proletella</i>
<i>E. tricolor</i>	<i>Encarsia tricolor</i>
PSM	Pflanzenschutzmittel
BS	Bekämpfungsschwelle
MoA	Mode of Action
AT	Action Threshold
LMM	Linear Mixed Model
GLMM	Generalized Linear Mixed Model
Mittel±Stabw	Mittelwert±Standartabweichung
IPM	Integrated Pest Management (Integrierte Schaderregerbekämpfung)
pseudo-R ²	Pseudo R-squared (Pseudo-Bestimmtheitsmaß)
ANOVA	Analysis of Variance
JKI	Julius-Kühn Institut
GKZ	Gartenbaukompetenzzentrum
BMEL	Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft
Bs	Braunschweig
Gü	Gülzow
Hö	Hötzum

Figuren- und Abbildungsverzeichnis

Fig. 1	Einfluss der Befallsstärke auf Ertrag und Vermarktbarkeit	13
Fig. 2	Ertrag und Verschmutzungsgrad von Rosenkohl.....	14
Fig. 3	Befallene Pflanzen im Boniturzeitraum.	15
Fig. 4	Anzahl Larven auf Pflanze zum Erntezeitpunkt.	16
Fig. 5	Behandlungs-Zeitpunkte mit Movento OD.	16
Abb. 1	Wirsing Bestand mit <i>Phoma lingam</i> Befall im Versuchsjahr 2016.	17
Fig. 6	Anzahl Larven nach Anwendung der Verschiedenen BS.....	17
Fig. 7	Anzahl Larven nach Anwendung der Verschiedenen BS.....	18
Fig. 8	Anteil befallener Pflanzen und Anzahl Behandlungen.	20
Abb.2	Aufbau des Versuchsgliedes „IPM-Optimal“.	21
Fig. 9	Parasitierungsrate von <i>E. tricolor</i>	22
Fig.10	Befall zum Erntezeitpunkt pro Rosenkohlpflanze im Pilotversuch.....	23
Fig.11	Verschmutzungsgrad pro Rosenkohlpflanze im Pilotversuch.	23

Tabellenverzeichnis

Tab. 1	Potential der untersuchten Bekämpfungsschwellen zur Einsparung von PSM-Anwendungen.	18
Tab 2	Verwendete Pflanzenschutzmittel und Behandlungstermine im Spritzfolgenversuch 2014.	19
Tab. 3	Versuchsglieder des Pilot Versuches.	21
Tab. 4	Gegenüberstellung der ursprünglich geplanten und tatsächlich erreichten Ziele. ...	28

1. Einführung

1.1. Gegenstand des Vorhabens

Das Projekt war Teil eines Verbundvorhabens zum Problemschädling Kohlmottenschildlaus (Einzelprojekte: „Neue Ansätze zur Bekämpfung der Kohlmottenschildlaus (*Aleyrodes proletella*) einem Problemschädling im Kohlanbau“ (2812NA022); „Förderung der funktionellen Biodiversität zur Bekämpfung der Kohlmottenschildlaus“ (2812NA016); „Strategien zur Regulation der Kohlmottenschildlaus und Integration in gemüsebauliche Anbauverfahren“ (2812NA046)). Gesamtziel des Verbundvorhabens war die Erarbeitung eines Gesamtkonzepts zur Bekämpfung der Kohlmottenschildlaus für den ökologischen und integrierten Anbau von Kohl. Ziel des vorliegenden Teilprojektes war es, notwendiges Basiswissen zu ermitteln und gezielte Pflanzenschutzstrategien zur Bekämpfung der Kohlmottenschildlaus *Aleyrodes proletella* (Hemiptera: Aleyrodidae) an Rosenkohl (*Brassica oleracea* var. *gemmifera*) nach Möglichkeit an weiteren Kohlarten zu untersuchen und umzusetzen.

1.2. Ziele und Aufgabenstellung des Projekts, Bezug zu den einschlägigen Zielen des BÖLN oder zu den konkreten Bekanntmachungen und Ausschreibungen

Die Kohlmottenschildlaus (KMSL) hatte bis in die 1990er Jahre eine eher geringe und regionale Bedeutung. In den letzten Jahren ist die Kohlmottenschildlaus jedoch zu einem bundesweit bekämpfungswürdigen Schädling an Rosenkohl, Grünkohl, Wirsing und Kohlrabi aber auch bei Blumenkohl und Brokkoli geworden. Regional hat die Kohlmottenschildlaus sogar andere Schädlinge wie die Mehlige Kohlblattlaus und Schadraupen in ihrer Bedeutung abgelöst. Zurzeit sind in allen Gemüseanbaugebieten zusätzliche chemische Pflanzenschutzmaßnahmen erforderlich, um die Qualität der Ernteprodukte zu sichern. Besonders betroffen ist der ökologische Anbau dem nur eine geringe Anzahl an Pflanzenschutzmitteln zur Verfügung steht. Erprobte alternative Maßnahmen stehen noch nicht zur Verfügung. An Standorten in Thüringen und Mecklenburg-Vorpommern wurde der Anbau von Rosenkohl aufgrund des hohen Befalls teilweise eingestellt.

Derzeit gibt es nur Hinweise auf die Ursachen dieser Verschiebung im Schaderregerspektrum: Neben einer Veränderung der Agrarlandschaft, wie der Ausweitung des Rapsanbaus und dem Anbau von Winterkohl sind vermutlich klimatische Faktoren (mildere und kürzere Winter) für diese Entwicklung verantwortlich.

Bisher war der integrierte Anbau von Kohlgemüse unter Einbeziehung von Bekämpfungsschwellen für die Mehlige Kohlblattlaus und Schadraupen sowie selektiven Pflanzenschutzmitteln (z. B. *Bacillus thuringiensis*-Präparaten) praxistauglich. Dieses Konzept wird jedoch durch die KMSL gefährdet, die nicht nur schwierig zu bekämpfen ist, für

die auch integrierte Konzepte fehlten. Um den ökologischen Anbau weiterhin zu ermöglichen und den Einsatz von Insektiziden im integrierten Anbau soweit wie möglich reduzieren zu können, sind neue Gesamtkonzepte erforderlich. Diese wurden in den einzelnen Projekten des Verbundvorhabens erarbeitet und sollen nun in der Praxis umgesetzt werden.

In diesem Projekt gehörten dazu: Die Ermittlung von Ansatzpunkten in der Biologie des Schädlings und die Auswirkungen eines Befalls auf den Ertrag, Tests auf Wirksamkeit von Pflanzenschutzmitteln für den ökologischen Pflanzenbau sowie die Untersuchung und Erprobung von Bekämpfungsschwellen für den integrierten und ökologischen Anbau. In Kooperation mit den anderen Projekten erfolgten Untersuchungen zur Sortenresistenz sowie zur Eignung von Mischkulturen, Untersaaten, Fangpflanzen und Banker-Plants (Zuchtpflanzen für Nützlinge).

Das Projekt steht somit in direktem Bezug zu den Zielen des Programms zur Weiterentwicklung von integrierten Pflanzenschutzverfahren und zur Reduzierung der Anwendung synthetischer Pflanzenschutzmittel.

1.3. Planung und Ablauf des Projektes

In diesem Projekt wurden bekannte Methoden auf einen neuen Schädling übertragen, um diese in ihrer Wirksamkeit zu überprüfen. Diese Methoden sollten dann in ein Gesamtkonzept für den integrierten und ökologischen Pflanzenschutz münden. Ergänzend wurden Besonderheiten zur Biologie und Populationsdynamik des Schädlings untersucht, deren Kenntnis zur Entwicklung integrierter und ökologischer Bekämpfungsmaßnahmen notwendig ist. Die Arbeitsziele waren:

- a) Die Erforschung der Ursachen für die Zunahme und Entwicklung des Befalls mit der KMSL, die dazu dient I) Prognosen für die Befallswahrscheinlichkeit in den Anbaugebieten geben zu können und II) je nach Möglichkeit die Ursachen bzw. die Entwicklung des Befalls zu beeinflussen.
- b) Ein einfaches Monitoring- und Boniturschema als Grundlage für eine fachgerechte Bestandskontrolle in der Praxis und für die Bewertung von Kultur- und Bekämpfungsmaßnahmen zu entwickeln.
- c) Die Befall-Verlust-Relation zu ermitteln; die Kenntnis der Auswirkungen eines Befalls ermöglicht eine Einschätzung der tatsächlichen Notwendigkeit und der notwendigen Häufigkeit von Bekämpfungsmaßnahmen.
- d) Die Ermittlung von Bekämpfungsschwellen für verschiedene Kulturen.
- e) Nach Vorarbeiten der anderen Projekte erfolgte ein Screening mit ausgewählten Sorten sowie je nach Eignung die Testung von Untersaaten, Banker-Plants und Blütenstreifen. Dabei sollte das Gesamtkonzept gleichzeitig in die Praxis bei Anbauern umgesetzt und integriert werden können.

2. Wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde

Die Kohlmottenschildlaus (*Aleyrodes proletella*), auch Weiße Fliege genannt, ist ein bekannter aber lange Zeit eher unbedeutender Schädling an Kohlarten gewesen. Sie ist ca. 1,5-2 mm groß. Zu den Mottenschildläusen gehört sie, da ihre Larven bis auf das erste Stadium fest an einer Stelle sitzen. Ihren Namen Weiße Fliege hat sie durch den weißen Wachsstaub auf den Flügeln der erwachsenen Tiere. Sie gehört zu den Pflanzenläusen und ist mit den Blattläusen verwandt. Die Kohlmottenschildlaus lässt sich leicht anhand der breiten Flügel und der dunklen Flecken auf dem hinteren Teil der Flügel erkennen. Ihre Entwicklungsdauer beträgt etwa 3-6 Wochen und sie kann je nach Witterung 4-5 Generationen pro Jahr durchlaufen. Alle Entwicklungsstadien befinden sich bevorzugt geschützt auf der Blattunterseite. Nur die noch eingerollten Herzblätter können auch auf der Oberfläche besiedelt werden. Ansonsten wird die Blattoberfläche nur bei extrem starkem Befall besiedelt.

Seit einigen Jahren kommt es regional zu sehr starkem Befall bis hin zum Massenaufreten. Die Gründe für die zunehmende Bedeutung der Kohlmottenschildlaus waren zu Projektbeginn noch nicht erforscht. Betroffen sind in Norddeutschland besonders Gebiete mit intensivem Rapsanbau. In eigenen Untersuchungen (Richter et al., 2011) hat sich Winterraps als gutes Überwinterungshabitat herausgestellt, so dass wahrscheinlich der zum Teil großflächige Rapsanbau sowie überwinternde Kohlkulturen in wärmeren Anbauregionen mit verantwortlich sind. So gibt es innerhalb der Gemüseanbauggebiete in der Pfalz und im Rheinland keinen oder nur wenig Rapsanbau jedoch überwinternde Kohlkulturen, die eine frühzeitige Vermehrungsgrundlage für den Schädling darstellen können.

Es liegt recht wenig internationale Literatur zur KMSL vor. Berichte zur Ausweitung eines Befalls kommen vorwiegend aus wärmeren Klimaten, in denen *A. proletella* in den letzten Jahren ein ernstes Problem im Kohlanbau wurde, wie z. B. aus Italien (Patti und Rapisarda, 1981), Spanien (Alcazar und Lacasa, 1999) und Slowenien (Trdan und Pappler, 2002), neuerdings aber auch aus Belgien (Martens, 2009) und Großbritannien (Springate & Colvin, 2011). Heute wird *A. proletella*, als einheimischer oder eingeführter Schädling mit weltweiter Bedeutung angesehen (Alonso et al., 2009, inkl. Literatur).

Die Weiße Fliege besiedelt alle Kohl(Brassica-)arten, schädlich ist sie dabei vor allem an Rosenkohl, Grünkohl, Kohlrabi, Wirsing und seltener an Blumenkohl und Brokkoli (siehe Literatur der Antragsteller, Leopold et al., 2008). Von Thüringen bis Schleswig-Holstein ist sie damit zu einem regelmäßig bekämpfungswürdigen Schädling geworden. Der teils immens starke Befall hat bereits Betriebe in Thüringen und Mecklenburg-Vorpommern zu Aufgabe dieser Kulturen bewogen. Der Hauptschaden entsteht sowohl durch den Besatz mit Weißen Fliegen am Erntegut (Grünkohl, Kohlrabi) als auch durch ihre Honigtauabgabe. Der Honigtau bedeckt praktisch alle Pflanzenteile, dient Schwärzepilzen als Nährboden und verschmutzt

so das Erntegut (Rosenkohl). Schäden durch die Saugtätigkeit sind vor allem bei Jungpflanzen zu erwarten, deren Blätter kräuseln sich, welken und können im Extremfall absterben. Nach Ergebnissen am Kompetenzzentrum für Freilandgemüsebau (GKZ) kann es bei starkem Befall zu Ertragseinbußen von bis zu 30 % kommen.

Die schlechte Erreichbarkeit der Tiere auf der Blattunterseite und die mitunter selektive Wirkung von Pflanzenschutzmitteln auf die einzelnen Entwicklungsstadien führen zu Problemen bei der Bekämpfung. Besonders betroffen sind die Kulturen Rosenkohl und Grünkohl aufgrund ihres hohen und schirmartigen Wachstums. Bei diesen Kulturen kann ein Befall oft erst durch zusätzliche chemische Pflanzenschutzmaßnahmen ausreichend eingeschränkt werden. Somit dienen neue wirksame Konzepte neben der gezielten Bekämpfung im integrierten Anbau auch der Vermeidung von Resistenzen (Springate & Colvin, 2011) sowie der Reduzierung der Applikationshäufigkeit und somit von Pflanzenschutzmittelrückständen.

Die Forschung zur Bekämpfung der Kohlmottenschildlaus besteht vorwiegend aus Untersuchungen zur Wirksamkeit von Pflanzenschutzmitteln (Thompson & Goodwin, 1983; Trdan et al., 2003; Wyss et al., 2003; Kraus & Sauer 2009; Richter & Elwert, 2010; Harbrecht et al., 2011).

Die Forschung zur alternativen Bekämpfung der Kohlmottenschildlaus beschränkt sich bisher auf einzelne Untersuchungen wie einem Projekt zum biologischen Pflanzenschutz mit der Schlupfwespe *Encarsia tricolor* und feinmaschigen Kulturschutznetzen an der Universität Kassel-Witzenhausen (Schultz et al., 2009 und Saucke et al., 2011, BMELV Projekt-Nr.: 06OE339) oder auf Versuche in kleinerem Umfang bei den Pflanzenschutzdiensten in Rostock (Herr Dr. Schmidt) oder Berlin (Schmalstieg & Katz, 2009). Alle diese Untersuchungen sind mittlerweile beendet. Die Ergebnisse für die Praxis waren wenig vielversprechend. Nur in Süddeutschland wurden vereinzelt im Bioanbau Schlupfwespen eingesetzt, solange versuchsweise Schlupfwespen produziert wurden (Peter Detzel vom Betreuungsdienst Nützlingseinsatz Nordbaden e.V., mündliche Mitteilung).

Bisher gibt es in der Literatur kein einheitliches Boniturschema für die KMSL. Dies ist jedoch notwendig, um die Vergleichbarkeit der Untersuchungen von Kultur- und Bekämpfungsmaßnahmen zu gewährleisten. Boniturschemata dienen dazu, von kontrollierten Teilbereichen von Kulturen auf den Befall des Bestandes schließen zu können. Für wissenschaftliche Untersuchungen ist der Ist-Zustand im Bestand möglichst genau abzubilden. Nach Southwood (1978) ist dabei ein Standardfehler von maximal 25 % einzuhalten. Relevant sind dabei die Boniturfrequenz, das Entwicklungsstadium des Schädling, die Anzahl Pflanzen sowie der Umfang an zu kontrollierenden Pflanzenteilen. Für die Praxis, z. B. bei der Ermittlung von Bekämpfungsschwellen, muss das Verfahren möglichst schnell, einfach und effizient sein und soll trotzdem ein belastbares Bild des

tatsächlichen Befalls wiedergeben. Hier bieten sich binominale ja/nein-Entscheidungen an. Die von Forster et al. (1992) sowie Richter et al. (1997) auf dieser Basis entwickelten Bekämpfungsschwellen für Schädlinge an Kohlgemüse bzw. an Porree und Zwiebeln arbeiten nach diesem Prinzip und sind heute elementarer Bestandteil des integrierten Pflanzenschutzes in Deutschland. Diese Bekämpfungsschwellen beschreiben die Befallsintensität bzw. Befallsdichte eines Schaderregers, bei der eine Bekämpfung aus epidemiologischen, populationsdynamischen oder technischen Gründen durchgeführt werden muss, um das Erreichen der wirtschaftlichen Schadensschwelle zu verhindern. Die KMSL ist allerdings noch nicht bei den Bekämpfungsschwellen für Kohlgemüse enthalten, da sie zum Zeitpunkt der Entwicklung nur von untergeordneter Bedeutung war. Dies soll in diesem Projekt nachgeholt werden.

Eine detailliertere Art der Bekämpfungsschwelle ist die Periodische- oder auch Terminalschwelle. Sie orientiert sich an Bekämpfungsperioden oder auch Entwicklungsstadien als einem Zeitraum, in dem der Befall mehr oder weniger vollständig beseitigt werden muss, um Schäden zu verhindern (vgl. Kendall & Capinera, 1987). Eine genaue Kenntnis der Schaderregerbiologie kann dazu beitragen, den Zeitraum der Insektizidanwendungen auf Perioden mit großer Schädlingsaktivität, wie dem Flug der KMSL einzuschränken.

Die Versuche zur Sortenresistenz, zur Wirkung von Untersaaten, Fangpflanzen oder Blütenstreifen werden in Zusammenarbeit mit den Projekten an der Leibniz Universität Hannover: „Neue Ansätze zur Bekämpfung der Kohlmottenschildlaus (*Aleyrodes proletella*) einem Problemschädling im Kohlanbau“ (2812NA022)“; „Förderung der funktionellen Biodiversität zur Bekämpfung der Kohlmottenschildlaus“ (2812NA016) und dem GKZ „Strategien zur Regulation der Kohlmottenschildlaus und Integration in gemüsebauliche Anbauverfahren“ (2812NA046) durchgeführt.

3. Material und Methoden

Auf den Versuchsflächen des JKI wurden Freilandversuche zur Erarbeitung von

a) geeigneten Bekämpfungsschwellen, b) geeigneten Spritzfolgen sowie c) zur Untersuchung der Befall-Verlust-Relation bei einem KMSL-Befall durchgeführt. Alle Versuche wurden in randomisierter, einfaktorieller Blockanlage durchgeführt und umfassten meist 4-5 Wiederholungen.

In Praxisbetrieben wurden Demonstrationsversuche durchgeführt, bei denen je nach betrieblichen Bedingungen eine unbehandelte Kontrolle mit einer Behandlung nach erarbeiteter Schadschwelle und einer betriebsüblichen Behandlung verglichen wurde. Diese Versuche wurden ohne Wiederholungen durchgeführt, da die Betriebe natürlich nur sehr begrenzte Flächen für die Versuche aus der Produktion nehmen können.

Ein Demonstrationsversuch zur Kombination der erarbeiteten Verfahren der verschiedenen Projekte des Verbundes wurde 2016 auf zwei Versuchsstandorten am JKI, sowie auf einem Versuchsstandort am GKZ durchgeführt.

4. Ausführliche Darstellung der wichtigsten Ergebnisse

Befall-Verlust-Relation in Rosenkohl

Die Kohlmottenschildlaus *Aleyrodes proletella* verursacht an Rosenkohl Ausfälle durch die Verschmutzung des Erntegutes mit Honigtau und anschließendem Auftreten von Schwärzepilzen. Es wurde untersucht, ob der Befall zusätzlich auch einen direkten Einfluss auf den Ertrag hat. In Fig. 1 ist der indirekte Einfluss der Verschmutzung auf den Anteil vermarktbarer Röschen, sowie der direkte Verlust beim Feldertrag durch unterschiedliche Befallsstärken in den Versuchsjahren 2012-2015 dargestellt. Die Gesamtmodelle zeigen einen signifikanten Einfluss des Befalls auf den Feldertrag (LMM: $p = 0.002$) und die Vermarktbarkeit (GLMM: $p = 0.010$) des Erntegutes, jedoch wird jeweils der Hauptanteil der Streuung über das Versuchsjahr erklärt. Fasst man die Befallsstärken zu Kategorien zusammen, zeigt sich für Versuchsjahre mit ungünstigen Wachstumsbedingungen ein signifikanter Einfluss des Befalls auf den Feldertrag, während bei hohem Ertragsniveau kein Effekt nachweisbar ist (Fig. 1A). Der mittlere Feldertragsverlust betrug in 2012 bis zu 51 %. Im selben Versuchsjahr war der Einfluss des Befalls auf die Vermarktbarkeit des Ernteguts trotz geringem Befallniveaus signifikant; In 2014 war dies auch bei hohem Ertrags- und Befallniveaus der Fall (Fig. 1B).

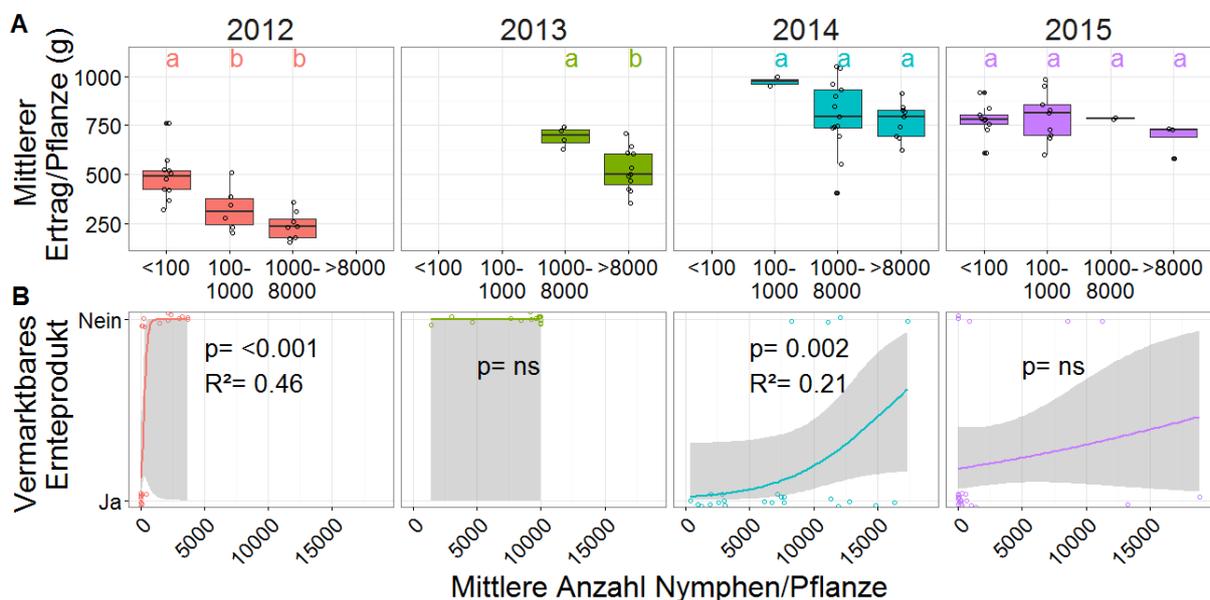


Fig. 1 Einfluss der Befallsstärke auf Ertrag und Vermarktbarkeit

Einfluss der Befallsstärke auf (A) den Ertrag (ANOVA mit post-hoc Tukey HSD) und (B) die Vermarktbarkeit des Ernteprodukts (GLMM, jeweils pseudo-R²).

Bekämpfungsschwellen für die KMSL an verschiedenen Kohlarten

Im Projektzeitraum und teilweise auch bereits vor Projektbeginn (Rosenkohl) wurden verschiedene Bekämpfungsschwellen als Grundlage für eine sichere Bekämpfung der KMSL untersucht. Im Wesentlichen wurde eine unbehandelte Kontrolle mit einer 14-täglichen Routine (Behandlung ab dem Feststellen eines Befalls mit Larven an mindestens einer Pflanze) sowie mit Bekämpfungsschwellen von 25 %, 50 % und 80 % mit Larven befallenen Pflanzen verglichen. Als relevante Parameter wurden der Befall zum Zeitpunkt der Ernte bzw. zum Befallhöhepunkt im September, der Ernteertrag und bei Rosenkohl zusätzlich der Verschmutzungsgrad der Röschen und die damit verbundene Vermarktbarkeit der Röschen erfasst. Für den Rosenkohl zeigte sich dabei in den Versuchen von 2011-2014, dass eine Bekämpfung nach der BS 25 % immer einen Verschmutzungsgrad als auch einen Ertrag auf dem Niveau der Routinebehandlung aufwies (Fig. 2).

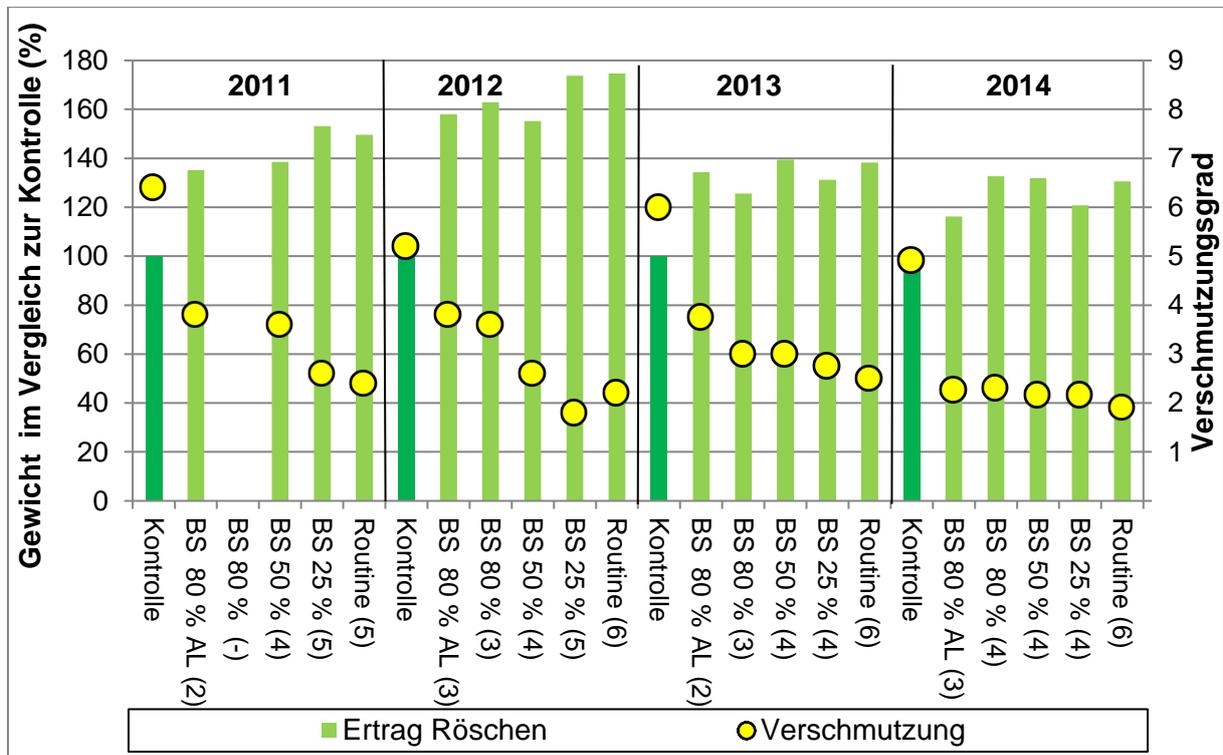


Fig. 2 Ertrag und Verschmutzungsgrad von Rosenkohl.

Ertrag und Verschmutzungsgrad von Rosenkohl in Abhängigkeit zu der verwendeten Bekämpfungsschwelle. Zahlen unter der X-Achsenbeschriftung geben die Anzahl der Behandlungen mit Movento OD (Wirkstoff: Spirotetramat) an.

Auch die Reduzierung des Befalls durch die BS 25 % war vergleichbar mit der Routinebehandlung, wie Fig. 2 am Beispiel des Versuchsjahres 2015 zeigt. Weiterhin konnten bei der Verwendung der BS 25 % im Rosenkohl 0 (2011), 1 (2012), 2 (2013 und 2014) oder 4 (2015; Fig. 3) Insektizidbehandlungen im Vergleich zur Routinebehandlung eingespart werden.

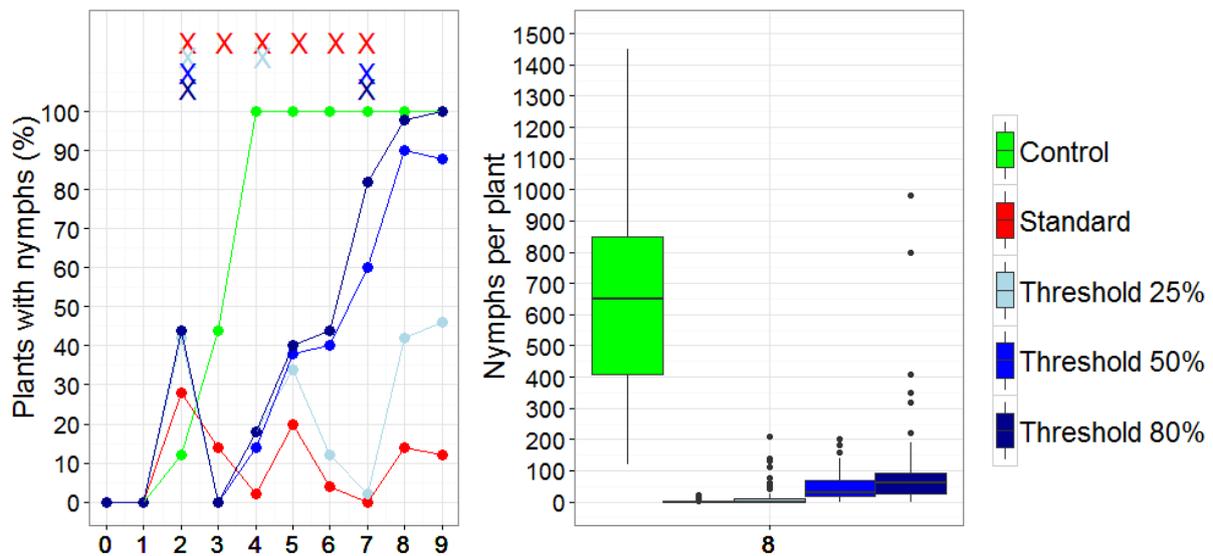


Fig. 3 Befallene Pflanzen im Boniturzeitraum.

Links: Prozent befallene Pflanzen im Boniturzeitraum vom 11.06.-5.10.2015 bei 14-täglicher Bonitur. Kreuze geben die Behandlungstermine mit Movento OD nach den entsprechenden Schadschwellen an. Rechts: Befall mit Nymphen pro Pflanze am 21.09.15 kurz vor der Ernte.

Im Grünkohl wurden ebenfalls Bekämpfungsschwellenversuche von 2014-2016 durchgeführt. In allen Jahren stellte sich ein guter Befall ein, mit über 3.000 bzw. über 10.000 Nymphen pro Pflanze in den Jahren 2014 und 2015. Im Jahr 2016 war der Befall sehr hoch mit 77.252 ± 43.356 (Mittel \pm Stabw) Nymphen bei Auszählung von 20 Blättern pro Pflanze in der Kontrolle (Fig. 4). Trotz dieses hohen Befallsdrucks konnte bei Anwendung der Schadschwellen die KMSL wirksam bekämpft werden sowie mindestens die Hälfte der Anwendungen an Pflanzenschutzmitteln im Vergleich zur Routinebehandlung eingespart werden (Fig. 5). Im Ergebnis unterschied sich sowohl die Larvenanzahl als auch der Feldertrag bei Anwendung aller Bekämpfungsschwellen signifikant von der Kontrolle ohne PSM-Anwendung (Fig.4). Da die Streuung bei der BS 80 % in allen Jahren höher lag als bei der BS 25 % und der BS 50 % können nur die beiden letzteren Schwellen für die Praxis empfohlen werden.

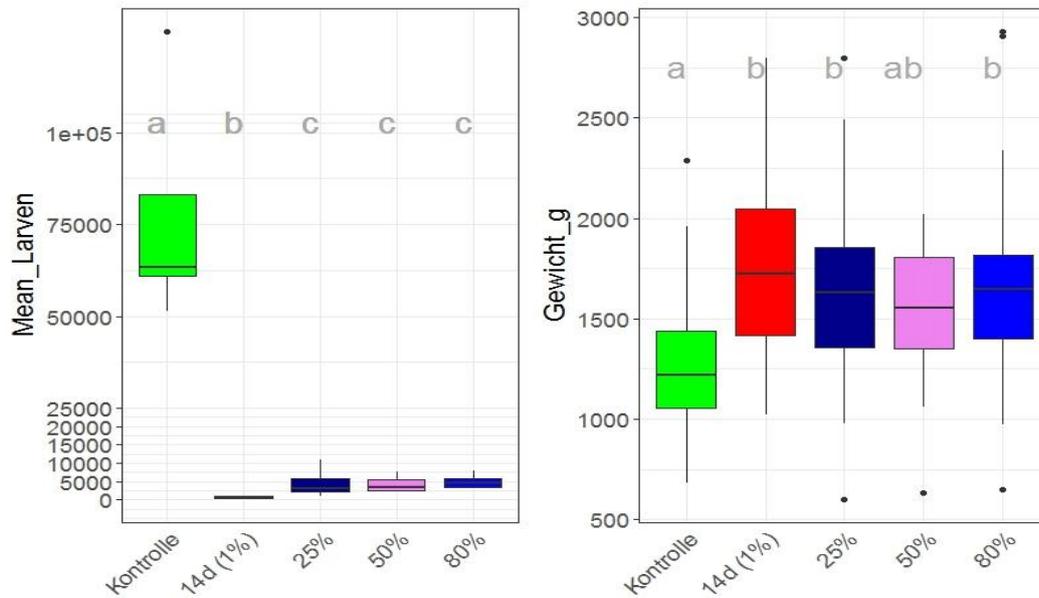


Fig. 4 Anzahl Larven auf Pflanze zum Erntezeitpunkt.

Links: Anzahl Larven auf 20 Blättern je Pflanze zum Erntezeitpunkt nach Anwendung der Verschiedenen BS. Unterschiedliche Buchstaben geben signifikante Unterschiede an ($p < 0,05$; ANOVA mit $\log(+1)$ transformierten Daten und Post Hoc Tukey) Rechts: Erntegewichte nach Anwendung der Verschiedenen BS unterschiedliche Buchstaben geben signifikante Unterschiede an ($p < 0,05$; LMM mit Tukey Contrast for multiple means).

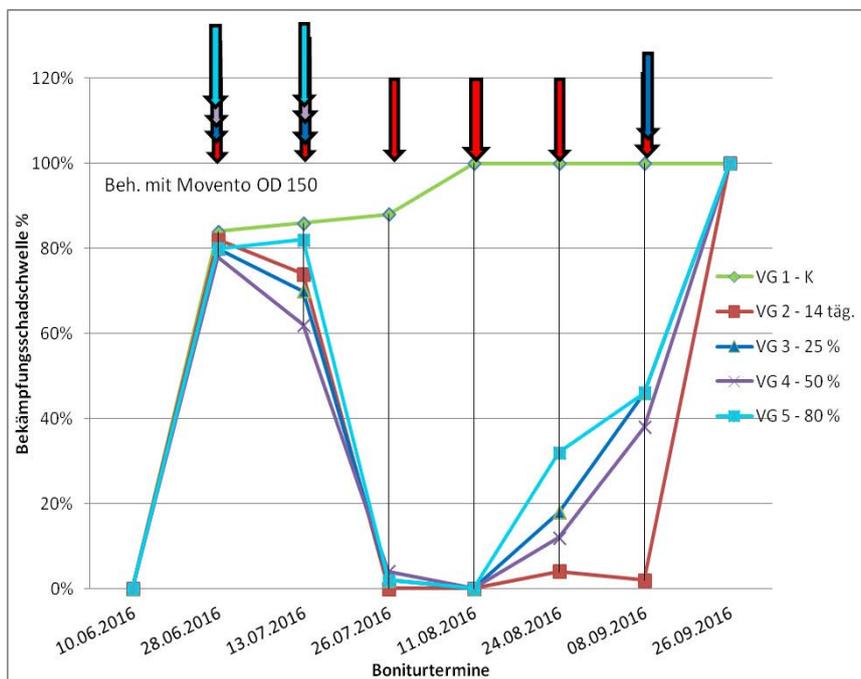


Fig. 5 Behandlungs-Zeitpunkte mit Movento OD.

Anteil befallener Pflanzen (Grünkohl) und Behandlungs-Zeitpunkte mit Movento OD im Boniturzeitraum.

An Wirsing wurde erstmalig 2016 ein BS-Versuch durchgeführt. Aufgrund eines starken Phoma-Befalls (*Phoma lingam*, Umfallkrankheit) konnte an der Kultur kein Ertragsgewicht ermittelt werden (Abb. 1). Es wurde aber eine Befallsbonitur am 12.10.2016 durchgeführt und gezeigt, dass der KMSL-Befall bei Verwendung der BS 25 % und der BS 50 % effektiv bekämpft werden konnte (Fig. 6). Auch die BS 80 % unterschied sich nicht signifikant von den beiden anderen BS, zeigte jedoch eine etwas höhere Streuung (ähnlich wie bei den Grünkohlversuchen). Da die Erfahrungen im Wirsing nach nur einer Saison und lückigem Bestand durch Phoma-Befall noch gering sind, sollte auch in dieser Kultur mit der BS 25 % gearbeitet werden.



Abb. 1 Wirsing Bestand mit *Phoma lingam* Befall im Versuchsjahr 2016.

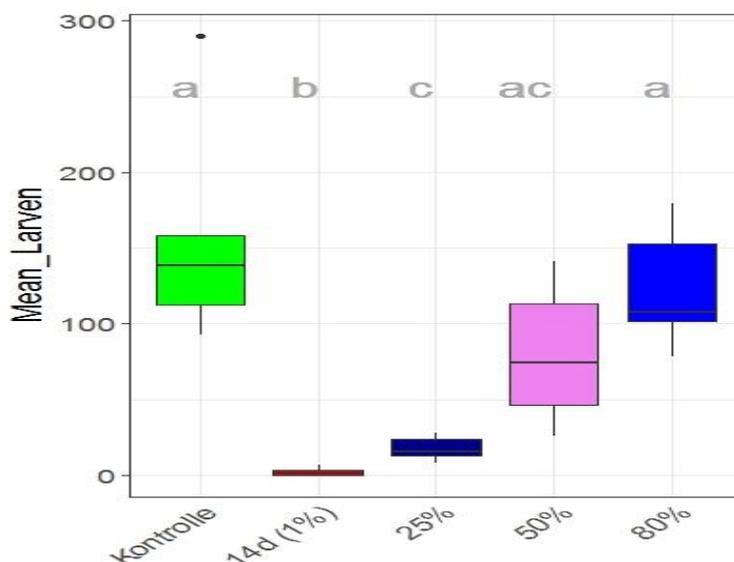


Fig. 6 Anzahl Larven nach Anwendung der Verschiedenen BS.

Anzahl Larven je Pflanze am 12.10.2016 nach Anwendung der Verschiedenen BS. Zahlen zeigen die Anzahl der Behandlungen mit Movento OD an, unterschiedliche Buchstaben geben signifikante Unterschiede an ($p < 0,05$; ANOVA mit $\log(+1)$ transformierten Daten und Post Hoc Tukey).

Kohlrabi unterscheidet sich von den bisher vorgestellten Kulturen durch eine sehr geringe Kulturzeit von meist ≤ 8 Wochen im satzweisen Anbau. Als eine Konsequenz konnten wir in den Versuchen im Jahr 2016 (2 Sätze) feststellen, dass sich wesentlich geringere Populationen als etwa im Rosenkohl, Grünkohl oder Wirsing aufbauen (Fig. 7). Entsprechend konnten auch keine Effekte der Movento OD Behandlungen auf den Ertrag festgestellt werden (Fig. 7). Qualitative Einbußen ergeben sich trotzdem bei Befall des Laubes, das mit der Knolle vermarktet wird. Daher ist die Behandlung nach BS 25 % sinnvoll, da sich der Befall in beiden Sätzen auf das Niveau der Routinebehandlung reduzieren ließ, während der Befall im zweiten Satz bei Anwendung der BS 50 % und der BS 80 % signifikant höher war. Gleichzeitig ließen sich im zweiten Satz 2 von 3 Behandlungen mit Movento OD einsparen. Das Potential der Anwendung der untersuchten Bekämpfungsschwellen(BS) zur Einsparung von PSM-Anwendungen zeigt sich im Vergleich der Behandlungshäufigkeiten über die Projektjahre (Tab.1).

Tab. 1 Potential der untersuchten Bekämpfungsschwellen zur Einsparung von PSM-Anwendungen.

Kohlart	Jahr	Routine	BS 25 %	BS 50 %
Rosenkohl	2011	5	5	4
	2012	6	5	4
	2013	6	4	4
	2014	6	4	4
	2015	6	2	2
Grünkohl	2014	6	5	4
	2015	6	5	4
	2016	6	3	2
Kohlrabi	2016 (S1)	1	1	1
	2016 (S2)	3	1	1
Wirsing	2016	5	4	4

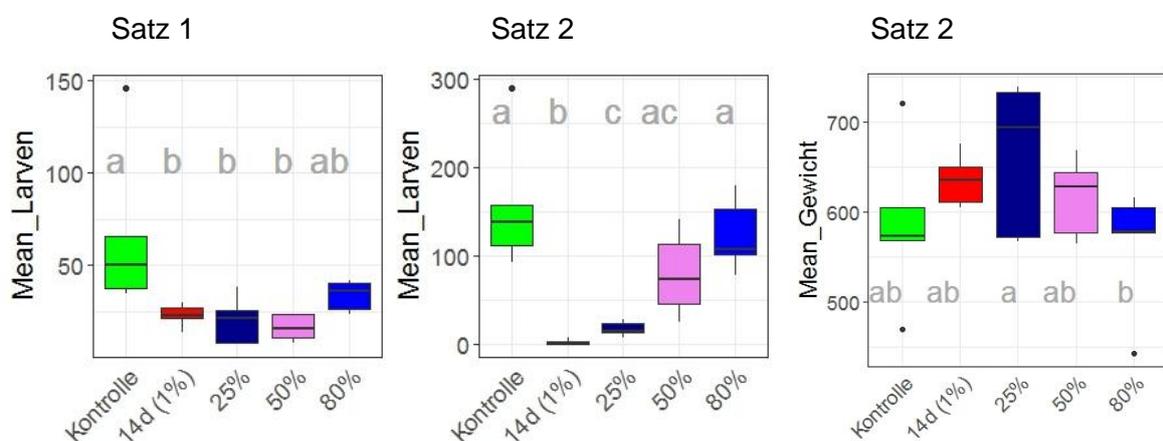


Fig. 7 Anzahl Larven nach Anwendung der Verschiedenen BS.

Versuche zu Spritzfolgen

In der Praxis kann und darf nicht nur ein Pflanzenschutzmittel zur Bekämpfung eines Schaderregers genutzt werden, wie wir es hier ausnahmsweise zur Entwicklung der Bekämpfungsschwelle getan haben. Daher wurde in weiteren Versuchen verschiedene Spritzfolgen mit unterschiedlichen Pflanzenschutzmitteln getestet. Dabei wurden in BS 1 und BS 2 verschiedene Mittel in verschiedenen Reihenfolgen appliziert und in der Öko-Variante wurden nur solche Mittel verwendet, die für den ökologischen Anbau zulässig sind (Tab. 1). Schon in Fig. 8 unterscheiden sich die Verläufe deutlich. Während BS 1 eine recht gute Bekämpfung aufweist, wurde der Besatz in BS 2 geringer reduziert. Dies deutet darauf hin, dass den unterschiedlichen Wirkungsmodi der Mittel bei der Wahl der Reihenfolge Rechnung getragen werden sollte. Konkret sollte ein gut wirksames, systemisches Mittel vorgelegt werden (hier: Movento OD), um den Populationsaufbau von Beginn an wirksam zu unterdrücken. In der Öko-Variante waren stets alle Pflanzen befallen, so dass sich die Kurve nicht von der der Kontrolle unterscheidet, obwohl mitunter wöchentlich bekämpft wurde. Um festzustellen, ob die Pflanzenschutzmittel in der Öko-Variante eine Wirkung hatten, wurden diese beiden Varianten am 16.09. ausgezählt und es befanden sich in der Kontrolle etwa 22.700 Weiße Fliegen auf jeder Pflanze, während es bei der Öko-Variante etwa 4.250 waren. Eine signifikant geringere Verschmutzung konnte nur mit BS 1 erreicht werden.

Tab 2 Verwendete Pflanzenschutzmittel und Behandlungstermine im
Spritzfolgenversuch 2014.

Datum	BS 1	BS 2	BS Öko
19.06.	Movento	Teppeki+Öl	Neudosan
26.06.	DPX+Codacide	Movento	Spruzit
03.07.	Mospilan+Break thru	DPX+Codacide	Micula
10.07.	-	-	NeemAzal-T/S
23.07.	-	-	NeemAzal-T/S
06.08.	Movento	Teppeki	Neudosan
14.08.	-	-	Spruzit
20.08.	Mospilan	Calypso	NeemAzal-T/S

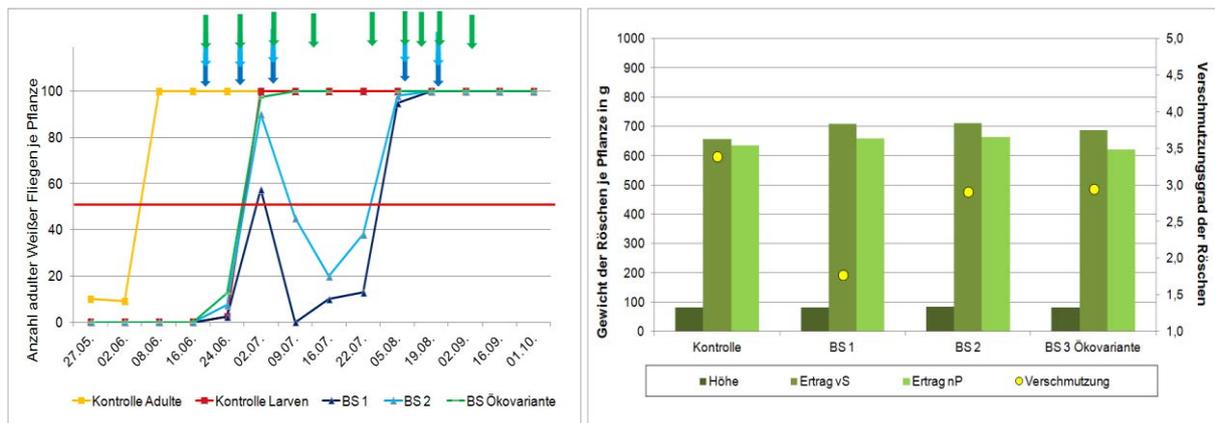


Fig. 8 Anteil befallener Pflanzen und Anzahl Behandlungen.

Anteil befallener Pflanzen und Anzahl Behandlungen (links) sowie Erträge und Verschmutzung (rechts) je nach Spritzfolge (BS1 vs BS2) im Versuch 2014.

Pilotversuch zur Kombination erfolgsversprechender Verfahren der Teilprojekte

In 2016 wurden erfolgsversprechende Verfahren aus den verschiedenen Teilprojekten in einem Pilotversuch zusammengeführt. Dabei wurden optimierte Anbauverfahren für den IPM und den ökologischen Anbau getestet. In diesen Versuchen wurde jeweils eine weniger verschmutzungsanfällige Sorte angebaut (breitere Blattstellung für Abtropfen des Honigtaus außerhalb der Rösschen). In der Optimalvariante für den Integrierten Anbau wurden die Kontaktinsektizide zudem mit Hilfe von Droplegs appliziert, um eine bessere Benetzung der Unterblattbereiche zu gewährleisten. Des Weiteren wurde ein Banker-Plant System angepflanzt, bei dem die Schlupfwespe *Encarsia tricolor* an Kürbis auf *Trialeurodes vaporariorum* etablierten worden war und in diesem Zusammenhang eine höhere Bekämpfungsschwelle und nützlingsschonende Insektizide gewählt wurden, um die Etablierung des Parasitoiden im Bestand zu ermöglichen. In der Öko-Optimalvariante für den ökologischen Anbau wurde die Auflage eines feinmaschigen Netzes getestet, dass im Vergleich zu dem Standard-Kohlflieden-Netz in der Öko-Standardvariante das Eindringen von KMSL sicher unterbinden sollte. Zusätzlich wurde auch hier das beschriebene Banker-Plant-System eingesetzt. Zur Übersicht der Versuchsglieder siehe auch Tabelle 3 sowie den Aufbau einer Versuchsparzelle in Abbildung 2.

Tab. 3 Versuchsglieder des Pilot Versuches.

Nr.	VG	Anwendung		Düngung	Sorte
1	IPM Standard	BS 25%	Movento (1X) Teppeki (1X) Mospilan (1X)	Jeweils Feldspritze	Standard „Igor“
2	IPM Optimal	BS 25% (AW. 1) BS 80% (weitere AW)	Movento (1X) Teppeki (1X) Movento (1X)	Movento (Feldspritze) Teppeki (Droplegs) Banker-Plant System	Standard „Genius“
3	Öko Standard	Kohlflieden-Netz (1,3X1,3 Maschenweite)	-----	Netz: Pflanzung bis Anfang August	Haarmehl-pellets „Igor“
4	Öko Optimal	Feines Netz (0,5-0,6mm Maschenweite)	-----	Netz: Pflanzung bis Anfang August Banker-Plant System	Haarmehl-pellets „Genius“
5	Kontrolle	/	/	/	Standard „Igor“



Abb.2 Aufbau des Versuchsgliedes „IPM-Optimal“.

Aufbau des Versuchsgliedes „IPM-Optimal“: 1) Sommergerste als physikalische Barriere zwischen den Versuchsgliedern, um den Übergang von *E. formosa* in andere VGs zu vermeiden. 2) Rosenkohl, 3) Kürbis als Banker-Plant-System, vorbeimpft mit *T. vaporariorum* und *E. tricolor*.

Der Pilotversuch wurde an 2 Standorten am JKI Braunschweig (Hötzum und Braunschweig) sowie an einem Standort bei dem Projektpartner in Gülzow durchgeführt. Insgesamt wurden in der IPM Standard Variante 4, 4 und 5, in der IPM Optimal Variante 4,3 und 4 Behandlungen mit Insektiziden durchgeführt. Ein Effekt der Banker-Plants war auf den Standorten Bs und Hö deutlich zu erkennen (Parasitierungsraten von > 35 % bzw. > 20 % im Mittel), während keine nennenswerte Parasitierung am Standort Gü auftrat (Fig. 9). Auch in

der IPM-Optimal Variante zeigten sich in BS und Hö erhöhte Parasitierungsraten im Vergleich zu der IPM-Standard Variante, die Raten lagen jedoch mit < 15 % und < 10 % im Mittel deutlich niedriger als in der Öko-Optimal Variante. Am Standort Gü konnte *E. tricolor* nicht etabliert werden.

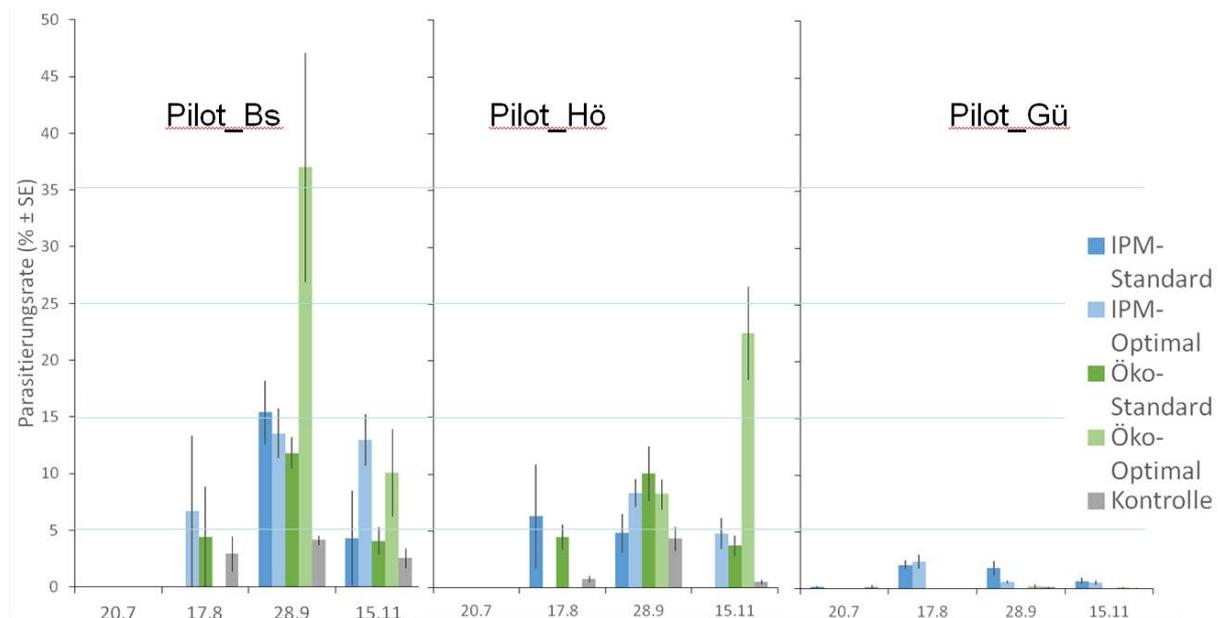


Fig. 9 Parasitierungsrate von *E. tricolor*.

Parasitierungsrate von *E. tricolor* an den verschiedenen Standorten im Pilotversuch 2016.

Insgesamt zeigte sich, dass in den Varianten Öko-Optimal, IPM-Standard und IPM-Optimal der Befall sicher bekämpft werden konnte (Fig. 9). Die Pflanzen in der Öko-Standard Variante zeigten an allen Standorten einen vergleichbaren Befall zur Kontrolle, hier war das grobmaschigere Netz also wirkungslos. Die Verschmutzungsgrade der Röschen / Rosenkohlpflanzen bestätigen dieses Ergebnis (Fig. 11). Die sicherste Bekämpfung wurde über das feinmaschige Netz in der Öko-Optimal Variante erzielt, da diese Variante auch bei starkem Befallsdruck am Standort Gü den geringsten Befall aufwies.

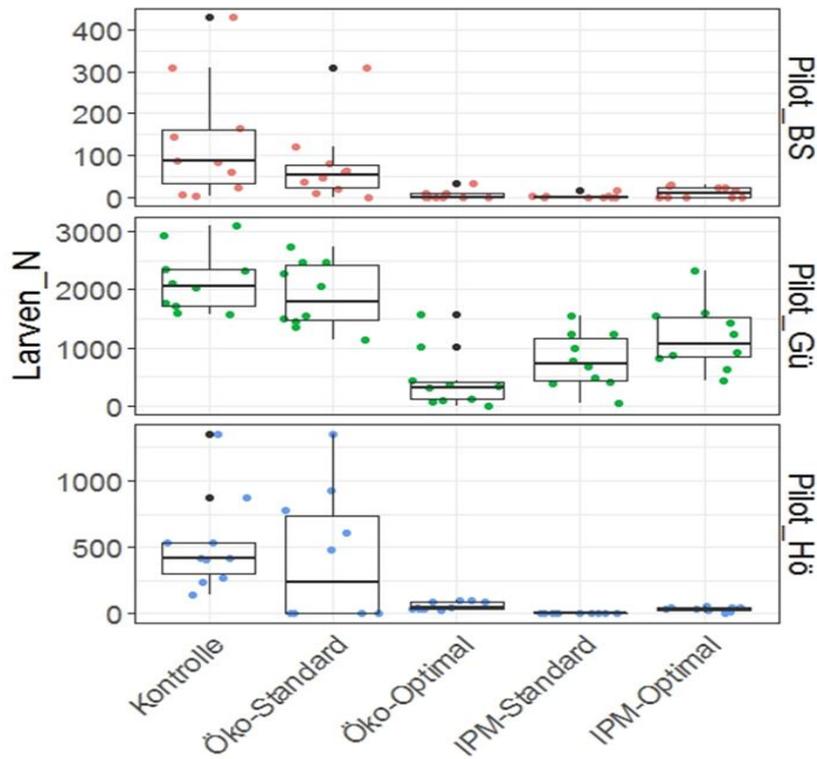


Fig.10 Befall zum Erntezeitpunkt pro Rosenkohlpflanze im Pilotversuch.

Befall (Anzahl Larven) zum Erntezeitpunkt pro Rosenkohlpflanze im Pilotversuch 2016 an den verschiedenen Standorten. Die Punkte stellen keine echte Wiederholungen, sondern die Boniturergebnisse der verschiedenen Pflanzen derselben Parzelle dar.

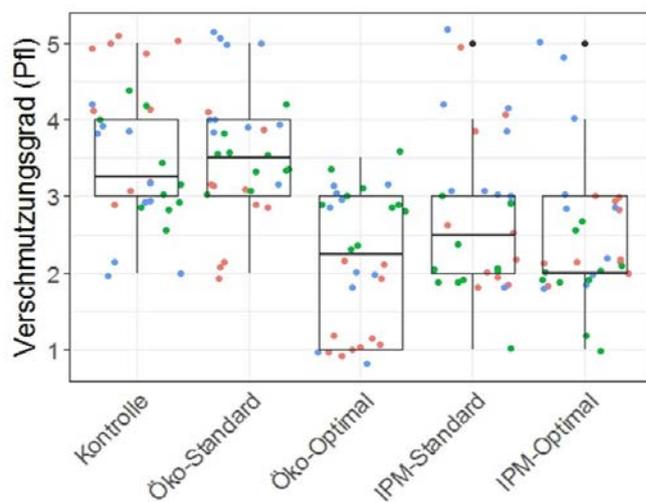


Fig.11 Verschmutzungsgrad pro Rosenkohlpflanze im Pilotversuch.

Verschmutzungsgrad pro Rosenkohlpflanze im Pilotversuch 2016. Punkte stellen keine echte Wiederholung, sondern die Boniturergebnisse der verschiedenen Pflanzen derselben Parzelle dar (Standorte: rot = Bs, grün = Gü, blau = Hö).

5. Diskussion der Ergebnisse

Befall-Verlust-Relation in Rosenkohl

Ein Befall mit der Kohlmottenschildlaus kann den Feldertrag und die Vermarktbarkeit von Rosenkohl gerade bei ungünstigen Wachstumsbedingungen stark reduzieren. Auf Grund der Methodik, den Befall mit der KMSL über den Insektizideinsatz auf ein bestimmtes Befallniveau zu reduzieren, können andere ertragsrelevante Einflüsse nicht ganz ausgeschlossen werden. So ist es etwa möglich, dass der Einfluss anderer Schädlinge (vor allem Blattläuse) in ähnlichem Maße wie der der KMSL von Movento OD reduziert wurde. Auch ein theoretisch möglicher, direkter Einfluss von Movento OD auf den Ertrag kann nicht ausgeschlossen werden. Dennoch ist festzustellen, dass die KMSL in den Versuchsjahren als Hauptschädling aufgetreten ist, und dass andere Schädlinge wie Raupen oder Rapsglanzkäfer in allen Versuchsgliedern durch PSM-Einsatz unterdrückt wurden. Auch wären andere Methoden mit künstlicher Infektion und Ausschluss anderer Schädlinge z. B. durch Netze sehr weit von tatsächlichen Anbaubedingungen entfernt, so dass das gewählte System wahrscheinlich die besten Aussagen über den Ertragseinfluss eines KMSL-Befall zulässt. Aufgrund der festgestellten, ertragsrelevanten Effekte, aber auch bereits aufgrund der Verschmutzung des Ernteguts durch die KMSL, sollte dem Schädling mit geeigneten Maßnahmen begegnet werden. Im Verbundprojekt konnte u. a. gezeigt werden, dass durch die Wahl von Sorten mit geeigneter Blattstellung (z. B. 'Genius') der Verschmutzung entgegengewirkt werden kann.

Bekämpfungsschwellen für die KMSL an verschiedenen Kohlarten

Die teilweise mehrjährig wiederholten Versuche zu Bekämpfungsschwellen zeigen, dass die einfache und zeitsparende binominale Bonitur nach dem Ja/nein-Prinzip ausreicht, um die Behandlungen gegen die KMSL nach Bekämpfungsschwellen zu terminieren. Dieses Verfahren wurde für Rosenkohl ausreichend erprobt und für Grünkohl, Kohlrabi und Wirsing liegen erste Ergebnisse vor, die diese Bekämpfungsschwelle bestätigen. Entsprechend ist eine Übertragbarkeit auf weitere Kohlarten wahrscheinlich. Das Prinzip dieser Schadschwellen kann demnach als Praxisempfehlung genutzt werden und sollte Eingang in die Praxis erhalten.

Konkret wurde festgestellt, dass mit einer BS von 25 % befallenen Pflanzen eine sichere Bekämpfung (d. h. Reduktion des Befalls auf das Niveau der Routinebehandlung) bei Rosenkohl möglich ist. Für Grünkohl war bereits eine Schwelle von 50 % befallenen Pflanzen erfolversprechend, dennoch sollte für Grünkohl, Kohlrabi und Wirsing eine Behandlung nach der Bekämpfungsschwelle von 25 % befallenen Pflanzen erfolgen. Bei nicht getesteten Kohlarten ist diese Schwelle ebenfalls erfolversprechend. Sowohl bei der

der 50 % als auch bei der empfohlenen Verwendung der 25 % Schwelle kann aufgrund der Versuchsdaten von einer Einsparung von Pflanzenschutzmittel ausgegangen werden.

Versuche zu Spritzfolgen

Der Versuch zur Ermittlung geeigneten Spritzfolgen hat gezeigt, dass auch bei der in der Praxis notwendigen Rotation von PSM mit unterschiedlichen MoA (und mitunter auch unterschiedlichen Wirkungsgraden) eine erfolgreiche Bekämpfung der KMSL möglich ist. Entscheidend ist, dass ein wirksames systemisches Mittel an den Beginn der Spritzfolge gestellt wird (bei der derzeitigen Zulassungssituation empfiehlt sich hier Movento OD). Für den ökologischen Anbau ist die Verwendung der Schadschwellen aufgrund der verfügbaren, eher schwach wirksamen PSM nicht zielführend. Hier ist die Verwendung geeigneter Kulturschutznetze mit geringer Maschenweite am erfolgversprechendsten (vgl.: Pilotversuch).

Pilotversuch zur Kombination erfolgsversprechender Verfahren der Teilprojekte

Es zeigte sich, dass der Insektizideinsatz in den IPM-Varianten die Parasitierungsrate, die mithilfe der Bankerplants hätte erreicht werden können, reduziert hat. Der höhere Insektizideinsatz und die Mittelauswahl in der IPM-Standard Variante verstärken diesen Effekt. Ein weiteres Indiz für die Empfindlichkeit von *E. tricolor* gegenüber PSM ist das Ausbleiben einer Etablierung am Standort Gü. An diesem Standort wurde im Unterschied zu Bs und Hö ein für den ökologischen Anbau typisches Management gegen Mehltau an Kürbis mit Schwefeleinsatz (Mittel: Thiovit) notwendig. Da z. B. die nah verwandte Art *Encarsia formosa* als Adult eine hohe Sensitivität gegenüber diesem Wirkstoff zeigt (< 75 % Schädigung für < 4 Wochen laut Koppert Side Effect Datenbank), könnte der Schwefeleinsatz eine Erklärung für die fehlenden Effekte der Banker-Plants am Standort Gü sein.

Bezüglich der Einnetzung bei den Öko-Varianten wurde gezeigt, dass ein grobmaschiges Kohlfiegen-Netz nicht geeignet ist den KMSL-Befall zu verhindern. Die sicherste Bekämpfung im ökologischen Anbau ist demnach das frühzeitige Anbringen eines feinmaschigen Netzes (0,5-0,6 mm Maschenweite) bis mindestens Anfang August. Diese Maßnahme erwies sich bei hohem Befallsdruck in Gü sogar als wirksamste Methode zur Reduktion des KMSL-Befalls. Da in Gü *E. tricolor* nicht etabliert wurde (vgl. Fig. 8), scheint der Einfluss der Banker-Plants in dieser Management-Strategie eher von untergeordneter Bedeutung zu sein. Bei dem Einnetzen ist prinzipiell zu beachten, dass das Netz möglichst selten und nicht zu Flugzeiten der KMSL für andere Kulturmaßnahmen abgenommen werden sollte. Auch zeigte sich, dass die Netze einen Einfluss auf die Wüchsigkeit der

Kohlpflanzen haben. Weiterhin lassen sich die Kosten und der Aufwand für diese Maßnahme nur auf kleinen (ökologisch bewirtschafteten) Flächen und aufgrund des mikroklimatischen Einflusses nicht in allen Gebieten umsetzen, z. B. nicht in wärmeren Regionen.

6. Angaben zum voraussichtlichen Nutzen und zur Verwertbarkeit der Ergebnisse

Wie bereits im Ergebnisteil und der Diskussion beschrieben, können die in den Versuchen ermittelten Schadschwellen in der betrieblichen Praxis eingesetzt werden. Ein entsprechendes Merkblatt wird erstellt. Darin enthalten sein wird auch eine generalisierte Empfehlung zu einer geeigneten Spritzfolge mit einem wirksamen, systemischen Insektizid als erste Anwendung und anschließend einer Rotation geeigneter Mittel unterschiedlicher MoA. Der Nutzen dieser Erkenntnisse liegt darin, die Insektizidanwendungen entsprechend den Maßgaben des integrierten Pflanzenschutzes auf ein notwendiges Maß zu reduzieren. Ebenfalls wird für den ökologischen Anbau der Hinweis aufgenommen, dass hier keine alleine ausreichend wirksamen Insektizide zur Verfügung stehen. Eine wirksame Maßnahme ist bei geeigneten Anbaubedingungen die Verwendung geeigneter Kulturschutznetze ggf. in Kombination mit PSM.

7. Gegenüberstellung der ursprünglich geplanten und tatsächlich erreichten Ziele; Hinweise auf weiterführende Fragestellungen.

Tab. 4 Gegenüberstellung der ursprünglich geplanten und tatsächlich erreichten Ziele.

Ursprünglich geplant	Tatsächlich erreicht
Erforschung der Ursachen für die Zunahme und Entwicklung des Befalls	Der Punkt wurde im Verbundvorhaben untersucht und der Einfluss des Rapsanbaus für den Befallsdruck wurde nachgewiesen. In diesem Teilprojekt wurde ein Fragebogen zur Klärung der regionalen Bedeutung entwickelt und die Ergebnisse der Befragung von Beratern verschiedener Bundesländer veröffentlicht. Der Einfluss der Klimaerwärmung auf die Generationszeiten wird im Rahmen der Thesis von Herrn Askoul im Rahmen von Klimakammerversuchen ausführlich untersucht. Veröffentlichungen der Ergebnisse sind in Arbeit.
Entwicklung eines Monitoring- und Boniturschemas	Ein praxistaugliches Boniturschema unter Eingrenzung der Bonitur auf die Larven über binominale Befallen ja/nein-Entscheidungen wurde entwickelt und kann in der Praxis zur zeitsparenden Befallserfassung und Anwendung von Bekämpfungsschwellen genutzt werden.
Bedeutung/Auswirkungen eines Befalls	Eine direkte Reduktion des Feldertrags durch KMSL-Befall wurde nachgewiesen. Entsprechende Auswirkungen wurden auch bei der Entwicklung geeigneter Bekämpfungsschwellen berücksichtigt, so dass je nach Kohllart 1) Verschmutzung des Ernteguts, 2) Besatz des Ernteguts und 3) Reduktion des Feldertrags als wichtigste Auswirkungen des Befalls identifiziert wurden
Entwicklung kombinierter Anbaustrategien zur Befallsminderung	Eine Kombination der verschiedenen Verfahren wurde im letzten Projektjahr in einem Pilotversuch getestet. Zum jetzigen Zeitpunkt können nur Tendenzen abgelesen werden, welche Verfahren das beste Potential für eine Anwendung in der Praxis besitzen. Erfolgversprechend war auch hier 1) die Verwendung von feinmaschigem Netz im ökologischen Anbau und 2) die Verwendung von schadschwellenbasierten Spritzfolgen im integrierten Anbau. Banker-Plants haben zwar zu einer erhöhten Parasitierung geführt, der Nutzen im Sinne einer Reduktion der KMS-Dichte rechtfertigt aber derzeit noch keine Empfehlung des Systems für die Praxis. Klare Effekte der Sortenwahl auf die Verschmutzungsgrade ließen sich im Versuch nicht feststellen.

8. Zusammenfassung

Gesamtziel des Verbundvorhabens war die Erarbeitung eines Gesamtkonzepts zur Bekämpfung der Kohlmottenschildlaus für den ökologischen und integrierten Anbau von Kohl. Ziel des vorliegenden Teilprojektes war es, notwendiges Basiswissen zu ermitteln und gezielte Pflanzenschutzstrategien zur Bekämpfung der Kohlmottenschildlaus *Aleyrodes proletella* (Hemiptera: Aleyrodidae) an Rosenkohl (*Brassica oleracea* var. *gemmifera*) sowohl weiteren Kohlarten zu untersuchen und umzusetzen.

Im Projekt wurde gezeigt, dass der Befall durch die Kohlmottenschildlaus den Feldertrag und die Vermarktbarkeit von Rosenkohl gerade bei ungünstigen Wuchsbedingungen stark reduzieren kann. Entsprechend muss in der Praxis auf ein Schädlingsauftreten mit geeigneten Maßnahmen reagiert werden. Bei Verfügbarkeit wirksamer Insektizide kann eine Bekämpfung auf Basis geeigneter Schadschwellen erfolgen. Im Projekt wurde gezeigt, dass eine einfache und zeitsparende binominale Bonitur nach dem Ja/nein-Prinzip ausreicht, um die Behandlungen gegen KMSL nach Bekämpfungsschwellen (BS) zu terminieren. Konkret wurde festgestellt, dass mit einer BS von 25 % mit Larven befallenen Pflanzen eine sichere Bekämpfung (d. h. Reduktion des Befalls auf das Niveau einer Routinebehandlung) möglich ist. Dieses Verfahren wurde für Rosenkohl ausreichend erprobt (Versuche über 5 Jahre) und für Grünkohl, Kohlrabi und Wirsing liegen ebenfalls erste Ergebnisse vor (Versuche über 1-3 Jahre). Bei Verwendung dieser BS kann aufgrund der Versuchsdaten von einer deutlichen Einsparung von Pflanzenschutzmittel-Anwendungen ausgegangen werden. In der Praxis müssen dabei geeignete PSM mit unterschiedlichen MoA in sinnvollen Spritzfolgen genutzt werden. Entscheidend ist, dass ein wirksames systemisches Mittel an den Beginn der Spritzfolge gestellt wird (bei der derzeitigen Zulassungssituation empfiehlt sich hier Movento OD).

Aufgrund des Fehlens wirksamer PSM im ökologischen Anbau ist hier eine Verwendung der BS nicht zielführend. Bei geeigneten Anbaubedingungen ist das frühzeitige Auflegen eines feinmaschigen Netzes (0,5-0,6 mm Maschenweite) bis mindestens Anfang August eine wirksame Maßnahme gegen den Schädling, die bei Bedarf mit PSM-Einsatz kombiniert werden kann. Dies wurde unter anderem im Pilotversuch gezeigt. Die Verwendung von Banker-Plants (Kürbispflanzen beimpft mit der Gewächshaus-Weißen Fliege und dem Parasitoiden *Encarsia tricolor*) führte im Pilotversuch zu Parasitierungsraten von bis zu 37 %. Jedoch ist diese Maßnahme derzeit nicht praktikabel, da der Aufwand zu hoch ist, der Parasitoid zur Zeit nicht von Nützlingsanbietern produziert wird, und sich eine Verwendung aufgrund des potenziell geringen Bekämpfungserfolges für Anbauer nicht rechnet. In dem Pilotversuch zeigte sich allerdings auch, dass ein Insektizideinsatz die Parasitierungsrate auf den Bankerplants reduzieren kann und ein häufigerer Insektizideinsatz und die Verwendung von nicht-nützlingsschonenden Mitteln diesen Effekt verstärken. Für den ökologischen

Anbau ist hier vor allem auch der Effekt von Schwefelbehandlungen zu nennen. Um den natürlich vorkommenden Nützling zu schonen und von dessen natürlichem Auftreten zu profitieren, sollten daher vorrangig solche Mittel verwendet werden, die als nicht oder wenig schädigend gegenüber *Encarsia formosa* getestet wurden, da diese Ergebnisse aufgrund der engen Verwandtschaft und Lebensweise Hinweise auf die Sensitivität von *E. tricolor* geben können.

9. Literaturverzeichnis

- Alcázar, A., Lacasa, A., 1999. La mosca blanca de la col *Aleyrodes proletella* (L.) se revela como plaga en los cultivos de brócoli de Murcia. Cuadernos de fitopatología: Revista téc. fitopatol. entomol. 16, 17-22.
- Alonso, D., Gómez, A.A., Nombela, G., Muñoz M., 2009. Temperature-Dependent Development of *Aleyrodes proletella* (Homoptera: Aleyrodidae) on two Cultivars of Broccoli under constant Temperatures. Environ. Entomol. 38, 11-17.
- Byrne, D.N., Bellows, T.S., 1991: Whitefly Biology. Annual Review of Entomology, 36, 431-457.
- El-Helaly, M., El-Shazli, A., El-Gayar, F., 1972. Biological studies on a new pest in Egypt: *Aleyrodes proletella* L. (Homoptera; Aleyrodidae). Z. Angew. Entomol. 70(3), 323-327.
- Forster, R., Hildenhagen, R., Hommes, M., 1992. Integrierter Pflanzenschutz im Gemüsebau: Praktizierung von Bekämpfungsschwellen für Kohlschädlinge. Schriftenreihe des Bundesministers für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten; Reihe A: Angewandte Wissenschaft, ISSN 0723-7847, H. 411.
- Krauss, J., Sauer, C., 2009. Bekämpfungsstrategien gegen tierische Schaderreger an Kohlgewächsen – Ist Saatgutbeizung eine Alternative? http://www.agroscope.admin.ch/data/publikationen/_tierische_Schaderreger_an_Kohl-d.pdf (2012.07.30)
- Leopold, J., Zimmermann, O., Katz, P., Saucke, H., 2008. Ein neuer Nützling im Kohlanbau: Qualitätskontrolle bei *Encarsia tricolor*, einem natürlichen Gegenspieler der Kohlmottenschildlaus *Aleyrodes proletella*. Mitt Julius Kühn-Institut 417, 438-439.
- Martens, K., Callens, D., 2009. Emerging pests in Flanders. IOBC/WPRS Bulletin, 51, 1-2.
- Nebreda M, Nombela G & Muniz M, 2005. Comparative host suitability of some Brassica cultivars for the whitefly, *Aleyrodes proletella* (Homoptera: Aleyrodidae). Environ Entomol 34, 205-209.
- Patti, I., Rapisarda, C., 1981. Reperti morfo-biologici sugli aleirodidi nocivi alle piante coltivate in Italia. Boll. Zool. Agrar. Bachic. 16, 135-190.
- Richter, E., Hagner, S., Krauthausen, H.-J., Hommes, M., 1997. Gezielter Pflanzenschutz in Porree und Zwiebeln durch die Nutzung von Bekämpfungsschwellen. Gemüse, 33(4), 249-251.
- Saucke, H., Schultz, B., Wedemeyer, R., Liebig, N., Zimmermann, O., Katz, P., 2011. Biotechnische Regulierung der Kohlmottenschildlaus in Kohlgemüse - Sachstand und Perspektiven. DOI 10.1007/s10343-011-0264-8.
- Schmalstieg, H., Kummer, B., Arndt, T., Katz, P. 2010. Untersuchung zum Einsatz biologischer Pflanzenschutzmaßnahmen mit *Encarsia tricolor* im Gemüsebau. 57. Deutsche Pflanzenschutztagung in Berlin, 6.-9. September 2010. Julius-Kühn-Archiv (428), 151.

- Schultz, B., Wedemeyer, R., Saucke, H., Leopold, J., Zimmermann, O., 2009. Regulierung der Weißen Fliege im Kohlanbau durch den kombinierten Einsatz von Kulturschutznetzen und Nützlingen – Erste Ergebnisse des BÖL-Projekts. Tagungsband der 10. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, 1, 296-299. http://orgprints.org/14448/1/Schultz_14448.pdf (01. August 2012)
- Springate, S., Colvin, J., 2011. Pyrethroid insecticide resistance in British populations of the cabbage whitefly, *Aleyrodes proletella*. Pest Management Science, DOI: 10.1002/ps.2255
- Thompson, A.R., Goodwin, M.C., 1983. Effects of some insecticide and insect growth regulator treatments on the immature stages of the cabbage whitefly (*Aleyrodes proletella* L.). Med Fac Landbouww Univ Gent 48, 309-315.
- Trdan, S., Papler, U., 2002. Susceptibility of four different vegetable brassicas to cabbage whitefly (*Aleyrodes proletella* L., Aleyrodidae) attack. Mededelingen Faculteit Landbouwkundige en Toegepaste Biologische Wetenschappen Universiteit Gent 67 (3), 531-535.
- Trdan, S., Modic, S., Bobnar, A., 2003. The influence of cabbage whitefly (*Aleyrodes proletella* L., Aleyrodidae) abundance on the yield of Brussels sprouts. OILB/SROP Bull. 26 (3), 265-270.
- Wyss, E., Specht, N., Daniel, C., Rüegg, J., 2003. Wirkung verschiedener Insektizide bei Ober- und Unterblattapplikation gegen die Kohlmottenschildlaus *Aleyrodes proletella* in biologischem Rosenkohl. <http://orgprints.org/2592/> (01. August 2012).

10. Übersicht aller im Berichtszeitraum realisierten Veröffentlichungen und geplanten Aktivitäten des Projektnehmers

- Böckmann, E., Richter, E. 2016: Der Einfluss der Kohlmottenschildlaus auf den Ertrag und die Qualität von Rosenkohl, 60. Deutsche Pflanzenschutztagung, Julius-Kühn-Archiv, 454.
- Richter, E. 2015: Einfluss der Kohlmottenschildlaus *Aleyrodes proletella* auf den Ertrag und die Qualität von Rosenkohl, BHGL - Schriftenreihe Band 31, 151.
- Richter, E., Hirthe G. 2014: Efficacy of drench and spray applications of insecticides to control cabbage whitefly *Aleyrodes proletella*. IOBC/WPRS Bulletin 107, 151-156.
- Richter, E., Hirthe G. 2014: Hibernation and migration of *Aleyrodes proletella* in Germany. IOBC/WPRS Bulletin 107, 143-149.
- Richter, E. 2013: Integrierte Bekämpfung der Kohlmottenschildlaus an Gemüsekohlarten. <http://orgprints.org/23014/>
- Richter, E., Hirthe, G. 2013: Wie beeinflusst die Kohlmottenschildlaus die Qualität und den Ertrag? - Weiße Fliege an Rosenkohl. Gemüse 49(8), 16-17.
- Richter, E., Harbrecht, E., Michel, M., Hirthe G., Engelhardt, M. 2013: Was wirkt heute gegen die Weiße Fliege an Kohl? Gemüse 49(7), 16-18.