

Strategien zur Regulierung der Kohlmottenschildlaus und Integration in gemüsebauliche Anbauverfahren

Strategies for cabbage whitefly regulation and implementation into field vegetable production systems

FKZ: 12NA046

Projektnehmer:

Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern

Gartenbaukompetenzzentrum (GKZ)

Dorfplatz 1 / OT Gülzow, 18276 Gülzow-Prüzen

Tel.: +49 3843 789-221

Fax: +49 3843 789-111

E-Mail: g.hirthe@lfa.mvnet.de

Internet: www.landwirtschaft-mv.de

Autoren:

Hillenberg, Ann-Christin; Hirthe, Gunnar; Katroschan, Kai-Uwe

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.

Schlussbericht

Strategien zur Regulierung der Kohlmottenschildlaus und Integration in gemüsebauliche Anbauverfahren

Förderkennzeichen: 2812NA046

Projektnehmer:

Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern (LFA),
Gartenbaukompetenzzentrum (GKZ) Dorfplatz 1, 18276 Gülzow-Prüzen/ OT Gülzow

Tel: 0049 (0)3843 789100

Fax: 0049 (0) 3843 789111

Email: k.katroschan@lfa.mvnet.de

Internet: www.lfa.mvnet.de

Autoren: A. Hillenberg, G. Hirthe, K.-U. Katroschan

Laufzeit: 01.01.2014 – 31.12.2016

Kooperationspartner

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

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

Kurzfassung: Strategien zur Regulierung der Kohlmottenschildlaus und Integration in gemüsebauliche Anbauverfahren

A. Hillenberg, G. Hirthe, K.-U. Katroschan

Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern, Norddeutsches Kompetenzzentrum für Freilandgemüsebau, Dorfplatz 1, 18276 Gülzow, Email: g.hirthe@lfa.mvnet.de

Mit dem Ziel neue Strategien zur Regulierung der Kohlmottenschildlaus (*Aleyrodes proletella*) für Rosenkohl zu erarbeiten und diese der konventionellen sowie ökologischen Anbaupraxis zur Verfügung zu stellen, wurden von 2014 bis 2016 ausgewählte Bekämpfungsansätze untersucht. Gemeinsam mit dem Teilprojekt 2812NA020 erfolgte die Evaluierung von Bekämpfungsschwellen und eines einheitlichen Boniturverfahrens zur Quantifizierung des Schädlingsbefalls. Im integrierten Rosenkohlanbau kann bei Verfügbarkeit wirksamer Pflanzenschutzmittel eine Behandlung ab 25 % mit Larven befallener Pflanzen empfohlen werden. Das neue Boniturschema bietet die notwendige Grundlage für die Bewertung von Regulierungsmaßnahmen. Das Migrationsverhalten von *A. proletella* ist in Regionen mit intensivem Rapsanbau durch einen saisonalen Rhythmus mit deutlichen Emigrationsereignissen gekennzeichnet und dauerte auch nach der Rapsernte an, wodurch kein definiertes Zeitfenster des Zuflugs in die Gemüseflächen prognostiziert werden konnte. Diese Erkenntnisse ermöglichen eine verbesserte Terminierung von Maßnahmen. Die temporäre Abdeckung des Rosenkohls mit feinmaschigen Kulturschutznetzen vor dem Zuflug bis Ende September bewirkte eine etwa 90 %ige Befallsreduzierung. Eine Leguminosenuntersaat kann den Befall um das bis zu 4-fache reduzieren und dadurch die Ertragsqualität grundsätzlich verbessern. Es besteht jedoch die Gefahr von Ertragseinbußen durch interspezifische Konkurrenzeffekte zwischen Hauptkultur und Bodenbedecker. Bei der Applikation von Pflanzenschutzmitteln können Droplegs den Benetzungsgrad auf der von *A. proletella* besiedelten Blattunterseite wesentlich erhöhen und somit die Wirksamkeit von insbesondere biologischen Kontaktinsektiziden deutlich verbessern. Die Applikationsqualität wird dabei von der richtigen Düsenwahl, der Rosenkohlsorte sowie der Terminierung der Behandlungen beeinflusst. Es wurde ein wesentlicher Beitrag zur Erhöhung der Nachhaltigkeit gemüsebaulicher Anbauverfahren geleistet: Ein verbesserter Bekämpfungserfolg bei reduziertem Insektizideinsatz durch den Einsatz präventiver bzw. optimierter Pflanzenschutzmaßnahmen. Weiterer Forschungsbedarf besteht hinsichtlich der Skalierung dieser neuen Strategien auf Betriebsebene.

Abstract: Strategies for cabbage whitefly regulation and implementation into field vegetable production systems

Ann-Christin Hillenberg, Gunnar Hirthe, Kai-Uwe Katroschan

Mecklenburg-Vorpommern Research Centre for Agriculture and Fisheries, Centre of Horticultural Crop Production, Dorfplatz 1, 18276 Gülzow, Email: g.hirthe@lfa.mvnet.de

Between 2014 and 2016 innovative approaches for cabbage whitefly (*Aleyrodes proletella*) control in Brussels sprouts were investigated with the aim to provide applicable whitefly regulation strategies to conventional and organic vegetable producers. In close cooperation with the partner project 2812NA020 economic damage thresholds, standardized sampling methods and the spatio-temporal migration pattern of cabbage whitefly were quantified. Depending on the availability of efficient pesticides a damage threshold of 25% (larvae-) infested plants may allow a significant reduction in insecticide use with comparable success in pest control. The development of a standardized whitefly sampling method improved the assessment and comparison of applied plant health measures. In regions with intensive rapeseed cultivation, whitefly migration to Brassica vegetables is characterised by a seasonal pattern with distinct emigration peaks and is consequently not limited to a predictable timeframe. Continuous netting (0.5 x 0.5 mm meshsize) of Brussels sprouts before initial whitefly infestation until the end of September reduced whitefly larval densities by an average of approx. 90%. Undersowing Brussels sprouts with legumes such as subterranean clover (*Trifolium subterraneum*) and lucerne (*Medicago sativa*) in a living mulch cropping system reduced pest infestation with *A. proletella* by a factor of four resulting in improved yield quality and enhanced sustainability ("ecosystem services"). Opposing to this positive effect, the interspecific competition can lead to considerable economic yield losses. A tracer study in Brussels sprouts demonstrated that droplegs travelling in the inter-row space can apply particularly biological insecticides in a more efficient way compared to conventional spraying by increasing spray coverage on leaf undersides (crop and pest specific target area) 6- to 10-fold. The experiences made within this project contribute to an improved success of whitefly regulation while reducing the usage of insecticides by application of preventive and/or adapted plant protection measures. Further research is needed regarding the integration of the newly developed regulation strategies in existing vegetable production systems and their evaluation under practical field conditions.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	VI
Tabellenverzeichnis	IX
Abkürzungsverzeichnis	XI
1 Einführung	1
1.1 Gegenstand des Vorhabens	1
1.2 Ziele und Aufgabenstellung des Projektes	1
1.3 Planung und Ablauf des Projektes	2
2 Wissenschaftlicher und technischer Stand des Wissens	6
3 Material und Methoden	10
3.1 Witterungsverlauf 2014 - 2016	10
3.2 Erarbeitung bekämpfungsrelevanter Grundlagen (AP 2)	11
3.2.1 Bekämpfungsschwellen (AP 2.1)	11
3.2.2 Monitoring des Migrationsverhaltens (AP 2.2)	13
3.2.3 Entwicklung eines einheitlichen Boniturverfahrens (AP 2.3)	15
3.3 Entwicklung neuer Bekämpfungsverfahren (AP 3)	16
3.3.1 Versuche zum Lebendmulchverfahren (AP 3.1)	17
3.3.2 Versuche zur Maßnahmenterminierung (AP 3.2)	25
3.3.3 Versuche zur Optimierung der Pflanzenschutzmittelapplikationstechnik (AP 3.3)	30
3.3.4 Konzept und Versuch zur „Offenen Nützlingszucht“ (AP 3.4/AP 3.5)	37
3.4 Integration neuer Bekämpfungsverfahren in bestehende ökologische und konventionelle Anbauverfahren der Praxis (AP 4)	38
3.5 Auswertung der Daten	40
4 Ausführliche Darstellung der wichtigsten Ergebnisse	41
4.1 Bekämpfungsschwellen (AP 2.1)	41
4.1.1 Befall mit der Kohlmottenschildlaus	41
4.1.2 Verschmutzung und Ertrag	41
4.2 Monitoring des Migrationsverhaltens (AP 2.2)	43
4.2.1 Populationsentwicklung von <i>A. proletella</i> im Winterraps	43
4.2.2 Überwachung der saisonalen Flugaktivität von <i>A. proletella</i>	45
4.3 Entwicklung eines einheitlichen Boniturverfahrens (AP 2.3)	47
4.4 Versuche zum Lebendmulchverfahren (AP 3.1)	47
4.4.1 Tastversuche 2014: Wirksamkeit & Konkurrenzminimierung	47

4.4.2	Versuche 2015/2016: Wirksamkeit & Konkurrenzminimierung	48
4.4.2.1	Regulierungspotential gegenüber der Kohlmottenschildlaus	48
4.4.2.2	Befall mit anderen Kohlschädlingen und Auftreten natürlicher Gegenspieler	50
4.4.2.3	Pflanzliche Konkurrenz, Verschmutzung und Ertragsbildung	52
4.5	Versuche zur Maßnahmenterminierung (AP 3.2)	58
4.5.1	Versuche 2014	58
4.5.1.1	Befall mit der Kohlmottenschildlaus	58
4.5.1.2	Verschmutzung und Ertrag	59
4.5.2	Versuche 2015	61
4.5.2.1	Wirkungsgrad (WG) der Pflanzenschutzmaßnahmen	61
4.5.2.2	Verschmutzung, Ertrag und Pflanzenentwicklung	62
4.5.3	Versuche 2016	62
4.5.3.1	Wirkungsgrad (WG) der Pflanzenschutzmaßnahmen	62
4.5.3.2	Verschmutzung, Ertrag und Pflanzenentwicklung	63
4.6	Versuche zur Optimierung der Applikationstechnik (AP 3.3)	64
4.6.1	Versuche 2014/2015: Identifizierung der Zielfläche an Rosenkohl für <i>A. proletella</i>	64
4.6.2	Versuche 2014/2015: Zielflächenspezifisch angepasste Applikationstechnik	66
4.6.3	Versuch 2016: Optimierung der Applikationstechnik (Screening)	69
4.7	Strategieversuch zur Bekämpfung der Kohlmottenschildlaus an Rosenkohl (AP 3.4)	71
5	Diskussion der Ergebnisse	73
5.1	Bekämpfungsschwellen (AP 2.1)	73
5.2	Monitoring des Migrationsverhaltens (AP 2.2)	73
5.3	Erarbeitung eines einheitlichen Boniturverfahrens (AP 2.3)	75
5.4	Versuche zum Lebendmulchverfahren (AP 3.1)	76
5.5	Versuche zur Maßnahmenterminierung (AP 3.2)	78
5.6	Versuche zur Optimierung der Applikationstechnik (AP 3.3)	80
6	Angaben zum voraussichtlichen Nutzen und zur Verwertbarkeit der Ergebnisse	84
7	Gegenüberstellung der ursprünglich geplanten zu den tatsächlich erreichten Zielen; Hinweise auf weiterführende Fragestellungen	87
7.1	Gegenüberstellung der ursprünglich geplanten zu den tatsächlich erreichten Zielen	87
7.2	Hinweise auf weiterführende Fragestellungen	89

8 Zusammenfassung	91
9 Literaturverzeichnis	95
10 Veröffentlichungen zum Projekt, bisherige und geplante Aktivitäten zur Verbreitung der Ergebnisse	98

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Zeitlicher Verlauf durchgeführter Versuche im Projekt	5
Abb. 2: Monatsmittel der bodennahen Lufttemperatur (graue Balken) am Standort Gülzow für die Jahre 2014 - 2016 im Vergleich zum langjährigen Mittel (schwarze Balken)	10
Abb. 3: Monatsmittel der Niederschlagsmenge (graue Balken) am Standort Gülzow für die Projektjahre 2014 - 2016 im Vergleich zum langjährigen Mittel (schwarze Balken)	10
Abb. 4: Monitoring der Flugaktivität von <i>A. proletella</i> durch Positionierung von Fangpflanzen (Grünkohl) in unterschiedlichen Abständen zu Winterrapsflächen	14
Abb. 5: Aufbau der Versuchspartzellen AP 3.1, Teilversuche A) und B) im Versuchsjahr 2014	19
Abb. 6: Schematische Darstellung der Versuchsfrage im AP 3.1. des Projektjahres 2015	21
Abb. 7: Silomais als „Barriere“ zwischen den Versuchspartzellen; links: Versuch A) Pflanztermine; rechts: Versuch B) Kulturschutznetze des AP 3.2 im Projektjahr 2014	27
Abb. 8: Einteilung der Rosenkohlpflanzen in drei Blattetagen a) und zwei Blattpositionen b) zur Quantifizierung des Benetzungsgrades in den verschiedenen Pflanzenbereichen	32
Abb. 9: Untersuchte Blattbereiche zur sortenspezifischen Quantifizierung des Larvenbesatzes an Rosenkohlblättern	35
Abb. 10: Beziehung zwischen Larvenbefall (%) und Verschmutzungsgrad der Ganzpflanze nach Boniturnoten 1-5 ($\bar{x} \pm SD$) zur Ernte	42
Abb. 11: Anteil vermarktbare (grün) und verschmutzter (grau) Röschen (%) am Gesamt-Bruttoertrag nach Behandlungsvarianten	42
Abb. 12: Gesamt-Bruttoertrag ($\bar{x} \pm SD$) des Rosenkohls ($n = 10$) in dt/ha und Abweichung (%) der Behandlungen von der Kontrolle	42
Abb. 13: Entwicklung des Kohlmottenschildlaus-Larvenbesatzes ($\bar{x}$) an Winterraps verschiedener Standorte im Versuchsjahr 2014: a) vor der Rapsernte ($n = 50/25$) und b) nach der Rapsernte an Ausfallraps ($n = 25$)	43
Abb. 14: Luftbildaufnahme der Winterrapsfläche in Sarmstorf am 01.07.2015 mittels UAV-Drohne in Kooperation mit der Universität Rostock.	45
Abb. 15: Wöchentlicher Befall der Fangpflanzen mit adulten Kohlmottenschildläusen (dunkelgrau) und Eigelegen (hellgrau) im Versuchsjahr 2014 (gepoolte Daten aller Standorte, $\bar{x} \pm SE$)	45
Abb. 16: Wöchentlicher Befall der Fangpflanzen mit adulten Kohlmottenschildläusen (dunkelgrau) und Eigelegen (hellgrau) im Versuchsjahr 2015 (gepoolte Daten aller Standorte, $\bar{x} \pm SE$)	46
Abb. 17: Befall ($\bar{x} \pm SD$) der Pflanzen mit Adulten (dunkelgrau) und Eigelegen (hellgrau) zum ersten Zuflug der KMSL am a) 06.07.2015 und b) 15.06.2016 (verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen Adulten/Blatt (Kleinbuchstaben) und Eigelegen/Blatt (Großbuchstaben), Tukey's post-hoc Test, $p \leq 0,05$)	49
Abb. 18: Befall ($\bar{x} \pm SD$) von Rosenkohl mit KMSL-Larven am a) 28.10.2015 und b) 11.10.2016 (verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, Tukey's post-hoc Test, $p \leq 0,05$)	50
Abb. 19: Blattflächenindex ($\bar{x}$) der Rosenkohlbestände in Lebendmulchsystemen und Reinkultur während des Kulturverlaufs im Versuchsjahr 2015 (Fehlerbalken zeigen	

HSD nach Tukey, dargestellt nur bei signifikanten Unterschieden zwischen den Varianten, Tukey's post-hoc Test, $p \leq 0,05$)	52
Abb. 20: Blattflächenindex ($\bar{x}$) der Rosenkohlbestände in Lebendmulchsystemen und Reinkultur während des Kulturverlaufs im Versuchsjahr 2016 (Fehlerbalken zeigen HSD nach Tukey, dargestellt nur bei signifikanten Unterschieden zwischen den Varianten, Tukey's post-hoc Test, $p \leq 0,05$)	53
Abb. 21: Befall mit der Kohlmottenschildlaus (graue Balken) und Verschmutzung der Rosenkohlpflanzen ($\bar{x} \pm SD$) bei verschiedenen a) Pflanzterminen (Termin 1: 05.05.2014, Termin 2: 26.05.2014, Termin 3: 16.06.2014) und b) Kulturschutznetz-Auflagezeiträumen (Netz kurz: 8 Wochen, Netz lang: 15 Wochen), verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen dem Larvenbefall (Kleinbuchstaben) und den Verschmutzungsgraden (Großbuchstaben), Tukey's post-hoc Test, $p \leq 0,05$)	58
Abb. 22: Anteil vermarktbare (grün) und verschmutzter (grau) Röschen (%) am Gesamt-Bruttoertrag (Termin 1: 05.05.2014, Termin 2: 26.05.2014, Termin 3: 16.06.2014; verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, Tukey's post-hoc Test, $p \leq 0,05$)	59
Abb. 23: Gesamt-Bruttoertrag ($\bar{x} \pm SD$) des Rosenkohls ($n = 10$) in dt/ha und Abweichung (%) vom praxisüblichen Pflanztermin (Termin 1: 05.05.2014, Termin 2: 26.05.2014, Termin 3: 16.06.2014; verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, Tukey's post-hoc Test, $p \leq 0,05$)	59
Abb. 24: Anteil vermarktbare (grün) und verschmutzter (grau) Röschen (%) am Gesamt-Bruttoertrag nach Auflagezeiträumen (Netz kurz: 8 Wochen, Netz lang: 15 Wochen), verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, Tukey's post-hoc Test, $p \leq 0,05$)	60
Abb. 25: Gesamt-Bruttoertrag ($\bar{x} \pm SD$) des Rosenkohls ($n = 10$) in dt/ha und Abweichung (%) von der Kontrolle (Netz kurz: 8 Wochen, Netz lang: 15 Wochen), verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, Tukey's post-hoc Test, $p \leq 0,05$)	60
Abb. 26: Wirkungsgrad der Pflanzenschutzmaßnahmen nach Abbott (%) und Qualitätsbeurteilung der Rosenkohlpflanzen nach Boniturnoten 1 - 5 in 2015 (verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Wirkungs- (Kleinbuchstaben) und Verschmutzungsgraden (Großbuchstaben), Tukey's post-hoc Test, $p \leq 0,05$)	61
Abb. 27: Wirkungsgrad der Pflanzenschutzmaßnahmen nach Abbott (%) und Qualitätsbeurteilung der Rosenkohlpflanzen nach Boniturnoten 1-5 in 2016 (verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Wirkungs- (Kleinbuchstaben) und Verschmutzungsgraden (Großbuchstaben), Tukey's post-hoc Test, $p \leq 0,05$)	63
Abb. 28: Vertikale Verteilung der KMSL-Entwicklungsstadien an der Rosenkohlpflanze (Sorte: 'Cronus F1') und Identifizierung der Zielflächen für die Applikation von Kontaktinsektiziden (L1: jüngstes Larvenstadium, L2+: ältere, immobile Larvenstadien einschließlich Puparien)	64
Abb. 29: Sortenspezifische Blattmorphologie von Rosenkohl: Anteile der Kategorien „normaler und gedrehter Blattunterseiten“ an der Gesamtblattfläche nach Abb. 9 in der mittleren Blattebene 2	65
Abb. 30: Sortenspezifische Verteilung der immobilen KMSL-Larvenstadien an den Blattunterseiten und Blattoberseiten von Rosenkohl in der mittleren Blattebene 2	66

Abb. 31: Benetzungsgrad (%) der Blattunterseiten von Rosenkohl ($\bar{x} \pm SE$) in verschiedenen Blattebenen (obere Blattebene = a) und b), mittlere Blattebene = c) und d)) und Blattpositionen (1=Blatt zeigt in die Reihe, c) und d), 2 = Blatt zeigt in die Zwischenreihe, b) und d)) in Abhängigkeit der Rosenkohlsorten 'Crispus F1' (dunkelgrün) und 'Martinus F1' (hellgrün) sowie der Applikationstechnik

71

Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Übersicht der Versuche in AP 2	11
Tab. 2: Versuchsvarianten AP 2.1 im Projektjahr 2014	12
Tab. 3: Boniturskala zur Beurteilung der Pflanzen-Verschmutzung durch Kohlmottenschildlausbefall	12
Tab. 4: Boniturskala zur Beurteilung der Ertragsqualität und Marktfähigkeit	13
Tab. 5: Größenklassifizierung der Röschen nach UNECE Norm FFV-08 (2010)	13
Tab. 6: Übersicht der Versuche in AP 3	16
Tab. 7: Versuchsvarianten AP 3.1, Teilversuch A) im Versuchsjahr 2014	18
Tab. 8: Versuchsvarianten AP 3.1 im Versuchsjahr 2015	21
Tab. 9: Versuchsvarianten des AP 3.1 im Versuchsjahr 2016	25
Tab. 10: Zeitliche Abfolge der Maßnahmen zur Regulierung von Luzerne und Erdklee 2015 und 2016	25
Tab. 11: Versuchsvarianten im AP 3.2 des Versuchsjahres 2015	28
Tab. 12: Versuchsvarianten im AP 3.2 des Versuchsjahres 2016	30
Tab. 13: Versuchsvarianten des AP 3.3 in den Versuchsjahren 2014/2015	31
Tab. 14: Versuchsvarianten des AP 3.3. im Versuchsjahr 2016	36
Tab. 15: Versuchsvarianten des Pilotversuchs in AP 4	39
Tab. 16: Einfluss der Behandlungen auf den Schädlingsbefall, Verschmutzungsgrad Ganzpflanze, Gesamt- und Marktertrag von Rosenkohl (Mittelwerte und Standardabweichung; verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, Tukey's post-hoc Test, $p \leq 0,05$)	41
Tab. 17: Populationsentwicklung der Kohlmottenschildlaus an Winterrapspflanzen zu verschiedenen Boniturzeitpunkten im Versuchsjahr 2015 (Mittelwerte und Standardabweichung)	44
Tab. 18: Befall von Rosenkohl mit Schädlingen und Auftreten natürlicher Gegenspieler der Kohlmottenschildlaus in den Versuchsjahren 2015 (06.07.2015) und 2016 (15.06.2016). Dargestellt sind ausschließlich die dominierenden Arten (Mittelwerte, verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, Tukey's post-hoc Test, $p \leq 0,05$)	51
Tab. 19: Ertrags- und Qualitätsparameter des Rosenkohls in Abhängigkeit von Lebendmulchart und -management (Mittelwerte, verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, Tukey's post-hoc Test, $p \leq 0,05$)	57
Tab. 20: Gesamtaufwuchs (Frischmasse in dt/ha) von Rosenkohl differenziert nach den einzelnen Pflanzenorganen (Blatt, Strunk, Röschen) in Abhängigkeit ausgewählter Bekämpfungsmaßnahmen im Versuchsjahr 2015 (Mittelwerte, verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, Tukey's post-hoc Test, $p \leq 0,05$)	62
Tab. 21: Benetzungsgrad (%) der Blattunterseiten von Rosenkohl in den drei Blattebenen. Dargestellt sind Mittelwerte über die Blattpositionen 1 und 2 (1=Blatt zeigt in die Reihe, 2 = Blatt zeigt in die Zwischenreihe), verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Blattebenen, Tukey's post-hoc Test, $p \leq 0,05$	67

Tab. 22: Benetzungsgrad (%) der Blattunterseiten von Rosenkohl im Reihbereich (Blattposition 1) und Zwischenreihbereich (Blattposition 2) der drei Blattebenen (Mittelwerte, verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede ausschließlich zwischen den Blattpositionen, Tukey's post-hoc Test, $p \leq 0,05$) 69

Abkürzungsverzeichnis

°C	Grad Celsius
$\bar{x}$	Mittelwert
AP	Arbeitspaket
Appl.	Applikation
B	Breite
BS	Bekämpfungsschwelle
cm	Zentimeter
dt	Dezitonne
ELA	Easy Leaf Area
G	Gramm
Gen.	Generation
GKZ	Gartenbaukompetenzzentrum
h	Stunde
ha	Hektar
HMP	Haarmehlpellets
JKI	Julius Kühn-Institut
KAS	Kalkammonsalpeter
kg	Kilogramm
km	Kilometer
KMSL	Kohlmottenschildlaus
KST	Kalkstickstoff
L	Länge
L1	Larvenstadium 1
L2	Larvenstadium 2
l	Liter
LA	Blattfläche
LFA	Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern
m	Meter
m ²	Quadratmeter
mm	Milliliter
N	Stickstoff
N _{min}	mineralisierter Stickstoff
o.g.	oben genannt
s	Sekunde

SD	Standardabweichung
SE	Standardfehler
u.a.	unter anderem
VARI	Vegetationsindex
VG	Versuchsglied
Wdh.	Wiederholung
WG	Wirkungsgrad nach Abbott
z.T.	zum Teil

1 Einführung

1.1 Gegenstand des Vorhabens

Die Kohlmottenschildlaus (KMSL) *Aleyrodes proletella* ist seit Anfang der 2000er Jahre zunehmend zu einem Problem beim Anbau von insbesondere Rosenkohl, Wirsing und Grünkohl geworden. Bei starkem Befallsdruck wird auch der Anbau anderer *Brassica*-Arten beeinträchtigt. Besonders betroffen sind Regionen mit intensivem Rapsanbau in Nord- und Ostdeutschland sowie Regionen mit Überwinterungskohlanbau in den süd- und westdeutschen Bundesländern.

Vor dem Hintergrund sich seit Jahren ausweitender oder regional stabil bleibender Rapsanbau- und Winterkohlfelder sowie dem zu erwartenden klimatisch bedingten (Winter-)Temperaturanstieg wird sich die bereits kritische Befallssituation weiter verschärfen. Während ökologisch produzierende Betriebe mittlerweile überwiegend Abstand vom Anbau oben genannter Kulturen genommen haben, treten im konventionellen Anbau aufgrund einer unzureichenden Wirksamkeit üblicher Pflanzenschutzmaßnahmen massive Qualitäts- und Ertragseinbußen auf. Durch die Absonderung einer Wachsschicht und die Besiedlung der Blattunterseiten ist die Kohlmottenschildlaus gut vor Insektizidanwendungen geschützt. In der Praxis werden daher gegenwärtig trotz hohem Mittelaufwand nur geringe Bekämpfungserfolge erzielt. Gleichzeitig wird sowohl von Verbraucherseite (Handel) als auch von der Politik der Druck erhöht, die Gemüseerzeugung nachhaltiger zu gestalten und Rückstände von Pflanzenschutzmitteln zu reduzieren.

1.2 Ziele und Aufgabenstellung des Projektes

Seit vielen Jahren sind bundesweit bei o.g. Gemüsekulturen zusätzliche Pflanzenschutzmaßnahmen gegen die Kohlmottenschildlaus erforderlich, um die Quantität und Qualität der Ernteprodukte zu sichern. Zudem geht die Verfügbarkeit wirksamer Insektizide tendenziell zurück, bzw. sind für den ökologischen Anbau keine effektiven Mittel vorhanden.

Gesamtziel des Verbundvorhabens war die Erarbeitung und Bewertung von Bekämpfungsstrategien und Kontrollmethoden der Kohlmottenschildlaus sowie hierzu notwendiger Grundlagen für die Freilandproduktion gemüsebaulicher Kohlkulturen. Die übergeordnete Zielsetzung des vorliegenden Teilprojektes beinhaltete die Bereitstellung umfassender Strategien für die ökologische als auch konventionelle Anbaupraxis.

Die Entwicklung neuer Regulierungsansätze im Rahmen des Projektes ist insbesondere für ökologisch wirtschaftende Betriebe von außerordentlicher Bedeutung, da diese bei erfolgreicher Anwendung einen regionalen Anbau betroffener *Brassica*-Arten wieder bzw. weiterhin ermöglichen. Desweiteren erlaubt die Integration der ökologischen Strategien in konventionelle Anbauverfahren, sofern pflanzenbaulich praktikabel und ökonomisch vertretbar, in Kombination mit der Optimierung des Insektizideinsatzes eine effizientere Bekämpfung der

Kohlmottenschildlaus. Als Konsequenz ergäben sich neben der schädlingsspezifischen Bekämpfung ein auf das notwendige Maß reduzierter Insektizideinsatz und damit eine Vermeidung unnötiger Pflanzenschutzmittelrückstände. Hierdurch soll insbesondere die Nachhaltigkeit bereits existierender Anbauverfahren deutlich gesteigert werden.

Das hier beschriebene Vorhaben hatte sich deshalb folgende Arbeitsziele gesetzt:

- Entwicklung neuer Bekämpfungsansätze der Kohlmottenschildlaus und Optimierung der chemischen Bekämpfung inklusive der Erarbeitung der dafür notwendigen Grundlagen
- Zusammenführung eigener und aus Partnerprojekten stammender Ergebnisse und Bewertung der Erfolgsaussichten einzelner Bekämpfungsansätze unter Praxisbedingungen
- (Pflanzenbauliche) Anpassung ausgewählter Ansätze an die Erfordernisse existierender Anbauverfahren und Kombination umfassender Strategien

1.3 Planung und Ablauf des Projektes

Seit 2007 wurden an der Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern (LFA MV) Feldversuche zur Populationsdynamik und Bekämpfung der Kohlmottenschildlaus durchgeführt. Im Fokus standen dabei die Themen Überwinterung und Migrationsverhalten des Schädlings, Verteilung im Bestand und an der Pflanze, Wirksamkeit chemischer Pflanzenschutzmittel und Sortenanfälligkeit. An bereits gewonnene Erkenntnisse und Erfahrungen wurde mit diesem Forschungsvorhaben unmittelbar angeknüpft.

Das Projekt war in fünf Arbeitspakete (AP) gegliedert. Neben der projektbegleitenden Literaturrecherche (AP 1) und der Berichterstattung (AP 5) waren drei aufeinander aufbauende Module vorgesehen, welche sich zeitlich partiell überlappten:

- Erarbeitung von Grundlagen zur Populationsdynamik, zu Befalls-/Verlustrelationen und Bekämpfungsschwellen für die Entwicklung neuer Bekämpfungsverfahren (AP 2)
- Entwicklung neuer Bekämpfungsverfahren zur Regulation der Kohlmottenschildlaus, inkl. „Proof of Principle“ (AP 3)
- Integration neuer Bekämpfungsverfahren in bestehende ökologische und konventionelle Anbauverfahren der Praxis (AP 4)

Vorarbeiten Dem eigentlichen Versuchsbeginn waren die Auswertung der Literatur, die Versuchsplanung und die Beschaffung des erforderlichen Versuchsmaterials vorausgegangen. Desweiteren fand die erste Kontaktaufnahme u.a. zu beteiligten Praxisbetrieben (Tuinier Hofman Gemüsebau KG, Landwirtschaftliches Unternehmen Sarmstorf e.G.), der Universität Rostock, dem Netzwerk der Norddeutschen Kooperation im Gartenbau und den anderen Projektpartnern des Verbundvorhabens statt. Die Grundlagen für die Entwicklung neuer

Bekämpfungsverfahren (AP 2) wurden in Kooperation mit dem Teilprojekt „Integrierte Bekämpfung der Kohlmottenschildlaus an Gemüsekohlarten“ (2812NA020) des Julius Kühn-Instituts (JKI) Braunschweig erarbeitet. Die Festlegung eines für alle beteiligten Projektpartner einheitlichen Boniturverfahrens zur Quantifizierung des Schädlingsbefalls erfolgte im Rahmen eines im ersten Quartal stattfindenden Treffens. Hierbei wurden gleichzeitig auch alle weiteren zentralen Fragen zur Versuchsdurchführung der Themengebiete Bekämpfungsschwellen, Populationsdynamik und Befalls-/Verlustrelationen abgestimmt.

Versuche 2014 Nach einer kurzen Phase der Literaturrecherche (AP 1), welche der Aktualisierung des Wissenstandes diene, wurden in Zusammenarbeit mit dem JKI Braunschweig Informationen zu bekämpfungsrelevanten Grundlagen (AP 2) erarbeitet. Weiteres Ziel im ersten Versuchsjahr war die Überprüfung neuer Ansätze zur Regulierung der Kohlmottenschildlaus hinsichtlich Wirksamkeit und pflanzenbaulicher Umsetzbarkeit („Proof of Principle“).

Folgende Versuche wurden im ersten Versuchsjahr angelegt:

Erarbeitung notwendiger Grundlagen zur Entwicklung neuer Bekämpfungsverfahren (AP 2)

1. Versuch zu Bekämpfungsschwellen
2. Demonstrationsversuch zu Bekämpfungsschwellen im Praxisbetrieb Tuinier Hofman Gemüsebau KG
3. Monitoring des Migrationsverhaltens der Kohlmottenschildlaus
4. *Entwicklung eines einheitlichen Boniturschemas*

Entwicklung neuer Bekämpfungsverfahren, inkl. „Proof of Principle“ (AP 3)

5. Tastversuch zum Lebendmulchverfahren: Wirksamkeit
6. Tastversuch zum Lebendmulchverfahren: Konkurrenzminimierung
7. Versuch zur Terminierung von Kultur- und Regulierungsmaßnahmen
8. Versuch zur Optimierung der Pflanzenschutzmittelapplikation
9. *Konzepterarbeitung zur „Offenen Nützlingszucht“*
10. Versuch zur „Offenen Nützlingszucht“

Versuche 2015 Ziel des zweiten Versuchsjahres war vorrangig die fortlaufende Überprüfung und Weiterentwicklung der im Versuchsjahr 2014 untersuchten Verfahren zur Bekämpfung der Kohlmottenschildlaus. Die notwendigen Grundlagen für die Entwicklung neuer Bekämpfungsverfahren (AP 2) wurden erarbeitet und evaluiert, eine Wiederholung der Feldversuche zur Thematik Bekämpfungsschwellen fand nicht statt. Dieses Thema war Schwerpunkt des Teilprojektes 28012NA020. Der Bearbeitungsfortschritt ermöglichte eine vorzeitige Beendigung und Umleitung der Kapazitäten in andere Aufgabenpakete. Ausgehend von den Erfahrungen des ersten Versuchsjahres wurden 2015 einige Versuche im AP 3 vorzeitig eingestellt, für andere Themengebiete ergaben sich durch den Erkenntnisgewinn neue Fragestellungen und

Anpassungen im Versuchsdesign. Dies erwies sich als notwendig, um die übergeordneten Ziele des Forschungsvorhabens zu erreichen und Praxistauglichkeit zu gewährleisten. Als Konsequenz konnten jedoch zu diesem Zeitpunkt noch keine belastbaren Ergebnisse erzielt werden, die einen Transfer in die gemüsebauliche Anbaupraxis in Form von Praxisversuchen erlaubt hätten. Detailliertere Erläuterungen sind im Weiteren unter Punkt 7 zu finden.

Folgende Versuche wurden im zweiten Versuchsjahr durchgeführt:

Erarbeitung notwendiger Grundlagen zur Entwicklung neuer Bekämpfungsverfahren (AP 2)

1. Monitoring des Migrationsverhaltens der Kohlmottenschildlaus

Entwicklung neuer Bekämpfungsverfahren, inkl. „Proof of Principle“ (AP 3)

2. Versuch zum Lebendmulchverfahren: Wirksamkeit & Konkurrenzminimierung
3. Versuch zur Optimierung der Pflanzenschutzmittelapplikationstechnik
4. Screening zur Optimierung der Pflanzenschutzmittelapplikationstechnik: Sortenspezifität
5. Versuch zur Integrierten Bekämpfung: Insektizide & Kulturschutznetze

Versuche 2016 Im Fokus des dritten Versuchsjahres stand laut Arbeitsplan die Zusammenführung der im Verbundprojekt erarbeiteten Regulationsverfahren zu einem praxisgerechten Anbauverfahren (AP 4). Neben der Demonstration von innovativen Bekämpfungsansätzen aus dem projekteigenen AP 3 war es vorgesehen, erfolgsversprechende Maßnahmen aus den anderen Teilprojekten „Neue Ansätze zur Bekämpfung der Kohlmottenschildlaus (*Aleyrodes proletella*) einem Problemschädling im Kohlanbau“ (2812NA022) und „Förderung der funktionellen Biodiversität zur Bekämpfung der Kohlmottenschildlaus“ (2812NA016) in praxisgerechte konventionelle bzw. ökologische Bekämpfungsstrategien miteinzubinden. Diese neuen Bekämpfungs-, bzw. Anbauverfahren sollten im Anschluss in Feld- und Praxisversuchen hinsichtlich ihrer Praxistauglichkeit evaluiert werden.

Die genannten Ziele konnten insbesondere aus Zeitgründen nicht bzw. nur sehr begrenzt umgesetzt werden. Die Integration der in Feldversuchen bereits erfolgreich getesteten Bekämpfungsstrategien in bestehende Anbauverfahren und deren Skalierung auf Betriebsebene wäre hierbei maßgeblich mit qualitativen und quantitativen Anpassungen verbunden gewesen. Eine angemessene Bewertung des Forschungs-Praxis-Transfers war zu diesem Zeitpunkt aufgrund fehlender Erfahrungswerte und den damit verbundenen Unwägbarkeiten für ökologische und konventionell wirtschaftende Betriebe nicht durchführbar. Um den Anforderungen des Vorhabens dennoch gerecht zu werden, haben sich die Projektbeteiligten bei einem Treffen im ersten Quartal 2016 darauf verständigt, einen gemeinsamen Pilotversuch zur Ermittlung einer optimierten Bekämpfungsstrategie für die Kohlmottenschildlaus im ökologischen und integrierten Rosenkohlanbau anzulegen. Die erfolgsversprechendsten Regulierungsmaßnahmen der einzelnen Teilprojekte sind dabei zu Bekämpfungsstrategien

kombiniert und an verschiedenen Standorten in Demonstrationsversuchen untersucht worden. Genauere Informationen hierzu sind Abschnitt 3.3 zu entnehmen.

Folgende Versuche wurden im dritten Versuchsjahr angelegt:

Erarbeitung notwendiger Grundlagen zur Entwicklung neuer Bekämpfungsverfahren (AP 2)

1. Monitoring des Migrationsverhaltens der Kohlmottenschildlaus

Entwicklung neuer Bekämpfungsverfahren, inkl. „Proof of Principle“ (AP 3)

2. Versuch zum Lebendmulchverfahren: Wirksamkeit & Konkurrenzminimierung
3. Demonstrationsversuch zur Optimierung der Pflanzenschutzmittelapplikationstechnik
4. Satellitenversuch zum Wirkungsgrad ausgewählter Kontaktinsektizide an Rosenkohl
5. Versuch zur Integrierten Bekämpfung: Insektizide & Kulturschutznetze

Integration neuer Bekämpfungsverfahren in Anbauverfahren der Praxis

6. Pilotstudie zur Ermittlung einer optimierten Bekämpfungsstrategie im ökologischen und integrierten Rosenkohlanbau

Der zeitliche Ablauf der Versuche ist in Abb. 1 dargestellt. Detailliertere Beschreibungen der Versuche befinden sich unter Punkt 3.

	2014	2015	2016
	IV V VI VII VIII IX X	IV V VI VII VIII IX X	IV V VI VII VIII IX X
Bekämpfungsschwellen	■■■■■■■■■■		
Monitoring Migration	■■■■■■■■■■	■■■■■■■■■■	■■■■■■■■■■
Lebendmulchverfahren	■■■■■■■■■■	■■■■■■■■■■	■■■■■■■■■■
Maßnahmenterminierung	■■■■■■■■■■		
Integrierte Bekämpfung		■■■■■■■■■■	■■■■■■■■■■
Applikationstechnik	■■■■■■■■■■	■■■■■■■■■■	■■■■■■■■■■
Wirkung Kontaktmittel			■■■■■■■■■■
Offene Nützlingszucht	■■■■■■■■■■		
Pilotstudie			■■■■■■■■■■

Abb. 1: Zeitlicher Verlauf durchgeführter Versuche im Projekt

2 Wissenschaftlicher und technischer Stand des Wissens

Die Kohlmottenschildlaus (*Aleyrodes proletella*) ist seit einigen Jahren zu einem Problemschädling beim Anbau von Gemüsekohlkulturen geworden. Obwohl schon länger im mitteleuropäischen Raum verbreitet, scheinen erst die Intensivierung des Rapsanbaus und unter Umständen auch die sich abzeichnende Klimaerwärmung ein Massenaufreten des Schädlings zu bedingen. In den entsprechenden Regionen wird das Auftreten der Kohlmottenschildlaus zunehmend zu einem Problem, welches insbesondere den ökologischen aber auch den konventionellen Anbau von vor allem Rosenkohl, Wirsing und Grünkohl massiv gefährdet. Auch andere Kohlkulturen, wie Kohlrabi, Blumenkohl und Brokkoli werden bei sehr starkem Befallsdruck beeinträchtigt. Betroffen sind insbesondere Gebiete mit großflächigem Rapsanbau (Nord- und Ostdeutschland) sowie mit Überwinterungskohlanbau im Süden und Westen Deutschlands. Während im konventionellen Anbau massive Qualitäts- und Ertrags- einbußen zu verzeichnen sind, nehmen zahlreiche Biobetriebe mittlerweile Abstand vom Anbau der genannten Problemkulturen.

Kenntnisstand zur Biologie

Die Mottenschildläuse (Aleyrodidae) gehören innerhalb der Gleichflügler (Homoptera) in die Unterordnung Pflanzenläuse (Sternorrhyncha). Deren gemeinsames Merkmal ist ein nach hinten verschobener Saugrüssel mit dessen Hilfe sie Phloem- oder Zellsaft saugen. Da das Verhältnis von Aminosäuren und Zucker im Phloemsaft nicht ihren physiologischen Erfordernissen entspricht, muss überschüssige Zuckerlösung ausgeschieden werden. Das auch bei den nah verwandten Blattläusen zu beobachtende Phänomen führt zur Verschmutzung darunter befindlicher Pflanzenteile mit der ausgeschiedenen Zuckerlösung, dem so genannten Honigtau. Sekundär siedeln sich auf diesem zuckerhaltigen Belag Schwärze- und Rußtaupilze an, welche den Verschmutzungseffekt verstärken. Mottenschildläuse schädigen daher ihre Wirtspflanzen nicht nur durch Assimilatentzug, sondern mindern auch die Photosyntheseleistung durch die Verschmutzung der Blattoberflächen. Zudem sind Mottenschildläuse als Überträger zahlreicher Viren auf Kulturpflanzen bekannt (JONES, 2003). Die Kohlmottenschildlaus ist eine nahezu weltweit verbreitete Mottenschildlaus, welche in Mitteleuropa außer an Kulturpflanzen bevorzugt an Schöllkraut zu finden ist (MARTIN et al. 2000, KLASA, 2011). Ihre Größe beträgt zwischen 1,5 und 2,0 mm. Die geflügelten Imagines sind mit weißem, mehlartigem Wachsstaub gepudert. Daher werden sie umgangssprachlich, wie auch andere Mottenschildläuse, als „Weiße Fliegen“ bezeichnet. Die Kohlmottenschildlaus zeichnet sich durch breite Flügel und dunkle Flecken auf dem hinteren Teil der Flügel aus. Die Entwicklungsdauer ist temperaturabhängig und beträgt zwischen 3 und 6 Wochen wobei zwischen 4 und 5 Generationen pro Jahr durchlaufen werden. Die Überwinterung erfolgt in gemäßigten Klimaten als adultes Weibchen. Der Kenntnisstand zur Biologie der Kohlmottenschildlaus ist darüber

hinaus gering. Im Zusammenhang mit der Rolle als Schädling fehlen insbesondere Informationen zum Vermehrungspotenzial, dem Wirtswahlverhalten, den Habitatansprüchen und dem Ausbreitungsvermögen. Für die Regulation der Kohlmottenschildlaus in Kohlgemüse ist insbesondere die Migration von Winterwirten wie Raps und Winterkohl zu neu gepflanzten Gemüsekohlfeldern von Interesse.

Aspekte zur chemischen Bekämpfung

Die verborgene Lebensweise des Schädlings, welcher sich überwiegend blattunterseits aufhält, bewirkt in Kombination mit der Schutzwirkung der Wachsauscheidungen eine geringe Wirksamkeit der zugelassenen Insektizide. Dies ist in Versuchen an der LFA in Gülzow sowie am JKI in Braunschweig wiederholt gezeigt worden. Insbesondere nichtsystemische Insektizide müssen, um den Schädling zu erreichen, mit spezieller Applikationstechnik an die Blattunterseiten gebracht werden. In eigenen Versuchen konnte bisher jedoch keine Wirksamkeitssteigerung durch derartige Technik belegt werden. Entsprechend belegen Rückmeldungen aus der Praxis über die Unzulänglichkeit der gebräuchlichen Pflanzenschutzmaßnahmen einen hohen Bedarf an neuen oder verbesserten Regulationsmechanismen. Noch stärker eingeschränkt sind die Möglichkeiten im ökologischen Anbau. Die einsetzbaren Produkte basieren auf den Wirkstoffen Rapsöl, Kaliseife, Pyrethrine + Rapsöl oder dem Neemwirkstoff Azadirachtin A. Bei diesen überwiegend auf Kontaktwirkung basierenden Pflanzenschutzmitteln besteht wie bei allen nicht- oder lediglich xylemsystemischen Insektiziden das Problem der Erreichbarkeit des Schädlings. Die nur bei schwachem Befall und noch jungen Pflanzen ausreichend wirkenden Mittel (WYSS & DANIEL, 2002; WYSS et al., 2003; LWG, 2009) sind deutlich teurer als synthetische Pflanzenschutzmittel und müssen aufgrund ihrer kurzen Wirkungsdauer zudem deutlich häufiger angewendet werden. Für die mit Pyrethrinen eng verwandten Pyrethroide wurden in England bereits Resistenzen der Kohlmottenschildlaus nachgewiesen (SPRINGATE & COLVIN, 2011). Aufgrund des intensiven Einsatzes von Pyrethroiden im Raps gegen Rüsselkäfer und Rapsglanzkäfer, können sich solche Resistenzen auch in Deutschland entwickeln und das Bekämpfungspotenzial weiter einschränken.

Alternative Ansätze

Alternative Pflanzenschutzmaßnahmen zur Regulation der Weißen Fliege sind bisher wenig untersucht worden. Sie beschränken sich überwiegend auf den Einsatz feinmaschiger Kulturschutznetze und das Ausbringen von Parasitoiden (Schlupfwespe, *Encarsia tricolor*) und Prädatoren (Bogenmarienkäfer, *Clitostethus arcuatus*) der Weißen Fliege (SCHMALSTIEG et al., 2010; LIEBIG, 2010; SAUCKE et al., 2011). Der Einsatz von Kulturschutznetzen ist sehr kostenintensiv und arbeitsaufwändig und als alleiniger Baustein einer Regulationsstrategie nicht hinreichend wirksam. Probleme bereitet die Besiedlung der Pflanzenbestände durch die

Kohlmottenschildlaus beim Abdecken zur Unkrautbekämpfung und Düngung. Der für eine ausreichende Regulation der Kohlmottenschildlaus notwendige wiederholte Einsatz von Nützlingen ist bei großflächiger Anwendung in der Praxis ökonomisch nicht vertretbar. Dementsprechend wurde mangels Bedarf die Zucht dieser Nützlinge eingestellt (KATZ, pers. Mitt.). Eine Untersaat im Zwischenreihenbereich von Gemüsekulturen wird als Lebendmulch bezeichnet. Lebendmulche haben vielfältige Funktionen. Neben dem Schutz des Bodens, der Unkrautunterdrückung und der Erhöhung der Biodiversität ist mehrfach ihre schädlingsregulierende Wirkung nachgewiesen worden (ADAMCZEWSKA-SOWIŃSKA et al., 2009). Der positive Effekt der Lebendmulche auf das Schaderregeraufkommen ist zu einem wesentlichen Teil mit der einhergehenden Strukturveränderung zu erklären, welche dazu führt, dass Schädlinge beim Erkennen und Auffinden von Wirtspflanzen beeinträchtigt werden (HOOKS et al., 1998, WNUK, 1998). Durch das Nebeneinander von Mulch- und Kulturpflanzen erhöht sich der Suchaufwand für Schädlinge. Zudem erschwert das Fehlen der Kontraste zwischen Kulturpflanze und Boden ein Auffinden der Wirtspflanze. So wurde ein deutlicher Effekt auf den Blattlausbefall bei Brokkoli und Weißkohl durch Lebendmulche mit Weißklee oder Erdbeerklee nachgewiesen (COSTELLO, 1994, COSTELLO & ALTIERI, 1995, LEHMHUS et al., 1996 & 1999). Ein Thripsbefall an Lauch (WEBER et al., 1999, LEGUTOWSKA & KUCHARCZYK, 2000) und der Befall mit Erdflöhen bei Brokkoli (HOOKS & JOHNSON, 2003, GARCIA & ALTIERI, 1992) konnte ebenfalls durch das Lebendmulchverfahren minimiert werden. HOOKS et al. (1998) berichten, dass der Befall und der Schaden durch Blattläuse und die Baumwollmottenschildlaus (*Bemisia tabaci*) an Zucchini durch Untersaat von Buchweizen und Gelbsef reduziert wurde. Dies unterstützen auch eigene Beobachtungen an der LFA von 2011 an Brokkoli, wonach der Befall mit der Kohlmottenschildlaus bei Untersaat mit Erdbeer- oder Perserklee um mehr als 90 % reduziert werden konnte. Ein zusätzlicher Effekt von Untersaaten auf den Schädlingsbefall besteht in der Förderung von Nützlingen wie Laufkäfer und Spinnen (RIECHERT & BISHOP, 1990). Eigene Beobachtungen der LFA zeigten einen deutlich positiven Effekt von Untersaaten in Brokkoli auf das Aufkommen von Larven der Schwebfliege. Diese gilt als potenzieller Antagonist der Kohlmottenschildlaus. Den positiven Effekten einer Untersaat steht das Risiko von Ertragsdepressionen durch Konkurrenz um Wachstumsfaktoren (Wasser, Nährstoffe, Licht) gegenüber (GULDAN et al., 1998, BAUMANN et al., 2000; CARRUTHERS et al., 2000). Diesem negativen Aspekt kann mit einer Anpassung des Anbauverfahrens entgegen gewirkt werden. Hierzu können eine gut terminierte und platzierte Düngerausbringung, eine angepasste Bewässerungsstrategie, regelmäßiges Abmulchen der Untersaaten sowie die richtige Wahl der Untersaatenart und -sorte beitragen (BRANDSÆTER & NETLAND, 1999, HOOKS & JOHNSON, 2003, REDFEARN et al., 1999). Ein Lebendmulchverfahren bei Rosenkohl mit dem Ziel die Kohlmottenschildlaus zu regulieren, ist bisher noch nicht beschrieben.

Geflügelte, adulte Weiße Fliegen sind in der Lage große Strecken zurückzulegen (MATSUURA & HOSHINO, 2008). Literaturangaben speziell zur Kohlmottenschildlaus liegen nicht vor. Auch zur zeitlichen Dynamik der Migration ist bisher nichts bekannt. Für Norddeutschland und andere Rapsanbaugebiete wird angenommen, dass der Zuflug aus den abreifenden Rapsbeständen in die Kohlkulturen erfolgt (RICHTER, pers. Mitt.). Wie lang dieser anhält, ob Unkräuter eine weitere Infektionsquelle darstellen und wie die Entwicklung der Kohlmottenschildlaus im Raps durch Witterung und Pflanzenschutzmaßnahmen beeinflusst wird, sind bisher weitgehend unerforscht. Die Auswertung mehrjähriger Versuche an der LFA zur Kohlmottenschildlaus zeigt jedoch, dass der Zeitpunkt der Pflanzung eines Kohlbestandes und damit die Etablierung des Schädlings in diesem, Einfluss auf die weitere Befallsentwicklung und letztendlich auf die Vermarktbarkeit des Ernteprodukts haben.

Zur Wirksamkeit von Pflanzenschutzmitteln gegen die Kohlmottenschildlaus existiert eine Reihe von Forschungsarbeiten (THOMPSON & GOODWIN, 1983; TRDAN et al., 2003; WYSS et al., 2003; KRAUS & SAUER, 2009). Im Rahmen des Arbeitskreises Lückenindikation wurden in den letzten Jahren vermehrt Versuche zur chemischen Bekämpfung der Kohlmottenschildlaus durchgeführt. Das einzige in den Versuchen hochwirksame Pflanzenschutzmittel Movento war zu diesem Zeitpunkt noch nicht in Deutschland zugelassen. Andere zugelassene Insektizide erreichen Wirkungsgrade von nur bis zu 60 %. Für eine hinreichende Bekämpfung der Kohlmottenschildlaus sind daher intensive und langanhaltende Spritzfolgen notwendig. Ein anderer, technischer Ansatz die Erreichbarkeit der Kohlmottenschildlaus zu erhöhen, ist die Verwendung sogenannter Droplegs (nach oben gebogene Spritzbeine). Hierzu existieren widersprüchliche Erfahrungen und Ergebnisse (WELCHES & LAUN, 2010; eigene Versuche). Neue Erkenntnisse zum Einfluss des Applikationstermins, der Wasseraufwandmenge und von Additiven sollen einen wesentlichen Beitrag zur Verbesserung dieser grundsätzlich erfolgversprechenden Applikationstechnik leisten.

Der Einsatz der Schlupfwespe *Encarsia tricolor* gegen die Kohlmottenschildlaus wurde bereits in einem BLE-Projekt (SCHULTZ et al., 2009, BMELV-FKZ: 06OE339) sowie von diversen Pflanzenschutzdiensten (PSD Rostock, Schmidt; PSD Berlin, Schmalstieg) erprobt. Obwohl teilweise deutliche Bekämpfungserfolge erzielt werden konnten, rechtfertigte die Wirksamkeit der Methode nicht die hohen Kosten der Nützlingsausbringung. Eine Etablierung dieser Regulationsstrategie in der Praxis erfolgte daher nicht. Ein großes Problem beim Einsatz von Parasitoiden besteht in der frühzeitigen Etablierung einer ausreichend großen Nützlingspopulation. Bei der Bekämpfung von Blattläusen in der Unterglasproduktion von Gemüse und Zierpflanzen hat sich hierzu ein System der „Offenen Zucht“ von Parasitoiden an alternativen Wirten wie Getreideblattläusen durchgesetzt (RICHTER, 2009). Weder in der nationalen noch in der internationalen Literatur sind Untersuchungen zu einem vergleichbaren System in Kohlkulturen beschrieben.

3 Material und Methoden

3.1 Witterungsverlauf 2014 - 2016

Die mittleren monatlichen Niederschläge und Temperaturen am Standort Gülzow für die Projektjahre 2014 - 2016 sind in Abb. 2 und 3 dargestellt. Die mittlere Jahrestemperatur (bodennahe Lufttemperatur) betrug 10,8 °C im Jahr 2014, 10,8 °C im Jahr 2015 und 10,0 °C im Jahr 2016. Deutlichere Differenzen mit stärkeren Abweichungen vom langjährigen Mittel ergaben sich für die Jahresmittel der Niederschlagsmenge. Im ersten Projektjahr wurden 522 mm gemessen, während 2015 mit 619 mm eine überdurchschnittliche Jahresniederschlagsmenge verzeichnet wurde. Im letzten Projektjahr belief sich der Jahresniederschlag auf lediglich 471 mm.

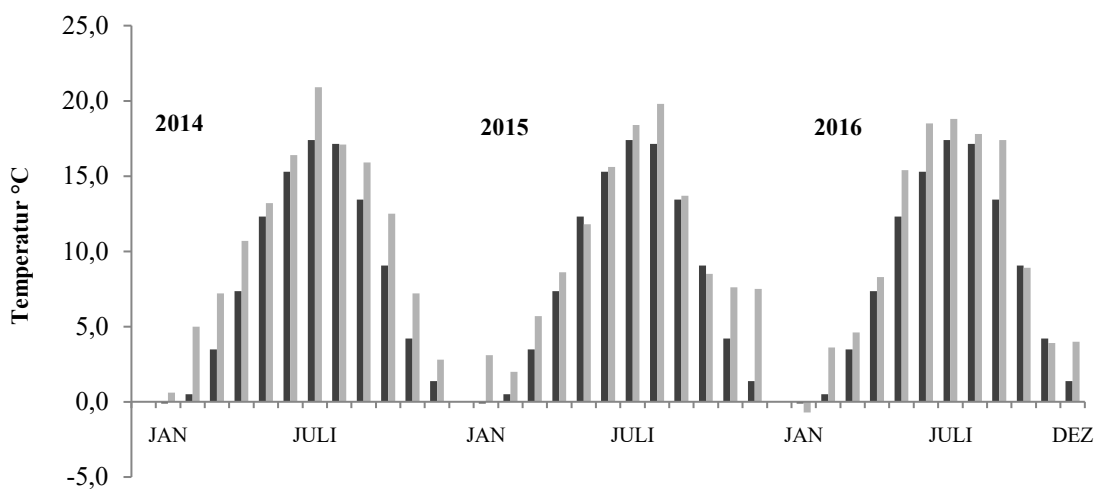


Abb. 2: Monatsmittel der bodennahen Lufttemperatur (graue Balken) am Standort Gülzow für die Jahre 2014 - 2016 im Vergleich zum langjährigen Mittel (schwarze Balken)

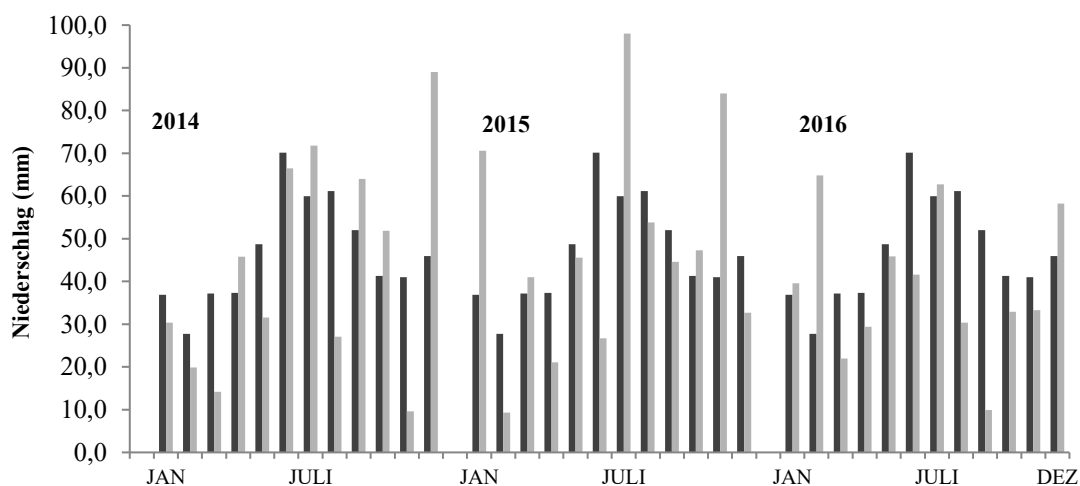


Abb. 3: Monatsmittel der Niederschlagsmenge (graue Balken) am Standort Gülzow für die Projektjahre 2014 - 2016 im Vergleich zum langjährigen Mittel (schwarze Balken)

3.2 Erarbeitung bekämpfungsrelevanter Grundlagen (AP 2)

Die Schwerpunkte des Arbeitspaketes bildeten Untersuchungen zur Ermittlung von Bekämpfungsschwellen (AP 2.1) für die Kohlmottenschildlaus an der Modellkultur Rosenkohl (*Brassica oleracea* var. *gemmifera* DC.) sowie die Erarbeitung eines einfachen und hinreichend Boniturverfahrens (AP 2.3) zur Quantifizierung des Schädlingsbefalls in Kooperation mit dem JKI Braunschweig. Desweiteren wurde ein quantitatives Monitoring zur Populationsdynamik und zum Migrationsverhalten der Kohlmottenschildlaus (AP 2.2) durchgeführt. Eine Auflistung der innerhalb dieses Arbeitspaketes durchgeführten Versuche befindet sich in Tabelle 1.

Tab. 1: Übersicht der Versuche in AP 2

Bezeichnung	Abk.	Zeitraum	Art der Untersuchung
<i>Geplante Versuche laut Projektantrag</i>			
Bekämpfungsschwellen	AP 2.1	V–X 2014	Feld- und Demoversuch - GKZ + Praxisbetrieb
Monitoring Migration	AP 2.2	IV–VIII 2014 VI–IX 2015 V–VI 2016	quantitatives Monitoring - Winterrapsflächen in MV
Boniturverfahren	AP 2.3	IV–V 2014	Evaluierung anhand 2014 erhobener Befalls- und Ertragsdaten

3.2.1 Bekämpfungsschwellen (AP 2.1)

Zur Bestimmung von Bekämpfungsschwellen (BS) für die Kohlmottenschildlaus *A. proletella* an Rosenkohl wurde 2014 auf dem Versuchsfeld des GKZ ein Feldversuch (randomisierte vollständige Blockanlage, 4 Wdh.) und im Praxisbetrieb Tuinier Hofman ein Demonstrationsversuch (ohne Wdh.) angelegt. Letzterer konnte aufgrund von Fehlern bei der Versuchsdurchführung nicht ausgewertet werden, weshalb im Folgenden auf eine weitere Darstellung verzichtet wird.

Im Rahmen eines Abstimmungsgesprächs mit dem Projektpartner JKI Braunschweig am 20.03.2014 in Gülzow wurde entschieden, die Anzahl der am GKZ zu untersuchenden Befallsintensitäten von den im Projektantrag geplanten fünf auf zwei zu reduzieren. Neben der unbehandelten Kontrolle wurden unter Verwendung des systemischen Pflanzenschutzmittels Movento OD zwei Befallsintensitäten von 25 % und 50 % mit Larven befallener Rosenkohlpflanzen untersucht. Eine weitere Variante bestand in der betriebsüblichen Behandlung befallener Pflanzen mit praxisüblichen Pflanzenschutzmittel-Kombinationen unter Berücksichtigung gesetzlicher Anwendungsbestimmungen (Tab. 2).

Tab. 2: Versuchsvarianten AP 2.1 im Projektjahr 2014

VG	Bezeichnung	Behandlung	Anwendungszeitpunkt	Datum
1	Kontrolle	unbehandelt		
2	Betriebsroutine	Karate Zeon (0,075 l/ha) + Perfekthion (0,6 l/ha)	- Beginn Zuflug Adulte	13.06.
		Teppeki (0,16 kg/ha) + Movento OD (0,48 l/ha)	- nach erster Eiablage - nach Schlupf der 2. Gen.	18.06. 31.07.
		Calypso (0,2 l/ha) + Break Thru (0,2 l/ha)	- anschließend der o.g. Behandlungen unter VG 2	11.09.
3	BS - 25 %	Movento OD (0,48 l/ha)	- Beginn Eiablage - bei Erreichen der BS 25%	18.06. 03.07./15.08./ 11.09.
4	BS - 50 %	Movento OD (0,48 l/ha)	- Beginn Eiablage - bei Erreichen der BS 50%	18.06. 03.07./15.08/ 11.09.

Die Pflanzung erfolgte am 20.05.2014 (Sorte: 'Cronus F1', Syngenta, ungebeizt), wobei die Pflanzdichte 35.000 Pflanzen/ha (50 x 57 cm) und die Parzellengröße 12 m² (8 x 1,5 m) betrug. Bei der Nährstoffversorgung wurde der N_{min}-Gehalt des Bodens zur Pflanzung (61 kg N/ha in 0-60 cm Bodentiefe) und ein N-Sollwert von 300 kg N/ha berücksichtigt. Die N-Gabe erfolgte geteilt in zwei Gaben: 1. Gabe vor Pflanzung mit 89 kg N/ha (KAS) am 19.05.2014 und die 2. Gabe zwei Wochen nach Pflanzung mit 150 kg N/ha (KST) am 04.06.2014. Die Befallsbonitur erfolgte ab dem 13.06.2014 14-täglich an 50 Pflanzen je Behandlung, basierend auf Ja/Nein-Entscheidungen. Anschließend wurde daraus der Anteil (%) befallener Pflanzen berechnet. Für die Ermittlung kulturspezifischer Bekämpfungsschwellen sind die Zielgrößen Verschmutzung und Ertrag der Ernteware ausschlaggebend. Daher wurden zur Ernte der Pflanzen am 13.10.2014 folgende Parameter an 10 Pflanzen/VG jeder Wiederholung erfasst: KMSL-Befall nach einheitlichem Boniturverfahren (AP 2.3), Anteil marktfähiger Ernteware (Verschmutzung), Gewicht Ernteware (dt/ha), Gewicht marktfähiger Ernteware (dt/ha). Zur Beurteilung der (in-)direkten Verschmutzung durch die Kohlmottenschildlaus wurden die Pflanzen in fünf Verschmutzungsgrade (Tab. 3) und die Röschen jeder Pflanze in drei Verschmutzungsklassen (Tab. 4) eingeteilt. Die Größenklassifizierung der Röschen erfolgte nach der UNECE-Norm für Rosenkohl FFV-08 (2010) und ist in Tabelle 5 zu finden.

Tab. 3: Boniturskala zur Beurteilung der Pflanzen-Verschmutzung durch *A. proletella*

Verschmutzungsgrad	Beschreibung
1	sauber, ohne Verschmutzung
2	leichte Verschmutzung
3	mittlere Verschmutzung
4	starke Verschmutzung
5	sehr starke Verschmutzung

Tab. 4: Boniturskala zur Beurteilung der Ertragsqualität und Marktfähigkeit

Verschmutzungs- klasse	Beschreibung	Marktfähig- keit
1	sauber, ohne Beschädigung/Deformation	✓
2	verschmutzt durch KMSL-Besatz, Honigtau oder Rußtaupilze	x
3	verschmutzt durch andere Schädlinge, Deformationen u.a. Beschädigungen der Ern- teware	x

Tab. 5: Größenklassifizierung der Röschen nach UNECE Norm FFV-08 (2010)

Größenklasse	Beschreibung	Marktfähigkeit
1	Röschen mit Durchmesser < 15 mm	x
2	Röschen mit Durchmesser 15-30 mm	✓
3	Röschen mit Durchmesser > 30 mm	✓

3.2.2 Monitoring des Migrationsverhaltens (AP 2.2)

Das Ziel des Arbeitspaketes war die Analyse der Migrationsphasen der Kohlmottenschildlaus und wie diese durch äußere Faktoren, wie beispielsweise Flächenmanagement, Pflanzenentwicklung und Erntetermin des Winterrapses, sowie Verfügbarkeit alternativer Wirtspflanzen beeinflusst werden. Zu diesem Zweck wurde ein quantitatives Monitoring in Mecklenburg-Vorpommern durchgeführt. Das Monitoring umfasste insbesondere Untersuchungen zur Populationsentwicklung der Kohlmottenschildlaus im Winterraps und zur zeitlichen Dynamik der Migration in die Gemüsekohlflächen. Ausgehend von der Zielsetzung wurden folgende Hypothesen aufgestellt und geprüft: i) Winterraps fungiert als Überwinterungshabitat, und im Frühjahr - Sommer als Vermehrungshabitat für die Kohlmottenschildlaus und ii) infolge der relativ einheitlichen Abreife der regionalen Winterrapsflächen ist die Migration der Kohlmottenschildlaus in die Gemüsekohlflächen zeitlich definiert, so dass die Anwendung von Pflanzenschutzmaßnahmen auf einen vorhersagbaren Zeitraum begrenzt werden kann.

Versuchsjahr 2014 Das Monitoring wurde im Landkreis Rostock auf vier konventionell bewirtschafteten Winterrapsschlägen (im Folgenden Sarmstorf, Gülzow_1, Gülzow_2 und Mühl Rosin genannt) von April bis Oktober 2014 durchgeführt.

Populationsentwicklung von *A. prolella* im Winterraps

Die vier Rapsbestände wurden im Zeitraum von April bis zur Ernte im Juli wöchentlich auf den Besatz mit der Kohlmottenschildlaus kontrolliert. Zu jedem Termin wurden 50 Pflanzen im April/Mai und 25 Pflanzen im Juni/Juli vollständig auf Adulte, Eigelege und Larven bonitiert. Aufgrund der zunehmenden Anzahl an Seitentrieben und Blättern musste der Bonituraufwand

im Kulturverlauf reduziert werden. Um zu überprüfen, ob die Abreife des Winterrapses einen Auslöser für die Migration der Kohlmottenschildlaus darstellt, wurde das Entwicklungsstadium der Rapsbestände unter Verwendung des BBCH-Codes nach WEBER & BLEIHOLDER (1990) erfasst. Nach der Rapserte wurde das Monitoring auf den Schlägen ‚Mühl Rosin‘ und ‚Gülzow_2‘ fortgesetzt, wobei sowohl das Nachernte-Flächenmanagement, als auch der Befall von Ausfallraps mit der Kohlmottenschildlaus im Fokus der Betrachtungen stand.

Überwachung der saisonalen Flugaktivität von *A. proletella*

Die Überwachung der Flugaktivität der Kohlmottenschildlaus erfolgte im Zeitraum von Juni bis Oktober 2014. Hierzu wurden standardisierte Fangpflanzen (*Brassica oleracea* convar. *acephala* var. *sabellica*, Sorte ‘Reflex’) als passive Fallen genutzt und in Abständen von 150 m und 250 m vom Feldrand aus in Hauptwindrichtung positioniert (Abb. 4). Die Kontrolle der Fangpflanzen auf Besatz mit Adulten und/oder Eigelegen fand wöchentlich statt. Nach jeder Bonitur wurden die alten Pflanzen verworfen und neue Fallen aufgestellt.

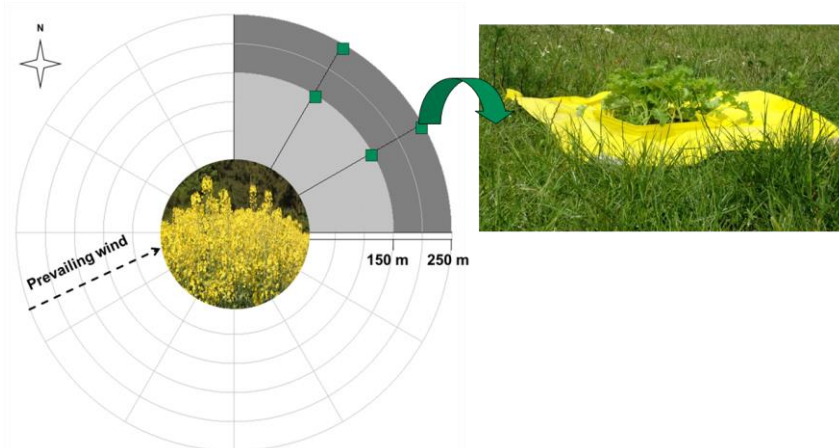


Abb. 4: Monitoring der Flugaktivität von *A. proletella* durch Positionierung von Fangpflanzen (Grünkohl) in unterschiedlichen Abständen zu Winterrapsflächen

Versuchsjahr 2015 Das Monitoring wurde im Landkreis Rostock auf vier konventionell bewirtschafteten Winterrapsschlägen (im Folgenden Sarmstorf, Gülzow, Mühl Rosin, Käselow genannt) von Juni bis September 2015 durchgeführt.

Populationsentwicklung von *A. proletella* im Winterraps

Die Vorgehensweise bzgl. der Bonituren zur Populationsentwicklung entsprach grundsätzlich der des Vorjahres. Der Untersuchungsbeginn wurde jedoch aufgrund gewonnener Erkenntnisse aus 2014 von April auf einen späteren Zeitpunkt im Juni verschoben. Desweiteren gab es Veränderungen hinsichtlich Intensität und Zielbereich der Bonituren.

Folgende Bonituren wurden an allen vier Standorten im zweiten Versuchsjahr durchgeführt:

1. 50 Pflanzen, Hauptbestand des Winterrapses – 03.06.2015 + 11.06.2015
2. 50 Pflanzen, entlang der Fahrgassen an verzögert entwickelten Rapspflanzen – 16.07.2015
3. 100 Pflanzen, Ausfallraps und Neuaustrieb der Rapsstoppeln – 01.09.2015

Um den Einfluss von Pflanzenentwicklung und Abreifeverhalten der Rapspflanzen auf die zeitliche Dynamik der Migrationsereignisse zu prüfen, wurde in Kooperation mit der Universität Rostock am 01.07.2015 nach Abreife des Hauptbestandes ein Luftbild des Standortes ‚Sarmstorf‘ mittels UAV-Drohne aufgenommen. Nach Auswertung des Bildmaterials erfolgte zur Quantifizierung des Vegetationsanteils der Fläche die Berechnung des Vegetationsindex (VARI) nach GITELSON et al. (2002).

Überwachung der saisonalen Flugaktivität von *A. proletella*

Die Überwachung der Flugaktivität unter Verwendung standardisierter Fangpflanzen fand wie im Vorjahr wöchentlich von Juni bis Oktober statt.

Versuchsjahr 2016 Infolge der starken Beeinflussung durch externe Witterungs- und Umwelteinflüsse in den letzten beiden Versuchsjahren wurde das Monitoring 2016 darauf beschränkt, lediglich den Beginn des ersten Abflugs der Kohlmottenschildlaus aus dem Winterraps mittels standardisierter Fangpflanzen zu ermitteln. Hierzu wurde eine Winterrapsfläche in Gülzow (Landkreis Rostock) ausgewählt und ab dem 24.05.2016 bis zum ersten Befall der Fangpflanzen mit Adulten und Eigelegen wöchentlich überwacht.

Datenauswertung

Zur Analyse der Daten des Monitorings wurden Verfahren der deskriptiven Statistik genutzt. Um die Populationsentwicklung der Kohlmottenschildlaus im Winterraps vor und nach der Ernte darzustellen, wurde für jeden Standort die mittlere Anzahl Larven je Pflanze berechnet und graphisch in einem Diagramm gegen die erhobenen BBCH-Entwicklungsstadien der Winterrapsbestände aufgetragen. Für die Auswertung der saisonalen Flugaktivität der Kohlmottenschildlaus wurden die Daten des Fangpflanzen-Befalls über alle Standorte eines jeden Versuchsjahres gepoolt und daraus die mittlere wöchentliche Anzahl Adulte und Eigelege je Falle kalkuliert.

3.2.3 Entwicklung eines einheitlichen Boniturverfahrens (AP 2.3)

Sowohl für die Bewertung von Regulationsmaßnahmen im Versuchswesen als auch in der Praxis sind Befallsbonituren unumgänglich. Es existiert deutschlandweit kein einheitliches Boniturschema zur Quantifizierung des KMSL-Befalls. Versuchsergebnisse sind daher nur bedingt zu vergleichen. Am JKI und am GKZ lagen aus seit 2007 laufenden Versuchen zur Kohlmottenschildlaus detaillierte Daten zur Verteilung des Befalls an der Pflanze und im Bestand vor, mit welchen unter Anwendung statistischer Methoden ein Boniturschema entwickelt

wurde. Weitere Erläuterungen finden sich im Antrag zum Teilprojekt „Integrierte Bekämpfung der Kohlmottenschildlaus an Gemüsekohlarten“ (2812NA020).

Auf Basis der vorliegenden Daten wurde für das angestrebte Boniturverfahren ermittelt

- i. ob eine ja/nein-Entscheidung möglich ist bzw. inwieweit die Anzahl der Schädlinge gezählt werden muss,
- ii. wie die Entwicklungsstadien eingegrenzt werden können (Weiße Fliegen oder Larven),
- iii. welche Pflanzenteile (gesamte Pflanze vs. Teilbereiche wie Blätter/ Blattetagen) berücksichtigt werden müssen,
- iv. wie häufig Feldkontrollen bzw. das Monitoring erfolgen müssen bzw. wonach sich die Kontrollintervalle richten sollten.

Die Anwendung des Boniturschemas erfolgte am GKZ mit dem Beginn der Versuche im Projektjahr 2014.

3.3 Entwicklung neuer Bekämpfungsverfahren (AP 3)

Unter verstärkter Berücksichtigung der im Arbeitspaket 2 erarbeiteten Informationen zu Populationsdynamik, Migrationsverhalten und Bekämpfungsschwellen wurden in Arbeitspaket 3 ausgewählte Strategien zur Bekämpfung der Kohlmottenschildlaus untersucht. Neben den Versuchen zum Lebendmulchverfahren (AP 3.1) und zur Terminierung von Regulierungsmaßnahmen (AP 3.2) standen die Optimierung der Applikationstechnik von Pflanzenschutzmitteln (AP 3.3) sowie die Erarbeitung und Evaluierung eines Konzeptes zur „Offenen Nützlingszucht“ (AP 3.4/ AP 3.5) im Fokus der Betrachtungen. Die ursprünglich im Projektantrag vorgesehenen Praxisversuche zum Lebendmulchverfahren (AP 3.6) und zur Maßnahmenterminierung (AP 3.7) konnten im geplanten Zeitrahmen aus Mangel an praxisreifen, belastbaren Ergebnissen nicht umgesetzt werden. Eine Übersicht der im AP 3 durchgeführten Versuche ist in Tabelle 6 zu finden.

Tab. 6: Übersicht der Versuche in AP 3

Bezeichnung	Abk.	Zeitraum	Art der Untersuchung
<i>Geplante Versuche laut Projektantrag</i>			
Lebendmulchverfahren	AP 3.1	V–X 2014-2016	Feldversuche GKZ
Maßnahmenterminierung	AP 3.2	V-X 2014-2016	Feldversuche GKZ
Applikationstechnik	AP 3.3	V-X 2014 2015 2016	Feldversuch GKZ Feldversuch + Sortenscreening GKZ Demoversuch + Satellitenversuch GKZ
„Offene Nützlingszucht“	AP 3.5	IV-VIII 2014	Feldversuch GKZ
Praxisversuch Lebendmulchverfahren	AP 3.6	V-X 2014-2016	<i>entfallen</i>
Praxisversuch Maßnahmenterminierung	AP 3.7	V-X 2014-2016	<i>entfallen</i>

3.3.1 Versuche zum Lebendmulchverfahren (AP 3.1)

Untersaaten bei Pflanzkulturen, auch Lebendmulche genannt, stellen insbesondere für den ökologischen Anbau mit eingeschränkten Möglichkeiten zur direkten Kontrolle der Kohlmottenschildlaus eine spezielle Bekämpfungsstrategie dar. Die Herausforderung der erfolgreichen Etablierung dieser Anbaumethode in der gemüsebaulichen Praxis besteht gegenwärtig jedoch in der Minimierung konkurrenzbedingter Ertrags- und Qualitätsverluste bei gleichzeitiger Absicherung der schädlingsregulierenden Wirkung.

Im AP 3.1 sollte vorrangig folgenden Fragen nachgegangen werden:

- i. Welche Untersaaten eignen sich grundsätzlich für die Mischkultur mit Rosenkohl?
- ii. Welchen Einfluss haben Lebendmulchart und -management auf a) das Regulierungspotential gegenüber der Kohlmottenschildlaus u.a. Kohlschädlinge und b) die Ertragsbildung der Modellkultur Rosenkohl?

Versuche 2014 Den Versuchsarbeiten des AP 3.1 im ersten Projektjahr war eine Recherche zu potenziell geeigneten Lebendmulch-Arten in einem Anbausystem mit Rosenkohl vorausgegangen. Anforderungen waren hierbei eine schnelle Jugendentwicklung (Flächenbedeckung), eine gute Schnittverträglichkeit bei mehrfacher Mahd und eine Aufwuchshöhe, welche maximal das Niveau der Rosenkohlpflanze erreicht. Nach Prüfung der o.g. Kriterien fiel die Auswahl auf die Arten Luzerne (*Medicago sativa*), Wiesenschweidel (*Festolium*), Erdklee (*Trifolium subterraneum*) und Rotschwingel (*Festuca rubra*), welche in zwei unterschiedliche Versuchsansätze miteingebunden wurden. Die Erweiterung der Versuchsanzahl im Projektjahr 2014 hat sich im Rahmen der Versuchsplanung und Literaturrecherche ergeben und resultierte in der Entkopplung der Themen A) schädlingsregulierende Wirkung von Lebendmulchen und B) Konkurrenzminimierung in einem Lebendmulchverfahren. Beide Versuche sind als Tastversuche zu bewerten, mit denen erste Erfahrungen zu den produktionstechnischen Grundlagen von Lebendmulchsystemen gesammelt werden sollten.

Tastversuch zum Lebendmulchverfahren: A) schädlingsregulierende Wirkung

Hauptziel war hier die Überprüfung des Einflusses von Lebendmulchart und -management auf das Regulierungspotential gegenüber der Kohlmottenschildlaus. Zu diesem Zweck wurden in einem Feldversuch (randomisierte vollständige Blockanlage, 4 Wdh.) am GKZ einer Standardvariante (ohne Untersaat) zwei Anbausysteme mit Luzerne und Wiesenschweidel als Lebendmulch-Arten gegenübergestellt. Die Versuchsvarianten sind im Folgenden Tabelle 7 zu entnehmen.

Tab. 7: Versuchsvarianten AP 3.1, Teilversuch A) im Versuchsjahr 2014

VG	Lebendmulch	Sorte		Aussaat- stärke	Aufwuchshöhe
1	ohne				
2.1	Luzerne	Luzelle (BSV)	ungebeizt	2,5 g/m ²	5 cm über dem Boden
2.2	Luzerne	Luzelle (BSV)	ungebeizt	2,5 g/m ²	halbe Rosenkohlhöhe
2.3	Luzerne	Luzelle (BSV)	ungebeizt	2,5 g/m ²	Rosenkohlhöhe
3.1	Wiesenschweidel	Perun (DSV)	bio	2,5 g/m ²	5 cm über dem Boden
3.2	Wiesenschweidel	Perun (DSV)	bio	2,5 g/m ²	halbe Rosenkohlhöhe
3.3	Wiesenschweidel	Perun (DSV)	bio	2,5 g/m ²	Rosenkohlhöhe

Die Etablierung der Lebendmulche erfolgte am 16.04.2014 mittels Parzellen-Sämaschine (6-scharige Hege). Hierbei wurden die Pflanzreihen für die spätere Etablierung des Rosenkohls freigelassen. Die Parzellengröße betrug 24 m² (8 x 3 m), wobei ein Verhältnis von sechs Reihen Luzerne bzw. Wiesenschweidel zu zwei Reihen Rosenkohl realisiert wurde (Abb. 5). Der Aussaat ging eine herkömmliche Bodenbearbeitung und Saatbettbereitung voran. Die Saatchichten betrugen bei Luzerne und Wiesenschweidel jeweils 2,5 g/m². Die Pflanzung des Rosenkohls (Sorte: 'Cronus F1', Syngenta, ungebeizt) fand zeitverzögert, ca. sieben Wochen nach Aussaat der Lebendmulche, am 06.06.2014 statt. Die Pflanzdichte betrug 30.300 Pflanzen/ha (75 x 44 cm Reihenabstand). Vor Pflanzung erfolgten eine mechanische Unkrautbekämpfung und die Pflanzbettbereitung in allen Parzellen. Bei der N-Düngung wurde der N_{min}-Gehalt des Bodens zur Pflanzung (67 kg N/ha in 0-60 cm) und ein N-Sollwert von insgesamt 300 kg N/ha, geteilt in 2 Gaben, berücksichtigt. Zur Abdeckung des N-Bedarfs wurde auf Haarmehlpellets (HMP) zurückgegriffen, welche vor Pflanzung (entspricht 1. N-Gabe: 133 kg N/ha) mittels Unterfußdüngung direkt in die Pflanzreihen des Rosenkohls abgelegt wurden. Die zweite N-Gabe (100 kg N/ha) erfolgte 3 Wochen nach Pflanzung als Reihendüngung über Kopf. Grundsätzlich erhielten alle Varianten die gleichen N-Düngemengen. Wachstum und damit auch Konkurrenzwirkung der Lebendmulche wurden nachfolgend durch Mähen unterschiedlich stark reguliert. Dabei wurden folgende Aufwuchshöhen von Luzerne und Wiesenschweidel in Relation zu den Rosenkohlpflanzen realisiert: niedrig (= 5 cm über dem Boden), mittel (= halbe Aufwuchshöhe des Rosenkohls), hoch (= gleiche Aufwuchshöhe wie die des Rosenkohls). Zum Zeitpunkt des beginnenden Zuflugs der Kohlmottenschildlaus war das Lebendmulchsystem entsprechend der o.g. Varianten vollständig etabliert. Die Managementmaßnahmen wurden unter Berücksichtigung erster Erkenntnisse zum Migrationsverhalten bis zum Ende des Hauptzuflugs des Schädlings fortgeführt. Die Ernte der Rosenkohlpflanzen fand am 22.10.2014 statt. Während des Kulturverlaufs wurde ab Beginn des ersten Zuflugs der Kohlmottenschildlaus 14-täglich eine Befallsbonitur (Adulte, Eigelege und Larven der Kohlmottenschildlaus) von zunächst 10 Ganzpflanzen/VG jeder Wiederholung durchgeführt. Mit zunehmender Entwicklung der Pflanzen reduzierte sich

der Bonituraufwand in den Varianten 2.1-2.3 auf 5 Blätter der mittleren Blattetage entsprechend des Boniturschemas aus AP 2.3. Kontrolliert wurde ab diesem Zeitpunkt nur noch der Besatz mit KMSL-Larven. Die Varianten 3.1-3.3 blieben davon ausgenommen, da die Rosenkohlpflanzen aufgrund von Wachstumsdepressionen zu klein waren, um sie während der Bonitur in verschiedene Blattetagen zu unterteilen. Zusätzlich erfolgte einmalig eine Bonitur von anderen Kohlschädlingen und Gegenspielern der Kohlmottenschildlaus in allen Varianten. Um den Einfluss der Lebendmulche auf die pflanzliche Konkurrenz zu überprüfen, wurden bei jeder Befallsbonitur Daten zu Blattanzahl und Aufwuchshöhe der Rosenkohlpflanzen erhoben. Zur Ernte fand eine Endbonitur statt, bei der folgende Parameter an 10 Pflanzen/VG jeder Wiederholung erfasst wurden: KMSL-Befall nach einheitlichem Boniturverfahren (AP 2.3), Anteil marktfähiger Ernteware (Verschmutzung), Gewicht Ernteware (dt/ha), Gewicht marktfähiger Ernteware (dt/ha). Zur Beurteilung der (in-)direkten Verschmutzung durch die Kohlmottenschildlaus wurden die Röschen jeder Pflanze in drei Verschmutzungsklassen (Tab. 4) eingeteilt. Die Größenklassifizierung der Röschen erfolgte nach der UNECE-Norm für Rosenkohl FFV-08 (2010) (Tab. 5).

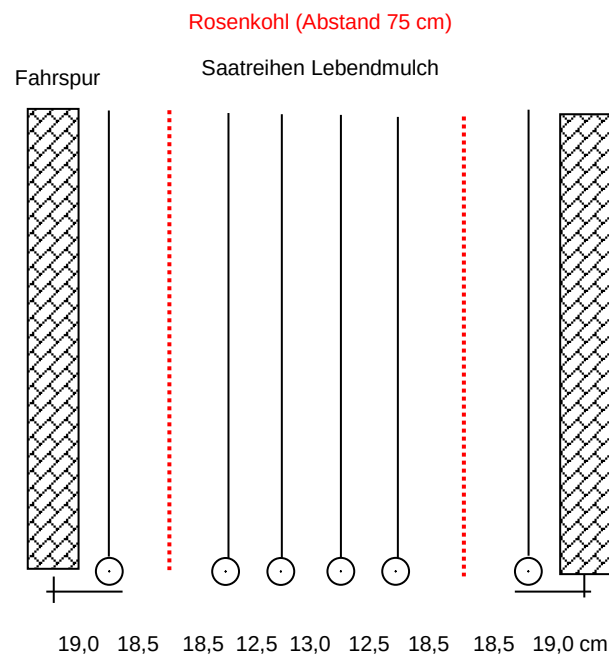


Abb. 5: Aufbau der Versuchspartellen AP 3.1, Teilversuche A) und B) im Versuchsjahr 2014

Tastversuch zum Lebendmulchverfahren: B) Konkurrenzminimierung

Parallel zu den Untersuchungen in Tastversuch A) wurde 2014 ein Vorversuch (randomisierte Blockan-lage, 4 Wdh.) zur Thematik Konkurrenzminimierung in Lebendmulchsystemen angelegt. Der Schwerpunkt lag hierbei auf dem Verfahren „root pruning“, d.h. der unterirdischen mechanischen Regulierung der Lebendmulchwurzeln, welches bereits von BÄTH et al. (2008)

erfolgreich beschrieben wurde. Kurzfristiges Ziel dieser Voruntersuchungen war die Erlangung erster Kenntnisse zu den produktionstechnischen Grundlagen des Verfahrens. Zusätzlich sollten grundlegende Fragen zur Anwendungsintensität und –tiefe unter den gegebenen Standort- und Versuchsbedingungen beantwortet werden.

Folgende Versuchsvarianten wurden festgelegt:

1. Anwendungsintensität
 - o ohne Unterschneiden
 - o Unterschneiden direkt vor Pflanzung Rosenkohl
 - o Unterschneiden direkt vor Pflanzung Rosenkohl + 1 x danach
 - o Unterschneiden direkt vor Pflanzung Rosenkohl + 2 x danach
2. Anwendungstiefe (unterirdisch)
 - o 5, 10 und 20 cm

Zu diesem Zweck wurden entsprechend der unter Versuch A) erläuterten Methodik zwei Lebendmulcharten, Erdklee und Rotschwingel, ausgesät (Abb. 3). Wegen der langsamen Jugendentwicklung des Erdklee wurde zur besseren Unkrautunterdrückung Hafer als Deckfrucht genutzt. Die Saatlängen betrugen 3 g/m² bei Erdklee (Hafer: 6 g/m²) und 2,5 g/m² bei Rotschwingel. Die Pflanzung des Rosenkohls (Sorte: 'Cronus F1', Syngenta, ungebeizt) erfolgte am 12.06.2014 und entsprach der bereits o.g. Vorgehensweise. Die N-Düngung wurde analog der unter Versuch A) beschriebenen Methodik durchgeführt. Für das Verfahren des Wurzelunterschneidens sollte ein eigens für diesen Zweck modifizierter Hackrahmen mit angepassten Winkelmessern zum Einsatz kommen. Die Umbauarbeiten haben sich jedoch im Laufe des Versuchsjahres zeitlich stark verzögert, so dass der Tastversuch trotz des bereits etablierten Lebendmulchsystems nicht mehr entsprechend der angedachten Varianten umgesetzt werden konnte.

Versuche 2015 Ausgehend von den Erkenntnissen des ersten Versuchsjahres fanden 2015 einige Änderungen und Anpassungen im Versuchsdesign des AP 3.1 statt. Um die Komplexität von Lebendmulchsystemen und die damit einhergehenden Herausforderungen für deren Etablierung in die gemüsebauliche Anbaupraxis ganzheitlich zu bewerten, wurden die bisher einzeln betrachteten Themenkomplexe „Wirksamkeit“ und „Konkurrenzminimierung“ in einem Feldversuch zusammengeführt. Im Fokus der Betrachtungen standen aufgrund der gewonnenen Informationen aus 2014 nur noch zwei der ursprünglich vier ausgewählten Lebendmulche: Luzerne und Erdklee. Ziel war es weiterhin, den Einfluss von Lebendmulchart und –management auf das Regulierungspotential gegenüber der Kohlmottenschildlaus, die pflanzliche Konkurrenz und die Ertragsbildung von Rosenkohl vor dem Hintergrund der Praxistauglichkeit zu untersuchen (Abb. 6). Der Faktor Nährstoffversorgung wurde ebenfalls mit in die Betrachtungen aufgenommen, da dieser neben den intraspezifischen Konkurrenzeffekten einen potenziellen Einfluss auf die Qualität der Ernteware haben kann.

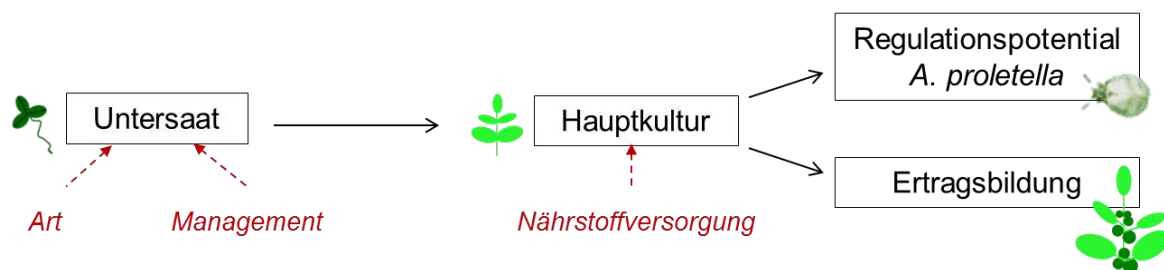


Abb. 6: Schematische Darstellung der Versuchsfrage im AP 3.1. des Projektjahres 2015

Versuch zum Lebendmulchverfahren: Wirksamkeit & Konkurrenzminimierung

In einem Feldversuch (randomisierte vollständige Blockanlage, 3 Wdh.) am GKZ wurden einer Standardvariante (ohne Untersaat) zwei Anbausysteme mit den Leguminosenarten Luzerne und Erdklee als Untersaaten gegenübergestellt. Wachstum und damit Konkurrenzwirkung der Untersaaten wurde mittels Mähen (Luzerne) und Wurzelunterschneiden (Erdklee) unterschiedlich stark reguliert. In einer zusätzlichen Erdkleevariante wurde das Nährstoffangebot durch vier Kopfgaben eines organischen Flüssigdüngers (je 20 kg N/ha) erhöht. Die Versuchsvarianten sind im Folgenden Tabelle 8 zu entnehmen.

Tab. 8: Versuchsvarianten AP 3.1 im Versuchsjahr 2015

VG	Lebend- mulch	Sorte		Aussaat- stärke	Behandlung
1	ohne				
					Aufwuchshöhenregulierung durch Mulchen
2.1	Luzerne	Luzelle (BSV)	ungebeizt	2,5 g/m ²	5 cm über dem Boden
2.2	Luzerne	Luzelle (BSV)	ungebeizt	2,5 g/m ²	halbe Rosenkohlhöhe
2.3	Luzerne	Luzelle (BSV)	ungebeizt	2,5 g/m ²	Rosenkohlhöhe
					„root pruning“¹
3.1	Erdklee	Seaton Park (BSV)	ungebeizt	2,5 g/m ²	ohne
3.2	Erdklee	Seaton Park (BSV)	ungebeizt	2,5 g/m ²	1 x nach Pflanzung
3.3	Erdklee	Seaton Park (BSV)	ungebeizt	2,5 g/m ²	2 x nach Pflanzung
3.4	Erdklee	Seaton Park (BSV)	ungebeizt	2,5 g/m ²	2 x nach Pflanzung + 4 x 20 kg N ha ⁻¹

¹ Bodentiefe = 10 cm

Die Aussaat und Etablierung der Lebendmulche erfolgte am 13.04.2015 entsprechend der Methodik des Versuchsjahres 2014. Die Parzellengröße wurde aus Gründen des höheren Bedarfs an Pflanzen zu Analysezwecken verändert und betrug 2015 insgesamt 36 m² (8 x 4,5 m). Die Wege zwischen den Parzellen wurden ebenfalls modifiziert, um die kleinräumige Beeinflussung der Parzellen untereinander zu minimieren. Die 1,5 m breiten Beete bestanden

jeweils aus 2 Reihen Rosenkohl und 6 Reihen Luzerne bzw. 4 Reihen Erdklee. Die Saatstärke betrug 2,5 g/m² bei Luzerne und 3 g/m² bei Erdklee. Die Pflanzung des Rosenkohls fand am 19.05.2015, etwa vier Wochen nach Etablierung der Lebendmulche, statt. Neben dem früheren Pflanztermin änderte sich im Vergleich zum Vorjahr auch die Rosenkohlsorte. Da das Saatgut der ursprünglich verwendeten Sorte 'Cronus F1' nicht mehr in ungebeizter Form beim Züchter zur Verfügung stand, musste auf die Sorte 'Crispus F1' (Syngenta) zugegriffen werden. Die Pflanzdichte betrug 30.300 Pflanzen/ha (75 x 44 cm Reihenabstand). Der N_{min}-Gehalt des Bodens zur Pflanzung betrug 103 kg N/ha (0-60 cm) und gedüngt wurden 167 kg N/ha mittels Haarmehlpellets, die aus Gründen der Praktikabilität vor der Pflanzbettbereitung in einer Gabe mittels Unterfußdüngung in die Pflanzenreihen des Rosenkohls abgelegt wurden. Um den Faktor Düngung als weiteres Tool im Management von Lebendmulchsystemen zu berücksichtigen, wurde in einer zusätzlichen Satellitenvariante mit Erdklee als Untersaat das Nährstoffangebot des Rosenkohls erhöht. Zu diesem Zweck erfolgten vier Kopfgaben (je 20 kg N/ha) eines organischen Flüssigdüngers (OPF 8-3-3, Yves Kessler (ETM-Vegetationstechnik)) am 14.07./31.07./07.08. und 13.08.2015. Die N-Düngung in dieser Variante erhöhte sich somit auf insgesamt etwa 250 kg N/ha. Die Regulierung der Aufwuchshöhe in den Luzernevarianten erfolgte analog zum Versuchsjahr 2014. Das Verfahren „root pruning“ wurde 2015 weiter optimiert und die untersuchten Varianten entsprechend den Standortbedingungen (Witterung, Pflanzengröße und Bodeneigenschaften) angepasst. Ein Überblick des Zeitrahmens der durchgeführten Regulierungsmaßnahmen findet sich in Tabelle 9. Die Ernte des Rosenkohls erfolgte am 28.10.2015.

Entsprechend der komplexen Versuchsfragestellung, insbesondere bzgl. interspezifischer Konkurrenzeffekte, nahm 2015 ebenfalls der Bonituraufwand und -umfang zu. Folgende Parameter wurden während des Kulturverlaufs und zum Kulturende erhoben:

1. Pflanze

Rosenkohl - Kulturverlauf

- o Befall mit der Kohlmottenschildlaus (Adulte und Eigelege) zu Beginn des ersten Zuflugs an 10 Ganzpflanzen/VG jeder Wiederholung
- o Befall mit der Kohlmottenschildlaus (Larven) und anderen Kohlschädlingen, sowie Nützlingsaufkommen zum Zeitpunkt der Winterrapsernte (=Beginn des zweiten Zuflugs) an 10 Pflanzen/VG jeder Wiederholung nach Boniturschema aus AP 2.3
- o Blattanzahl und Blattfläche (siehe Unterpunkt „Bestimmung der Blattfläche“)
- o BBCH-Stadium

Rosenkohl – Kulturende

- o Befall mit der Kohlmottenschildlaus nach einheitlichem Boniturschema (AP 2.3)
- o Blattfläche (siehe Unterpunkt „Bestimmung der Blattfläche“)

- o Aufwuchs (Frisch- und Trockenmasseanteil, N_t-Gehalt von Strunk, Blatt, Röschen)
- o Anteil marktfähiger Ernteware nach Verschmutzungsklassen (Tab. 4)
- o Gewicht (marktfähiger) Ernteware (dt/ha) nach Größenklassen (Tab. 5)

Lebendmulche – Kulturverlauf

- o Luzerne: Aufwuchs (Frisch- und Trockenmasseanteil, N_t-Gehalt) zu jedem Behandlungstermin

Lebendmulche – Kulturende

- o Aufwuchs (Frisch- und Trockenmasseanteil, N_t-Gehalt)

2. Boden

- o Bodenfeuchte (Tensiometer):
 - ab KW 19/20, mit Pflanzung Rosenkohl, 2 Tiefen: 20 cm und 50 cm,
 - ausgewählte Varianten: Var. 1, 2.1, 3.3, blockweise
- o N_{min}-Gehalt:
 - Start-N_{min} in KW 14, vor Aussaat LBM, 0-90 cm Mischproben blockweise
 - KW19/20, vor Pflanzung, 0-90 cm Mischproben in Kontrollparzellen
 - zur Ernte, 0-90 cm, Einzelproben, parzellenweise

Bestimmung der Blattfläche

Mit dem Ziel die pflanzliche Konkurrenz zwischen Wirtspflanze und Lebendmulch sowie deren Auswirkungen auf die Entwicklung des Rosenkohls über den Kulturverlauf darzustellen, wurden 2015/2016 die Blattflächen von Rosenkohl in den verschiedenen Versuchsvarianten bestimmt und daraus Blattflächenindizes abgeleitet. Um der Frage nachzugehen, ob interspezifische Konkurrenzeffekte sich indirekt ebenfalls auf den Befall der Pflanzen mit der Kohlmottenschildlaus auswirken können, wurde neben der Quantifizierung des Schädlingsaufkommens/Blatt auch die Besatzdichte (Befall/cm² Blattfläche) in die Datenerhebung miteinbezogen.

Zur Bestimmung der Blattfläche wurden zunächst an vier Terminen im Projektjahr 2015 (fünf Termine im Projektjahr 2016) zwei Rosenkohlpflanzen/Parzelle und Wiederholung zufällig ausgewählt und die Längen (cm) aller Blätter/Pflanze mit einem Lineal gemessen. Die Blattlänge definierte sich dabei als Entfernung in cm zwischen Blattspitze und Blattansatz, ohne Berücksichtigung der Petiole. Blätter mit einer Blattlänge kleiner 5 cm wurden nicht erfasst.

Um die Blattflächen auf Basis der im Feld gemessenen Blattlängen zu kalkulieren, war es notwendig, das sortenspezifische Verhältnis zwischen Blattlänge und Blattfläche zu berechnen. Zu diesem Zweck erfolgte in beiden Versuchsjahren an zwei Terminen während des Kulturverlaufs die Bestimmung der Blattfläche von Rosenkohlblättern verschiedener Größen. Dazu wurden 80 Blätter/Termin geerntet und die Blattlängen (cm) und Blattbreiten (cm) mit einem Lineal erfasst. Im Anschluss wurde jedes Blatt auf einer weißen Unterlage zusammen

mit einer roten Referenzfläche definierter Größe fotografiert (Canon EOS 500D). Die Auswertung der Fotos und die Bestimmung der Blattflächen (cm²) erfolgte unter Verwendung der Bildanalyse-Software Easy Leaf Area (ELA) nach EASLON & BLOOM (2014). Die erhobenen Daten (gemessene Blattlängen und mittels ELA kalkulierte Blattflächen) wurden genutzt, um das Verhältnis zwischen Blattlänge und Blattfläche zu berechnen.

Zur Kalkulation der Blattfläche LA (cm²) auf Grundlage der Blattlänge L (cm) wurde in beiden Versuchsjahren folgende Exponentialfunktion verwendet:

$$LA \text{ (cm}^2\text{)} = a \cdot L^b$$

Für die Sorte Crispus F1 ergab sich 2015 folgende Formel ($R^2 = 0,94$) zur Kalkulation der Blattfläche auf Basis im Feld gemessener Blattlängen:

$$LA \text{ (cm}^2\text{)} = 1,5641 \cdot L^{1,6949}$$

Für die Sorte Cyrus F1 wurden im Versuchsjahr 2016 die Blattflächen mit folgender Formel berechnet ($R^2 = 0,93$):

$$LA \text{ (cm}^2\text{)} = 1,6139 \cdot L^{1,7461}$$

Versuche 2016 Im letzten Projektjahr fand eine Wiederholung des Versuchs „Wirksamkeit & Konkurrenzminimierung“ aus 2015 statt. Änderungen ergaben sich lediglich hinsichtlich der Rosenkohlsorte (aus den o.g. Gründen) und der Aufnahme einer weiteren Satellitenvariante mit Erdklee als Untersaat (Tab. 9). Die Etablierung der Lebendmulche erfolgte nach der bereits unter „Versuche 2015“ des AP 3.1 beschriebenen Methodik am 08.04.2016, die Pflanzung des Rosenkohls (Sorte: ‘Cyrus F1’, Syngenta, ungebeizt) am 19.05.2016. Das Verhältnis von Rosenkohl- zu Lebendmulchreihen entsprach dem Versuch aus 2015, ebenso wie das Versuchsdesign, die Parzellengröße und Pflanzdichte.). Der $N_{\min}$ -Gehalt des Bodens zur Pflanzung betrug 82 kg N/ha (0-60 cm) und gedüngt wurden 188 kg N/ha mittels Haarmehlpellets die mittels Unterfußdüngung in die Pflanzreihen des Rosenkohls abgelegt wurden. Die N-Düngung in den Varianten 3.2 und 3.5 erhöhte sich durch zusätzliche Kopfgaben eines org. Flüssigdüngers (OPF 8-3-3) auf insgesamt etwa 270 kg N/ha. Die oberirdische Regulierung der Luzerne mittels Mulchen erfolgte analog zum Versuchsjahr 2015. Das Verfahren „root-pruning“ wurde weiter optimiert, die Reihenabstände zwischen Rosenkohl und Erdklee entsprechend der Ausrichtung der Winkelmesser angepasst. Die zeitliche Abfolge der angewandten Regulierungsmaßnahmen ist Tabelle 10 zu entnehmen. Der Einfluss einer erhöhten Nährstoffversorgung auf die Ertragsbildung des Rosenkohls wurde für zwei Varianten eines Lebendmulchsystems mit Erdklee überprüft: einer intensiven Managementform (VG 3.5) und einer extensiven Managementform ohne Wurzelunterschneiden (VG 3.2). Die Terminierung der zusätzlichen Düngegaben orientierte sich 2016 stärker an der physiologischen Entwicklung der Rosenkohlpflanzen. Die N-Gaben erfolgten zum Zeitpunkt der höchsten N-Aufnahme der Pflanzen, d.h. während der Kulturwochen 5 bis 10 (FELLER et al., 2011) und

waren mit Beginn der Seitenknospenbildung (BBCH 41) abgeschlossen. Dabei wurden folgende Termine festgelegt: 08.06./20.06./30.06. und 11.07.2016.

Tab. 9: Versuchsvarianten des AP 3.1 im Versuchsjahr 2016

VG	Lebend-mulch	Sorte		Aussaat-stärke	Behandlung
1	ohne				
					Aufwuchshöhenregulierung durch Mulchen
2.1	Luzerne	Luzelle (BSV)	ungebeizt	2,5 g/m ²	5 cm über dem Boden
2.2	Luzerne	Luzelle (BSV)	ungebeizt	2,5 g/m ²	halbe Rosenkohlhöhe
2.3	Luzerne	Luzelle (BSV)	ungebeizt	2,5 g/m ²	Rosenkohlhöhe
					„root pruning“
3.1	Erdklee	Seaton Park (BSV)	ungebeizt	2,5 g/m ²	ohne
3.2	Erdklee	Seaton Park (BSV)	ungebeizt	2,5 g/m ²	ohne + 4 x 20 kg N ha ⁻¹
3.3	Erdklee	Seaton Park (BSV)	ungebeizt	2,5 g/m ²	1 x nach Pflanzung
3.4	Erdklee	Seaton Park (BSV)	ungebeizt	2,5 g/m ²	2 x nach Pflanzung
3.5	Erdklee	Seaton Park (BSV)	ungebeizt	2,5 g/m ²	2 x nach Pflanzung + 4 x 20 kg N ha ⁻¹

Tab. 10: Abfolge der Maßnahmen zur Regulierung von Luzerne und Erdklee 2015 und 2016

VG	Mähen - Aufwuchshöhe	
	2015	2016
2.1	03.06./11.06./19.06./29.06./14.07.	01.06./16.06./13.07.
2.2	03.06./11.06./19.06./29.06./14.07.	01.06./16.06./13.07.
2.3	14.07.	08.06./13.07.
	„root-pruning“ - Wurzelunterschneiden	
	2015	2016
3.2	04.06.	3.3 02.06.
3.3	04.06./18.06.	3.4 02.06./08.06
3.4	04.06./18.06.	3.5 02.06./08.06

Der Versuch wurde am 03.11.2016 mit der Ernte des Rosenkohls beendet. Die Bonituren und Datenerhebungen während des Kulturverlaufes und zum Kulturende entsprachen in Art und Umfang dem Versuch aus 2015.

3.3.2 Versuche zur Maßnahmenterminierung (AP 3.2)

Die an das Migrationsverhalten und die Populationsdynamik der Kohlmottenschildlaus angepasste Terminierung schädlingsregulierender Maßnahmen ist als Baustein einer Regulierungsstrategie zu betrachten, die insbesondere im ökologischen Anbau Bedeutung erlangen könnte. Ziel der Versuche im Arbeitspaket 3.2 war es, die Etablierung der

Kohlmottenschildlaus in den Rosenkohlbeständen zu verzögern und somit die Populationsentwicklung bis zur Ernte im Herbst zu bremsen. Basierend auf Erkenntnissen aus dem AP 2.2 zur saisonalen Flugaktivität der Kohlmottenschildlaus sollte die Terminierung pflanzenbaulicher und schädlingsregulierender Maßnahmen so optimiert werden, dass die Bekämpfung bereits bei Befallsbeginn mit einem geringerem PSM-Aufwand bzw. einer höheren Effizienz als bisher erfolgen kann.

Versuche 2014 Vorarbeiten am GKZ wiesen in der Vergangenheit darauf hin, dass spät gepflanzte, zum Zeitpunkt des Hauptzuflugs der Kohlmottenschildlaus noch wenig entwickelte Kohlbestände anschließend eine deutlich geringere Befallsentwicklung verzeichneten als solche, die sich bereits in einem späteren Entwicklungsstadium befanden. An diese Erfahrungen anknüpfend, stand im ersten Projektjahr die Terminierung von Pflanzzeitpunkten im Fokus der Betrachtungen. Als weitere Maßnahme zur Vermeidung einer frühen Besiedlung durch den Schädling wurden in einem zweiten Feldversuch unterschiedliche Auflagezeiträume von Kulturschutznetzen untersucht.

Versuch zur Maßnahmenterminierung: A) Pflanztermine

In einem Feldversuch (randomisierte vollständige Blockanlage, 4 Wdh.) am GKZ wurde 2014 der Einfluss unterschiedlicher Pflanztermine und somit Entwicklungsstadien von Rosenkohl auf die Besiedlung der Bestände mit der Kohlmottenschildlaus überprüft. Zu diesem Zweck wurde eine Sorte ('Crispus F1', Syngenta, ungebeizt) mit einer relativ kurzen Entwicklungszeit (160 Kulturtage ab Pflanzung lt. Sortenbeschreibung) ausgewählt. Die Pflanzungen fanden an einem praxisüblichen Termin (05.05.2014), sowie einem um 3 Wochen (27.05.2014) und 6 Wochen (16.06.2014) verzögerten Termin statt. Die Entwicklungszeiten des Rosenkohls entsprachen je nach Pflanztermin 185 bzw. 163 und 143 Kulturtage. Die Parzellengröße betrug 12 m² (1,5 x 8 m), die Pflanzdichte insgesamt 37.037 (50 x 54 cm Reihenabstand). Entlang der Zwischenwege wurde Silomais in Doppelreihe ausgesät, welcher als „Barriere“ ein Übergreifen des Kohlmottenschildlausbefalls von älteren auf frisch bepflanzte Parzellen verhindern sollte (Abb. 7). Während des Kulturverlaufs wurde dieser mehrmals gekürzt, um die Entwicklung des Rosenkohls aufgrund veränderter Licht-/Schattenverhältnisse nicht zu beeinflussen. Die N-Düngung erfolgte nach dem N_{min}-Gehalt des Bodens zur Pflanzung und einem N-Sollwert von 300 kg N/ha, geteilt in zwei Gaben (1. N-Gabe vor erster Pflanzung: 215 kg N/ha (ENTEC 26) am 28.04.2014, 2. N-Gabe zwei Wochen nach letzter Pflanzung: 85 kg N/ha als (KAS) am 30.06.2016). Der Befall mit der Kohlmottenschildlaus wurde ab dem 26.06.2014 (10 Tage nach der letzten Pflanzung) entsprechend des Boniturschemas aus AP 2.3 14-täglich, ab dem 22.07.2014 bis zur Ernte am 06.11.2014 monatlich erfasst. Zudem erfolgte zum Kulturende die Bestimmung des Anteils marktfähiger Ernteware nach Verschmutzungsklassen (Tab. 4) und das Gewicht der (marktfähigen) Ernteware (dt/ha) nach Größenklassen (Tab. 5).

Versuch zur Maßnahmenterminierung: B) Kulturschutznetze

Die optimale Terminierung der Auflagezeiträume von Kulturschutznetzen unter Berücksichtigung der saisonalen Flugaktivität der Kohlmottenschildlaus war im ersten Projektjahr Gegenstand eines weiteren Versuches. Da die Untersuchungen zum Migrationsverhalten des Schädlings zum Zeitpunkt der Versuchsanlage noch nicht abgeschlossen waren, musste bei der Versuchsplanung zunächst auf die Erfahrungswerte am GKZ der letzten Jahre zurückgegriffen werden. In einer randomisierten vollständigen Blockanlage mit vier Wiederholungen wurde 2014 der Einfluss von zwei Auflagezeiträumen (8 und 15 Wochen) eines feinmaschigen Kulturschutznetzes (0,5 mm Maschenweite, Filbio PA) auf die Besiedlung der Rosenkohlbestände mit der Kohlmottenschildlaus überprüft und einer Standardvariante (ohne Kulturschutznetz) gegenübergestellt. Die Pflanzung des Rosenkohls (Sorte: 'Cronus F1', Syngenta, ungebeizt) erfolgte zu einem praxisüblichen Termin am 13.05.2014. Parzellengröße, Pflanzdichte und Düngemengen entsprachen den unter Versuch A) ausgeführten Erläuterungen. Silomais wurde auch in diesem Teilversuch als „Barriere“ zwischen den Parzellen verwendet (Abb. 7). Die Abdeckung der Jungpflanzen erfolgte unmittelbar nach der Pflanzung und dauerte je nach Variante bis zum 29.07.2014 (8 Wochen) bzw. 30.09.2014 (15 Wochen) an. Während dieser Zeit wurden die Netze zur Unkrautbekämpfung insgesamt zweimal abgenommen. Die Bonituren zum Befall mit der Kohlmottenschildlaus wurden nach dem Boniturschema aus AP 3.2 durchgeführt: vor Netzaufgabe (13.06.2014) und jeweils nach Netzabnahme der entsprechenden Varianten (29.07/30.09.2014) mit einer Zwischenbonitur am 01.09.2014. Der Versuch wurde mit der Ernte am 06.11.2014 beendet. Die Datenerhebung zur Quantität und Qualität des Erntegutes unterlag den o.g. Boniturverfahren.



Abb. 7: Silomais als „Barriere“ zwischen den Versuchspartellen; links: Versuch A) Pflanztermin; rechts: Versuch B) Kulturschutznetze des AP 3.2 im Projektjahr 2014

Versuche 2015 Die Untersuchungen zum Einfluss unterschiedlicher Pflanztermine auf den Befall mit der Kohlmottenschildlaus wurde nach den Erkenntnissen des letzten Projektjahres nicht weitergeführt. Für den Teilversuch zur Verwendung von Kulturschutznetzen und deren

Anpassung an die Migrationsphasen der Kohlmottenschildlaus ergab sich im zweiten Projektjahr ein angepasstes Versuchsdesign. Gegenstand des Versuchs waren weiterhin zwei unterschiedlich terminierte Auflagezeiträume von Kulturschutznetzen im Vergleich zu einer Standardvariante ohne Netz. Zusätzlich wurden verschiedene Insektizide für den ökologischen und konventionellen Anbau von Rosenkohl, z.T. in Kombination mit Kulturschutznetzen, getestet. Die Versuchsvarianten sind Tabelle 11 zu entnehmen.

Tab. 11: Versuchsvarianten im AP 3.2 des Versuchsjahres 2015

VG	Behandlung	Wirkstoff	Aufwand	Anwendungszeitpunkt
1	unbehandelte Kontrolle			
2	Movento OD	Spirotetramat	0,48 l/ha	ab L1, 2 x, Abstand 14 Tage
3	Isoclast	Sulfoxaflor	0,4 l/ha	ab L1, 2 x, Abstand 14 Tage
4	Applaud 25 SC + Micula	Buprofezin	1,0 l/ha + 1,0 l/ha	ab L1, 2 x, Abstand 14 Tage
5	Requiem + Kulturschutznetz	Terpenoide	5 l/ha	ab L1, 3 x Abstand 14 Tage, Netzaufgabe nach 1. Appl.
6	NeemAzal-T/S + Kulturschutznetz	Azadirachtin	3 l/ha	ab L1, 3 x Abstand 14 Tage, Netzaufgabe nach 1. Appl.
7	Naturalis + Kulturschutznetz	<i>Beauveria bassiana</i>	1,25 l/ha	ab L1, 3 x Abstand 14 Tage, Netzaufgabe nach 1. Appl.
8	Netzaufgabe	Filbio PA	0,5 x 0,5	vor Zuflug (KW 23) bis 7 Wochen danach
9	Netzaufgabe	Filbio PA	0,5 x 0,5	vor Zuflug (KW 23) bis 14 Wochen danach

Der Versuch wurde als einfaktorielle randomisierte vollständige Blockanlage mit vier Wiederholungen auf dem Versuchsfeld des GKZ in Gülzow angelegt. Die Parzellengröße betrug 16 m² (2 x 8 m), die Pflanzdichte 35000 Pflanzen/ha (50 x 57 cm Reihenabstand). Die Pflanzung des Rosenkohls (Sorte: 'Cronus F1', Syngenta, ungebeizt) erfolgte zu einem früheren Termin am 07.05.2015. Die N-Düngung wurde nach dem N_{min}-Gehalt des Bodens zur Pflanzung (36 kg N/ha in 0-60 cm) und einem N-Sollwert von 300 kg N/ha, geteilt in zwei Gaben (1. Gabe vor Pflanzung: 114 kg N/ha (Yara-Nitrabor) am 07.05.2015 und 2. Gabe vier Wochen nach Pflanzung: 150 kg N/ha (KAS) am 03.06.2015) durchgeführt. Die Versuchsspritzungen fanden unter Verwendung von Karrenspritze und Droplegs (Wasseraufwand: 1000 l/ha) am 16.07., 01.08. und 13.08.2015 statt. Der Einsatz von Droplegs bei der Applikation von Kontaktinsektiziden erwies sich entsprechend der ersten Erfahrungswerte aus dem AP 3.3 als zweckmäßig. Zur mechanischen Unkrautbekämpfung wurden die Netze der Versuchsvarianten VG 8 und VG 9 zweimal entfernt und unmittelbar danach wieder aufgelegt. In den Varianten VG 5-7 erfolgten nach Netzabnahme parallel zur Unkrautbekämpfung die Versuchsspritzungen, um ein unnötiges Abdecken der Pflanzen zu vermeiden. Der Zeitpunkt des ersten Zuflugs der Kohlmottenschildlaus in die Bestände und die Besiedlung mit L1-Larven (=Larven im ersten

Entwicklungsstadium) wurde zu Kulturanfang beobachtet, um den Beginn von Netzaufgabe und Spritzbehandlungen darauf abzustimmen. 14 Tage nach der 2. Applikation wurde eine Zwischenbonitur, 4 Wochen nach der letzten Applikation eine Endbonitur des KMSL-Befalls nach Methodik des Boniturschemas aus AP 2.3 durchgeführt. Zur Ernte der Pflanzen am 05.11.2015 erfolgte eine Bonitur des Anteils marktfähiger Ernteware nach Verschmutzungsklassen (Tab. 4). Zusätzlich wurde das Gewicht (Frischmasse in dt/ha) der Pflanzen, einschließlich der einzelnen Pflanzenorgane (Blatt, Strunk, Röschen) erfasst.

Versuche 2016 Im letzten Projektjahr fand eine Wiederholung des Versuches aus 2015 statt. Zur Bekämpfung der Kohlmottenschildlaus bei Rosenkohl wurden verschiedene Insektizide für den konventionellen und ökologischen Anbau in Kombination mit Kulturschutznetzen untersucht. Die Versuchsvarianten wurden z.T. nach den Erfahrungen des vergangenen Versuchsjahres verändert und insbesondere bzgl. des Anwendungszeitpunktes der Behandlungen angepasst. Die biologischen Kontaktmittel wurden häufiger und mit geringeren Abständen zwischen Spritzbehandlungen angewendet. Bei systemischen Insektiziden, wie Movento OD mit verzögertem Wirkungsbeginn aber langer Wirkungsdauer, vergrößerte sich der zeitliche Abstand zwischen den Behandlungen im Vergleich zum Vorjahr (Tab. 12). Die Pflanzung des Rosenkohls (Sorte: 'Doric F1', Bejo, ungebeizt) fand wiederum zu einem frühen Zeitpunkt am 12.05.2016 statt. Die Parzellengröße betrug 16 m² (2 x 8 m), die Pflanzdichte 33.300 Pflanzen/ha (75 x 40 cm Reihenabstand). Die N-Düngung erfolgte nach der N_{min}-Methode (56 kg N/ha in 0-60 cm zu Pflanzung) bei einem N-Sollwert von 300 kg N/ha. Vor Pflanzung fand die 1. N-Gabe mit 150 kg N/ha (Yara-Nitrabor) und vier Wochen nach Pflanzung die 2. N-Gabe mit 94 kg N/ha (KAS + Nitrabor) statt. Die Versuchsspritzungen erfolgten unter Verwendung einer Karrenspritze und mit Droplegs (Wasseraufwand: 1000 l/ha) am 22.06., 28.06., 05.07., 13.07. und 20.07.2016. Die Netze der Versuchsvariante VG 8 wurden zum Zweck der mechanischen Unkrautbekämpfung zweimal entfernt und unmittelbar danach wieder aufgelegt. In den Varianten VG 5 - 7 erfolgten nach Netzabnahme parallel zur Unkrautbekämpfung die Versuchsspritzungen, um ein unnötiges Abdecken der Pflanzen zu vermeiden. Vier Wochen vor der Ernte am 07.11.2016 wurden die Rosenkohlpflanzen entspitzt, um eine gleichmäßige Röschenentwicklung anzuregen. Die Datenerfassung während des Kulturverlaufes und zum Kulturende entspricht in Art und Umfang der aus dem Versuchsjahr 2015.

Tab. 12: Versuchsvarianten im AP 3.2 des Versuchsjahres 2016

VG	Behandlung	Wirkstoff	Aufwand	Anwendungszeitpunkt
1	unbehandelte Kontrolle			
2	Movento OD	Spirotetramat	0,48 l/ha	ab L1, 2 x, Abstand 28 Tage
3	Applaud 25 SC	Buprofezin	1,0 l/ha	ab L1, 2 x, Abstand 28 Tage
4	Movento OD + Sivanto Prime	Spirotetramat Flupyradifurone	0,48 l/ha 0,625 l/ha	ab L1, nach 28 Tagen
5	Requiem Prime + Kulturschutznetz	Terpene	5 l/ha	ab L1, 5 x Abstand 7 Tage, Netzauflage nach 1. Zuflug
6	Naturalis + Kulturschutznetz	<i>Beauveria bassiana</i>	1,25 l/ha	ab L1, 5 x Abstand 7 Tage, Netzauflage nach 1. Zuflug
7	Neem Azal-T/S + Kulturschutznetz	Azadirachtin	3 l/ha	ab L1, 3 x Abstand 14 Tage, Netzauflage nach 1. Zuflug
9	Netzauflage	Filbio PA	0,5 x 0,5	vor Zuflug (KW 23) bis 14 Wochen danach

3.3.3 Versuche zur Optimierung der Pflanzenschutzmittelapplikationstechnik (AP 3.3)

Die geringe Effizienz der üblichen chemischen Pflanzenschutzmaßnahmen gegen die Kohlmottenschildlaus ist mitunter bedingt durch die versteckte Lebensweise auf den Blattunterseiten der Wirtspflanzen. Diese Bereiche der Rosenkohlpflanzen sind schwer zu treffende Zielflächen bei der Applikation von Pflanzenschutzmitteln. Die biologische Wirkung ist jedoch nur dann gegeben, wenn der Wirkstoff auch am Wirkort platziert wird. Die trifft insbesondere auf Kontaktmittel zu, die vor allem im ökologischen Anbau von Bedeutung sind. Infolge der von Politik und Handel geforderten gesteigerten Nachhaltigkeit des Gemüsebaus werden zukünftig vermehrt auch im integrierten Anbau anstelle systemischer Pflanzenschutzmittel sog. Biologicals, d.h. biologische Pflanzenschutzmittel mit Kontaktwirkung zum Einsatz kommen. Vor diesem Hintergrund ist es naheliegend, die Applikationstechnik kultur- und schädlingsspezifisch anzupassen, so dass die Leistungsfähigkeit dieser Produkte optimal genutzt werden kann. Folgende Ziele wurden deshalb im AP 3.3 verfolgt: i) Identifizierung der Zielfläche an Rosenkohl bei der chemischen Bekämpfung der Kohlmottenschildlaus und ii) zielflächenspezifische Anpassung der Applikationstechnik zur Absicherung der biologischen Wirksamkeit von Kontaktinsektiziden.

Versuche 2014 Zur Identifizierung der Zielfläche bei der Applikation von Insektiziden zur Bekämpfung der Kohlmottenschildlaus an Rosenkohl wurde im ersten Projektjahr zunächst ein Screening durchgeführt, bei welchem die vertikale Verteilung des Schädlings an der Pflanze untersucht werden sollte. Ähnliche Vorarbeiten erfolgten in der Vergangenheit bereits am GKZ und am JKI Braunschweig im Zusammenhang mit der Quantifizierung eines einheitlichen Boniturschemas (AP 2.3). Unter Berücksichtigung der gewonnenen Erkenntnisse aus dem Screening wurde im Anschluss ein Feldversuch (randomisierte vollständige Blockanlage, 4

Wdh.) zur Optimierung der Pflanzenschutzmittelapplikationstechnik durchgeführt. Untersucht wurde hierbei, wie die Benetzung (und somit biologische Wirkung) von Kontaktmitteln im Zielflächenbereich, d.h. auf den Blattunterseiten von Rosenkohlblättern, erhöht werden kann. Zu diesem Zweck wurden einer Standardvariante (Applikation mit Spritzbalken von oben) zwei Spritzanwendungen mit unterschiedlicher Positionierung von Droplegs gegenübergestellt. Tabelle 13 zeigt die Versuchsvarianten im Detail.

Tab. 13: Versuchsvarianten des AP 3.3 in den Versuchsjahren 2014/2015

VG	Technik	Düse	Geschwindigkeit	Druck	Wasseraufwand
1	Standard-Spritzbalken: Positionierung 50 cm über Bestandeshöhe	FT 2,0-448	2 km/h	3,5 bar	900 l/ha
2	Droplegs_hoch: Positionierung 25 cm unter Bestandeshöhe	FT 2,0-448	3 km/h	3,5 bar	1000 l/ha
3	Droplegs_tief: Positionierung 50 cm unter Bestandeshöhe	FT 2,0-448	3 km/h	3,5 bar	1000 l/ha

Die Pflanzung des Rosenkohls (Sorte: 'Cronus F1', Syngenta) erfolgte am 20.05.2014. Die Parzellengröße betrug 24 m² (3 x 8 m), wobei je Parzelle vier Reihen Rosenkohl mit einem Reihenabstand von 75 x 44 cm (30.300 Pflanzen/ha) etabliert wurden. Bei der Nährstoffversorgung wurde der N_{min}-Gehalt des Bodens zur Pflanzung (89 kg N/ha in 0-60 cm Bodentiefe) und ein N-Sollwert von 300 kg N/ha berücksichtigt. Die N-Gabe erfolgte geteilt in zwei Gaben: 1. Gabe vor Pflanzung mit 131 kg N/ha (KAS) am 19.05.2014 und die 2. Gabe vier Wochen nach Pflanzung mit 80 kg N/ha (KAS) am 17.06.2014. Das Screening zur Identifizierung der Zielfläche an Rosenkohl umfasste die Bonitur von insgesamt 10 zufällig ausgewählten Ganzpflanzen auf den Befall mit der Kohlmottenschildlaus. Jedes Entwicklungsstadium des Schädlings wurde blattweise erfasst, beginnend am Trieb der Rosenkohlpflanze. Entsprechend der daraus abgeleiteten Information zur vertikalen Verteilung einzelner Entwicklungsstadien des Schädlings wurden in Vorbereitung des Hauptversuches zur Optimierung der Applikationstechnik 10 Pflanzen/Parzelle und Wiederholung in drei Blattbereiche eingeteilt (Abb. 8a):

- o *obere Blattetage (0-20 cm, beginnend an Triebspitze der Pflanze)*
- o *mittlere Blattetage (20-40 cm)*
- o *untere Blattetage (ab 40 cm bis Boden)*

In jeder Blattetage wurden im Anschluss zwei Blätter mit unterschiedlicher Ausrichtung (Abb. 8b) für die spätere Quantifizierung des Benetzungsgrades markiert:

- o *Blattposition 1 (Blatt zeigt in die Reihe)*
- o *Blattposition 2 (Blatt zeigt in die Zwischenreihe)*

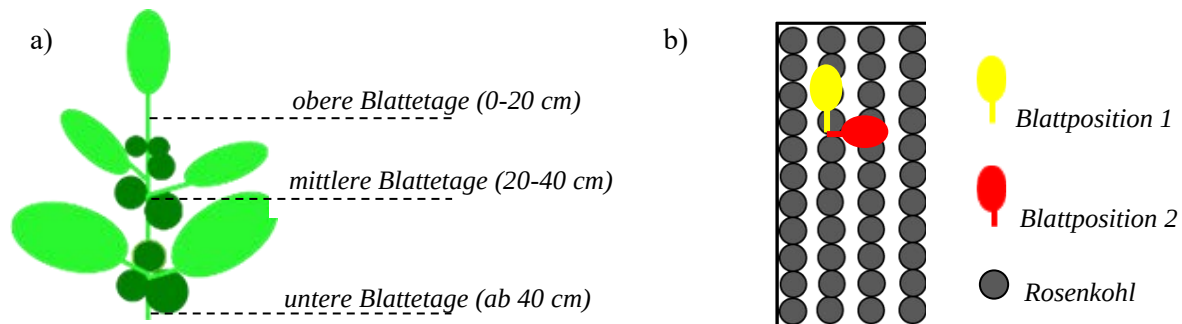


Abb. 8: Einteilung der Rosenkohlpflanzen in drei Blattetagen a) und zwei Blattpositionen b) zur Quantifizierung des Benetzungsgrades in den verschiedenen Pflanzenbereichen

Appliziert wurde das biologische Insektizid: Micula (Biofa) auf Rapsölbasis mit ovizider/larvizider Kontaktwirkung mit einer Aufwandmenge von 18 l/ha. Um die Anlagerung des Kontaktmittels an den Blättern näher zu bestimmen, wurde der Spritzbrühe ein fluoreszierender Tracer (=Markierungsstoff) zugesetzt: Brilliant Lemon CL 2011 (Fast Colours LLP) mit einer Konzentration von 0,5%. Damit aus beiden Komponenten in Kombination mit der jeweiligen Wasseraufwandmenge ein homogenes Gemisch entstand, erfolgte zudem die Zugabe des Netzmittels Brij (2%). Behandelt wurde am 16.09.2014 mit der bisherigen Standardtechnik im Versuchswesen, einer Karrenspritze. Die Klimabedingungen waren zum Zeitpunkt der Applikation die Folgenden: 20,7°C, 73,6 % relative Luftfeuchte und eine Windgeschwindigkeit von 1,5 m/s. Verwendet wurden Zungendüsen des Kalibers FT 2,0-448 (Düsenabstand: 75 cm) bei einer Fahrgeschwindigkeit von 2 km/h (Standard) und 3 km/h (Droplegs), um Brühmengen von 900 l/ha (Standard) und 1000 l/ha (Droplegs) auszubringen. Nach Applikation und Trocknung der Spritzbrühe wurden die markierten Blätter entnommen. Da ausschließlich der Benetzungsgrad der Blattunterseiten quantifiziert werden sollte, erfolgte vor der Entnahme eine mechanische Korrektur der Blätter im Feld. Dazu wurden alle Blattbereiche eines Blattes entfernt, die optisch, z.B. durch Einrollen der Blattränder oder Drehen des gesamten Blattes, nicht mehr als Blattunterseite zu definieren waren.

Um die Qualität der Anlagerung der Spritzbrühe zu bewerten, wurden die Blätter nach der Ernte auf einer roten Unterlage unter Kunstlicht und Schwarzlicht fotografiert (Canon EOS 500D). Zusätzlich wurden in regelmäßigen Abständen (bei gleicher Kameraposition und Objektiveinstellung) Referenzflächen einer definierten Größe (grüne Quadrate, 10x10 cm) auf dem roten Hintergrund unter Kunstlicht aufgenommen.

Der fluoreszierende Tracer ist unter Schwarzlicht sichtbar und vermittelt somit einen optischen Eindruck über die Verteilung des Spritzbelages auf dem Blatt. Der exakte Benetzungsgrad (%), d.h. der Anteil benetzter Blattfläche an der Gesamtblattfläche, wurde mittels digitaler Bildanalyse unter Verwendung der Software Easy Leaf Area (EASLON & BLOOM, 2014) ermittelt. Die Software wird ursprünglich für die Bestimmung von Blattflächen genutzt (siehe AP 3.2). Vor dem Hintergrund der in AP 3.3 im Fokus stehenden Quantifizierung von Benetzungsgraden wurde ELA in seinen Funktionen „zweckentfremdet“ und der Versuchsfrage entsprechend modifiziert. Um die Blattfläche in cm² auszugeben, erfordert ELA grundsätzlich auf jedem Bild eine rote Referenzfläche mit bekannter Größe. Nach Vornahme der entsprechenden Einstellungen in ELA wurde die rote Unterlage als Referenzfläche detektiert und die ermittelte Pixelanzahl ausgegeben. Vorab erfolgte eine Aufbereitung der Bilder unter Kunstlicht mit der Software Irfan View (Version 4.38) und dem Plug-In „vignette corrector“. Dieser Zwischenschritt war erforderlich, da die Grundfläche beim Fotografieren der Blätter unregelmäßig ausgeleuchtet war und die Bilder dunkelrote/braune Bildbereiche in den Ecken aufwiesen, welche ELA oft nicht als rote Referenzfläche erkannte. Im nächsten Arbeitsschritt wurden die Schwarzlicht-Bilder mit Irfan View bearbeitet. Sowohl der Hintergrund als auch die unbenetzte Blattfläche wurden rot eingefärbt (und von ELA als Referenzfläche mit entsprechender Pixelanzahl erkannt), während die benetzte Blattfläche durch Änderung der Kontrasteinstellungen einen grünen Farbton aufwies. Die Differenz zur Gesamtpixelanzahl des Bildes (identischer Wert für alle Bilder) entsprach dann der Pixelanzahl der Zielfläche (Blattfläche oder benetzte Blattfläche (=Tracerfläche)). Die Umrechnung der Pixelanzahl in cm² erfolgte mithilfe der auf gesonderten Fotos befindlichen Referenzfläche (grünes Quadrat, 10x10 cm). Die Pixelanzahl der grünen Quadrate wurde nach entsprechender Veränderung der Einstellungen in ELA ermittelt, so dass aus dem Quotienten von Referenzfläche (100 cm²) und deren Pixelanzahl ein Umrechnungsfaktor (cm²/Pixel) berechnet werden konnte.

Versuche 2015 Im zweiten Projektjahr fand eine Wiederholung des Versuchs aus 2014 zur Optimierung der Applikationstechnik statt. Die Fragestellung und Versuchsvarianten blieben dabei unverändert (Tab. 13). Infolge von Engpässen bei der Beschaffung des Saatgutes der Rosenkohlsorte ‘Cronus F1’, musste 2015 jedoch auf eine andere Sorte ausgewichen werden (‘Crispus F1’, Syngenta). Die Pflanzung erfolgte dem Versuchsdesign des Vorjahres entsprechend am 12.05.2015. Der N_{min}-Gehalt des Bodens zur Pflanzung betrug 36 kg N/ha in 0 - 60cm Bodentiefe. Die N-Düngung wurden nach einem N-Sollwert von 300 kg N/ha in zwei Gaben durchgeführt: 1. Gabe vor Pflanzung mit 164 kg N/ha (KAS) am 11.05.2015 und die 2. Gabe vier Wochen nach Pflanzung mit 100 kg N/ha am 05.06.2015. Behandelt wurde am 18.08.2015, etwa einen Monat früher als im letzten Versuchsjahr. Zu diesem Zeitpunkt war der Bestand noch nicht so weit entwickelt und ließ sich im Zwischenreihenbereich besser mit der Dropleg-Technik durchdringen. Die Klimabedingungen zum Zeitpunkt der Applikation waren

die Folgenden: 23,3°C, 52,5 % relative Luftfeuchte und 0,9 m/s Windgeschwindigkeit. Die Spritzbrühe enthielt die gleichen Komponenten und Aufwandmengen bzw. -Konzentrationen wie 2014. Der Einfluss der Applikationstechnik auf den Benetzungsgrad der Blattunterseiten wurde differenziert nach drei Blattetagen und zwei Blattpositionen erfasst (Abb. 8a und 8b). Die Ernte, einschließlich der mechanischen Korrektur der Blattproben, und die Quantifizierung des Benetzungsgrades unter Verwendung der digitalen Bildanalyse-Software ELA erfolgten analog der Methodik des Vorjahres.

Zusätzlich wurde im Projektjahr 2015 ein weiterer Satellitenversuch (ohne Wiederholungen) angelegt, welcher an das Screening zur Identifizierung der Zielfläche bei der Bekämpfung der Kohlmottenschildlaus an Rosenkohl anknüpfte und weitere Erkenntnisse liefern sollte. Gegenstand der Untersuchung war die sortenspezifische Verteilung der Kohlmottenschildlaus, speziell der Larvenstadien, an den Blattober- und Blattunterseiten der Rosenkohlpflanzen. Es wurde der Frage nachgegangen, ob sich der Schädling tatsächlich vorrangig in versteckter Lebensweise auf den Blattunterseiten aufhält oder auch andere Blattbereiche betroffen sind. Bedeutend ist in diesem Zusammenhang auch der Einfluss der Pflanzenmorphologie, insbesondere der sortenspezifischen Blattformen und Blattstellungen von Rosenkohlpflanzen, auf die Besiedlung des Blattes mit der Kohlmottenschildlaus. Die Kontrollparzellen des Hauptversuches zur Applikationstechnik 2015 wurden genutzt, um insgesamt acht verschiedene Rosenkohlsorten ('Cronus', 'Doric', 'Nautic', 'Cyrus', 'Bright', 'Esperal', 'Genius', 'Octia'), alle F1-Hybriden, entsprechend der o.g. Fragestellungen zu untersuchen. Die Bonitur wurde an fünf Pflanzen je Sorte durchgeführt. Dabei erfolgte vorab die Einteilung der Pflanzen in drei Blattetagen (Abb. 8a), wobei aus jeder Blattetage ein zufällig ausgewähltes Blatt für die Datenerfassung genutzt wurde. Im Anschluss wurden die Blätter optisch in vier verschiedene Blattbereiche eingeteilt (Abb. 9): Blattunterseite (Blattunterseite normal und Blattunterseite gedreht) und Blattoberseite (Blattoberseite normal, Blattoberseite gedreht).



Abb. 9: Untersuchte Blattbereiche zur sortenspezifischen Quantifizierung des Larvenbesatzes an Rosenkohlblättern

Um den Anteil (%) der Blattbereiche „Blattunterseite normal“ und „Blattunterseite gedreht“ an der Gesamtblattfläche (cm^2) zu definieren, wurden die Blattstücke mit einer Schere entsprechend der beiden Kategorien differenziert und nachfolgend auf einer weißen Unterlage zusammen mit einer roten Referenzfläche definierter Größe fotografiert (Canon EOS 500D). Die Auswertung der Fotos und die Bestimmung der Blattflächen (cm^2) für jeden Blattbereich erfolgten unter Verwendung der digitalen Bildanalyse-Software ELA nach EASLON & BLOOM (2014). Nachfolgend wurde der Anteil (%) an Larven der Kohlmottenschildlaus für jeden der vier Blattbereiche durch Auszählen bestimmt.

Versuche 2016 Im letzten Versuchsjahr wurden in einem Screening (randomisierte Blockanlage ohne Wiederholungen) neben der Applikationstechnik weitere Einflussfaktoren zur Verbesserung der Applikationsqualität untersucht. Im Fokus standen die Parameter Technik (Standard vs. Droplegs), Düsentyp, -kaliber, -ausrichtung, Druck und Wasseraufwandmengen, sowie zwei Rosenkohlsorten mit unterschiedlicher Blattstellung und Blattform. Die Versuchsvarianten sind Tabelle 14 zu entnehmen.

Die Pflanzung des Rosenkohls (Sorten: ‘Crispus F1’ und ‘Martinus F1’, Syngenta, ungebeizt) erfolgte am 04.05.2016. Die Versuchsanlage (Parzellengröße und Pflanzdichte) erfolgte analog zum Vorjahr. Bei der Nährstoffversorgung wurde der $N_{\min}$ -Gehalt des Bodens zur Pflanzung (35 kg N/ha in 0 - 60 cm Bodentiefe) und ein N-Sollwert von 300 kg N/ha berücksichtigt. Die N-Gabe erfolgte geteilt in zwei Gaben: 1. Gabe vor Pflanzung mit 165 kg N/ha (KAS) am 04.05.2016 und die 2. Gabe vier Wochen nach Pflanzung mit 100 kg N/ha (KAS) am 31.05.2016. Behandelt wurde entsprechend der Versuchsvarianten mit einer Karrenspritze am 15.08.2016. Die Fahrgeschwindigkeit betrug 2 km/h (Standard) und 3 km/h (Droplegs), um Brühmengen von 900 l/ha (Standard) und 1000 l/ha (Droplegs) auszubringen. Bei der Applikation wurde ein Arbeitsdruck von 3 bar eingehalten (4 bar bei VG 3.1/3.2 aufgrund der Düsenkaliber). Die Klimabedingungen waren zum Zeitpunkt der Applikation die Folgenden:

17°C, 80 % relative Luftfeuchte und eine Windgeschwindigkeit von 1,3 m/s. Die Spritzbrühe enthielt die gleichen Komponenten und Aufwandmengen bzw. Konzentrationen wie 2014 und 2015. Der Einfluss der Applikationstechnik auf den Benetzungsgrad der Blattunterseiten wurde differenziert nach zwei Blattetagen (obere und mittlere Blattetage) und zwei Blattpositionen erfasst (Abb. 8a und 8b). Die Ernte, einschließlich der mechanischen Korrektur der Blattproben, und die Quantifizierung des Benetzungsgrades unter Verwendung der digitalen Bildanalyse-Software ELA erfolgten analog der Methodik des Vorjahres.

Tab. 14: Versuchsvarianten des AP 3.3. im Versuchsjahr 2016

VG	Sorte	Technik	Düse	Beschreibung
1.1	Crispus	Spritzbalken	IDK 120-04	Injektordüse, sehr grobtropfig
1.2	Martinus	Spritzbalken	IDK 120-04	Injektordüse, sehr grobtropfig
2.1	Crispus	Droplegs	DF 120-04	Doppelflachstrahl, feintropfig, 25 cm unter Bestandeshöhe
2.2	Martinus	Droplegs	DF 120-04	Doppelflachstrahl, feintropfig, 25 cm unter Bestandeshöhe
3.1	Crispus	Droplegs	LU 120-03	Flachstrahl, mitteltropfig, 25 cm unter Bestandeshöhe
3.2	Martinus	Droplegs	LU 120-03	Flachstrahl, mitteltropfig, 25 cm unter Bestandeshöhe
4.1	Crispus	Droplegs	FT 2,0-448	Zugendüse, feintropfig, 25 cm unter Bestandeshöhe, Ausrichtungswinkel I (45°)
4.2	Martinus	Droplegs	FT 2,0-448	Zugendüse, feintropfig, 25 cm unter Bestandeshöhe, Ausrichtungswinkel I (45°)
5.1	Crispus	Droplegs	FT 2,0-448	Zugendüse, feintropfig, 25 cm unter Bestandeshöhe, Ausrichtungswinkel II (90°)
5.2	Martinus	Droplegs	FT 2,0-448	Zugendüse, feintropfig, 25 cm unter Bestandeshöhe, Ausrichtungswinkel II (90°)
6.1	Crispus	Droplegs	ID 120-04	Injektorflachstrahl, sehr grobtropfig, 25 cm unter Bestandeshöhe
6.2	Martinus	Droplegs	ID 120-04	Injektorflachstrahl, sehr grobtropfig, 25 cm unter Bestandeshöhe
7.1	Crispus	Droplegs II	FT 1,0-368	Düsenstock 2 Ebenen, 25 cm und 46 cm unter Bestandeshöhe
7.2	Martinus	Droplegs II	FT 1,0-368	Düsenstock 2 Ebenen, 25 cm und 46 cm unter Bestandeshöhe
8.1	Crispus	Spritzbalken + Droplegs II	IDKT 120-04 + FT 1,0-368	Kombination Spritzbalken + Düsenstock mit 2 Ebenen
8.2	Martinus	Spritzbalken + Droplegs II	IDKT 120-04 + FT 1,0-368	Kombination Spritzbalken + Düsenstock mit 2 Ebenen

Im Rahmen einer Masterarbeit in Kooperation mit der Universität Rostock wurde 2016 zusätzlich ein Satellitenversuch mit der Fragestellung durchgeführt, welchen Einfluss die Applikationsqualität eines Kontaktmittels auf dessen Wirkung bei der Bekämpfung der Kohlmottenschildlaus hat. Zu diesem Zweck wurde der Wirkeintritt und die Wirkdauer ausgewählter biologischer Insektizide mit unmittelbarer Kontaktwirkung (Micula, Spruzit Neu, Neudosan

Neu) unter kontrollierten Bedingungen nach der Methode von MELAMED-MADJAR et al. (1984) quantifiziert.

3.3.4 Konzept und Versuch zur „Offenen Nützlingszucht“ (AP 3.4/AP 3.5)

Der heimische Nützling *Encarsia tricolor* besitzt ein hohes Potenzial zur Regulierung der Kohlmottenschildlaus. Da sich die Nützlingspopulation erst nach der Besiedlung des Rosenkohls mit der Weißen Fliege aufbauen kann, reicht die Vermehrungsrate dieser Schlupfwespen nicht aus, um die Kohlmottenschildlaus ausreichend zu kontrollieren. Ein innovativer Ansatz insbesondere für den ökologischen Anbau ist die vorzeitige Etablierung eines Ersatzwirtes, welcher den Rosenkohl nicht befällt, aber gute Vermehrungsoptionen für *E. tricolor* bietet.

Im ersten Projektjahr wurde deshalb der Frage nachgegangen, welcher Alternativwirt sich für die parasitische Schlupfwespe *E. tricolor* eignet und an welcher Kultur sich dieser frühzeitig etablieren lässt. Nach Auswertung der Literaturrecherche fiel die Wahl auf die Gierschmottenschildlaus *Aleyrodes lonicerae*, welche im zeitigen Frühjahr an Erdbeerpflanzen in unmittelbarer Nähe zu Rosenkohl etabliert wurde. Zu diesem Zweck wurden am 15.04.2014 im Versuchsgewächshaus des GKZ 120 Erdbeerpflanzen getopft und künstlich mit adulten Tieren der Mottenschildlaus *A. lonicerae* infiziert. Nach Etablierung der Gierschmottenschildlaus an den Erdbeerpflanzen im Gewächshaus wurden diese am 13.05.2014 mit einer Pflanzdichte von 50 x 30 cm ausgepflanzt. Hierzu wurde eine Fläche von 4,5 x 3 m am Rand einer Versuchsparzelle genutzt. In Vorbereitung der Pflanzung erfolgte eine Pflanzbettbereitung mit der Kreiselegge und eine N-Düngung von 50 kg N/ha (KAS). Eine Woche später fand die Pflanzung von Rosenkohl (Sorte: 'Cronus F1', Syngenta, ungebeizt) direkt neben den Streifen mit Erdbeerpflanzen statt. Die Parzellengröße betrug 36 m² (4,5 x 8 m) und die Pflanzdichte 37.037 Pflanzen/ha (50 x 54 cm Reihenabstand). Das Versuchsdesign entsprach einer randomisierten vollständigen Blockanlage mit vier Wiederholungen. Bei der Nährstoffversorgung wurde der N_{min}-Gehalt des Bodens zur Pflanzung (54 kg N/ha in 0-60 cm Bodentiefe) und ein N-Sollwert von 300 kg N/ha berücksichtigt. Die N-Gabe erfolgte geteilt in zwei Gaben: 1. Gabe vor Pflanzung mit 146 kg N/ha (KAS) am 19.05.2014 und die 2. Gabe vier Wochen nach Pflanzung mit 100 kg N/ha (KAS) am 17.06.2014. Während des Kulturverlaufs wurden 14-täglich 20 Erdbeerpflanzen auf den Besatz mit *A. lonicerae* und Parasitierungen untersucht. Nach dem Zuflug der Kohlmottenschildlaus und der beginnenden Larvenentwicklung im Rosenkohl erfolgte monatlich eine Kontrolle von fünf Pflanzen je Parzelle und Wiederholung auf parasitierte KMSL-Larven entsprechend des Boniturschemas aus AP 2.3. Der Tastversuch musste im August abgebrochen werden, da sich keine ausreichend große Population von *A. lonicerae* an den Erdbeerpflanzen aufbauen konnte. Ursächlich waren hier wahrscheinlich ungünstigere Klimabedingungen und die geringe Eignung von Erdbeerpflanzen als „banker plants“ für die Gierschmottenschildlaus. Eine Fortführung des Versuchs in den Projektjahren 2015 und 2016

fand entgegen dem ursprünglichen Arbeitsplan aus Mangel an belastbaren Ergebnissen, die einen Transfer in die Praxis erlaubt hätten, nicht statt.

3.4 Integration neuer Bekämpfungsverfahren in bestehende ökologische und konventionelle Anbauverfahren der Praxis (AP 4)

Neben den innerhalb des Projektes selbst erarbeiteten Verfahren zu Lebendmulchsystemen, der Terminierung von Kulturmaßnahmen, der „Offenen Nützlingszucht“ und der Optimierung von Pflanzenschutzmittelapplikationen sollten im AP 4 zusätzlich erfolgversprechende Maßnahmen aus den Teilprojekten „Neue Ansätze zur Bekämpfung der Kohlmottenschildlaus (*Aleyrodes proletella*) einem Problemschädling im Kohlanbau“ (2812NA022) und „Förderung der funktionellen Biodiversität zur Bekämpfung der Kohlmottenschildlaus“ (2812NA016) selektiert und in existierende Anbauverfahren integriert werden. Zu diesem Zweck wurde 2016 ein projektübergreifender Pilotversuch angelegt, in welchem verschiedene Regulierungsansätze aus allen Teilprojekten berücksichtigt und zu einer optimierten Bekämpfungsstrategie für die Kohlmottenschildlaus im ökologischen und integrierten Anbau zusammengeführt wurden.

Pilotstudie: Strategiever such zur Bekämpfung der Kohlmottenschildlaus an Rosenkohl

Der Versuch wurde 2016 variantengleich am GKZ in Gülzow und am JKI Braunschweig durchgeführt. Folgende erfolgversprechende Ansätze der einzelnen Teilprojekte wurden zu verschiedenen Bekämpfungsstrategien kombiniert:

- o Bekämpfungsschwellen (2812NA020)
- o Kulturschutznetze (2812NA046)
- o Applikationstechnik – Droplegs (2812NA046)
- o Banker Plants (2812NA016)
- o Sortenresistenz (2812NA022)

Die Versuchsanlage erfolgte ohne Wiederholungen. Um die gegenseitige Beeinflussung der Parzellen untereinander zu minimieren, wurden diese variantenweise auf verschiedenen Schlägen des Versuchsfeldes in Gülzow angelegt. Eine Übersicht der Versuchsvarianten ist Tabelle 15 zu entnehmen.

Tab. 15: Versuchsvarianten des Pilotversuchs in AP 4

VG	Strategie	Anwendung	Pflanzenschutz	Technik	Banker Plants	Sorte
1	Öko-Standard	Kohlfliegen-Netz (1,3 x 1,3 mm)	nur gegen andere Schädlinge	Spritzbalken	nein	Igor
2	Öko-Optimal	KMSL-Netz (0,5 x 0,5 mm)	Notfall-Intervention: Micula, Neudosan	Spritzbalken	ja	Genius
3	IPM-Standard	25% BS	Movento-Teppeki-Teppeki-Mospilan-Movento	Spritzbalken	nein	Igor
4	IPM-Optimal	25% BS (1. Anw.) 80% BS (ff. Anw.)	Movento Teppeki-Teppeki-Movento	Spritzbalken Droplegs-Droplegs-Spritzbalken	ja	Genius
5	Kontrolle-Standard	-	-	-	-	Igor

Versuchsdurchführung der Varianten 1, 3 und 5

Die Pflanzung erfolgte am 26.05.2016, wobei eine Standardsorte ('Igor F1', Hild) mit normaler Anfälligkeit gegenüber der Kohlmottenschildlaus gewählt wurde. Die Parzellengröße betrug 36 m² (4,5 x 8 m), die Pflanzdichte 30.300 Pflanzen/ha (75 x 44 cm Reihenabstand). Bei der Nährstoffversorgung wurde der N_{min}-Gehalt des Bodens zur Pflanzung und ein N-Sollwert von 300 kg N/ha berücksichtigt. Die Ernte erfolgte am 15.11.2016. Zum Kulturrende der Anteil marktfähiger Ernteware nach Verschmutzungsklassen (Tab. 4) und das Gewicht der (marktfähigen) Ernteware (dt/ha) nach Größenklassen (Tab. 5) bestimmt.

- o *Öko-Standard*
 - N-Düngung vor Pflanzung: 225 kg N/ha (HMP)
 - Netzauflage (1,3mm) ab Pflanzung bis 02.08.2016
 - Bonituren: ab Netzabnahme bis September, monatlich Bonitur der Parasitierungsrate an 10 Rosenkohlpflanzen: Puparien (unparasitiert + parasitiert) + Blattanzahl
- o *IPM-Standard*
 - N-Düngung geteilt in 2 Gaben: vor Pflanzung mit 176 kg N/ha (KAS), vier Wochen nach Pflanzung mit 100 kg N/ha (KAS)
 - Pflanzenschutz nach Versuchsplan (Tab. 14): 24.06./11.07./08.08./23.08./12.09.2016
 - Bonituren: Bekämpfungsschwelle: ab Pflanzung, 14-täglich Anteil mit Larven befallener Pflanzen (n=20), Parasitierungsrate: ab Juli bis September, monatlich Bonitur der Parasitierungsrate an 10 Rosenkohlpflanzen: Puparien (unparasitiert + parasitiert) + Blattanzahl
- o *Kontrolle*
 - N-Düngung geteilt in 2 Gaben: vor Pflanzung mit 184 kg N/ha (KAS), vier Wochen nach Pflanzung mit 100 kg N/ha (KAS)
 - Bonituren: Parasitierungsrate: ab Juli bis September, monatlich Bonitur der Parasitierungsrate: Puparien (unparasitiert + parasitiert) + Blattanzahl

Versuchsdurchführung der Varianten 2 und 4

Als Sorte mit verringerter Anfälligkeit gegenüber der Kohlmottenschildlaus wurde 'Genius F1' (Syngenta) gewählt. Die Pflanzung fand am 26.05.2016 statt. Die Parzellengröße betrug 36 m² (4,5 x 8 m), die Pflanzdichte 30.300 Pflanzen/ha (75 x 44 cm Reihenabstand). Direkt neben die Parzellen wurde eine Reihe (12 m²) mit Kürbispflanzen (Sorte: 'Uchiki Kuri', infiziert mit *Trialeurodes vaporariorum* und *Encarsia tricolor*) etabliert. Bei der Nährstoffversorgung wurde der N_{min}-Gehalt des Bodens zur Pflanzung und ein N-Sollwert von 300 kg N/ha (Rosenkohl) bzw. 140 kg N/ha (Kürbis) berücksichtigt. Die Ernte erfolgte am 15.11.2016. Zum Kulturrende wurde der Anteil marktfähiger Ernteware nach Verschmutzungsklassen (Tab. 4) und das Gewicht der (marktfähigen) Ernteware (dt/ha) nach Größenklassen (Tab. 5) bestimmt.

o Öko-Optimal

- N-Düngung vor Pflanzung: 225 kg N/ha Rosenkohl bzw. 97 kg N/ha Kürbis (HMP)
- Netzaufgabe (0,5 mm) ab Pflanzung bis 02.08.2016
- Bonituren: ab Netzaufnahme bis September, monatlich Bonitur der Parasitierungsrate an 10 Rosenkohlpflanzen und 6 Kürbisblättern: Puparien (unparasitiert + parasitiert) + Blattanzahl

o IPM-Optimal

- N-Düngung geteilt in 2 Gaben (Kürbis: 1 Gabe): vor Pflanzung mit 166 kg N/ha Rosenkohl bzw. 106 kg N/ha Kürbis (KAS), vier Wochen nach Pflanzung nur Rosenkohl mit 100 kg N/ha (KAS)
- Pflanzenschutz nach Versuchsplan (Tab. 14): 24.06./08.08./23.08./12.09.2016
- Bonituren: Bekämpfungsschwelle: ab Pflanzung, 14-täglich Anteil mit Larven befallener Pflanzen (n=20), Parasitierungsrate: ab Juli bis September, monatlich Bonitur der Parasitierungsrate an 10 Rosenkohlpflanzen und 6 Kürbisblättern: Puparien (unparasitiert + parasitiert) + Blattanzahl

3.5 Auswertung der Daten

Die analytische Auswertung der Daten erfolgte soweit nicht anders beschrieben mit der statistischen Softwareumgebung R, Version 3.3.0 (R CORE TEAM, 2017). In der überwiegenden Anzahl der Fälle wurde nach Prüfung der Residuen auf Homogenität und Normalverteilung eine Varianzanalyse unter Verwendung linearer gemischter Modelle (LLM) durchgeführt. Signifikante Unterschiede wurden statistisch (Paket 'agricolae') mit Tukey's post-hoc Test ($p \leq 0,05$) untersucht.

4 Ausführliche Darstellung der wichtigsten Ergebnisse

4.1 Bekämpfungsschwellen (AP 2.1)

4.1.1 Befall mit der Kohlmottenschildlaus

Die Berücksichtigung von Bekämpfungsschwellen bei der Applikation von Insektiziden gegen die Kohlmottenschildlaus bewirkte eine Befallsreduzierung gegenüber der unbehandelten Kontrolle von 74,2 % im Mittel der Varianten. Die Anzahl der Behandlungen mit Movento OD in den Varianten BS 25 % und BS 50 % war identisch (jeweils vier Applikationen, siehe Punkt 3.2.1, Tab. 2). Beide Behandlungen wiesen mit durchschnittlich 197,8 bzw. 149,0 Larven/Blatt ein verringertes Befallsniveau (27,3 % bzw. 37,7 %) im Vergleich zur Kontrolle auf, wichen jedoch nicht signifikant von der Betriebsroutine ab (Abb. 10, Tab. 16). Letztere zeigte trotz Einsparung von zwei Behandlungen mit Movento OD (siehe Punkt 3.2.1, Tab. 2) eine tendenziell bessere Wirksamkeit und erreichte einen Larvenbefall von durchschnittlich 12,3 % (64,4 Larven/Blatt) des Befallsniveau der unbehandelten Kontrolle (Abb. 10, Tab. 16).

Tab. 16: Einfluss der Behandlungen auf den Schädlingsbefall, Verschmutzungsgrad Ganzpflanze, Gesamt- und Marktertrag von Rosenkohl (Mittelwerte und Standardabweichung; verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, Tukey's post-hoc Test, $p \leq 0,05$)

Variante	Befall (Larven/Blatt)	Verschmutzungsgrad ¹⁾ (Note 1-5)	Gesamtertrag ²⁾ (dt/ha)	Marktertrag ³⁾ (dt/ha)
Kontrolle	530,6 a	3,0 a	151,7 a	68,1 a
Routine	65,5 b	2,4 a	147,6 a	79,2 a
BS 25 %	197,8 b	2,6 a	166,6 a	64,3 a
BS 50 %	147,0 b	2,6 a	158,0 a	77,0 a

¹⁾ Ganzpflanze nach Tab. 3

²⁾ Frischmasse

³⁾ Frischmasse, Röschen der Verschmutzungsklasse 1, ohne Berücksichtigung der Größenklassifizierung

4.1.2 Verschmutzung und Ertrag

Die Effekte der Behandlungen auf den Kohlmottenschildlausbefall waren bei der Bonitur des Verschmutzungsgrades der Rosenkohlpflanzen nicht mehr statistisch nachweisbar (Abb. 10, Tab. 16). Tendenziell wurden die Pflanzen der unbehandelten Kontrolle als am stärksten verschmutzt eingestuft (Boniturnote 3,0), wobei das Niveau der Verschmutzung im mittleren Bereich einzuordnen ist. Die Variante Betriebsroutine erreichte bei geringstem Larvenbesatz/Blatt auch die beste Beurteilung bei der Bonitur des Verschmutzungsgrades der Pflanzen (Boniturnote 2,4), gefolgt von den Varianten BS 50 % BS 25 % (jeweils Boniturnote 2,6). Die Ertragsqualität war deutlich durch den Rußtaubelag auf den Röschen beeinträchtigt. Der Anteil des vermarktungsfähigen Ertrages (Röschen der Verschmutzungsklasse 1 nach Tab. 4 und Größenklasse 2 + 3 nach Tab. 5) am Gesamt-Bruttoertrag wurde in den Varianten Betriebsroutine und BS 50 % zwar geringfügig, aber nicht signifikant im Vergleich zur unbehandelten

Kontrolle gesteigert (Abb. 11, Tab. 16). In allen Varianten fiel durch starken Kohlfiegenbefall in den Parzellen eine beachtliche Menge (135,1 dt/ha, Ergebnis nicht dargestellt) an Abfall (Verschmutzungsstufe 3 nach Tab. 4) an. Es zeigte sich kein statistisch abgesicherter Einfluss der Behandlungen auf den Gesamt-Bruttoertrag (Tab. 16). Dennoch erzielten die Varianten BS 25 % und BS 50 % mit 166,6 und 158,0 dt/ha einen Mehrertrag von 12,9 % bzw. 7,0 % im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle (Abb. 12).

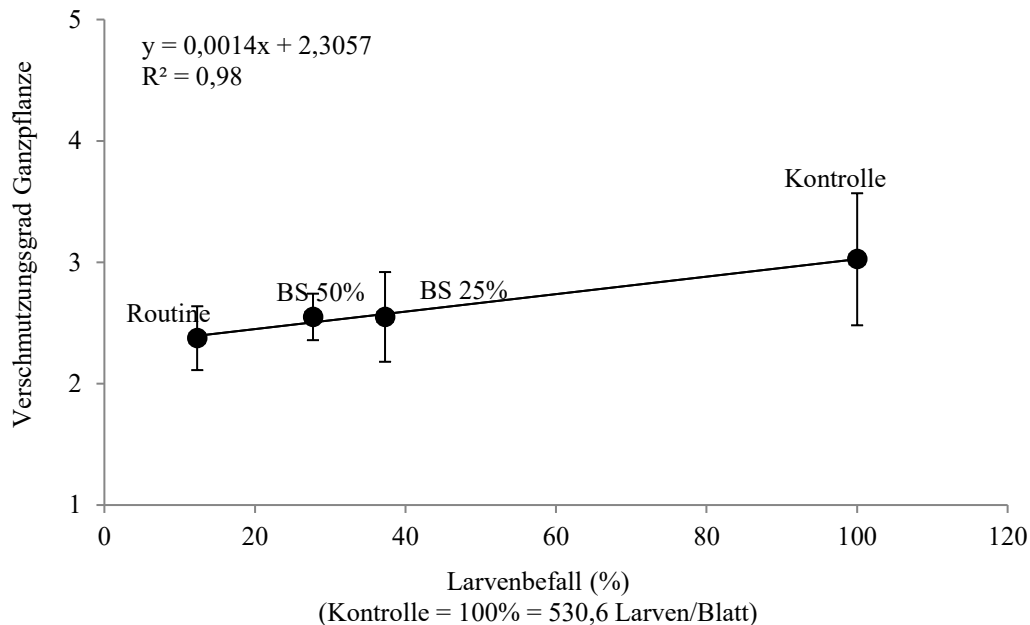


Abb. 10: Beziehung zwischen Larvenbefall (%) und Verschmutzungsgrad der Ganzpflanze nach Boniturnoten 1-5 ($\bar{x} \pm SD$) zur Ernte

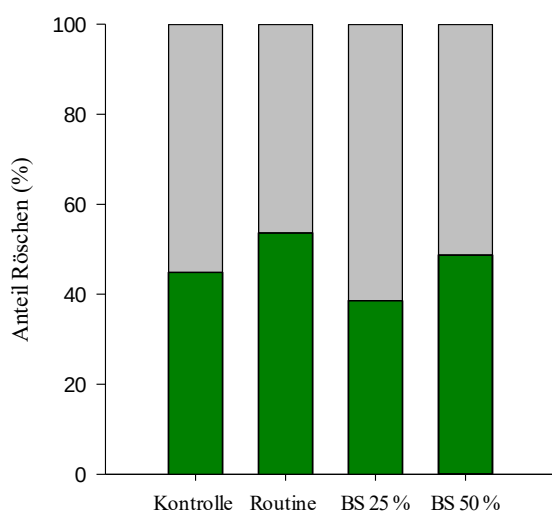


Abb. 11: Anteil vermarktbarer (grün) und verschmutzter (grau) Röschen (%) am Gesamt-Bruttoertrag nach Behandlungsvarianten

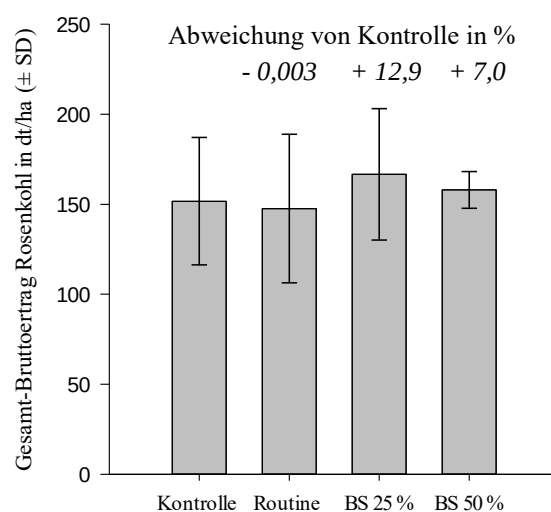


Abb. 12: Gesamt-Bruttoertrag ($\bar{x} \pm SD$) des Rosenkohls (n = 10) in dt/ha und Abweichung (%) der Behandlungen von der Kontrolle

4.2 Monitoring des Migrationsverhaltens (AP 2.2)

4.2.1 Populationsentwicklung von *A. prolella* im Winterraps

Versuchsjahr 2014 Die phänologische Entwicklung des Winterrapses verlief an allen untersuchten Standorten nahezu identisch, so dass die Ernten Ende Juli 2014 etwa zum gleichen Zeitpunkt stattfanden. Trotz jener Regelmäßigkeiten im Kulturverlauf der Rapspflanzen, wurden Unterschiede hinsichtlich des ersten Auftretens der Kohlmottenschildlaus in den Beständen deutlich. Während die ersten Larven des Schädlings auf den Flächen ‚Sarmstorf‘ und ‚Gülzow_2‘ bereits Ende Mai gefunden wurden, traten diese auf den Flächen ‚Gülzow_1‘ und ‚Mühl Rosin‘ erst Anfang Juni, um ca. zwei Wochen verzögert, auf. Generell konnte beobachtet werden, dass sich vom Frühjahr bis zur Ernte im Juli insgesamt zwei Generationen der Kohlmottenschildlaus im Winterraps entwickelten. Die Anzahl der Larven stieg dabei kurz nach dem ersten Auftreten Ende Mai/Anfang Juni stark an, gefolgt von einem zweiten Anstieg in den ersten Juli-Wochen. Der Standort ‚Gülzow_2‘ bildet in diesem Zusammenhang eine Ausnahme. Die Ursache ist wahrscheinlich darin zu suchen, dass dieser Rapsbestand als Teil eines Versuchsfeldes der Landesforschungsanstalt in Gülzow nicht die natürliche Umwelt einer kommerziell angelegten Winterrapsfläche widerspiegelt (Abb. 13a). Die Ergebnisse des Nachernte-Monitorings auf den Flächen ‚Mühl Rosin‘ und ‚Gülzow_2‘ lassen vermuten, dass die Kohlmottenschildlaus unter günstigen Bedingungen in der Lage ist, sich an auflaufendem Ausfallraps oder neu austreibenden Rapsstoppeln zu entwickeln (Abb. 13b).

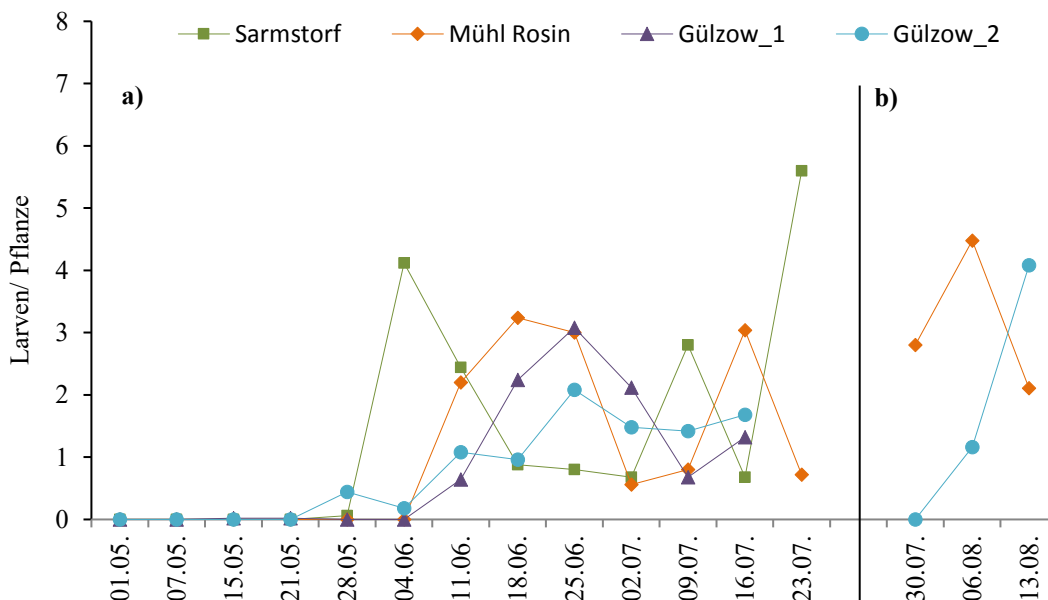


Abb. 11: Entwicklung des Kohlmottenschildlaus-Larvenbesatzes ($\bar{x}$) an Winterraps verschiedener Standorte im Versuchsjahr 2014: a) vor der Rapsernte ($n = 50/25$) und b) nach der Rapsernte an Ausfallraps ($n = 25$)

Versuchsjahr 2015 Im zweiten Versuchsjahr wurden an keinem der untersuchten Standorte Entwicklungsstadien der Kohlmottenschildlaus im Winterraps-Hauptbestand gefunden. Erst bei den Bonituren entlang der Fahrgassen am 16.07.2015 und am Ausfallraps am 01.09.2015 konnten Daten zur Befallsituation erhoben werden. Während der Abreife des Hauptbestandes und dem damit einhergehenden Blattverlust findet die Kohlmottenschildlaus an verzögert entwickelten Pflanzen entlang der Fahrgasse und der Vorgewende neue potenzielle Besiedlungsflächen. Auf allen Flächen wurden adulte Tiere, Eigelege und Larven verschiedener Stadien entdeckt, wobei die Pflanzen in „Mühl Rosin“ das höchste Befallsniveau mit im Mittel 32,9 Larven/Pflanze aufwiesen (Tab. 17). Die Auswertung der Luftbildaufnahme (UAV-Drohne) am Standort „Sarmstorf“ verdeutlicht, dass die Abreife der Winterrapspflanzen innerhalb eines Bestandes äußerst heterogen verlaufen kann. Der erhobene Vegetationsindex (VARI) ist visuell in Abbildung 14 dargestellt und zeigt Bereiche mit hohem Vegetationsanteil (blau) v.a. im Fahrgassenbereich („Tramline-Effekt“), während sich Pflanzen anderer Teilbereiche bereits großflächig in der Abreife befinden (grün-gelb). Der Anteil der Fahrgasse an der Gesamtfläche in Sarmstorf beträgt nach eigenen Berechnungen etwa 7 - 8 %. Generell entspricht dies einer verhältnismäßig kleinen Fläche, von der jedoch unter Umständen ein hoher Befallsdruck mit der Kohlmottenschildlaus ausgehen kann. Nach der Rapsernte, die an allen Standorten nahezu identisch verlief, wurden das Auflaufen von Ausfallraps und der Neuaustrieb auf dem Feld verbliebener Rapsstoppeln beobachtet. Am 01.09.2015 (BBCH-Stadium 15) erfolgte eine weitere Bonitur zur Populationsentwicklung der Kohlmottenschildlaus an diesen Pflanzen. Mit Ausnahme des Standortes „Sarmstorf“, an welchem die Ernte um zwei Wochen verzögert stattfand, konnten auf allen Flächen neben dem Besatz mit Adulten und Eigelegen bereits erste Larvenstadien des Schädlings verzeichnet werden (Tab. 17). Bonitiert wurden 100 Pflanzen je Standort, wobei die Pflanzendichte ca. 900 Pflanzen/m² betrug. Der Umbruch der Flächen fand z.T. erst Ende Oktober statt.

Tab. 17: Populationsentwicklung der Kohlmottenschildlaus an Winterrapspflanzen zu verschiedenen Boniturzeitpunkten im Versuchsjahr 2015 (Mittelwerte und Standardabweichung)

Standort	Adulte/ Pflanze	Eigelege/ Pflanze	Larven/ Pflanze
<i>Bonitur Fahrgasse am 06.07.2015 (n=50)</i>			
Gülzow	0,04 ± 0,3	1,6 ± 3,1	2,7 ± 7,2
Mühl Rosin	2,1 ± 2,6	7,5 ± 10,9	32,9 ± 50,7
Käselow	0,5 ± 1,4	3,1 ± 3,8	6,0 ± 15,3
Sarmstorf	0,2 ± 0,7	0,9 ± 1,4	1,1 ± 3,5
<i>Bonitur Ausfallraps am 01.09.2015 (n=100)</i>			
Gülzow	0,18 ± 0,47	0,91 ± 1,63	1,28 ± 5,44
Mühl Rosin	0,12 ± 0,43	0,93 ± 1,49	1,11 ± 5,30
Käselow	0,08 ± 0,31	0,47 ± 0,94	0,41 ± 1,48

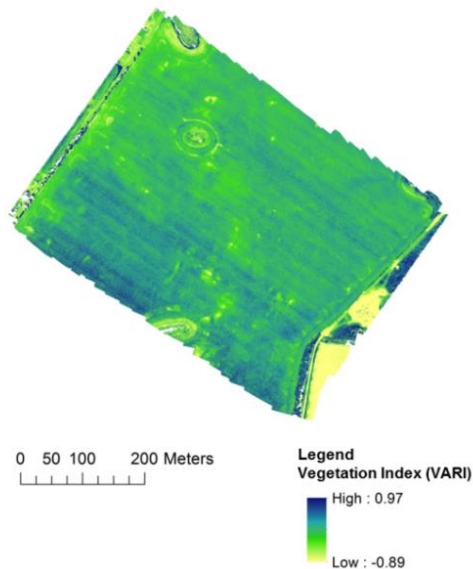


Abb. 12: Luftbildaufnahme der Winterrapsfläche in Sarmstorf am 01.07.2015 mittels UAV-Drohne in Kooperation mit der Universität Rostock.

Vegetationsindex VARI, berechnet nach GITTELSON et al. (2002) zeigt heterogene Abreife der Pflanzen im Bestand („Fahrgassen-Effekt“)

4.2.2 Überwachung der saisonalen Flugaktivität von *A. proletella*

Versuchsjahr 2014 Etwa zeitgleich mit dem ersten Auftreten der Larven Ende Mai/Anfang Juni im Winterraps, wurde auch an den Fangpflanzen eine steigende Anzahl Adulte und Eigelege gefunden. Diese Beobachtung deutet darauf hin, dass die Emigration der Kohlmottenschildlaus aus dem Winterraps wahrscheinlich Mitte Juni begann. Unter Berücksichtigung der phänologischen Entwicklung des Winterrapses in MV konnte eine Zeitspanne von etwa 60 Tagen zwischen beginnender Blüte (BBCH 60) und dem 1. Zuflug des Schädlings in die Kohlbestände (13.06.2014) beobachtet werden. Allgemein wurden Flugaktivität und Eiablage auch nach der Rapsernte bis weit in den September hinein nachgewiesen (Abb. 15).

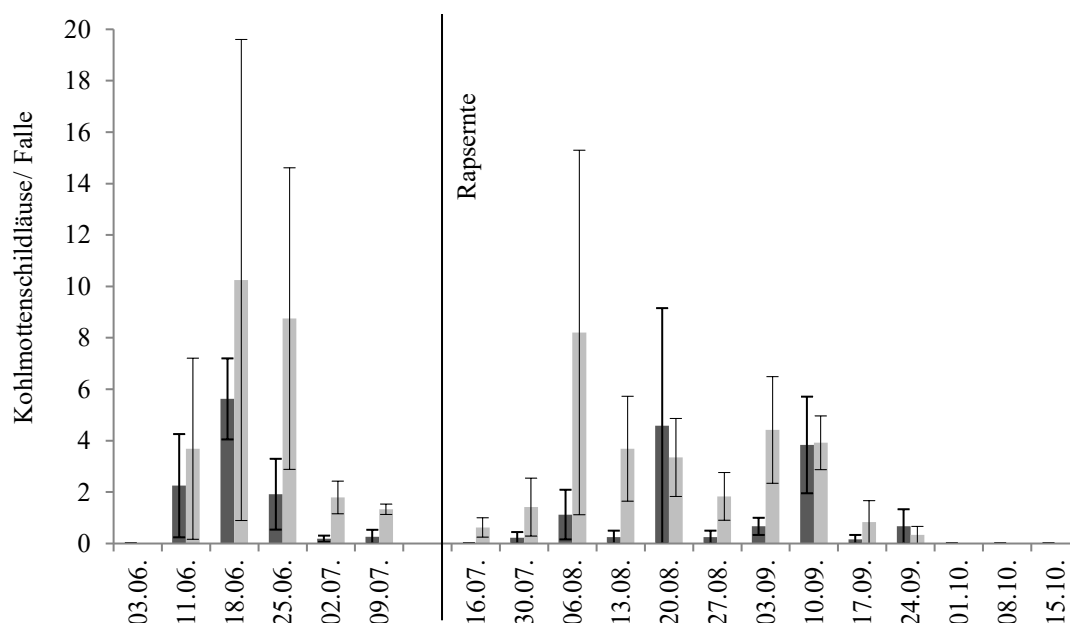


Abb. 13: Wöchentlicher Befall der Fangpflanzen mit adulten Kohlmottenschildläusen (dunkelgrau) und Eigelegen (hellgrau) im Versuchsjahr 2014 (gepoolte Daten aller Standorte, $\bar{x} \pm SE$)

Versuchsjahr 2015 Im zweiten Versuchsjahr wurde der Initialbefall der Fangpflanzen mit adulten Tieren und beginnender Eiablage am 26.06.2015, etwa zwei Wochen später im Vergleich zum Vorjahr, bonitiert. Zwischen dem ebenfalls um 14 Tage verzögerten Blühbeginn (BBCH 60) des Winterrapses am 27.04.2015 und dem 1. Zuflug der Kohlmottenschildlaus in die Kohlbestände am 29.06.2015 lag wiederum eine Zeitspanne von ca. 60 Tagen. Dieser wiederholt beobachtete Zusammenhang deutet darauf hin, dass der Beginn des KMSL-Zuflugs in die Kohlkulturen wahrscheinlich von der phänologischen Entwicklung des Winterwirtes Raps beeinflusst und dadurch zeitlich eingrenzbar wird. Bis in den Oktober wurden vereinzelt Adulte und Eigelege an den Fangpflanzen erfasst, ein Hinweis auf die durchgängige Flugaktivität des Schädlings auf Landschaftsebene, selbst nach der Rapsernte Ende Juli (Abb. 16).

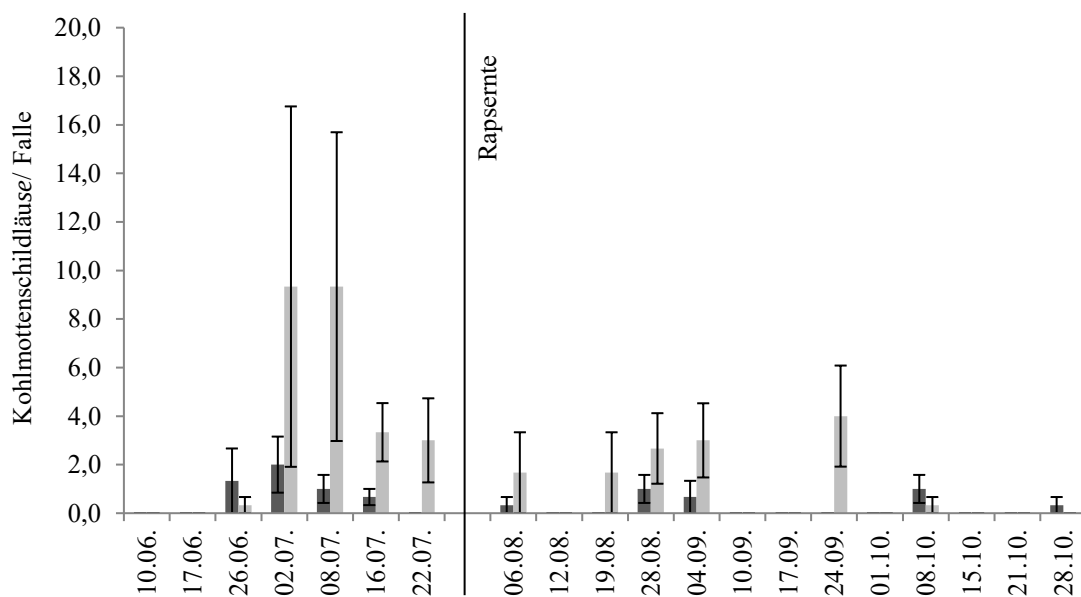


Abb. 14: Wöchentlicher Befall der Fangpflanzen mit adulten Kohlmottenschildläusen (dunkelgrau) und Eigelegen (hellgrau) im Versuchsjahr 2015 (gepoolte Daten aller Standorte, $\bar{x} \pm SE$)

Versuchsjahr 2016 Die Fangpflanzen am Standort Gülzow wiesen bereits eine Woche nach Beginn des Monitorings am 30.05.2016 den ersten Befall mit Adulten und Eigelegen auf. Wenig später (01.06.2016) wurde der 1. Zuflug des Schädlings auf dem Versuchsfeld des GKZ beobachtet. Zwischen diesem und dem Blühbeginn des Winterrapses lagen 40 Tage. Der Zusammenhang zwischen phänologischer Entwicklung des Winterrapses und dem ersten Auftreten der Kohlmottenschildlaus an den Fangpflanzen bzw. wenig später in den Gemüsekohlflächen wurde 2016 nicht bestätigt.

4.3 Entwicklung eines einheitlichen Boniturverfahrens (AP 2.3)

Zur Quantifizierung des KMSL-Befalls an Rosenkohl wurde projektintern ein Boniturschema evaluiert, welches die Anzahl der KMSL-Larven ab dem Larvenstadium L2 berücksichtigt. In den Versuchsjahren 2014 - 2016 erfolgten die Bonituren zur Bewertung von Regulierungsmaßnahmen an mindestens 10 Pflanzen je Wiederholung, d.h. bei vier Wiederholungen wurden 40 Pflanzen eines jeden Versuchsgliedes untersucht. Zu Kulturbeginn wurde die gesamte Pflanze ausgezählt, etwa sechs Wochen nach Pflanzung fand eine Reduzierung auf fünf Blätter je Pflanze statt. Hier wurden möglichst die Blätter 25-30, von oben gezählt, aus der mittleren Blattetage genutzt. Abgeleitet von der Befallsentwicklung und vertikalen Verteilung der KMSL-Entwicklungsstadien an der Rosenkohlpflanze ist diese Blattetage als sichere Aufenthaltszone für Larven des Schädling anzusehen (pers. Mitteilung Frau Dr. Richter, 20.03.2014).

4.4 Versuche zum Lebendmulchverfahren (AP 3.1)

4.4.1 Tastversuche 2014: Wirksamkeit & Konkurrenzminimierung

Zur Erlangung erster produktionstechnischer Grundlagen und Informationen zum Lebendmulchverfahren und den damit verbundenen pflanzenbaulichen Managementmaßnahmen wurden 2014 zwei Vorversuche durchgeführt. Nach Auswertung der Ergebnisse und Beobachtungen ergaben sich folgende Erkenntnisse, die im weiteren Projektverlauf 2015/2016 bei der Versuchsplanung berücksichtigt wurden:

- i. Wiesenschweidel als Lebendmulchart erwies sich in einem System mit Rosenkohl trotz der regelmäßigen mechanischen Regulierung als problematisch, da infolge der starken interspezifischen Konkurrenz ökonomisch nicht vertretbare Ertragseinbußen auftraten. Aufgrund der fehlenden Praxistauglichkeit wurde von Gräsern (*Poaceae*) als Bodenbedecker in einem Lebendmulchsystem in den Folgejahren abgesehen und der Fokus auf weniger konkurrenzstarke Leguminosenarten (z.B. Erdklee und Luzerne) gelegt.
- ii. Das Auftreten interspezifischer Konkurrenzeffekte bewirkte eine deutlich verzögerte Pflanzenentwicklung und reduzierte Ertragsbildung des Rosenkohls, so dass die Varianten mit Wiesenschweidel als Lebendmulchart nicht in die Auswertung miteinbezogen wurden. Die betroffenen Pflanzen zeigten neben verkleinerten Blattflächen einen deutlich geringeren Befall mit der Kohlmottenschildlaus. Ob dieser Effekt der alleinigen Wirkung des Lebendmulchsystems oder der stressbedingten verringerten Attraktivität der Pflanzen für den Schädling zuzuordnen ist, konnte 2014 nicht abschließend geklärt werden. Unter Berücksichtigung ähnlicher Beobachtungen von BUKOVINSZKY et al. (2004) in einem Lebendmulchsystem mit Rosenkohl und Gerste wurde in den Versuchsjahren 2015/2016 die Blattfläche der Hauptkultur als Bezugsebene bei der

Quantifizierung des Schädlingsbefalls- und als Kriterium für die Bewertung der Konkurrenzeffekte evaluiert.

- iii. Die N-Versorgung des Rosenkohls über Haarmehlpellets erfolgte 2014 in zwei getrennten Gaben, als Reihendüngung vor Pflanzung und Über-Kopfdüngung drei Wochen nach Pflanzung. Letztere erwies sich als wenig praktikabel, da zu diesem Zeitpunkt das Ausbringen des Düngers in die Pflanzreihen nicht mehr gezielt möglich war und dadurch zwangsläufig auch die Lebendmulche von der zusätzlichen Nährstoffgabe profitierten. Um dies zu vermeiden, wurde das Düngemanagement 2015/2016 angepasst und die gesamte N-Aufwandmenge in einer Gabe als Reihendüngung vor Pflanzung direkt in die Pflanzreihe des Rosenkohls ausgebracht.

4.4.2 Versuche 2015/2016: Wirksamkeit & Konkurrenzminimierung

4.4.2.1 Regulierungspotential gegenüber der Kohlmottenschildlaus

Die Attraktivität der Rosenkohlpflanzen zum Zeitpunkt des ersten Zuflugs der Kohlmottenschildlaus wurde durch die Etablierung von Untersaaten im Zwischenreihenbereich signifikant beeinflusst (Abb. 17). Im Mittel der beiden Versuchsjahre wiesen die Pflanzen in Lebendmulchsystemen im Vergleich zur Standardvariante (0,8 Adulte und 1,3 Eigelege/Blatt) in Reinkultur 65,7 % Befallssenkung mit Adulten und eine um 33,0 % reduzierte Anzahl Eigelege/Blatt auf. Unterschiede zwischen den Leguminosenarten Luzerne und Erdklee waren statistisch nicht nachweisbar, beide Lebendmulchsysteme zeigten ein ähnlich geringes Befallsniveau (durchschnittlich jeweils 0,3 Adulte/Blatt und 0,7 Eigelege/Blatt). Innerhalb der einzelnen Systeme wichen die Varianten nicht signifikant voneinander ab (Abb. 17). Tendenziell wurde jedoch in den intensiv regulierten Varianten LuzH1 und KleeU1 bzw. KleeU2(+D) ein höherer Befall erreicht, als in den extensiv bewirtschafteten Lebendmulchsystemen.

Die Bonituren des Larvenbefalls erfolgten auf Basis der Blattfläche (LA), um den potenziellen Einfluss der interspezifischen Konkurrenzeffekte auf die Schädlingsbesiedlung der Pflanzen zu berücksichtigen. Der Larvenbefall (Larven/Blatt) korrelierte dabei in beiden Versuchsjahren linear mit der Blattfläche (LA/Blatt), wobei jedoch 2016 ein deutlich engerer Zusammenhang nachgewiesen werden konnte (2015: Befall [Larven/Blatt] = 0,2 LA [cm²/Blatt] – 34,4; R²=0,6 und 2016: Befall [Larven/Blatt] = 10,7 LA [cm²/Blatt] – 1311,9; R²=0,9).

Der Larvenbefall der Pflanzen im Juli beider Versuchsjahre war in den Lebendmulchsystemen gegenüber der Standardvariante im Mittel um 48,0 % (2015) und 57,3 % (2016) reduziert. Die extensiv geführten Varianten LuzH3 und KleeU0 wiesen dabei 2015 den signifikant geringsten Befall mit 2,5 Larven/100 cm² LA bzw. 2,5 Larven/100 cm² LA auf. 2016 erzielten alle Varianten eine statistisch nachweisbare Befallssenkung im Vergleich zur Kontrolle, wobei keine Unterschiede zwischen den verschiedenen Managementformen beobachtet wurden. Generell

zeigte sich, dass mit zunehmender Intensität der mechanischen Regulierung beider Leguminosenarten der schädlingsregulierende Effekt abnahm (Ergebnisse nicht dargestellt).

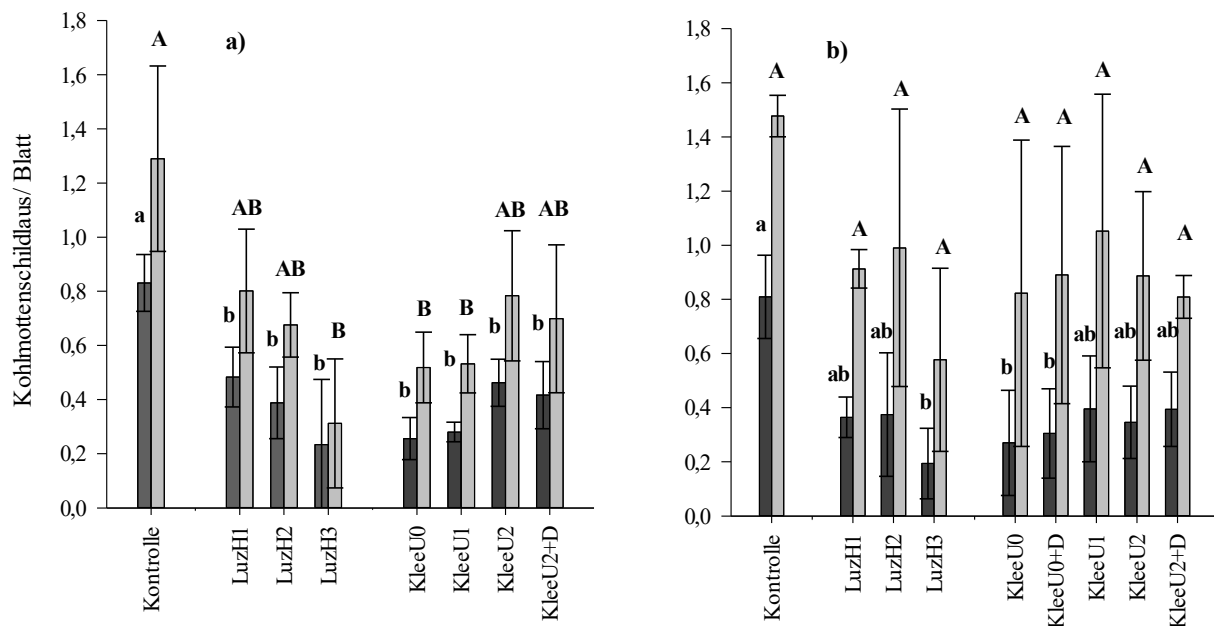


Abb. 15: Befall ($\bar{x} \pm SD$) der Pflanzen mit Adulten (dunkelgrau) und Eigelegen (hellgrau) zum ersten Zuflug der KMSL am a) 06.07.2015 und b) 15.06.2016 (verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen Adulten/Blatt (Kleinbuchstaben) und Eigelegen/Blatt (Großbuchstaben), Tukey's post-hoc Test, $p \leq 0,05$)

Zum Kulturende in der zweiten Oktoberhälfte wich das Niveau des Larvenbefalls der Versuchsjahre 2015 und 2016 deutlich voneinander ab: Während 2015 die Standardvariante in Reinkultur den höchsten Larvenbesatz (169,3 Larven/100 cm² LA) im Vergleich aller Varianten erzielte, wurde 2016 in selbiger der geringste Befall (190,4 Larven/100 cm² LA) nachgewiesen (Abb. 18 a). Die Lebendmulchsysteme mit Luzerne als Bodenbedecker zeigten in beiden Versuchsjahren eine bessere Wirksamkeit als die mit Erdklee, wobei insbesondere die Variante LuzH3 (2015) den signifikant geringsten Larvenbefall aufwies. Der Einfluss von Erdklee auf den Kohlmottenschildlausbefall der Pflanzen nahm im Kulturverlauf statistisch nachweisbar ab. Zur Ernte des Rosenkohls wurden 2015 lediglich Wirkungsgrade von maximal 42 % (KleeU0) bis 23 % (KleeU2+D) erreicht, wobei die Variante KleeU2 mit 169,7 Larven/100cm² LA dem Befallsniveau der Kontrolle ohne Lebendmulch erzielte. In 2016 überstiegen die Befallszahlen deutlich das Niveau der Standardvariante, ohne signifikante Unterschiede zwischen den einzelnen Kleevarianten (Abb. 18 b).

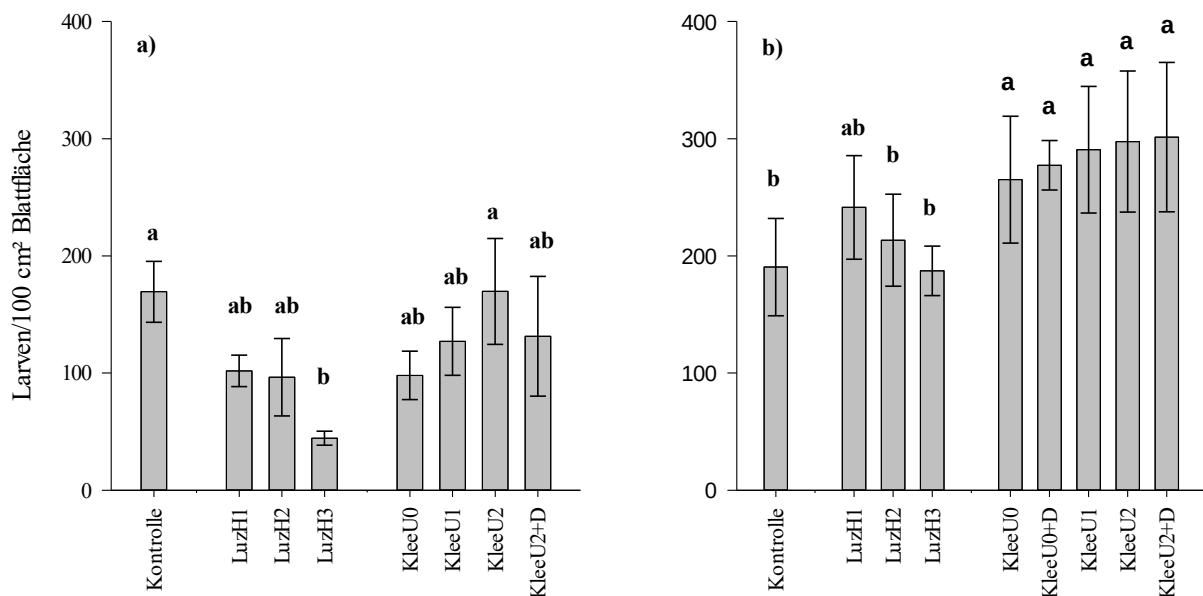


Abb. 16: Befall ($\bar{x} \pm SD$) von Rosenkohl mit KMSL-Larven am a) 28.10.2015 und b) 11.10.2016 (verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, Tukey's post-hoc Test, $p \leq 0,05$)

4.4.2.2 Befall mit anderen Kohlschädlingen und Auftreten natürlicher Gegenspieler

Neben der Kohlmottenschildlaus wurden in beiden Versuchsjahren nur vereinzelt andere Schädlinge nachgewiesen. Während 2015 verschiedene Blattläuse (Aphidoidea) und darunter insbesondere die Mehligke Kohlblattlaus (*Brevicoryne brassicae*) dominierte, traten 2016 vor allem Schadraupen verschiedener Arten in den Beständen auf. Die Lebendmulchsysteme erzielten im Versuchsjahr 2015 und im Mittel der Varianten insgesamt 68,2 % Befallsreduzierung mit Blattläusen gegenüber der Kontrolle, wobei Luzerne mit durchschnittlich 1,5 Blattläusen/Pflanze eine signifikant bessere Wirksamkeit zeigte als Erdklee (4,5 Blattläuse/Pflanze). Die Varianten LuzH3 und KleeU0+D erreichten 2016 im Vergleich zur Standardvariante eine deutliche Befallssenkung (91,9 % bzw. 71,9 %) mit Schadraupen, in allen anderen Varianten wurde kein Einfluss auf den Befall beobachtet (Tab. 18).

Natürliche Gegenspieler und Parasitoide der Kohlmottenschildlaus waren ohne statistisch nachweisbare Unterschiede zwischen den einzelnen Versuchsvarianten und lediglich auf einem sehr geringen Niveau vertreten. Es wurden Adulte und Eigelege der Florfliege (Chrysopoidea), Adulte und Larven der Schwebfliege (Syrphidae), Adulte der Schlupfwespe *E. tricolor* sowie Adulte und Eigelege von Marienkäfern (Coccinellidae) gefunden (Tab. 18).

Tab. 18: Befall von Rosenkohl mit Schädlingen und Auftreten natürlicher Gegenspieler der Kohlmottenschildlaus in den Versuchsjahren 2015 (06.07.2015) und 2016 (15.06.2016). Dargestellt sind ausschließlich die dominierenden Arten (Mittelwerte, verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, Tukey's post-hoc Test, $p \leq 0,05$)

	Schädlinge (mittlere Anzahl/ Pflanze)				Nützlinge (mittlere Anzahl/ Pflanze)			
	Blattläuse (Aphidoidea)	Schadraupen (verschiedene)	Rapsglanzkäfer (Nitidulidae)	Rüsselkäfer (Curculionoidea)	Florfliegen (Chrysopoidea)	Schwebfliegen (Syrphidae)	Schlupfwespen (Ichneumonidae)	Marienkäfer (Coccinellidae)
2015								
Kontrolle	10,03 a	0,83 a	0,67 a	0,07 a	0,03 a	0,10 a	0,00 a	0,00 a
LuzH1	1,47 b	0,37 a	0,20 a	0,07 a	0,30 a	0,20 a	0,00 a	0,00 a
LuzH2	1,50 b	0,60 a	0,60 a	0,13 a	0,23 a	0,17 a	0,00 a	0,00 a
LuzH3	1,50 b	0,40 a	0,43 a	0,07 a	0,20 a	1,17 a	0,00 a	0,03 a
KleeU0	5,17 ab	0,47 a	0,50 a	0,10 a	0,07 a	0,63 a	0,00 a	0,00 a
KleeU1	4,57 ab	0,37 a	0,50 a	0,17 a	0,17 a	0,40 a	0,00 a	0,00 a
KleeU2	4,50 ab	0,23 a	0,80 a	0,33 a	0,13 a	0,27 a	0,00 a	0,00 a
KleeU2+D	3,65 ab	0,50 a	0,24 a	0,02 a	0,03 a	0,93 a	0,03 a	0,00 a
2016								
Kontrolle	2,73 a	22,63 a	1,53 a	0,10 a	0,00 a	0,03 a	0,03 a	0,00 a
LuzH1	0,00 a	6,80 ab	0,53 a	0,03 a	0,00 a	0,00 a	0,00 a	0,00 a
LuzH2	0,67 a	11,00 ab	0,60 a	0,00 a	0,00 a	0,00 a	0,03 a	0,00 a
LuzH3	0,63 a	3,53 b	0,23 a	0,03 a	0,33 a	0,03 a	0,00 a	0,00 a
KleeU0	0,93 a	12,50 ab	0,53 a	0,03 a	0,17 a	0,00 a	0,00 a	0,00 a
KleeU0+D	0,90 a	6,47 b	1,00 a	0,00 a	0,00 a	0,00 a	0,00 a	0,00 a
KleeU1	1,93 a	16,03 ab	1,00 a	0,00 a	0,13 a	0,00 a	0,00 a	0,00 a
KleeU2	1,13 a	12,30 ab	1,10 a	0,07 a	0,07 a	0,00 a	0,13 a	0,00 a
KleeU2+D	0,43 a	9,47 ab	0,93 a	0,07 a	0,03 a	0,23 a	0,00 a	0,00 a

4.4.2.3 Pflanzliche Konkurrenz, Verschmutzung und Ertragsbildung

Interspezifische Konkurrenzeffekte zwischen Rosenkohl und Leguminosen führten in beiden Lebendmulchsystemen zu einer gegenüber der Reinkultur verzögerten Pflanzenentwicklung mit deutlich verringertem Blattflächenindex (LAI) (Abb. 19, 20). Im Mittel der Versuchsjahre zeigten die Varianten mit Luzerne als Bodenbedecker eine signifikant stärkere Konkurrenzwirkung (LAI: 2,1) als die Varianten mit Erdklee (LAI: 2,7). Generell konnte mit zunehmender Intensität der mechanischen Regulierung der Leguminosen die Konkurrenzwirkung in den Lebendmulchsystemen gesenkt werden. Die Varianten LuzH1 und KleeU2 erzielten während des Kulturverlaufs 2015 mit einem LAI von durchschnittlich 2,1 bzw. 2,5 (Abb. 19) und in 2016 mit einem LAI von 2,4 bzw. 2,8 (Abb. 20) die beste Wirkung in den jeweiligen Lebendmulchsystemen. Eine besondere Stellung nimmt die Variante KleeU2+D ein: Durch die zusätzliche Nährstoffversorgung mit insgesamt 80 kg N/ha wurde im Mittel der Kulturdauer ein LAI von 3,2 (2015) bzw. 3,3 (2016) und damit eine Steigerung um 30 % (2015) bzw. 6 % (2016) gegenüber dem Niveau der Reinkultur erreicht (Abb. 19, 20). Der positive Effekt auf die Blattentwicklung trat in beiden Versuchsjahren zeitlich verzögert ein, etwa vier Wochen nach Beginn der Nachdüngung und der letzten Regulierung des Erdklees mittels „root pruning“.

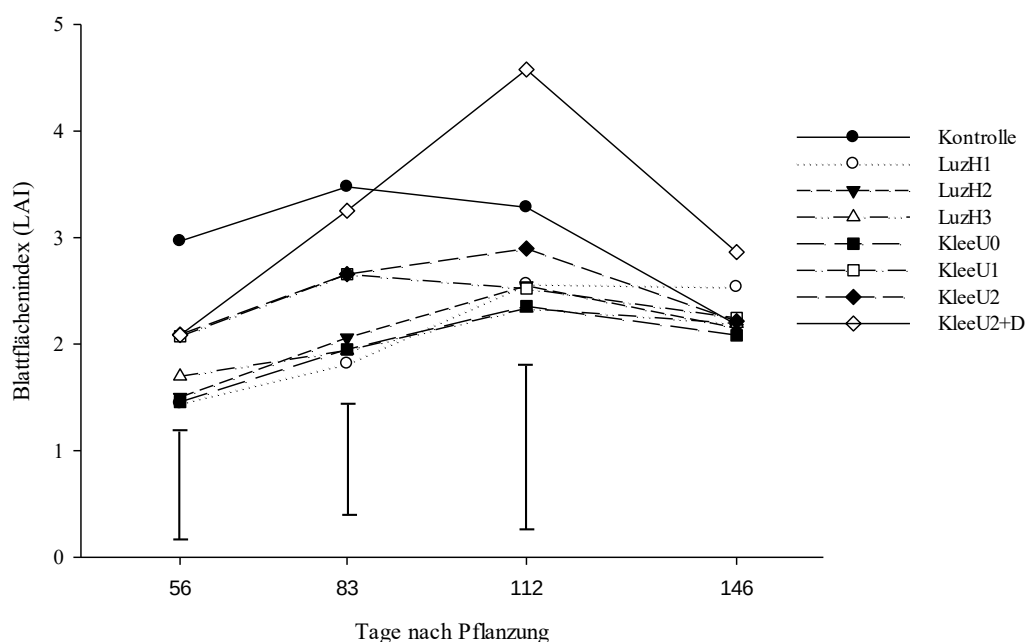


Abb. 17: Blattflächenindex ($\bar{x}$) der Rosenkohlbestände in Lebendmulchsystemen und Reinkultur während des Kulturverlaufs im Versuchsjahr 2015 (Fehlerbalken zeigen HSD nach Tukey, dargestellt nur bei signifikanten Unterschieden zwischen den Varianten, Tukey's post-hoc Test, $p \leq 0,05$)

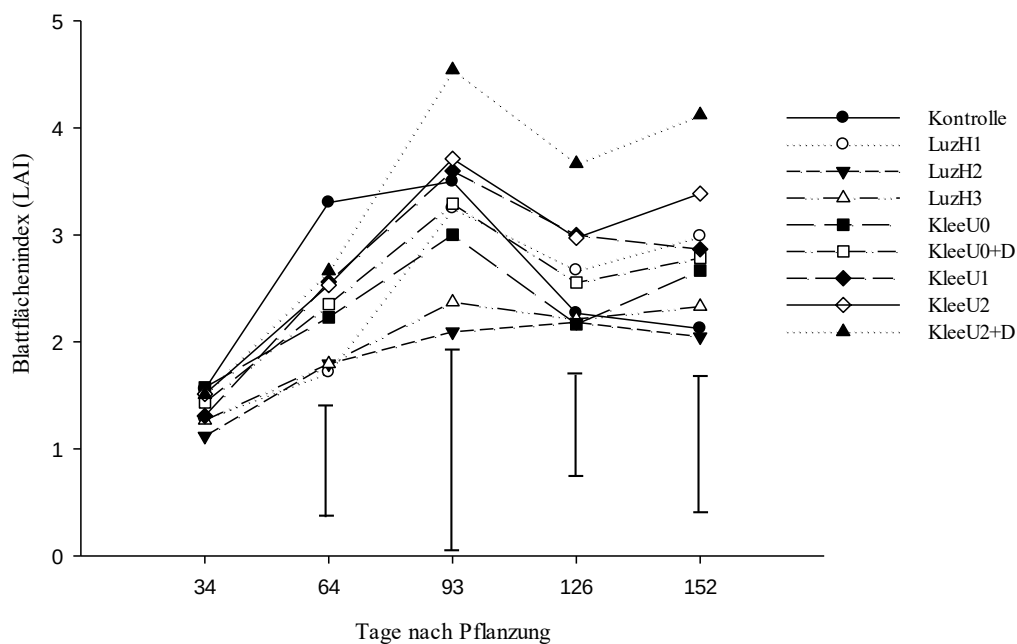


Abb. 18: Blattflächenindex ($\bar{x}$) der Rosenkohlbestände in Lebendmulchsystemen und Reinkultur während des Kulturverlaufs im Versuchsjahr 2016 (Fehlerbalken zeigen HSD nach Tukey, dargestellt nur bei signifikanten Unterschieden zwischen den Varianten, Tukey's post-hoc Test, $p \leq 0,05$)

Eine Übersicht der Ergebnisse zu den Ertrags- und Qualitätsparametern von Rosenkohl in Abhängigkeit der Lebendmulchart und des Managements ist im Folgenden in Tabelle 19 zu finden.

Die Lebendmulchsysteme führten 2015 im Mittel der Varianten zu einem 21,9 % verringerten Rohertrag des Rosenkohls gegenüber der Reinkultur ohne Bodendecker, wobei die Leguminosenart Luzerne höhere Ertragseinbußen (36 %) bewirkte als Erdklee (11 %). Innerhalb der Systeme erzielten die intensiv bewirtschafteten Varianten LuzH1 und LuzH2 sowie KleeU1 und KleeU2 tendenziell bessere Erträge. Die stärkste Konkurrenzwirkung mit einem Gesamtertrag von 131,7 dt/ha im Vergleich zur Kontrolle (250 dt/ha) wurde in der Variante LuzH3 beobachtet. Die zusätzliche Nährstoffversorgung des Rosenkohls der Variante KleeU2+D hatte einen signifikant förderlichen Effekt auf die Ertragsbildung. Gegenüber der Variante KleeU2 ohne Nachdüngung wurde ein Mehrertrag von 30,6 % und im Vergleich zur Standardvariante eine Ertragssteigerung von 13,4 % erreicht. Im Versuchsjahr 2016 war der Gesamtertrag des Rosenkohls in den Lebendmulchsystemen im Mittel der Varianten um 51 % (Luzerne) und 19 % (Erdklee) im Vergleich zur Kontrolle reduziert. Die extensiv bewirtschafteten Varianten LuzH3 und KleeU0 zeigten mit 78,6 dt/ha und 153,5 dt/ha in den jeweiligen

Anbausystemen die höchsten quantitativen Ertragsverluste. Die Zusatzdüngung in den Varianten KleeU0+D und KleeU2+D führte hingegen zu Ertragssteigerungen von 30 % bzw. 10,5 % gegenüber den Referenzvarianten KleeU0 und KleeU2.

Der Trockenmasseaufwuchs (dt/ha) des Rosenkohls wurde durch interspezifische Konkurrenzeffekte zwischen Hauptkultur und Leguminosen in beiden Versuchsjahren signifikant beeinflusst. Die intensive mechanische Regulierung der Leguminosen hatte grundsätzlich einen förderlichen Effekt auf die Trockenmasseproduktion des Rosenkohls. Das Lebendmulchsystem mit Luzerne führte 2015 und 2016 zu einer gegenüber der Reinkultur reduzierten Aufwuchstrokenmasse (24,1 % bzw. 26,9 %). Erdklee wirkte im Lebendmulchsystem mit Rosenkohl weniger konkurrenzstark und erreichte 2016 in den Varianten KleeU0+D, KleeU1, KleeU2, KleeU2+D mit durchschnittlich 655,9 dt/ha Trockenmasseaufwuchs ein höheres Niveau als die Kontrolle (599,4 dt/ha). Mit der Zusatzdüngung in Variante KleeU2+D wurde 2015 eine insgesamt um 2,7 % und 2016 um 19,2 % höhere Trockenmasseproduktion erreicht. Der Trockenmasse-Harvest-Index (produzierte Ertragstrokenmasse je aufgenommener Einheit Stickstoff) hingegen war in beiden Lebendmulchsystemen gegenüber der Reinkultur im Mittel der Varianten um 10,4 % (2015) und 28,8 % (2016) verringert. Insbesondere die Luzerne bewirkte aufgrund der starken interspezifischen Konkurrenz in beiden Versuchsjahren eine verzögerte Einlagerung der Trockenmasse in die Ertragsorgane. Der Effekt nahm mit steigender Intensität der mechanischen Aufwuchsregulierung ab. Die Zusatzdüngung des Rosenkohls förderte zwar die Trockenmasseproduktion, führte gleichzeitig jedoch zu Verteilungsproblemen in der Pflanze. Die Variante KleeU2+D erzielte trotz einer signifikant erhöhten Aufwuchstrokenmasse nur einen TM-Harvest-Index von 37,8 % (2015) bzw. 28,8 % (2016) und erreichte damit die geringsten Werte aller Varianten des Lebendmulchsystems Rosenkohl-Erdklee.

Die Etablierung von Lebendmulchen im Zwischenreihenbereich von Rosenkohl hatte in den Versuchsjahren 2015 und 2016 einen signifikant nachweisbaren Einfluss auf die Verschmutzung der Pflanzen infolge des Kohlmottenschildlausbefalls. Das Lebendmulchsystem mit der Leguminose Luzerne erzielte im Mittel der Varianten mit der Boniturnote 2,4 (2015) und 2,3 (2016) die besten Qualitätsergebnisse im Vergleich zur Standardvariante ohne Bodenbedeckung. Dabei bewirkte die extensiv geführte Variante LuzH3 ohne mechanische Aufwuchsregulierung der Leguminose 2015 (Boniturnote: 2,1) und 2016 (Boniturnote: 1,7) die geringste Verschmutzung des Rosenkohls. Die Varianten mit Erdklee als Lebendmulchart zeigten dagegen keinen signifikanten Unterschied gegenüber der Kontrolle und erreichten in beiden Versuchsjahren durchschnittliche Boniturnoten von jeweils 3,0 im Mittel der Varianten, wobei kein Einfluss des Managements auf die Verschmutzung nachgewiesen werden konnte.

Beim Anteil des marktfähigen Ertrags (Röschen der Verschmutzungsstufe 1 nach Tab. 4) am Gesamtertrag zeigten sich gewisse Schwankungen zwischen den Varianten, die in ihrer Tendenz jedoch relativ konstant über beide Versuchsjahre waren. Die Ertragsqualität war durch Rußtaubelag auf den Röschen in der Standardvariante ohne Lebendmulch deutlich beeinträchtigt. Im Versuchsjahr 2015 erzielte das Lebendmulchsystem mit Luzerne im Mittel der Varianten das beste Qualitätsergebnis mit einem Anteil von 24,3 % vermarktungsfähigen Röschen, wobei statistisch nachweisbare Effekte nur in der Variante LuzH3 beobachtet wurden. Erdklee als Leguminose im Zwischenreihenbereich des Rosenkohls führte hingegen zu keiner signifikanten Steigerung des marktfähigen Ertrags und verblieb mit einem Anteil von 11,1 % sauberer Röschen auf dem Niveau der Kontrolle (8,3 %). Ähnliche Ergebnisse zeigten die Varianten im Versuchsjahr 2016: LuzH3 erzielte die höchste Ertragssteigerung marktfähiger Röschen und lag mit einem Anteil von 60,8 % deutlich über dem Niveau des Vorjahres. Die Standardvariante erreichte mit 29,3 % sauberen Röschen bessere Qualitätsergebnisse als 2015. Im Vergleich dazu wurden signifikant verringerte Markterträge in den Varianten KleeU1 und KleeU2+D nachgewiesen. Dieser Effekt lässt sich überwiegend dem großen Anteil Abfall- und nicht der Verschmutzung durch die Kohlmottenschildlaus zuordnen. In den Varianten mit der Leguminose Erdklee fiel 2016 generell mehr Abfall (17,4 %) an als in den Varianten mit Luzerne (8,3 %). Die Variante KleeU1 erzielte mit 27,7 % das statistisch schlechteste Qualitätsergebnis im Vergleich aller Varianten. Im Versuchsjahr 2015 konnten diesbezüglich keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden. Beim Anteil des nicht-marktfähigen Ertrags infolge von Verschmutzungen durch *A. prolella* wurde in beiden Versuchsjahren kein Einfluss der Lebendmulche nachgewiesen.

Die Konkurrenzeffekte zwischen Leguminosen und Rosenkohl wirkten sich in beiden Versuchsjahren auf die Qualitätssortierung der Röschen nach Größenklassen (Tab. 5) aus. Während das Lebendmulchsystem Rosenkohl-Erdklee im Mittel der Varianten tendenziell zu einem erhöhten Anteil (22,4 %) von Übergrößen (>30 mm) führte, traten in den Varianten mit der Leguminose Luzerne infolge stärkerer Konkurrenzwirkung signifikant höhere Anteile nicht-vermarktbarer Untergrößen (< 15 mm) auf. Generell wurden im Bereich der vermarktbarer Größenklassen (>30 mm; 15-30 mm) keine statistisch nachweisbaren Unterschiede zwischen Standardvariante und Lebendmulchsystemen beobachtet. Die Zusatzdüngung in der Variante KleeU2+D hatte 2015 einen positiven, aber nicht signifikanten Einfluss auf die Größenqualität der Röschen und erzielte mit 29,8 % den größten Anteil Übergrößen im Vergleich aller Varianten. Häufig traten in diesem Zusammenhang jedoch andere Qualitätsmängel wie offene, lockere Röschen u.a. Deformationen auf, wodurch sich der Anteil an Abfall in der Variante deutlich erhöhte (s.o.). In 2016 war der Effekt der Nachdüngung nicht mehr signifikant nachweisbar. Der Anteil an Übergrößen (>30 mm) in den Varianten KleeU0+D und KleeU2+D lag

mit durchschnittlich 12,4 % bzw. 9,2 % unter dem Niveau der Kontrolle (25,3 %). Die Konkurrenz Wirkung der Luzerne stellte sich im Vergleich zum Vorjahr noch deutlicher dar: Der Anteil an Übergrößen (>30 mm) in der extensiven Variante LuzH3 betrug lediglich 0,3 %, während 17,6 % der Röschen in die Kategorie <15 mm eingeordnet wurden und somit die Variante LuzH3 statistisch nachweisbar den größten Anteil im Vergleich aller Varianten in dieser Kategorie aufwies. Innerhalb der vermarktungsfähigen Größenklasse 15 - 30 mm zeigten sich keine Unterschiede zwischen Standardvariante und Lebendmulchsystemen.

Tab. 19: Ertrags- und Qualitätsparameter des Rosenkohls in Abhängigkeit von Lebendmulchart und –management (Mittelwerte, verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, Tukey's post-hoc Test, $p \leq 0,05$)

	Aufwuchs- und Ertragsbildung				Ertragsqualität – Verschmutzung				Ertragsqualität – Größenklassen		
	¹⁾ Frischmasse ²⁾ Abfall = nicht marktfähige Röschen Klasse 3 (Tab. 4)				¹⁾ Ganzpflanze nach Tab. 3 ²⁾ Anteil am Gesamtertrag (marktfähig = Klasse 1, verschmutzt = Klasse 2, Abfall = Klasse 2 nach Tab. 4)				¹⁾ Anteil am Gesamtertrag abzgl. Abfall (Größenklassen nach Tab. 5)		
	¹⁾ Gesamtertrag (dt/ha)	²⁾ Gesamtertrag abzgl. Abfall (dt/ha)	Aufwuchs-TM (dt/ha)	TM-Harvest-Index (%)	¹⁾ Verschmutzungsgrad (Note 1-5)	²⁾ Anteil marktfähige Röschen (%)	Anteil verschmutzte Röschen (%)	Anteil Abfall (%)	¹⁾ Anteil Größe > 30 mm (%)	Anteil Größe 15-30 mm (%)	Anteil Größe < 15 mm (%)
2015											
Kontrolle	250,0 ab	174,8 a	94,4 ab	42,2 a	3,8 a	8,9 b	61,0 a	30,1 a	18,6 a	78,6 a	2,8 b
LuzH1	157,1 de	122,9 ab	80,4 abc	35,4 ab	2,7 ab	14,4 b	64,8 a	20,8 a	16,2 a	77,2 a	6,6 a
LuzH2	191,0 cd	148,2 ab	71,8 c	35,7 ab	2,4 b	18,8 b	58,9 a	22,2 a	21,6 a	74,2 a	4,3 ab
LuzH3	131,7 e	110,9 b	62,6 c	34,5 b	2,1 b	39,6 a	44,3 a	16,1 a	11,2 a	82,2 a	6,5 a
KleeU0	188,6 cde	132,1 ab	75,2 bc	40,4 ab	2,8 ab	11,2 b	58,0 a	30,7 a	20,6 a	75,1 a	5,0 ab
KleeU1	196,1 bcd	135,9 ab	80,2 abc	39,2 ab	2,9 ab	11,4 b	58,8 a	29,8 a	16,5 a	79,9 a	3,6 ab
KleeU2	217,7 bc	156,9 ab	81,4 abc	41,8 a	3,1 ab	14,1 b	58,3 a	27,7 a	22,7 a	71,8 a	2,8 b
KleeU2+D	283,5 a	165,2 ab	96,9 a	37,8 ab	3,3 ab	7,8 b	51,8 a	40,4 a	29,8 a	68,0 a	2,3 b
2016											
Kontrolle	247,6 a	194,3	100,5 a	38,7 a	3,0 a	29,3 ab	49,3 a	21,4 ab	25,3 a	70,3 a	4,2 bc
LuzH1	162,1 bc	144,4	88,4 ab	28,9 bc	2,7 a	33,7 ab	55,6 a	10,7 bc	8,8 bc	82,2 a	8,8 bc
LuzH2	119,1 cd	106,3	75,3 ab	23,7 bc	2,5 ab	34,0 ab	57,1 a	8,9 bc	4,2 c	83,1 a	12,8 ab
LuzH3	78,6 d	74,2	56,8 b	21,7 c	1,7 b	60,8 a	33,8 a	5,4 c	0,3 c	82,0 a	17,6 a
KleeU0	153,5 bcd	131,0	93,4 ab	26,4 bc	3,1 a	36,3 ab	48,9 a	14,8 abc	9,1 bc	81,7 a	9,2 bc
KleeU0+D	200,0 abc	170,2	105,4 a	31,3 ab	3,0 a	37,8 ab	47,5 a	14,7 abc	12,4 bc	83,0 a	5,5 bc
KleeU1	217,7 ab	156,9	107,5 a	29,7 b	3,1 a	14,1 b	58,3 a	27,7 a	22,7 ab	71,8 a	2,8 c
KleeU2	199,1 abc	168,4	107,4 a	29,7 b	2,8 a	30,9 ab	53,5 a	15,6 abc	9,3 bc	84,1 a	6,5 bc
KleeU2+D	220,9 ab	189,8	119,8 a	28,8 bc	3,1 a	22,7 b	62,9 a	14,4 abc	9,2 bc	84,1 a	4,8 bc

4.5 Versuche zur Maßnahmenterminierung (AP 3.2)

4.5.1 Versuche 2014

4.5.1.1 Befall mit der Kohlmottenschildlaus

Versuch zur Maßnahmenterminierung: A) Pflanztermine

Die Verzögerung der Pflanzung von Rosenkohl um drei bzw. sechs Wochen des praxisüblichen Pflanztermins bewirkte eine Befallsreduzierung des Schädlings um 69,4 % (Termin 2) bzw. 73,4 % (Termin 3) zur Endbonitur Mitte Oktober. Dabei zeigte der frühe, praxisübliche Pflanztermin (Termin 1) mit 318,5 Larven/Blatt einen signifikant erhöhten Befall mit der Kohlmottenschildlaus im Vergleich zu Termin 2 mit 97,5 Larven/Blatt und Termin 3 mit 84,8 Larven/Blatt (Abb. 21a).

Versuch zur Maßnahmenterminierung: B) Kulturschutznetze

Das sofortige Abdecken von Rosenkohl mit einem feinmaschigen Kulturschutznetz ab dem Verpflanzen bis Ende September (Netz lang) erzielte 64,7 % Befallsenkung, die Netzaufgabe bis Ende Juli (Netz kurz) erreichte hingegen nur 7,5 % Befallsreduzierung zur Ernte. Die Kontrolle ohne Netzaufgabe wies dabei im Mittel die höchste Befallsintensität mit 270,7 Larven/Blatt auf. Ein ähnliches Niveau zeigte die Variante Netz kurz mit 250,4 Larven/Blatt, während in der Variante Netz lang ein signifikant verminderter Befall mit der Kohlmottenschildlaus (95,6 Larven/Blatt) beobachtet wurde (Abb. 21b).

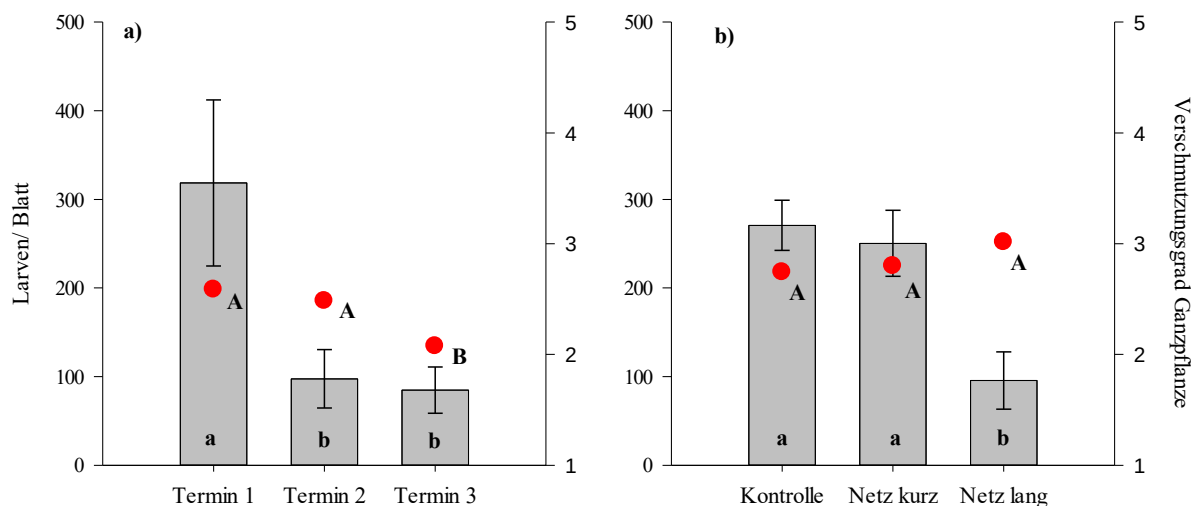


Abb. 19: Befall mit der Kohlmottenschildlaus (graue Balken) und Verschmutzung der Rosenkohlpflanzen ($\bar{x} \pm SD$) bei verschiedenen a) Pflanzterminen (Termin 1: 05.05.2014, Termin 2: 26.05.2014, Termin 3: 16.06.2014) und b) Kulturschutznetz-Auflagezeiträumen (Netz kurz: 8 Wochen, Netz lang: 15 Wochen), verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen dem Larvenbefall (Kleinbuchstaben) und den Verschmutzungsgraden (Großbuchstaben), Tukey's post-hoc Test, $p \leq 0,05$

4.5.1.2 Verschmutzung und Ertrag

Versuch zur Maßnahmenterminierung: A) Pflanztermine

Die Verschmutzung der Rosenkohlpflanzen wurde durch einen späten Pflanztermin (Termin 3) signifikant beeinflusst (Abb. 21a). Der durchschnittliche Verschmutzungsgrad lag in dieser Variante bei 2,1 und damit unter dem Niveau des praxisüblichen Termins (Boniturnote 2,6) und des um drei Wochen verzögerten Termins (Boniturnote 2,5). Die Effekte auf den Verschmutzungsgrad der Ganzpflanzen waren bei der qualitativen Differenzierung der Röschen in einen sauberen (vermarktbar) und verschmutzten (nicht vermarktbar) Anteil ebenfalls statistisch nachweisbar (Abb. 22). Die frühe Pflanzung, eine frühe Ausbildung der Röschenansätze Ende Juli sowie eine schnelle Röschenentwicklung begünstigten die Ertragsbildung in Variante Termin 1. Verspätete Pflanztermine hatten infolge der reduzierten Anzahl zur Verfügung stehender Kulturtage einen signifikant abträglichen Effekt auf den Rohertrag (Abb. 23). Termin 2 zeigte mit 204,7 dt/ha und Termin 3 mit 130,8 dt/ha eine Ertragsminderung von 20,5 % bzw. 49,1 % im Vergleich zur praxisüblichen Terminierung der Pflanzung.

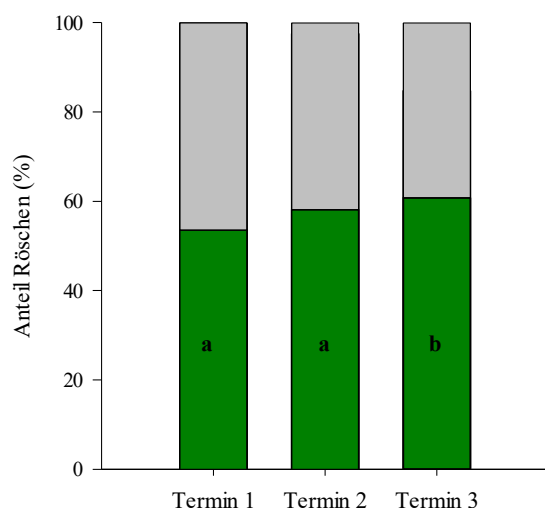


Abb. 212: Anteil vermarktbarer (grün) und verschmutzter (grau) Röschen (%) am Gesamt-Bruttoertrag (Termin 1: 05.05.2014, Termin 2: 26.05.2014, Termin 3: 16.06.2014; verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, Tukey's post-hoc Test, $p \leq 0,05$)

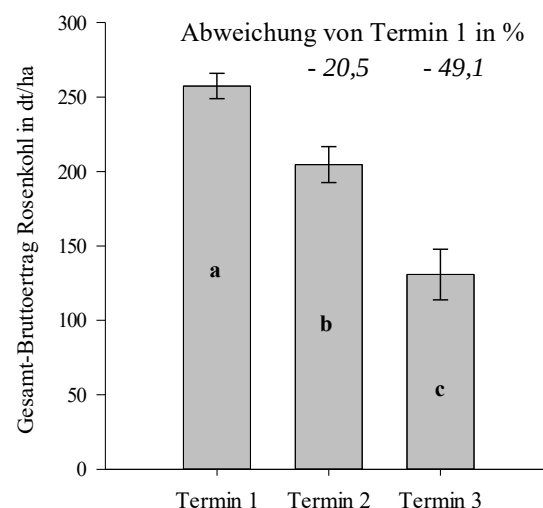


Abb. 203: Gesamt-Bruttoertrag ($\bar{x} \pm SD$) des Rosenkohls ($n = 10$) in dt/ha und Abweichung (%) vom praxisüblichen Pflanztermin (Termin 1: 05.05.2014, Termin 2: 26.05.2014, Termin 3: 16.06.2014; verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, Tukey's post-hoc Test, $p \leq 0,05$)

Versuch zur Maßnahmenterminierung: B) Kulturschutznetze

Die Kulturschutznetze hatten 2014 keinen signifikanten Effekt auf die Verschmutzung der Rosenkohlpflanzen (Abb. 21b). Trotz der deutlichen Befallsreduzierung bei langer Netzauflage lag der Verschmutzungsgrad in dieser Variante (Boniturnote 3,0) etwas über dem Niveau der Kontrolle (Boniturnote 2,7) und der Variante Netz kurz (Boniturnote 2,8). Ein deutlich und statistisch abgesicherter Unterschied zeigte sich dagegen bei Betrachtung des Gesamt-Bruttoertrags: Durch die langfristige Anwendung von Kulturschutznetzen (Netz lang) wurde mit durchschnittlich 77,8 dt/ha 36,3 % weniger Rohertrag erzielt als in der Kontrolle ohne Netzauflage (Abb. 25). Dieser Minderertrag ist nicht auf den Kohlmottenschildlausbefall zurückzuführen, sondern auf veränderte Wachstumsbedingungen der Pflanzen unter dem Netz. In der Netzvariante kurz wurde hingegen ein leicht positiver Einfluss auf den Ertrag mit durchschnittlich 137,2 dt/ha im Vergleich zur Kontrolle (122,2 dt/ha) beobachtet. Diese abträglichen bzw. förderlichen Effekte auf den Rohertrag waren beim marktfähigen Ertrag nicht mehr signifikant nachweisbar (Abb. 24). Der Anteil des marktfähigen Ertrages unterschied sich geringfügig zwischen den Varianten, bewegte sich generell aber auf einem hohen Niveau mit 84,5 % im Mittel der Varianten.

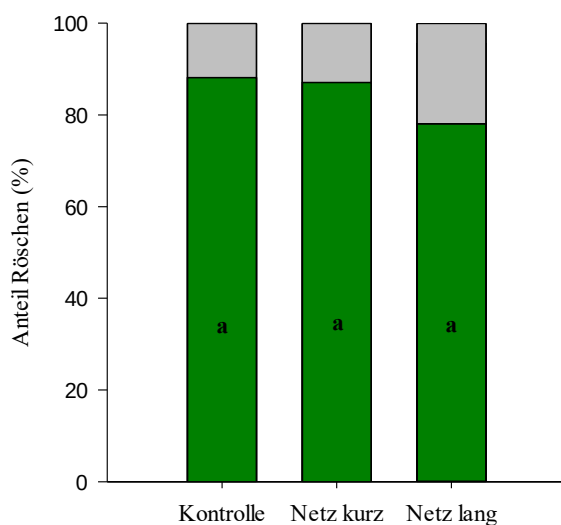


Abb. 224: Anteil vermarktbare (grün) und verschmutzter (grau) Röschen (%) am Gesamt-Bruttoertrag nach Auflagezeiträumen (Netz kurz: 8 Wochen, Netz lang: 15 Wochen), verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, Tukey's post-hoc Test, $p \leq 0,05$

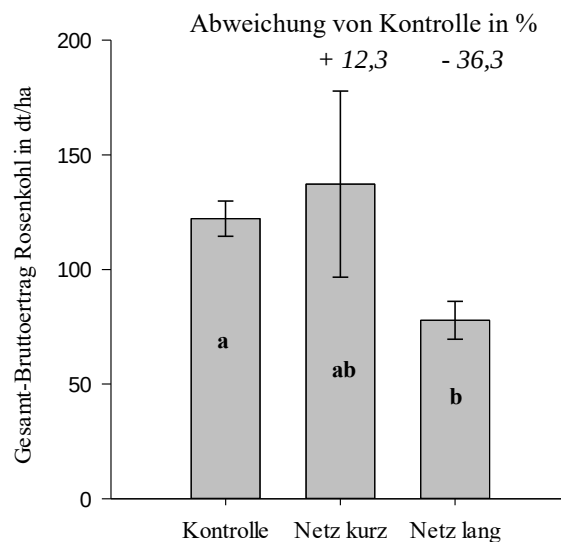


Abb. 235: Gesamt-Bruttoertrag ($\bar{x} \pm SD$) des Rosenkohls ($n = 10$) in dt/ha und Abweichung (%) von der Kontrolle (Netz kurz: 8 Wochen, Netz lang: 15 Wochen), verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, Tukey's post-hoc Test, $p \leq 0,05$

4.5.2 Versuche 2015

4.5.2.1 Wirkungsgrad (WG) der Pflanzenschutzmaßnahmen

Die Anwendung verschiedener Bekämpfungsmaßnahmen gegen die Kohlmottenschildlaus in Form von konventionellen und ökologischen Insektiziden sowie Kulturschutznetzen hatte einen signifikanten Einfluss auf den Kohlmottenschildlausbefall der Rosenkohlpflanzen zur Ernte, wobei deutliche Schwankungen zwischen den einzelnen Varianten auftraten (Abb. 26). Das Abdecken des Rosenkohls mit einem feinmaschigen Kulturschutznetz vor dem ersten Zuflug des Schädlings erzielte in der Variante Netz kurz (7 Wochen) mit 341,1 Larven/Blatt einen Wirkungsgrad von 49 % im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle (663,5 Larven/Blatt). Die verlängerte Netzauflage bis Mitte September (Variante Netz lang) führte hingegen zu einer signifikanten Verdoppelung der Wirkung auf 98 %. Ein ähnliches Niveau wurde durch die Anwendung des systemischen Insektizids Movento OD erreicht: Mit durchschnittlich 6,6 Larven/Blatt und einem WG von 99 % bewirkte diese Variante die beste Befallsreduzierung aller untersuchten Behandlungen. Von den applizierten biologischen Insektiziden konnte lediglich Neem Azal-TS überzeugen, wobei die Wirkung (WG 50 %) lediglich im mittleren Bereich einzuordnen ist.

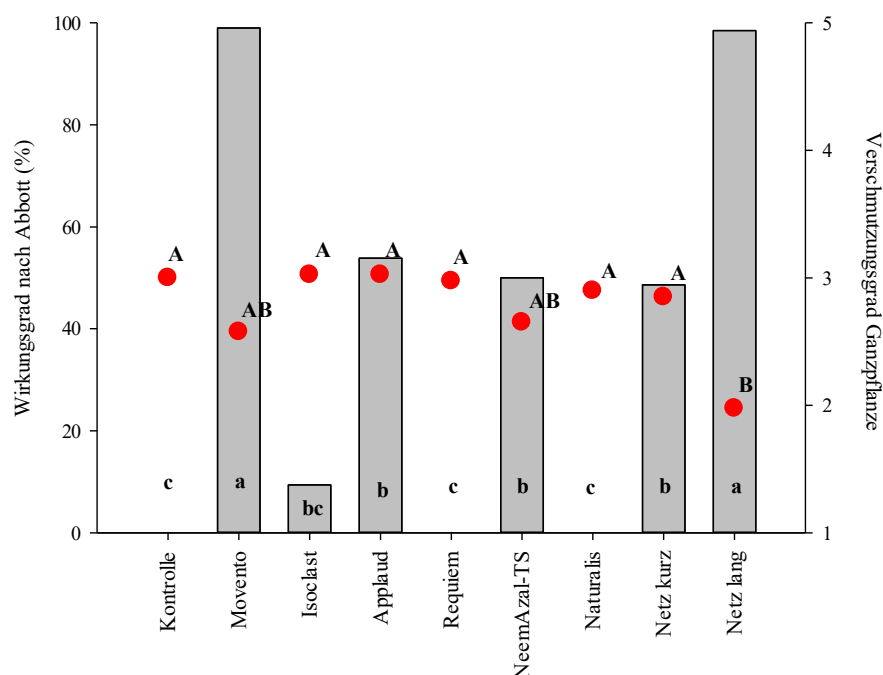


Abb. 24: Wirkungsgrad der Pflanzenschutzmaßnahmen nach Abbott (%) und Qualitätsbeurteilung der Rosenkohlpflanzen nach Boniturnoten 1 - 5 in 2015 (verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Wirkungs- (Kleinbuchstaben) und Verschmutzungsgraden (Großbuchstaben), Tukey's post-hoc Test, $p \leq 0,05$)

4.5.2.2 Verschmutzung, Ertrag und Pflanzenentwicklung

Die Effekte der Pflanzenschutzmaßnahmen auf den Kohlmottenschildlausbefall waren bei Betrachtung der Verschmutzung ebenfalls signifikant nachweisbar (Abb. 26), entsprachen jedoch nicht in allen Varianten den Erwartungen. Grundsätzlich erbrachte die Variante Netz lang mit einer durchschnittlichen Boniturnote von 1,5 das beste Qualitätsergebnis. Die Anwendung von Movento OD hingegen erzielte trotz höchster Befallsreduzierung des Schädlings (WG 99 %) nur eine mittlere Boniturnote von 2,6. Neem Azal-TS zeigte ähnlich starke Verschmutzungen (Boniturnote 2,7) bei deutlich reduziertem Wirkungsgrad. Die anderen Varianten wurden erheblich durch Rußtaubelag und andere Verschmutzungen infolge des Schädlingbefalls beeinträchtigt, unterschieden sich jedoch nicht signifikant von der unbehandelten Kontrolle. Die Auflage von Kulturschutznetzen hatte 2015 in keiner der beiden Varianten einen signifikant abträglichen oder förderlichen Effekt auf den Rohertrag (dt/ha). Ein deutlicher und statistisch abgesicherter Unterschied zeigte sich hingegen in der Pflanzenentwicklung (Frischmasse-Anteil einzelner Pflanzenorgane am Gesamtaufwuchs in dt/ha): Durch die lange Netzaufgabe wurden mit durchschnittlich 404,3 dt/ha je Pflanze insgesamt 38,7 % mehr Blattfrischmasse und ein um 24,9 % höheres Strunkgewicht (238 dt/ha) im Vergleich zur Kontrolle erzielt. Ein negativer Einfluss dieses Effekts auf die Ertragsbildung oder den Gesamtaufwuchs konnte jedoch nicht nachgewiesen werden (Tab. 20).

Tab. 20: Gesamtaufwuchs (Frischmasse in dt/ha) von Rosenkohl differenziert nach den einzelnen Pflanzenorganen (Blatt, Strunk, Röschen) in Abhängigkeit ausgewählter Bekämpfungsmaßnahmen im Versuchsjahr 2015 (Mittelwerte, verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, Tukey's post-hoc Test, $p \leq 0,05$)

	2015				2016		
<i>Frischmasse (dt/ha)</i>	Kontrolle	Movento	Netz kurz	Netz lang	Kontrolle	Movento	Netz lang
Blatt	291,5 b	375,3 ab	333,7 ab	404,3 a	233,2 a	264,3 a	303,1 a
Strunk	191,1 b	189,0 b	213,8 ab	238,8 a	216,8 a	246,3 a	278,1 a
Röschen	244,5 a	222,7 a	253,8 a	229,0 a	129,0 a	144,9 a	145,7 a
Gesamtaufwuchs	727,1 a	786,9 a	801,4 a	872,1 a	579,0 a	655,4 a	727,0 a

4.5.3 Versuche 2016

4.5.3.1 Wirkungsgrad (WG) der Pflanzenschutzmaßnahmen

Die Anwendung von Movento OD erzielte auch im Versuchsjahr 2016 mit durchschnittlich 7,0 Larven/Blatt einen Wirkungsgrad von 99 % und stellt zusammen mit den Varianten Netz lang (89 % WG) sowie Neem Azal-TS (86 % WG) die effektivste Maßnahme bei der Kohlmottenschildlausbekämpfung dar (Abb. 27). Die einmalige Applikation von Movento OD in Kombination mit Sivanto Prime erreichte hingegen nur einen mittleren Wirkungsgrad von 60

% und scheint somit nicht ausreichend für die gesamte Kulturdauer des Rosenkohls zu sein. Generell war das Befallsniveau im Vergleich zum Vorjahr mit 880 Larven/Blatt in der unbehandelten Kontrolle um 32,5 % erhöht. Neben Movento OD bewirkte Applaud als weiteres Insektizid für den konventionellen Anbau nur eine mäßige Befallsreduzierung (WG 28 %). Der Einsatz von Requiem und Naturalis als biologische Mittel konnte selbst unter Verwendung von Kulturschutznetzen keine ausreichende Befallssenkung an Rosenkohl bewirken (Abb. 27).

4.5.3.2 Verschmutzung, Ertrag und Pflanzenentwicklung

Die Verschmutzung der Rosenkohlpflanzen wurde durch die einzelnen Behandlungen signifikant beeinflusst (Abb. 27). Im Gegensatz zum Vorjahr konnte jedoch kein direkter Zusammenhang zwischen Schädlingsbefall und Qualität nachgewiesen werden. Entgegen der Erwartungen wurden in Varianten mit hohem Wirkungsgrad nur durchschnittliche Qualitätsergebnisse erreicht. Der Einsatz von Movento OD in Kombination mit Sivanto erzielte bei einem Wirkungsgrad von 60 % die Boniturnote 3,0 und wurde somit noch hinter der unbehandelten Kontrolle (Boniturnote: 2,9) eingeordnet. Im Versuchsjahr 2016 konnte trotz der ausgeprägten Differenzen im Kohlmottenschilddausbefall keine statistisch abgesicherte Beeinflussung des Gesamt-Bruttoertrags nachgewiesen werden (Tab. 20).

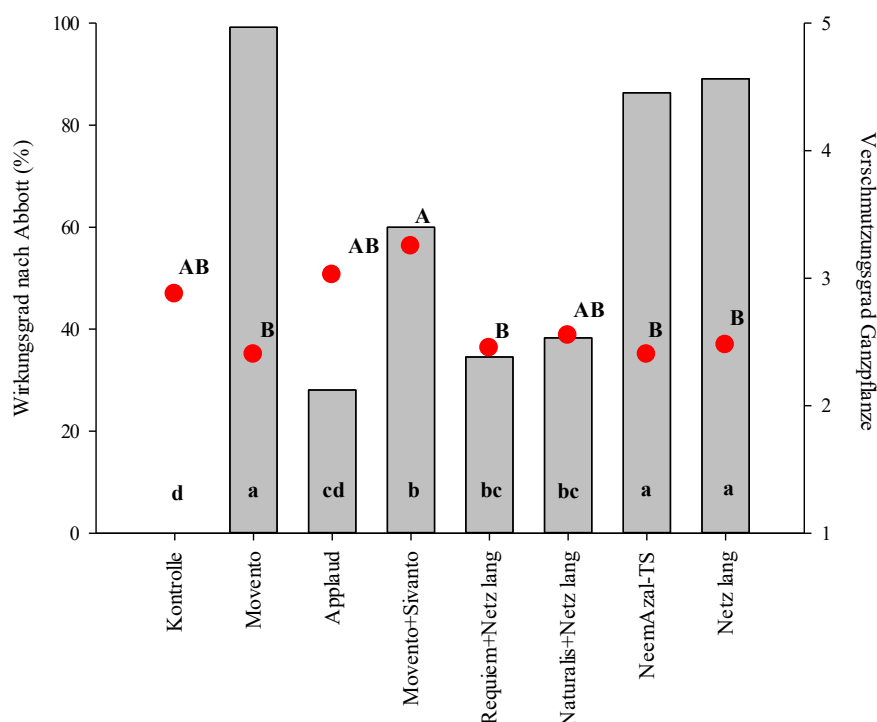


Abb. 25: Wirkungsgrad der Pflanzenschutzmaßnahmen nach Abbott (%) und Qualitätsbeurteilung der Rosenkohlpflanzen nach Boniturnoten 1-5 in 2016 (verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Wirkungs- (Kleinbuchstaben) und Verschmutzungsgraden (Großbuchstaben), Tukey's post-hoc Test, $p \leq 0,05$)

Generell war der Bruttoertrag im Vergleich zu 2015 um 41,9 % im Mittel aller Varianten reduziert, wobei wahrscheinlich der Sortenwechsel eine mögliche Ursache darstellt. Die langfristige Kulturschutznetzaufgabe bewirkte ähnlich wie im Vorjahr eine leichte Erhöhung des Frischmasse-Anteils (dt/ha) von Blatt und Strunk (29,9 % bzw. 38,3 %), welcher sich jedoch nicht signifikant vom Niveau der Kontrolle unterschied. Das Entspitzen der Rosenkohlpflanzen sechs Wochen vor der Ernte scheint in diesem Zusammenhang zu einer verbesserten Trockenmasseverteilung bei der Ertragsbildung geführt zu haben.

4.6 Versuche zur Optimierung der Applikationstechnik (AP 3.3)

4.6.1 Versuche 2014/2015: Identifizierung der Zielfläche an Rosenkohl für *A. proletella*

Die Voruntersuchungen zur vertikalen Verteilung der KMSL-Entwicklungsstadien an Rosenkohlpflanzen der Sorte 'Cronus F1' zeigten, dass sich innerhalb der oberen 20 cm vorrangig Eigelege und Larven des jüngsten Stadiums aufhielten (Abb. 28). Diese Zone entspricht im Umfang den ersten 20 Blättern (beginnend mit dem jüngsten, vollentwickelten Blatt am Trieb).

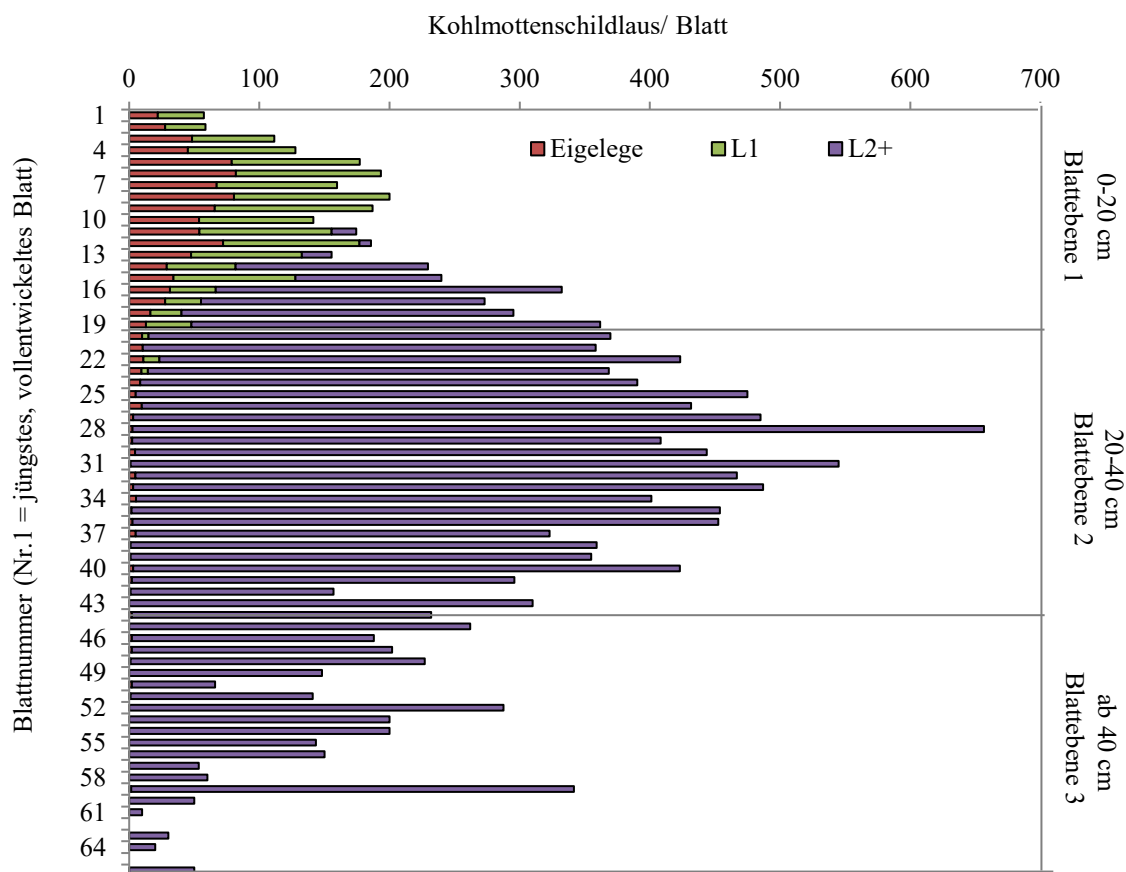


Abb. 26: Vertikale Verteilung der KMSL-Entwicklungsstadien an der Rosenkohlpflanze (Sorte: 'Cronus F1') und Identifizierung der Zielflächen für die Applikation von Kontaktinsektiziden (L1: jüngstes Larvenstadium, L2+: ältere, immobile Larvenstadien einschließlich Puparien)

Durch die Immobilität der Larven von *A. proletella* ist ein Altersgefälle der juvenilen Stadien von den jüngsten Blättern an der Pflanzenspitze bis zu den unteren älteren Blättern zu verzeichnen. Die mittlere Blattebene 2 umfasst den Bereich 20 - 40 cm (Blattnummer 20 - 45) und stellt die Hauptaufenthaltszone für ältere Larvenstadien dar. Ab Blatt 45 (40 cm) bis zum letzten unteren Blatt der Pflanze waren vorrangig Puparien, ein Großteil Exuvien und erste geschlüpfte Adulte zu finden. Dieser Bereich wurde für die nachfolgenden Untersuchungen als untere Blattebene 3 charakterisiert (Abb. 28). Als Zielfläche bei der Applikation nicht-systemischer Kontaktinsektizide mit ovizider bzw. larvizider Wirkung gegen die Kohlmottenschildlaus wurden demnach die Blattebenen 1 und 2 identifiziert.

Das im Versuchsjahr 2015 durchgeführte Screening zur Verteilung der Kohlmottenschildlaus, speziell der Larvenstadien, an den Blattober- und Blattunterseiten der Rosenkohlpflanzen ergab, dass die Pflanzenmorphologie, einschließlich der sortenspezifischen Blattstellung- und Blattform einen bedeutenden Einfluss auf die Schädlingsbesiedlung des Blattes hat. Die untersuchten Rosenkohlsorten wiesen in der mittleren Blattebene 2 unterschiedliche Anteile der Blattkategorien „Blattunterseite normal“ und „Blattunterseite gedreht“ nach Abb. 9 an der Gesamtblattfläche auf (Abb. 29). Dabei erzielten die Sorten ‘Genius’ und ‘Bright’ im Vergleich zu anderen Sorten mit 83,6 % und 78,8 % den größten Anteil „Blattunterseite normal“, was einer waagegerechte Blattstellung mit flacher Blattform entspricht. Die geringsten Anteile dieser Blattkategorie wurden bei den Sorten ‘Cronus’ (50,0 %) und ‘Doric’ (60,4 %) nachgewiesen. Dieser Effekt impliziert eine löffelartige, gewölbte Blattform.

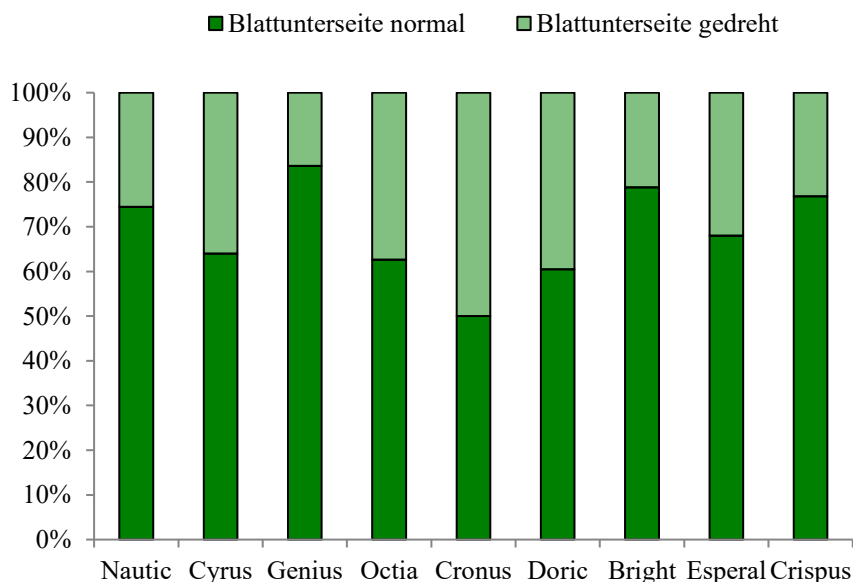


Abb. 27: Sortenspezifische Blattmorphologie von Rosenkohl: Anteile der Kategorien „normaler und gedrehter Blattunterseiten“ an der Gesamtblattfläche nach Abb. 9 in der mittleren Blattebene 2

Die Hauptaufenthaltszone der immobilen KMSL- Larvenstadien befindet sich entsprechend der Erwartungen größtenteils auf der normalen Blattunterseite (Abb. 30). Bei den Sorten Crispus und Genius wurde mit 90,7 % bzw. 90,9 % der größte Anteil Larven in dieser Blattkategorie gefunden. Andere Rosenkohlsorten wie 'Esperal', 'Cyrus' und 'Nautic' zeigten jedoch infolge der spezifischen Blattmorphologie auch einen hohen Larvenbesatz in anderen Blattbereichen („Blattoberseite normal und gedreht“). Die Zielfläche bei der Applikation von Kontaktinsektiziden gegen die Kohlmottenschildlaus befindet sich vorrangig auf den normalen Blattunterseiten der bereits oben erwähnten oberen und mittleren Blattebene. Diese Erkenntnisse wurden bei der Versuchsplanung zur Optimierung der Applikationstechnik in den Jahren 2014 - 2016 berücksichtigt. Für die Gewährleistung der optimalen biologischen Wirksamkeit sollte durch eine angepasste Applikationstechnik in diesen Bereichen ein hoher Benetzungsgrad des PSM erzielt werden. Sortenspezifisch können sich infolge blattmorphologischer Besonderheiten und der daraus resultierenden Besiedlung anderer Blattbereiche Abweichungen ergeben.

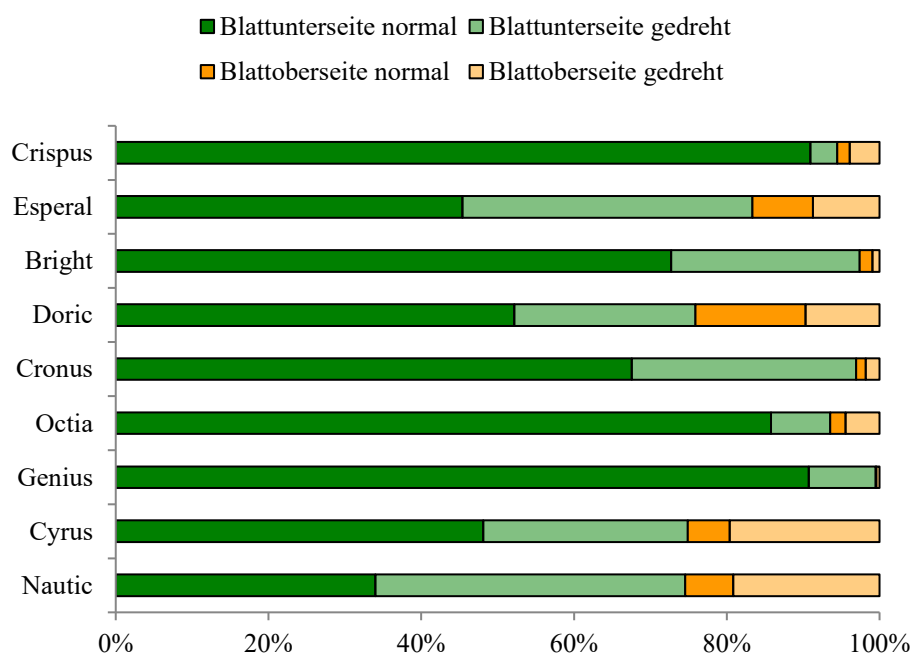


Abb. 28: Sortenspezifische Verteilung der immobilen KMSL-Larvenstadien an den Blattunterseiten und Blattoberseiten von Rosenkohl in der mittleren Blattebene 2

4.6.2 Versuche 2014/2015: Zielflächenspezifisch angepasste Applikationstechnik

Die zielflächenspezifische Anpassung der Applikationstechnik führte im Vergleich zur Standardapplikation zu einer signifikanten Erhöhung des Benetzungsgrades der Blattunterseiten mit dem Kontaktinsektizid Micula (Tab. 21, 22). Die Varianten Dropleg_hoch und Dropleg_tief erzielten im Mittel der Blattebenen 65,6 % (2014) und 82,2 % (2015) höhere Benetzungsgrade als die Standardvariante mit Spritzbalken (3,3 % bzw. 0,4 %). In der oberen Blattebene wurde

2014 die höchste Benetzung der Blattunterseiten mit 16,0 % in der Variante Dropleg_hoch erreicht. Die Variante Dropleg_tief bewirkte mit 13,5 % ebenfalls eine signifikante Steigerung des Benetzungsgrades um das 3,8-fache gegenüber der Standardapplikation (Tab. 21). Die Benetzung der Blattunterseiten in der mittleren Blattebene als weitere Zielfläche bei der Applikation von larviziden Kontaktmitteln zur Bekämpfung der Kohlmottenschildlaus wurde nur in der Variante Dropleg_tief statistisch nachweisbar gesteigert: Der Anteil der benetzten Blattfläche an der Gesamtblattfläche betrug 20,7 % und entsprach einer 7-fachen bzw. 2,5-fachen Steigerung im Vergleich zur Standardvariante bzw. der Variante Dropleg_hoch. In der unteren Blattebene konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen den Varianten beobachtet werden, tendenziell erzielte jedoch die Applikation mit Dropleg_tief die höchsten Benetzungsgrade (Tab. 21). Im Versuchsjahr 2015 lag das Niveau der Benetzung trotz der optimierten Applikationstechnik deutlich unter dem des Vorjahres. Dieser Effekt ist wahrscheinlich dem Wechsel der Rosenkohlsorte zuzuordnen. Dennoch konnte eine signifikante Beeinflussung des Benetzungsgrades der Blattunterseiten durch den Einsatz von Droplegs nachgewiesen werden. In der oberen Zielblattebene wurde im Mittel aller Blattebenen die höchste Benetzung erreicht. Dabei erzielten die Varianten Dropleg_hoch und Dropleg_tief mit 8,5 % und 8,7 % jeweils einen 14-fach höheren Anteil benetzter Blattfläche als die Standardvariante (0,6 %). Die mittlere Blattebene wies in allen Varianten eine deutlich verringerte Benetzung der Blattunterseiten auf. Mit einem Anteil von 5,3 % benetzter Blattfläche bewirkte die Variante Droplegs_tief den signifikant größten Effekt, wenngleich das Niveau im Vergleich zu 2015 um das 4-fache reduziert war. In der unteren Blattebene konnte kein Einfluss der Applikationstechnik auf die Qualität der Benetzung nachgewiesen werden (Tab. 21).

Tab. 21: Benetzungsgrad (%) der Blattunterseiten von Rosenkohl in den drei Blattebenen. Dargestellt sind Mittelwerte über die Blattpositionen 1 und 2 (1=Blatt zeigt in die Reihe, 2 = Blatt zeigt in die Zwischenreihe), verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Blattebenen, Tukey's post-hoc Test, $p \leq 0,05$

Blattebene	- Oben -	- Mitte -	- Unten -
2014	<i>Benetzungsgrad Blattunterseiten in %</i>		
Standard	3,5 c	3,0 c	3,3 c
Droplegs_hoch	16,0 ab	8,4 bc	4,7 c
Droplegs_tief	13,5 ab	20,7 a	8,6 bc
2015	<i>Benetzungsgrad Blattunterseiten in %</i>		
Standard	0,6 c	0,4 c	0,2 c
Droplegs_hoch	8,5 a	1,7 bc	0,4 c
Droplegs_tief	8,7 a	5,3 ab	1,7 bc

Die Benetzung der Blattunterseiten wurde in den einzelnen Blattebenen neben der Applikationstechnik auch signifikant von der Blattposition beeinflusst (Tab. 22). Während sich in beiden

Versuchsjahren zwischen den Varianten keine statistisch nachweisbaren Effekte auf den Benetzungsgrad von Blättern der Blattposition 1 ergaben, konnten in allen drei Blattebenen deutlich höhere Anteile benetzter Blattfläche bei Blättern der Blattposition 2 beobachtet werden. Die Anwendung von Droplegs bewirkte in der oberen Blattebene eine 6-fache (2014) bzw. 22-fache (2015) Erhöhung der Benetzung auf den Blattunterseiten im Zwischenreihenbereich gegenüber der Standardapplikation, wobei sich die Varianten Dropleg_hoch mit 23,5 % (2014) bzw. 12,6 % (2015) und Dropleg_tief mit 22,0 % (2014) und 14,0 % (2015) benetzter Blattfläche innerhalb der jeweiligen Versuchsjahre auf dem gleichen Niveau befanden (Tab. 22). Der Effekt nahm in der mittleren Blattetage deutlich ab, so dass hier nur noch die Applikation von Micula in der Variante Dropleg_tief zu einem gegenüber der Standardvariante (2014: 2,4 %, 2015: 0,3 %) signifikant höheren Anteil benetzter Blattfläche auf den Blattunterseiten im Zwischenreihenbereich (2014: 28,6 %, 2015: 7,7 %) führte. Die Applikationstechnik hatte in der unteren Blattetage keinen statistisch nachweisbaren Einfluss auf die Benetzung der Blattunterseiten im Zwischenreihenbereich (Tab. 22).

Tab. 22: Benetzungsgrad (%) der Blattunterseiten von Rosenkohl im Reihensbereich (Blattposition 1) und Zwischenreihenbereich (Blattposition 2) der drei Blattebenen (Mittelwerte, verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede ausschließlich zwischen den Blattpositionen, Tukey's post-hoc Test, $p \leq 0,05$)

Blattebene	- Oben -		- Mitte -		- Unten -	
Blattposition	1	2	1	2	1	2
2014	<i>Benetzungsgrad Blattunterseiten in %</i>					
Standard	3,2 b	3,9 b	3,6 b	2,4 b	3,5 a	3,2 a
Droplegs_hoch	8,4 b	23,5 a	8,3 b	8,6 b	5,1 a	4,2 a
Droplegs_tief	5,1 b	22,0 a	12,8 b	28,6 a	6,0 a	11,3 a
2015	<i>Benetzungsgrad Blattunterseiten in %</i>					
Standard	0,5 c	0,6 c	0,5 b	0,3 b	0,2 a	0,3 a
Droplegs_hoch	4,5 bc	12,6 ab	1,8 b	1,6 b	0,6 a	0,3 a
Droplegs_tief	3,3 c	14,0 a	2,9 ab	7,7 a	1,5 a	1,9 a

4.6.3 Versuch 2016: Optimierung der Applikationstechnik (Screening)

Die Ergebnisse des Screenings verdeutlichen den Einfluss der sortenspezifischen Blattmorphologie auf die Applikationsqualität bei der Bekämpfung der Kohlmottenschildlaus an Rosenkohl. Entgegen der Erwartungen erzielte die Sorte 'Crispus F1' mit stark gewölbter Blattform und v-förmig nach oben ausgerichteter Blattstellung in beiden Blattebenen und Blattpositionen höhere Benetzungsgrade der Blattunterseiten als die Referenzsorte 'Martinus F1', welche sich durch flache und waagrecht vom Strunk abstehende Blätter auszeichnet (Abb. 31).

Desweiteren wurde die Benetzung deutlich von der Applikationstechnik beeinflusst: Wie bereits in den Versuchen 2014/2015 nachgewiesen, führte der Einsatz von Droplegs auch in 2016 generell zu höheren Anteilen benetzter Blattfläche bei der Applikation des Kontaktinsektizids Micula als die Standardapplikation. Die Ausstattung der Spritzbalken mit grobtropfigen, abdriftmindernden Injektor-Flachstrahldüsen des Kalibers IDK 120-04 in der Standardvariante bewirkte keine Verbesserung der Applikationsqualität im Vergleich zu den in 2014/2015 verwendeten feintropfigen Zungendüsen FT 2,0-448. Der Einfluss der Rosenkohlsorte auf die Benetzung der Blattunterseiten war bei der Applikation von oben ebenfalls vernachlässigbar (Abb. 31). Bezogen auf die Rosenkohlsorte 'Crispus' erzielten in der oberen Blattebene insbesondere die Dropleg-Varianten DF 120-04 und FT 2,0-448 mit feintropfigen Doppelflachstrahl- bzw. Zungendüsen die besten Qualitätsergebnisse. Im Mittel der Blattpositionen 1 und 2

konnte hier gegenüber der Standardapplikation mit durchschnittlich 1,5 % benetzter Blattunterseite eine Steigerung um das 5-fache (DF 120-04) bzw. das 9-fache (FT 120-04, 45°) erreicht werden. Die veränderte Ausrichtung der Düsen des Kalibers FT 120-04 in eine 90° Position unterschied sich dabei nicht merklich von der 45° Position und führte zu ebenfalls zu einer Erhöhung des Benetzungsgrades um das 7,5-fache (Abb. 31 a, b).

Die positiven Effekte der Droplegtechnik mit feintropfigen Düsentypen auf die Benetzung der Blattunterseiten in der oberen Blattebene konnten in der mittleren Blattebene bestätigt werden. Gegenüber der Standardvariante, die im Mittel der beiden Blattpositionen nur einen sehr geringen Anteil von 0,4 % der Gesamtblattfläche benetzte, zeigten die Varianten DF 120-04 bzw. FT 2,0-448 (45°) und FT 2,0-448 (90°) mit 7 % bzw. 14 % und 21 % eine qualitativ bessere Anlagerung des Kontaktinsektizids Micula bei der Rosenkohlsorte 'Crispus'. Auffällig war in diesem Zusammenhang auch die Variante mit grobtropfigen Injektor-Flachstrahldüsen des Kalibers ID 120-04, welche im Mittel der Blattpositionen Benetzungsgrade von 8,8 % ('Crispus') erzielte (Abb. 31 c, d).

Der Einsatz von Droplegs über zwei Blattebenen (20 und 46 cm unter Bestandeshöhe) in der Variante FT 1,0-368 führte entgegen der Erwartungen zu Benetzungsgraden auf oder sogar unter dem Niveau der Standardapplikation, unabhängig von Rosenkohlsorte, Blattebene und Blattposition (Abb. 31). Dieser Effekt erscheint bei Betrachtung der Variante IDKT 120-04 + FT 1,0-368, in welcher eine Standardapplikation von oben mit der 2-stufigen Droplegtechnik kombiniert wurde, widersprüchlich. Die kombinierte Applikation von Micula (IDKT 120-04 + FT 1,0-368) erzielte in beiden Blattebenen und Blattpositionen eine höhere Benetzung der Blattunterseiten als die Standardvariante: In der oberen Blattebene wurden im Mittel der beiden Blattpositionen bei der Sorte 'Crispus' ein Anteil von 13 % benetzter Blattfläche nachgewiesen (Abb. 31 a, b), während in der mittleren Blattebene der Anteil 10 % betrug (Abb. 31 c, d). Hierbei wies die Sorte Martinus mit 8,5 % ein Sorte 'Martinus' mit 8,5 % ein mit 'Crispus' vergleichbares Niveau der Benetzung auf.

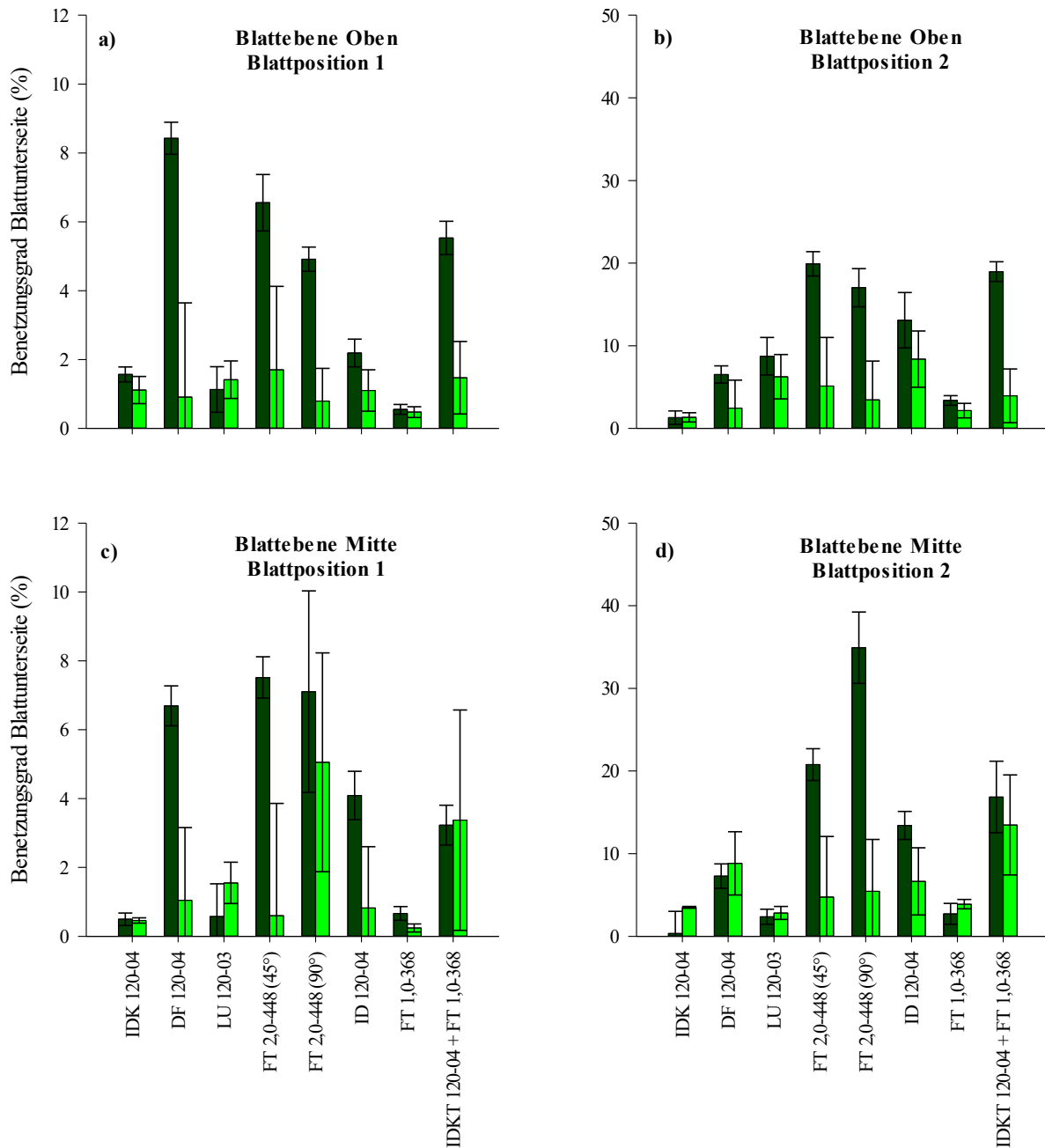


Abb. 29: Benetzungsgrad (%) der Blattunterseiten von Rosenkohl ($\bar{x} \pm SE$) in verschiedenen Blattebenen (obere Blattebene = a) und b), mittlere Blattebene = c) und d)) und Blattpositionen (1=Blatt zeigt in die Reihe, c) und d), 2 = Blatt zeigt in die Zwischenreihe, b) und d)) in Abhängigkeit der Rosenkohlsorten 'Crispus F1' (dunkelgrün) und 'Martinus F1' (hellgrün) sowie der Applikationstechnik

Generell wurden bei der Applikation von Micula mit Droplegs höhere Benetzungsgrade der Blattunterseiten im Zwischenreihenbereich (Blattposition 2) als im Reihenbereich (Blattposition 1) nachgewiesen, wobei sich im Mittel der Varianten kein Unterschied zwischen den beiden Blattebenen zeigte: Bezogen auf die Sorte 'Crispus' erzielten die Droplegs in der oberen Blattebene eine Benetzung der Blattunterseiten von durchschnittlich 12,5 %, während der Anteil in

der mittleren Blattebene 14,0 % betrug (Abb. 31 b, d). Einzig die Variante FT 2,0-448 (90°) wich hierbei durch eine Verdopplung des Benetzungsgrades von 17,4 % in der oberen Blattebene auf 34,9 % in der mittleren Blattebene vom Durchschnitt ab (Abb. 31 b, d).

4.7 Strategiever such zur Bekämpfung der Kohlmottenschildlaus an Rosenkohl (AP 3.4)

Aufgrund der variantengleichen Durchführung des projektübergreifenden Pilotversuchs am GKZ in Gülzow und JKI in Braunschweig sind die Ergebnisse einschließlich der Diskussion den Ausführungen im Teilprojekt „Integrierte Bekämpfung der Kohlmottenschildlaus an Gemüsekohlarten“ (2812NA020) zu entnehmen.

5 Diskussion der Ergebnisse

5.1 Bekämpfungsschwellen (AP 2.1)

Trotz signifikanter Befallsdifferenzen (Larven/Blatt) zwischen der Kontrolle und den unterschiedlichen Behandlungsintensitäten wurden keine Unterschiede hinsichtlich Verschmutzung und Gesamt-Bruttoertrag der Ernteware festgestellt. Mögliche Ursachen stellen u.a. die zeitweise Wachstumsdepression einiger Pflanzen nach der Gabe von Kalkstickstoff (2. N-Gabe) und der durch starken Kohlfliegenbefall bedingte verfrühte Erntetermin am 13.10.2014 dar. Der tendenziell geringere Larvenbefall in der Variante Betriebsroutine im Vergleich zu den BS 25% und 50 % ist ebenfalls widersprüchlich zu interpretieren. Bei der viermaligen Applikation des vollsistemischen Insektizids Movento OD in den Varianten BS 25 % und BS 50 % wäre im Vergleich zur zweimaligen Applikation (Variante Betriebsroutine) grundsätzlich ein höherer Wirkungsgrad zu erwarten gewesen. Mit durchschnittlichen Temperaturen von 18,7 °C und 14,8 °C zum Zeitpunkt der letzten beiden Applikationen in den Varianten BS 25/50 % am 15.08.2014 und 11.09.2014 besteht die Möglichkeit, dass ein temperaturbedingter Wirkverlust von Movento OD ursächlich für dieses Ergebnis war. Die optimale Terminierung praxisüblicher Pflanzenschutzmittel-Kombinationen (Variante Routine) scheint nach Auswertung der einjährigen Daten eine mit der Einhaltung von Bekämpfungsschwellen vergleichbar gute Bekämpfungsstrategie gegen die Kohlmottenschildlaus darzustellen. Selbst bei hoch wirksamen Insektiziden wie Movento OD sollten nach den Ergebnissen von 2014 am Standort Gülzow eher niedrige Bekämpfungsschwellen von 25 % mit Larven befallener Pflanzen angesetzt werden. Um jedoch genaue Aussagen darüber zu treffen, welches Befallsniveau in der Praxis nicht überschritten werden sollte, sind die langjährigen Ergebnisse zu Bekämpfungsschwellen und Befall-Verlust-Relationen aus dem Teilprojekt „Integrierte Bekämpfung der Kohlmottenschildlaus an Gemüsekohlarten“ (2812NA020)“ zu berücksichtigen.

5.2 Monitoring des Migrationsverhaltens (AP 2.2)

Aus den ersten Untersuchungen zum Migrationsverhalten der Kohlmottenschildlaus in Mecklenburg-Vorpommern konnten zwei wesentliche Erkenntnisse gewonnen werden: i) die Migrationsphasen sind durch einen saisonalen Rhythmus mit deutlichen Emigrationsereignissen gekennzeichnet und ii) auch nach der Rapsernte weiterhin andauernd. Die vorläufigen Ergebnisse zeigen, dass Winterraps ein Überwinterungshabitat für *A. proletella* darstellt und im Frühsommer als Vermehrungshabitat fungiert. Die gesammelten Monitoringdaten liefern zudem erste regionalspezifische Informationen und Hinweise zum zeitlichen Verlauf der Migration und zur Populationsdynamik des Schädling, auf deren Basis zukünftig Vorhersagemodelle entwickelt werden könnten. Obwohl gewisse Regelmäßigkeiten im Migrationsverlauf der Kohlmottenschildlaus nachgewiesen wurden, sind exakte Prognosen,

insbesondere bzgl. der Migrationsphasen in Gemüsekohlflächen, zum gegenwärtigen Zeitpunkt noch nicht möglich. Eine Herausforderung bei der Vorhersage der Migrationseignisse ist die hohe zeitliche und räumliche Umweltheterogenität, so dass statistisch abgesicherte Aussagen eigentlich nur auf Grundlage von Langzeitstudien getroffen werden können. Die vorliegenden Daten wurden jedoch über einen in Anbetracht der Versuchsfrage relativ kurzen Zeitraum von zwei Jahren erhoben und weisen z.T. eine hohe Variabilität auf, weshalb die Darstellung der Ergebnisse in deskriptiver Form erfolgte.

Desweiteren werden Populationsdynamik und Migration der Kohlmottenschildlaus in bedeutendem Maß durch schlagspezifische Faktoren bestimmt. Vor allem die Winterrapssorte, die phänologische Entwicklung und das Abreifeverhalten der Pflanzen innerhalb einer Rapsfläche („Tramline-Effekt“), der Pestizid- und Düngemittelinput, sowie der Erntetermin sind Faktoren, die zwar das Migrationsverhalten beeinflussen, aber in einem Vorhersagemodell nicht zwangsläufig berücksichtigt werden können. Inwiefern sich die Abreife der Rapsbestände auf den Abflug der Kohlmottenschildlaus auswirkt, konnte innerhalb der Studie bislang nicht abschließend beantwortet werden. Die potenzielle Besiedlungsfläche für die Kohlmottenschildlaus wird jedoch durch die Abreife der Rapspflanzen und dem daraus resultierenden Blattverlust deutlich reduziert. Zu diesem Zeitpunkt findet die Kohlmottenschildlaus jedoch bis zur Ernte neue Reproduktionsstätten innerhalb eines Rapsschlages an verzögert entwickelten Pflanzen entlang der Fahrgasse.

Von einer relativ kleinen Fläche (7-8 % der Gesamtfläche) kann somit unter Umständen ein relativ hoher Befallsdruck des Schädlings ausgehen. Erschwert werden die Untersuchungen zusätzlich durch fehlende wissenschaftliche Informationen (Feldstudien) zu den spezifischen Entwicklungsparametern (Entwicklungs- und Überlebensraten) der Kohlmottenschildlaus in Bezug auf regionale *Brassica*-Wirtspflanzen und wechselnde Wetter- und Umweltbedingungen in Norddeutschland.

Die Monitoring-Ergebnisse deuten darauf hin, dass die Migration der Kohlmottenschildlaus nicht durch die Rapsernte begrenzt bzw. beendet wird, wodurch entgegen der ursprünglichen Erwartungen kein definiertes Zeitfenster des Zuflugs in die Gemüsekohlflächen nachgewiesen werden konnte. In diesem Zusammenhang kommt den nach der Ernte neu auflaufenden Rapspflanzen in ihrer Funktion als sogenannte „grüne Brücke“ eine entscheidende Bedeutung zu. Das arbeitssparende Verfahren, Ausfallraps nach der Ernte zunächst auflaufen zu lassen, ist dabei für viele Landwirte in Mecklenburg-Vorpommern gerade in der Erntezeit gängige Praxis. Abhängig vom Flächenmanagement nach der Rapsernte und dem Zeitpunkt des Flächenumbruchs im Herbst besteht die Möglichkeit, dass die Kohlmottenschildlaus einen vollständigen Entwicklungszyklus an den Pflanzen vollzieht. Diese zusätzlichen Reproduktionshabitate (900 Pflanzen/m²) können dann im Spätsommer unter Umständen zu einem deutlich verlängerten

Migrationszeitraum und steigenden Populationsdruck führen. Welchen Einfluss kruzifere Wildkräuter oder Winterzwischenfrüchte (im Rahmen der Greening-Auflagen) als potenzielle grüne Brücken über den Winter auf die Kohlmottenschildlaus haben, bleibt aktuell noch diskussionswürdig.

Auch wenn sich die Anwendung von Bekämpfungsmaßnahmen infolge des diffusen Flugverhaltens der Kohlmottenschildlaus nicht auf einen vorhersagbaren Zeitraum begrenzen lässt, weisen die Ergebnisse des Monitorings in den Versuchsjahren 2014 und 2015 jedoch auf einen Zusammenhang zwischen der phänologischen Entwicklung des Winterrapses und dem Beginn des Zuflugs in die Gemüsekohlflächen hin. Diese Thematik bedarf weiterführender Untersuchungen, in welche überregionale Daten zu BBCH-Stadien des Winterrapses und dem ersten saisonalen Auftreten des Schädlings an Gemüsekohl miteinbezogen werden müssen. Sollten sich die Vermutungen bestätigen, könnte unter Verwendung eines Prognosemodells für die Winterrapsentwicklung zumindest der Beginn der Migration vorhergesagt und Pflanzenschutzmaßnahmen danach ausgerichtet werden. Zusammenfassend zeigen die Ergebnisse erste Einblicke in das Migrationsverhalten der Kohlmottenschildlaus in Norddeutschland. Die Prognose des zeitlichen Verlaufs der Migration ist jedoch eine anspruchsvolle Aufgabe, die es zukünftig durch weitere Labor- und Feldstudien zu bewältigen gilt. Die größten Herausforderungen bestehen dabei im Upscaling lokal gewonnener Felddaten auf größere Landschaftsräume (um regionalspezifische Aussagen treffen zu können) und in der Bewertung des Einflusses des schlagspezifischen Flächenmanagements nach der Winterrapserte.

5.3 Erarbeitung eines einheitlichen Boniturverfahrens (AP 2.3)

Das zusammen mit dem JKI entwickelte Boniturverfahren zur Quantifizierung des Kohlmottenschildlausbefalls an Rosenkohl wurde über die gesamte Projektlaufzeit von 2014 - 2016 bei der Auswertung von Versuchen zumeist erfolgreich angewendet. Schwierigkeiten während der Bonituren traten immer dann auf, wenn der Pflanzenbestand innerhalb oder zwischen einzelnen Versuchspartzen sehr heterogen war und sich Pflanzen sorten- oder pflanzenbaulich bedingt in ihrer Aufwuchshöhe stark unterschieden. Die mittlere Blattetage (Blatt 25 - 30 ab Triebspitze) entsprach dann nicht immer der Hauptaufenthaltszone der KMSL-Larven, so dass unter erhöhtem Zeit- und Arbeitsaufwand i) bei sehr geringen Aufwuchshöhen die gesamte Pflanze ausgezählt oder ii) nach der entsprechenden Blattetage gesucht werden musste. Eine besondere Herausforderung stellte die Quantifizierung der Schädlingstotalität unmittelbar nach dem Einsatz von Insektiziden dar. Das Auszählen der Larven/Blatt als Grundlage des Boniturverfahrens erlaubte in den meisten Fällen keine Rückschlüsse auf die Differenzierung toter und lebendiger Larvenstadien, wodurch exakte Aussagen zur Wirkung von Pflanzenschutzmittelanwendungen erschwert- und erst langfristig über den Befallsverlauf während der Kulturdauer getroffen werden konnten.

5.4 Versuche zum Lebendmulchverfahren (AP 3.1)

Sowohl mit Luzerne (*Medicago sativa*) als auch mit Erdklee (*Trifolium subterraneum*) konnte der Befall durch *A. proletella* in beiden Versuchsjahren signifikant gesenkt werden. Die Wirkung von Lebendmulchen gegenüber der Kohlmottenschildlaus ist damit nicht direkt von der verwendeten Pflanzenart abhängig. Verschiedene Lebendmulche im Zwischenreihenbereich von Gemüsekohlkulturen sind bereits in zahlreichen anderen Studien hinsichtlich ihres Regulierungspotentials gegenüber Schadinsekten positiv hervorgehoben worden: COSTELLO & ALTIERI (1995) nutzten verschiedene Kleearten in Kombination mit Brokkoli und erreichten eine 8-fache Befallsreduzierung von *Brevicoryne brassicae* im Vergleich zur Reinkultur, VIDAL (1997) verwendete Dt. Weidelgras und erzielte einen 5-fach geringeren Befall mit *B. brassicae* in Rosenkohl und JANKOWSKA et al. (2009) untersuchten Studenten- sowie Ringelblumen in einer Mischkultur mit Weißkohl und erreichten eine 2- bis 7-fache bzw. 8- bis 24-fache Befalls-senkung der Mehligen Kohlblattlaus.

Das Regulierungspotential der Lebendmulchsysteme gegenüber der Kohlmottenschildlaus wurde jedoch signifikant vom Management der Leguminosen beeinflusst. Mit zunehmender Intensität der mechanischen Regulierung von Luzerne (Mähen) und Erdklee („root pruning“) nahm der schädlingsregulierende Effekt ab. Die Hauptursache für die Reduktion des Schädlingsbefalls in den Lebendmulchsystemen stellte eine durch die Leguminosen erschwerte Wirtsfindung der Kohlmottenschildlaus dar. Die Attraktivität der Rosenkohlpflanzen war umso geringer, je stärker diese optisch durch die Lebendmulche maskiert wurden. Die Bedeutung der Höhe der Bodenbedecker für den Wirkerfolg von Lebendmulchsystemen wurde bereits von FINCH & COLLIER (2001) postuliert. Die Autoren wiesen darauf hin, dass schädlings-wirksame Effekte von Kohlmischkulturen nur dann zu erwarten sind, wenn Wirtspflanze und Lebendmulch die gleiche relative Aufwuchshöhe haben. Tritt die Hauptkultur infolge mechanischer Regulierung der Bodenbedecker zum Zweck der Konkurrenzminimierung optisch in den Vordergrund, geht der Effekt verloren. Dieser Zusammenhang konnte insbesondere für das Lebendmulchsystem mit der Leguminose Luzerne nachgewiesen werden: Die Variante LuzH3, welche extensiv, d.h. ohne Regulierung der Aufwuchshöhe, bewirtschaftet wurde, zeigte in beiden Versuchsjahren die höchste Befallsreduzierung mit *A. proletella* im Vergleich zur Reinkultur, während das Befallsniveau der Variante LuzH1 mit einer Aufwuchshöhe der Luzerne von ca. 5 cm über dem Boden dem der Kontrolle entsprach. Der schädlingsregulierende Einfluss der Leguminose Erdklee nahm während des Kulturverlaufs ab, so dass zur Ernte keine signifikanten Unterschiede bzgl. der Wirksamkeit zur Standardvariante nachgewiesen werden konnten. Dieser Effekt ist u.a. der mechanischen Wurzelregulierung („root pruning“) zuzuordnen, durch welche das Wachstum und daraus resultierend die „optische Barrierefunktion“ des Erdklees eingeschränkt wurde. Unter Berücksichtigung der Monitoring-Ergebnisse zum Migrationsverhalten der Kohlmottenschildlaus sollte zur Gewährleistung einer

dauerhaften Wirkung in der Praxis darauf geachtet werden, dass i) die Etablierung von Lebendmulchsystemen mit dem beginnenden Zuflug des Schädlings in die Kohlbestände abgeschlossen ist und ii) die relativen Aufwuchshöhen von Bodenbedecker und Hauptkultur ungefähr dem gleichen Niveau entsprechen, welches infolge des diffusen Flugverhaltens von *A. proletella* über den gesamten Kulturverlauf aufrecht erhalten werden sollte.

Interspezifische Konkurrenzeffekte zwischen Rosenkohl und Leguminosen führte in beiden Lebendmulchsystemen zu einer gegenüber der Reinkultur verzögerten Pflanzenentwicklung mit signifikant verringerten Blattflächenindizes (LAI). Im konventionellen Anbau von Rosenkohl erzielen die Bestände 80-100 Tage nach Pflanzung einen LAI von ca. 5 - 6, welcher danach bis zum Kulturende auf 1 bis 2,5 abfällt (DIXON, 2006). Unter den im ökologischen Anbau limitierten Nährstoffbedingungen konnten diese Werte selbst mit der Standardvariante Rosenkohl in Reinkultur nicht erreicht werden. Die Konkurrenzwirkung von Luzerne war im Vergleich zu Erdklee in beiden Versuchsjahren deutlich stärker, wobei dieser Effekt mit zunehmender Intensität der mechanischen Regulierung abnahm und in höheren LAI resultierte. Das Wurzelunterschneiden („root pruning“) hat sich im Zusammenhang mit der unterirdischen Regulierung von Erdklee als praxistaugliches Verfahren zur Konkurrenzminimierung erwiesen, unterliegt jedoch hohen Anforderungen bzgl. Terminierung und Bodeneigenschaften. Die Ergebnisse bestätigen die Erfahrungen von BÄTH et al. (2008), die den Einfluss des Verfahrens auf die Ertragssteigerung von Weißkohl in einem Mischkultursystem mit verschiedenen Lebendmulcharten untersuchten.

Die zusätzliche Kopfgabe eines organischen Flüssigdüngers beeinflusste die pflanzliche Entwicklung positiv und förderte die Blattmasseproduktion, so dass der LAI in diesen Varianten in der zweiten Kulturhälfte annähernd das Niveau des konventionellen Anbaus erreichte. Die nachgewiesenen Differenzen in der Blattflächenentwicklung wirkten sich indirekt auch auf den Befall der Pflanzen mit der Kohlmottenschildlaus aus. Der Besatz mit *A. proletella* war umso geringer, je kleiner die Blattfläche infolge interspezifischer Konkurrenzeffekte ausfiel. Die Ergebnisse bestätigen die „Host plant Quality-Hypothese“ nach BUKOVINSZKY et al. (2003), welche ähnliche Effekte im Zusammenhang mit *Plutella xylostella* und *B. brassicae* an Rosenkohl in einem Mischkultursystem mit Gerste beobachteten. Um verlässlichere Aussagen bei der Quantifizierung des Schädlingsbefalls in Lebendmulchsystemen zu gewährleisten, sollte die Besatzdichte mit der Blattfläche als Bezugsebene berücksichtigt werden.

Die interspezifischen Konkurrenzeffekte bewirkten weiterhin eine verzögerte Einlagerung der Trockenmasse in die Ertragsorgane, wodurch der Trockenmasse-Harvest-Index des Rosenkohls in den Lebendmulchsystemen gegenüber der Reinkultur signifikant verringert war. Trotz des förderlichen Effekts der zusätzlichen Flüssigdüngung des Rosenkohls auf die Trockenmasseproduktion, ergaben sich auch in diesen Varianten Verteilungsprobleme mit signifikanten Auswirkungen auf die Ertragsbildung. Die Ergebnisse zeigen, dass die Düngung

ein entscheidender Faktor im Management von Lebendmulchsystemen ist, jedoch an die kulturspezifischen Anforderungen des Rosenkohls angepasst- und entsprechend terminiert werden muss.

Die Ertragsleistung des Rosenkohls wurde in den Lebendmulchsystemen statistisch nachweisbar verringert, wobei die Leguminose Luzerne und insbesondere die extensiv bewirtschafteten Varianten infolge der stärkeren Konkurrenzwirkung höhere Ertragseinbußen bewirkten als Erdklee. Gleichzeitig erzielte das Lebendmulchsystem mit Luzerne signifikant bessere Qualitätsergebnisse infolge der verringerten Röschenverschmutzung durch Rußtaubeläge. Die Nachdüngung des Rosenkohls in den Varianten KleeU0+D und KleeU2+D hatte zwar einen förderlichen Effekt auf den Bruttoertrag, führte jedoch auch zu Qualitätseinbußen und erhöhten Anteilen Abfall infolge verstärkt auftretender Deformationen. Die Vermutung liegt nahe, dass die Ursache auch hier mit der optimalen Terminierung der Nährstoffversorgung in Zusammenhang steht.

Generell ist die Wirkung von Lebendmulchen auf die Quantität und Qualität des Ertrags direkt von der Leguminosenart und deren Regulierungsintensität abhängig, wobei beide Ertragsparameter unter Berücksichtigung der Praxistauglichkeit gegensätzliche Anforderungen stellen: Die Verminderung des Schädlingsbefalls mit der Kohlmottenschildlaus wird durch vergleichbare Aufwuchshöhen zwischen Rosenkohl und Lebendmulch begünstigt. Zur Minimierung konkurrenzbedingter Verluste der Ertragsquantität ist eher ein schwaches Wachstum der Leguminosen erwünscht, was eine intensive mechanische Regulierung impliziert.

Unter Berücksichtigung der diskutierten Ergebnisse lässt sich folgendes Fazit ziehen: Grundsätzlich sind Lebendmulchsysteme im ökologischen Anbau von Rosenkohl als alternative Pflanzenschutzmaßnahme gegen *A. proletella* geeignet. Im Hinblick auf die ökonomisch bedeutenden Ertragsverluste und den im Ökoanbau generell limitierten Nährstoffbedingungen überwiegt der Vorteil des schädlingsregulierenden Potentials jedoch nicht. Dennoch sollten bei der Bewertung von Mischkultursystemen auch andere positive Effekte der Lebendmulche auf das Boden/Pflanze-Ökosystem („ecosystem services“) nicht außer Acht gelassen werden (DEPALO et al., 2016). Dazu zählen u.a. ein erhöhter Erosionsschutz, die Förderung des Humusaufbaus und eine Reduzierung der Nitratauswaschung infolge verbesserter N-Fixierung. Desweiteren bietet die verfügbare Bandbreite pflanzenbaulicher Maßnahmen (Auswahl von Leguminosenart, Aussattermin und Bestandesdichte, Intensität der mechanischen Regulierung, Anpassung der Düngestrategie) zahlreiche Optionen übermäßigen Konkurrenzeffekten und damit verbundenen Ertragseinbußen entgegenzuwirken.

5.5 Versuche zur Maßnahmenterminierung (AP 3.2)

Ziel des Arbeitspaketes war es, mithilfe einer an das Migrationsverhalten der Kohlmottenschildlaus angepassten Terminierung von Kultur- und Regulationsmaßnahmen die Etablierung des Schädlings im Rosenkohl zu verzögern und somit die Populationsentwicklung bis zur Ernte

zu bremsen. Die Verzögerung von Pflanzterminen stellt in diesem Zusammenhang eine Option für den ökologischen Anbau dar, welche jedoch nach Auswertung des Feldversuchs 2014 nur dann als sinnvolle Maßnahme empfohlen werden kann, wenn der Befallsdruck sehr hoch ist. Zwar konnte insbesondere bei sehr später Pflanzung des Rosenkohls (Mitte Juni) eine signifikante Befallssenkung (73,4 %) mit einem leicht erhöhten Anteil vermarktungsfähiger Röschen im Vergleich zur frühen, praxisüblichen Pflanzung (Anfang Mai) erreicht werden, welche aber infolge der verringerten Kulturdauer in erheblichen Ertragseinbußen von 50 % resultierte. Diese wirtschaftlich bedeutenden Ertragsverluste zeigen, dass die Praxisauglichkeit der Strategie selbst unter Berücksichtigung einer leicht verbesserten Ertragsqualität nicht gegeben ist. Generell ist der Regulierungsansatz durch die aus dem Monitoring des Migrationsverhaltens gewonnenen Informationen in Frage zu stellen, da die Kohlmottenschildlaus ein diffuses Flugverhalten aufweist und der Hauptzuflug in die Gemüsekohlflächen nicht wie erwartet auf einen vorhersagbaren Zeitraum begrenzt werden kann.

Die Abdeckung der Rosenkohlpflanzen mit feinmaschigen Kulturschutznetzen (0,5 x 0,5 mm) vor dem Zuflug der Kohlmottenschildlaus bis Ende September erzielte im Mittel der Versuchsjahre insgesamt 89,7 % Befallsreduzierung. Kürzere Auflagezeiträume mit Abdeckung der Kulturschutznetze Mitte Juli erreichten dieses Niveau nicht. Nach Auswertung des Monitorings zum Migrationsverhalten der Kohlmottenschildlaus wird deutlich, dass Flugaktivität und Eiablage des Schädling durchgängig bis September erfolgen und Kulturschutznetze bis zu diesem Zeitpunkt auf den Pflanzen verbleiben sollten, um eine hinreichende Wirksamkeit zu gewährleisten. Das Aufdecken der Netze für die mechanische Unkrautbekämpfung oder den kombinierten Einsatz von Pflanzenschutzmitteln bildet dabei ein kritisches Zeitfenster für den Initialbefall. Ein früher Pflanztermin in den Versuchsjahren 2015 und 2016 begünstigte den Reihenschluss der Pflanzen vor beginnender Netzabdeckung und reduzierte somit die Aufwendungen für die Unkrautregulierung. Der Einfluss des Kulturschutznetzes auf die Pflanzenentwicklung konnte in allen drei Versuchsjahren nachgewiesen werden. Während 2014 vor allem deformierte Triebe und Röschen die Qualität beeinflussten, zeigte sich 2015 und 2016 in den Netzvarianten ein erhöhter Blatt- und Strunk-Anteil an der Gesamt-Aufwuchsfrischmasse. Dieser Effekt kann ggf. zu einer reduzierten Ertragsbildung mit Einbußen in der Größensortierung nach UNECE Norm FFV-08 (2010) führen. Unter Berücksichtigung der Risiko-Nutzen Abwägung beim Einsatz von Kulturschutznetzen sollte nach den gewonnenen Erkenntnissen im Projekt die Netzaufdeckung der Kulturen bis spätestens Ende September erfolgen. Das Entfernen der Terminalknospe ca. sechs Wochen vor der geplanten Ernte begünstigt in diesem Zusammenhang ebenfalls eine gleichmäßige Ausbildung der Röschen.

Desweiteren bewirkten die Kulturschutznetze eine Modifizierung des Mikroklimas (evtl. mit Förderung der Rußtaubildung) im Bestand, wodurch die Beurteilung der Ertragsqualität deutlich erschwert wurde und oftmals widersprüchlich zu den erhobenen Befallsdaten erschien.

Häufig zeigten Varianten mit geringem Schädlingsbefall entgegen der Erwartungen schlechte Qualitätsergebnisse bei der Bonitur auf Verschmutzungen infolge des Kohlmottenschildlausbesatzes. Die veränderte Entwicklung der Pflanzen unter Netz wirkte sich hier wahrscheinlich auch indirekt auf die Verteilung von *A. proletella* und in der Folge auf den Rußtaubelag an den Röschen aus. Dies lässt schlussfolgern, dass die modifizierte Wuchsform der Pflanzen und Blätter unter Netz die Verschmutzung relativ zum Befall begünstigten.

Bei der Untersuchung verschiedener Insektizide zur Bekämpfung der Kohlmottenschildlaus im integrierten und ökologischen Anbau stellte Movento OD in den Versuchsjahren 2015 und 2016 das wirksamste vollsystemische Mittel (99 % WG) dar. Die Wirksamkeit der biologischen Präparate ist generell als gering einzustufen, mit Ausnahme von Neem Azal-TS, welches infolge der Kombination mit einem feinmaschigem Kulturschutznetz besonders 2016 zu einer signifikanten Befallsreduzierung führte. Die Wirkung dieser biologischen Insektizide ist in bedeutender Weise von der richtigen Anwendung abhängig, welche spezifisch für jedes Mittel geprüft werden sollte. Desweiteren wird der Bekämpfungserfolg von Kontaktinsektiziden von der Applikationstechnik beeinflusst, da der Wirkstoff direkt an den Zielort gelangen muss. Obwohl die untersuchten Pflanzenschutzmittel über Droplegs zielflächenspezifisch auf die Blattunterseiten appliziert wurden, konnte insgesamt kein praxistauglicher Wirkungsgrad erreicht werden. Dieses Ergebnis zeigt, dass eine Optimierung der Applikationstechnik in diesem Zusammenhang auch zukünftig von besonderem Interesse sein wird.

5.6 Versuche zur Optimierung der Applikationstechnik (AP 3.3)

Die Anlagerung an Zielflächen ist zur Absicherung der biologischen Wirksamkeit von Pflanzenschutzmitteln bei der Bekämpfung der Kohlmottenschildlaus an Rosenkohl ein bedeutender Parameter. Dies trifft insbesondere auf Kontaktinsektizide zu, die vor allem im ökologischen Anbau Anwendung finden. Die Untersuchungen zur vertikalen Verteilung des Schädlings an Rosenkohl zeigten, dass in den oberen 20 cm der Pflanzen vorrangig Eigelege und erste, jüngere Larvenstadien zu finden sind. Aufgrund der Immobilität der Larven von *A. proletella* konnte ein Altersgefälle der juvenilen Stadien von den jüngsten Blättern an der Pflanzenspitze bis zu den unteren älteren Blättern verzeichnet werden. Abhängig von der Selektivität einzelner Insektizide gegen die jeweiligen Entwicklungsstadien der Kohlmottenschildlaus ergeben sich bei der Applikation unterschiedliche Zielbereiche an der Pflanze. Zur Gewährleistung des Bekämpfungserfolgs sollte bei Verwendung von Pflanzenschutzmitteln mit ovizider Wirkung eine hohe Benetzung des oberen Blattbereiches (0-20 cm) angestrebt werden, während bei der Applikation von Insektiziden mit larvizider Wirkung vorrangig der mittlere Blattbereich (20-40 cm) als Zielblattebene gilt.

Die Kohlmottenschildlaus lebt größtenteils versteckt auf den Blattunterseiten von Rosenkohlblättern. Diese Bereiche der Rosenkohlpflanzen sind schwer zu treffende Zielflächen bei der

Applikation von Pflanzenschutzmitteln. Dennoch wurde in einem Screening zur sortenspezifischen Verteilung der Larvenstadien an den Blattober- und Blattunterseiten nachgewiesen, dass sich infolge blattmorphologischer Besonderheiten auch Abweichungen im Besiedlungsmuster ergeben können. Insbesondere bei den Sorten 'Esperal', 'Cyrus' und 'Nautic' befanden sich über 50 % der bonitierten Larven auf der Blattoberseite. Ursächlich ist hierbei vor allem die Immobilität der älteren Larvenstadien sowie die spezifische Blattform und Blattstellung der Rosenkohlsorten. Stark gewölbte, löffelfartige Blätter bewirken, dass sich ein gewisser Anteil der normalen Blattunterseite während der Kulturdauer nach oben ausrichtet. Wenn sich auf den betroffenen Blattbereichen bereits ältere Larvenstadien befinden, verändern diese ebenfalls automatisch ihre Position. Neben den sortenbedingten Blatteigenschaften begünstigen wahrscheinlich auch andere abiotische (z.B. Klima, Bestandesdichte, Nährstoffversorgung) und biotische Faktoren (z.B. Schädlinge mit Einfluss auf pflanzenphysiologische Prozesse) die Modifikation der Blattmorphologie.

Somit stellt die Bekämpfung der Kohlmottenschildlaus speziell im Rosenkohl besondere Herausforderungen an die Applikationstechnik: Es gilt den Pflanzenbestand bis zur mittleren Blattebene ausreichend zu durchdringen und das Insektizid auf den Blattunterseiten, der primären Zielfläche, anzulagern. Der Einsatz von Droplegs hat sich in diesem Zusammenhang als vielversprechender Ansatz erwiesen. Im Vergleich zur Standardapplikation wurden im Mittel der Versuchsjahre 2015 und 2016 mit einer angepassten Applikationstechnik 6- bzw. 10-fach höhere Benetzungsgrade der Blattunterseiten in der oberen bzw. mittleren Blattebene erreicht. Die tiefe Positionierung der Dropleg-Düsen (50 cm unter Bestandeshöhe) führte gegenüber der höheren Positionierung (25 cm unter Bestandeshöhe) zu verbesserten Anlagerungswerten in den Zielblattebenen. Häufig ist die Blattstellung im oberen Pflanzenbereich unabhängig von der Sorte V-förmig nach oben gerichtet, so dass Blätter dieser Blattebene bei zu hoher Positionierung der Droplegs nicht vollständig getroffen werden können. Aus diesem Grund erzielte auch die Standardapplikation im oberen Pflanzenbereich noch geringe Benetzungsgrade der Blattunterseiten. Die Blätter im Zwischenreihenbereich wiesen durchgängig eine bessere Benetzungsqualität als im Reihenbereich auf. Dieser Effekt entspricht den Erwartungen, da die Düsen der Droplegs zwischen den Pflanzreihen durch den Bestand geführt werden.

Neben der Applikationstechnik erwies sich auch die Düsenwahl als wichtiger Einflussfaktor der Applikationsqualität. Im Demonstrationsversuch 2016 wurden unabhängig von Blattebene und Blattposition die höchsten Benetzungsgrade der Blattunterseiten mit feintropfigen Zungendüsen des Kalibers FT 2,0-448 erzielt. Grobtropfige, abdriftmindernde Düsen verbesserten das Qualitätsergebnis nicht, so dass unter Berücksichtigung der Erkenntnisse aus den Versuchen 2014/2015, die Düse FT 2,0-448 mit einer Wasseraufwandmenge von 1000 l/ha für die Praxis zu empfehlen ist.

Der kombinierte Einsatz von Droplegs über zwei Blattebenen (20 und 46 cm unter Bestandeshöhe) sollte eine Erhöhung des Benetzungsgrades der Blattunterseiten im oberen und mittleren Zielblattbereich bewirken. Entgegen der Erwartungen blieb dieser Effekt jedoch aus, der Anteil der benetzten Blattfläche entsprach maximal dem Niveau einer Standardapplikation. Gleichzeitig erzielte die Variante IDKT 120 04 + FT 1,0-368, in welcher eine Standardapplikation von oben mit der 2-stufigen Droplegtechnik kombiniert wurde, in beiden Blattebenen deutlich bessere Anlagerungswerte. Dieses widersprüchliche Ergebnis ist wahrscheinlich auf die falsche Positionierung der Dropleg-Düsen zurückzuführen: Diese wurden 25 cm unter Bestandeshöhe durch die Reihen geführt und bewirkten, wie bereits im oberen Abschnitt beschrieben, einen abträglichen Effekt auf die Benetzung der Blätter im oberen Pflanzenbereich. Vor dem Hintergrund, dass sich die Larven der Kohlmottenschildlaus je nach sortenspezifischer Blattform auch auf der Blattoberseite aufhalten können, stellt die kombinierte Applikation (Spritzbalken + Droplegs) von Insektiziden im Einzelfall eine Möglichkeit dar, den Bekämpfungserfolg zu verbessern.

Die Rosenkohlsorte konnte als weiterer Einflussfaktor auf die Applikationsqualität identifiziert werden, wobei insbesondere die Problematik der sortenspezifischen Blattmorphologie von Bedeutung ist. Wie unterschiedlich die Benetzung der Blattunterseiten zweier Sorten mit gegensätzlichen Blattformen und Blattstellungen bei der Applikation eines Kontaktinsektizids sein kann, wurde im Demonstrationsversuch 2016 deutlich: Die Sorte 'Martinus F1' mit großflächigen, waagrecht stehenden Blättern erreichte im Vergleich zur Sorte 'Crispus F1' mit stark gewölbten, V-förmig nach oben gerichteten Blättern entgegen der Erwartungen eine deutlich schlechtere Benetzungsqualität, die teilweise sogar unter dem Niveau der Standardapplikation lag. Ursächlich für dieses Ergebnis scheint der Pflanzenbestand der Sorte 'Martinus' zum Applikationszeitpunkt gewesen zu sein, welcher keine ausreichende Durchdringung des Zwischenreihenraums mehr erlaubte. RÜEGG und EDER (2006) weisen in diesem Zusammenhang darauf hin, dass Rosenkohlbestände mit extrem starker Belaubung sowie großen und zur Lagerung neigenden Pflanzen für die Droplegtechnik schwer zu durchdringen sind. Besonders betroffen sind hierbei Pflanzen, die höher als ein Meter sind und deren Blattwerk deutlich ineinander gewachsen ist. Um die Applikationsqualität zu steigern, sollte der Applikationszeitpunkt im Einzelfall so terminiert werden, dass ein Führen der Droplegs durch den Zwischenreihenbereich noch ohne Hindernisse möglich ist. RÜEGG et al. (2006) verweisen hierbei auf einen Blattflächenindex zwischen 5 und 6,5 für die optimale Anwendung von Droplegs in Rosenkohlbeständen.

Unter Berücksichtigung der diskutierten Ergebnisse stellen Droplegs die bevorzugte Applikationstechnik bei der Bekämpfung der Kohlmottenschildlaus an Rosenkohl im ökologischen Anbau dar und sind insbesondere für die Applikation von Kontaktinsektiziden zu empfehlen.

Die Applikationsqualität wird dabei maßgeblich von der Anlagerung des Wirkstoffs an der spezifischen Zielfläche, der richtigen Düsenwahl, der Rosenkohlsorte sowie der optimalen Terminierung der Behandlungen beeinflusst. Trotz der signifikanten Erhöhung des Benetzungsgrades der Blattunterseiten durch den Einsatz von Droplegs im Vergleich zur konventionellen Standardapplikation kann der Bekämpfungserfolg nach bisherigem Erfahrungsstand nicht garantiert werden. Dazu sind die in den Versuchen 2014-2016 quantifizierten Benetzungsgrade mit max. 35 % wahrscheinlich zu gering, wenngleich andere Autoren ein ähnliches Niveau nachwiesen. BRUYNEEL und NUYTTENS (2010) erreichten unter der Anwendung von Droplegs mit abdriftmindernden Düsen in Rosenkohl durchschnittlich 13,9 % Benetzung auf den Blattunterseiten im mittleren Pflanzenbereich, wobei kein signifikanter Unterschied zur Standardapplikation von oben beobachtet wurde. IRLA et al. (2002) untersuchten im ökologischen Kartoffelanbau den Einfluss verschiedener Applikationstechniken auf den Benetzungsgrad der Blätter zur Bekämpfung von *Phytophthora infestans*. Der Einsatz von Droplegs führte zu einer Benetzung der Blattunterseiten von 38 %, während in den Standardvarianten nur 1 - 12 % der Gesamtblattfläche benetzt wurde.

Vor dem Hintergrund einer von Politik und Handel geforderten gesteigerten Nachhaltigkeit des Gemüsebaus und der zukünftig wachsenden Bedeutung von biologischen Pflanzenschutzmitteln besteht weiterer Forschungsbedarf, um die Applikationsqualität, welche die biologische Wirksamkeit und Leistung moderner Insektizide definiert, zu verbessern.

6 Angaben zum voraussichtlichen Nutzen und zur Verwertbarkeit der Ergebnisse

Monitoring des Migrationsverhaltens (AP 2.2)

Durch das mehrjährige Monitoring der Populationsdynamik und Flugaktivität von *A. proletella* konnten erste Einblicke und wesentliche Informationen zum Migrationsverhalten des Schädlings in Mecklenburg-Vorpommern gewonnen werden. In Regionen mit intensivem Winterrapsanbau lässt sich der Zuflug der Kohlmottenschildlaus in die Gemüsekohlfelder nicht auf einen vorhersagbaren Zeitraum einschränken. Dieser Umstand sollte in der Praxis bei der Terminierung von Kultur- und Bekämpfungsmaßnahmen berücksichtigt werden. Die Auflagezeiträume bei der Verwendung von Kulturschutznetzen sind beispielsweise entsprechend anzupassen, das Abdecken der Bestände für die Unkrautregulierung oder Pflanzenschutzanwendungen ist auch in der zweiten Kulturhälfte auf ein Minimum zu reduzieren. Pflanzenschutzstrategien unter Verwendung von Insektiziden zur Bekämpfung der Kohlmottenschildlaus sollten über den gesamten Anbauzeitraum sinnvoll geplant und kombiniert werden. Die Verzögerung von Pflanzterminen bringt vor dem Hintergrund des diffusen Flugverhaltens des Schädlings auf Landschaftsebene nicht den gewünschten Effekt einer verbesserten Ertragsqualität, sondern führt infolge der verringerten Kulturdauer zu deutlichen Ertragseinbußen. Auch wenn sich der Migrationszeitraum aufgrund verschiedener Einflussfaktoren (Jahreseffekte, schlagspezifische Besonderheiten, Lebenszyklus von *A. proletella* unter regionalen Standortbedingungen, Flächenmanagement nach der Winterrapsernte) aktuell nicht prognostizieren lässt, deuten die Beobachtungen der letzten Jahre jedoch einen Zusammenhang zwischen der phänologischen Entwicklung des Winterrapses und dem Beginn des Initialzuflugs der Kohlmottenschildlaus in die Kohlbestände an. Dieser vielversprechende Ansatz stellt unter Umständen zukünftig ein weiteren zu berücksichtigenden Parameter in der Terminierung von Managementmaßnahmen gegen *A. proletella* dar.

Lebendmulchsysteme (AP 3.1)

Mit den im Projekt gewonnenen Erfahrungen zum Lebendmulchverfahren haben sich viele Hinweise für einen Transfer dieser Anbaumethode in die Gemüsebauliche Praxis ableiten lassen. Eine Untersaat mit Leguminosen, wie z.B. Erdklee oder Luzerne, kann im Zwischenreihenbereich des Rosenkohls bei entsprechendem Management den Schädlingsbefall mit *A. proletella* um das 4-fache reduzieren und dadurch die Ertragsqualität signifikant verbessern. Diesem positiven Effekt steht jedoch die Gefahr von ökonomisch relevanten Ertragseinbußen durch interspezifische Konkurrenzeffekte zwischen Hauptkultur und Bodenbedecker gegenüber. Trotz der limitierten Nährstoffbedingungen könnten Lebendmulchsysteme insbesondere im ökologischen Anbau von Rosenkohl als alternative Pflanzenschutzmaßnahme Bedeutung erlangen: Wenn der vermarktbare Ertrag infolge des geringeren Insektenbefalls gesteigert werden kann, lassen sich mit diesem Anbauverfahren

wahrscheinlich höhere Gewinne als mit der konventionellen Reinkultur realisieren. Zudem bietet eine angepasste Produktionstechnik (Wahl der Lebendmulchart und deren zeitliche Etablierung im Anbausystem, Intensität der mechanischen Regulierung, Optimierung der Bestandesdichte sowie der Nährstoff- und Wasserversorgung) zahlreiche Optionen diesen anbaubedingten Schwierigkeiten entgegenzuwirken. Mit der Anwendung des Lebendmulchverfahrens kann ein wichtiger Beitrag zu einer nachhaltigeren Gemüseproduktion geleistet werden. Die wichtigsten Vorteile („ecosystem services“), insbesondere bei Einsatz von Leguminosen als Lebendmulcharten, sind ein verbesserter Erosionsschutz und Humusaufbau sowie eine verringerte Nitratauswaschung und erhöhte N-Fixierung. Auf den Felddtagen des GKZ in Gülzow wurde seitens der ökologischen Gemüseproduzenten vielfach Interesse an dem Anbauverfahren bekundet - ein Hinweis auf den hohen Stellenwert der Thematik in der Praxis.

Maßnahmenterminierung (AP 3.2)

Der Einsatz von Kulturschutznetzen hat sich innerhalb des Projekts als praxistauglicher Regulierungsansatz gegen die Kohlmottenschildlaus erwiesen und leistet damit einen wesentlichen Beitrag zu den Zielen des NAP, einer Reduzierung des Pflanzenschutzmitteleinsatzes durch präventive, nicht-chemische Bekämpfungsmaßnahmen, sowie dem Resistenzmanagement der verbliebenen Wirkstoffe. Das Abdecken von Rosenkohl mit einem feinmaschigen Kulturschutznetz (< 0,6 mm) vor dem 1. Zuflug des Schädlings kann eine Befallsreduzierung von bis zu 90 % bewirken. Dabei sollte vor Auflage von Netzen darauf geachtet werden, dass diese frei von Beschädigungen und Löcher sind. Das Aufdecken der Netze für die mechanische Unkrautbekämpfung bildet ein kritisches Zeitfenster für den Initialbefall. Ein möglichst früher Pflanztermin begünstigt hierbei den zeitigen Reihenschluss im Bestand und wirkt einer starken Verunkrautung entgegen. Die regelmäßige Kontrolle der Pflanzen auf Schädlingsbefall ist empfehlenswert, so dass ggf. rechtzeitig mit geeigneten Gegenmaßnahmen reagiert werden kann. Zur Intervention eignet sich im konventionellen Anbau vorrangig der Wirkstoff Spirotetramat (Movento OD), welcher frühzeitig bei Befallsbeginn eingesetzt werden sollte. Im ökologischen Anbau stellt Neem Azal derzeit das Mittel der Wahl dar, welches während der letzten Versuchsjahre jedoch nur in Kombination mit Netzabdeckung eine ausreichende Wirkung zeigte. Um mögliche Beeinträchtigungen der Pflanzenentwicklung und Ertragsbildung gering zu halten, sollte eine Abnahme der Kulturschutznetze bis spätestens Ende September erfolgen. Gleichzeitig kann das termingerechte Entspitzen des Rosenkohls ca. sechs Wochen vor der Ernte die Ertragsqualität positiv beeinflussen.

Optimierung der Applikationstechnik (AP 3.3)

Infolge der von Politik und Handel geforderten gesteigerten Nachhaltigkeit des Gemüsebaus und den zunehmenden Restriktionen bei der Zulassung von Insektiziden werden zukünftig

vermehrt auch im integrierten Anbau anstelle systemischer Pflanzenschutzmittel sog. Biologicals, d.h. biologische Präparate, überwiegend mit Kontaktwirkung zum Einsatz kommen. Vor diesem Hintergrund ist es naheliegend, die Applikationstechnik kultur- und schädlingsspezifisch anzupassen, so dass die biologische Leistungsfähigkeit dieser Produkte optimal genutzt und die Anzahl der Behandlungen auf das notwendige Maß reduziert werden kann. Ein erfolgsversprechender Ansatz, um bei der Applikation von Pflanzenschutzmitteln deren Benetzungsgrad auf der Blattunterseite von Rosenkohl (primäre Zielfläche bei der Kohlmotenschildlausbekämpfung) und somit die Wirksamkeit von insbesondere biologischen Kontaktinsektiziden zu verbessern, stellt die Anwendung von Droplegs dar. Die innerhalb des Projektes durchgeführten Versuche zur Optimierung der Applikationstechnik zur Bekämpfung von *A. proletella* geben erste Hinweise zum schädlings- und kulturspezifischen Einsatz der Droplegs und zeigen die Herausforderungen unter Berücksichtigung verschiedener Einflussfaktoren für die Praxis auf. Für eine möglichst effektive Anwendung der „Spritzbeine“ sollte eine Positionierung dieser ca. 50 cm unter der Bestandeshöhe des Rosenkohls gewährleistet werden. Die Applikationstermine sind dabei so zu wählen, dass ein Durchfahren des Zwischenreihenbereichs noch ohne Hindernisse möglich ist. Die Applikationsqualität wird weiterhin auch maßgeblich von der Rosenkohlsorte (Pflanzenmorphologie, Blattstellung und Blattform) und der Düsenwahl beeinflusst. In der gemüsebaulichen Anbaupraxis findet diese Technik bereits Akzeptanz und wird von den Produzenten häufig bei der Applikation von Fungiziden eingesetzt. Sollte sich die Zulassungssituation insektizider Wirkstoffe zukünftig weiter verschärfen, ist davon auszugehen, dass Droplegs auch bei der Schädlingbekämpfung im integrierten und ökologischen Kohlanbau deutlich an Bedeutung gewinnen werden.

7 Gegenüberstellung der ursprünglich geplanten zu den tatsächlich erreichten Zielen; Hinweise auf weiterführende Fragestellungen

7.1 Gegenüberstellung der ursprünglich geplanten zu den tatsächlich erreichten Zielen

Folgende Arbeitsziele wurden im Projektantrag definiert:

- i. *Entwicklung neuer Bekämpfungsansätze und Optimierung der chemischen Bekämpfung inklusive der Erarbeitung der dafür notwendigen Grundlagen*
- ii. *Zusammenführung eigener und aus Partnerprojekten stammender Ergebnisse und Bewertung der Erfolgsaussichten einzelner Bekämpfungsansätze unter Praxisbedingungen*
- iii. *(Pflanzenbauliche) Anpassung ausgewählter Ansätze an die Erfordernisse existierender Anbauverfahren und Kombination zu umfassenden Strategien*

Die Arbeitsziele unter Punkt i.) wurden innerhalb des Projektes erreicht. Die geplanten Versuche sind im ersten Versuchsjahr entsprechend dem Projektantrag umgesetzt worden, folgejährliche Veränderungen in der Versuchsplanung ergaben sich durch neu gewonnene Erkenntnisse. Die Quantifizierung von Bekämpfungsschwellen (AP 2.1) wurde am GKZ nach 2014 nicht mehr fortgeführt. Dieses Thema war Schwerpunkt des Teilprojektes 28012NA020. Der Bearbeitungsfortschritt ermöglichte eine vorzeitige Beendigung und Umleitung der Kapazitäten in andere Aufgabenpakete. Die Versuchsfragestellung in AP 3.2 veränderte sich ab 2015, der Fokus verschob sich thematisch aufgrund der hohen Praxisrelevanz in Richtung Kulturschutznetze, deren Auflagezeiträume- und Kombination mit ausgewählten Insektiziden für den konventionellen und ökologischen Anbau. Im Arbeitspaket 3.3 wurden mehrere zusätzliche Satellitenversuche zur Optimierung der Applikationstechnik (Identifizierung der schädlingsspezifischen Zielfläche an Rosenkohl, Sortenspezifität und Wirkungsgrad von Kontaktinsektiziden) u.a. in Kooperation mit der Universität Rostock durchgeführt. Bedeutende Änderungen ergaben sich für die Arbeitspakete 3.4 und 3.5: Die Versuche zur „Offenen Nützlingszucht“ wurden aus den unter Punkt 3.3.3 beschriebenen Gründen vorzeitig beendet. Das IPP der Universität Hannover übernahm mit dem Teilprojekt 2812NA046 die Konzepterarbeitung zur Eignung ausgewählter „Banker Plants“ für Antagonisten der Kohlmottenschildlaus, so dass mit der Bereitstellung belastbarer Ergebnisse erst zu Projektende am GKZ erfolgsversprechende Praxisversuche hätten durchgeführt werden können.

Die Tastversuche zu den produktionstechnischen Grundlagen von Lebendmulchsystemen 2014 waren unabdingbar für den weiteren Versuchsverlauf und die Entwicklung eines praxistauglichen Anbauverfahrens, verzögerten jedoch den im Projektantrag vorgesehenen Ablauf. Durch weitere Optimierungsmaßnahmen und Anpassungen im Management konnten erst zum

Projektende in 2016 praxisrelevante Empfehlungen für den Einsatz von Lebendmulchsystemen im ökologischen Rosenkohlanbau gegeben werden, so dass die unter Punkt ii.) geforderte Evaluierung der Ergebnisse in Form von Praxisversuchen dann aus Zeitgründen nicht mehr durchführbar war. Ähnlich betroffen waren die Arbeitspakete 3.7 und 4.2. Bedingt durch die neuausgerichtete Versuchsfragestellung in AP 3.4 ab 2015 blieben keine Kapazitäten mehr für die Anlage eines Versuchs unter Praxisbedingungen (AP 3.7). Die Zusammenführung der Ergebnisse aus den einzelnen Teilprojekten zu einer umfassenden Bekämpfungsstrategie gegen *A. proletella* erfolgte ebenfalls erst verspätet im letzten Versuchsjahr. Ein Demonstrationsversuch konnte zeitlich bedingt nur noch in Gülzow und Braunschweig angelegt werden, die Erprobung und Anpassung in der Praxis (AP 4.2) fand innerhalb der Projektlaufzeit nicht mehr statt.

Arbeitspaket (AP)	Bewertung
<i>geplante Versuche lt. Projektantrag</i>	
AP 2: Erarbeitung bekämpfungsrelevanter Grundlagen	
(1) Bekämpfungsschwellen, Befalls-/Verlust-Relationen	- in Zusammenarbeit mit dem JKI Braunschweig, Teilprojekt (2812NA020) durchgeführt
(2) Monitoring Zuflug	- durchgeführt
(3) Entwicklung Boniturschema	- durchgeführt
AP 3: Entwicklung neuer Bekämpfungsverfahren („Proof of Principle“)	
(1) Lebendmulchverfahren	- durchgeführt
(2) Maßnahmenterminierung	- durchgeführt
(3) Optimierung chem. Bekämpfung	- durchgeführt + 3 zusätzl. Satellitenversuche
(4) Konzept „Offene Nützlingszucht“	- Demonstrationsversuch 2014 durchgeführt
(5) Versuche „Offene Nützlingszucht“	- nicht durchgeführt, fehlende Praxisreife
(6) Praxisversuche Lebendmulchverfahren	- nicht durchgeführt, fehlende Praxisreife
(7) Praxisversuche Maßnahmenterminierung	- nicht durchgeführt, fehlende Praxisreife
AP 4: Integration neuer Bekämpfungsverfahren in Anbauverfahren der Praxis	
(1) Erarbeitung praxisgerechter konventioneller und ökologischer Anbaustrategien	- durchgeführt
(2) Versuche zur Integration neuer Bekämpfungsansätze und-strategien	- Demonstrationsversuch 2016 durchgeführt
(3) Erprobung neuer Bekämpfungsstrategien unter Praxisbedingungen	- nicht durchgeführt, Zusammenführung der projektübergreifenden Strategien erfolgte erst 2016

Die pflanzenbauliche Optimierung ausgewählter Ansätze (Punkt iii.) erfolgte während der einzelnen Versuchsjahre. Insbesondere in den Versuchen zum Lebendmulchverfahren und zur Maßnahmenterminierung wurden intensive Anpassungen unter Berücksichtigung der Praxistauglichkeit unternommen, welche im Detail den Punkten 5.4 und 5.5 zu entnehmen sind.

Die Kombination einzelner Bekämpfungsmaßnahmen zu umfassenden Strategien wurde in einem teilprojektübergreifenden Demonstrationsversuch umgesetzt (s.o.). Eine Bekämpfungsstrategie speziell für den integrierten Anbau von Rosenkohl umfasste hierbei die Zusammenführung der erarbeiteten Ansätze zu Bekämpfungsschwellen, Applikationstechnik (Droplegs), Banker Plants und Sortenresistenz, während der Einsatz von Kulturschutznetzen gemeinsam mit Banker Plants, Sortenresistenz und ggf. dem Einsatz biologischer Präparate zu einer Strategie für den ökologischen Anbau kombiniert wurden. Nachfolgend werden die geplante Vorgehensweise und die entsprechende Bewertung gegenübergestellt:

7.2 Hinweise auf weiterführende Fragestellungen

Weiterführende Fragestellungen ergaben sich im Laufe des Projekts durch neu gewonnene Erkenntnisse und Erfahrungen vor allem im Zusammenhang mit dem Migrationsverhalten der Kohlmottenschildlaus (AP 2.2) und den neu entwickelten Bekämpfungsansätzen zum Lebendmulchverfahren (AP 3.1), zur Maßnahmenterminierung (AP 3.2) und Optimierung der Applikationstechnik (AP 3.3). Insbesondere in Bezug auf die pflanzenbauliche Anpassung von Anbauverfahren bei der Integration in die gemüsebauliche Anbaupraxis blieben aufgrund fehlender Praxisversuche noch viele Fragen unbeantwortet.

Der Zusammenhang zwischen der phänologischen Entwicklung des Winterrapses und dem Beginn des Zuflugs der Kohlmottenschildlaus in die Gemüsekohlflächen konnte innerhalb des Projektes nicht mehr geprüft werden. Hierfür ist eine umfassende Recherche und Auswertung weiterer Daten zu den Entwicklungsstadien des Winterrapses und dem ersten saisonalen Auftreten des Schädlings unter besonderer Berücksichtigung von Zeit und Region erforderlich. Bislang unbeantwortet blieben zudem Fragen nach der Bedeutung von Alternativwirten für *A. proletella* auf Landschaftsebene (kruzifere Unkräuter und Winterzwischenfrüchte) und dem *Einfluss des Flächenmanagements nach der Winterrapsernte* auf die Spätbesiedlung von Gemüsekohlbeständen. Häufig kommt es nach der Ernte zu einer sofortigen Wiederbegrünung von Rapsschlägen durch unzureichende Stoppelbearbeitung und Ausfallraps. Diese zusätzlichen Reproduktionshabitate können dann im Spätsommer unter Umständen zu einem deutlich verlängerten Migrationszeitraum und steigenden Populationsdruck führen. Sollten diese Habitate im Spätsommer/ Herbst tatsächlich als Ausgangspunkt für den weiteren Zuflug der Kohlmottenschildlaus in die Kohlbestände dienen, ist abzuklären, welche potenziellen Auswirkungen diese späte Migration auf die Ertragsqualität des Rosenkohls hat. Dazu muss ermittelt werden, wie lange die Eiablage im Kulturverlauf des Rosenkohls erfolgt, ob ein weiterer Entwicklungszyklus abgeschlossen werden kann, bevor die Diapause des Schädlings beginnt und welche Relevanz dies für die Verschmutzung des Erntegutes hat.

Da es viele Möglichkeiten gibt, die *schädlingsunterdrückende Wirkung eines Lebendmulchsystems* zu steigern und gleichzeitig die interspezifischen Konkurrenzeffekte zu minimieren und nur wenig über die Langzeiteffekte des Anbauverfahrens bekannt ist, bietet sich ein weites

Feld für zukünftige Forschungsaktivitäten. Aus den Erfahrungen des Projektes besteht insbesondere *Anpassungsbedarf bei den Reihen- und Pflanzabständen der Hauptkultur*, um technische Arbeitsschritte wie die mechanische Unkrautbekämpfung und das Unterschneiden der Lebendmulchwurzeln mit geringem Arbeits- und Zeitaufwand zu gewährleisten. Desweiteren könnte durch die *optimierte Terminierung der zusätzlichen Nachdüngung* des Rosenkohls in der 2. Kulturhälfte die Ertragsbildung gefördert- und eine Verschiebung zu besseren Qualitätsklassen gewährleistet werden. Für die technische Umsetzung unter Praxisbedingungen wäre beispielsweise der Einsatz von Tropfschläuchen denkbar, mit welchen Flüssigdünger (z.B. Vinasse) auch in einem späten Kulturstadium zudosiert werden kann. Bislang wurde ausschließlich ein Lebendmulchsystem mit Rosenkohl als Hauptkultur betrachtet. Um aber den Anforderungen der Praxis gerecht zu werden, sollte zukünftig die *Pflanzung weiterer anfälliger Problemkulturen* wie beispielsweise Brokkoli und Kohlrabi in einen Lebendmulch getestet werden. Dabei müsste insbesondere die pflanzenbauliche und technische Anpassung des Systems an mehrere Pflanzsätze (Frühjahrs- und Sommersätze) der oben genannten Kulturen geprüft werden.

Die *Optimierung der Applikationsqualität* bei der Bekämpfung der Kohlmottenschildlaus in der gemüsebaulichen Praxis erfordert aufgrund der Vielzahl an komplexen Einflussfaktoren noch weitere Versuche zu verschiedenen *applikationstechnischen Parametern* wie Wasseraufwandmenge, Tropfengröße sowie Druck, Düsen- und Reihenabstände.

Das Abdecken von Rosenkohlbeständen mit Kulturschutznetzen geht häufig mit der Erschwerung von Pflegearbeiten während der Kulturdauer einher. Gleichzeitig steigt mit jeder Netzabnahme das Risiko für einen Initialbefall mit Schädlingen. Für die Verbreitung von Kulturschutznetzen als alternative Pflanzenschutzstrategie in der Anbaupraxis sollten deshalb zukünftig Lösungen für das problematische *Unkraut- und Düngungsmanagement bei langandauernder Netzabdeckung* erarbeitet werden. Forschungsbedarf besteht weiterhin bzgl. sinnvoller pflanzenbaulicher Optionen zur *Minimierung des Einflusses von Kulturschutznetzen auf die Pflanzengesundheit und –entwicklung* infolge veränderter Licht- und Luftaustauschverhältnisse.

8 Zusammenfassung

Die Kohlmottenschildlaus *Aleyrodes proletella* gehört zu den ökonomisch bedeutendsten Schädlingen bei der Freilandproduktion gemüsebaulicher Kohlkulturen wie beispielsweise Rosenkohl, Wirsing und Grünkohl. Während ökologisch produzierende Betriebe mittlerweile überwiegend Abstand vom Anbau der genannten Kulturen genommen haben, treten im konventionellen Anbau aufgrund einer unzureichenden Wirksamkeit üblicher Pflanzenschutzmaßnahmen massive Qualitäts- und Ertragseinbußen auf. Übergeordnete Zielsetzung des Projekts war die Bereitstellung neuer Bekämpfungsstrategien für die Anbaupraxis, welche i) eine ökologische Produktion betroffener Kohlkulturen wieder ermöglichen und ii) den Einsatz von Pflanzenschutzmitteln im konventionellen Anbau auf das notwendige Maß reduzieren, um die Nachhaltigkeit bereits existierender Anbauverfahren zu erhöhen.

Bekämpfungsschwellen sind eine notwendige Grundlage für die nachhaltige Gestaltung von Pflanzenschutzmaßnahmen. Im vorliegenden Projekt wurden im ersten Versuchsjahr in einem Feldversuch Pflanzenschutzmaßnahmen bei unterschiedlichen Befallsintensitäten an Rosenkohl untersucht. Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass im integrierten Anbau bei Verfügbarkeit wirksamer Pflanzenschutzmittel (Movento OD) eine Behandlung ab 25 % mit Larven befallener Pflanzen empfohlen werden kann, um bei vergleichbarem Bekämpfungserfolg je nach Befallsdruck die Anzahl an Insektizidbehandlungen zu reduzieren. Diese Erkenntnisse decken sich mit den mehrjährigen Daten des Teilprojektes 2812NA020 (JKI Braunschweig).

Kenntnisse zum Migrationsverhalten der Kohlmottenschildlaus sind entscheidend für eine richtige Terminierung von Regulierungsmaßnahmen. Aus den ersten Untersuchungen zur saisonalen Flugaktivität des Schädlings in Mecklenburg-Vorpommern konnten zwei wesentliche Erkenntnisse gewonnen werden: i) die Migrationsphasen sind durch einen saisonalen Rhythmus mit deutlichen Emigrationsereignissen gekennzeichnet und ii) die Migration dauerte auch nach der Rapsernte weiterhin an. Die Ergebnisse des Monitorings zeigen, dass Winteraps ein Überwinterungshabitat für *A. proletella* darstellt und im Frühsommer als Vermehrungshabitat fungiert. Nach der Winterapsrapsernte kommt dem Ausfallaps in seiner Funktion als „grüne Brücke“ eine bedeutende Funktion zu. Diese zusätzlichen Reproduktionshabitate können im Spätsommer unter Umständen zu einem deutlich verlängerten Migrationszeitraum und steigenden Populationsdruck führen. Die Prognose des zeitlichen Verlaufs der Migration ist eine anspruchsvolle Aufgabe, die es zukünftig durch weitere Labor- und Feldstudien zu bewältigen gilt. Die größten Herausforderungen bestehen dabei im Upscaling lokal gewonnener Felddaten auf größere Landschaftsräume (um regionalspezifische Aussagen treffen zu können) und in der Bewertung des Einflusses des schlagspezifischen Flächenmanagements nach der Winterapsrapsernte.

Das zusammen mit dem JKI Braunschweig evaluierte Boniturschema zur Quantifizierung des KMSL-Befalls an Rosenkohl bietet für die Bewertung von Regulierungsmaßnahmen sowohl im Versuchswesen, als auch in der Praxis die notwendige Grundlage, um standortübergreifende Versuchsergebnisse vergleichen- und mit minimalem Aufwand Befallsdifferenzen hinreichend beurteilen zu können.

Untersaaten im Zwischenreihenbereich von Gemüsekulturen, mitunter auch als Lebendmulche bezeichnet, sind in zahlreichen Studien hinsichtlich ihres Regulierungspotentials gegenüber Schädlingen in verschiedenen Mischkultursystemen positiv hervorgehoben worden. Die wesentliche Herausforderung dieser Anbaumethode für die gemüsebauliche Praxis besteht gegenwärtig in der Minimierung von konkurrenzbedingten Ertrags- und Qualitätsverlusten bei gleichzeitiger Absicherung der schädlingsregulierenden Wirkung. Die Lebendmulchsysteme mit Rosenkohl und den Leguminosen Erdklee und Luzerne führten gegenüber der Reinkultur im Mittel aller Varianten zu einer Verringerung des Befalls mit *A. prolella* um 35 % (bezogen auf die mittlere Larvenanzahl je 100 cm² Blattfläche zur Ernte) im Versuchsjahr 2015. Luzerne minderte den Befall dabei stärker (52 %) als die Erdkleeuntersaaten (22 %). Mit zunehmender Intensität der mechanischen Regulierung beider Leguminosenarten nahm der schädlingsregulierende Effekt ab. Interspezifische Konkurrenzeffekte zwischen Rosenkohl und Leguminose bewirkten in beiden Lebendmulchsystemen zu einer gegenüber Rosenkohlreinkultur verzögerten Pflanzenentwicklung und einem um im Mittel der Varianten und Versuchsjahre 27 % verringerten Rohertrag. Die zusätzliche Flüssigdüngung des Rosenkohls steigerte zwar dessen Aufwuchstrockenmasse deutlich, jedoch ohne Auswirkungen auf die Ertragsleistung. Generell konnte die Konkurrenzwirkung in den Lebendmulchsystemen mit zunehmender mechanischer Kontrolle der Leguminosen gesenkt werden. Im ökologischen Rosenkohlanbau scheinen Untersaaten grundsätzlich als alternative Pflanzenschutzmaßnahme gegen die Kohlmottenschildlaus geeignet zu sein. Diesem positiven Effekt steht die Gefahr interspezifischer Konkurrenzeffekte gegenüber. Insbesondere unter den im ökologischen Anbau limitierten Nährstoffbedingungen stellt das Verfahren hohe Anforderungen u. a. an die Kulturführung und die Terminierung von Managementmaßnahmen.

Das Abdecken von Rosenkohl mit einem feinmaschigen Kulturschutznetz (< 0,6 mm) vor dem 1. Zuflug des Schädling kann eine Befallsreduzierung von bis zu 90 % bewirken. Das Aufdecken der Netze für die mechanische Unkrautbekämpfung bildet ein kritisches Zeitfenster für den Initialbefall. Ein möglichst früher Pflanztermin begünstigt hierbei den zeitigen Reihenschluss im Bestand und wirkt einer starken Verunkrautung entgegen. Um mögliche Beeinträchtigungen der Pflanzenentwicklung und Ertragsbildung gering zu halten, sollte eine Abnahme der Kulturschutznetze bis spätestens Ende September erfolgen. Gleichzeitig kann

das termingerechte Entspitzen des Rosenkohls mindestens 6 Wochen vor der Ernte die Ertragsqualität positiv beeinflussen. Die Verzögerung von Pflanzterminen führte zwar zu einer signifikanten Befallsreduzierung von bis zu 70 %, jedoch ohne nachweisbare Verbesserung der Ertragsqualität. Stattdessen traten infolge der erheblich kürzeren Kulturdauer signifikante Ertragseinbußen (50 %) auf, so dass die Strategie in der Praxis zumindest für die Kultur Rosenkohl nur unter sehr starkem Befallsdruck als alternativer Regulierungsansatz empfohlen werden kann. Bei der Untersuchung verschiedener Insektizide zur Bekämpfung der Kohlmottenschildlaus im integrierten und ökologischen Anbau stellte Movento OD in den Versuchsjahren 2015 und 2016 das wirksamste vollsystemische Mittel (99 % WG) dar. Die Wirksamkeit der biologischen Präparate ist generell als gering einzustufen, mit Ausnahme von Neem Azal-TS, welches infolge der Kombination mit einem feinmaschigem Kulturschutznetz besonders 2016 zu einer signifikanten Befallsreduzierung um 86 % führte.

Ein erfolgsversprechender Ansatz, um bei der Applikation von Pflanzenschutzmitteln deren Benetzungsgrad auf der Blattunterseite (Hauptaufenthaltszone der Kohlmottenschildlaus) und somit die Wirksamkeit von insbesondere biologischen Kontaktinsektiziden zu verbessern, stellt die Anwendung sog. Droplegs dar. Im Vergleich zur konventionellen Standardapplikation von oben, führte die Applikation von Micula unter Einsatz der „Spritze“ im Mittel der Versuchsjahre 2015 und 2016 zu 6- bzw. 10-fach höheren Benetzungsgraden der Blattunterseiten in der oberen bzw. mittleren Blattebene. Mit einem Anteil von max. 35 % benetzter Blattfläche an der Gesamtblattfläche ist die Applikationsqualität im Vergleich mit Literaturwerten zwar auf einem guten Niveau, unter Berücksichtigung der Praxistauglichkeit aber durchaus noch steigerungsfähig. Der Bekämpfungserfolg wird maßgeblich von der kultur- und schädlings-spezifischen Zielfläche, der richtigen Düsenwahl, der Rosenkohlsorte sowie der optimalen Terminierung der Behandlungen beeinflusst.

Die Etablierung von *Aleyrodes lonicerae* als Alternativwirt für die parasitische Schlupfwespe *Encarsia tricolor* an Erdbeerpflanzen im Freiland zum Aufbau einer „Offenen Nützlingszucht“ hatte im ersten Versuchsjahr keinen Erfolg, weshalb dieser Ansatz nach 2014 nicht weiter verfolgt- und auf die Erkenntnisse zum Banker Plant System aus dem Teilprojekt „Förderung der funktionellen Biodiversität zur Bekämpfung der Kohlmottenschildlaus“ (2812NA016) verwiesen werden muss.

Die Zusammenführung eigener und aus Partnerprojekten stammender Ergebnisse zu einer praxisgerechten Bekämpfungsstrategie für den konventionellen und ökologischen Anbau von Rosenkohl erfolgte verzögert im Versuchsjahr 2016. Ursächlich für die Verschiebung des Zeitplans waren die komplexen Vorarbeiten zur Entwicklung, Überprüfung und Optimierung einzelner Strategien, welche mehr Kapazitäten in Anspruch nahmen als ursprünglich angenommen. Dennoch wurden auf den Versuchsflächen der Standorte Gülzow und Braunschweig die erfolgsversprechendsten Regulierungsmaßnahmen der einzelnen Teilprojekte kombiniert

und 2016 in einem gemeinsamen variantengleichen Demonstrationsversuch untersucht. Die geplante pflanzenbauliche Anpassung dieser neuen Bekämpfungsstrategien und deren Überführung in die gemüsebauliche Anbaupraxis konnten innerhalb des Projektes aus Zeitgründen nicht mehr vollständig umgesetzt werden.

9 Literaturverzeichnis

- ADAMCZEWSKA-SOWIŃSKA, K., KOLOTA, E.; WINIARSKA, S., 2009. Living mulches in field cultivation of vegetables. *Vegetable Crops Research Bulletin*, 70, 19-29.
- BAUMANN, D.T., KROPFF, M.J., BASTIAANS, L., 2000. Intercropping leeks to suppress weeds. *Blackwell Sci. Ltd. Weed Research*, 40, 359-374.
- BÁTH, B., KRISTENSEN, H. L., & THORUP-KRISTENSEN, K., 2008. Root pruning reduces root competition and increases crop growth in a living mulch cropping system. *Journal of Plant Interactions*, 3(3), 211-221.
- BRANDSÆTER, L.O., NETLAND, J., 1999. Winter annual legumes for use as cover crops in rowcrops in northern regions: I. Field experiments. *Crop Sci.*, 39, 1369-1379.
- BRUYNEEL, L., NUYTENS, D., 2009. Effect of spray application technology on the biological control of aphids in Brussels sprouts. *Communications in agricultural and applied biological sciences*, 75(2), 139-145.
- BUKOVINSZKY, T., TRÉFÁS, H., VAN LENTEREN, J. C., VET, L. E. M., & FREMONT, J., 2004. Plant competition in pest-suppressive intercropping systems complicates evaluation of herbivore responses. *Agriculture, ecosystems & environment*, 102(2), 185-196.
- CARRUTHERS, K., PRITHIVIRAJ, B., FE, Q., CLOUTIER, D., MARTIN, R.C., SMITH, D.L., 2000. Intercropping corn with soybean, lupin and forages: yield component responses. *Eur. J. Agron* 12, 103-115.
- COSTELLO, M.J., 1994. Broccoli growth, yield and level of aphid infestation in leguminous living mulches. *Biol. Agric. Hort.*, 10(3), 207-222.
- COSTELLO, M.J., ALTIERI, M.A., 1995. Abundance growth rate and parasitism of *Brevicoryne brassicae* and *Myzus persicae* (Homoptera: Aphidae) on broccoli grown in living mulches. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 52(2/3), 187-196.
- DEPALO, L., BURGIO, G., VON FRAGSTEIN, P., KRISTENSEN, H. L., BAVEC, M., ROBAČER, M., CANALI, S., 2016. Impact of living mulch on arthropod fauna: analysis of pest and beneficial dynamics on organic cauliflower (*Brassica oleracea* L. var. botrytis) in different European scenarios. *Renewable Agriculture and Food Systems*, 1-8.
- EASLON, H. M., BLOOM, A. J., 2014. Easy Leaf Area: Automated digital image analysis for rapid and accurate measurement of leaf area. *Applications in plant sciences*, 2(7), 1400033.
- FELLER, C., FINK, M., LABER, H., MAYNC, A., PASCHOLD, P.; SCHARPF, H.C., SCHLAGECKEN, J., STROHMEYER, K., WEIER, U., ZIEGLER, J., 2011. Düngung im Freilandgemüsebau. In: Fink, M. (Hrsg.): *Schriftenreihe des Leibniz-Instituts für Gemüse- und Zierpflanzenbau (IGZ)*, 3. Auflage, Heft 4, Großbeeren.
- GARCIA, M.A., ALTIERI, M.A., 1992. Explaining differences in flea beetle *Phyllotreta cruciferae* Goeze densities in simple and mixed broccoli cropping systems as a function of individual behavior. *Entomol. Exp. Appl.*, 62, 201-209.
- GITELSON, A. A., KAUFMAN, Y. J., STARK, R., RUNDQUIST, D., 2002. Novel algorithms for remote estimation of vegetation fraction. *Remote sensing of Environment*, 80(1), 76-87.
- GULDAN, S.J., MARTIN, C.A., FALK, C.L., 1998. Interseeding snap pea into stands of chile pepper reduces yield of pea more than that of chile. *HortScience*, 33(4), 660-662.
- HOOKS, C.R.R., JOHNSON, M.W., 2003. Impact of agricultural diversification on the insect community of cruciferous crops. *Crop Protection*, 22, 223-238.
- HOOKS, C.R.R., VALENZUELA, H.R., DEFRANK, J., 1998. Incidence of pests and arthropod natural enemies in zucchini grown with living mulches. *Agric., Ecosys. Environ.*, 69, 217-231.

- IRLA, E., ANKEN, T., KREBS, H., RÜEGG, J., 2002. Improved application technique in potato cultivation. CHIMIA International Journal for Chemistry, 56(6), 298-299.
- JANKOWSKA, B., PONIEDZIALEK, M., JEDRSZCZYK, E., 2009. Effect of intercropping white cabbage with French marigold (*Tagetes patula* nana L.) and pot marigold (*Calendula officinalis* L.) on the colonization of plants by pest insects. Folia Horticulturae, 21(1), 95-103.
- JONES, D. R., 2003. Plant Viruses Transmitted by Whiteflies. European Journal of Plant Pathology, 109(3), 195-219.
- KLASA, A., 2011. A faunistic review of Polish whiteflies (Hemiptera: Aleyrodidae). Polish Journal of Entomology, 80 (2), S. 253
- KRAUSS, J., SAUER, C., 2009. Bekämpfungsstrategien gegen tierische Schaderreger an Kohlgewächsen – Ist Saatgutbeizung eine Alternative?
<https://www.agroscope.admin.ch/agroscope/de/home/themen/pflanzenbau/gemuesebau/publikationen/pflanzenschutz> (23.03.2017)
- LEGUTOWSKA, H., KUCHARCZYK, H., 2000. Observations on occurrence of onion thrips (*Thrips tabaci* Lindeman) on leek cultivated in different environmental conditions. Post. Ochr. Roślin, 40(2), 540-543.
- LEHMHUS, J.; HOMMES, M.; VIDAL, S., 1999. The impact of different intercropping systems on herbivorous pest insects in plots of white cabbage. Bulletin OILB/SROP, 22(5), 163-169.
- LEHMHUS, J.; VIDAL, S.; HOMMES, M., 1996. Population dynamics of herbivorous and beneficial insects found in plots of white cabbage undersown with clover. Bulletin OILB/SROP 19(11), 115-121.
- LIEBIG, N., 2010. Regulierungsmöglichkeiten der Kohlmottenschildlaus im ökologischen Kohlanbau. In: Bayerische Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau Tagungsband zum Öko-Gemüsebautag am 15. Juli 2010 in Bamberg, Veitshöchheimer Berichte, 143, 6-10.
- LWG, 2009. Neem Azal gut wirksam gegen Kohlmottenschildlaus am Grünkohl. In: Bayrische Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau: Gemüsebauversuche 2009. Veitshöchheimer Berichte, 136, 14-15.
- MARTIN, J.H., MIFSUD, D., RAPISARDA, C., 2000. The whiteflies (Hemiptera: Aleyrodidae) of Europe and the Mediterranean Basin. Bulletin of Entomological Research, 90(05), 407-448.
- MATSUURA, S., HOSHINO, S., 2008. Comparative spatial dispersal of Tomato yellow leaf curl virus vectored by B and Q biotypes of *Bemisia tabaci* in Tomato glasshouses. Phytoparasitica, 36(1), 42-51.
- MELAMED-MADJAR, V., NAVON, A., TAL, S., 1984. Honeydew staining to evaluate survival of tobacco whitefly nymphs after insecticide application. Phytoparasitica, 12(3-4), 157-161.
- NEBRADA, M., NOMBELA, G., MUNIZ, M., 2005. Comparative host suitability of some Brassica culti vars for the whitefly, *Aleyrodes proletella* (Homoptera: Aleyrodidae). Environ Entomol, 34, 205-209.
- R CORE TEAM, 2017. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, <http://www.R-project.org> (21.03.2017)
- REDFEARN, D.D., BUXTON, D.R., DEVINE, T.E., 1999. Sorghum intercropping effects on yield, morphology, and quality of forage soybean. Crop Science, 39, 1380-1384.
- RICHTER, E. 2009. Nützlingseinsatz im Zierpflanzenbau unter Glas. DPG Selbstverlag, Reihe Spektrum Phytomedizin, 1327 S.
- RIECHERT, S.E., BISHOP, L., 1990. Prey control by an assemblage of generalist predators, spiders in garden test systems. Ecology, 71, 1441-1450.

- RÜEGG, J., EDER, R., 2006. Wirkung durch Spritzbeine und Zusatzstoffe. *Gemüse*, 3, 34-36.
- RÜEGG, J., EDER, R., ANDERAU, V., 2006. Improved application techniques: Ways to higher efficacy of fungicides and insecticides in field grown vegetables. *Outlooks on Pest Management*, 17(2), 80-84.
- SAUCKE, H., SCHULTZ, B., WEDEMEYER, R., LIEBIG, N., ZIMMERMANN, O., KATZ, P., 2011. Biotechnische Regulierung der Kohlmottenschildlaus in Kohlgemüse–Sachstand und Perspektiven. *Gesunde Pflanzen*, 63(4), 183-189.
- 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.
- 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., 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.
- WEBER, E., BLEIHOLDER, H., 1990. Erläuterungen zu den BBCH-Dezimal-Codes für die Entwicklungsstadien von Mais, Raps, Faba-Bohne, Sonnenblume und Erbse-mit Abbildungen. *Gesunde Pflanzen*, 42. Jg., Nr. 9, S. 308-321.
- WEBER, A., HOMMES, M., VIDAL, S., FINCH, S., HARTFIELD, C., BRUNEL, E., 1999. Thrips damage or yield reduction in undersown leek: replacing one evil by another? *Proc. of the meeting at Chania, Crete. Integrated control in field vegetable crops*, 22(5), 181-188.
- WELCHES, H.G., LAUN, N., 2010. Ein neues Applikationsverfahren - Droplegs für höhere Wirkungsgrade. *Gemüse 2, Sonderteil Pflanzenschutz*, 22-24.
- WNUK, A., 1998. Effect of intercropping of pea with tansy phacelia and white mustard on occurrence of pests. *Folia Horticulturae Ann.*, 10(1), 67-74.
- WYSS, E., DANIEL, C., 2002. Wirkung verschiedener Insektizide gegen die Kohlmottenschildlaus *Aleyrodes proletella* in biologischem Rosenkohl. *Mittelprüfung 2002*, 02/11e.
- 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/> (23.03.2017).
- VIDAL, S., 1997. Factors influencing the population dynamics of *Brevicoryne brassicae* in undersown Brussels sprouts. *Biological agriculture & horticulture*, 15(1-4), 285-295.

10 Veröffentlichungen zum Projekt, bisherige und geplante Aktivitäten zur Verbreitung der Ergebnisse

Vorträge

- SCHULDREICH, A., HIRTHE, G., 2014. BÖLN – Verbundvorhaben zur Bekämpfung der Kohlmottenschildlaus (*Aleyrodes proletella*). 3. Sitzung des Arbeitskreises Pflanzenschutz im Gemüsebau, Hamburg, 14.01.2014
- SCHULDREICH, A., HIRTHE, G., 2014. BÖLN – Verbundvorhaben zur Bekämpfung der Kohlmottenschildlaus (*Aleyrodes proletella*). Versuchsbeirat Freilandgemüsebau, Gülzow, 27.02.2014
- HIRTHE, G., SCHULDREICH, A., 2014. BÖLN – Verbundvorhaben zur Bekämpfung der Kohlmottenschildlaus (*Aleyrodes proletella*). Tagung der Öko-Gartenbauberater, Schlierbach, 05.11.2014
- SCHULDREICH, A., HIRTHE, G., 2015. Versuche zum Migrationsverhalten und zur Bekämpfung von *A. proletella* an Rosenkohl. 3. Sitzung des Arbeitskreises Pflanzenschutz im Gemüsebau, Hamburg, 13.01.2015
- SCHULDREICH, A., HIRTHE, G., 2015. Strategien zur Regulierung der Kohlmottenschildlaus im ökologischen Anbau von Rosenkohl. 4. Sitzung des Arbeitskreises ökologischer Gemüsebau, Hamburg, 20.01.2015
- SCHULDREICH, A., HIRTHE, G., 2015. Strategien zur Regulierung der Kohlmottenschildlaus und Integration in gemüsebauliche Anbauverfahren. 10. Sitzung des Versuchsbeirates Freilandgemüsebau, Gülzow, 03.03.2015
- SCHULDREICH, A., WESTERMAN, P., HIRTHE, G., KATROSHAN, K.-U., 2015. Opportunities and challenges in predicting local migration dynamics of cabbage whitefly *Aleyrodes proletella* - a preliminary evaluation. IOBC/WPRS Working Group "Integrated Protection in Field Vegetables", Hamburg, 05.10.2015
- SCHULDREICH, A., HIRTHE, G., 2016. Versuche zum Migrationsverhalten und zur Bekämpfung der Kohlmottenschildlaus *A. proletella* in Rosenkohl. 4. Sitzung des Arbeitskreises Pflanzenschutz im Gemüsebau, Hamburg, 11.01.2016
- SCHULDREICH, A., HIRTHE, G., 2016. Strategien zur Regulierung von *A. proletella* im ökologischen Anbau von Rosenkohl. 5. Sitzung des Arbeitskreises ökologischer Gemüsebau, Hamburg, 19.01.2016
- SCHULDREICH, A., HIRTHE, G., 2016. Strategien zur Regulierung von *A. proletella* und Integration in gemüsebauliche Anbauverfahren. 11. Sitzung des Versuchsbeirates Freilandgemüsebau, Gülzow, 03.03.2016
- SCHULDREICH, A., WESTERMAN, P., HIRTHE, G., KATROSHAN, K.-U., 2016. Migrationsverhalten der Kohlmottenschildlaus *A. proletella* – erste Ergebnisse des Monitorings auf Winterrapsflächen in MV. Bundesberatertagung Gemüsebau, Grünberg, 08.03.2016
- HILLENBERG, A., WESTERMAN, P., HIRTHE, G., KATROSHAN, K.-U., 2016. Untersaaten im ökologischen Rosenkohlanbau - Regulierungspotential gegenüber der Kohlmottenschildlaus (*Aleyrodes proletella*), pflanzliche Konkurrenz und Ertragswirkung. 60. Deutsche Pflanzenschutztagung, Halle, 22.09.2016
- HIRTHE, G., HILLENBERG, A., 2017. Versuche zur Optimierung der Applikationstechnik bei der Bekämpfung von *Aleyrodes proletella* an Rosenkohl 2014 - 2016. 5. Sitzung des Arbeitskreises Pflanzenschutz im Gemüsebau, Hamburg, 12.01.2017

HIRTHE, G., HILLENBERG, A., 2017. Versuche zu Untersaaten im ökologischen Rosenkohlanbau 2014 -2016. 6. Sitzung des Arbeitskreises ökologischer Gemüsebau, Hamburg, 01.02.2017

HIRTHE, G., HILLENBERG, A., 2017. Optimierung der Applikationstechnik zur Bekämpfung der Kohlmottenschildlaus. Bundesberatertagung Gemüsebau, Grünberg, 07.03.2017

Publikationen

HIRTHE, G., SCHULDREICH, A., 2014. BLE-Projekt zur Bekämpfung der Kohlmottenschildlaus gestartet. Info-Blatt für den Gartenbau in Mecklenburg-Vorpommern, 23(2014)3, 122-126

SCHULDREICH, A., HIRTHE, G., KATROSHAN, K.-U., 2014. Strategien zur Regulierung der Kohlmottenschildlaus für den ökologischen Anbau von Rosenkohl. Julius-Kühn-Archiv, 447, 416

SCHULDREICH, A., HIRTHE, G., 2015. Migrationsverhalten der Kohlmottenschildlaus *Aleyrodes proletella* – erste Ergebnisse des Monitorings auf Winterrapsschlägen in Mecklenburg-Vorpommern. Info-Blatt für den Gartenbau in Mecklenburg-Vorpommern, 24(2015)6, 350 – 356

HILLENBERG, A., WESTERMAN, P., HIRTHE, G., KATROSHAN, K.-U., 2016. Untersaaten im ökologischen Rosenkohlanbau: Regulierungspotential gegenüber der Kohlmottenschildlaus (*Aleyrodes proletella*), pflanzliche Konkurrenz und Ertragswirkung. Julius-Kühn-Archiv, 454, 260-261

SCHULDREICH, A., WESTERMAN, P., HIRTHE, G., KATROSHAN, K.-U., 2016. Opportunities and challenges in predicting local migration dynamics of cabbage whitefly *Aleyrodes proletella* - a preliminary evaluation. IOBC-WPRS Bulletin, 118, 30-36

Poster

SCHULDREICH, A., HIRTHE, G., KATROSHAN, K.-U., 2014. Strategien zur Regulierung der Kohlmottenschildlaus für den ökologischen Anbau von Rosenkohl. Julius-Kühn-Archiv, 447, S. 416

SCHULDREICH, A., HIRTHE, G., KATROSHAN, K.-U., 2014. Die Biologie der Kohlmottenschildlaus als Grundlage für vorbeugende Pflanzenschutzstrategien. MeLa Fachausstellung für Landwirtschaft und Ernährung, Fischwirtschaft, Forst, Jagd und Gartenbau in Mühlengiez, 11.-14.09.2014