

Anwendung natürlich vorkommender Gegenspieler der Kohlmottenschildlaus (KMSL) in Kohlgemüse im kombinierten Einsatz mit Kulturschutznetzen

Application of naturally occurring antagonists of the cabbage white fly (*Aleyrodes proletella*) in organic crops in combination with netting

FKZ: 06OE339

Projektnehmer:

Universität Kassel
Fachgebiet Ökologischer Pflanzenschutz
Nordbahnhofstraße 1a, 37213 Witzenhausen
Tel.: +49 5542 98-1561
Fax: +49 5542 98-1564
E-Mail: hsaucke@wiz.uni-kassel.de
Internet: <http://www.uni-kassel.de>

Autoren:

Schultz, Britta; Zimmermann, Olaf; Liebig, Nadine; Wedemeyer, Rainer; Leopold, Jörg; Rademacher, Jörg; Katz, Peter; Rau, Florian; Saucke, Helmut

Gefördert vom Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz
im Rahmen des Bundesprogramms Ökologischer Landbau (BÖL)

Abschlussbericht

Forschungsprojekt 06 OE 339:

Anwendung natürlich vorkommender Gegenspieler der Kohlmottenschildlaus (KMSL) in Kohlgemüse im kombinierten Einsatz mit Kulturschutznetzen

Projektlaufzeit: 11/04/2007 bis 30/04/2010

Berichtszeitraum: 11/04/2007 bis 30/04/2010

Zuwendungsempfänger:

- 1 Universität Kassel
Fachgebiet Ökologischer Pflanzenschutz
Dr. Helmut Saucke
Nordbahnhofstr. 1a
37213 Witzenhausen

In Zusammenarbeit mit:

- 2 Julius Kühn-Institut (JKI), Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen
Institut für biologischen Pflanzenschutz
Heinrichstraße 243
64287 Darmstadt
- 3 Versuchs- und Beratungsring Ökologischer Landbau e. V. (Ökoring)
Bahnhofstr. 15
27374 Visselhövede
- 4 Katz Biotech AG
An der Birkenpfehlheide 10
15837 Baruth

Autoren: Britta Schultz¹, Rainer Wedemeyer¹, Dr. Helmut Saucke¹, Dr. Olaf Zimmermann², Dr. Jörg Leopold², Nadine Liebig³, Florian Rau³, Dr. Peter Katz⁴, Jörg Rademacher⁴

Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung	1
Abstract	2
1 Einleitung	3
1.1 Ziele und Aufgaben des Projekts	3
1.2 Planung und Ablauf	4
1.3 Wissenschaftlicher und technischer Stand	6
1.3.1 <i>Aleyrodes proletella</i> als Schädling im ökologischen Kohlanbau in Niedersachsen	6
1.3.2 Regulierung von <i>Aleyrodes proletella</i> im ökologischen Kohlanbau	6
1.3.3 Der Bogenmarienkäfer <i>Clitostethus arcuatus</i>	7
1.3.4 Die Erzwespe <i>Encarsia tricolor</i>	8
2 Status quo Analyse der Kohlmottenschildlaus auf ökologisch wirtschaftenden Betrieben in Norddeutschland	10
2.1 Methoden	10
2.2 Ergebnisse	10
3 Mulchfolienversuch 2007	12
3.1 Material und Methoden	12
3.2 Ergebnisse	13
4 Parzellenversuch Neu-Eichenberg 2007-2009	15
4.1 Methoden	15
4.1.1 Standortbedingungen und Witterung	15
4.1.2 Versuchsanlage und -varianten	16
4.1.3 Versuchsdurchführung	17
4.1.3.1 Massenzucht der Kohlmottenschildläuse für Feldinokulationen	18
4.1.3.2 Herkunft und Ausbringung der Gegenspieler	18
4.1.4 Datenerhebung	19
4.1.4.1 Mikroklima im Bestand und Pflanzenentwicklung	19
4.1.4.2 Ertrag	19
4.1.4.3 Befallsverlauf KMSL	21
4.1.4.4 Nützlichseffizienz im Freiland	21
4.1.5 Statistik	23
4.2 Ergebnisse	24
4.2.1 Mikroklima	24
4.2.2 Pflanzenentwicklung	25
4.2.3 Kohlmottenschildlausbefall	28
4.2.3.1 Befallsentwicklung in den Kontrollvarianten	28
4.2.3.2 Befallsentwicklung in Varianten mit Nützlingsfreisetzung 2007 bis 2009	30
4.2.4 Natürliche Gegenspieler	32
4.2.4.1 <i>Clitostethus arcuatus</i> :	32
4.2.4.2 <i>Encarsia tricolor</i>	33
4.2.5 Ertrag	36
4.2.5.1 Ertrag der Kontrollvarianten	36
4.2.5.2 Ertrag nach Freisetzungen von natürlichen Gegenspielern	38
4.2.5.3 Einfluss des Ernteverfahrens auf den Ertrag	40

5	Praxisversuch 2008-2009	41
5.1	Methoden	41
5.1.1	Versuchsstandorte	41
5.1.2	Versuchsanlage Hiddestorf 2008	41
5.1.3	Versuchsanlage Dierstorf 2009	42
5.2	Ergebnisse	43
5.2.1	Hiddestorf 2008.....	43
5.2.2	Dierstorf 2009	45
6	Laboruntersuchungen zur Biologie <i>E. tricolor</i>	48
6.1	Vorarbeiten, Methodenentwicklung.....	48
6.1.1	Blattproben von Praxisbetrieben 2007	48
6.1.2	Zusätzliche Freilandbeobachtungen in 2007.....	50
6.1.3	Identifikationshilfen zur Unterscheidung relevanter <i>Encarsia</i> -Arten	50
6.1.4	Geschlechtsunterschiede bei <i>Encarsia tricolor</i>	52
6.2	Qualitätskontrollen von Freisetzungsmaterial	52
6.2.1	Durchführung	53
6.2.2	Ergebnisse und Diskussion	53
6.2.2.1	Qualität der gezüchteten Nützlinge in 2007.....	53
6.2.2.2	Qualität der gezüchteten Nützlinge in 2008.....	56
6.2.2.3	Qualität der gezüchteten Nützlinge in 2009.....	58
6.3	Lebensdauer von Wildpopulationen von <i>E. tricolor</i> aus Freilassungsgebieten im Oberheingraben.....	63
6.3.1	Durchführung	63
6.3.2	Ergebnisse und Diskussion	63
6.4	Methodenentwicklung zur Untersuchung der Eiablage von <i>E. tricolor</i>	64
6.4.1	Durchführung, Ergebnisse und Diskussion.....	65
7	Zusammenfassung der Ergebnisse	66
7.1	Survey	66
7.2	Kulturschutznetz 0.8 mm x 0.8mm	66
7.3	Natürliche Gegenspieler.....	66
7.4	Qualitätsparameter und <i>E. tricolor</i> -Kenndaten	67
7.5	FuE-Ergebnisse von dritter Stelle, die für das Vorhabens relevant sind	68
8	Maßnahmen für den Technologie- und Wissenstransfer	69
8.1	Veröffentlichungen:	69
8.2	Unveröffentlichte Vorträge:.....	70
8.3	Filmbeiträge*:	70
9	Vorraussichtlicher Nutzen und Verwertbarkeit der Ergebnisse.....	71
9.1	Praxisempfehlungen.....	72
10	Gegenüberstellung der geplanten und erreichten Ziele.....	73
10.1	Hinweise auf weiterführende Fragestellungen.....	73
11	Verzeichnisse	74
11.1	Literatur.....	74
11.2	Abbildungsverzeichnis.....	76
11.3	Tabellenverzeichnis	78

Kurzfassung

Ziel des Verbundvorhabens war die Erarbeitung einer kombinierten Regulierungsstrategie für die Kohlmottenschildlaus *Aleyrodes proletella* in Ökologischem Kohlgemüse, mit den zwei Ansatzpunkten Kulturschutznetz & natürlichen Gegenspielern. Das sofortige Abdecken von Rosenkohl mit feinmaschigem **Kulturschutznetz** (0,8 x 0,8mm) ab dem Verpflanzen bis Ende Oktober erzielte durchgängig 77% Befallssenkung in der Hauptbefallsphase im September. Aufdecken der Netze für mechanische Unkrautbekämpfung bildet ein kritisches Zeitfenster für Initialbefall. Verzicht auf Hacken durch Anwendung einer biologisch abbaubaren **Mulchfolie** brachte allerdings keinen zusätzlichen Regulationserfolg.

Die unter Netz eingesetzte **Schlupfwespe** *Encarsia tricolor* und der **Marienkäfer** *Clitostethus arcuatus* wurden von der Katz Biotech AG bezogen. Stetige Qualitätskontrollen und der Erarbeitung von Kenndaten zum eingesetzten Zuchtstamm von *E. tricolor* ermöglichten erste erfolgreiche Anpassungen im Produktionsverfahren.

Im **Parzellenversuch** stimmten verschiedene Dosierungsstufen von *E. tricolor* mit den Wiederfundraten im Feld und dem jeweiligen Parasitierungsgraden gut überein. Die anfänglich schwachen Parasitierungswerte 2007/08 ließen sich in 2009 auf bis zu 33% steigern. Letzteres Parasitierungsergebnis unter Netz war befallssenkend, mit 23% Mehrertrag (+23dt/ha) gegenüber der Vergleichsvariante. *C. arcuatus* erwies sich in 2007/2008 als Nutznießer hoher Schädlingdichten mit unzureichendem Regulationspotential und wurde deshalb in 2009 nicht weiter eingesetzt.

Auf **Praxisflächen** mit Punktfreilassungen von *E. tricolor* lag die Parasitierung 2008/09 um bis zu 50% höher als in der Referenz ohne Freilassung. In 2009 wurde durch zeitlich vorverlegte Erstfreilassungen eine deutliche Befallreduktion von knapp 60% erzielt.

Bezüglich des Einsatzes von *E. tricolor* wurden wesentliche Meilensteine (Etablierungsfähigkeit, Regulierungseffekt, ertragswirksame Feldeffizienz) erfolgreich abgedeckt. Es besteht aber weiterer Untersuchungsbedarf hinsichtlich des Optimierungsspielraums bei Freilassungstermin, -intervall und -menge.

Abstract

The cabbage whitefly, *Aleyrodes proletella* has developed to a key pest in brassica vegetables throughout Germany. In a 3-year project we investigated the barrier effect of **netting** (0.8 x 0.8mm) in combination with the native **parasitoid** *Encarsia tricolor* and the **predator** *Clitostethus arcuatus* in an inundative approach in Brussels sprouts.

Netting alone reduced whitefly larval densities by 77% at peak infestation in all years. Mechanical weeding forms a critical time slot for first infections by *A. proletella* under netting. Forgoing mechanical weed control by employing **biodegradable mulch materials** did not result in lower pest levels.

Whitefly antagonists were reared by the Katz Biotech AG. Results of accompanying quality controls and of biological characterisation of the used *E. tricolor* strain were directly applied for adjustments of rearing conditions.

In a **field plot experiment**, parasitism significantly increased after *E. tricolor* releases inside nets compared to netted controls without release. Preponing the timing of the first release about 3 weeks to early July in 2009 resulted additionally in a significant reduction in pest density by 39% and a 23% increase of marketable yield. By contrast, *C. arcuatus* did not prove to be an efficient biological control agent in the open field.

An additional **on-farm trial** confirmed the control potential of *E. tricolor*. Concentrated releases of *E. tricolor* in the open field increased parasitism by 50% in 2008/2009. Furthermore, a 60% reduction of *A. proletella* density was achieved by moving forward the release date by three weeks in 2009.

The project provides an indispensable basis for successful applications of *E. tricolor* by proving field establishment of the parasitoid as well as first control and yield effects of releases. Further research has to focus on the adjustment of release rate, timing and frequency to optimise control.

1 Einleitung

Die Kohlmottenschildlaus *Aleyrodes proletella* [Hom., Aleyrodidae] hat als Schädling im ökologischen Kohlanbau in Niedersachsen und Nordhessen stark an Bedeutung gewonnen. Insbesondere bei den anfälligen Kulturen Rosenkohl und Grünkohl wird durch das steigende Befallsrisiko die Erzeugung ausreichender Qualitäten erschwert, so dass Betriebe zunehmend den Ausstieg aus dem ökologischen Kohlanbau überdenken oder diesen bereits vollzogen haben.

Unter diesen Bedingungen ist dringend notwendig, Regulierungsstrategien für die Kohlmottenschildlaus zu entwickeln, um die Nachfrage nach ökologisch erzeugtem Kohl aus regionaler Produktion in Zukunft bedienen zu können.

Eine häufig angewendete Maßnahme auf ökologischen Betrieben gegen Kohlschädlinge generell ist das Abdecken der Kultur mit Netzen (meist Kohlfliedennetz mit 1,35x1,35mm Maschenweite). Die Barrierewirkung der Kulturschutznetze ist jedoch unzureichend hinsichtlich der KMSL (siehe Kapitel 1.3.2)

1.1 Ziele und Aufgaben des Projekts

Ziel dieses Projekts war die Erarbeitung einer praxistauglichen Regulierungsstrategie für die Kohlmottenschildlaus in ökologischem Rosenkohl. Wesentlicher Ansatz war dabei eine verbesserte Befallsreduktion bei Anwendung von Kulturschutznetzen durch Kombination mit weiteren Maßnahmen. Dabei wurden zwei verschiedene Strategien verfolgt:

I) Minimierung des Risikos für Initialbefall unter Netz:

Für verschiedene Pflegemaßnahmen insbesondere der mechanischen Unkrautregulierung müssen wiederholt die Kulturschutznetze von der Kultur entfernt werden. Dies sind kritische Zeiträume für einen Erstbefall mit der Kohlmottenschildlaus. Durch Anwendung von Mulchfolie bestünde keine Notwendigkeit für eine weitere Unkrautregulierung und somit einem Entfernen der Netze mehr. Der Befall könnte so reduziert werden.

Daraus ergab sich folgendes Teilziel

1. Bewertung der Kombinationsanwendung eines in eigenen Vorarbeiten bereits erprobten feinmaschigen Kulturschutznetz-Typs (0,8x0,8mm) mit Mulchfolie zur Beikrautregulierung hinsichtlich Pflanzenverträglichkeit & Barrierewirkung gegenüber der Kohlmottenschildlaus im On farm-Versuch.

II) Zusätzliche Regulierung des Befalls unter Netz:

Sobald Kohlmottenschildläuse unter das Netz geraten, finden sie dort geschützt vor biotischen- und abiotischen Regulierungsfaktoren gute Vermehrungsbedingungen vor. Durch das Einbringen von natürlichen Gegenspielern unter die Netze könnte eine solche Befallentwicklung unter den Kulturschutznetzen verlangsamt oder sogar gestoppt werden. Zudem wird erwartet, dass die Kulturschutznetze ein Abwandern der Nützlinge z.T. unterbinden und somit der Effektivität einer Nützlingsanwendung im Freiland förderlich sind.

Daraus ergab sich das zweite Teilziel:

2. Kombinationsanwendung des Kulturschutznetz-Typs (0,8x0,8mm) mit eingebrachten natürlichen Gegenspielern (*Encarsia tricolor*, *Clitostethus arcuatus*) im Vergleich zu jeweiligen Kontrollvarianten im Parzellenversuch.
 - Begleitende Erfassung des Parasitierungs- und Prädationsverlaufes der einzusetzenden Gegenspieler im Feld und unter kontrollierten Bedingungen mit dem Ziel, Ansatzpunkte zur Wirkungsverbesserung (z.B. Einsatzzeitpunkt, Menge der Gegenspieler) zu optimieren und auf das Befallsgeschehen abzustimmen.
 - Weiterführende Untersuchungen zu Eigenschaften des Freisetzungsmaterials von *E. tricolor*, um Qualitätskriterien zu formulieren und Optimierungsansätze zu identifizieren.
 - Vergleichende Erfassung des Mikroklimas im Bestand ohne/unter Netz mit dem Ziel, klimatische Einflüsse auf Kultur, KMSL und Gegenspieler zu ermitteln und bewerten zu können
 - Pflanzenbauliche Begleitung mit Fokus auf Standfestigkeit, KMSL-Verschmutzung, marktfähige Ernte

1.2 Planung und Ablauf

Die einzelnen Projektbausteine sowie ihre zeitliche Planung sind in Tab. 1 aufgeführt. Nach Evaluierung der Zwischenergebnisse 2007 wurde die Versuchsplanung in 2008 und 2009 im Hinblick auf das Projektziel dahingehend angepasst, dass sich die Ressourcen 2008/2009 stärker auf die Untersuchung und den Einsatz von *E. tricolor* lenken liessen.

- Der Versuch zum kombinierten Einsatz von Kulturschutznetzen mit **Mulchfolie** wurde 2007 auf einem Betrieb mit bekanntem Kohlmottenschildlausproblem durch den Ökoring Niedersachsen durchgeführt. Aufgrund der Ergebnislage konnte Strategie I verworfen werden.
- Ein **Parzellenversuch** zur Kombination von feinmaschigen Kulturschutznetzen und natürlichen Gegenspielern wurde von 2007 bis 2009 durch die Universität Kassel angelegt. Als Antagonisten kamen als Parasitoid die Erzwespe *Encarsia tricolor* und als Prädator der Bogenmarienkäfer *Clitostethus arcuatus* zum Einsatz. Beide bis dahin nicht kommerziell verfügbaren Nützlinge wurden durch die Katz Biotech AG in Zucht genommen und für die Versuche bereitgestellt. Im Parzellenversuch wurden zum einen pflanzenbauliche Parameter und das Mikroklima erfasst. Zum anderen wurden der KMSL-Befall sowie der Parasitierungs- und Prädationsverlauf verglichen. Die Ermittlung des Parasitierungsgrad erfolgte anhand von Blattproben am Institut für biologischen Pflanzenschutz am JKI in Darmstadt, wo zuvor eine entsprechende Methode entwickelt wurde.
- Alles Freisetzungsmaterial von *E. tricolor* wurde zusätzliche am JKI Darmstadt einer Qualitätskontrolle unterzogen. Zuvor lagen keine Qualitätskriterien für *E. tricolor* vor und vorhandene Qualitätskriterien für andere Parasitoide einschließlich der damit verbundenen Untersuchungsverfahren waren nicht auf *E. tricolor* übertragbar. Weitere Versuche zielten deshalb auf die Entwicklung geeigneter Untersuchungsmethoden und der Ermittlung der

Eigenschaften des eingesetzten Materials ab. Dies sollte die Definition von Qualitätskriterien ermöglichen und Optimierungsmöglichkeiten offenlegen.

- Im Versuchsjahr 2009 wurde *C. arcuatus* nicht weiter eingesetzt. Diese Planungsänderung war zum einen Folge der Notwendigkeit der Einstellung der Zucht (*C. arcuatus* gefährdete sowohl die *E. tricolor*- als auch die kommerzielle *E. formosa*- Zucht) als auch des geringen Regulierungspotentials des Marienkäfers insbesondere im Verhältnis zu *E. tricolor*. Stattdessen wurde *E. tricolor* in unterschiedlichen Mengen bei einer gleichzeitig verfrühten Freisetzung gegenüber den Vorjahren eingesetzt.
- Ergänzend zu dem Parzellenversuch und an Stelle des Mulchfolienversuchs wurden zusätzlich in 2008 und 2009 Ausbringungen von *E. tricolor* auf **Praxisflächen** vorgenommen, die von entsprechenden Untersuchungen zum Befalls- und Parasitisierungsverlauf begleitet wurden.
- In allen drei Projektjahren erfolgten **Surveys** zum Befallsgeschehen auf Praxisflächen von Mitgliedsbetrieben des Ökoring Niedersachsen in Norddeutschland, um die bisherigen Praktikermittelungen zum bestehenden Kohlmottenschildlausproblem mit Daten zu belegen und zeitliche sowie räumliche Schwankungen des Befallsaufkommens zu dokumentieren.

Tab. 1 Balkenplan zur Projektplanung und -durchführung

	Jahr		2007				2008				2009			
	Quartal		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1) Survey zum Status der KMSL (Ökoring)			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
2) Zucht der Gegenspieler (Katz Biotech AG)			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Freilandversuche														
3) Mulchfolienversuch (Ökoring Niedersachsen)			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
4) Parzellenversuch zur Kombination von Kulturschutznetz mit Gegenspielern (<i>E. tricolor</i> , <i>C. arcuatus</i>) (Universität Kassel)			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
5) Fortführung des Parzellenversuchs ausschließlich mit <i>E. tricolor</i> mit unterschiedlichen Ausbringungsmengen (Universität Kassel)											■	■	■	■
6) Praxisversuch zum Einsatz von <i>E. tricolor</i> (Ökoring, Universität Kassel)								■	■	■	■	■	■	■
7) Nützlichkeitsfreiland; Probenaufbereitung des Parzellen- und Praxisversuchs, (JKI Darmstadt, Universität Kassel)								■	■	■	■	■	■	■
Laboruntersuchungen														
8) Qualitätskontrolle <i>E. tricolor</i> (JKI Darmstadt)			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
9) Nützlichkeitsfreiland (Aufbereitung der Freilandproben des Parzellenversuchs) (JKI Darmstadt)			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
10) Methodenentwicklung zur Parasitierung unter kontr. Bedingungen, Klimakammer u.a. (JKI Darmstadt)			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Wissenstransfer														
11) Transferleistungen: Vorträge, Publikationen, Beratung			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

grau= geplant und durchgeführt. Graugestreift= geplant und nicht durchgeführt, **Grau/rot= Änderungen von ursprünglicher Planung**

1.3 Wissenschaftlicher und technischer Stand

1.3.1 *Aleyrodes proletella* als Schädling im ökologischen Kohlanbau in Niedersachsen

Allein der ökologische Anbau von Kohlarten in Niedersachsen hat eine Größe von ca. 120 ha. In den letzten 10 Jahren hat die Kohlmottenschildlaus zunehmend Probleme an diesen Kulturen bereitet. Insbesondere Rosenkohl, Grünkohl und Wirsing im südlichen Niedersachsen und Nordhessen werden extrem stark von Kohlmottenschildläusen befallen. Auch an Blumenkohl, Broccoli und Kohlrabi beginnt die Kohlmottenschildlaus Qualitätsmängel zu verursachen, weil die Tiere in der geernteten Ware beim Kunden zu finden sind. Wirsing kann durch Entfernen der äußeren Blätter noch vermarktet werden, hat dadurch aber eine eingeschränkte äußere Qualität und einen Gewichtsverlust. An Rosenkohl entstehen durch Honigausscheidungen der Kohlmottenschildlaus Verschmutzungen der Röschen (Rußtau), wodurch die Vermarktbarkeit eingeschränkt ist und gegebenenfalls hoher Putzaufwand notwendig ist. Für Grünkohl stellt die Kohlmottenschildlaus in doppelter Hinsicht ein Problem. Zum einen ist er besonders anfällig, zum anderen besteht aufgrund der Vermarktung der Blätter nur eine geringe Toleranz gegenüber Befall.

Mehrere Betriebe in Niedersachsen wägen wegen des starken Befalls ab, den Anbau von Rosenkohl und Grünkohl einzustellen. Besonders direkt vermarktende Betriebe kaufen eher Ware ohne oder mit geringem Befall zu, als selbst schlechte Qualitäten zu erzeugen, oder einen Totalausfall zu riskieren. Der Handel dagegen ist an Rosenkohl aus ökologischem Anbau interessiert. Zurzeit bleibt die Nachfrage nicht gedeckt. Der größte Teils des Zukaufs kommt aus den Niederlanden oder anderen Ländern. Die Abschwächung des Qualitätsproblems im niederländischen Anbau ist wahrscheinlich auf die dortige Gesundlagesituation, bei permanentem Westwind zurückzuführen und anbautechnisch nicht auf die hiesigen Verhältnisse übertragbar (ÖKORING pers. Mitt., Buck 2007).

1.3.2 Regulierung von *Aleyrodes proletella* im ökologischen Kohlanbau

Sobald an einem Standort ein ganzjähriges Wirtsangebot für die Kohlmottenschildlaus vorliegt, ist ein Befall unausweichlich. Anbaupausen zum Durchbrechen der Generationsfolge ist für Betriebe nicht umsetzbar und bietet auch keine Garantie, wenn regional weiterhin Brassicaceen insbesondere Winterraps angebaut wird. Auch Sortenwahl stellt gegenwärtig keine Alternative da. Zwar zeigen verschiedene Brassica-Arten deutliche Unterschiede in ihrer Anfälligkeit, aber Kreuzungen mit *Brassica oleracea* spp. erbrachten keine deutlich verbesserten Resistenzeigenschaften (Ellis, Ramsey et al., 1996; Ramsey & Ellis, 1996). Auf Sortenebene zeigten sich an Blumenkohl und Brokkoli graduelle Unterschiede im Befall (Muniz & Nebreda, 2003; Alonso, Gomez et al., 2009). Rosenkohlmутanten, die keine Wachsschicht auf den Blättern bilden, zeigen eine quantitative Resistenz gegen verschieden Kohlschädlinge einschließlich der Kohlmottenschildlaus (Way & Murdie, 1965). Mögliche negative Effekte z.B. in Bezug auf Trockenheitstoleranz und Krankheitsanfälligkeit bleiben jedoch unbeantwortet. Obwohl somit vereinzelte Ansätze für die Züchtung von Kohl mit verringerter Kohlmottenschildlausanfälligkeit bestehen, sind jedoch entsprechende Sorten nicht in absehbarer Zeit verfügbar. Zudem würde weiterhin ein zusätzlicher Regulierungsbedarf bestehen.

Zur direkten Regulierung kann im Ökolandbau im begrenzten Umfang auf Insektizide zurückgegriffen werden. Von den für den ökologischen Landbau zu gelassenen Wirkstoffen dürfen Kaliseife, Pyrethrine und Rapsöl gegen die Kohlmottenschildlaus zum Einsatz kommen (Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (BVL), 2010). Wyss & Daniel (2002) zeigten eine gute bzw. sehr gute Wirkung von Pyrethrinen (Spruzit neu[®]) und Azadirachtin (NeemAzal[®]) bei schwachem Vorbefall. Der

gute Regulierungseffekt war jedoch unter starken Befallsbedingungen nicht reproduzierbar (Wyss, Specht et al., 2003) Eine effektive Regulierung der Kohlmottenschildlaus in der hochwüchsigen Kultur Rosenkohl stösst zudem im entwickelten Bestand auch an technische Grenzen, da mit den Kontaktmitteln keine hinreichende Benetzung erzielt werden kann und keine systemischen Wirkstoffe zu Verfügung stehen.

Die Anwendung von Kulturschutznetzen als Barriere gegen verschiedene Kohlschädlinge findet im ökologischen Landbau häufig Anwendung. Eigene Vorarbeiten haben ergeben, dass sich Kohlmottenschildlausbefall mit bestimmten Kulturschutznetzen nicht ganz verhindern, aber doch eindämmen lässt. Einen Kompromiss zwischen hinreichend enger Maschenweite und verändertem Mikroklima stellen Netze mit 0,8x0,8mm Maschenweiten dar, mit denen aber eine konsequent frühe und auch langandauernde Abdeckung einzuhalten ist (Saucke & Giessmann, 2003, Saucke, Schultz et al., 2004).

Im Zuge der Beikrautregulierung sind in der Praxis allerdings 1-2 Aufdeckungen unabdingbar und bezügl. der Kohlmottenschildlaus problematisch. Der daraus resultierende Initialbefall mit adulten Schädlingen kann im Zuge der weiteren Vegetationsperiode den gesamten Abdeckungserfolg zunichte machen, sodass auch mit der befallssenkenden Netz-Investition das wirtschaftliche Risiko der Betriebe bestehen bleibt.

Die biologische Regulierung mit Hilfe von Antagonisten ist ein weiterer Ansatz, der einen wichtigen Baustein in eine Regulierungsstrategie gegen Schadinsekten wie der Kohlmottenschildlaus im ökologischen Landbau bildet und auch noch vor dem Einsatz von Insektiziden ausgeschöpft werden sollte (Zehnder, Gurr et al., 2007). Vor Einführung oder Anwendung von exotischen Antagonisten sollte aufgrund der damit verbundenen Risiken zuerst das mögliche Potential von natürlichen vorkommenden Gegenspielern untersucht werden. Das antagonistische Potential des im Freiland vorhandenen Gegenspielerspektrums von *A. proletella* ist scheinbar nicht ausreichend, um die extremen Gradationen des Schädlings im Freiland zu verhindern. Durch inundative oder inokulative Anwendung können mögliche Schwachstellen der Antagonisten wie z.B. ein zu geringes Vermehrungspotential oder eine unzureichende Synchronisation überbrückt und somit das Regulierungspotential optimiert werden.

Als mögliche Kandidaten für eine biologische Regulierung der Kohlmottenschildlaus kamen im Rahmen des Projekts der Bogenmarienkäfer *Clitostethus arcuatus* und die Erzwespe *Encarsia tricolor* zum Einsatz, die im folgenden kurz vorgestellt werden:

1.3.3 Der Bogenmarienkäfer *Clitostethus arcuatus*

Der Bogenmarienkäfer *C. arcuatus* [Coleoptera., Coccinellidae] ist ein Nahrungsspezialist, für dessen Überleben und Entwicklung Mottenschildläuse als Beute essentiell sind (Bathon & Pietrzik, 1986; Katsoyannos, Iftanis et al., 1997). In diese Eigenschaft unterscheidet er sich von allen anderen europäischen Marienkäferarten (Booth & Polaszek, 1996).

C. arcuatus ist ursprünglich ein Bewohner des Mittelmeerraums. Dort ist er in Zitrusplantagen weit verbreitet, wo er als ein bedeutender Gegenspieler der Zitronenmottenschildlaus *Dialeurodes citri* bekannt ist (Loi, 1978; Metwally, El-Heneidy et al., 1999; Saharaoui & Gourreau, 2000). In den letzten Jahrzehnten hat er sich zunehmend Richtung Norden ausgebreitet und konnte auch immer häufiger im Deutschland nachgewiesen werden. Die ersten gesicherten Funde Anfang der 60er beschränkten sich dabei auf die klimatisch begünstigten Gebiete der Flusstäler von Rhein, Main und Neckar (Bathon &

Pietrzik, 1986). Ab 1990 konnte *C. arcuatus* bereits im gesamten Bundesgebiet nachgewiesen werden (Pütz, Klausnitzer et al., 2000).



Abb. 1 Bogenmarienkäfer (*Clitostethus arcuatus*): Links: Weibchen beim Fraß an *Aleyrodes proletella* Eiern (Foto: B. Schultz). Rechts: Larve des Bogenmarienkäfers (Foto: H. Saucke).

Sowohl Adulte als auch Larven von *C. arcuatus* ernähren sich von Aleyrodidae. Dabei werden insbesondere Eier, aber auch in geringem Umfang Larven und vereinzelt auch Adulte erbeutet. Je Tag frisst ein befruchtetes Weibchen im Schnitt 60 *A. proletella*-Eier (Bathon & Pietrzik, 1986). Im Laufe der Jugendentwicklung werden mehr als 500 *A. proletella*-Eier verzehrt (Bathon & Pietrzik, 1986).

Die bis 2mm großen Käfer lassen sich durch ihre auffällige bogenförmige Zeichnung auf den Flügeldecken leicht bestimmen (siehe Abb. 1). Die Weibchen suchen die Blattunterseiten von befallenen Pflanzen auf, wo sie pro Tag 1-6 Eier einzeln in der Nähe von Eigelegten der Kohlmottenschildlaus oder anderer Aleyrodidae ablegen (Ageryan, 1977; Loi, 1978; Bathon & Pietrzik, 1986; Mota, Soares et al., 2008) Nach 11 Tagen schlüpfen die weißen Larven (Mota, Soares, & Garcia, 2008), die durch ihr ungewöhnliches Bewegungsmuster vergleichbar zu Spannerraupe auffallen (siehe Abb. 1) Beim Verzehr von *A. proletella* Larven dauert die Jugendentwicklung insgesamt zwischen 13 Tagen bei 30°C und 44 Tagen bei 15°C (Mota, Soares, & Garcia, 2008) Unter mediterranen Bedingungen entwickeln sich bis zu vier Generationen pro Jahr (Loi, 1978).

Zum Einsatz von *C. arcuatus* im biologischen Pflanzenschutz liegen vereinzelte Erfahrungen vor: Nach Einschleppung und starker Ausbreitung der Eschen Weißen Fliege *Siphoninus phillyreae* in Kalifornien wurde 1989 *C. arcuatus* zusammen mit dem Parasitoid *Encarsia inaron* in die USA eingeführt und freigesetzt (Paine, Jetter et al., 2003). Bereits vier Jahre später trat in 91% der Befallsgebiete *S. phillyreae* nicht mehr als Schädling auf. Der Beitrag von *C. arcuatus* zum Regulierungserfolg ist jedoch nicht bekannt. Abd-Rabou (2006) erreichte durch mehrmalige Massenfreilassung von *C. arcuatus* an Apfel, Pflaume, Granatapfel eine Reduktion ebenfalls von *S. phillyreae* von 82-95%. Erfahrungen zum biologischen Pflanzenschutz mit *C. arcuatus* in annuellen Kulturen und unter gemäßigten klimatischen Bedingungen liegen allerdings bisher nicht vor.

1.3.4 Die Erzwespe *Encarsia tricolor*

Die Erzwespe *Encarsia tricolor* ist ein natürlicher Gegenspieler verschiedener Aleyrodidae-Arten einschließlich von *A. proletella*, der vom Mittelmeerraum bis nach Schweden verbreitet ist (Noyes, 2003) und somit eine hohe klimatische Anpassungsfähigkeit beweist.

Als fakultativer Autoparasitoid nutzt *E. tricolor* unterschiedliche Wirte für männliche und weibliche Nachkommen. Das Weibchen entwickelt sich als primärer und singulärer Endoparasitoid in den Larven von Weißen Fliegen (Stüben, 1949). Die Eiablage erfolgt in allen Larvenstadien, jedoch bevorzugt in das 3. oder 4. (Abb. 2) (Williams, 1989). Männliche Eier werden in Larven der eigenen Art oder anderer Encarsienarten wie z.B. *E. formosa* (Arzone, 1976) oder *E. inaron* (Williams, 1989) gelegt und entwickeln sich dort als sekundäre Hyperparasitoiden (Abb. 3). *E. tricolor* kann zwischen arteigenen und artfremden Puppen unterscheiden und bevorzugt artfremde zur Hyperparasitierung (Williams, 1989, Avilla, Anadon et al., 1991)



Abb. 2 *Encarsia tricolor*: Links: Weibchen bei Eiablage (Foto: O. Zimmermann). Rechts: verschiedene juvenile Stadien nach Parasitierung von *Aleyrodes proletella* Larven (Foto: B. Schultz).

Die Entwicklungsdauer liegt bei ca. 2-3 Wochen und ist u.a. abhängig von Wirtsalter, Wirtsart und Temperatur (Avilla & Copland, 1987; Avilla & Copland, 1988; Williams, 1995; Sengonca, Wang et al., 2001). Männchen entwickeln sich dabei schneller als Weibchen (Avilla & Copland, 1988; Williams, 1995) Bei 25°C lebt das Weibchen ca. 17 Tage und legt in diesem Zeitraum im Schnitt 85 Eier (Williams, 1995). Neben der Parasitierung verursacht *E. tricolor* zusätzlich eine erhöhte Sterblichkeit des Wirts durch „hostfeeding“, wobei keine Präferenz bezüglich des Larvenstadiums gezeigt wird (Williams, 1995).

Trotz der zahlreichen vorliegenden Studien zur Biologie von *E. tricolor*, liegen kaum anwendungsorientierte Untersuchungen für den praktischen Einsatz von *E. tricolor* im biologischen Pflanzenschutz vor, die sich auch auf eine Anwendung im Unterglasanbau beschränken (Albajes, Casadevall et al., 1980; Castresana, Arroyo et al., 1988).

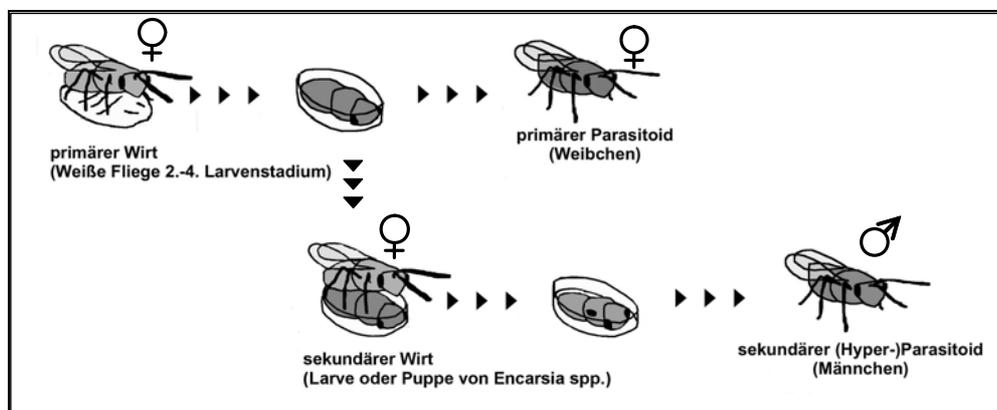


Abb. 3 Schematische Darstellung zur Entwicklung Weibchen und Männchen des fakultativen Autoparasitoiden *E. tricolor*.

2 Status quo Analyse der Kohlmottenschildlaus auf ökologisch wirtschaftenden Betrieben in Norddeutschland

Im Rahmen des Projektes wurden über drei Jahre auf verschiedenen Kohlanbauflächen in Norddeutschland das Auftreten bzw. die Befallsstärke der Kohlmottenschildlaus erfasst. Das Ziel war es, die weitere Verbreitung der KMSL in Norddeutschland zu beobachten, sowie ihre Bedeutung als Schädling im ökologischen Kohlanbau zu dokumentieren

2.1 Methoden

Es wurden dazu an verschiedenen Terminen ökologische Rosenkohlanbauflächen der Mitgliedsbetriebe in ganz Niedersachsen und darüber hinaus angefahren. Dabei wurde vor allem Rosenkohl betrachtet, aber auch Wirsing, Grünkohl sowie andere Kohlarten. Für die Befallsstärke wurden Boniturnoten vergeben, in den Jahren 2007 und 2008 von 1 = kein Befall bis 5 = sehr starker Befall, in 2009 wurde das Schema von 1 = kein Befall bis 9 = sehr starker Befall ausgedehnt.

2.2 Ergebnisse

Im Jahr 2007 ist die Kohlmottenschildlaus im geringen Ausmaß aufgetreten als in den Vorjahren. Wie Tab. 2 zeigt, verzeichneten einzelne Betriebe aber auch im Jahr 2007 ein starkes Auftreten. Meist handelte es sich dabei um kleinstrukturierte Betriebe mit geringem Flächenwechsel. In 2008 war das Ausmaß des Auftretens ähnlich. Die Ursache des geringen Auftretens liegt vermutlich in den Witterungsbedingungen. Die Jahre 2007 und 2008 waren geprägt durch einen niederschlagsreichen Juli und August, die der KMSL suboptimale Vermehrungsbedingungen geboten haben. Im Jahr 2009 hingegen herrschten warme und trockene Bedingungen im Sommer, so dass sich die KMSL ganzjährig sehr gut vermehren konnte, und somit höhere Populationsdichten zustande kamen.

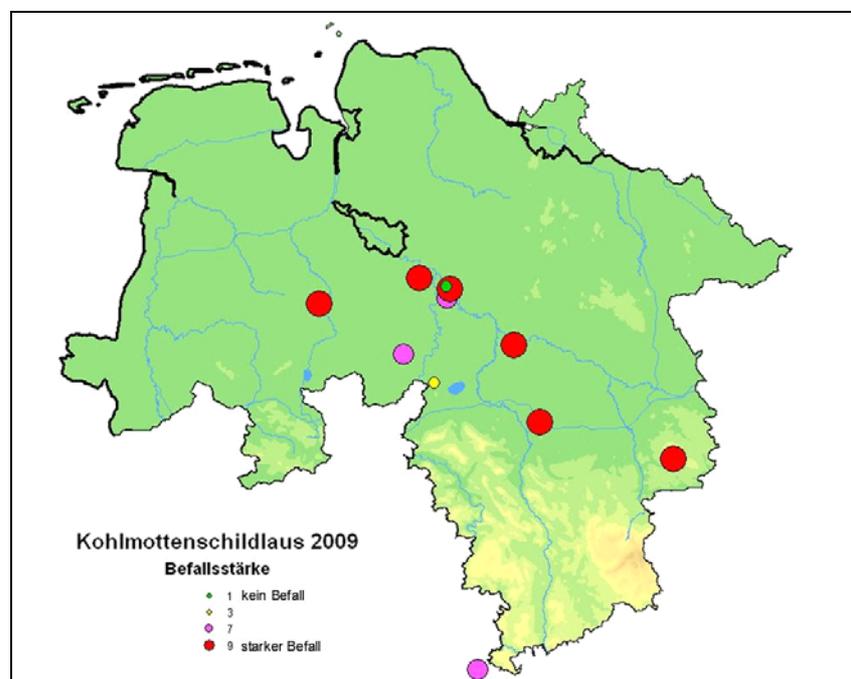


Abb. 4 Monitoring des Kohlmottenschildlausbefalls im ökologischen Kohlanbau in Niedersachsen in 2009

In der Regel ist ein stärkeres Vorkommen beobachtet worden, wenn die Kohlflächen in unmittelbarer Nähe von Raps gestanden haben. Auch im kleinparzelligen Anbau ohne eine räumliche und zeitliche Schlagsseparierung ist ein stärkeres Vorkommen beobachtet worden. Mehrfach wurde beobachtet, dass auf Flächen ohne Vorbelastung der Befall geringer war.

Als natürlicher Gegenspieler ist der asiatische Marienkäfer *Harmonia axyridis* vermehrt aufgetreten. Vor allem in 2009 konnte der „Neuling“, wenn auch erst spät im Jahr, beobachtet werden. Vereinzelt wurde auch durch das natürliche Vorkommen der *Encarsia tricolor*- Parasitierungen der Kohlmottenschildlauslarven beobachtet. Ebenfalls wurden Florfliegenlarven als natürlichen Gegenspieler gesehen. Es konnte jedoch nicht festgestellt werden, dass das natürliche Vorkommen der Gegenspieler die Populationen erheblich reduzieren konnte.

Insgesamt kann davon ausgegangen werden, dass die Kohlmottenschildlaus nahezu in ganz Niedersachsen verbreitet ist. Eine starke Verbreitung ist vor allem in Rapsnähe und Kohlanbaugebieten zu beobachten.

Tab. 2 Befallsaufkommen der Kohlmottenschildlaus auf verschiedenen Kohlanbauflächen in Norddeutschland von 2007 bis 2009

Standort	Kultur	Größe Anbau- fläche in ha	2007		2008		2009	
			Bonitur- note	Monat	Bonitur- note	Monat	Bonitur- note	Monat
17237 Watzkendorf	Röt- u. Weißkohl	1	5	9				
18276 Gülzow	Rosenkohl, Brokkoli	≤ 0,5					4	7
18507 Hohenwieden	Rosenkohl	2	5	9				
21217 Seevetal	Kohl (divers)	≤ 0,5			1	8	3	7
27313 Dörverden	Blumenkohl, Brokkoli	1	3	7				
27313 Dörverden	Rosenkohl	≤ 0,5					7	9
27313 Dörverden	Grünkohl	≤ 0,5					1	12
27321 Emtinghausen	Rosenkohl	≤ 0,5			2	8	9	10
27624 Flögeln	Wirsing	≤ 0,5			2	9		
29559 Wrestedt	Rosenkohl	≤ 0,5			2	8		
29690 Suderbruch	Rosenkohl	≤ 0,5			5	9	9	9
30916 Isernhagen	Wirsing, Grünkohl	≤ 0,5	2	6-9				
30966 Hiddestorf ¹⁾	Rosenkohl	3	5	6-9	5	7-9		
31319 Sehnde	Rosenkohl	≤ 0,5	2	8			9	8
31547 Rehburg	Rosenkohl	≤ 0,5	2	6-9	1	7		
31595 Steyerberg	Kohl (divers)	≤ 0,5	2	10	2	7	4	8
31604 Dierstorf ¹⁾	Rosenkohl	2,5					3	8
31675 Bückeberg	Rosenkohl, Wirsing	≤ 0,5	2	6				
37124 Dramfeld	Wirsing	≤ 0,5			1	6		
37249 Eichenberg ¹⁾	Rosenkohl	≤ 0,5	2	9	4	9	7	9
38170 Kneitlingen	Rosenkohl	≤ 0,5					9	10
49424 Goldenstedt	Rosenkohl	1			2	8	9	9
59457 Werl	Rosenkohl	≤ 0,5					3	9
59457 Werl	Rosenkohl	1					7	9

1) Versuchsflächen

3 Mulchfolienversuch 2007

In einem On-Farm-Versuch wurde die Anwendung von biologisch abbaubarer Mulchfolie unter feinmaschigen Kulturschutznetzen im Anbau von Rosenkohl geprüft. Die Mulchfolie sollte als Alternative zur mechanischen Unkrautregulierung eingesetzt werden, um somit das Abdecken der Netze für Hackdurchgänge zu vermeiden und die mögliche Einwanderung von der Kohlmottenschildlaus unter die Netze zu verhindern.

3.1 Material und Methoden

Der Versuch wurde als Spaltanlage mit zwei unechten Wiederholungen in vier Varianten angelegt (siehe Abb. 5 und Abb. 6). Die Versuchsfläche war in einer Praxisfläche mit Rosenkohl und weiterem Feldgemüse des Biolandbetriebs Harald Mergenthaler, 31547 Rehburg-Loccum, integriert. Als Vorfrucht stand Wintergetreide. Die Düngung erfolgte mit 4 dt Patentkali/ha und 300 kg N/ha in Form von Haarmehlpellets und Hornspänen. Drei Varianten wurden miteinander verglichen:

- 1) Mulchfolie und Netz
- 2) Nur Netz
- 3) Kontrolle ohne Netz und Mulchfolie

Die Pflanzung erfolgte am 06.06.07 mit Rosenkohl (Sorte Genius, Syngenta) in einem Reihenabstand von 60 x 50 cm. In Variante 1 kam eine biologisch abbaubare Mulchfolie der Marke Mater-Bi® (hergestellt aus 50% gvo-freiem Mais, Hersteller: Novament) zum Einsatz. Die Abdeckung mit feinmaschigen Kulturschutznetzen (0.8x0.8 mm Maschenweite, Vertrieb: HADI GmbH) erfolgte direkt nach dem Pflanzen. Am 22.06.07 mussten die Mulchfolienvariante zu fast 100% nachgepflanzt werden, da die Pflanzen durch Sonneneinstrahlung verbrannt waren. Die Befallsentwicklung der Kohlmottenschildlaus wurde regelmäßig in den Parzellen ohne Netzabdeckung dokumentiert. Am 28.08.07 erfolgte eine Befallserhebung in allen Varianten, indem an 10 Pflanzen/Parzelle Adulte und Eigelege ausgezählt wurden. Am 05.12.07 wurden die 10 Bonitурpflanzen ausgemessen und beerntet. Die Beurteilung und Sortierung des Röschen erfolgte nach den gleichen Kriterien wie im Parzellenversuch Neu-Eichenberg (siehe Kapitel 4.1.4.2).

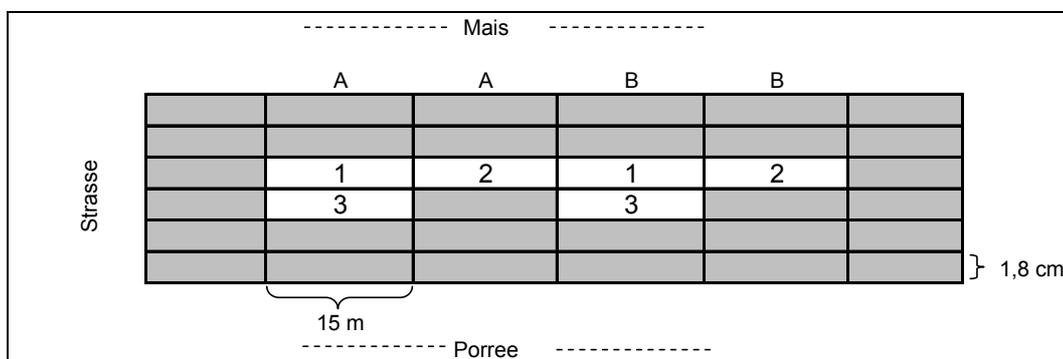


Abb. 5 Versuchsanlage des On-Farm-Mulchfolienversuchs in Rehburg



Abb. 6 Versuchsanlage in Rehburg am 15.08.08 (Foto: R. Wedemeyer)

3.2 Ergebnisse

Aufgrund der kühlen und niederschlagsreichen Witterung war die Ausbreitung der Kohlmottenschildlaus am Versuchsstandort gering. Es war jedoch deutlich zu erkennen, dass in den Varianten mit Kulturschutznetz erheblich weniger Befall war als in der Variante ohne Kulturschutznetz (siehe Abb. 7). In der unbedeckten Variante waren ca. 100 Eigelege/Pflanze zu sehen, in den bedeckten Varianten ca. 30 Eigelege/Pflanze. Die Mulchfolie hatte keinen weiteren regulierenden Effekt auf den Befall mit Kohlmottenschildläusen im Vergleich zur alleinigen Anwendung von Kulturschutznetzen. Allerdings wurde auch zweimalig ein Aufdecken der Netze trotz Mulchfolieneinsatzes notwendig: zum einen zum Nachpflanzen der verbrannten Pflanzen und zum anderen zum Jäten von Unkraut (siehe Abb. 8). Das Unkrautproblem entstand unerwartet und war auf das Folien-Pflanzloch beschränkt. I.d.R. ist das im offenen Anbau bei rechtzeitiger Eliminierung kein Problem, nicht jedoch unter Netz, wo Melde, Gänsefuß u. a. unbemerkt zu starken Pflanzen heranwachsen können und dann ein nur noch schwer zu beseitigendes Konkurrenzproblem darstellen.

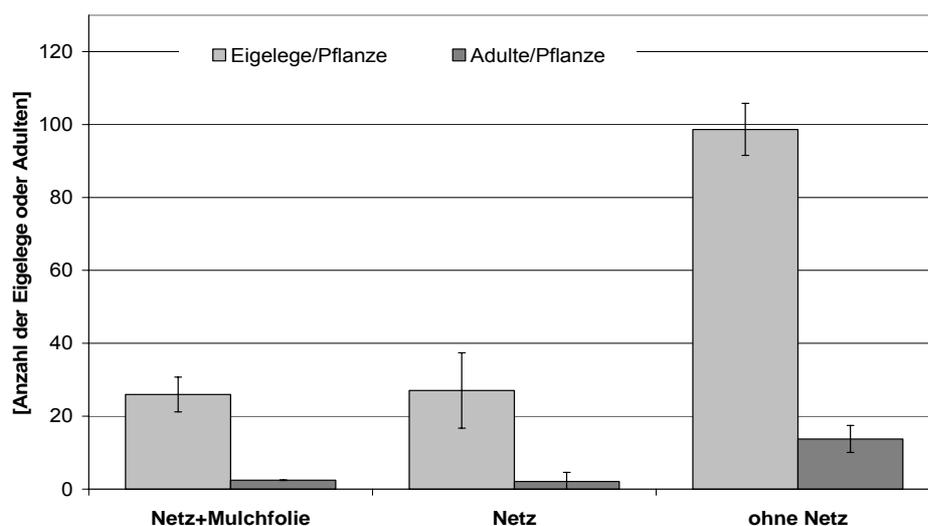


Abb. 7 Befall mit *A. proletella* (Adulte und Eigelege) im Mulchfolienversuch Rehburg (Fehlerbalken = Standardabweichung)



Abb. 8 Verunkrautung in Parzelle mit Mulchfolie. Rehburg 15.08.07 (Foto: R. Wedemeyer)

Bei der Ernte Anfang Dezember wurde kein Ausfall aufgrund der Kohlmottenschildlaus festgestellt. Der Ausfall wurde durch zu kleine Röschen oder andere Schädlinge (Kohlflye) verursacht. Durch die späte Nachpflanzung auf der Mulchfolie waren die Pflanzen kürzer als in der vergleichbaren Variante mit Netz. Zudem wurde der geringste Ertrag erzielt (siehe Tab. 3). Die Pflanzen unter Netz waren mit 77 cm deutlich länger als in der Kontrolle ohne Netz (68 cm) und der Mulchfolienvariante (69cm). Auch konnte insgesamt der höchste der marktfähige Ertrag unter Netz erzielt werden. So war zum einen der Rohertrag höher, der Ausfall insbesondere durch Kohlflye jedoch geringer.

Tab. 3 Anteile des marktfähigen und nicht marktfähigen Ertrags im Mulchfolienversuch in Rehburg

Variante	marktfähig	nicht marktfähig				% nicht marktfähig
	20-40mm kg/m²	<20mm kg/m²	>40mm kg/m²	Ausschuss kg/m²	Summe nicht marktfähig	
1 Netz + Mulchfolie	1.615	0.108	0.000	0.123	0.230	12.5
2 Netz	2.254	0.087	0.000	0.089	0.176	7.2
3 Ohne	1.864	0.098	0.000	0.208	0.306	14.1

4 Parzellenversuch Neu-Eichenberg 2007-2009

In dem dreijährigen Freilandparzellenversuch wurde der kombinierte Einsatz von feinmaschigen Kulturschutznetzen (0.8x0.8 mm) mit dem natürlich vorkommenden Antagonisten *Encarsia tricolor* und *Clitostethus arcuatus* untersucht. Durch die Netze war beabsichtigt, sowohl die Zuwanderung des Schädling zu minimieren als auch die Abwanderung der Nützlinge zu verhindern, um so den Bekämpfungserfolg zu optimieren.

4.1 Methoden

4.1.1 Standortbedingungen und Witterung

Der Versuch wurde auf dem ökologisch bewirtschafteten Versuchsbetrieb der Universität Kassel, Hessische Staatsdomäne Frankenhausen, Teilbetrieb Neu-Eichenberg angelegt. Der Versuchsstandort liegt 257m NN und zeichnet sich durch Lössböden mit 70 – 75 Bodenpunkten aus. Nach den langjährig erhobenen Daten der Wetterstation Eichenberg-Dorf (ca. 500 m Luftlinie von den Versuchsflächen) kann mit jährlichen Niederschlägen von durchschnittlich 677mm gerechnet werden. Die durchschnittliche Jahrestemperatur liegt bei 8.7°C. Alle drei Versuchsjahre waren überdurchschnittlich warm, wobei in 2007 während der Standdauer des Rosenkohls von Juni bis November die Durchschnittstemperatur am geringsten vom langjährigen Mittel abwich (siehe Abb. 9). Die Saison 2007 war gekennzeichnet von überdurchschnittlich hohen Niederschlägen insbesondere durch Starkregenereignisse (Mai, Jun, Sept., Okt, Abb. 9). Am 11.6.2007 ging zudem ein Hagelschauer nieder, der starke Schäden an dem kurz zuvor gepflanzten Rosenkohl im Versuch verursachte. Nach einem milden Winter 2007/2008 war die Saison 2008 überdurchschnittlich trocken und warm. Eine Trockenperiode im Mai zu Pflanzzeit machte eine zusätzliche Bewässerung notwendig, die auch in der Saison 2009 eingesetzt wurde. Nach einem anfangs frostigen Start des Jahres 2009 (Januar: -2.4°C) begleitete die folgende Saison eine durchgängig feuchte und unbeständige Witterung bei überdurchschnittliche hohen Sommertemperaturen.

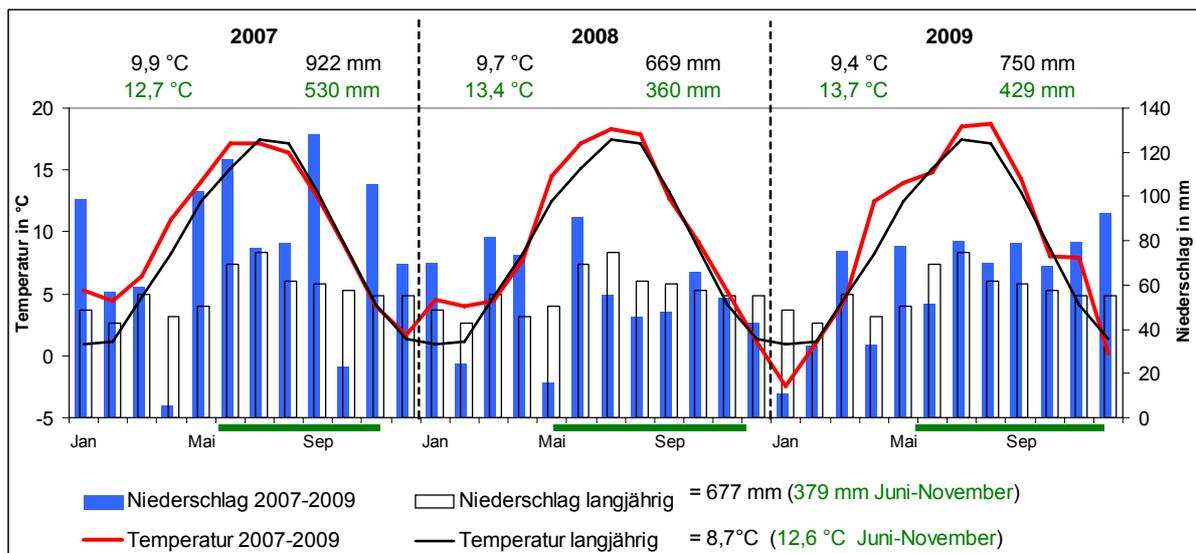


Abb. 9 Monatliche Niederschlagssummen und Durchschnittstemperaturen im Versuchszeitraum 2007-2009 in Neu-Eichenberg im Vergleich zum langjährigen Mittel (grüner Balken= Standdauer Rosenkohl, schwarze Zahlen= Ganzjahreswert für Niederschlag und Temperatur, Grüne Zahlen= Niederschlagssumme und Temperaturdurchschnitt für Monate Juni bis November)

4.1.2 Versuchsanlage und -varianten

Der Versuch wurde als randomisierte Blockanlage mit 6 Varianten in 4 Wiederholungen angelegt. Die Varianten sind Tab. 4 aufgelistet. Drei Varianten waren als Kontrollen angelegt: Zum einen jeweils eine Variante ohne (K1) und mit Kulturschutznetz (K2), um den alleinigen Effekt des Kulturschutznetzes bestimmen und die natürliche Populationsentwicklung von *A. proletella* beobachten zu können. Die dritte Kontrollvariante (K3) diente als eigentliche Vergleichsvariante zu den weiteren Behandlungen (B1, B2, B3) mit den Gegenspielern. In dieser wie auch in allen Behandlungen wurde *A. proletella* unter die Netze ausgebracht, um einen homogenen Initialbefall unter Netz zu simulieren. Jeweils drei verschiedene Behandlungsvarianten mit Freisetzungen von Nützlingen wurden in allen drei Versuchsjahren untersucht. In 2007 und 2008 wurde jeweils die zweimalige Freisetzung des Parasitoiden *E. tricolor* und des Marienkäfers *C. arcuatus* allein und in kombinierter Anwendung verglichen. Bestand 2007 noch ein Verfügbarkeitsengpass bei den jew. Freilassungsmengen der Gegenspieler zum geplanten Freisetzungstermin, wurde in 2008 die doppelte Menge ausgebracht. Auf Grundlage der Ergebnisse der Vorjahre wurde in 2009 auf den Einsatz des Marienkäfers verzichtet (4.2.4.1). Stattdessen wurde *E. tricolor* in drei verschiedenen Mengen freigesetzt.

In 2007 und 2008 wurden die Parzellen zusätzliche unterteilt. Eine Parzellenhälfte war für durchgängige Befallserhebungen vorgesehen, wozu wiederholt die Netze abgenommen werden mussten. Da in diesen Zeiträumen Schädlinge unter die Netze gelangen könnten und somit die Barrierewirkung des Netzes nur vermindert messbar wären, wurde die andere Parzellenhälfte als Kontrolle angelegt (siehe 0). Diese wurde nur einmalig zu Saisonende für die Befallserhebung sowie für die Ernte miteinbezogen. In 2009 wurde auf eine Teilung der Parzellen verzichtet, da in den Vorjahren keine Beeinträchtigung von Befall und Ertrag durch die Boniturarbeiten nachweisbar war.

Tab. 4 Übersicht der Varianten im Parzellenversuch Neu-Eichenberg 2007-2009 (KMSL=Kohlmottenschildlaus. Freisetzungsdichten und -frequenzen der Nützlinge in Klammern)

Jahr		2007	2008	2009
Kontrollen	K1	ohne Netz	ohne Netz	ohne Netz
	K2	Netz	Netz	Netz
	K3	Netz + KMSL	Netz + KMSL	Netz + KMSL
Behandlungen		Netz + KMSL + 2 Freisetzungen von:	Netz + KMSL + 2 Freisetzungen von:	Netz + KMSL + 4 Freisetzungen von:
	B1	→ <i>E. tricolor</i> (12.5 + 20/m ²)	→ <i>E. tricolor</i> (2x40/m ²)	→ <i>E. tricolor</i> (4x4/m ²)
	B2	→ <i>C. arcuatus</i> (2x1/m ²)	→ <i>C. arcuatus</i> (2/m ² +4/m ²)	→ <i>E. tricolor</i> (4x20/m ²)
	B3	→ <i>E. tricolor</i> (12.5/m ² +20/m ²) + <i>C. arcuatus</i> (2x 1/m ²)	→ <i>E. tricolor</i> (2x40/m ²) + <i>C. arcuatus</i> (2/m ² +4/m ²)	→ <i>E. tricolor</i> (4x40/m ²)



Abb. 10 Parzellenversuch Neu-Eichenberg am 14.09.07 (Foto: B. Schultz)

4.1.3 Versuchsdurchführung

Tab. 5 gibt eine Übersicht über die Vorfrucht und die Terminierung der Pflanzung, Pflegemaßnahmen, Behandlungen und Ernte in allen drei Versuchsjahren.

Vor dem Pflanzen wurden auf den Versuchsflächen Bodenproben gezogen und auf N_{\min} analysiert. Entsprechend des N_{\min} -Gehalts und der zu erwartenden Mineralisation aus der Vorfrucht wurde auf 200kg N/ha mit PhytoperlsTM aufgedüngt. Die Pflanzung mit Rosenkohl der Hybridsorte Genius (Züchter: Syngenta) erfolgte maschinell in einer Pflanzendichte von 2 Pflanzen/m² (75 cm Reihenabstand). Die Jungpflanzen waren zuvor in einer Pyrethrinlösung (2% Spruzit Neu[®]) getaucht worden, um einer Einschleppung von *A. proletella* und Blattläusen vorzubeugen. Nach dem Pflanzen wurden die entsprechenden Varianten mit feinmaschigen Kulturschutznetzen (0.8 x 0.8 mm; Vertrieb: HADI Handelsgesellschaft für Gartenbaubedarf GmbH, 21436 Marschacht / Rönne) abgedeckt.

Tab. 5 Übersicht der Vorfrüchte sowie der Termine für Pflanzung, Pflege, Behandlung und Ernte im Parzellenversuch Neu-Eichenberg

Versuchsjahr	2007	2008	2009
Vorfrucht:	Luzernegras	Hafer	Kleegras
Arbeiten:			
Pflanzen	05.06.	15.05.	28.05.
Auflegen Kulturschutznetze	05.06	16.05.	29.05.
Bereggen	-	30.05.	12.06.
Hacken	19.06., 20.07.	05.06., 30.06.	22.06., 13.07.
Freisetzung KMSL	29.06.	17.06., 30.06., 18.07.	25.06., 04.07.
Freisetzung Antagonisten	23.07., 17.08.	08.08., 26.08.	04.07., 24.07., 31.07., 14.08.
Entfernen Kulturschutznetze	18.10.	10.10.	08.10.
Entspitzen	18.10.	10.10.	15.10.
Ernte	12.11. – 20.11	01.12. – 11.12.	07.12. – 18.12.

In 2007 mussten aufgrund eines Hagelschadens zwei Wochen nach der Pflanzung ca. 10% der Pflanzen nachgepflanzt werden. In 2008 und 2009 wurde aufgrund anhaltender Trockenheit 14 Tage nach dem Pflanzen die Versuchsfläche mit 14mm bzw. 5mm beregnet. Zur Beikrautregulierung (Maschinen- und Handhacke) war zu jeweils zwei Terminen das Abnehmen aller Netze notwendig. Um das Risiko eines Initialbefalls mit Kohlmottenschild- und Blattläusen zu minimieren, wurde das Hacken in den frühen Morgenstunden durchgeführt, wenn mit einer geringen Flugaktivität der Insekten zu rechnen ist.

Nach dem ersten Auftreten der ersten *A. proletella* wurden in den entsprechenden Varianten (siehe Tab. 4) adulte Kohlmottenschildläuse unter den Netzen freigelassen. In 2007 und 2008 folgten ab Ende Juli zwei Freisetzungen der Antagonisten. In 2009 wurden diese Freisetzungen durch zwei frühere Termine ab Anfang Juli ergänzt. Die Herkunft der Kohlmottenschildläuse und Nützlinge sowie das genaue Vorgehen bei der Freisetzung in den jeweiligen Versuchsjahren sind näher in den Unterkapiteln 4.1.3.1 und 4.1.3.2 beschrieben.

Zur Förderung der gleichmäßigen Röschenbildung und Erntereife erfolgte Anfang/Mitte Oktober das Entspitzen der Pflanzen (Kappen des Haupttriebes). Zeitgleich wurden alle Netze endgültig abgenommen. Die Ernte erfolgte in den drei Versuchsjahren zwischen Mitte November bis Mitte Dezember. Die erhobenen Ertragsparameter sind unter 4.1.4.2 näher beschrieben.

4.1.3.1 Massenzucht der Kohlmottenschildläuse für Feldinokulationen

Die zusätzliche Ausbringung der Kohlmottenschildläuse in Form von Adulten erfolgte immer nach dem ersten natürlichen Auftreten an den Pflanzen unter den Kulturschutznetzen. In 2007 stammten die Kohlmottenschildläuse aus der Zucht der Katz Biotech Ag und wurden in einer Dichte von ca. 2 Adulten/Pflanze ausgebracht. Für die Versuchsjahre 2008 und 2009 wurde eine eigene Kohlmottenschildlauszucht ab Januar des jeweiligen Jahres aufgebaut. Als Wirtspflanze dienten Rosenkohlpflanzen mit mindestens 6 Laubblättern, die in Insektenzuchtkästen unter Langtagbedingungen (14:10) bei 20-25°C aufgestellt und mit adulten *A. proletella* der Katz Biotech Ag inokuliert wurden. Insgesamt wurden jeweils in 2008 und 2009 13 *A. proletella*/ Pflanze freigesetzt.

4.1.3.2 Herkunft und Ausbringung der Gegenspieler

Der Aufbau und die Erhaltung einer Zucht beider eingesetzten Antagonisten *E. tricolor* und *C. arcuatus* wurde durch den Nützlingsanbieter Katz Biotech Ag durchgeführt. Die Marienkäfer vermehrten unter den Zuchtbedingungen (optimale warme Temperaturen, hohe Kohlmottenschildlausdichten) so gut, dass sie sich ein Risiko für die *E. tricolor* Zucht und weitere kommerzielle Zuchten im Betrieb herausstellten. Diese Situation war mit ausschlaggebend für den Verzicht des Einsatzes von *C. arcuatus* in 2009.

Die Lieferung von *C. arcuatus* erfolgte als Adulte, die auf die Plastikröhrchen aufgeteilt wurden. Diese wurden später offen an den beschatteten Stängelgrund einer Rosenkohlpflanze gelehnt. Die Käfer verließen ruhig das Gefäß und wechselten (ohne Abzufliegen!) vom Gefäßrand auf die Pflanzen über. *E. tricolor* wurde als parasitierte Puparien von *A. proletella* auf Rosenkohlblätter ausgebracht, welche in die Blattachsen einzelner Pflanzen gelegt wurden. Die Freisetzung erfolgte an mindestens 3 Pflanzen je Parzelle, die nicht in die Befallserhebungen miteinbezogen wurden. Zu jedem Freisetzungstermin wurde Material von *E. tricolor* zur Qualitätskontrolle an das JKI Darmstadt gesandt. Die Durchführung und Ergebnisse der Qualitätskontrolle sind in Kapitel 6.2 beschrieben.

Nachdem aus dem Freisetzungsmaterial in 2007 und 2008 keine oder nur wenige Männchen schlüpften, wurde die Zucht entsprechend so angepasst, dass Hyperparasitierung begünstigt wurde (Abb. 3). Dadurch sollte für 2009 der Männchenanteil erhöht und ein Mangel an befruchteten Weibchen als mögliche Ursache beim Ausbleiben eines Regulierungserfolgs ausgeschlossen werden.

4.1.4 Datenerhebung

4.1.4.1 Mikroklima im Bestand und Pflanzenentwicklung

Während der Saison wurde in den Kontrollvarianten ohne und mit Kulturschutznetz die Temperatur und Luftfeuchte erfasst. Dazu wurden im Bestand ca. 15 cm über dem Boden Datenlogger aufgestellt, die durch ein Aluminiumdach vor direkter Sonneneinstrahlung geschützt waren. Die in 2007 eingesetzten Hobo Logger wurden aufgrund von techn. Ausfällen der Luftfeuchtesensoren in 2008 und 2009 durch Voltcraft USB-Logger ersetzt. Für 2007 liegen deshalb keine Daten für die Luftfeuchte vor.

Die Pflanzenentwicklung wurde zu jedem Pflege- und Boniturtermin mittels BBCH-Code dokumentiert. Zusätzlich erfolgte mit Beginn des Längenwachstums (BBCH Stadium 31) die Ausmessung der Pflanzenhöhe von drei Pflanzen/Parzelle in 2007 bzw. 10 Pflanzen/Parzelle in 2008 und 2009 bis zum Entspitzen. Zur Ernte wurde endgültige Strunklänge an jeweils 10 Pflanzen/ Parzelle gemessen und die Anzahl Röschen je Strunk ausgezählt.

Ergänzend wurde in 2008 und 2009 die Standfestigkeit der Pflanzen vor der Ernte erfasst. Diese wurde anhand des Neigungswinkel aller Pflanzen in Kernbereich einer Parzelle nach einem vierstufigen Boniturschlüssel (0= aufrecht. 1= 15°-45°. 2= >45°. 3= umgefallen. entwurzelt) beurteilt.

4.1.4.2 Ertrag

Für die Ertragshebung wurden insgesamt 40 Pflanzen pro Parzelle entnommen (20 je Parzellenhälfte), an denen per Hand die Röschen entfernt wurden. Nach Auswiegen des Rohertrags wurden die Röschen wie folgt sortiert:

1) Vermarktbar Röschen (20-40mm)

- a) ungeputzt
- b) geputzt (nur in 2008 und 2009)

2) Abfall

- a) Untergrößen (<20mm)
- b) Übergrößen (>40mm)
- c) Ausschuss (beschädigte Röschen durch Kohlfiegen- und Raupenbefall, Schnecken- und Mäusefraß, lockere offene Röschen)
- d) Ausputz

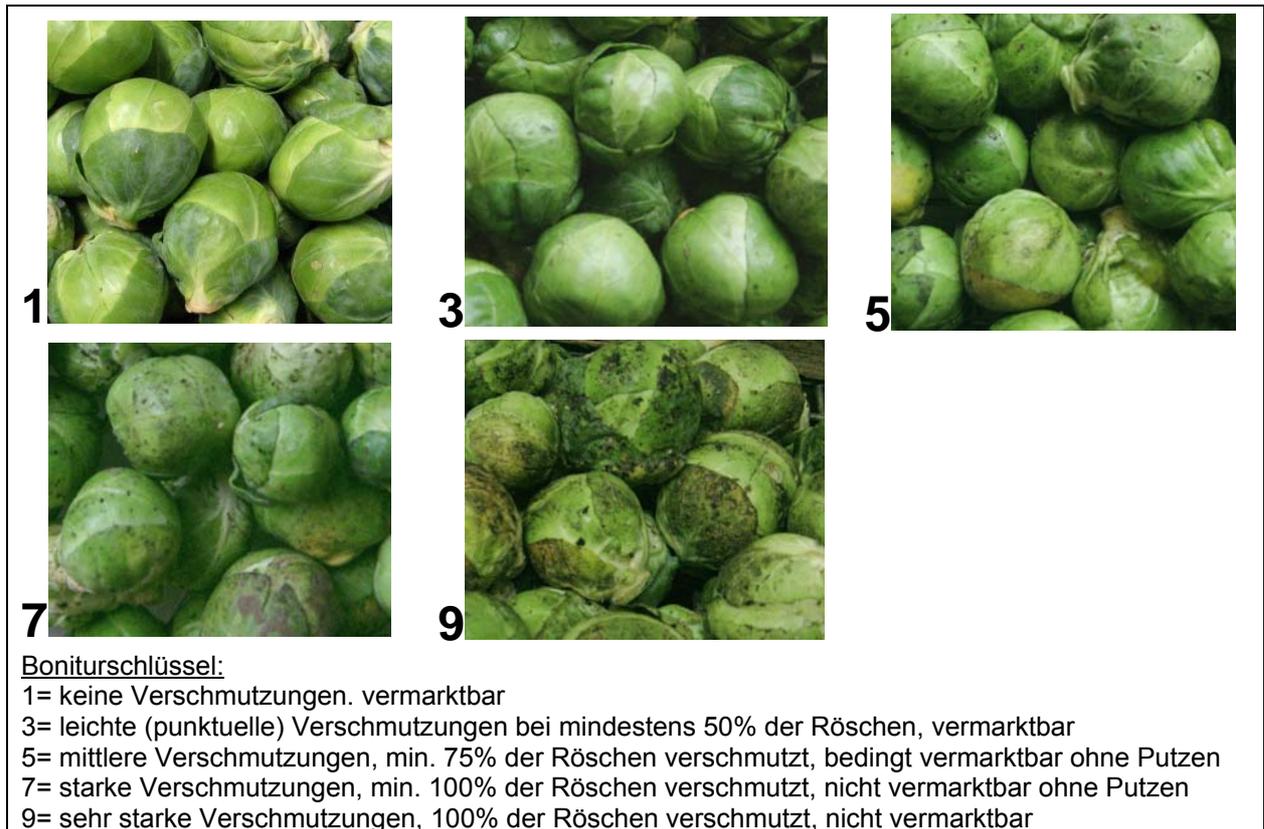


Abb. 11 Übersicht Qualitätsnoten der Röschen in Abhängigkeit von Russtauverschmutzungen

Die Größensortierung erfolgte in Anlehnung der Sortierung auf Praxisbetrieben. Das Gewicht aller Fraktionen wurde separat erfasst. Da in den letzten beiden Versuchsjahren im Gegensatz zu 2007 teilweise starke Russtauverschmutzungen auftraten, wurde zusätzlich nach der Sortierung die Qualität der vermarktbar Röschen in Abhängigkeit von der Verschmutzung nach einem fünfstufigen Boniturschlüssel (1=sauber, [3,5,7,9]=leicht bis sehr stark verschmutzt, siehe Abb. 11) bestimmt. Anschließend wurden die Röschen soweit geputzt, wie dies für eine Vermarktung notwendig wäre. Die geputzten Röschen wurden erneut gewogen. Im Abgleich mit den Boniturnoten sollte geklärt werden, ob anhand der Menge des Putzabfalls russtaubbedingter Ertragsverlust getrennt von anderen Qualitätsmängeln erfassen werden kann.

In 2008 wurde ergänzend ein Vergleich maschineller Beerntung (stationäre Fräs-Entrosung) mit Handerte für die Varianten K1 (ohne Netz) und K2 (mit Netz) vorgenommen. Ziel war es zu untersuchen, ob der veränderte Wuchshabitus der Rosenkohlpflanzen bei Netzanwendung sich besser für eine maschinelle Beerntung eignet und einen positiven Effekt auf den vermarktbar Ertrag hat. Für diesen Zusatzversuch wurden aus den entsprechenden Parzellen jeweils 10 weitere Pflanzen für die Hand- und Maschinenentrosung entnommen. Bei der Sortierung wurden ebenso verfahren wie bei den übrigen Ertragserhebungen.

4.1.4.3 Befallsverlauf KMSL

Zur Dokumentation der Entwicklung der KMSL wurden pro Parzelle 10 Pflanzen markiert. Nach der Pflanzung wurden in den Parzellen ohne Netz wöchentlich 20 Pflanzen auf Initialbefall untersucht. Insgesamt wurden in allen drei Versuchsjahren mindestens 4 Befallserhebungen des gesamten Versuchs jeweils im Juli, August, September und Oktober im Abstand von 4 Wochen durchgeführt. Für die Befallserhebungen wurden auf jeweils sieben Blättern pro Pflanzen die Anzahl Eigelege, Larven (zusammen mit Puparien) und Adulte von *A. proletella* gezählt. Bei hohen Larvendichten > 1000/Blatt wurde nur eine Blatthälfte ausgezählt und auf das gesamte Blatt extrapoliert. 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 Blätter wurden deshalb in einem spiralartigen Muster von oben nach unten ausgewählt (siehe Abb. 12). Das unterste bonitierte Blatt bildete nicht das unterste Blatt am Strunk sondern jenes mit den ältesten Larvenstadien (überwiegend Puparien, bis zu 50% Exuvien, erste geschlüpfte Adulte). In Abhängigkeit vom Boniturtermin im Verhältnis zu Pflanzenentwicklung wurden somit im Juli Blätter der gesamten Pflanze, im August von 2/3 der Pflanze, im September in der oberen Hälfte und im Oktober im oberen Drittel der Pflanze erfasst.

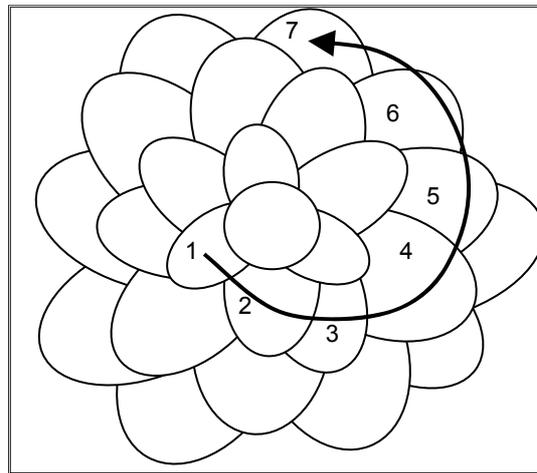


Abb. 12 Schematische Darstellung des Bonituschemas zur Erhebung des Kohlmottenschildlausbefalls bei Aufsicht auf Rosenkohlpflanze

4.1.4.4 Nützlingseffizienz im Freiland

Clitostethus arcuatus:

Die Erfassung der Marienkäfers *C. arcuatus* erfolgte visuell als Anzahl Adulte, Larven und Puppen im Rahmen der Befallserhebungen.

Encarsia tricolor

Zu jedem Boniturtermin wurden visuell, zusätzlich zum Kohlmottenschildlausbesatz je Blatt auch parasitierte Puparien sowie adulte Encarsien erfasst. Ergänzend wurden zu mehreren Terminen je 10 Blätter/Parzelle entnommen, die mit älteren Larvenstadien oder Puparien besetzt waren. An diesen wurde am JKI Darmstadt der Parasitierungsgrad als Prozentanteil parasitierter Larven ermittelt.

In 2007 wurde nach der ersten *E. tricolor*-Freisetzung die unteren Blattetagen regelmäßig auf parasitierte Wirtslarven kontrolliert. Nach Beobachtung erster dunkel verfärbter (=parasitierter) Puparien am

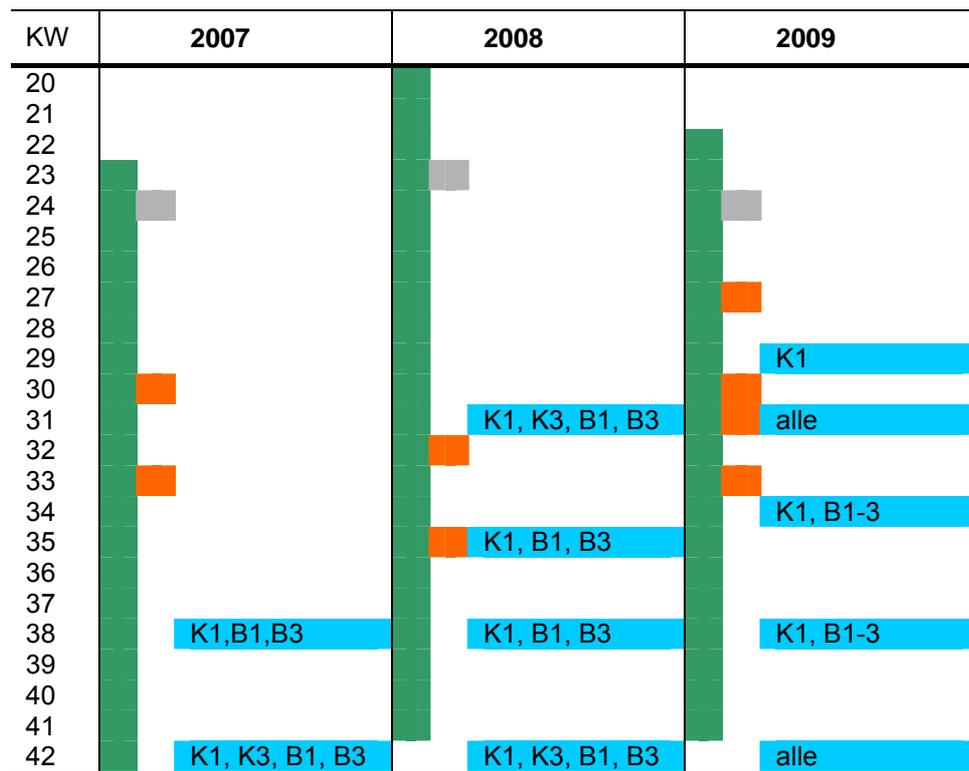
14.09.2007 wurde am 20.09.2007 die erste Blattprobe aus den beiden *E. tricolor* - Behandlungen sowie aus der Kontrollvariante „ohne Netz“ genommen (siehe Tab. 6). Vier Wochen später am 17.10.2007 folgte eine zweite Probe. Bei dieser wurden ergänzend Blätter aus der Variante „Netz + KMSL“ gepflückt, um die Durchlässigkeit der Netze zu testen.

2008 wurde der erste Probetermin vor der ersten Nützlingsfreisetzung gelegt, um eine mögliche Parasitierung durch eine natürlich vorkommende *E. tricolor*-Population am Standort erfassen zu können. Es folgten drei weitere Probenahmen im Abstand von drei bis vier Wochen.

Im Folgejahr war eine Probenahme vor der ersten *E. tricolor*-Freisetzung nicht möglich, da zu diesem Zeitpunkt nur wenige Puparien an den Pflanzen im Bestand zu finden waren. Zwei Wochen nach der Freisetzung konnten die ersten Blattproben in den Kontrollparzellen ohne Netze entnommen werden. Weitere zwei Wochen später war eine Probenahme in allen Parzellen möglich. Auf diesen Termin folgten wie im Jahr zuvor wiederum drei weitere Probenahmen im Abstand von drei bis vier Wochen.

In allen drei Versuchsjahren wurde die letzte Probe mit oder max. drei Tage nach Entfernen der Netze genommen.

Tab. 6 Übersicht der zeitlichen Abfolge der Entnahme von Blattproben in aufgeführten Varianten des Parzellenversuchs. Neu-Eichenberg (KW= Kalenderwoche. Farbbalken: Zeitraum Pflanzen – Entfernen Netz Mitte Oktober, Initialbefall mit KMSL, Nützlingsfreisetzung, Blattproben (mit Angaben zu Varianten))



In 2007 wurden weniger Termine für Blattproben eingeplant als in 2008 und 2009, weil parallel ein Verfahren für die Bearbeitung größerer Mengen von Blattproben entwickelt werden musste. Dies wurde notwendig, weil bereits bekannte und angewendete Verfahren am JKI Darmstadt zuerst auf *Encarsia tricolor* adaptiert werden mussten. Für die zusätzlichen Versuche wurde u. a. Blattproben von einem Praxisschlag am Standort Hiddestorf genommen, wo ebenfalls *E. tricolor* unter Netz auf Eigeninitiative des Betriebsleiters freigesetzt worden war. Nach den ersten Erfahrungen zur Behandlung der Blattproben in der Saison 2007 ist mit dem JKI Darmstadt ein gemeinsames Verfahren entwickelt worden, dass für 2008 und 2009 übernommen wurde:

Nach Auszählung der Larven der Kohlmottenschildlaus wurden die Blätter in insektendichte Plastikbeutel separat verpackt, im Kühlraum bei 8°C zwischengelagert und innerhalb von 24h an das JKI Darmstadt verschickt. Dort erfolgte zunächst die Kontrolle der Beutel auf bereits geschlüpfte Encarsien. Die Blätter wurden in perforierte Brottöten überführt und bei 25°C in Klimaschränken inkubiert. Dabei wurden die Blätter für eine Woche in Wannen mit Wasser erhalten, nach einer Woche wurde sie trocken gelagert, um Schimmelbildung zu vermeiden (siehe Abb. 13). Für die Entwicklung der *E. tricolor* stellte das getrocknete Blatt kein Problem dar, solange der Wirt für die ersten Tage frisch und vital war. Die parasitierten Nymphen der Kohlmottenschildlaus wurden in Einmalkulturröhrchen überführt und der Schlupf unter dem Lupenglas kontrolliert.

Folgende Parameter wurden erhoben:

- Anzahl parasitierte Kohlmottenschildläuse
- Anzahl geschlüpfte Encarsien
- % Blätter mit Parasitierung
- % Parasitierung



Abb. 13 Auswertung der inkubierten Blattproben am JKI Darmstadt (Fotos: O. Zimmermann)

4.1.5 Statistik

Die Daten wurden auf Normalverteilung und Varianzhomogenität geprüft und gegebenenfalls transformiert. Die varianzanalytische Auswertung erfolgte mit dem Statistikprogramm R (Version 2.10.1). Bei signifikanten Unterschieden wurde der Tukey HSD-Test mit $\alpha \leq 0,05$ zum Mittelwertvergleich angewendet. Zum Vergleich der Klimadaten wurden die Messdifferenzen einem Wilcoxon-Test für gepaarte Stichproben unterzogen. Die Auswertung von ordinalskalierten Daten (Boniturnoten) erfolgte anhand eines Friedman-Tests mit anschließendem LSD-Test mit korrigiertem $\alpha \leq 0,05$ auf Basis von Rangdifferenzen.

4.2 Ergebnisse

4.2.1 Mikroklima

Durch die Netzabdeckung erhöhten sich die Tagesdurchschnittstemperaturen im Mittel um 0,2°C über die gesamte Standzeit in allen drei Jahren. Unter den verhältnismäßig kühlen und feuchten Bedingungen in 2007 wurden annähernd über die gesamte Saison wärmere Temperaturen unter Netz gemessen. Wie in Abb. 14 am Beispiel der Tagestemperaturmaxima verdeutlicht, konnten dagegen in 2008 und 2009 die Temperaturschwankungen unter Netz in mindestens zwei verschiedene Phasen unterteilt werden. Nach dem Pflanzen wärmte es sich unter den Netzen über Tag im Durchschnitt um 2,3°C (2008) bzw. 2,0°C (2009) stärker auf (siehe Tab. 7). Über Nacht sanken die Temperaturen dagegen weniger stark ab (+0,3°C beim Temperaturminimum). Sobald sich jedoch der Bestand unter den Netzen schloss und den Boden vollständig beschattete, war die Aufwärmung dagegen deutlich schwächer gegenüber dem offenen Bestand ohne Netz. Insgesamt war die Tagesamplitude um 1 bis 2 °C geringer durch die Kulturschutznetze. Die relative Luftfeuchte dagegen lag im Mittel um 4% (2008) bzw. 6% (2009) höher. Unter den Netzen trocknete der Boden auch langsamer ab als in den offenen Beständen ohne Netzabdeckung. Bedingt durch den vergleichsweise dichteren Pflanzenbestand (Abb. 17, Abb. 18) blieben auch nach Abnehmen der Netze die bodennahen Temperaturen und die relative Luftfeuchte tendenziell höher.

Tab. 7 Beeinflussung des Mikroklimas in ca. 15 cm Höhe im Rosenkohlbestand durch Kulturschutznetze: durchschnittliche Tageswerte für Temperatur und relative Luftfeuchte für verschiedene Kulturphasen (P=Pflanzen, BS= Bestandesschluss, AN= Aufdecken Netze, E= Ernte) und Versuchsjahre in Parzellen ohne Netz sowie die durchschnittliche Differenz in den Parzellen mit Netz (grau hinterlegt) (Differenzen „Netz“-„ohne Netz“ sind signifikant mit ***= $\alpha \leq 0,001$ / **= $\alpha \leq 0,05$ im Wilcoxon-Test; ns=nicht signifikant)

Parameter	Jahr	gesamte Kulturdauer		Kulturphasen:						
		P-BS	BS-AN	AN-E						
Tagestemperatur in °C	Mittel	2007	12,7	+0,2***	17,4	+0,4***	13,5	+0,2***	5,2	+0,0 ^{ns}
		2008	13,1	+0,2***	18,3	+0,9***	15,4	+0,0 ^{ns}	5,9	+0,3***
		2009	13,5	+0,2***	16,9	+0,7***	15,9	-0,2***	6,7	+0,3***
	Maximum	2007	17,2	+0,6***	24,5	+0,8***	17,9	+0,5***	7,3	+0,4***
		2008	20,0	-0,5***	26,9	+2,3***	22,6	-1,4***	11,2	-0,7 ^{ns}
		2009	19,5	+0,2 ^{ns}	25,1	+2,0***	22,7	-0,8***	9,9	+0,3***
	Minimum	2007	9,0	+0,1*	12,0	+0,4***	9,9	+0,1 ^{ns}	3,4	-0,2***
		2008	8,0	+0,5***	10,8	+0,3***	10,2	+0,6***	2,4	+0,5***
		2009	8,5	+0,3***	9,9	+0,3***	10,6	+0,3***	4,1	+0,4***
relative Luftfeuchte in %	2007	- ¹⁾	-	-	-	-	-	-	-	
	2008	83,0	+3,6***	70,9	-0,7 ^{ns}	83,0	+6,0***	90,2	+2,0***	
	2009	85,0	+2,0***	75,4	-0,3 ^{ns}	85,2	+4,1***	93,2	+0,8***	

1) Messwerte liegen für 2007 nicht vor

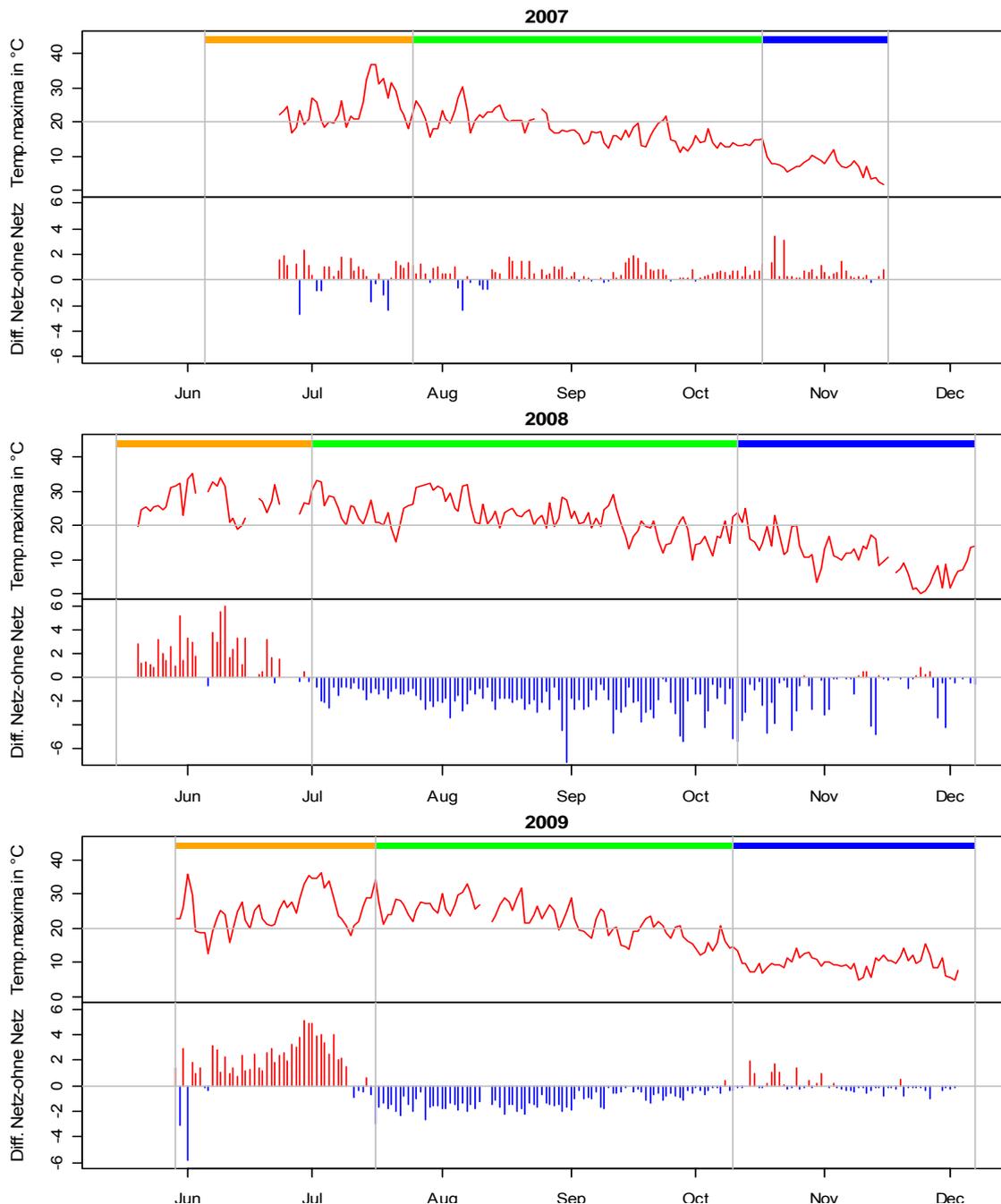


Abb. 14 Temperaturmaxima in Rosenkohlbestand ohne Kulturschutznetz sowie Temperaturdifferenz unter Kulturschutznetz in Abhängigkeit von Kulturphase (orange= Pflanzen bis BBCH 33 (Bestandesschluss), grün= BBCH 33 bis Entfernen der Netze, blau= Entfernen der Netze bis Ernte)

4.2.2 Pflanzenentwicklung

Durch unterschiedliche Witterungsbedingungen und Pflanztermine entwickelten sich die Bestände deutlich unterschiedlich in den drei Versuchsjahren (siehe Abb. 15). 2007 war nach einer späten Pflanzung Anfang Juni von einer kurzen Phase des Längenwachstums gekennzeichnet, an die eine schnelle Röschenbildung anschloss, so dass bereits Mitte November der Beginn der Ernte möglich war. Allerdings wurde in der kurzen Standzeit von 160 Tagen (135 Tagen bis Entspitzen) weniger Röschen ausgebildet als in den zwei folgenden Jahren (siehe Tab. 8). Der frühen Pflanzung in 2008 folgte eine lange Phase des Längenwachstums. Die ersten Röschenansätze zeigten sich bereits Ende Juli, so dass die Röschen bei Ernte Anfang Dezember (200 Tage Standzeit) fast überständig waren. In 2009 wuchsen die

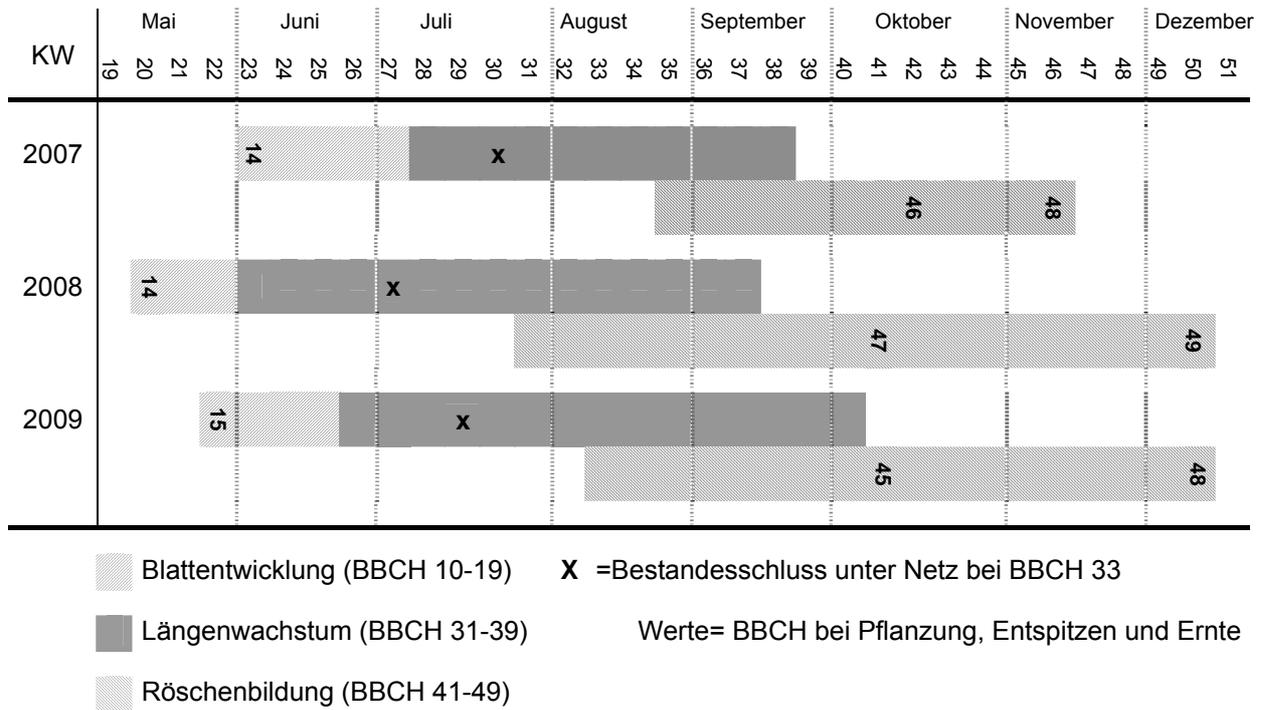


Abb. 15 Pflanzenentwicklung in Parzellen ohne Netz im Parzellenversuch Neu-Eichenberg 2007-2009

Pflanzen nach anfänglichem Trockenstress im Juni nur langsam. Erst ab Mitte August legten sich deutlich an Länge zu und hatten in diesem Zeitraum deutlich höhere Zuwachsraten als in den Vorjahren (vergleiche Abb. 16). Die bereits vorhandenen Röschenansätze entwickelten sich in diesem Zeitraum nur langsam weiter, so dass trotz milder Witterung im November die Röschenentwicklung zu Ernte Anfang Dezember nicht so weit fortgeschritten war wie im Vorjahr. Gleichzeitig lag auch die Röschenzahl um mehr als 15 Röschen unter jener des Vorjahres.

Die Pflanzen, die mit Kulturschutznetzen abgedeckt worden waren, zeigten sich insgesamt wüchsiger und bildeten größere Blätter aus. Dadurch wurde bis BBCH 33 ein fast vollständiger Bestandesschluss erreicht, der auch bis zum verstärkten Absterben der älteren unteren Blätter im Spätherbst aufrecht erhalten wurde (siehe Abb. 17 und Abb. 18). Abdeckung mit Kulturschutznetzen bewirkte insbesondere in den beiden trockeneren und heißeren Jahren 2008 und 2009 ein verstärktes Längenwachstum der Pflanzen, so dass diese Pflanzen zum Entspitzen und Ernte jene ohne Netzabdeckung im Schnitt um 5 bis 13 cm überragten (siehe Abb. 16 und Tab. 8). Das stärkere Längenwachstum war jedoch nur auf eine verstärkte Streckung des Hauptsprosses zurückzuführen, da die Röschenanzahl je Pflanze unverändert blieb. Dadurch standen in allen drei Jahren die Röschen weniger dicht, wenn die Pflanzen mit Kulturschutznetzen abgedeckt wurden (siehe Tab. 8)

Die Kulturschutznetze hatten auch keinen Einfluss auf die Röschenentwicklung. Zwar zeigten sich an den Pflanzen ohne Netzabdeckung ca. eine Woche früher die ersten Röschenansätze, zum Entspitzen und zur Ernte waren jedoch keine Unterschiede mehr erkennbar. Dies wurde bestätigt durch eine vergleichbare Größensortierung der Röschen zur Ernte (siehe Abb. 24).

Die Unterschiede im Pflanzenwachstum wurden jedoch nicht durch einen verringerten Schädlingsdruck einhergehend mit der Netzabdeckung verursacht, denn die Freisetzung von Kohlmottenschildläusen unter die Kulturschutznetze in Variante K3 hatte keinen Einfluss auf die erhobenen Parameter der Pflanzenentwicklung (siehe Abb. 16 und Tab. 8). Auch in allen Varianten mit Nützlingsfreisetzungen

Tab. 8 Parameter der Pflanzenentwicklung zum Erntezeitpunkt für Kontrollvarianten im Parzellenversuch Neu-Eichenberg (KMSL = Kohlmottenschildlaus, unterschiedliche Buchstaben = signifikante Unterschiede mit $\alpha \leq 0,05$ im Tukey-Test für Varianten je Versuchsjahr)

Jahr	Variante	Strunklänge in cm	Anzahl Röschen	Röschendichte (Anzahl Röschen/cm Strunk)	% Pflanzen mit verminderter Standfestigkeit
2007	ohne Netz	51 ^{ns}	73 ^{ns}	1,5 ^a	-
	Netz	56 ^{ns}	66 ^{ns}	1,2 ^b	-
	Netz+KMSL	56 ^{ns}	67 ^{ns}	1,2 ^b	-
2008	ohne Netz	53 ^a	99 ^{ns}	1,9 ^a	0,3 ^a
	Netz	64 ^b	98 ^{ns}	1,5 ^b	5,1 ^b
	Netz+KMSL	65 ^b	100 ^{ns}	1,5 ^b	8,6 ^b
2009	ohne Netz	52 ^a	81 ^{ns}	1,6 ^a	7,6 ^{ns}
	Netz	65 ^b	82 ^{ns}	1,3 ^b	12,7 ^{ns}
	Netz+KMSL	64 ^b	77 ^{ns}	1,2 ^b	16,3 ^{ns}

fanden sich keine signifikanten Abweichungen zu den Variante K2 und K3 (Daten nicht dargestellt). Ein verändertes Mikroklima, stärkere Bodenfeuchte und gegebenenfalls damit einhergehende veränderte Nährstoffumsätze im Boden sowie die Beschattung sind als mögliche Faktoren zu nennen, die die beobachtete abweichende Pflanzenentwicklung unter Kulturschutznetzen verursachen können.

Zusammen mit dem stärkeren Längenwachstum in 2008 und 2009 konnte im Bestand unter Netz eine geringe Beeinträchtigung der Standfestigkeit beobachtet werden, die in 2007 fehlte. Im Durchschnitt zeigten 5,1 % (2008) bzw. 12,7 % (2009) der Pflanzen unter Netz einen geneigten Wuchs, wobei meist ein Neigungswinkel von 45° meist nicht überschritten wurde und der Unterschied nur in 2008 signifikant war. Vereinzelt konnten in 2008 auch umgefallene und entwurzelte Pflanzen gezählt werden (<1%), die jedoch in Parzellen ohne Netz zur Gänze fehlten

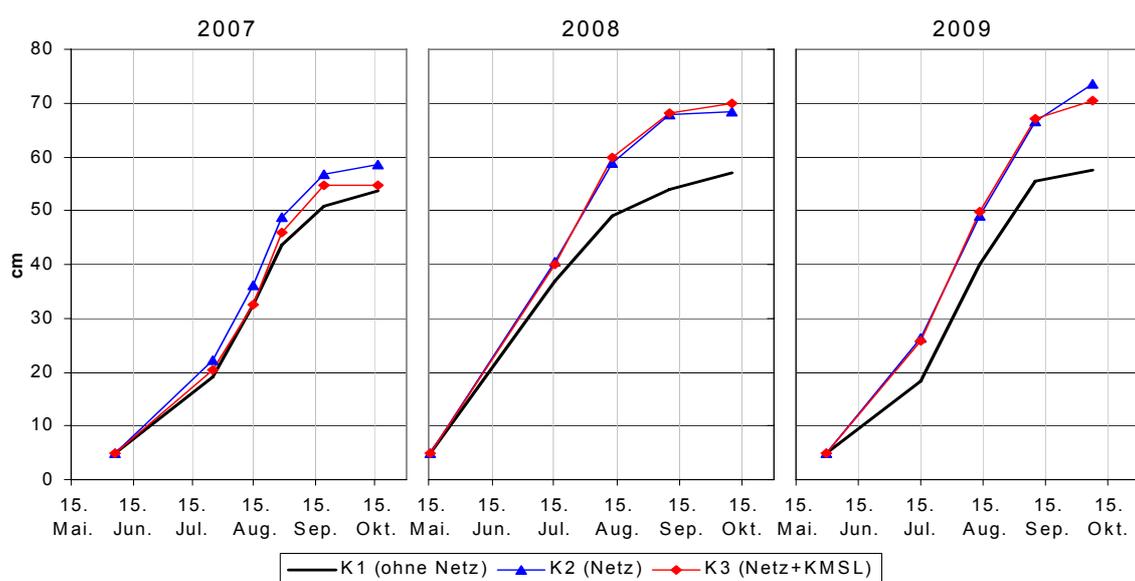


Abb. 16 Entwicklung der Strunklänge in den Kontrollvarianten des Parzellenversuchs Neu-Eichenberg bis zum Zeitpunkt des Entfernen der Terminalknospe



Abb. 17 Unterschiedlicher Bestandesschluss zu BBCH 33 (17.07.2009) im Parzellenversuch Neu-Eichenberg. Links: Variante ohne Netz. Rechts: Variante mit Netz (Fotos: B. Schultz)



Abb. 18 Unterschiedlicher Bestandesschluss vor dem Entspitzen am 9.10.2008 (BBCH 47) im Parzellenversuch Neu-Eichenberg. Links: Variante ohne Netz. Rechts: Variante mit Netz (Fotos: B. Schultz)

4.2.3 Kohlmottenschildlausbefall

4.2.3.1 Befallsentwicklung in den Kontrollvarianten

Die Populationsentwicklung in den Varianten ohne Kulturschutznetz (K1) nahm in allen drei Versuchsjahren einen vergleichbaren Verlauf: Unabhängig vom Pflanztermin wurde in allen drei Versuchsjahren ab Anfang Juni (2007 und 2009: KW 24; 2008: KW 23) der Zuflug von *A. proletella* beobachtet (nicht dargestellt). Ab Ende Juli schlüpfen die Adulten der ersten Generation. Die Anzahl Adulten stieg bis Anfang Oktober exponentiell an. Die Eiablage erreichte ihren Höhenpunkt im August. In September und Oktober nahm dagegen die Anzahl der Eigelege trotz hoher Dichten an adulten *A. proletella* wieder ab. Ursächlich hierfür ist insbesondere die Induktion der Diapause durch abnehmende Tageslängen während der Larvenentwicklung, die sich in einer verringerten Ovarienbildung und Eiablage der Weibchen äußert (Adams, 1985a; Adams, 1985b).

In den Varianten mit Kulturschutznetz wurde ein Initialbefall mit Adulten nach dem ersten Hacken und vor Freisetzung von Kohlmottenschildläusen in K3 in allen drei Versuchsjahren festgestellt. Die Kontrollvarianten K2 (nur Kulturschutznetz) und K3 (Kulturschutznetz und Kohlmottenschildlaus) unterschieden sich nicht von K1 im Entwicklungsverlauf der Adulten. Bei der Entwicklung der Eiablage zeigte sich eine Abweichung bei K2. In dieser Variante erreichte die Eiablage erst im September ihr Maximum voraussichtlich bedingt durch anhaltende Migration unter die Netze.

Der resultierende Verlauf des Larvenbefalls war bis September in allen Kontrollvarianten vergleichbar. In allen Varianten stieg mit Entwicklung der zweiten Generation ab Mitte August die Anzahl Larven je Blatt deutlich an (siehe Abb. 19). Von September bis Mitte Oktober nahm die Anzahl Larven je Blatt nur noch schwach zu. Aufgrund der Abnahme der Eiablage ab September war auch nicht mit einem weiteren exponentiellen Anstieg des Larvenbefalls zu rechnen. In 2008 und 2009 konnte zudem ein Abfall der Befallszahlen in den Varianten ohne Netz (50% in 2009) und geringfügig auch in K3 in 2009 verzeichnet werden. Eine mögliche Ursache ist einer erhöhten Mortalität durch die Fraßaktivität verschiedener Blattlausprädatoren (Larven von *Chrysoperla sp.*, Syrphiden wie z. B. *Episyrphus baleatus* sowie Larven und Adulte von *Harmonia axyridis*) zu suchen. Die Populationen der mehlig Kohlblattlaus *Brevicoryne brassicae*, die sich in den Parzellen ohne Netz in 2008 und 2009 bis August stark aufgebaut hatten, waren bis September durch Parasitierung und Prädation zusammengebrochen. Dem gegenüber standen im September hohe Dichten an Prädatoren im Bestand (z.B. 87,5% bzw. 95% Pflanzen mit Syrphidenlarven in K1 gegenüber 0% bzw. 50% in K2 (nur Kulturschutznetz) und K3 (Kulturschutznetz mit KMSL-Freilassung) in 2008 bzw. 2009), denen die Kohlmottenschildlaus als Alternativnahrung zur Verfügung stand. Bei den visuellen Kontrollen konnte intensive Prädation verschiedener KMSL-Lebensstadien bestätigt werden. Diese Blattlausgegensepieler waren unter Netz aufgrund der Barrierewirkung vergleichsweise unterrepräsentiert, was insbesondere in 2008 zum Aufbau hoher Blattlausdichten (*Brevicoryne brassicae*) unter den Kulturschutznetzen bis Oktober führte.

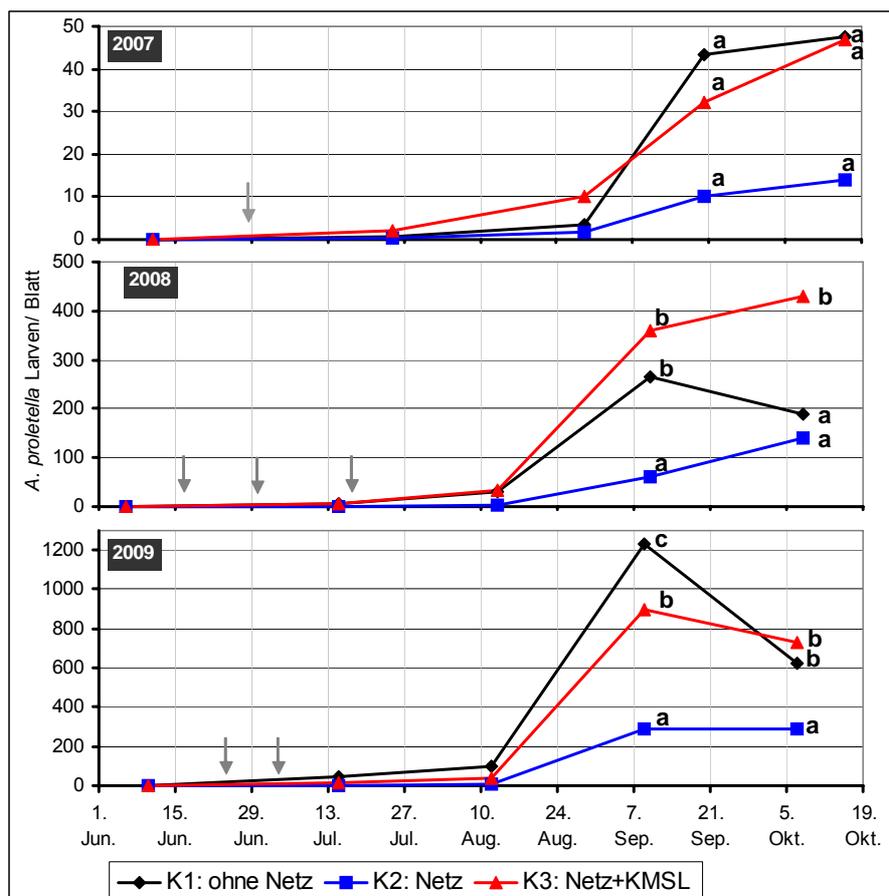


Abb. 19 Entwicklung des Befalls mit Larven der Kohlmottenschildlaus (KMSL) in den Kontrollvarianten des Parzellenversuchs Neu-Eichenberg 2007-2009 (graue Pfeile = Freisetzung von KMSL Adulten, unterschiedliche Buchstaben = signifikante Unterschiede mit $\alpha \leq 0,05$ im Tukey-Test für Varianten je Boniturtermin)

Die lange Vegetationszeit des Rosenkohls ermöglichte die Entwicklung von zwei bis drei Generationen der Kohlmottenschildlaus. Berechnet man die mögliche Anzahl Generationen anhand der Wärmesummen für die Jugendentwicklung von *A. prolella* nach Alonso, Gomez, Nombela, & Muniz (2009), so konnten sich in 2007 2,5 Generationen in 2008 und 2009 hingegen 2,9 bzw. 3 Generationen entwickeln. Die Beobachtung im Feld bestätigte diese Abschätzung. Die Überwinterung erfolgte sowohl als Larve als auch als Adulte. In den Wintern 08/09 und 09/10 starben allerdings bei wiederholten Frösten mit Temperaturen unter -10 °C die Larven ab. Lebende Adulte wurden jedoch zu jedem Boniturtermin vorgefunden.

Die Versuchsjahre unterschieden sich deutlich in ihrem Befallsniveau. Anfang Juli 2007 wurde ein Ausgangsbefall von 0,6 Adulten je Pflanze in den Parzellen ohne Netze verzeichnet, während in 2008 2,2 Adulte und in 2009 14,4 Adulte je Pflanze gezählt wurden. Dementsprechend nahm auch der Larvenbefall im September von Jahr zu Jahr deutlich zu (2007 \rightarrow 43 Larven/Blatt, 2008 \rightarrow 266 Larven/Blatt, 2009 \rightarrow 1232 Larven/ Blatt) (siehe Abb. 19). Diese deutliche Befallszunahme ist auf die Wiederaufnahme arrondierten Rosenkohlanbaus im Projektzeitraum am Versuchsstandort bzw. der Schwachbefall in ersten Versuchsjahr 2007 auf eine 2-jährige Anbaupause (2005-2006) zurückzuführen. Zusätzlich erwies sich 2009 auch überregional als befallsstarkes Jahr (siehe Survey Kapitel 2)

Durch die Netzabdeckung verringerte sich in allen drei Versuchsjahren der Larvenbefall im September um 77 % (siehe Abb. 19). Während in 2007 auch im Oktober noch weiterhin ein um 71% geringerer Befall in Variante K2 verzeichnet wurde, sank der Wirkungsgrad der Netzabdeckung im Oktober 2008 bzw. 2009 auf 27% bzw. 54% infolge des starken Befallsrückgangs in K1. Durch die zusätzliche Freisetzung von Kohlmottenschildläusen wurde bis Mitte September ein deutlich höherer Befall in K3 gegenüber K2 erreicht. Das Befallsniveau wich jedoch in 2007 und 2008 nicht signifikant von der Variante ohne Kulturschutznetz ab. In 2009 war die Anzahl Larven je Blatt signifikant geringer gegenüber K1. Der Unterschied war jedoch deutlich kleiner als zu K2.

4.2.3.2 Befallsentwicklung in Varianten mit Nützlingsfreisetzung 2007 bis 2009

Sowohl in 2007 als auch in 2008 stiegen die Befallswerte bis September in allen Varianten in vergleichbarer Weise an (Abb. 20). Zwar konnte im Oktober 2007 nach *E. tricolor*-Freisetzung ein Rückgang des Larvenbesatzes der Blätter festgestellt werden, in 2008 bliebe dieser erwünschte Effekt jedoch in den Gegenspielervarianten aus. Insgesamt waren zum September- und Oktobertermin keine signifikanten Befallsunterschiede weder beim Larvenbesatz (Abb. 20) noch dem Befall mit Adulten oder Eigelegen (nicht dargestellt) nachweisbar.

In 2009 ging mit der früheren und häufigeren Freisetzung von *E. tricolor* im Vergleich zu den Vorjahren ein deutlich schwächerer Befallsanstieg bei der höchsten Freisetzungsmenge von insgesamt 160 Encarsien/m² einher (siehe Abb. 20). Anfang September war kein wesentlicher Populationszuwachs mehr zu verzeichnen, was einer signifikanten 39%igen Larvenbefallsreduktion gegenüber der Kontrollvariante ohne Nützlingseinsatz entsprach. In den geringeren Dosierungsstufen war dieser Effekt nicht absicherbar. Zum letzten Boniturtermin Anfang Oktober überlagerten sich Gegenspielerereffekt und natürlicher Befallsrückgang. Der geringste Larvenbefall war aber weiterhin bei der höchsten Freisetzungsmenge zu verzeichnen und lag zu diesem Zeitpunkt immer noch um 29% unter dem Befall der Kontrolle, wenn auch nicht signifikant.

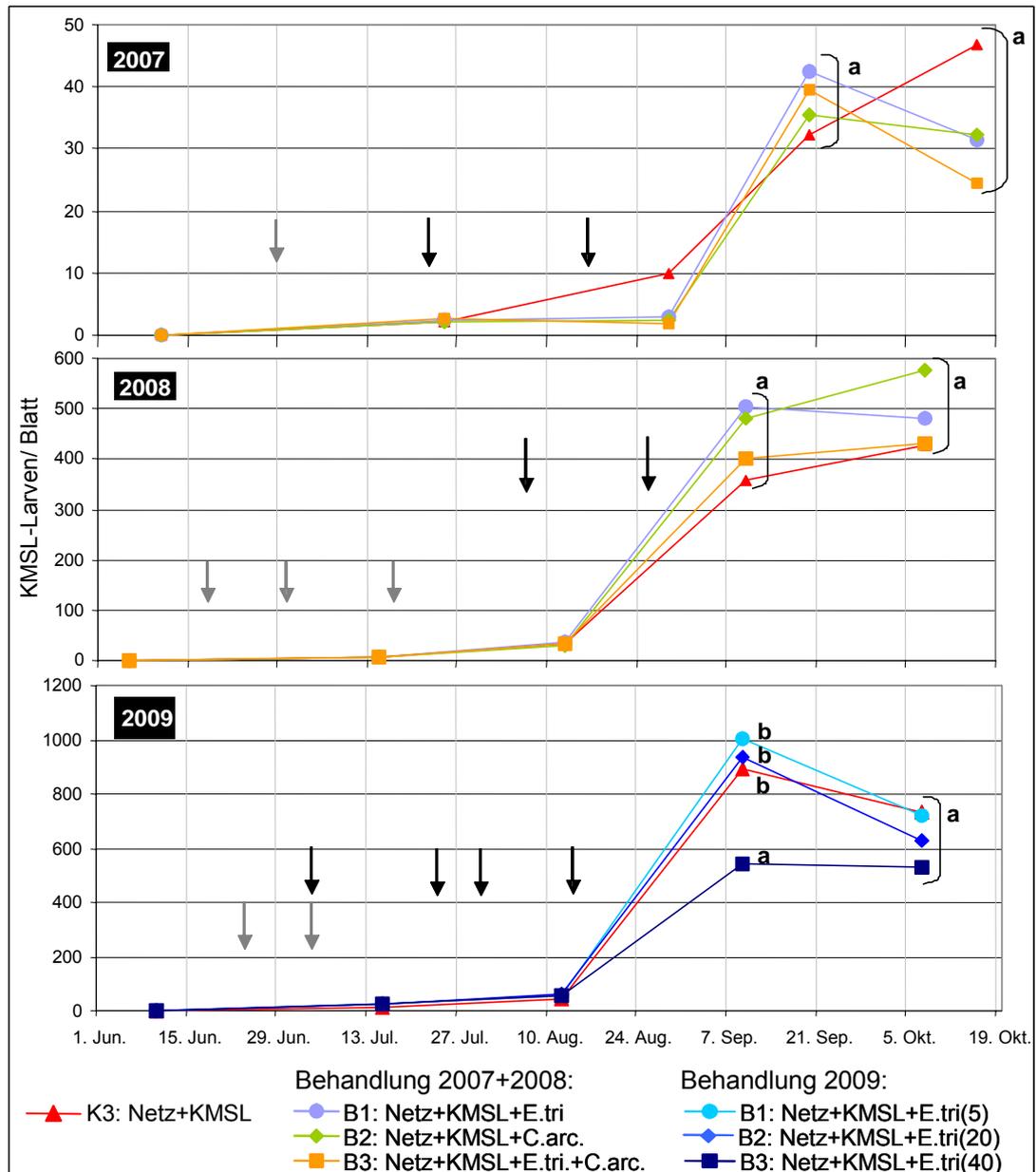


Abb. 20 Entwicklung des Befalls mit Larven der Kohlmottenschildlaus (KMSL) nach Ausbringung der Gegenspieler im Parzellenversuch Neu-Eichenberg 2007 - 2009 (graue Pfeile = Freisetzung von KMSL Adulten, schwarze Pfeile = Nützlingsfreisetzungen, unterschiedliche Buchstaben = signifikante Unterschiede mit $\alpha \leq 0,05$ im Tukey-Test für Varianten je Boniturtermin)

4.2.4 Natürliche Gegenspieler

4.2.4.1 *Clitostethus arcuatus*:

C. arcuatus-Wiederfunde nach den Freilassungen waren in 2007 und 2008 ausschließlich auf die Freilassungsparzellen B2 und B3 begrenzt. Entsprechend der Erwartung und anders als bei *E. tricolor*, waren im offenen Feldanbau somit keine Überlagerungseffekte mit einer natürlichen Hintergrundpopulation gegeben.

Beschränkten sich in 2007 in den Varianten B2 und B3 die Wiederfunde nach Freilassung auf wenige adulte *C. arcuatus* (insgesamt 4 Individuen in B2 bzw. 9 in B3) ohne Reproduktionsnachweis als Eigelege, Larven oder Puppen, war in 2008, bei doppelter Freilassungsmenge, die Wiederfundrate der Imagines zunächst ähnlich niedrig (insgesamt 6 Adulte in B2 bzw. 7 in B3). Vier Wochen nach der ersten Freisetzung 2008 waren aber auch Larven zu beobachten, maximal 20 Larven im September (Abb. 21), sowie vereinzelte Puppenstadien. Die Zunahme der Adultendichte Mitte September gegenüber Mitte August ist zu diesem Zeitpunkt als Aufstockungseffekt der zweiten Freilassung aufzufassen und nicht auf eine Vermehrung im Bestand zurückzuführen. Leere *C. arcuatus* -Puppenhüllen wurden nicht gefunden, die auf eine F1 im Bestand hingedeutet hätten, zudem waren die Witterungsbedingungen für die erfolgreiche Etablierung einer Folgegeneration in diesem Zeitraum eher abträglich.

Das unerwartet stark unterschiedliche Abschneiden dieser Gegenspieleroption in 2007 und 2008 kann ursächlich nur bedingt geklärt werden. Zwei wesentliche Faktoren, a) Temperatur und b) Wirtsangebot sollen hier kurz besprochen werden: Vergleicht man Temperaturansprüche der Literatur mit den klimatischen Rahmenbedingungen, wäre 2007 günstiger als 2008 zu bewerten gewesen (Durchschnittstemperatur nach Freisetzung in 2007: 14,5°C in 2008: 13,7°C; Anteil Tage über 20°C in 2007: 47%, in 2008: 40%; Maximale Anzahl Generationen bei Wärmesumme nach Mota, Soares, & Garcia (2008) in 2007: 1,6, in 2008: 1,2). Trotzdem konnten bei insgesamt unbefriedigendem Wirkungsgrad beider Jahre nur in 2008 juvenile Stadien beobachtet werden. Faktor b), das stark unterschiedliche Wirtsangebot, wird im vorliegenden Fall entscheidend die Verweildauer, Reifungsraß und Reproduktion des Käfers beeinflusst haben.

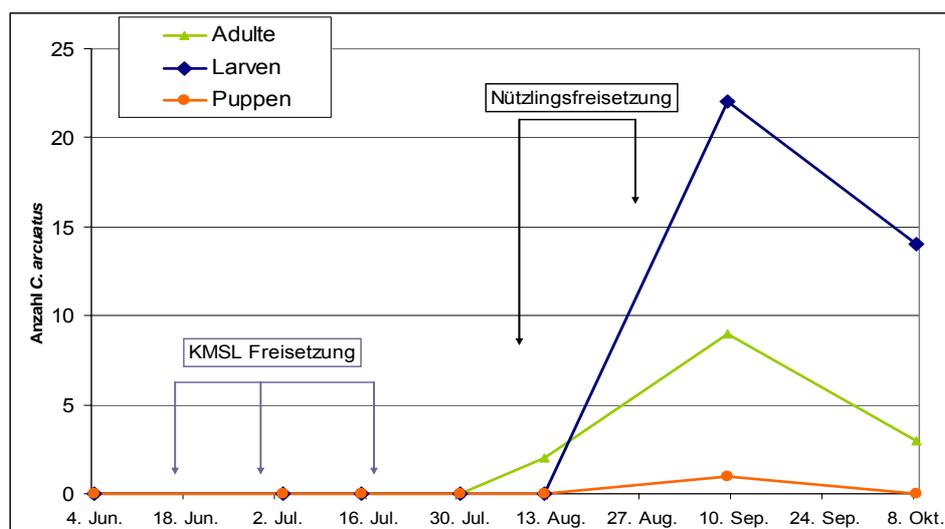


Abb. 21 Entwicklung von *C. arcuatus* nach Freisetzung (jeweils als Summe aller Beobachtungen eines Stadiums je Termin) im Parzellenversuch Neu-Eichenberg in 2008 (KMSL=Kohlmothschildlaus).

Vor diesem Hintergrund muss *C. arcuatus* eher als opportunistischer Nutzer hoher Wirtsdichten eingestuft werden. Durch zeitlich vorverlegte Freisetzen (bei noch geringerem Wirtsangebot) ist keine Ansiedlung und somit keine wesentliche Wirkungserbesserung zu erwarten. Die Option, dem mangelnden Reproduktionspotential durch erheblich gesteigerte Freisetzungsmengen (Überschwemmungstechnik) zu begegnen, erschien bereits im Vorfeld als unökonomisch. Deshalb wurde 2009 von einer Weiterverfolgung dieses Ansatzes abgesehen.

4.2.4.2 *Encarsia tricolor*

Im ersten Versuchsjahr 2007 war in erster Linie Aufbauarbeit zu leisten und es sollte geprüft werden, ob sich nach einmaliger Freilassung (Inokulation) eine F1 im Feld überhaupt etabliert und deren Weitervermehrung verfolgt werden kann. Bei durchgehend sehr schwachem *A. proletella*-Befall wurde die erste adulte *E. tricolor* eine Woche nach der ersten Freisetzung in K1, Ende August beobachtet. In den behandelten Parzellen konnten bei der folgenden Bonitur vier Wochen später vereinzelt adulte Parasitoide dokumentiert werden. In Freisetzungspartellen wurden mit dem Erfassungsschema Abb. 12 noch keine parasitierten Larven der Kohlmottenschildlaus erfasst. Bei zusätzlichen Kontrollen der unteren Blattetagen auf Parasitierung wurden am 14.09.07 parasitierte Puparien vorgefunden. An einer anschließenden Blattprobe am 20.09.07 aus K1, B1 und B3 wurde in maximal 35% (K1) der Proben Parasitierung nachgewiesen (B1: 18%, B3: 33%). Es waren bis zu 4% (B3) der Kohlmottenschildlauslarven parasitiert (K1:3%, B1:1%). Zum zweiten Probesternin Mitte Oktober stieg die Parasitierung in K1 auf 6% (83% der Blattproben mit Parasitierung). In den behandelten Varianten zeigte sich dagegen kein Anstieg (B1: ca. 1%, B3%) (Tab. 10). In der Kontrolle K3 ohne *E. tricolor*-Freisetzung lies sich auch geringfügige Parasitierung von 0,3% nachweisen.

Tab. 9 Kumulative Anzahlen parasitierter Kohlmottenschildläuse und adulter *Encarsia tricolor* über den Beobachtungszeitraum Juli-Oktober (4 Beobachtungstermine) aus visuellen Bestandeskontrollen; unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede im Tukey-Test mit $\alpha \leq 0,05$ innerhalb der Versuchsjahre.

Varianten:	Jahr:	Anzahl parasitierte KMSL/ Pflanze ¹⁾			Anzahl adulte <i>E. tricolor</i> / Pflanze ¹⁾		
		2007	2008	2009	2007	2008	2009
Kontrollen	K1 ohne Netz	0 ^{ns}	75,0 ^a	78,4 ^a	0,1 ^{ns}	1,8 ^a	13,0 ^a
	K2 Netz	0 ^{ns}	0,2 ^c	1,1 ^d	0,0 ^{ns}	0,1 ^b	0,8 ^d
	K3 Netz + KMSL	0 ^{ns}	0,1 ^c	8,0 ^{cd}	0 ^{ns}	0,2 ^b	2,3 ^{cd}
Behandlungen 2007+2008	B1 K3 + <i>E. tricolor</i>	0 ^{ns}	15,8 ^b		0,1 ^{ns}	0,8 ^{ab}	
	B2 K3 + <i>C. arcuatus</i>	0 ^{ns}	3,4 ^{bc}		0 ^{ns}	0,2 ^b	
	B3 K3 + <i>E. tri.</i> + <i>C.arc.</i>	0 ^{ns}	48,0 ^a		0,0 ^{ns}	0,7 ^{ab}	
Behandlungen 2009	B1 K3 + <i>E. tricolor</i> (4x4)			27,7 ^{bc}			4,4 ^{bc}
	B2 K3 + <i>E. tricolor</i> (4x20)			44,4 ^{ab}			9,9 ^{ab}
	B3 K3 + <i>E. tricolor</i> (4x40)			57,3 ^{ab}			13,0 ^a

1) in Summe von 4 Beobachtungsterminen, rücktransformierte Werte dargestellt

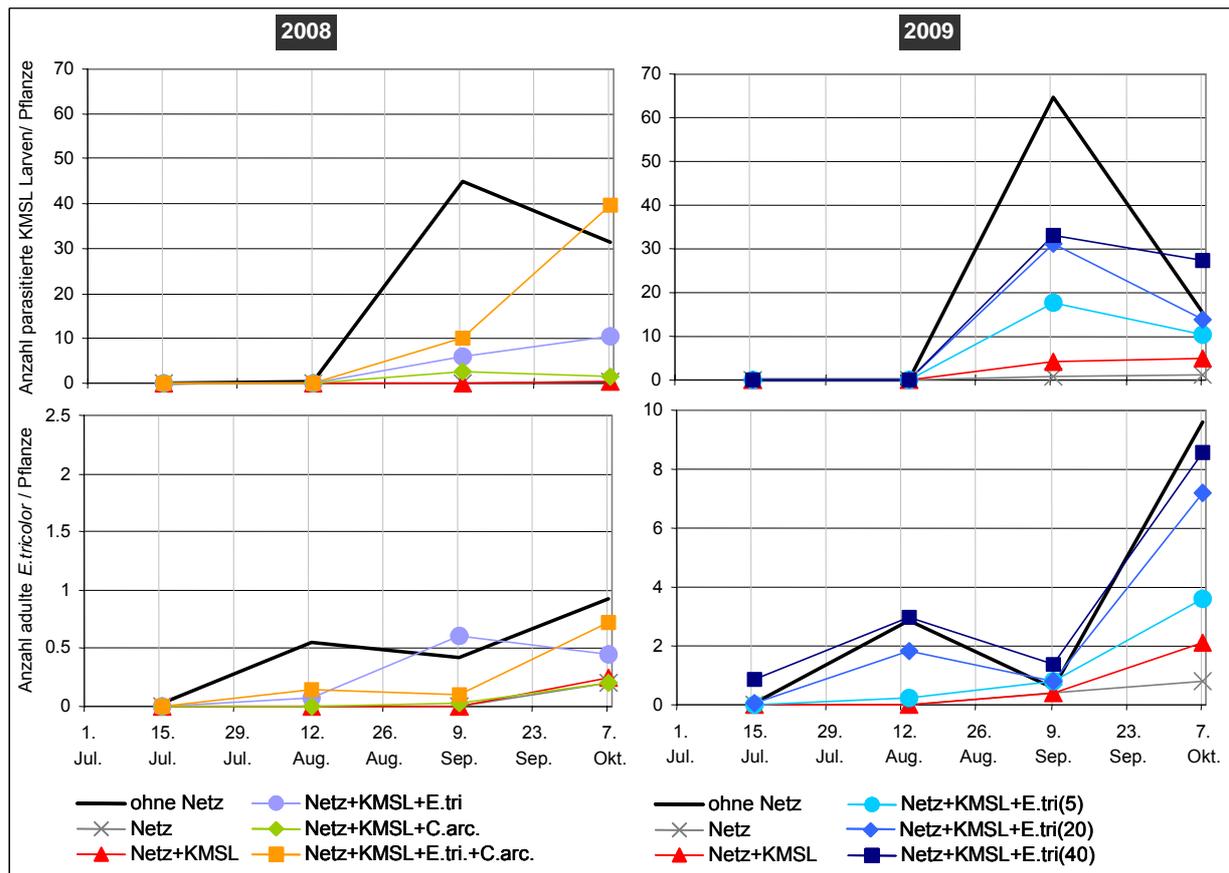


Abb. 22 Entwicklung von *Encarsia tricolor* im Parzellenversuch Neu-Eichenberg 2008 und 2009 dargestellt als Anzahl parasitierte Kohlmottenschildläuse (KMSL) (oben) und adulte Encarsien (unten) je Pflanze.

In **2008** wurden die ersten adulten Encarsien am 15.07.08 in den Parzellen ohne Netz (K1) vor der ersten Freisetzung beobachtet. An einer ersten Blattprobe Ende Juli und eine Woche vor der ersten Freisetzung konnte bereits 18% Parasitierung festgestellt werden (Tab. 10). Auch hatte sich *E. tricolor* bereits relativ gleichmäßig im Bestand verteilt (nur 30% der Proben ohne Parasitierung). In allen Netz-Varianten mit und ohne *E. tricolor*-Freisetzung konnte zu diesem Zeitpunkt keine Parasitierung nachgewiesen werden. Die Bonituren im Feld ergaben im weiteren Jahresverlauf eine deutlich frühere und stärkere Präsenz von *E. tricolor* in K1 im Vergleich zu allen anderen Varianten (Tab. 9 + Abb. 22. Ende August wurde zudem der höchste Parasitierungsgrad mit 33% erreicht (Tab. 10).

Durch die Freisetzung unter Netz konnten deutlich mehr Parasitoide bei Bonituren beobachtet werden als in den unbehandelten Netz-Varianten (einschließlich Variante B2) (Tab. 9 + Abb. 22). Auch die Anzahl parasitierter Puparien hob sich deutlich ab, wenn auch signifikant weniger Encarsienpuppen in der einfachen Anwendung von *E. tricolor* (B1) gegenüber der kombinierten Anwendung mit *C. arcuatus* (B3) erfasst werden konnten. Dieser Unterschied zeigte sich allerdings nicht bei Auswertung der Blattproben. Ebenso wie in K1 wurden auch in den Behandlungen B1 und B3 die höchsten Parasitierungsgrade im August festgestellt, die für beide Behandlungen vergleichbar waren (17% bzw. 19%). Die geringeren Parasitierungsgrade in den Behandlungen unter Netz im Vergleich zu Kontrolle ohne Netz (K1) waren nicht Folge eines unterschiedlichen Befallsniveaus in den Varianten sondern einer absolut geringeren Parasitierungsdichte (Tab. 10) Auf den Blattproben im September und Oktober nahm die Parasitierung in sowohl in K1 als auch in B1 und in B3 deutlich (Tab. 10). Bei einer gleichzeitigen exponentiellen Zunahme des Befalls führte dies zu geringen Parasitierungsgraden unter 10%.

In **2009** war bereits Mitte Juli die Entnahme einer ersten Blattprobe in den offenen Parzellen (K1) möglich, da dort im Gegensatz zu allen anderen Varianten bereits ein deutlicher Besatz der Blätter mit Puparien der Kohlmottenschildlaus bestand. In der Probe war bereits eine geringe Parasitierung von 0,1% nachweisbar (Tab. 10), die sowohl durch abgewanderte Parasitoide aus den Behandlungsvarianten oder eine natürliche Hintergrundpopulation verursacht sein könnte.

Bei der zeitgleichen Bonitur im Feld wurden auch erste adulte Encarsien in K1 dokumentiert. Im Gegensatz zum Vorjahr waren aber durch die frühe erste Freisetzung auch in B2 und B3 erste *E. tricolor* zu beobachten. Die Abundanz in B3 war zudem mit 0,85 Encarsien/Pflanze deutlich höher als in K1 (0,07 Encarsien/Pflanze). Im weiteren Jahresverlauf war die Präsenz adulter Parasitoide im Bestand bei der höchsten Freisetzungsdichte (B3) in Verlauf und Höhe vergleichbar zu K1 (Abb. 22). Entsprechend der geringeren Freisetzungsdichten wurden in B1 und B2 weniger adulte Encarsien als auch schwarze Encarsienpuppen bei Bonituren erfasst (Tab. 9). Insgesamt zeigte *E. tricolor* in B2 und B3 infolge der Freisetzung eine signifikant höhere Präsenz als in den Kontrollvarianten mit Netz (K2 und K3) (Tab. 9).

Durch die frühzeitige Freisetzung Anfang Juli konnte in B3 Ende Juli 2009 der insgesamt höchste Parasitierungsgrad mit 33% erreicht werden (Tab. 10), womit ein signifikanter Befallsrückgang der Kohlmottenschildlaus einherging (Abb. 20). Trotz weiterhin hoher Aktivität der Encarsien konnten durch die deutlichen Zunahme der Kohlmottenschildlausdichten mit der Entwicklung einer 2. und 3. Generation ab Anfang August keine vergleichbaren Parasitierungsgrade mehr erreicht werden (Tab. 10+Abb. 22).

Tab. 10 *E. tricolor* Parasitierungswerte in relativen und absoluten Anzahlen parasitierter *A. proletella* aus gehälterten Blattproben (Parzellenversuch Neu-Eichenberg 2007-2009).

		2007		2008				2009				
		20. Sep.	18. Okt.	28. Jul.	25. Aug.	15. Sep.	13. Okt.	13. Jul.	28. Jul.	17. Aug.	14. Sep.	12. Okt.
% parasitierte KMSL-Larven/ Blatt	K1 ohne Netz	3,0	6,2	18,1	32,9	7,8	0,5	0,1	14,9	8,6	n.a.	0,2
	K2 Netz	-	-	-	-	-	-	-	1,2	-	-	0,1
	K3 Netz + KMSL	-	0,3	0,0	-	-	0,1	-	2,0	-	-	0,1
	B1 K3 + <i>E. tricolor</i>	0,8	0,9	0,0	17,4	2,9	0,4					
	B2 K3 + <i>C. arcuatus</i>	-	-	-	-	-	-					
	B3 K3 + <i>E.tri.</i> + <i>C.arc.</i>	4,0	1,6	0,0	19,2	1,9	0,5					
	B1 K3 + <i>E. tricolor</i> (4x4)							-	3,1	n.a.	n.a.	0,4
	B2 K3 + <i>E. tricolor</i> (4x20)							-	8,3	n.a.	n.a.	0,5
	B3 K3 + <i>E. tricolor</i> (4x40)							-	32,9	9,0	17,2	2,4
	Anzahl parasitierte KMSL-Larven/ Blatt	K1 ohne Netz	6,8	7,3	7,8	54,3	32,8	2,3	1,9	19,8	6,6	n.a.
K2 Netz		-	-	-	-	-	-	-	0,8	-	-	0,4
K3 Netz + KMSL		-	0,3	0,0	-	-	0,8	-	2,4	-	-	2,4
B1 K3 + <i>E. tricolor</i>		1,5	1,0	0,0	24,3	19,3	4,5					
B2 K3 + <i>C. arcuatus</i>		-	-	-	-	-	-					
B3 K3 + <i>E.tri.</i> + <i>C.arc.</i>		5,5	1,2	0,0	29,6	15,7	4,0					
B1 K3 + <i>E. tricolor</i> (4x4)								-	2,1	n.a.	n.a.	4,5
B2 K3 + <i>E. tricolor</i> (4x20)								-	7,6	n.a.	n.a.	4,4
B3 K3 + <i>E. tricolor</i> (4x40)								-	29,6	3,6	74,4	18,0

¹⁾ -: nicht erhoben; Bestimmung Anfangs- und Endwertes je Saison

²⁾ n.a.: nicht auswertbar, da Probenchargen aufgrund eines postalischen Versehens irreversibel überlagert waren (Schimmelbildung).

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass in allen drei Versuchsjahren in der Variante ohne Freisetzung und ohne Netz (K1) eine hohe Aktivität von *E. tricolor* sowohl anhand der Präsenz Adulten aber auch anhand von Parasitierung im Freiland und an gehälterten Blattproben festgestellt werden konnte. Da in 2008 bereits vor den Freisetzungen eindeutig Parasitierung in dieser Variante auftrat, konnte somit das Auftreten einer natürlichen Hintergrundpopulation am Standort nachgewiesen. Eine Abwanderung vom Freisetzungseindividuen aus den netzen n in den offenen bestand kann allerdings nicht ausgeschlossen aber vor diesem Hintergrund auch nicht näher quantifiziert werden.

Das vergleichsweise geringe Auftreten von Parasitoiden und Parasitierung unter den Netzen in K2 und K3 im gesamten versuch zeigt zwar eine gewisse Durchlässigkeit der Netze für *E. tricolor*, in erster Linie bildet das Netz jedoch eine Barriere für den Antagonisten von *A. proletella* und somit auch für eine natürliche Regulation.

Wichtig ist an dieser Stelle festzuhalten, dass in allen Varianten und Versuchsjahren die Parasitierungswerte sich spätestens ab Mitte Oktober, trotz hohem Wirtsangebotes und hoher Abundanz der adulten Parasitoide, stark rückläufig verhielten (Tab. 10+Abb. 22). Ob hier lediglich a) geringe Nützlingsaktivität bei zunehmend kühlen Witterungsphasen oder b) eine Indiz für eine mögliche Ovipositions-Diapause bei *E. tricolor* Herbsttieren vorliegt, wie es für *A. proletella* zutrifft, kann momentan nicht beantwortet werden.

Der exponentiellen Befallsentwicklung von *A. proletella* ab August kann durch Freisetzungen nicht nachträglich begegnet werden (siehe Ergebnisse 2008). Vielmehr muss diese frühzeitig unterbunden bzw. vorgebeugt werden. Entscheidend für einen Regulierungserfolg ist somit eine frühzeitige hohe Parasitierung der Kohlmottenschildlauslarven in der Initialbefallsphase, wie dies in B3 in 2009 geschehen ist (vergl. auch Praxisfläche Pkt. 5.2.2). Das Abnehmen Nützlingsaktivität im Herbst ist somit nicht limitierend für den erfolgreichen Einsatz von *E. tricolor*.

4.2.5 Ertrag

4.2.5.1 Ertrag der Kontrollvarianten

In den Versuchsjahren wurden unterschiedliche Rohenträge von mind. ca. 620 (K2/2007) bis ca. 1010g/Pflanze in 2008, dem ertragsstärksten Jahr, erreicht (Abb. 23). Der Ertrag von 2007 war, mit Ausnahme der Variante K2, vergleichbar zu 2009. In 2008 dagegen wurden rund 300g Röschen mehr je Pflanze geerntet als in 2007 und 2009. Die frühere Pflanzung, eine frühe Ausbildung der Röschenansätze Ende Juli sowie eine schnelle Röschenentwicklung begünstigten die Ertragsbildung in 2008. Das Kulturschutznetz hatte in 2007 und 2008 keinen signifikant abträglichen bzw. förderlichen Effekt auf den Rohentrag. Ein deutlicher und statistisch absicherbarer Unterschied zeigte sich dagegen in 2009: Durch die Anwendung des Kulturschutznetzes wurden in K2 (Netz) mit durchschnittlich 821g Röschen je Pflanze 15% mehr Rohentrag erzielt als in K1 (ohne Netz). Dieser Mehrertrag ist nicht auf veränderte Wachstumsbedingungen unter den Netzen sondern auf einen deutlich reduzierten Kohlmottenschildlausbefall in dieser Variante zurückzuführen. Durch die Befallsinokulation in der Netzvariante K3 (Netz & KMSL) war der Ertrag zwar nicht signifikant aber deutlich auf das Niveau von K1 verringert. Unter dem hohen Befallsdruck in 2009 zeigten sich somit quantitative Ertragsverluste durch die Kohlmottenschildlaus. Dieser *A. proletella* -bedingte Ernteverlust beim Rohentrag war beim marktfähigen Ertrag (in beiden Fraktionen „ungeputzt“ und „nachgeputzt“) dann nicht mehr signifikant nachweisbar.

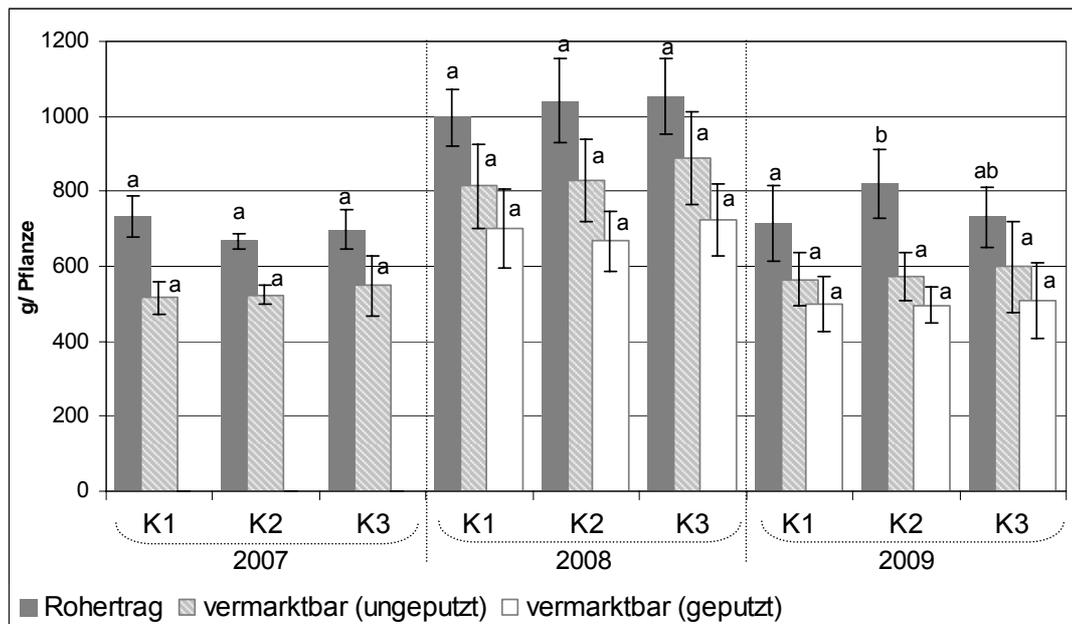


Abb. 23 Rohertrag und vermarktbarer Ertrag (geputzt und ungeputzt) in den Kontrollvarianten des Parzellenversuch Neu-Eichenberg 2007-2009. (K1= ohne Netz, K2= mit Netz, K3= mit Netz und Kohlmottenschildlaus; Fehlerbalken= Standardabweichung, unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede innerhalb der Versuchsjahre mit $\alpha=0,05\%$ nach Tukey HSD)

Beim Anteil des nicht marktfähigen Ertrags zeigten sich gewisse Schwankungen zwischen den einzelnen Varianten, die in ihrer Tendenz jedoch nicht konstant über die Jahre waren (siehe Abb. 24). Lediglich der Anteil von Untergrößen (Röschen unter 20 mm) lag durchgängig bei 4 bis 5,5% (mit Ausnahme von K1 mit 7,4% in 2009). Übergrößen von >40 mm traten mit Ausnahme von 2007 nur vereinzelt auf. In 2007 fiel durch Kohlfiegenbefall in den Parzellen ohne Kulturschutznetz mehr Abfall an, als in den Varianten K2 und K3 mit Kulturschutznetz (20,3 % gegenüber 14 bzw. 13,4 %). In 2008 und 2009 fiel dagegen der Schaden durch Kohlfiegenbefall geringer aus und spielte nur eine untergeordnete Rolle. Die höchsten Verluste am Rohertrag konnten in beiden Jahren in der Variante K2 verzeichnet werden. In 2008 war dies sowohl durch hohe Anteile an Abfall als auch an Ausputz bedingt. In 2009 fiel Variante K2 insbesondere durch einen signifikant höheren Anteil an Abfall auf (21,9 % in K2 gegenüber 9,3% in K1 und 12,5% in K3), da K2 im Vergleich zu allen anderen Varianten deutlich stärker von Schneckenfraß betroffen war. Die Schnecken fanden in den Randbereichen der Netzparzellen ideale Habitate zur Eiablage, wobei letztendlich K2 am stärksten vom Befall betroffen war. Bei großflächiger Abdeckung im Praxisanbau sind jedoch mit diesen beobachteten „Randeffekte“ in deutlich geringerem Umfang zu rechnen.

Insgesamt verringerte sich zwar tendenziell die Menge des Ausputzes bei besserer Röschenqualität, der Zusammenhang war jedoch vernachlässigbar. Somit lassen sich anhand der Ausputzmenge die Ertragsverluste durch *A. proletella*-Qualitätsmängel nicht eindeutig quantifizieren.

Da in 2007 nur schwacher Befall mit der Kohlmottenschildlaus und Blattläusen (*Brevicoryne brassicae*; Mehliges Kohlblattlaus) auftrat, war das Erntegut frei von Qualitätsmängeln durch Russtaupollenschmutzung (Abb. 24). Auf Putzen der Röschen wurde deshalb verzichtet. Im Gegensatz zum Vorjahr war die Ertragsqualität in 2008 deutlich durch Russtaubbelag auf den Röschen beeinträchtigt, wobei K3 mit der Boniturnote 4,9 das schlechteste Qualitätsergebnis erbrachte (siehe Abb. 24). Die Verschmutzungen waren aber überwiegend dem Blattlaus- und nicht *A. proletella*-Befall zuzuordnen.

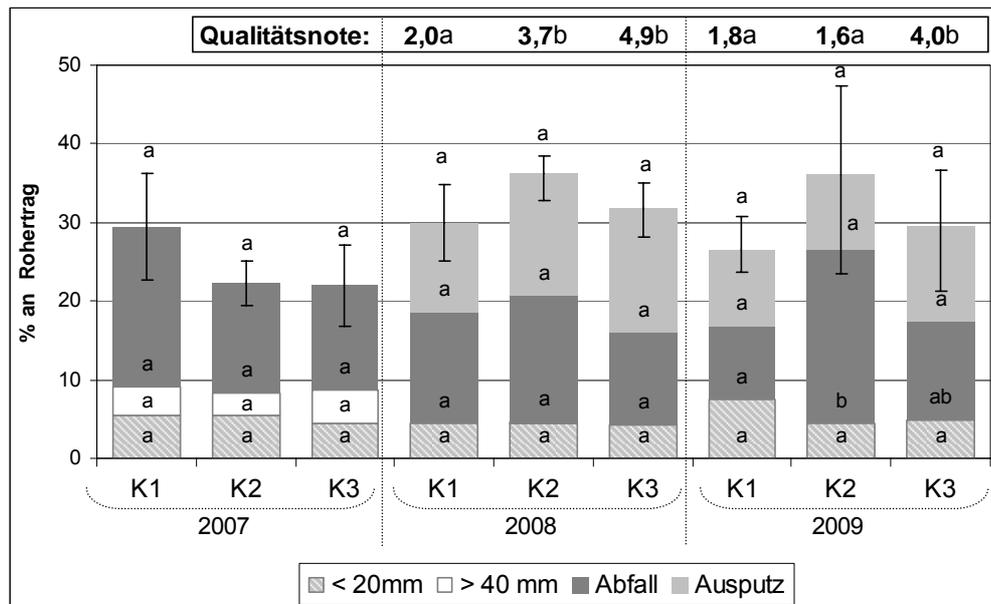


Abb. 24 Qualitätsbeurteilung (ohne 2007) der marktfähigen Ernte als Boniturnotendurchschnitt (Skala 1-9) und nicht vermarktbarer Ertrag in Gewichtsanteil aussortierter Röschen an Rohertrag und in den Kontrollvarianten des Parzellenversuch Neu-Eichenberg 2007-2009. (K1= ohne Netz, K2= mit Netz, K3= mit Netz und Kohlmottenschildlaus; Fehlerbalken= Standardabweichung für Abfall insgesamt, unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede innerhalb der Versuchsjahre mit $\alpha=0,05\%$ nach Tukey Test für Prozentwerte bzw. nach LSD Test für Qualitätsnoten)

Dieser zunächst unerwartete Umstand, dass die saubersten Röschen aus den Parzellen ohne Netzabdeckung (K1) geerntet werden konnten (Boniturnote 1,8; Abb. 24), beruhte darauf, dass dort als Nebenwirkung starker Blattlausgegenspieler-Aktivität im Herbst auch der Kohlmottenschildlausbesatz deutlich dezimiert worden war. Dieser Gegenspielerereffekt der Blattlausgegenspieler-Gilde war unter Kulturschutznetz ausgegrenzt, sodass die verringerte Röschenqualität in Variante K2 trotz geringen Kohlmottenschildlausbefalls allein durch Blattlausausscheidungen, in K3 zusätzlich durch *A. proletella* beeinträchtigt war. In 2009 konnte erwartungsgemäß die beste Qualität bei Anwendung der Kulturschutznetze erreicht werden. Ohne Netze war jedoch die Qualität vergleichbar, da durch das natürliche Nützlingsaufkommen wiederum im Herbst Blattlaus- und Kohlmottenschildlausbefall deutlich abnahmen. Die Freisetzung von Kohlmottenschildläusen unter die Kulturschutznetze und die damit verbundene starke Befallsentwicklung verursachte deutliche Rußtauerschmutzungen in Variante K3. Trotz des starken Befallsaufkommens mit *A. proletella* in 2009 waren jedoch die Qualitätsbeeinträchtigungen deutlich schwächer gegenüber dem Vorjahr. Zu erklären ist dies mit der verzögerten Röschenentwicklung in 2009. Die zeitliche Koinzidenz von Röschenwachstum und Befallsmaximum im September 2008 verursachte dagegen starke Rußtauerschmutzungen.

4.2.5.2 Ertrag nach Freisetzungen von natürlichen Gegenspielern

In 2007 als auch 2008 zeigten sich in keiner der geprüften Varianten signifikante Abweichungen im Rohertrag oder marktfähigen Ertrag nach der Freisetzung von *E. tricolor* oder *C. arcuatus* (Abb. 25). Gewisse Schwankungen in Höhe und Streuung der Erträge in 2007 können eher auf die ungleichmäßigen Bestandesentwicklung nach Hagelschäden zurückgeführt werden statt auf eine der Behandlungen. Auch die Sortierung und Qualität der Röschen wurde durch die Behandlungen nicht beeinflusst. Da auch der Kohlmottenschildlausbefall vom Einsatz der Antagonisten unbeeinflusst blieb, war auch ein Einfluss auf den Ertrag nicht zu erwarten.

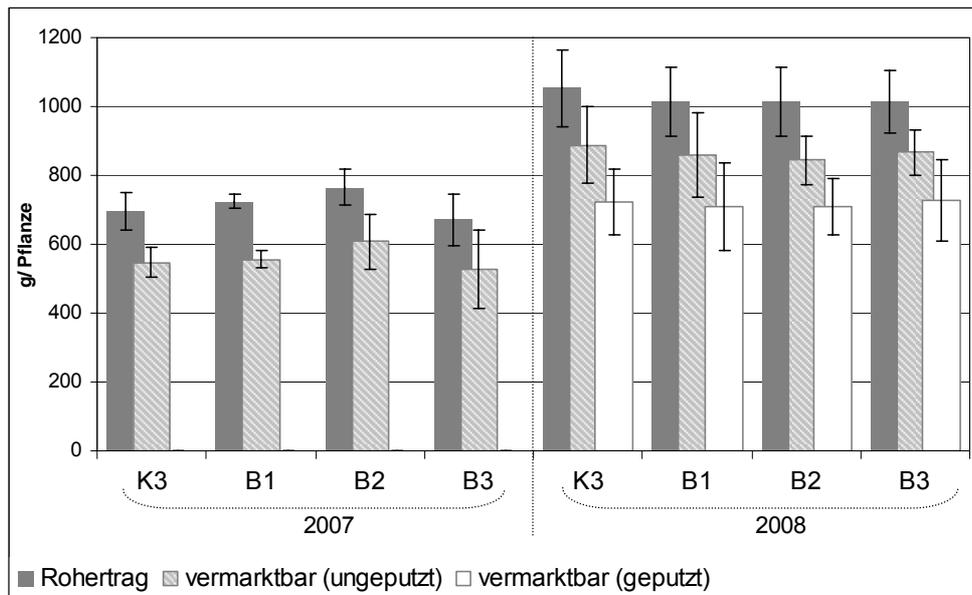


Abb. 25 Rohrertrag und vermarktbarer Ertrag (geputzt und ungeputzt) in Varianten mit Einsatz von Antagonisten im Vergleich zur Kontrolle im Parzellenversuch Neu-Eichenberg 2007 und 2008. (K3= mit Netz und Kohlmottenschildlaus, B1= K3 + *Encarsia tricolor*, B2= K3 + *Clitostethus arcuatus*, B3= K3 + *Encarsia tricolor* + *Clitostethus arcuatus*; Fehlerbalken= Standardabweichung für Rohrertrag)

In 2009 zeigte sich ein Anstieg des Rohrertrags als auch der vermarktbaren Ware bei zunehmender Freisetzungsmengen von *E. tricolor* (siehe Abb. 26). Nach dem Putzen ergab sich bei der höchsten Freisetzungsmenge ein Mehrertrag an marktfähiger Ware von annähernd 23%, was einem Plus von 23 dt/ha entspricht. Der Anteil nicht vermarktbarer Ertrags nahm durch geringe Anteile des Ausputzes und des Abfalls ab (siehe Abb. 27). Auch die Röschenqualität verbesserte sich dementsprechend durch die Freisetzung von *E. tricolor*, da Russtauverschmutzungen insbesondere bei der höchsten Freisetzungsmenge schwächer ausfielen, wenn auch nicht signifikant (Boniturnote 2,1 im Vergleich zu 4,0 in K3). Diese Tendenzen ließen sich jedoch aufgrund hoher Versuchsstreuung nicht statistisch absichern.

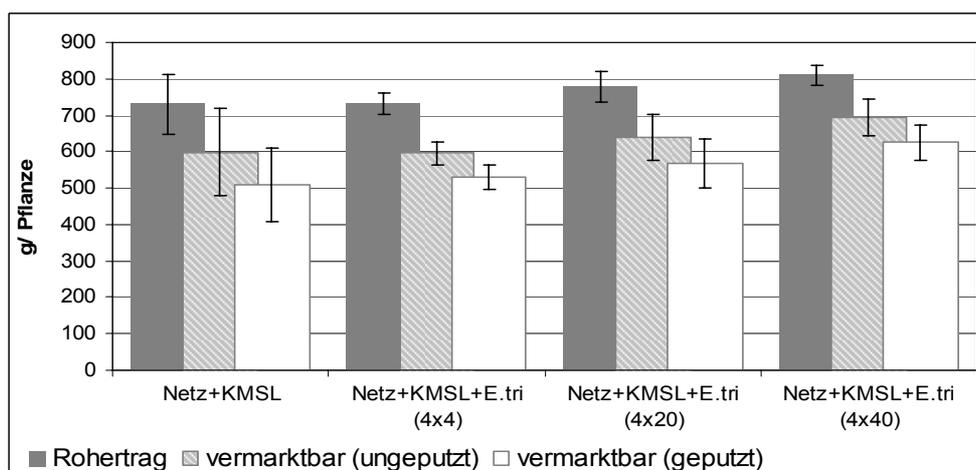


Abb. 26 Rohrertrag und vermarktbarer Ertrag (geputzt und ungeputzt) bei unterschiedlichen Freisetzungsmengen von *Encarsia tricolor* (E.tri) im Vergleich zur Kontrolle (K3) im Parzellenversuch Neu-Eichenberg 2009. (KMSL= Kohlmottenschildlaus; Fehlerbalken= Standardabweichung)

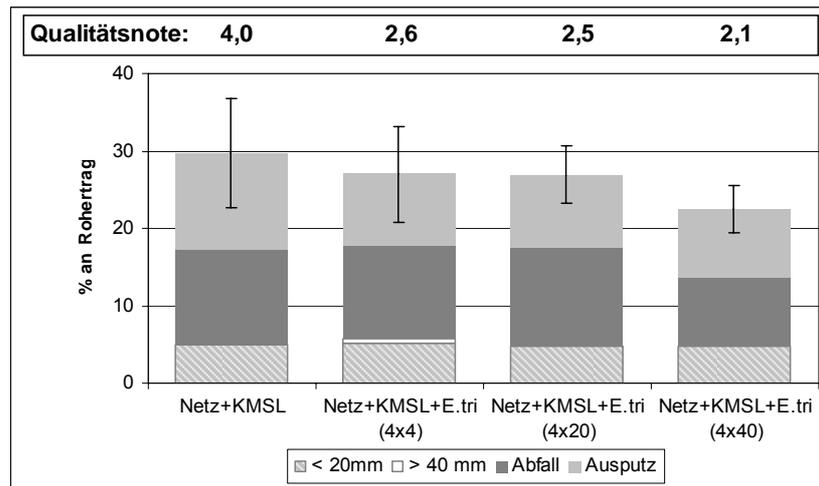


Abb. 27 Gewichtsanteil aussortierter Röschen an Rohertrag und Qualitätsbeurteilung bei unterschiedlichen Freisetzungsmengen von *Encarsia tricolor* (E.tri) im Vergleich zur Kontrolle im Parzellenversuch Neu-Eichenberg 2009. (KMSL= Kohlmottenschildlaus; Fehlerbalken= Standardabweichung für Abfall insgesamt, keine signifikanten Unterschiede für Abfall und Qualitätsnoten)

4.2.5.3 Einfluss des Ernteverfahrens auf den Ertrag

Zwar beeinflussten weder die Anwendung des Kulturschutznetzes noch maschinelles Fräsen den Rohertrag, jedoch waren die Sortierung und der anfallende Abfall hoch signifikant abhängig vom Ernteverfahren (Tab. 11). Zum einen fielen weniger Untergrößen an, da die kleinsten Röschen beim maschinellen Verfahren nicht vollständig vom Strunk gelöst wurden. Dagegen musste gegenüber dem schonenderen Ablösen per Hand mehr Röschen aussortiert werden, so dass durch maschinelle Ernte insgesamt ein höherer Anteil an Abfall am Gesamtertrag entstand. Hier zeigt sich auch eine signifikante Interaktion von Netzverfahren und Ernteverfahren. Während bei Handerte sich keine Unterschiede im Anteil des Abfalls zeigten, verringerte sich beim Fräsen der Anteil um 7% durch die Anwendung des Netzes. Das beschriebene stärkere Längenwachstum verbundenen mit einem größeren Abstand der Internodien bei Pflanzen unter dem Kulturschutznetz (vergl. Abb. 16, Abb. 17, Abb. 18) verminderte somit Röschenbeschädigungen beim Fräsen und somit Ernteverluste. Dieser Effekt übertrug sich auch auf den vermarktbareren Ertrag, auch wenn für diesen keine Signifikanz nachgewiesen werden konnte. Der geringste vermarktbarere Ertrag wurde für Pflanzen ohne Netzabdeckung nach maschineller Beerntung ermittelt, der 12% bis 14% unter jenem der Netzvarianten lag. Der höchste vermarktbarere Ertrag ergab sich dagegen für die maschinell beerntete Netzvariante.

Tab. 11 Einfluss von Netzabdeckung und Ernteverfahren auf Rohertrag (in g/Pflanze) und Röschensortierung im Parzellenversuch Neu-Eichenberg in 2008 (ns = ANOVA nicht signifikant mit $\alpha \geq 0,05\%$)

Netz	Ernteverfahren	Rohertrag	vermarktbar (ungeputzt)	<20mm	> 40 mm	aussortiert	% Abfall gesamt
ohne	Hand	1037	851	32	0	154	18,0
	maschinell	1039	752	7	0	280	27,9
mit	Hand	1030	860	17	1	152	17,0
	maschinell	1098	871	12	0	214	20,9
ANOVA	Netzabdeckung	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	Ernteverfahren	ns	ns	0,009	ns	< 0,001	< 0,001
	Interaktion (Netz * Ernteverfahren)	ns	ns	0,048	ns	ns	0,034

5 Praxisversuch 2008-2009

In 2008 und 2009 erfolgte ergänzend zum Parzellenversuch der Einsatz von *E. tricolor* auch unter Praxisbedingungen. Diese Tastversuche dienten dem Ziel das Potential von *E. tricolor* im Freiland Einsatz überwiegend ohne Netzabdeckung abzuschätzen. Zudem sollten erste Daten zum Ausbreitungsverhalten des Parasitoiden in der offenen Fläche gesammelt werden. Diese Informationen liefern erste Anhaltspunkte zur Abschätzung notwendiger Verteilungsdichten (Zahl der Freisetzungspunkte) in der Praxis.

5.1 Methoden

5.1.1 Versuchsstandorte

Die Versuche wurden mehrortig auf Rosenkohlfeldern des Bioland Betriebs Rosenhof Naturkost GbR (31547 Rehburg-Loccum) durchgeführt. In 2008 lag die ca. 3.8 ha große Fläche bei 30966 **Hiddestorf**, wo der Betrieb bereits in 2007 auf einer nahegelegenen Problemfläche mit starkem Kohlmottenschildlausbefall konfrontiert war. Die Pflanzung erfolgte Ende April (KW 17 und 18) in 180cm breiten zweireihigen Beeten (Reihenabstand 60 cm). Die Fläche wurde mit Ausnahme eines ca. 50m breiten und 200m langen Streifens mit Kohlfliengennetzen (Maschenweite 1.35 x 1.35 mm) abgedeckt. Ein konventionell bewirtschafteter Rapsschlag grenzte direkt an die Fläche an. In 2009 wechselte der Betrieb auf eine Fläche südlich von 31604 **Dierstorf** (Gemeinde Raddestorf), zu der keine Informationen zum erwartenden Befallsdruck mit Kohlmottenschildläusen vorlagen. Die Pflanzung des Rosenkohls erfolgte wiederum in Beeten in verschiedenen Sätzen von Mitte April bis Mitte Mai. Nach starkem Verbiss durch Wild und Tauben wurde die gesamte Fläche von Mitte Juni bis Mitte Juli mit Kulturschutznetzen (Maschenweite 1.35 x 1.35 mm) abgedeckt. Mehrere Rapsschläge lagen in 100 bis 500m Entfernung des Versuchsfelds.

5.1.2 Versuchsanlage Hiddestorf 2008

Am 24.07.08 wurde im Bestand ca. 6000 Encarsien freigelassen, indem Rosenkohlblätter mit parasitierten Puparien (Herkunft: Katz Biotech AG) zentriert an einer Stelle ausgelegt wurden. Um diesen Freilassungspunkt wurden gitterartig in einem Abstand von jeweils zwei Beetbreiten und 4m Beetlänge 63 Pflanzen markiert ergänzt durch acht weitere Pflanzen im direkten Umfeld der Freilassungsstelle (siehe Abb. 28). Von diesen Pflanzen wurde vor der Nützlingsfreisetzung sowie im Abstand von 2 Wochen am 6.08.08, 20.08.08 und 03.09.09 jeweils ein Blatt mit Puparien von *A. prolella* eingesammelt. Die Auszählung der Puparien sowie deren Untersuchung auf Parasitierung durch *E. tricolor* erfolgte an der Universität Kassel entsprechend der Methodik unter Pkt 4.1.4.4. Im Abstand von 100 m zu der Behandlungspartzele wurde eine Kontrollpartzele (ohne Nützlingsfreilassung) von der gleichen Größe angelegt, in der in einem größeren Raster 20 Pflanzen markiert wurden. Auch hier wurden zu denselben Zeitpunkten wie in der behandelten Fläche Blattproben entnommen.

Am 14.10.08 erfolgte die Beerntung von jeweils 20 Pflanzen in der Behandlung und der Kontrolle. Nach Ermittlung des Rothertrags wurde zuerst der Ausschuss (Faule, zu große, zu kleine) entfernt und dann die Röschen entsprechend ihres Verschmutzungsgrades sortiert und gewogen. Von den beernteten Pflanzen wurde wiederum jeweils ein Blatt zur Ermittlung der Parasitierung entnommen.

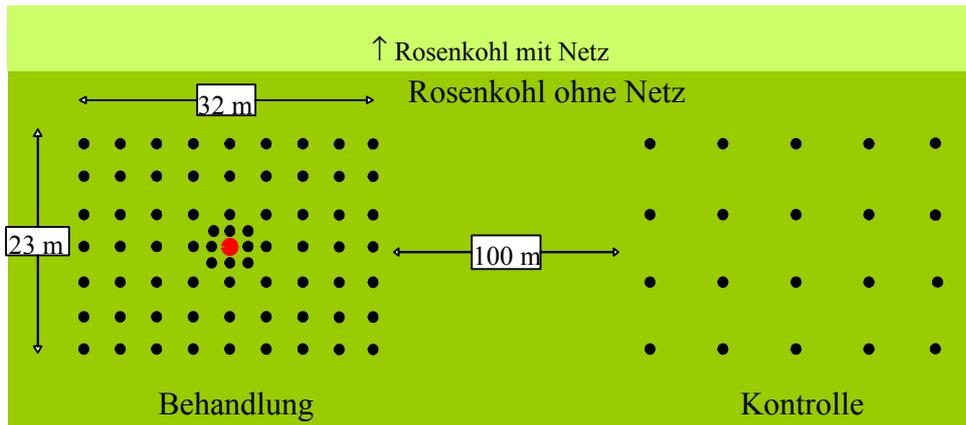


Abb. 28 Anlage der Behandlungs- und Referenzparzelle im Praxisschlag in Hiddestorf 2008 (schwarze Punkte = markierte Pflanzen, roter Punkt = Freilassungsstelle für Encarsien).

5.1.3 Versuchsanlage Dierstorf 2009

Aufgrund der geringeren Größe der Versuchsfläche (1,5 ha Rosenkohl im frühen Satz) und dem stark lückigen Bestand mussten die Versuchspartellen kleiner (100 m² statt 736 m²) und im geringeren Abstand (50 – 70 m) angelegt werden als in 2008. Auf insgesamt vier Partellen wurden jeweils 30 Pflanzen markiert (siehe Versuchsplan Abb. 29). Am 05.07.09 sowie 4 Wochen später am 05.08.09 wurden in zwei Partellen jeweils ca. 10.000 Encarsien freigelassen. Dafür wurden wiederum Rosenkohlblätter mit parasitierten Kohlmottenschildlauslarven (Herkunft: Katz Biotech AG) auf Pflanzen in der Partellenmitte ausgelegt. Die beiden anderen Partellen dienten als Kontrolle. Zum Zeitpunkt der ersten Freilassung war die gesamte Fläche einschließlich des Versuchs noch mit Kohlfliengennetzen abgedeckt (Netzbreite = Partellenbreite). Zur zweiten Freilassung waren die Kulturschutznetze bereits durch den Betreib entfernt worden.

Von den markierten Pflanzen wurde vor den Nützlingsfreisetzen sowie zu zwei späteren Terminen (27.8., 18.9.) im Abstand von drei Wochen jeweils ein Blatt mit Puparien von *A. proletella* zur Ermittlung der Parasitierung eingesammelt. Zum ersten Termin konnten nur 10 Proben statt 30 genommen werden, da der Befall zu diesem Zeitpunkt noch sehr gering war. Aufgrund der insgesamt schwachen Entwicklung des *A. proletella* - Befalls im Versuch wurde von einem Ertragsvergleich der behandelten Fläche zur Kontrolle abgesehen.

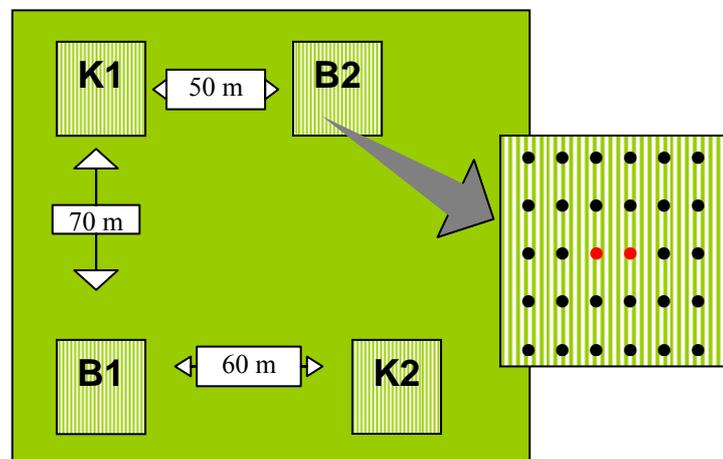


Abb. 29 Anlage der Versuchspartellen in Praxisschlag (schwarze Punkte = markierte Pflanzen, roter Punkt = Freilassungsstellen für Encarsien. K1= Kontrolle Wiederholung 1. B1 = Behandlung Wiederholung 1)

5.2 Ergebnisse

5.2.1 Hiddestorf 2008

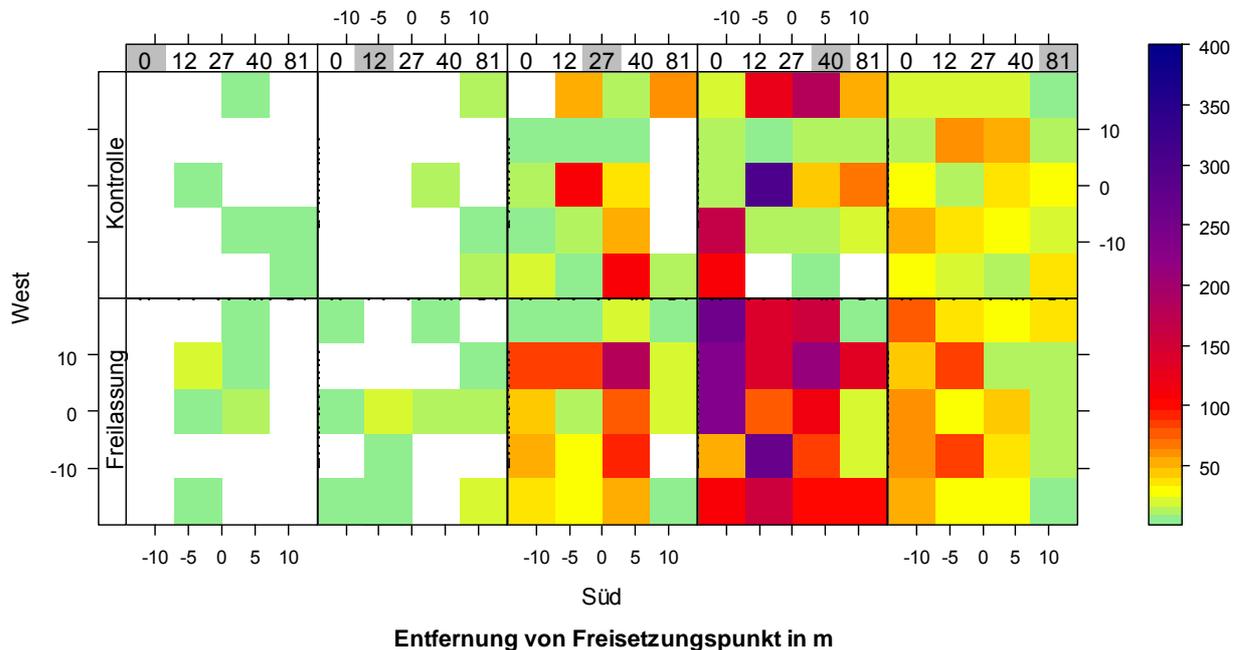


Abb. 30 Hiddestorf 2008: Verbreitung und Entwicklung von *Encarsia tricolor* in behandelter und Kontrollparzelle (Freilassungsparzelle entsprechend Kontrolle für Abbildung auf 20 Probepunkte reduziert; grau unterlegte Zahl = Tage nach Freisetzung, Farbskala= Anzahl parasitierte Kohlmottenschildlauslarven je Blattprobe)

Bereits vor der Freilassung konnte vereinzelt Parasitierung durch natürlich vorkommende *E. tricolor* nachgewiesen werden (siehe Abb. 30). 12 Tage nach der Freilassung wurden parasitierte Puparien insbesondere auf Blattproben aus dem Kernbereich der Parzelle um den Freilassungspunkt vorgefunden. In der Kontrolle hatte dagegen die Verteilungsdichte nicht zugenommen. Nach 40 Tagen hatte sich *E. tricolor* über die gesamte Freilassungsparzelle ausgebreitet, während in der Kontrollparzelle weiterhin einzelne Proben ohne Parasitierung waren. Zu diesem Zeitpunkt wurde auch die höchste Parasitierung von 12% festgestellt, die damit dreimal so hoch war wie in der Kontrolle (siehe Abb. 31). Zusätzlich trat gehäufte Parasitierung im Westen, der Hauptwindrichtung, auf (siehe Abb. 30) Zur Ernte näherte sich das insgesamt rückläufige Parasitierungsniveau dem der Kontrollparzelle wieder an. Die Freilassung führte somit temporär zur einer deutlichen Aufstockung der schwachen, natürlichen Hintergrundpopulation.

Der Kohlmottenschildlausbefall hatte sich im Bestand bereits vor der Nützlingsfreilassung relativ stark entwickelt, wobei die Befallsstärke in der Kontrolle etwas geringer war als in der Freisetzungsparzelle (durchschnittlich 124 Larven/Blatt bzw. 146 Larven/Blatt). Bis 40 Tage nach der im Vergleich zu 2009 (s.u.) sehr späten Nützlingsfreisetzung stieg der Kohlmottenschildlausbefall in der Kontrolle als auch der Behandlungsparzelle auf >1000 Larven/ Blatt an (siehe Abb. 32), sodass in 2008 die Schädlingsdichte trotz hoher *E. tricolor*-Parasitierung unbeeinflusst blieb.

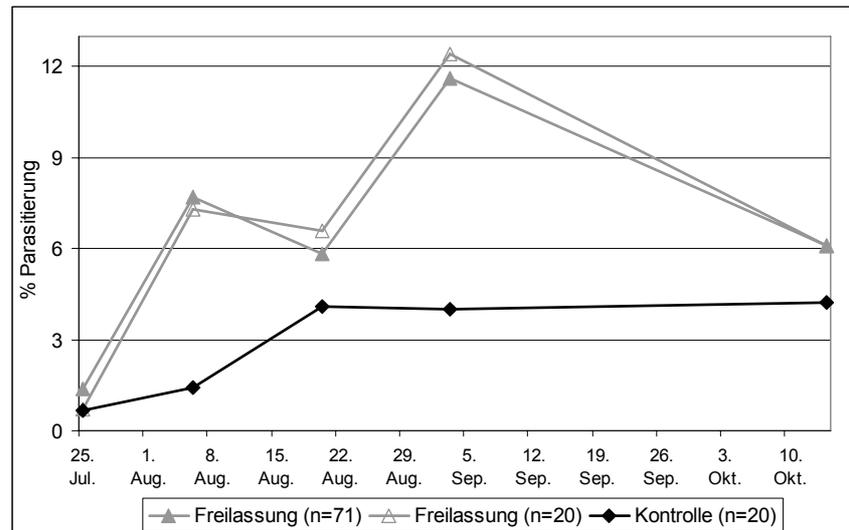


Abb. 31 Entwicklung der Parasitierung von *Aleyrodes proletella* Larven durch *Encarsia tricolor* von Nützlingsfreisetzung bis Ernte in Hiddestorf 2007

Werden für die Freilassung nur 20 Blattproben entsprechen des groben Rasters der Kontrollparzelle berücksichtigt, ergeben sich im Mittelwert und Streuung vergleichbare Ergebnisse für die Anzahl Encarsien/ Blatt, % Parasitierung als auch den Kohlmottenschildlausbefall (vergleiche Abb. 31 und Abb. 32). Dieser Stichprobenumfang reicht somit bei dem hier gewählten Parzellenabstand von 100m aus, um bei weiteren Versuchen Unterschiede in der Parasitierung nach *E. tricolor* Freisetzung im Vergleich zu einer Kontrolle abbilden zu können. Die Migration von *E. tricolor* aus lokalen Populationen in die Versuchspartellen lässt jedoch eine Aussage zu dem Ausbreitungsdistanzen und –geschwindigkeiten nicht zu. Nach der punktuellen Freisetzung finden sich nach 40 Tagen jedoch nicht nur im Kernbereich der Parzelle sondern auch in den Randbereichen viele parasitierte Kohlmottenschildlauslarven, ohne dass ein Gradient erkennbar wäre. Die punktuelle und konzentrierte Ausbringung erwies sich somit für das untersuchte fast 800 m² große Areal als ausreichend.

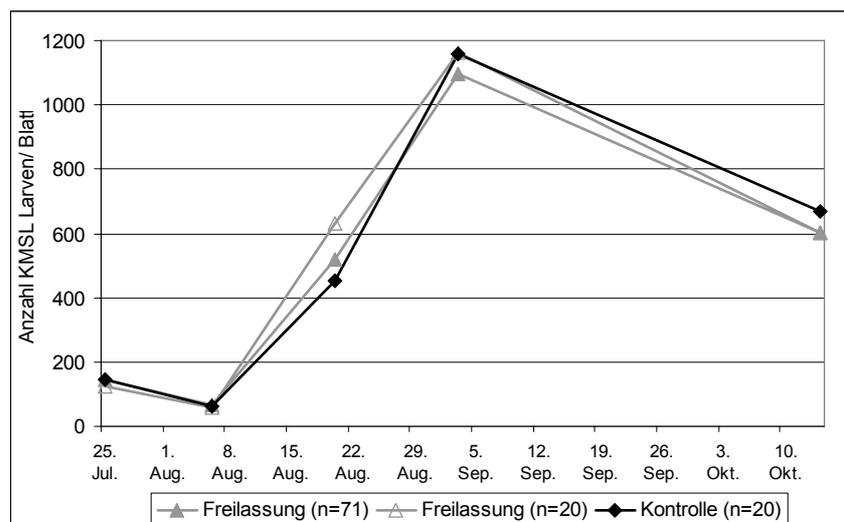


Abb. 32 Entwicklung des Befalls mit Larven von *Aleyrodes proletella* von Nützlingsfreisetzung bis Ernte in Hiddestorf 2007 (KMSL= Kohlmottenschildlaus, n=Stichprobenumfang)

Der Ertrag der Pflanzen in der Freisetzungsparzelle fiel mit durchschnittlich 1230 g/Pflanze etwas höher aus als jener in der Kontrolle (940 g/Pflanze). Insgesamt war der Anteil nicht verschmutzter Röschen in der Kontrolle geringfügig höher (siehe Abb. 33).

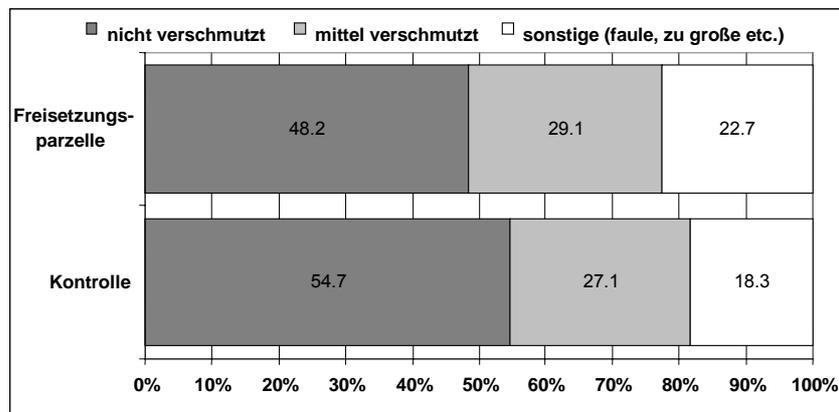


Abb. 33 Anteil von durch Russtau verschmutzter Röschen am Gesamtertrag in Hiddestorf 2007

5.2.2 Dierstorf 2009

Aufgrund der Vorerfahrungen in 2008 wurde der Freilassungstermin 2009 terminlich vorverlegt. Die ersten Kohlmottenschildläuse traten auf der Fläche bereits vor der Netzabdeckung Mitte Juni auf. Da ein weiterer Zuflug durch die Netze beschränkt wurde, waren zum Zeitpunkt der ersten Freisetzung von *E. tricolor* Anfang Juli nur vereinzelt Kohlmottenschildlauslarven auf den Blättern zu finden (im Durchschnitt < 30 Larven/Blatt). Eine natürliche Parasitierung war vor der ersten Freisetzung nicht nachweisbar.

Auch 31 Tage nach der ersten Freisetzung, Anfang August, waren die Kontrollen annähernd frei von Parasitierung (jeweils ein Blatt mit parasitierten Kohlmottenschildlauslarven). Dagegen war zum selben Zeitpunkt bereits in 66% bzw. 27% der Proben der behandelten Fläche Parasitierung nachweisbar (siehe Abb. 34). Dabei wurde Parasitierung insbesondere im Kernbereich der Parzellen in direkter Umgebung der Freilassungspunkte nachgewiesen. Eine Ausbreitung von *E. tricolor* erfolgte aber mindestens bis in einem Radius von 5,5m, da Parasitierung auch im Randbereich der Parzellen vorgefunden wurde.

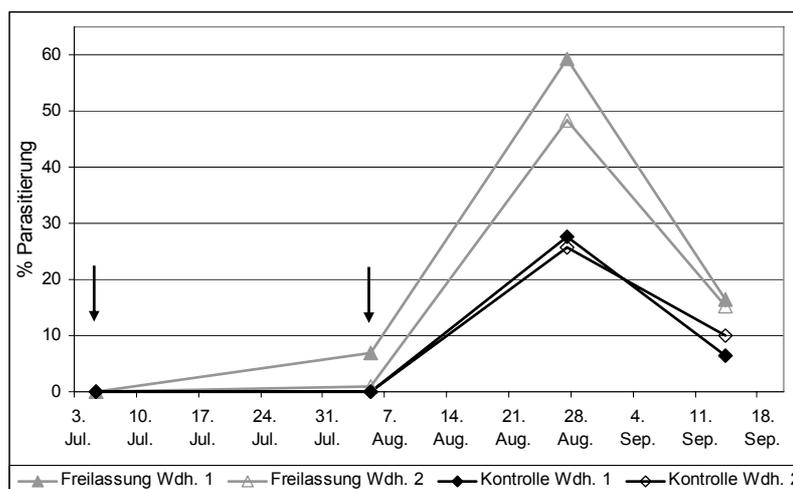


Abb. 34 Durchschnittlicher Anteil parasitierter Larven der Kohlmottenschildlaus je Rosenkohlblatt in Prozent im Praxisversuch in Dierstorf 2009 (schwarze Pfeile = Freisetzungstermine)

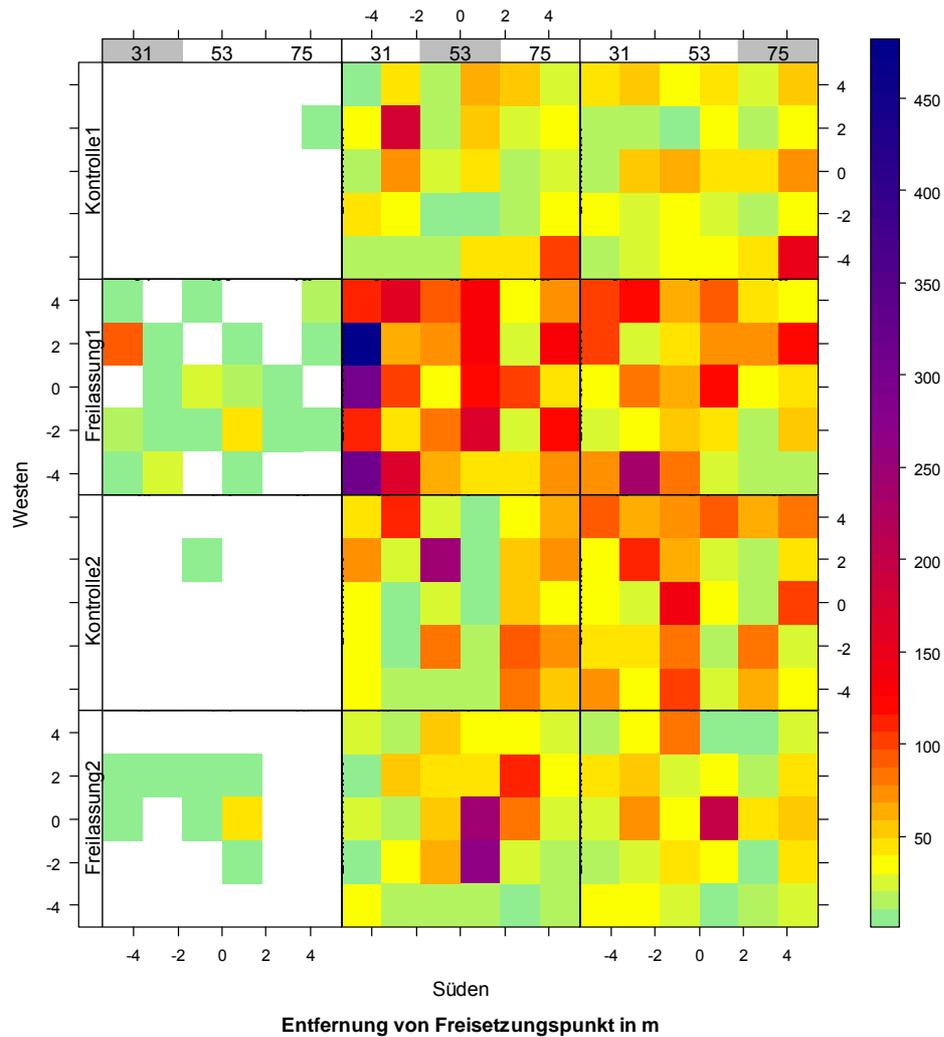


Abb. 35 Dierstorf 2009: Verbreitung und Entwicklung von *Encarsia tricolor* nach Freilassung im Vergleich zu Referenzparzelle; (grau unterlegte Zahl = Tage nach 1. Freisetzung, Farbskala= Anzahl parasitierte Kohlmottenschildlauslarven je Blattprobe)

Nach 53 Tagen, ca. drei Wochen nach dem Aufdecken der Netze und einer weiteren Freisetzung, zeigte sich in allen Proben von allen Versuchspartellen Parasitierung. Durch die Freisetzung von *E. tricolor* konnte allerdings der Anteil parasitierter Larven annähernd verdoppelt werden (siehe Abb. 34). Allerdings nur in Behandlung (Wiederholung 1) war dies auch mit einer höheren Anzahl geschlüpfter *E. tricolor* verbunden (102 Encarsien/Blatt zu 31 Encarsien/Blatt in Kontrolle (Wiederholung 1), siehe auch Abb. 35. Bezüglich der räumlichen Verteilung waren in Wiederholung 1 ebenso wie in 2008 zum Parasitierungsmaximum die höchsten absoluten Dichten an parasitierten Larven in der westlichen Hälfte der Parzelle zu verzeichnen. In Wiederholung 2, die einen deutlich geringeren Ausgangsbefall hatte, konzentrierte sich die Parasitierung im Zentrum nahe den Freilassungsstellen. In beiden Behandlungen zeigte sich somit zu diesem Zeitpunkt eine enger Zusammenhang von Kohlmottenschildlausdichte und Anzahl parasitierter Kohlmottenschildläuse (Wdh.1: $R^2=0,68$, Wdh. 2: $R^2=0,97$).

Nach insgesamt 75 Tagen, 44. Tage nach der zweiten Freisetzung, konnte durch die beiden Nützlingsfreisetzungen die Befallsentwicklung Mitte September auf beiden behandelten Flächen im Mittel um 33% bzw. 57% gegenüber den Kontrollen verringert werden (Abb. 36). Der Anteil parasitierter Kohlmottenschildläuse fluktuierte zwar bedingt durch schwankende Befallsdichten, war aber durchgehend deutlich höher als in den Kontrollparzellen ohne Freilassung.

Ob sich die Abdeckung mit weitmaschigem **Kohlfliegen**netzes (!) zum Zeitpunkt der ersten Freisetzung förderlich auf das Ergebnis ausgewirkt hatte, wird sich zum jetzigen Untersuchungsstand nicht klären lassen. In diesem Zusammenhang ist jedoch auffällig, dass nach Abnehmen der Netze und der zweiten Freisetzung Ende Juli auch in den Kontrollparzellen die Parasitierung deutlich anstieg. Entweder hatte zeitgleich eine externe Zuwanderung der *E. tricolor* Hintergrundpopulation eingesetzt oder eine weitflächige Verteilung der freigesetzten Parasitoide über den ganzen Bestand stattgefunden, woraus sich eine Unterschätzung des Wirkungsgrads des *E. tricolor*-Einsatzes ergeben würde. Trotz der hier nicht abschließend zu klärenden Frage ist die praxisübliche Verwendung eines Kohlfliegennetzes zumindest als kompatibel mit dem Einsatz von *E. tricolor* einzustufen.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass a) in beiden Untersuchungsjahren eine reproduzierbar gesteigerte Parasitierung des Zielschädlings um mehr als das Doppelte erreicht wurde. Zusätzlich konnte b) mit zeitlich vorverlegten *E. tricolor*-Freilassungen unter den Praxisbedingungen 2009 ein deutlicher Regulationseffekt gegenüber Kohlmottenschildlausbefall von bis zu 57% erzielt werden..

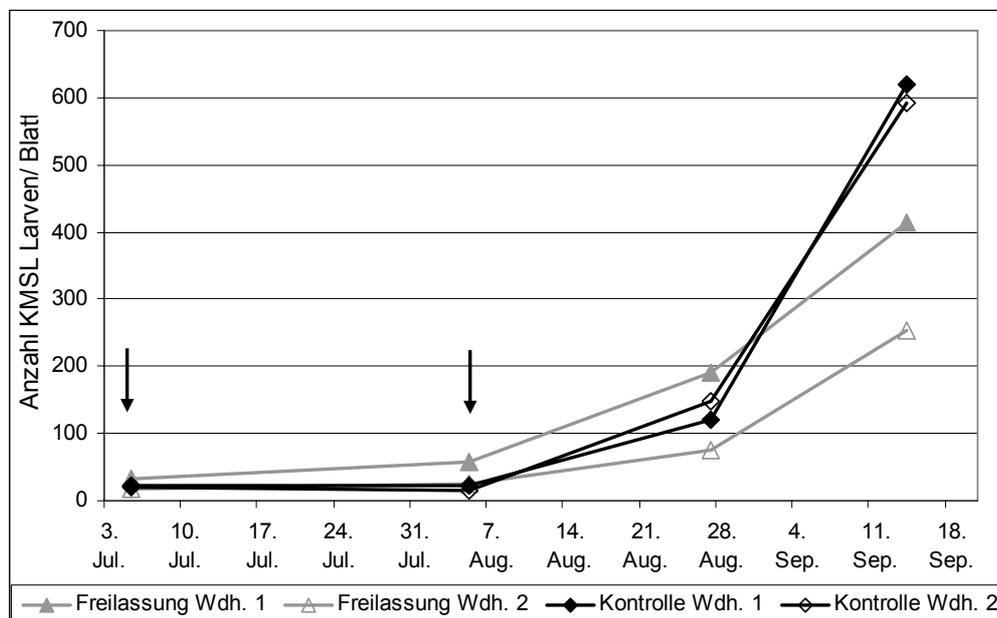


Abb. 36 Durchschnittliche Anzahl Larven der Kohlmottenschildlaus je Rosenkohlblatt im Praxisversuch in Dierstorf 2009 (schwarze Pfeile = Freisetzungstermine)

6 Laboruntersuchungen zur Biologie *E. tricolor*

Die Laboruntersuchungen, die aufgrund der dortigen Infrastruktur und Expertise überwiegend vom JKI Darmstadt wahrgenommen, wurden dienen der Erreichung folgender Teilziele a) Methodenentwicklung, b) Qualitätskontrolle des Freisetzungsmaterials, c) Biologische Eckdaten zu Temperaturansprüchen, Lebensdauer und Parasitierungs- bzw. Prädationsleistung der Gegenspieler.

6.1 Vorarbeiten, Methodenentwicklung

6.1.1 Blattproben von Praxisbetrieben 2007

Da es keine Daten zum natürlichen Vorkommen von *E. tricolor* in Norddeutschland und vergesellschafteter Parasitode und deren Relevanz für den Zielschädling gab, wurden KMSL-befallene Blattproben ökologisch wirtschaftender Betriebe verschiedener Standorten gesammelt und am JKI Darmstadt auf Parasitierung untersucht (Tab. 12). Die mit KMSL befallenen Blattproben aus verschiedenen Kohlkulturen stammten von der Versuchsfläche der Universität Kassel und drei Praxisbetrieben. Mit Ausnahme der Probestfläche „Nötel“, einem konventionellen Betrieb, handelte es sich dabei um Biologisch wirtschaftende Ökolandbetriebe.

Tab. 12 Eingesandte Blattproben 2007

Bezeichnung der Probestfläche	<i>E. tricolor</i> - Freilassung	Probenahme am	Kultur	Anzahl der Teilproben
Betrieb Mergenthaler, Baxmann	ja	04.09.2007	Rosenkohl	4
Ebergötzen	nein	07.09.2007	Wirsing	4
Ebergötzen	nein	07.09.2007	Brokkoli	5
Betrieb Mergenthaler, Baxmann	ja/unter Netz	15.09.2007	Rosenkohl	18
Nötel (konventionell)	nein	15.09.2007	Kohlrabi	8
Nötel (konventionell)	nein	15.09.2007	Wirsing	4

Die Ergebnisse für die Flächen „Betrieb Mergenthaler, Baxmann“, „Ebergötzen“ und „Nötel“ sind in Tab. 13 dargestellt. Bei keiner der untersuchten Proben war Hyper- oder Autoparasitismus zu beobachten. Nur eine der neun Proben des Standortes „Ebergötzen“ vom 07.09.07 wies eine Parasitierung durch *E. tricolor* auf. Am Standort „Betrieb Mergenthaler, Baxmann“ trat am 04.09.07 in drei von vier Blattproben eine Parasitierung auf.

Von den 18 Teilproben des „Betriebes Mergenthaler, Baxmann“ vom 15.09.07 wiesen 11 eine Parasitierung durch *E. tricolor* auf. Bei der Untersuchungsfläche „Betrieb Nötel“ war nur bei einer Probe im Wirsing ein Auftreten von *E. tricolor* festzustellen.

Tab. 13 Ergebnisse der Blattproben von Praxisflächen 2007

Blattprobe	Kultur	Datum der Probenahme	Anzahl geschlüpfter <i>E. tricolor</i>
Fläche Ebergötzen			
Ebergötzen 1	Wirsing	07.09.2007	-
Ebergötzen 2	Wirsing	07.09.2007	7
Ebergötzen 3	Wirsing	07.09.2007	-
Ebergötzen 4	Wirsing	07.09.2007	-
Ebergötzen 1	Brokkoli	07.09.2007	-
Ebergötzen 2	Brokkoli	07.09.2007	-
Ebergötzen 3	Brokkoli	07.09.2007	-
Ebergötzen 4	Brokkoli	07.09.2007	-
Ebergötzen 5	Brokkoli	07.09.2007	-
Betrieb Mergenthaler, Baxmann			
Baxmann 1	Rosenkohl	04.09.2007	8
Baxmann 2	Rosenkohl	04.09.2007	-
Baxmann 3	Rosenkohl	04.09.2007	6
Baxmann 4	Rosenkohl	04.09.2007	13
Bax N 1.1	Rosenkohl	15.09.2007	5
Bax N 1.2	Rosenkohl	15.09.2007	1
Bax N 1.3	Rosenkohl	15.09.2007	4
Bax N 2.1	Rosenkohl	15.09.2007	7
Bax N 2.2	Rosenkohl	15.09.2007	5
Bax N 2.3	Rosenkohl	15.09.2007	1
Bax N 3.1	Rosenkohl	15.09.2007	-
Bax N 3.2	Rosenkohl	15.09.2007	-
Bax N 3.3	Rosenkohl	15.09.2007	-
Bax F 1.1	Rosenkohl	15.09.2007	9
Bax F 1.2	Rosenkohl	15.09.2007	16
Bax F 1.3	Rosenkohl	15.09.2007	3
Bax F 2.1	Rosenkohl	15.09.2007	2
Bax F 2.2	Rosenkohl	15.09.2007	-
Bax F 2.3	Rosenkohl	15.09.2007	-
Bax F 3.1	Rosenkohl	15.09.2007	-
Bax F 3.2	Rosenkohl	15.09.2007	-
Bax F 3.3	Rosenkohl	15.09.2007	12
Betrieb Nötel (konventionell)			
Nötel 1 K	Rosenkohl	15.09.2007	-
Nötel 2 K	Rosenkohl	15.09.2007	-
Nötel 3 K	Rosenkohl	15.09.2007	-
Nötel 4 K	Rosenkohl	15.09.2007	-
Nötel 5 K	Rosenkohl	15.09.2007	-
Nötel 6 K	Rosenkohl	15.09.2007	-
Nötel 7 K	Rosenkohl	15.09.2007	-
Nötel 8 K	Rosenkohl	15.09.2007	-
Nötel 1 W	Wirsing	15.09.2007	-
Nötel 2 W	Wirsing	15.09.2007	-
Nötel 3 W	Wirsing	15.09.2007	2
Nötel 4 W	Wirsing	15.09.2007	-

6.1.2 Zusätzliche Freilandbeobachtungen in 2007

Im Garten des Instituts für biologischen Pflanzenschutz wurde am 17.08.07 der Befall durch KMSL und die Parasitierung durch *E. tricolor* an einem aus 37 Pflanzen bestehendem Markstammkohlblatt erfasst. Hier wurden keine Nützlinge ausgebracht. Es handelte sich um eine natürliche Besiedlung durch Schädling und Nützling. Alle 37 Kohlpflanzen wiesen einen KMSL-Befall auf. Die Pflanzen hatten im Mittel 10 Blätter (Spannbreite 6-18). Im Durchschnitt waren davon 8 mit KMSL befallen. Der KMSL-Befall wurde nicht weiter quantifiziert. Auf 29 Pflanzen war gleichzeitig eine Parasitierung durch *E. tricolor* festzustellen, die sich anhand einer Schwarzverfärbung parasitierter Larven zeigte. Im Mittel war auf 2,7 Blättern eine Parasitierung zu beobachten (Spannbreite 1-6 Blätter). Eine „quantitative“ Erfassung der Parasitierung erfolgte nicht. Aus den gesammelten KMSL-Puparien schlüpfte neben *E. tricolor* mit *E. inaron* ein weiterer Vertreter der Gattung *Encarsia*. Bei der letzten Probenahme am 01.10.07 betrug der Anteil der Männchen unter den schlüpfenden Encarsien 68% (bei insgesamt 35 geschlüpfen Individuen). Dies könnte auf einen stark ansteigenden Autoparasitismus infolge sinkender Wirtsdichte zurückzuführen sein, da der KMSL-Befall im Vergleich zu den Vormonaten stark rückläufig war.

6.1.3 Identifikationshilfen zur Unterscheidung relevanter *Encarsia*-Arten

Für die Parasitierung der Kohlmottenschildlaus sind in Europa vor allem *E. tricolor* und *E. inaron* relevant. Beide Arten sind deutlich voneinander zu unterscheiden.

Während *E. tricolor* (Abb. 37) olivbraun gefärbt ist und lediglich das Scutellum am Rücken gelb gefärbt ist, teilt sich bei *E. inaron* (Abb. 38) die Färbung deutlich in ein schwarzer Thorax und ein blassgelbes Abdomen. Die Männchen von *E. tricolor* sind ähnlich gefärbt wie die Weibchen und unterscheiden sich durch einen schmaleren Habitus, dunkelrot gefärbte Augen und ein fusioniertes Fühler-Endglied (siehe 6.1.4). Die Männchen von *E. inaron* hingegen sind dunkel gefärbt (Abb. 38). Eine ähnliche Färbung zeigt *E. formosa*, die in Mitteleuropa in der Regel nur im Gewächshaus auftritt und gegen die Gewächshaus-Weiße Fliege eingesetzt wird (Abb. 39). Da sie laut Literatur nur vereinzelt an der Kohlmottenschildlaus nachgewiesen ist, ist davon auszugehen, dass es sich hierbei auch um Verwechslungen mit *E. inaron* handeln könnte. Bei der Massenzucht beider Arten bei einem Nützlingszüchter ist eine geringe Vermischung der Arten nicht ausgeschlossen. Die vollständig schwarz gefärbten Männchen von *E. formosa* treten nach Aussage von Züchtern ausgesprochen selten auf.

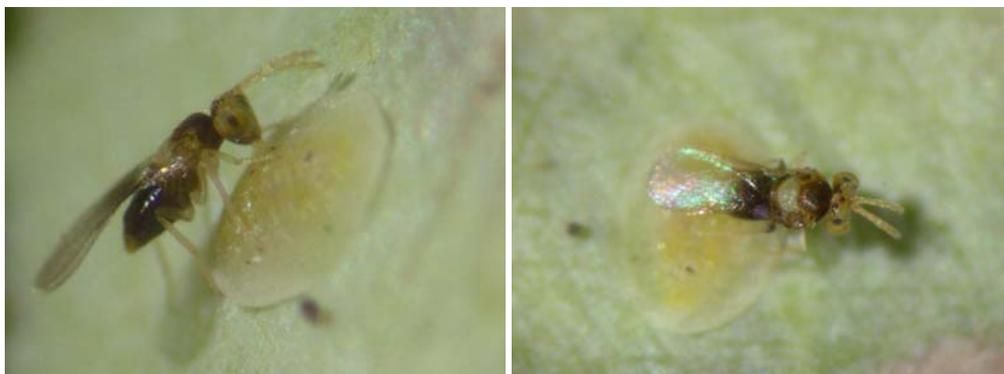


Abb. 37 *Encarsia tricolor* Weibchen; hostfeeding (li.), Anstich Puparium (re.) (Fotos: O. Zimmermann)



Abb. 38 *Encarsia inaron*; Weibchen (links, Foto: A. Wild) Männchen (rechts, Foto: J. Leopold)



Abb. 39 *Encarsia formosa*; Weibchen (links) Männchen (rechts) (aus Noyes 1998)

Morphologisch sind *E. inaron* und *E. formosa* nur schwer zu unterscheiden. *E. inaron* zeigt sowohl an den Flügelansätzen als auch am Abdomen manchmal Dunkelfärbungen, die jedoch nicht als sicheres Merkmal gelten können. Die Tarsenformel für die Beine unterscheidet die Arten (*E. inaron* 5-5-5; *E. formosa* 5-4-5). Dafür ist jedoch eine mikroskopische Analyse erforderlich.

Vorliegende Bestimmungsschlüssel aus der Literaturrecherche haben sich als nicht für die Praxis geeignet erwiesen und stellen nur eine gewisse Leitlinie bei der Zusammenstellung individueller Schlüssel dar. Daher ist eine Veröffentlichung zu dem vorliegenden Projektvorhaben mit einem Bild-Bestimmungsschlüssel in Vorbereitung, in dem sowohl die Geschlechtsunterschiede, wie auch die der bei Kohlmottenschildläusen auftretenden *Encarsia*-Arten *E. tricolor*, *E. inaron* und *E. formosa* dargestellt und charakterisiert werden. Es ist mittelfristig geplant, den Kurzschlüssel für die wichtigsten Arten der Gattung *Encarsia* in Deutschland in die „offenen Naturführer“ des EU-Projektes „Key to Nature“ einzuarbeiten und so einer breiten Öffentlichkeit zur Verfügung zu stellen. Es zeigte sich im ersten Versuchsjahr, dass die Einarbeitung in die morphologischen Merkmale der neuen Arten eine gewisse Zeit beanspruchte. Die geplante Veröffentlichung soll entsprechende Vorarbeiten bei zukünftigen Forschungsprojekten ersparen und kann von interessierten Praktikern für die Freilandarbeiten genutzt werden.

6.1.4 Geschlechtsunterschiede bei *Encarsia tricolor*

Für die Bestimmung des Geschlechterverhältnisses ist eine sichere und schnelle Identifikation von Männchen und Weibchen der Schlupfwespen erforderlich. Für die laufenden Laborversuche wurde daher eine Bildtafel mit den wesentlichen Fühlermerkmalen erstellt (Abb. 40).

Sicherstes Unterscheidungsmerkmal der Weibchen gegenüber den Männchen ist die Einschnürung des 5. und 6. Antennengliedes. Das Merkmal muss jedoch von den Projektmitarbeitern durch Vergleichsmaterial am Mikroskop eingeübt werden. Die richtige seitliche „schiefe“ Beleuchtung macht das Merkmal sichtbar. Zugleich sind bei den insgesamt kleineren Männchen die Fühler länger und nicht am Ende keulenartig verdickt. Bei gut eingestellter Beleuchtung sind die dunklen Sensillenleisten der männlichen Fühler zu erkennen, die die Fühler dunkel erscheinen lassen.

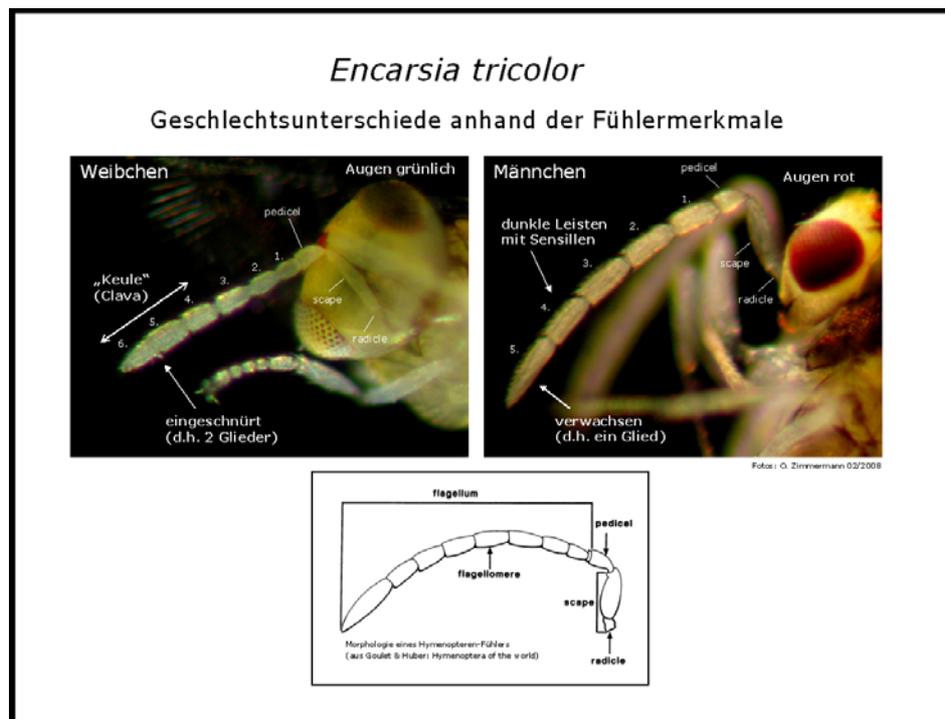


Abb. 40 Geschlechtsspezifische Fühlermerkmale bei *Encarsia tricolor*

6.2 Qualitätskontrollen von Freisetzungsmaterial

Parallel zur Verschickung von Freilassungsmaterial für Feldversuche an die Projektpartner Universität Kassel-Witzenhausen wurden chargengleiche Proben an das JKI-Institut für Biologischen Pflanzenschutz geliefert. Das Material lag in Form von durch *E. tricolor* parasitierten Nymphenstadien der Kohlmottenschildlaus auf einzelnen Rosenkohlblättern vor (Abb. 41). Überprüft wurden der tägliche Schlupf, das Geschlechterverhältnis, die ausgelieferte Anzahl Individuen und mögliche Hyperparasitoide oder konkurrierende Parasitoide.

In einem zweiten Schritt wurde insbesondere die Überlebensrate der Tiere bei verschiedenen Temperaturen überprüft, um Aussagen über den potentiellen Aktivitätszeitraum im Freiland machen zu können. Dies ist wichtig bei der Festlegung von wiederholten Freilassungen parallel zur Befallsentwicklung der Kohlmottenschildläuse. Mit jeder zusätzlich notwendigen Freilassung, entweder durch die geringe Etablierung der freigesetzten Nützlingspopulation im Feld oder zu starken Befallsdruck,

erhöhen sich die Kosten für eine zukünftige Anwendung in der Praxis. Für die Bewertung der Ökonomie des Verfahrens sind daher solche Untersuchungen eine wertvolle und notwendige Voraussetzung.

6.2.1 Durchführung

Die parasitierte Blattware mit den Nützlingen wurde in geschlossene Belaplastschalen verbracht (Abb. 12) und täglich die geschlüpften *E. tricolor* wurden gezählt und in Einmalkulturröhrchen (4cm x 1cm) verbracht. Unter dem Mikroskop wurde das Geschlecht der Tiere bestimmt. Die Röhrchen wurden mit einem Tropfen Honig-Agar als Futter und einen angefeuchteten Stück Filterpapier versehen und mit einem Wattebällchen verschlossen (Abb. 41). Anschließend wurde täglich die Mortalität der aus dem Freilassungsmaterial geschlüpften Tiere überprüft. Die Versuche wurden als Varianten mit und ohne Futter, sowie bei 15°, 20°, 25° und 30°C durchgeführt. Es wurden pro Variante mindestens 25 Wiederholungen mit beiden Geschlechtern angesetzt. Während dieser Versuch zur Bewertung der Qualität in 2007 noch methodisch optimiert werden musste, wurde die Testreihe in 2008 und vor allem in 2009 sehr ausführlich durchgeführt. In 2007 wurden Schlupfproben als Streifen von Kohlblättern auf Papier aufgeklebt, um den Schlupf einfacher mikroskopieren zu können. In die quantitative Erfassung aller schlüpfender Individuen und Mortalitätstests in den folgenden Jahren 2008 und 2009 musste aufgrund der Vorerfahrungen in 2007 wesentlich mehr Arbeitsaufwand investiert werden, als ursprünglich geplant. Die notwendigen Kapazitäten wurden hierfür frei, als die geplanten Parasitierungstests mit einzelnen Weibchen nicht erfolgreich verliefen.

Ausgehend von den Untersuchungen in 2008 wurden in 2009 nicht nur Stichproben gezogen, sondern Blattproben parallel zu allen vier Ausbringungsterminen im Parzellenversuch der Universität Kassel einer täglichen Schlupfkontrolle unterzogen. Der Schlupf erfolgte unter kontrollierten Bedingungen im Labor bei 18-20°C. Die geschlüpften Tiere wurden wiederum nach Geschlechtern getrennt und in Temperaturversuchen die Mortalität bei Temperaturen von 15-30°C ermittelt. Aufgrund des Aufwandes und der gut reproduzierbaren Ergebnisse der Lieferungen 1-3 wurde Freilassungscharge 4 auf Untersuchung der Mortalität verzichtet.



Abb. 41 Freilassungsmaterial als Blattware: Bonitur der Mortalität von vereinzelt *Encarsia tricolor*

6.2.2 Ergebnisse und Diskussion

6.2.2.1 Qualität der gezüchteten Nützlinge in 2007

In 2007 schlüpfen aus der geprüften Freilassungseinheit insgesamt 952 *Encarsia*-Schlupfwespen. Dies entspricht 95,2 % des geplanten Sollwerts von 1000 Individuen. Eine Stichprobe von 612 Individuen

wurde anschließend hinsichtlich des **Geschlechterverhältnisses** detaillierter untersucht. Es handelte sich dabei ausschließlich um Weibchen der Art *Encarsia tricolor*. Männchen waren nicht darunter. Ein Autoparasitismus hatte folglich nicht stattgefunden. Andere *Encarsia*-Arten oder Hyperparasitoide waren innerhalb dieser Stichprobe nicht festzustellen (Tab. 14).

Tab. 14 Weibchenanteil des Freisetzungsmaterials vom 17.08.07 (2. Freilassung)

	n	Anteile [%]
Anzahl bestimmter Individuen	612	
Anzahl <i>E. tricolor</i> – Weibchen	612	100
Anzahl <i>E. tricolor</i> – Männchen	0	0
Anzahl von Hyperparasitoiden	0	0
Anzahl Individuen anderer <i>Encarsia</i> -Arten	0	0

Der erste Schlupf war an 4. Tag nach der Anlieferung zu beobachten. Der weitere Schlupf erfolgte im Verlauf der nächsten 7-8 Tage. Zwischen dem 4. und 7. Tag schlüpften die *Encarsien* in relativ gleichmäßigen Anteilen. Am 8. und 9. ließ der Schlupf deutlich nach, um vom 10. bis 12. Tag wieder auf das Ausgangsniveau von etwas mehr als 10% Schlupf pro Tag anzusteigen. Ab dem 13. und 14. Tag war kein Schlupf mehr zu beobachten (Abb. 42).

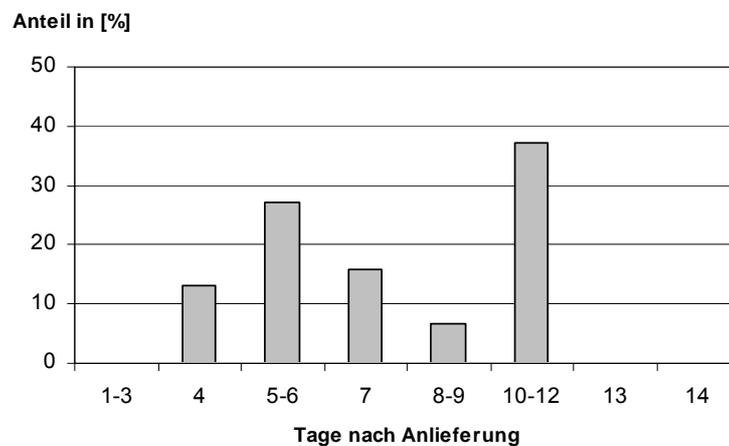


Abb. 42 Schlupfdynamik von *E. tricolor* 2007

Die durchschnittliche **Lebensdauer** von frisch geschlüpften Weibchen der Art *E. tricolor* lag bei Fütterung mit Honigfutter und einer Durchschnittstemperatur von 26,5°C und 40% relativer Luftfeuchte in zwei zeitlich aufeinander folgenden Versuchsreihen bei 7,1 bzw. 9,9 Tagen (im Mittel 8,5 Tage). Die minimale Lebensdauer betrug 1 Tag, die maximale 14 Tage. Ohne Fütterung sank die Lebensdauer auf unter 1 Tag. Der Vergleichstest mit einem Darmstädter Wildstamm (Markstammkohl auf dem Institutsgelände) ergab mit einer durchschnittlichen Lebensdauer von 8,2 Tagen in der Fütterungsvariante ein ähnliches Resultat (Tab. 15). Beide Stämme unterscheiden sich in diesem Fitnessparameter nicht.

Tab. 15 Lebensdauer von *E. tricolor* mit und ohne Honigfutter (m. F./o. F.) (in Tagen)

	N	Datum	Mittelwert	SD	Min.	Max.
<i>E.tricolor</i> – Katz Biotech m. F.	23	22.08.07	7,1	3,3	1,0	14,0
<i>E.tricolor</i> – Katz Biotech o. F.	30		> 1			
<i>E.tricolor</i> – Katz Biotech m. F.	34	02.10.07	9,9	2,7	1,0	14,0
<i>E.tricolor</i> – Katz Biotech o. F.	40		> 1			
<i>E.tricolor</i> – Darmstadt – m. F.	10	02.10.07	8,2	3,1	4,0	13,0

Offensichtlich sind isolierte Individuen von *E. tricolor* ohne Nahrung nicht überlebensfähig. Somit ist zu erwarten, dass sie auch im Freiland immer auf einen Grundbefall mit Schildläusen angewiesen sind, um zu überleben. Das ist relevant im Zusammenspiel mit der Suchleistung der Nützlinge in der Kultur. Wenn sie nicht in angemessener Zeit eine Beute finden und z.B. die Wirtsdichte zu gering ist, könnte ein Teil der freigelassenen Schlupfwespen wirkungslos sein. Auch beim Versand der Nützlinge ist eine Lagerung im Grunde ausgeschlossen. In Abb. 43 sind 3 Einzeltests in Diagrammen dargestellt. Mit Fütterung sind nach etwa 7-8 Tagen noch 50% der Individuen am Leben. Nach 10 Tagen sind in allen Versuchsreihen nur noch etwa 20% am Leben. Nach zwei Wochen waren keine Aktivitäten mehr festzustellen.

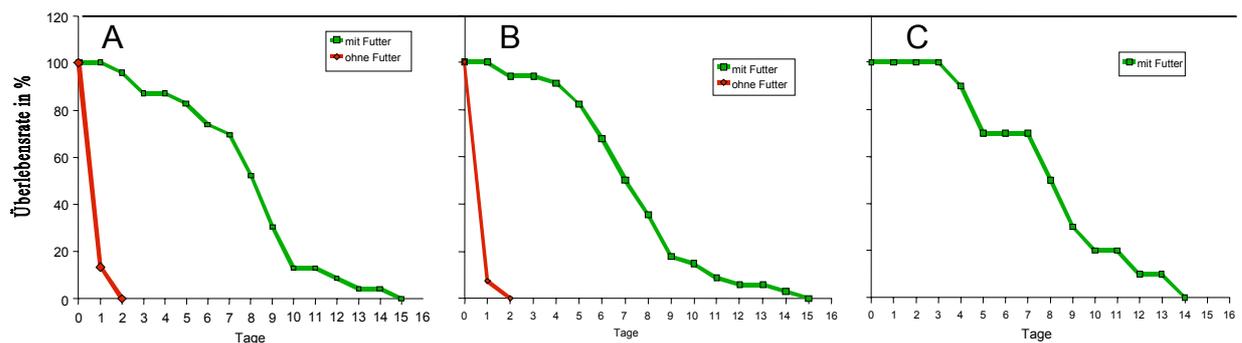


Abb. 43 Überlebenskurve von *E. tricolor* mit und ohne Honigfutter bei 26,5 °C und 40% relativer Luftfeuchte – Durchlauf 22.08.07 (A), und 2 Ansätze 02.10.07 (B,C).

6.2.2.2 Qualität der gezüchteten Nützlinge in 2008

Das gelieferte Probenmaterial enthielt mindestens die angegebene Anzahl von etwa 1.000 Individuen, oft aber auch bis zu 50% mehr. Solche Schwankungen sind im Rahmen einer guten Zuchtqualität vertretbar und können zu Beginn eines neuen Nützlingsverfahrens auftreten. Um Verluste beim Transport, in der Handhabung oder eine reduzierte Schlupfrate zu kompensieren, ist ein bei Nützlingsfreilassungen ein Überschuß von 30-50% im Ausgangsmaterial zu empfehlen. In einer Stichprobe wurde ein Anteil von 94,7% Weibchen von *E. tricolor* festgestellt und Weibchen der Art *E. formosa* in Höhe von 4,5%. *E. formosa* wird ebenfalls in Massenzucht gehalten und somit ist eine Vermischung innerhalb einer Nützlingsfirma nicht ganz ausgeschlossen. *E. formosa* parasitiert nach Literaturangaben ebenfalls die Kohlmottenschildlaus, jedoch in deutlich geringerem Maße. Im Rahmen der Massenzuchten bei der Nützlingsfirma sind sie somit nicht in hohen Anteilen erwünscht, aber wahrscheinlich nicht ganz wirkungslos gegen den Schädling. Der geringe Männchenanteil von 0,8% im Zuchtmaterial ist zunächst günstig, da nur die weiblichen Individuen den Schädling bekämpfen. Männchen entstehen bei *E. tricolor* durch Autoparasitismus bei Wirtsmangel (um den Weibchenanteil zu reduzieren) oder bei interspezifischem Hyperparasitismus von Puppen anderer *Encarsia*-Arten. In welcher Höhe der Männchenanteil letztlich bei der Freilassung notwendig ist, um eine Befruchtung der Weibchen zu gewährleisten, musste bisher für die züchterische Praxis der sich asexuell vermehrenden Art *E. formosa* nicht thematisiert werden. Für den Autoparasitoid *E. tricolor* liegen somit keine Erfahrungswerte vor. Die eigenen Ergebnisse zur Feldeffizienz deuten aber darauf hin, dass das Geschlechterverhältnis bei dieser Art aber eine Rolle spielen könnte. Dieser Grundlagenfrage wird weiter nachgegangen werden müssen.

In Abb. 44 sind die Überlebensraten der untersuchten *E. tricolor* aus der Massenzucht bei verschiedenen Temperaturen dargestellt. Tab. 16 gibt ausgewählte Kenndaten wieder, um die grafische Darstellung (Abb. 44) effektiver aufzuschlüsseln zu können. Als Referenz sind die Literaturdaten von Williams (1989) mit eingetragen, die unter vergleichbaren Versuchsbedingungen (25°C, >65% Luftfeuchte, Einzeltiere in Glasröhrchen, Honigfutter) stattfanden. Diese Referenz-Mortalitätskurven (rosa, blau) für eine Population aus Großbritannien, die Williams im Rahmen seiner Dissertation untersuchte, sind deutlich unterschiedlich zu den aus der deutschen Zuchtpopulation ermittelten Daten bei 25°C. Während die britischen *E. tricolor* nach 10-12 Tagen zu 75% überleben, sind bei der deutschen Population 75% schon nach etwa 5-6 Tagen erreicht. Ebenso leben die *E. tricolor* aus der deutschen Massenzucht nach einer knappen Woche nur noch zu 50%, hingegen die von Williams (1989) untersuchten Individuen der britischen Zuchtlinie nach 13-17 Tage noch zu 50%. Das ist ein erheblicher Unterschied in der Fitness, der zunächst zeigt, dass Literaturangaben lediglich Richtwerte für eigene Untersuchungen darstellen und unter eigenen, ähnlichen Versuchsbedingungen bestätigt werden müssen. Weitere Versuche vor allem mit Freilandmaterial müsste zeigen, ob diese Unterschiede in der Lebensdauer tatsächlich als eine „schlechte Qualität“ der deutschen Zuchtlinie von *E. tricolor* gedeutet werden können. Zunächst wird es in der vorliegenden Studie als Unterschied der beiden Populationen bewertet. Ähnliche Unterschiede innerhalb Ökotypen („Stämme“) einer Schlupfwespen-Art ist z.B. bei den Eiparasitoiden der Gattung *Trichogramma* bekannt.

Tab. 16 Kennzahlen der Überlebensraten von *E. tricolor* aus 2008 bei Variation von Temperatur, Luftfeuchte und Futtergabe

Varianten	2d	4d	6d	8d	100%	90%	75%	50%	25%	Max (d)
	(% überlebende Weibchen)				(d überlebende Weibchen)					
25°C ohne Futter, trocken	4	0	0	0	1	1	1	1	1	2
25°C Honigfutter, trocken	82	57	50	21	1	1	2	5	7	23
25°C Honigfutter, feucht	93	70	59	24	1	2	3	5	8	12
15°C Honigfutter, feucht	100	97	88	79	2	5	9	12	21	24
20°C Honigfutter, feucht	100	74	50	35	2	3	3	6	10	14
25°C Honigfutter, feucht	94	69	50	30	1	2	3	6	8	16
30°C Honigfutter, feucht	91	65	18	12	1	2	3	4	5	11
25°C Weibchen (Williams 1989)	100	100	98	92	4	8	10	17	21	34
25°C Männchen (Williams 1989)	100	100	93	81	4	7	8	13	17	22

Weitere Varianten waren 'ohne Futter' (schwarz), bei der die Schlupfwespen bereits nach zwei Tagen gestorben waren und 'trocken' (orange), die insgesamt etwas unterhalb dem Niveau der anderen Varianten mit feuchtem Filterpapier verläuft. Die Variante bei dauerhaft 30°C hat eine kürzere Lebensdauer, während die dargestellten Überlebensraten bei 20° und 25° fast deckungsgleich verlaufen. Interessant ist vor allem die Überlebensrate bei 15°C, die im Bereich der britischen Angaben für 25°C verläuft. Eine Erklärung für diesen Unterschied gab es zunächst nicht. Möglicherweise waren die Ausgangsbedingungen in der Zucht (z.B. Wirtsalter, Temperatur) bei der Nützlingsfirma nicht konstant. Dieser Punkt muss von dem Nützlingsproduzenten im Projektvorhaben weiter verfolgt werden, da hier für die Wirksamkeit und vor allem die Ökonomie des Bekämpfungsverfahrens großes Potential steckt und möglicherweise letztlich sogar über die Marktfähigkeit eines Produktes entscheidet.

Auch der Lagerungseffekt bei den adulten Schlupfwespen bei 15°C (grau, Abb. 44) ist für den Praxiseinsatz von Bedeutung. Da auf dem verschickten Blattmaterial in der Regel Reste von Honigtau der Kohlmottenschildläuse aus der Massenzucht vorliegen, sollte dies als Nahrung bei der Freilassung zunächst ausreichen. Andererseits kann ein Verhungereffekt bei zu geringer Schädlingsdichte oder zusätzlich starker Hitze unter Freilandbedingung nicht ausgeschlossen werden.

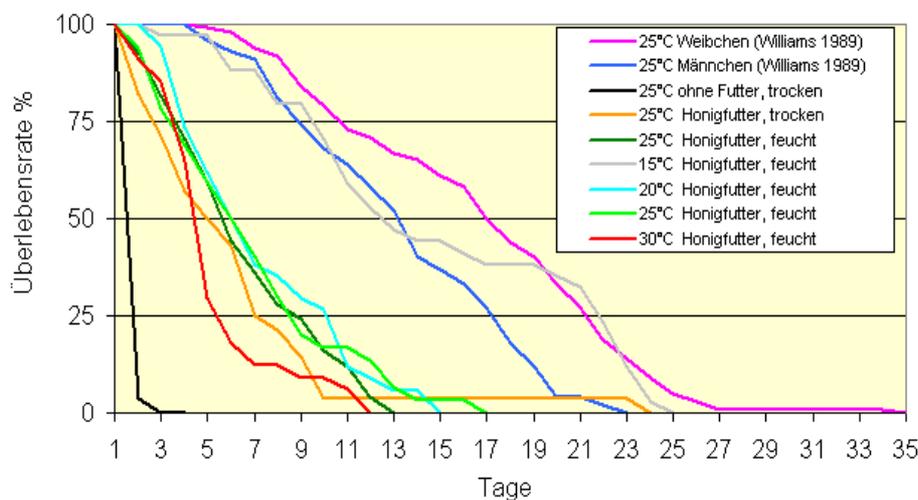


Abb. 44 Vergleich der Überlebensraten von *E. tricolor* : Variation von Temperatur, Luftfeuchte und Futter

Bei dauerhaft 30°C (rot) waren bereits nach sechs Tagen nur noch 25% der Tiere am Leben. Temperaturen von 20° (hellblau) und 25°C (grün) hingegen zeigten hier noch 50% überlebende Nützlinge. Die negative Kontrolle ohne Futter (schwarz) zeigt eindeutig, dass *E. tricolor* keine langen Hungerperioden überstehen würde. Ohne Fütterung waren die Nützlinge am dritten Tag verstorben. Wenn die Suche nach geeigneten Wirtsstadien im Freiland zu lange dauert, wird Energie aufgebraucht, anstelle durch „host-feeding“ wieder Nahrung aufzunehmen. Bei der Interpretation der Feldversuche sind solche Effekte mit zu berücksichtigen.

In einer zusätzlichen Versuchsreihe (unter 6.3) wurde Freilandmaterial und zurück gesammelte *E. tricolor* verglichen, um herauszufinden, ob „wilde Populationen“ von *E. tricolor* in Deutschland eine ebenso hohe Überlebensrate zeigen können wie die britische Laborzucht von Williams (1989). Es liegt auf der Hand, das es interessant wäre, Zuchtmaterial aus verschiedenen europäischen Herkünften zu vergleichen, wie dies klassisch mit *Trichogramma*-Zuchtstämmen bei der Bekämpfung neuer Schadlepidopteren erfolgt. Von *E. tricolor* liegen leider nach unserer Kenntnis keine weiteren Laborzuchten zum Vergleich vor. Im Rahmen dieses Projektvorhabens wird diese Frage, welche unterschiedlichen Eigenschaften Populationen von *E. tricolor* haben, nur ansatzweise geklärt werden können. Die Untersuchungen einer größeren genetischen Vielfalt würde die Auswahlmöglichkeiten für den biologischen Pflanzenschutz erheblich erhöhen.

6.2.2.3 Qualität der gezüchteten Nützlinge in 2009

In Tab. 17 sind die Anzahl Tiere und der Weibchenanteil der parasitierten Blattware als „Freilassungseinheit“ für die 4 Freilassungstermine zusammengestellt. Die angekündigte Anzahl wird in allen Fällen überschritten. Bei den Terminen 1 und 3 um etwa das zweieinhalbfache. Es liegt im Rahmen der Ökonomie von Seiten der Firma diesen Überschuß zu bewerten. 50% mehr, wie es in der 2. Freilassung der Fall war, ist sicher eine gute Lösung, um Schlupfverluste, Prädation und den Männchenanteil im Feld zu kompensieren. Je höher die Anzahl parasitierter Kohlmottenschildläuse auf der versendeten Blattprobe war, desto höher war auch der Weibchenanteil. Einem evtl. Zusammenhang sollte im Verlauf der zukünftigen Massenzucht nachgegangen werden.

Durch Änderungen in der Zucht mit dem Ziel, eine stärkere Hyperparasitierung zu provozieren, wurden in 2009 ein deutlich höherer Anteil Männchen im Freilassungsmaterial erreicht als in den Vorjahren. Mit über 90% bis 75% lag der Weibchenanteil aber weiterhin sehr hoch.. Allerdings bleibt der schwankende Anteil Weibchen bei der Bewertung der Freilandergebnisse zu bedenken.

Wichtig ist festzuhalten, dass keine Hyperparasitoide und keine fremden Arten in den Proben auftraten. Lediglich in der 4. Probe wurden im geringen Umfang *E. formosa* nachgewiesen. Es liegt also eine weitgehende Reinzucht von *E. tricolor* bei dem Nützlingszüchter vor.

Tab. 17 Belegung und Weibchen-Anteil des Freilassungsmaterials in 2009

2009	Soll	Schlupf	Anz.-Faktor	Weibchen-%	Anz. Weibchen	Anz. <i>E. formosa</i>
1. Freilassung	1.000	2.567	2,6	92,2	2.367	-
2. Freilassung	900	1.346	1,5	75,2	1.012	-
3. Freilassung	1.000	2.412	2,4	83,5	2.014	-
4. Freilassung	1.000	ca. 1500	1,5	59,8	ca. 900	1%

Abb. 45 zeigt den Schlupfverlauf der Freilassungs-Blattproben mit der jew. Anzahl geschlüpfter Individuen getrennt nach Männchen und Weibchen. In allen grafischen Darstellungen ist die Anzahl der Weibchen in rosa, die der Männchen in blau dargestellt. Im Folgenden werden die Ergebnisse der einzelnen Freilassungen kurz zusammengefasst und bewertet..

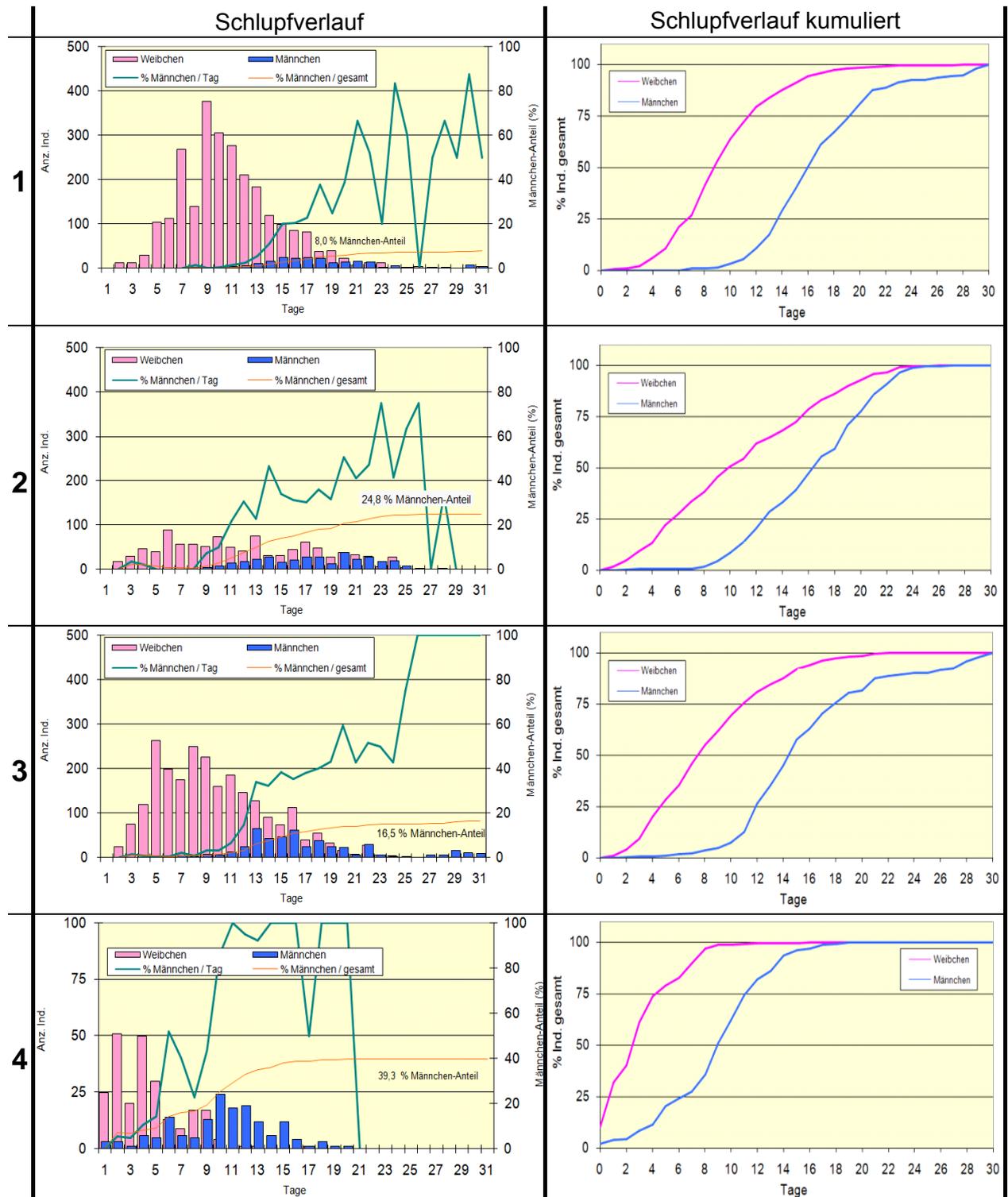


Abb. 45 Schlupfverlauf von gelieferten *E. tricolor* der vier Freilassungen in 2009 absolut und kumuliert

Während der Schlupf der Weibchen unmittelbar oder nur mit einem Tag Verzögerung beginnt, treten die ersten Männchen nach 10-11 Tagen und in deutlich geringerer Anzahl auf. Der Autoparasitismus, durch den in der Zucht Männchen entstehen, scheint ausgeglichen. Dies weist auf eine ausreichende Anzahl von Wirtstieren und eine gute Terminierung in der Massenzucht von *E. tricolor* beim Nützlingszüchter. Bei Freilassung 2 / 2009 ist festzustellen, dass die Anzahl Weibchen deutlich geringer ist. Dem entsprechend schwankt der **Männchenanteil** von Termin zu Termin mit 8%, 24%, 16% und 39 % relativ stark. Der Männchenanteil könnte in der Massenzucht als regelmäßig bestimmter Parameter für die Zuchtqualität genutzt werden. Der Schlupf der Weibchen aus der gelieferten Blattware hat nur bei Termin 1 / 2009 einen deutlichen Schlupfhöhepunkt nach etwa 10 Tagen. Bei allen drei Freilassungsterminen ist der Weibchenschlupf nach etwa 20 Tagen beendet. Nach etwa 14 Tagen erreicht der Männchenanteil entsprechend zum ersten mal 20-25% und erhöht sich bis zum reinen 100%igen Männchenschlupf, der 25 Tage nach Schlupfbeginn der Probe ebenfalls beendet ist. Auffällig ist, dass bei Termin 3 und etwas weniger deutlich bei Termin 1 nach einem Monat ein kleiner Schlupfhöhepunkt von Männchen auftritt. Dieser ist wohl, trotz täglichen Absammelns der Individuen aus der Probe auf einen „internen“ Autoparasitismus der geschlüpften Weibchen auf der untersuchten Blattprobe zurückzuführen. Aus den durch die eigenen Weibchen hyperparasitierten Nymphen und Puppen schlüpfen entsprechend Männchen. Damit simuliert die Blattprobe für die schlüpfenden *Encarsia*-Weibchen quasi einen Wirtsmangel. Das weist aber auch indirekt auf eine hohe Parasitierungsrate auf der Blattprobe und eine entsprechende Nützlingsqualität durch den Züchter hin. Im Vergleich zu den ersten drei Freilassungen zeigt die 4. Lieferung einen zeitlich konzentrierten Abschluß bei einem zeitgleichen ersten Auftreten von Männchen und Weibchen. Bei einem relativ hohen Männchenanteil von fast 40% trat anders als bei den Lieferungen 1-3 in Lieferung 4 bereits nach sechs Tagen im Tagesschlupf ein Männchenanteil von 50% auf.

Der kumulative Schlupfverlauf (Abb. 45), verdeutlicht den zeitlichen Versatz des Schlupfes der Geschlechter. Die Weibchen sind nach 8-9 Tagen zu 50% und bei Lieferung 1 und 3 nach 11, bzw. bei Lieferung 3 nach 14 Tagen zu 75% geschlüpft. Die Männchen hingegen beginnen nach 7-9 Tagen mit dem Schlupf und schlüpfen nach insgesamt 15-16 Tagen zu 50% und nach 18-20 Tagen zu 75%. Nach etwa einem Monat war der Schlupf der Proben abgeschlossen. Bei der 4. Lieferung zeigt sich ein rascherer Schlupf der Weibchen, die sich schneller als in den anderen Lieferungen entwickeln. Bereits nach vier Tagen waren 75% der Weibchen geschlüpft, nach 12 Tagen 75% der Männchen.

Die Rolle des Männchenanteils im Freiland ist nicht abschließend geklärt. Die Weibchen können bei ausreichendem Angebot von Kohlmottenschildläusen einen weiterhin hohen Weibchenanteil in der Feldpopulation erzeugen oder bei Wirtsmangel durch Autoparasitismus entsprechend vermehrt Männchen. Da jedoch im Gegensatz zu *E. formosa* von *E. tricolor* keine parthenogenetische Vermehrung dokumentiert ist, scheint ein gewisser Anteil Männchen im Freilassungsmaterial zur Begattung der Weibchen und somit für den Parasitierungserfolg im Feld notwendig. Dieser sollte jedoch so gering wie möglich sein, da eine Regulierung der Kohlmottenschildlaus nur durch die Weibchen durch Parasitierung und Hostfeeding erfolgt. Hier das Optimum und die tolerierbaren Schwankungsbreiten zu definieren, ist eine weitere Aufgabe, die zukünftig für einen erfolgreichen Einsatz von *E. tricolor* noch zu klären ist.

Die Überlebensraten der Männchen und Weibchen aus dem Freilassungsmaterial unterscheiden sich deutlich Abb. 46. Es ist eine temperaturabhängige Mortalität nachzuweisen. Unter 20° sind höhere Überlebensraten festzustellen, die 15°C, bzw. 10°C sogar eine Art „Lagerungseffekt“, bei dem die Mortalität über einen Monat hinaus nur geringfügig zunimmt; bei 10°C überlebten fast 75% eine Lagerungszeit von über einem Monat. Hingegen wurde bei 20°C und höher die 75%-Marke bereits nach 7-11 Tagen unterschritten.

Insgesamt zeigen die Mortalitätskurven der Tiere aus den drei Lieferungen unterschiedliche Qualitäten. Während die ersten beiden Lieferungen noch im Rahmen der bereits in 2008 beobachteten Streuung liegen, ist die Überlebensrate bei der dritten Lieferung in 2009 deutlich höher und nähert sich den Werten aus den Literaturangaben (Williams, 1989). Der Grund für diesen Unterschied war zunächst nicht eindeutig zu bestimmen. Auf Nachfrage bestätigte der Nützlingszüchter jedoch, dass die Zucht an Größe und Stabilität zugenommen hat. Möglicherweise liegt darin eine Erklärung für die höhere Überlebensfähigkeit der adulten Folgegeneration. Für das Freiland bedeutet eine solche Steigerung um mehrere Tage Überleben eine klare Verbesserung der Wirkdauer und eine Absicherung des Bekämpfungsintervalls.

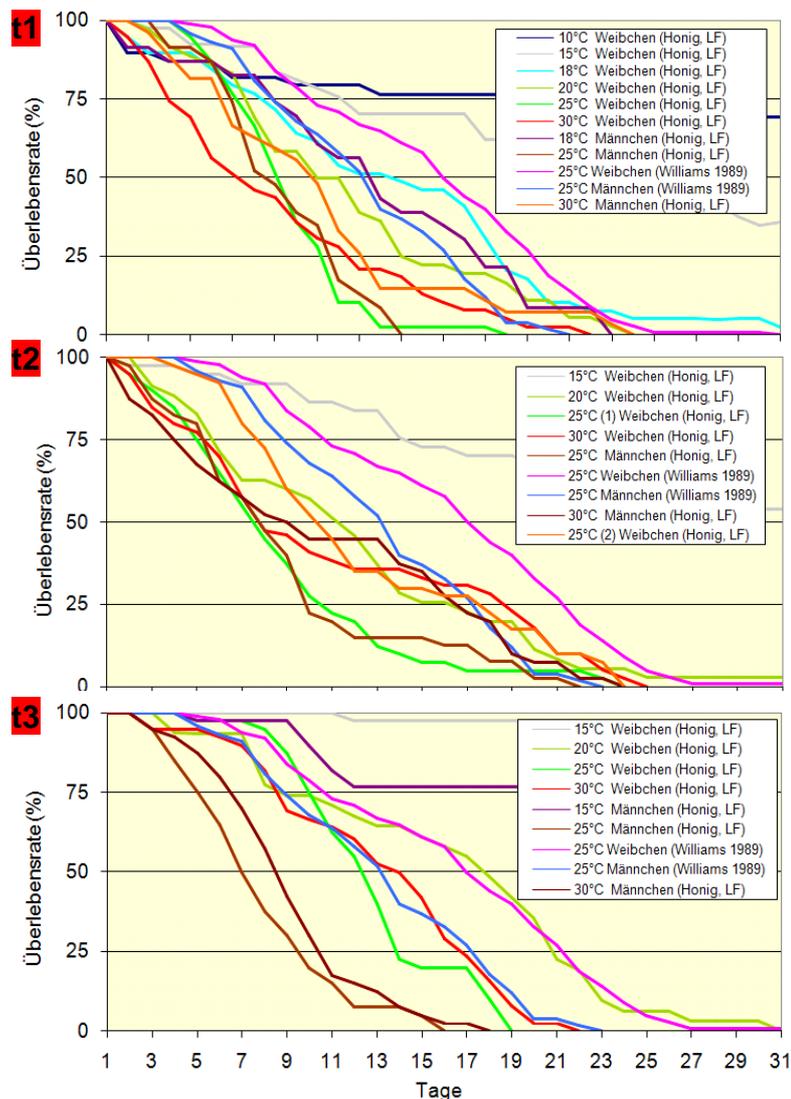


Abb. 46 Überlebensraten von gelieferten *E. tricolor* der Freilassungen 1-3 in 2009 (Variation der Temperaturen)

Im Verlauf des Projektvorhabens wurde also die Qualität von *E. tricolor* kontinuierlich optimiert und sollte nun auf Basis der erhobenen Daten in der Zucht regelmäßig überprüft werden. Die Tab. 18 faßt die Kenndaten in wöchentlichem Abstand und nach erreichten Überlebensraten zusammen. Mit einem einfachen Röhrchentest mit 20-30 Einzelweibchen könnte man zukünftig in der laufenden Zucht einen Schnelltest über 1-2 Wochen zeigen, ob die Praxisdaten mit den hier ermittelten Labordaten deckungsgleich sind. Bei deutlichen Abweichungen müssten die Zuchtbedingungen oder die Wirtsqualität optimiert und nachgebessert werden. Diese Rahmenbedingungen werden bei einer ökonomischen Optimierung der Nützlingszucht eine wichtige Rolle spielen. Schwankungen im Bereich von zweistelligen Prozent Gewinn oder Verlust sind zu Beginn eines neuen Zuchtverfahrens nicht ungewöhnlich. Die Optimierung der laufenden Zucht ist ein kontinuierlicher Prozess, parallel zur Praxiseinführung der Nützlinge.

Tab. 18 Kennzahlen der Überlebensraten von *E. tricolor* aus 2009: Variation der Temperatur von Termin 1-3

	7d	14d	21d	31d	100%	90%	75%	50%	25%	Max (d)	durchschn.	
	(% überlebende Weibchen)				(d überlebende Weibchen)						Lebensd.	
Termin 1/2009	10°C Weibchen (Honig, LF)	82	76	76	69	1	3	21	>45	>45	> 45	> 34
	15°C Weibchen (Honig, LF)	92	70	59	38	2	8	12	26	>59	> 59	> 31
	18°C Weibchen (Honig, LF)	79	51	18	5	1	5	8	14	19	33	13,6
	20°C Weibchen (Honig, LF)	83	36	11	0	2	4	7	12	15	25	10,5
	25°C Weibchen (Honig, LF)	77	3	0	0	4	5	7	9	11	19	8,6
	30°C Weibchen (Honig, LF)	51	21	3	0	1	2	3	7	12	23	8,1
	18°C Männchen (Honig, LF)	83	43	9	0	1	3	8	13	18	24	7,5
	25°C Männchen (Honig, LF)	74	9	0	0	3	5	6	8	11	14	4,9
	30°C Männchen (Honig, LF)	67	15	7	0	2	3	6	10	13	25	6,9
	25°C Weibchen (Williams 1989)	94	65	27	1	4	8	10	17	21	34	-
25°C Männchen (Williams 1989)	91	40	4	0	4	7	8	13	17	22	-	
Termin 2/2009	15°C Weibchen (Honig, LF)	92	76	59	54	1	9	14	>31	>31	>31	>8,6
	20°C Weibchen (Honig, LF)	63	29	9	3	2	3	5	11	12	37	4,1
	25°C (1) Weibchen (Honig, LF)	55	10	5	0	1	2	5	7	10	23	7,9
	25°C (2) Weibchen (Honig, LF)	80	30	10	0	2	4	7	10	17	23	11,6
	30°C Weibchen (Honig, LF)	58	36	10	0	1	1	5	7	18	24	10,3
	25°C Männchen (Honig, LF)	58	15	3	0	1	1	5	7	9	21	8,0
	30°C Männchen (Honig, LF)	58	38	8	0	1	1	4	9	16	23	9,9
	25°C Weibchen (Williams 1989)	94	65	27	1	4	8	10	17	21	34	-
	25°C Männchen (Williams 1989)	91	40	4	0	4	7	8	13	17	22	-
	Termin 3/2009	15°C Weibchen (Honig, LF)	100	98	98	0	11	>23	>23	>23	>23	>23
20°C Weibchen (Honig, LF)		94	65	23	0	3	7	8	17	20	30	15,2
25°C Weibchen (Honig, LF)		98	23	0	0	4	8	10	12	13	18	12,0
30°C Weibchen (Honig, LF)		90	50	3	0	2	7	8	14	16	21	12,1
15°C Männchen (Honig, LF)		97	77	74	0	4	10	20	>21	>21	>21	>18
25°C Männchen (Honig, LF)		50	8	0	0	2	3	5	7	30	15	8,6
30°C Männchen (Honig, LF)		70	8	0	0	2	4	6	8	10	17	8,2
25°C Weibchen (Williams 1989)		94	65	27	1	4	8	10	17	21	34	-
25°C Männchen (Williams 1989)		91	40	4	0	4	7	8	13	17	22	-

6.3 Lebensdauer von Wildpopulationen von *E. tricolor* aus Freilassungsgebieten im Oberrheingraben

Ein Hintergrund der Untersuchung war es herauszufinden, ob „wilde“ Ökotypen eine höhere Überlebensrate zeigen als die Zuchtlinie in der Massenzucht. Die Zuchtbedingungen könnten eine Selektion einer Teilpopulation mit kürzerer Lebensdauer darstellen. Ebenso sollte geprüft werden, ob die Lebensdaten der Wildpopulation den britischen Angaben mit längerer Lebensdauer näher kommen als die Massenzucht-Population.

6.3.1 Durchführung

Das *E. tricolor*- Material in Form von Blattproben mit parasitierten Kohlmottenschildläusen für diesen Versuch wurde von Herrn M. Hilgensloh (Betreuungsdienst Nützlingseinsatz Baden e.V) gesammelt. Der Kontakt zu dem Pflanzenschutzberater entstand bei einem Fachgespräch zur Kohlmottenschildlaus auf der Pflanzenschutztagung im Kiel (siehe Pkt. 7.5).

Die Proben stammen aus dem Gebiet des Oberrheingrabens (Lörrach, Freiburg, Karlsruhe). Von hier stammt auch die Ausgangspopulation von *E. tricolor* von Firma Katz Biotech AG im vorliegenden Projektvorhaben (ebenfalls von der (Betreuungsdienst Nützlingseinsatz Baden e.V, Herrn P. Detzel). Als Varianten liegen sowohl Proben aus Freilassungsflächen, also mögliche Rücksammlungen der Massenzucht-Tiere (mit „Feldpassage“), sowie Kohlblätter mit natürlich aufgetretener Parasitierung vor. Die Blattproben wurden auf schlüpfende *E. tricolor* kontrolliert und entsprechend der verfügbaren Gesamtanzahl von 20-30 Individuen pro Variante bei 20° bzw. 25°C auf ihre Überlebensrate bzw. Mortalität hin untersucht. Die Methode zur Vereinzelung und Beobachtung der Schlupfwespen entspricht den Angaben unter Punkt 6.2.1.

Tab. 19 Standorte mit Kohlmottenschildlausbefall in Süddeutschland, an 2009 denen Schlupfproben gezogen wurden.

Varianten:	Standort	<i>Encarsia tricolor</i> - Einsatz		weitere Behandlungen:	Befallseinschätzung / Anmerkungen
		Dosierung	Termin		
AW-Kontrolle	Achern	nat. Paras.	-	2 x Perfekthion 2 x Plenum 2 x NeemAzal	viele Encarsia im Bestand zu finden
AS-Kontrolle	Achern	nat. Paras.	-	2 x Plenum 2 x NeemAzal 1 x Neudosan	weniger Adulte Encarsia
LÖ	Lörrach	ca. 2,5 / m ²	früh	1 x Neudosan in den oberen Pflanzenteil	Biobetrieb
KA	Karlsruhe	ca. 1 / m ²	sehr spät		in diesem Jahr wenig Befallsdruck
FR	Freiburg	ca. 2 / m ²	sehr spät	2 x Plenum und 2 x NeemAzal	Einsatz 6 - 8 Wochen nach Ausbreitung von Aleyrodes

6.3.2 Ergebnisse und Diskussion

In Abb. 47 sind die Überlebensraten der Freilandproben aus verschiedenen Standorten (Tab. 19) mit und ohne Freilassung der *E. tricolor* dargestellt. Individuen der Wildtypen und aus der Massenzucht (schwarz), ob mit oder ohne „Feldpassage“, unterschieden sich nach vorliegenden Ergebnissen nicht wesentlich in ihrer Überlebensrate. Zunächst starke Unterschiede, z.B. eine maximale Lebensdauer von 27 Tagen (n=20) von *E. tricolor* aus einer Wildpopulation relativierten sich durch die kurze maximale Lebensdauer von 12 Tagen (n=7) aus einer anderen Wildpopulation. Die Literaturangaben aus Williams (1989) weisen auch hier längere Lebensdaten (Tab. 20) als die der Proben auf, im Schnitt 5-10 mehr Überlebenstage. Die maximale Lebensdauer aller Varianten war in dieser Probennahme insgesamt etwas höher als bei der aufgrund des bisher vergleichsweise geringen Umfangs der Stichproben (Standorte mit Freilassung von *E. tricolor* n =20-35) wäre zu empfehlen, weitere Populationen aus dem Freiland auf ihre Überlebensdaten unter Standardbedingungen zu untersuchen, um die Befunde auch statistisch besser absichern zu können.

Tab. 20 Kennzahlen der Überlebensrate von *E. tricolor* aus Massenzucht und von „Wildtypen“

<i>Encarsia tricolor</i>	2d	4d	6d	8d	100%	90%	75%	50%	25%	max. (d)	durchschn. Lebensd.	n
	(% überlebende Weibche				(d überlebende Weibchen)							
Honigfutter, >80% rLF												
20°C LÖ	100	86	74	57	2	3	5	8	12	18	7,0	35
20°C FR	100	88	79	53	3	3	6	9	11	21	8,8	19
25°C AW-Kontrolle	95	85	55	50	1	3	4	9	15	27	9,1	20
25°C AS-Kontrolle	100	57	43	43	3	3	3	5	11	12	6,6	7
25°C LÖ	88	71	62	47	1	1	3	7	9	19	7,4	35
25°C FR	89	51	37	34	1	1	2	4	11	23	7,1	35
25°C Weibchen (Williams 1989)	100	100	98	92	4	8	10	17	21	34	-	96
25°C Männchen (Williams 1989)	100	100	93	81	4	7	8	13	17	22	-	58
20°C Zucht "Karlsruhe"	100	74	50	35	2	3	3	6	10	14	-	35
25°C Zucht "Karlsruhe"	94	69	50	30	1	2	3	6	8	16	-	35

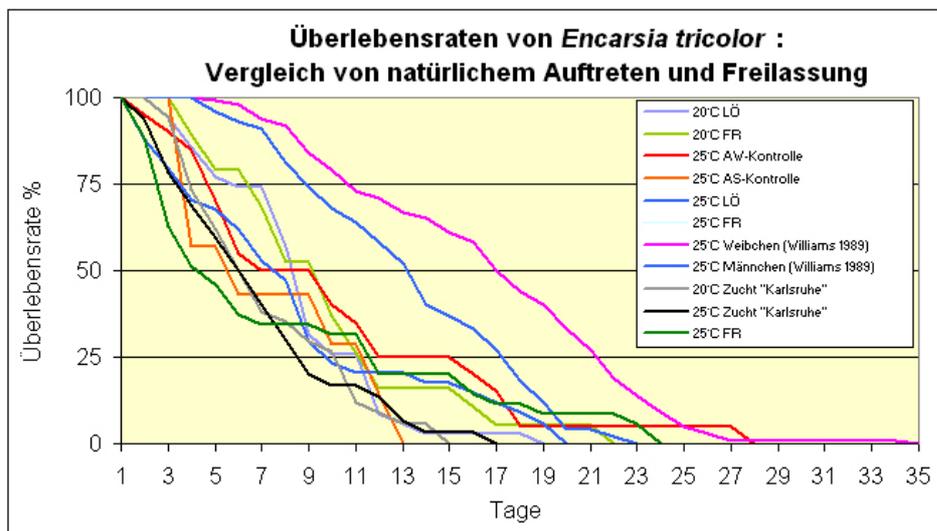


Abb. 47 Vergleich der Überlebensraten im Labor von *Encarsia tricolor* bei 20 und 25°C aus Massenzucht und von „Wildtypen“ verschiedener süddeutscher Standorte 2009 (Kürzel vergl. Tab. 19).

6.4 Methodenentwicklung zur Untersuchung der Eiablage von *E. tricolor*

Im Projekt sollte als Bewertung der Effizienz der *E. tricolor* die Eiablageleistung der Schlupfwespen-Weibchen in einem bestimmten Zeitintervall unter verschiedenen Temperaturregimen erfaßt werden. Trotz der Hinweise aus der Literatur (Williams, 1995; Sengonca, Wang, & Liu, 2001), waren die Versuche im ersten Jahr, u.a. mit aufgeklebten Kohlblattstücken bis hin zu Käfigversuchen und Blattkäfig-Versuchen (Abb. 48B) nicht zufriedenstellend. Es wurden diverse Versuchsansätze und Methoden, die von anderen Parasitoiden bekannt sind, durchgeführt, um eine einfache, aussagekräftige Untersuchungsmethode zu erarbeiten.

6.4.1 Durchführung, Ergebnisse und Diskussion

Auf Basis der IOBC-Empfehlungen zur Prüfung von *E. formosa* (IOBC, 2002) wurden Blattscheiben auf abkühlendes Agar in 4-cm-Petrischalen gelegt (Abb. 48C), die jedoch innerhalb von Stunden qualitativ nicht mehr für Parasitierungsversuche geeignet waren. Auch Varianten dieser Methode mit größeren Blattstücken und größeren Petrischalen, sowie Variationen des Agar brachten keine Erfolge. Auf Hinweis von Kollegen (Bathon 2008 mdl.) wurden ganze Kohlpflanzen in Plexiglaszylinder (20-cm) verbracht und oben mit aufgeschmolzener Gaze verschlossen (Abb. 48A). Die Pflanzenerde wurde mit Gips ausgegossen, um eine spätere Bonitur der kleinen Schlupfwespen zu ermöglichen. Daraufhin wurden jeweils 50 mit Exhaustor aus der Gewächshauszucht eingesammelte Individuen der Kohlmottenschildläuse in jeden Zylinder gesetzt. Jedoch nahmen sie die Pflanzen unter diesen künstlich herbeigeführten Bedingungen nicht oder nur zu geringem Maße an.

Logistisch war zusätzlich eine Synchronisation einer eigenen Kohlmottenschildlauszucht mit der Verfügbarkeit des parasitierten Materials vom Nützlingszüchter zu gewährleisten, um die von *E. tricolor* bevorzugten vorletzten Nymphenstadien der Kohlmottenschildläuse zu erhalten. Leider waren auch diese Versuche zur Methodenentwicklung noch nicht erfolgreich und bedürfen der weiteren Optimierung.

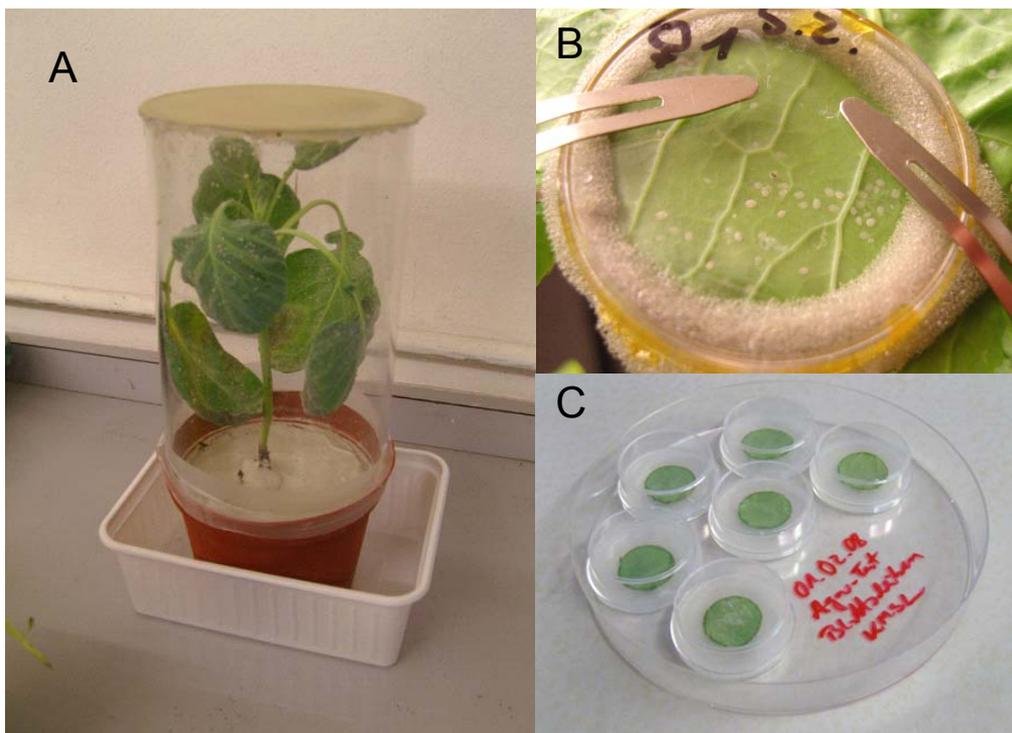


Abb. 48 A: Pflanzen im Plexiglaszylinder, B: Blatt- („Klipp-)Käfige, C: Blattscheiben auf Agar.

7 Zusammenfassung der Ergebnisse

7.1 Survey

Surveys zum Status des Zielschädling sowie Rücksprache mit Praktikern, Beratern und Verbänden, stellten die Kohlmottenschildlaus als mittlerweile bundesweit präsent und ökonomisch bedeutendes Problem heraus. Unter Feldbedingungen ist *E. tricolor* als Gegenspieler zwar mit einer schwachen Hintergrundpopulation präsent, stellt aber keinen ursächlichen Begrenzungsfaktor der Besatzdichte des Zielschädling dar. Vergesellschaftete Parasitoide wie z.B. *Encarsia inaron* wurden vorwiegend auf süddeutschen Betrieben nachgewiesen. Der Bogenmarienkäfer *Clithostethus arcuatus* ist zwar in mikroklimatisch geschützten Lagen der Anbauregionen präsent, tritt aber im Feldanbau offenbar nicht in Erscheinung.

7.2 Kulturschutznetz 0.8 mm x 0.8mm

Durch sofortige Abdeckung mit feinmaschigen **Kulturschutznetzen** nach dem Verpflanzen bis zum Endspitzen (Ende Oktober) konnte die Befallsentwicklung von *A. proletella* mit reproduzierbar hohem Wirkungsgrad in 3 Versuchsjahren gesenkt werden, um ca. 77% Befallssenkung in der kritischen Befallsphase Sept./Okt. Der Einsatz **biologisch abbaubarer Mulchfolien** hatte keinen zusätzlichen befallsmindernden Effekt, weswegen dieser Ansatz nach 2007 nicht weiterverfolgt wurde.

Die Netzabdeckung verhielt sich pflanzenbaulich ertragsneutral. In 2007 und 2008 ergab sich bei Schwachbefall mit KMSL kein signifikanter Zuwachs beim Roh- und marktfähigen Ertrag. Bei Starkbefall (2009) wurde durch die Barrierewirkung des Netzes ein um 15% höherer Rohertrag erzielt. Dieser Mehrertrag übertrug sich nicht nachweisbar auf die marktfähige Ernte im Parzellenversuch, ist aber im Anbau im Praxismaßstab zu erwarten.

7.3 Natürliche Gegenspieler

Bezüglich der Schwerpunktoption *E. tricolor* sind die wesentlichen drei Meilensteine 1. Etablierungsfähigkeit im Feld, 2. Regulierungseffekt beim Zielschädling, 3. qualitäts- und ertragswirksame Feldeffizienz, im Projektverlauf mit Erfolg erarbeitet worden.

Den Hauptuntersuchungsgegenstand bildete die zeitliche Synchronisation von *A. proletella*-Initialbefall mit der Parasitoidenausbringung. *E. tricolor* erwies sich als für die Massenzucht gut geeignet, ebenso die zunächst einfach gehaltene Ausbringungstechnik als parasitierte Larven auf Rosenkohlblättern. Im **Parzellenversuch** korrelierten verschiedene Dosierungsstufen in guter Übereinstimmung mit den jeweiligen Boniturparametern a) visuelle Bestätigung von *E. tricolor*-Imagines je Pflanze, b) visuelle Bestätigung parasitierter *A. proletella*-Larven je Blatt, c) Abschluß der Parasitoidanzahlen von gesammelten Blattproben. Die erzielten Parasitierungsgrade unter Netz ließen sich in den ersten beiden sehr befallsschwachen Jahren von 0,3 % (2007) auf 19,2 % (2008) und im befallstarken Jahr 2009 auf bis zu 33% steigern. Letzteres Parasitierungsergebnis unter Netz erbrachte eine ertragswirksame Befallssenkung, die in einem Mehrertrag von ca. 23% gegenüber der Variante ohne Netz & *E.tricolor*-Freilassung entsprach (monetär bei um durchschnittl. € 2,-/kg ca. 4600,- € /ha)

E. tricolor wurde auf niedersächsischen **Praxisschlägen** auch ohne Netzabdeckung eingesetzt. Die Ausbreitung nach Punktfreilassungen in 2008 und 2009 war über obige Boniturparameter nachweisbar und erfolgte bis Oktober weitgehend flächendeckend, wobei auch Überlagerungseffekte mit der zeitlich etwas später auftretenden natürlichen Hintergrundpopulation deutlich wurden. In beiden Untersuchungsjahren lag die freilassungsbedingte Parasitierung des Zielschädlings um bis zu 50% höher als in der Referenz ohne Freilassung. Unter den Praxisbedingungen 2009 konnte zusätzlich mit zeitlich vorverlegten *E. tricolor*-Freilassungen ein deutlicher Regulationseffekt gegenüber Kohlmottenschildlausbefall von knapp 60% erzielt werden.

Der Bogenmarienkäfer *Clitostethus arcuatus* erwies sich unter Feldbedingungen 2007 und 2008 als „opportunistischer Antagonist“, der *A. prolella* erst ab hohen Befallsdichten zur Reproduktion zu nutzen scheint, ohne einen wesentlichen (nutzbaren) regulatorischen Effekt auszuüben und wurde deshalb im 3. Projektjahr nicht weiter bearbeitet. Der Untersuchungsfokus konnte sich deshalb auf den vielversprechenderen Parasitoden *Encarsia tricolor* konzentrieren.

7.4 Qualitätsparameter und *E. tricolor*-Kenndaten

Die **Liefermenge** wurde in allen Lieferungen und Versuchsjahren erreicht und z.T. um mehr als den Faktor 2 überschritten und entsprach durchaus den Standardanforderungen. Das Zuchtmaterial war frei von **Fremdbesatz**, d.h. von anderen Parasitoiden und *Encarsia*-Arten (bis auf wenige, „hausinterne“ *E. formosa*) und war frei von Hyperparasitoiden. Aus gelieferten Freilassungs-Blattproben wies der zeitliche **Abschlupf im Feld** eine gewisse Variabilität auf, die Hälfte der Tiere erschien nach 9-11 Tagen (2007/08), bzw. nach 2 Tagen in 2009, wobei die Männchen zeitlich versetzt zu den Weibchen schlüpften. Nach ca. 3 Wochen war das Schlupfgeschehen abgeschlossen. Die **Männchenanteile** schwankten von 0 (2007) bis max. 40% (2009). Der jew. Männchenanteil erwies sich für *E. tricolor* in der Massenproduktion steuerbar. Trotz der Anzeichen, dass Männchen in der Hintergrundpopulation vorkommen und für deren Populationsaufbau offenbar wichtig sind, ist deren Stellenwert für die Feldeffizienz von Freilassungsmaterial gegenwärtig nicht klärbar. Längere *E. tricolor* Überlebenszeiten von >2 Tagen waren abhängig von Nahrung (z.B. Honigwasser im Labor) und machen eine Abhängigkeit von Nahrungsquellen im Freiland (Honigtau) wahrscheinlich. Die Lebensdauer von *E. tricolor* war bei 20° und 25°C fast deckungsgleich und erst bei dauerhaft 30°C lediglich um etwa drei Tage verkürzt. Damit scheint der Nützling relativ tolerant gegenüber hohen Temperaturen zu sein. Die Daten zur Lebensdauer wichen von britischen Literaturangaben deutlich ab und ergaben wesentlich kürzere Lebenszeiten von maximal 15-17 Tagen. Ein Temperaturversuch bei 15°C ergab Hinweise auf eine mögliche Lagerungseignung des Gegenspielers bei solchen Temperaturen, was für den Versand, bzw. bei witterungsbedingten Ausbringungsverzögerungen von großem praktischem Wert sein kann. Unter Freilandbedingungen ist mit kühleren Nachttemperaturen und nur stundenweise heißen Tagen für die *E. tricolor* – Schlupfwespen mit einer Lebensdauer von maximal 2-3 Wochen zu rechnen. Nach 1-2 Wochen kann eine Überlebensrate von noch 50% angesetzt werden.

7.5 FuE-Ergebnisse von dritter Stelle, die für das Vorhabens relevant sind

Die Firma Katz Biotech AG informierte die Projektpartner regelmäßig über zusätzliche Praxisversuche mit *Encarsia tricolor*, die sie zusammen mit Pflanzenschutzberatern durchführt. Diese Ergebnisse wurden gemeinsam mit den Projektpartnern diskutiert und flossen in die Versuchsplanung und die Interpretation der Versuchsergebnisse mit ein. Im Rahmen der Pflanzenschutztagung in Kiel, September 2008 wurden auf Einladung von Dr. Ellen Richter in einer spontanen Gesprächsrunde im Rahmen der Fachtagung Erfahrungen zur Bekämpfung der Kohlmottenschildlaus ausgetauscht (Teilnehmer zusätzlich zu den Projektpartnern: Betreuungsdienst Nützlingseinsatz Baden e.V., Universität Hannover, Institut für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz; JKI Braunschweig, Institut für Gartenbau und Forst., u.a.). Es zeigte sich, dass mit dem laufenden Projektvorhaben die bisher einzige Forschungsarbeit zur biologischen Bekämpfung der Kohlmottenschildlaus unter Feldbedingungen vorliegt. Ohne genaue Kenntnis von Daten wurde in 2009 mündlich weitergegeben, dass eine Firma in Belgien eine interne Studie mit *Encarsia inaron*, der zweiten *Encarsia*-Art im Kohl, unter integrierten Produktionsbedingungen durchgeführt, diese Studie aber abgebrochen hat. Ob dies an Zuchtproblemen oder fehlender Wirksamkeit lag, war nicht in Erfahrung zu bringen. In 2010 wurden auf der 57. Deutschen Pflanzenschutztagung in Berlin Ergebnisse von der Universität Hannover vorgestellt, in denen die Temperaturempfindlichkeit der adulten *E. tricolor* geprüft wurde (Tölle-Nolting, Meyhöfer et al., 2010). Die während der Projektlaufzeit erarbeiteten Forschungsergebnisse von dritter Stelle ergänzen und bestätigen Teilergebnisse des vorliegenden Vorhabens (Schmalstieg & Katz, 2009; Hilgesloh, 2010; Schmalstieg, Kummer et al., 2010), jedoch sind sie nicht von vergleichbarem Umfang, vor allem im Hinblick auf die praxisnahe Feldversuche der Universität Kassel-Witzenhausen.

8 Maßnahmen für den Technologie- und Wissenstransfer

Das Projekt und seine Ergebnisse wurden auf verschiedenen Tagungen und in Fachzeitschriften vorgestellt (siehe 8.1 und 8.2). Die Regulierung der Kohlmottenschildlaus war zudem der Themenschwerpunkt auf zwei Beratungsveranstaltungen des Ökorings Niedersachsens: Auf einem Feldtag im August 2008 wurde der Praxisversuch in Hiddestorf vorgestellt und im März 2010 konnte im Rahmen eines Gärtnertreffens die dreijährigen Projektergebnisse mit Praktikern diskutiert werden. Die Versuchsergebnisse flossen zudem laufend in die gartenbauliche Beratung des Ökorings ein.

In 2008 wurde das Projekt in der Arte-Fernsehdokumentation „Öko für alle – Bioprodukte auf dem Prüfstand“ einem breiteren Publikum als ein Beispiel von weiteren für innovative Ökolandbauforschung vorgestellt. Zudem wurde auf Anstoß und unter Mitarbeit von Olaf Zimmermann (JKI Darmstadt) ein Lehrfilm zur Biologie von *Encarsia tricolor* entwickelt.

8.1 Veröffentlichungen:

- Leopold, J., Zimmermann, O., Katz, P., Saucke H. (2008): Ein neuer Nützling im Kohlanbau: Qualitätskontrolle bei *Encarsia tricolor*, einem natürlichen Gegenspieler der Kohlmottenschildlaus *Aleyrodes proletella*. 56. Deutsche Pflanzenschutztagung in Kiel, 22.-25.Sept. 2008. Mitt.Julius Kühn-Institut 417, 438-439.
- Liebig, N. (2008): Gärtnertreffen zum Thema Nützlinge gegen die Kohlmottenschildlaus in Rosenkohl. KÖN-Berichte 09/2008
- Liebig, N. (2008): Einsatz eines feinmaschigen Kulturschutznetzes zur Regulierung der Kohlmottenschildlaus in Rosenkohl. In: F. Rau & H. Buck (Hrsg.) Versuche im ökologischen Gemüsebau in Niedersachsen – 2007. Kompetenzzentrum Ökolandbau Niedersachsen, Visselhövede. S. 75-76
- Liebig, N. (2010): Survey zur Verbreitung der Kohlmottenschildlaus im ökologischen Kohlanbau in Norddeutschland. Ökumenischer Gärtnerbrief 03/10, S. 28-29
- Liebig, N., Schultz, B. (2009): Regulierungsmöglichkeiten gegen die Kohlmottenschildlaus in Kohlkulturen. Ökumenischer Gärtnerbrief 2009 (4), 37-39.
- Schultz, B. (2009): Biologische Kontrolle der Kohlmottenschildlaus in Rosenkohl. In: F. Rau & H. Buck (Hrsg.) Versuche im ökologischen Gemüse- und Kartoffelbau in Niedersachsen – 2008. Kompetenzzentrum Ökolandbau Niedersachsen, Visselhövede. S. 83-87
- Schultz, B. (2010): Biologische Kontrolle der Kohlmottenschildlaus in Rosenkohl. In: F. Rau & H. Buck (Hrsg.) Versuche im ökologischen Gemüse- und Kartoffelbau in Niedersachsen – 2009. Kompetenzzentrum Ökolandbau Niedersachsen, Visselhövede, S. 97-103
- Schultz, B., Wedemeyer, R., Liebig, N., Saucke, H.(2008): Ein neuer Ansatz zur Kontrolle der Kohlmottenschildlaus im ökologischen Kohlanbau: kombinierter Einsatz von Kulturschutznetzen und Nützlingen. 56. Deutsche Pflanzenschutztagung in Kiel, 22.-25.Sept. 2008. Mitt.Julius Kühn-Institut 417, 447.
- 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. In: J. Mayer, T. Alföldi et. al. (Hrsg.): Werte – Wege – Wirkungen: Biolandbau im Spannungsfeld zwischen Ernährungssicherung, Markt und Klimawandel. Beiträge zur 10. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, Zürich, 11.-13. Februar 2009. Band 1. S. 296-299. Online: <http://orgprints.org/14448/>
- Schultz, B., Wedemeyer, R., Zimmermann, O., Saucke, H.(2010): Biologische Regulierung der Kohlmottenschildlaus im ökologischen Kohlanbau. 57. Deutsche Pflanzenschutztagung in Berlin, 6.-9. Sept. 2010. Mitt.Julius Kühn-Institut 428, S. 455.

8.2 Unveröffentlichte Vorträge:

Liebig, N (2007): Kohlmottenschildlaus 2007 in Norddeutschland. Ökologische Gartenbauberater-Tagung, 05.-08.11.2007, Nürnberg

Liebig, N. (2008): Ansätze zur Regulierung der KMSL durch Nützlinge in Rosenkohl. Ökologische Gartenbauberater-Tagung, 3.-6. Nov. 2008.

Liebig, N. (2010): Regulierungsmöglichkeiten der Kohlmottenschildlaus. Ökoring Gärtnerntag, 9. März 2010, Visselhövede.

Liebig, N. (2010): Regulierungsmöglichkeiten der Kohlmottenschildlaus im Ökologischen Kohlanbau: Kulturschutznetze, Pflanzenschutzmittel und Nützlingseinsatz. Öko-Gemüsebautagung 15. Juli 2010, Bamberg.

Schultz, B (2007): Application of naturally occurring antagonists of the cabbage whitefly (*Aleyrodes proletella*) in organic crops in combination with netting. Meeting of the IOBC Working Group "Field vegetables", 23.-27.09.2007, Porto, Portugal

Schultz, B. (2010): Einsatz von Nützlingen zur Regulierung der Kohlmottenschildlaus in Rosenkohl. Ökoring Gärtnerntag, 9. März 2010, Visselhövede.

8.3 Filmbeiträge*:

arte (2008): Fernsehdokumentation „Öko für alle – Bioprodukte auf dem Prüfstand“. In: Fernsehdokumentation 10.10.2008 22.30h, Ed. Podjavorsek P., Teilbeitrag zum BÖL Projekt 06OE339; auf DVD 00:11:30-00:15:15.

Zimmermann, O., Wyss, U., Leopold, J. (2009): Remarks on the biology of *Encarsia tricolor*, a parasitoid of the cabbage whitefly (*Aleyrodes proletella*) – (video documentation). DGaaE-Nachrichten 23 (1): S. 34.

* mit indirektem Bezug zum Projekt d.h. über das Projekt wird von Dritten berichtet oder die Entstehung des Beitrags wurde durch das Projekt angestoßen.

9 Voraussichtlicher Nutzen und Verwertbarkeit der Ergebnisse

Erste Umsetzungen als Technologietransfer konnten bereits vermerkt werden. Diese zeigten zum einen die Bevorzugung von 0,8x0,8mm Maschenweiten bei Neuanschaffung von Kulturschutznetzen auf verschiedenen Betrieben. Eine gewisse Hürde zur Umsetzung bilden die anfänglichen Anschaffungskosten und der Arbeitsaufwand des Netzanwendung. Diese Argumente sprechen auf ersten Blick für den alternativen schnellen Griff zur Spritze. Bei genauerer Betrachtung ist allerdings die Anwendung von Insektiziden auch von hohen Unsicherheiten begleitet. In verschiedenen Versuchen schwankten die Wirkungsgrade verschiedener Präparate stark und waren nicht vergleichbar zur Netzanwendung (Wyss & Daniel, 2002; Wyss, Specht, Daniel, & Rüegg, 2003; LWG, 2009; LWG, 2010; Hilgesloh, 2010). Zudem sind häufige Anwendungen (mindesten 3) notwendig begleitet mit den damit verbundenem Arbeitsaufwand, Nachteilen für die Bodenstruktur und Unwägbarkeiten bei der Terminierung (Witterung, optimale Spritzzeitpunkte und Befallsschwellen sind nicht bekannt). Zusätzlich wären auch Investitionen in eine verbesserte Spritztechnik notwendig (Droplegs für Unterblattspitzung). Das Verfahren „feinmaschiges Kulturschutznetz“ hat im dreijährigen Versuchsanbau einen konstant hohen und somit zuverlässigen Wirkungsgrad bewiesen, der auch in weiteren Versuchen und an anderen Kulturen bestätigt wurde (Saucke & Giessmann, 2003; Saucke, Schultz, & Predatova, 2004; LWG, 2009; LWG, 2010). Ein Vergleich der Wirtschaftlichkeit des Netzeinsatzes zeigt, dass bereits ab einem Mehrertrag von 65kg/1000m² sich eine Netzabdeckung rechnet. Hinsichtlich der Anwenderakzeptanz des feinmaschigen Netztyps ergeben zudem zwei wichtige Mitnahmeeffekte der Kulturschutznetzanwendung: Zum einen werden andere Kohlschädlingen (insbesondere Schadschmetterlinge und Kohlfliege) ebenfalls reguliert. Zum anderen wirkt der veränderte Wuchshabitus der Rosenkohlpflanzen unter Netz sich positiv auf das Erntergebnis bei maschineller Ernte („Fräsentrosung“) aus.

Tab. 21 Wirtschaftlichkeit des Einsatzes von Kulturschutznetzen (0,8mmx0,8mm) (Datenquelle: Arbeitskreis Betriebswirtschaft im Gartenbau e.V., 2003)

Kulturschutznetz 0,8mmx0,8mm, 12m Netzbreite, 0,61 €/m ²	Kosten in €/ 1000m ²
Kapitalkosten	
Abschreibung über 10 Jahre	75
Zinssatz (3%)	22
	97
Arbeitskosten Saisonkräfte	
4x Auflegen 4 x 0.8 Akh a 9€/h	29
4x Abnehmen 4 x 0.5 Akh a 9€/h	18
	+47
Einsparung Pflanzenschutz	
2 x Spruzit , 1x Neudosan und 1 x Bt	12
Maschinenkosten	2
	-14
Summe :	130
Notwendiger marktfähiger Mehrertrag bei 2 €/kg Rosenkohl:	65 kg
bei einem marktfähigen Ertrag von 1,2 kg/m ² lohnt sich eine Netzanwendung ab einem qualitätsbedingten Ertragsverlust von:	5,4 %

E. tricolor wurde bereits während der Projektphase vermehrt von Praktikern für eigene Versuchsanwendungen nachgefragt und eingesetzt, wenn auch ohne wissenschaftliche Begleitung und unbehandelte Referenz.

E. tricolor hat sich als wirksamer Gegenspieler der Kohlmottenschildlaus erwiesen, der bei rechtzeitiger Freilassung unter Netz zu bisher 16%-igen Mehrertrag beitrug. Bei vorverlegten Ausbringungen und rascher aufeinander folgenden Folgefreilassungen in der Initialbefallsphase sollten weitere Wirkungssteigerungen und Ertragsverbesserungen erzielbar sein. Ohne die Klärung der Dosierungsfrage (10.1) ist eine ökonomische Bewertung nicht möglich, sodass im Pkt. *E. tricolor* Zurückhaltung besteht, auch wenn es mehrfach motivierte Testungen in 2009 und 2010 ohne wissenschaftliche Begleitung gegeben hat, was das große Interesse und den Lösungsbedarf zum Kohlmottenschildlausproblem belegt.

9.1 Praxisempfehlungen

Anhand der Versuchsergebnisse wurden Praxisempfehlungen für die Regulierung der Kohlmottenschildlaus abgeleitet, die im Rahmen des Technologie- und Wissenstransfers transportiert wurden:

Bei Rosenkohl ist bei Sätzen zur frühen Ernte (bis Anfang November) mit höheren Qualitätseinbußen zu rechnen als bei späteren. Bei Starkbefall (mehr als 1000 Larven je Blatt Mitte September) sind zudem auch quantitative Ertragsverluste zu erwarten. Zwar schwankt das Verlustrisiko je nach Kultur und Jahr stark, über die Zeit ist aber lokal mit Aufbau von Hintergrundpopulationen zu rechnen, wodurch die Kohlmottenschildlaus ein Dauerproblem wird. Dies gilt insbesondere dort, wo eine ganzjähriges Wirtsangebot besteht (z.B. Winterraps und Sommerkohl).

Kulturschutznetze: Deshalb empfiehlt sich eine konsequente Abdeckung aller Kohlkulturen mit 0,8x0,8mm auch bei scheinbar geringem Befallsrisiko. Die Beikrautregulierung ist möglichst in die frühen Morgenstunden zu verlegen, wenn die Kohlmottenschildlaus noch eine geringe Flugaktivität hat. Bei Netzabdeckung sollte aber weiterhin die Entwicklung von Befall durch die Kohlmottenschildlaus oder andere Schädlinge im Auge behalten werden. Bei Rosenkohl empfiehlt es sich, die Netze Anfang September abzunehmen, um das Risiko sekundäre Schäden durch die mehligke Kohlblattlaus oder Schnecken zu minimieren. Dies ist jedoch nur dann ratsam, wenn nicht mit einem Befall durch die Kohlflye *Delia radicum* zu rechnen ist.

Encarsia tricolor: Für eine erfolgreiche Anwendung von *Encarsia tricolor* sind inundative frühe Ausbringungen zur ersten Kohlmottenschildlausgeneration im Rosenkohl (Mitte Juni bis Anfang August) zu empfehlen. Erste Ausbringung sollte im Rosenkohl Mitte Juni erfolgen, wenn Eier oder erste Larven vorhanden. Es sollte wiederholt (mindestens 2x) im Abstand von ca. 1 bis max 2 Wochen ausgebracht werden, um eine Überschneidung vom Schlupf der Männchen und Weibchen zu erreichen. Zur Arbeitersparnis sind konzentrierte punktuelle Ausbringungen möglich (z.B. Ausbringung entlang Reihen mit Abstand von 10-20m zur nächsten Ausbringungsreihe)

10 Gegenüberstellung der geplanten und erreichten Ziele

Es ergaben sich für die einzelnen Projektteile des Verbundvorhabens im Vergleich mit dem ursprünglichen Zeit-, Arbeits- und Kostenplan bis auf wenige Umschichtungen keine entscheidenden Änderungen (Tab. 1). Allen feldexperimentellen Ansatzpunkten und Feldsurveys konnte von den zuständigen Projektpartnern antragsgemäß nachgegangen werden. Da der Mulchfolienansatz unter Netz bereits im ersten Versuchsjahr abgeprüft war, gelang es zusätzlich zu den Parzellenversuchen, bereits in dieser Projektphase Praxisflächen einzubeziehen. Auch am JKI wurden die wesentlichen Teilziele zur Qualitätskontrolle antragsgemäß abgewickelt, sodass hinsichtlich der Gegenspielerdosierung und dem Ausbringungsverfahren kritische Unwägbarkeiten ausgeräumt waren. Die notwendige Methodenentwicklung zur Prüfung der Eiablage/Fekundität bei verschiedenen Temperaturregimen und „hostfeeding“ gestaltete sich jedoch wesentlich schwieriger als erwartet. Die erhofften Interpretationsbausteine zur Nützlichkeits-effizienz unter Netz, bzw. ohne Abdeckung mussten dementsprechend entfallen. Anstatt dessen wurde in die Fragestellungen zur Lebensdauer der Männchen und Weibchen bei verschiedenen Temperaturregimen stärker investiert. Hierdurch konnte gezeigt werden, dass die Lebensdauer und das Geschlechterverhältnis der Nützlinge als Qualitätsmerkmal in Abhängigkeit von den jeweiligen Massenzuchtbedingungen sehr stark schwanken kann. Die im Projektverlauf unerwartete Frage zum Stellenwert des Männchenanteils hinsichtlich Feldeffizienz ließ sich zwar im gegebenen Budget- und Zeitrahmen nicht mehr klären. Trotzdem sind nun die wesentlichen Steuerungsgrößen im Produktionsverfahren der Katz Biotech AG hinreichend erarbeitet, welche einen hohen Qualitätsstandard in der Massenproduktion für eine spätere Kommerzialisierungsphase gewährleisten kann.

Im Zielpunkt ökonomische Bewertung ist die Nutzbarkeit der Option „feinmaschigeres Kultuschutznetz versus Kohlfliengennetz“ in der Praxis unstrittig und findet bereits Akzeptanz auf verschiedenen Betrieben. Bezüglich der Wirtschaftlichkeit von *E. tricolor* sind nach der erheblichen Aufbauarbeit in 2007, 2008 im dritten Versuchsjahr die wesentlichen Meilensteine mit Erfolg abgedeckt worden:

1. Etablierungsfähigkeit im Feld,
2. Regulierungseffekt beim Zielschädling,
3. qualitäts- und ertragswirksame Feldeffizienz.

Trotzdem ist für *E. tricolor* in der jetzigen Phase noch keine ökonomische Bewertung auch nicht „unter Vorbehalt“ sinnvoll, da der Optimierungsspielraum hinsichtlich Freilassungstermin, -Intervall und -Menge noch nicht ausgereizt werden konnte.

10.1 Hinweise auf weiterführende Fragestellungen

Aufgrund der guten Regulierungsergebnisse 2009 mit *E. tricolor* sollten sich Folgeuntersuchungen prioritär auf die Synchronisation von Zielschädling/Gegenspieler in der Initialbefallsphase konzentrieren.

Die zu klärenden Kernpunkte bilden

- a) Die weitere Vorverlegung der 1. Freilassung,
- b) die zeitl. Vorverlegung der 2. Freilassung (bereits nach 1-2 Wochen!) und ob die Notwendigkeit weiterer Folgefreilassungen besteht,
- c) der benötigte Dosierungsbedarf in der 1. und den Folgefreilassungen
- d) der Stellenwert des Männchenanteils im Freilassungsmaterial für die Feldeffizienz, da dies in der Massenzucht berücksichtigt werden muss.

11 Verzeichnisse

11.1 Literatur

- Abd-Rabou, S. (2006). Biological control of the Pomegranate Whitefly, *Siphoninus phillyreae* (Homoptera: Aleyrodidae: Aleyrodinae) by using the bioagent, *Clitostethus arcuatus* (Coleoptera: Coccinellidae). *Journal of Entomology* **3**, 331-335.
- Adams, A. J. (1985a). The critical field photoperiod inducing ovarian diapause in the cabbage whitefly, *Aleyrodes proletella* (Homoptera: Aleyrodidae). *Physiological Entomology* **10**, 243-249.
- Adams, A. J. (1985b). The photoperiodic induction of ovarian diapause in the cabbage whitefly, *Aleyrodes proletella* (Homoptera: Aleyrodidae). *Journal of Insect Physiology* **31**, 693-700.
- Ageryan, N. G. (1977). *Clitostethus arcuatus* Rossi (Coleoptera: Coccinellidae), a predator of the citrus whitefly in Adzharia. *Entomologicheskoe Obozrenie* **56**, 31-33.
- Albajes, R., Casadevall, M., Bordas, E., Gabarra, R., and Alomar, O. (1980). La mosca blanca de los invernaderos, *Trialeurodes vaporariorum* en El Maresme. II. Utilizacion de *Encarsia tricolor* (Hym.; Aphelinidae) en un invernadero de tomate temprano.. *Anales del Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias, Agricola*. **13**, 191-203.
- Alonso, D., Gomez, A. A., Nombela, G., & Muniz, M. (2009). Temperature-dependent development of *Aleyrodes proletella* (Homoptera: Aleyrodidae) on two cultivars of Broccoli under constant temperatures. *Environmental Entomology* **38**, 11-17.
- Arbeitskreis Betriebswirtschaft im Gartenbau e.V. (2003). Erstellung einer aktuellen Datensammlung für Planung und Controlling zu allen wichtigen Betriebszweigen und Produktionsverfahren im Ökologischen Landbau: Teilstudie Ökologischer Gemüsebau. Endbericht des BÖL-Projekts Nr. 02OE235. online: <http://orgprints.org/1933>
- Arzone, A. (1976). Indagini su *Trialeurodes vaporariorum* ed *Encarsia tricolor* in pien'aria.; Investigations on *Trialeurodes vaporariorum* and *Encarsia tricolor* in the open air. *Informatore Fitopatologico* **26**, 5-10.
- Avilla, J., Anadon, J., Sarasua, M. J., & Albajes, R. (1991). Egg allocation of the autoparasitoid *Encarsia tricolor* at different relative densities of the primary host (*Trialeurodes vaporariorum*) and two secondary hosts (*Encarsia formosa* and *E. tricolor*). *Entomologia-Experimentalis-et-Applicata*. **59**, 219-227.
- Avilla, J. & Copland, M. J. W. (1987). Effects of host stage on the development of the facultative autoparasitoid *Encarsia tricolor* (Hymenoptera: Aphelinidae). *Annals of Applied Biology* **110**, 381-389.
- Avilla, J. & Copland, M. J. W. (1988). Development rate, number of mature oocytes at emergence and adult size of *Encarsia tricolor* at constant and variable temperatures. *Entomophaga* **33**, 289-298.
- Bathon, H. & Pietrzik, J. (1986). Zur Nahrungsaufnahme des Bogen-Marienkäfers *Citostethus arcuatus* Rossi (Col. Coccinellidae), einem Vertilger der Kohlmottenlaus, *Aleurodes proletella* Linné (Hom. Aleyrodidae). *Journal of Applied Entomology* **102**, 321-326.
- Booth, RG & Polaszek, A. (1996). The identities of ladybird beetle predators used for whitefly control, with note on some whitefly parasitoides, in Europe. Brighton Crop Protection Conference (BCPC) - Pest & Diseases. 18-11-1996. Brighton, UK.
- Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (BVL) (2010). Zugelassene Pflanzenschutzmittel: Auswahl für den ökologischen Landbau nach der Verordnung (EG) Nr. 834/2007 (Stand: Juni 2010). Online: www.bvl.bund.de/infopsm.
- Castresana, L., Arroyo, M., & Notario, A. (1988). Control biologico de la mosca blanca de los invernaderos, *Trialeurodes vaporariorum* West (Homoptera: Aleyrodidae), por *Encarsia tricolor* Foers. (Hymenoptera: Aphelinidae) en tomate de invernadero. *Boletin de Sanidad Vegetal, Plagas* **14**.
- Ellis, P. R., Ramsey, A. D., Singh, R., & Pink, D. A. C. (1996). Wild brassica species as sources of resistance to *Brevicoryne brassicae* and *Aleyrodes proletella*. *Bulletin OILB/SROP* **19**, 1-7.
- Hilgesloh, M. (2010). Das Auftreten der Kohlmottenschildlaus im ökologischen Kohlanbau. In: Bayerische Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau Tagungsband zum Öko-Gemüsebautag am 15. Juli 2010 in Bamberg, Veitshöchheimer Berichte Heft 143/2010. online: http://www.lwg.bayern.de/gartenbau/oekologischer_anbau/39847/
- IOBC (2002). IOBC quality control guidelines for natural enemies. International Organisation for Biological Control. Online: <http://www.iobc-wprs.org/>

- Katsoyannos, P., Iftanis, K., and Kontodimas, D. C. (1997). Phenology, population trend and natural enemies of *Aleurothrixus floccosus* (Hom: Aleyrodidae) at a newly invaded area in Athens, Greece. *Entomophaga* **42**, 619-628.
- Loi, G. (1978). Osservazioni eco-etologiche sul coleottero coccinellide scimmino *Clitostethus arcuatus* Rossi, predatore di *Dialeurodes citri* Ashm. in Toscana. *Frustula Entomologica* **1**, 123-145.
- LWG (2008). Neem Azal verzögert den Populationsaufbau bei Kohlmottenschildlaus an Grünkoh. In: Bayerische Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau: Gemüsebauversuche 2008. Veitshöchheimer Berichte Nr. 128/2008. Online: http://www.lwg.bayern.de/gartenbau/oekologischer_anbau/33494/
- LWG (2009). Neem Azal gut wirksam gegen Kohlmottenschildlaus am Grünkohl. In: Bayerische Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau: Gemüsebauversuche 2009. Veitshöchheimer Berichte Nr. 136/2009. Online: http://www.lwg.bayern.de/gartenbau/oekologischer_anbau/38019/
- Metwally, S. M., El-Heneidy, A. H., Shenishen, Z., Boraei, H. A., & Mesbah, A. H. (1999). *Clitostethus arcuatus* (Rossi) (Coleoptera: Coccinellidae), a predator species, of the citrus whitefly, *Dialeurodes citri* (Ashm.) (Homoptera: Aleyrodidae) in Egypt. *Egyptian Journal of Biological Pest Control* **9**, 61-66.
- Mota, J. A., Soares, A. O., & Garcia, P. (2008). Temperature dependence for development of the whitefly predator *Clitostethus arcuatus* (Rossi). *BioControl* **53**, 603-613.
- Muniz, M. & Nebreda, M. (2003). Differential variation in host preference of *Aleyrodes proletella* (L.) on several cauliflower cultivars. *Bulletin OILB/SROP* **26**, 49-52.
- Noyes, J. S. (2003). Universal Chalcidoidea Database. Online: www.nhm.ac.uk/entomology/chalcidoids/index.html
- Paine, T. D., Jetter, K. M., Klonsky, K. M., Bezark, L. G., & Bellows, Jr. T. S. (2003). Ash whitefly and biological control in the urban environment. In "Exotic pests and diseases: Biology and economy for biosecurity" (D. A. Sumner & Jr. F. H. Buck, Eds.), Iowa State Press, Iowa, USA, 203-213.
- Pütz, A., Klausnitzer, B., Schwartz, A., & Gebert, J. (2000). Der Bogen-Zwergmarienkäfer *Clitostethus arcuatus* (Rossi, 1794) - eine mediterrane Art auf Expansionskurs (Col; Coccinellidae). *Entomologische Nachrichten und Berichte, Dresden* **44**, 193-197.
- Ramsey, A. D. & Ellis, P. R. (1996). Resistance in wild brassicas to the cabbage whitefly, *Aleyrodes proletella*. *Acta Horticulturae* **407**, 507-514.
- Saharaoui, L. & Gourreau, J. M. (2000). Les coccinelles d'Algérie : inventaire et régime alimentaire (Coleoptera, Coccinellidae). *Recherche Agronomique* **6**, 11-27.
- Saucke, H. & Giessmann, M. (2003). Eignung verschiedener Kulturschutz-Netze und Vliese zur Regulierung der Kohlmottenschildlaus (*Aleyrodes proletella*) in Rosenkohl. In "Versuche im niedersächsischen Öko-Gemüsebau - 2002 - Ergebnisse-Analysen-Empfehlungen" (F. Rau & H. Buck, Eds.), Kompetenzzentrum Ökolandbau Niedersachsen GmbH, Visselhövede, 115-118.
- Saucke, H., Schultz, B., and Predatova, M. (2004). Eignung verschiedener Kulturschutz-Netze und Vliese zur Regulierung der Kohlmottenschildlaus (*Aleyrodes proletella*) in Rosenkohl. In "Versuche im niedersächsischen Öko-Gemüsebau - 2003 - Ergebnisse-Analysen-Empfehlungen" (F. Rau and H. Buck, Eds.), Kompetenzzentrum Ökolandbau Niedersachsen GmbH, Visselhövede, 145-149.
- Schmalstieg, H. & Katz, P. (2009). Erfahrungen zum Freilandinsatz von *Encarsia tricolor* gegen *Aleyrodes proletella* an Blattkohl., 56. Deutsche Pflanzenschutztagung 22.-25.9.2009, Christian Albrecht-Universität Kiel, Mitteilungen aus dem Julius Kühn-Institut 417, 437.
- Schmalstieg, H., Kummer, B., Arndt, T., & Katz, P. (2010). Untersuchung zum Einsatz biologischer Pflanzenschutzmaßnahmen mit *Encarsia tricolor* im Gemüsebau. 57. Deutsche Pflanzenschutztagung. 6.-9.9.2010 Humboldt Universität Berlin., Julius Kühn-Archiv 428, 151.
- Sengonca, C., Wang, X. Q., & Liu, B. (2001). Development, longevity and parasitization of white fly parasitoid, *Encarsia tricolor* Forster (Hym., Aphelinidae), at different temperatures. *Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz* **108**, 298-304.
- Stüben, M. (1949). Zur Biologie der Chalcidide *Encarsia tricolor*. *Biologisches Zentralblatt* **68**, 413-429.
- Tölle-Nolting, C, Meyhöfer, R., & Poehling, H-M. (2010). Pflanzenschutz im Gartenbau unter einem sich änderendem Klima: Mögliche Einflüsse auf Schädlinge und deren natürlichen Feinde. 57. Deutsche Pflanzenschutztagung. 6.-9.9.2010, Humboldt Universität Berlin., Julius Kühn-Archiv 428, 148.

- Way, M. & Murdie, G. (1965). An example of varietal variations in resistance of brussels sprouts. *Ann Biol* **56**, 326-328.
- Williams, T. (1989). Sex ratio strategies in the facultatively autoparasitic wasp, *Encarsia tricolor* Förster. University of London, London.
- Williams, T. (1995). The biology of *Encarsia tricolor*: an autoparasitoid of whitefly. *Biological Control* **5**, 209-217.
- Wyss, E & Daniel, C. (2002). Wirkung verschiedener Insektizide gegen die Kohlmottenschildlaus *Aleyrodes proletella* in biologischem Rosenkohl. Mittelprüfung 2002, 02/11e. <http://orgprints.org/8505/> .
- Wyss, E, Specht, N, Daniel, C, & Rüegg, J. (2003). Wirkung verschiedener Insektizide bei Ober- und Unterblattapplikation gegen die Kohlmottenschildlaus *Aleyrodes proletella* in biologischem Rosenkohl. Mittelprüfungsbericht. Online: <http://orgprints.org/2592/> .
- Zehnder, G., Gurr, G., Kühne, S., Wade, M., Wratten, S., & Wyss, E. (2007). Arthropod pest management in organic crops. *Annual Review of Entomology* **52**, 57-80.

11.2 Abbildungsverzeichnis

Abb. 1	Bogenmarienkäfer (<i>Clitostethus arcuatus</i>): Links: Weibchen beim Fraß an <i>Aleyrodes proletella</i> Eiern (Foto: B. Schultz). Rechts: Larve des Bogenmarienkäfers (Foto: H. Saucke).	8
Abb. 2	<i>Encarsia tricolor</i>: Links: Weibchen bei Eiablage (Foto: O. Zimmermann). Rechts: verschiedene juvenile Stadien nach Parasitierung von <i>Aleyrodes proletella</i> Larven (Foto: B. Schultz).	9
Abb. 3	Schematische Darstellung zur Entwicklung Weibchen und Männchen des fakultativen Autoparasitoiden <i>E. tricolor</i>	9
Abb. 4	Monitoring des Kohlmottenschildlausbefalls im ökologischen Kohlanbau in Niedersachsen in 2009/10	
Abb. 5	Versuchsanlage des On-Farm-Mulchfolienversuchs in Rehburg	12
Abb. 6	Versuchsanlage in Rehburg am 15.08.08 (Foto: R. Wedemeyer)	13
Abb. 7	Befall mit <i>A. proletella</i> (Adulte und Eigelege) im Mulchfolienversuch Rehburg (Fehlerbalken = Standardabweichung)	13
Abb. 8	Verunkrautung in Parzelle mit Mulchfolie. Rehburg 15.08.07 (Foto: R. Wedemeyer)	14
Abb. 9	Monatliche Niederschlagssummen und Durchschnittstemperaturen im Versuchszeitraum 2007-2009 in Neu-Eichenberg im Vergleich zum langjährigen Mittel (grüner Balken= Standarddauer Rosenkohl, schwarze Zahlen= Ganzjahreswert für Niederschlag und Temperatur, Grüne Zahlen= Niederschlagssumme und Temperaturdurchschnitt für Monate Juni bis November)	15
Abb. 10	Parzellenversuch Neu-Eichenberg am 14.09.07 (Foto: B. Schultz)	17
Abb. 11	Übersicht Qualitätsnoten der Röschen in Abhängigkeit von Russtauverschmutzungen	20
Abb. 12	Schematische Darstellung des Bonituschemas zur Erhebung des Kohlmottenschildlausbefalls bei Aufsicht auf Rosenkohlpflanze	21
Abb. 13	Auswertung der inkubierten Blattproben am JKI Darmstadt (Fotos: O. Zimmermann)	23
Abb. 14	Temperaturmaxima in Rosenkohlbestand ohne Kulturschutznetz sowie Temperaturdifferenz unter Kulturschutznetz in Abhängigkeit von Kulturphase (orange= Pflanzen bis BBCH 33 (Bestandesschluss), grün= BBCH 33 bis Entfernen der Netze, blau= Entfernen der Netze bis Ernte) 25	
Abb. 15	Pflanzenentwicklung in Parzellen ohne Netz im Parzellenversuch Neu-Eichenberg 2007-2009	26
Abb. 16	Entwicklung der Strunklänge in den Kontrollvarianten des Parzellenversuchs Neu-Eichenberg bis zum Zeitpunkt des Entfernen der Terminalknospe	27
Abb. 17	Unterschiedlicher Bestandesschluss zu BBCH 33 (17.07.2009) im Parzellenversuch Neu-Eichenberg. Links: Variante ohne Netz. Rechts: Variante mit Netz (Fotos: B. Schultz)	28
Abb. 18	Unterschiedlicher Bestandesschluss vor dem Entspitzen am 9.10.2008 (BBCH 47) im Parzellenversuch Neu-Eichenberg. Links: Variante ohne Netz. Rechts: Variante mit Netz (Fotos: B. Schultz)	28

Abb. 19	Entwicklung des Befalls mit Larven der Kohlmottenschildlaus (KMSL) in den Kontrollvarianten des Parzellenversuchs Neu-Eichenberg 2007-2009 (graue Pfeile = Freisetzung von KMSL Adulten, unterschiedliche Buchstaben = signifikante Unterschiede mit $\alpha \leq 0,05$ im Tukey-Test für Varianten je Boniturtermin).....	29
Abb. 20	Entwicklung des Befalls mit Larven der Kohlmottenschildlaus (KMSL) nach Ausbringung der Gegenspieler im Parzellenversuch Neu-Eichenberg 2007 - 2009 (graue Pfeile = Freisetzung von KMSL Adulten, schwarze Pfeile = Nützlingsfreisetzungen, unterschiedliche Buchstaben = signifikante Unterschiede mit $\alpha \leq 0,05$ im Tukey-Test für Varianten je Boniturtermin).....	31
Abb. 21	Entwicklung von <i>C. arcuatus</i> nach Freisetzung (jeweils als Summe aller Beobachtungen eines Stadiums je Termin) im Parzellenversuch Neu-Eichenberg in 2008 (KMSL=Kohlmottenschildlaus). 32	
Abb. 22	Entwicklung von <i>Encarsia tricolor</i> im Parzellenversuch Neu-Eichenberg 2008 und 2009 dargestellt als Anzahl parasitierte Kohlmottenschildläuse (KMSL) (oben) und adulte Encarsien (unten) je Pflanze.....	34
Abb. 23	Rohrertrag und vermarktbarer Ertrag (geputzt und ungeputzt) in den Kontrollvarianten des Parzellenversuch Neu-Eichenberg 2007-2009. (K1= ohne Netz, K2= mit Netz, K3= mit Netz und Kohlmottenschildlaus; Fehlerbalken= Standardabweichung, unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede innerhalb der Versuchsjahre mit $\alpha=0,05\%$ nach Tukey HSD).....	37
Abb. 24	Qualitätsbeurteilung (ohne 2007) der marktfähigen Ernte als Boniturnotendurchschnitt (Skala 1-9) und nicht vermarktbarer Ertrag in Gewichtsanteil aussortierter Röschen an Rohrertrag und in den Kontrollvarianten des Parzellenversuch Neu-Eichenberg 2007-2009. (K1= ohne Netz, K2= mit Netz, K3= mit Netz und Kohlmottenschildlaus; Fehlerbalken= Standardabweichung für Abfall insgesamt, unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede innerhalb der Versuchsjahre mit $\alpha=0,05\%$ nach Tukey Test für Prozentwerte bzw. nach LSD Test für Qualitätsnoten).....	38
Abb. 25	Rohrertrag und vermarktbarer Ertrag (geputzt und ungeputzt) in Varianten mit Einsatz von Antagonisten im Vergleich zur Kontrolle im Parzellenversuch Neu-Eichenberg 2007 und 2008. (K3= mit Netz und Kohlmottenschildlaus, B1= K3 + <i>Encarsia tricolor</i> , B2= K3 + <i>Clitostethus arcuatus</i> , B3= K3 + <i>Encarsia tricolor</i> + <i>Clitostethus arcuatus</i> ; Fehlerbalken= Standardabweichung für Rohrertrag).....	39
Abb. 26	Rohrertrag und vermarktbarer Ertrag (geputzt und ungeputzt) bei unterschiedlichen Freisetzungsmengen von <i>Encarsia tricolor</i> (E.tri) im Vergleich zur Kontrolle (K3) im Parzellenversuch Neu-Eichenberg 2009. (KMSL= Kohlmottenschildlaus; Fehlerbalken= Standardabweichung).....	39
Abb. 27	Gewichtsanteil aussortierter Röschen an Rohrertrag und Qualitätsbeurteilung bei unterschiedlichen Freisetzungsmengen von <i>Encarsia tricolor</i> (E.tri) im Vergleich zur Kontrolle im Parzellenversuch Neu-Eichenberg 2009. (KMSL= Kohlmottenschildlaus; Fehlerbalken= Standardabweichung für Abfall insgesamt, keine signifikanten Unterschiede für Abfall und Qualitätsnoten).....	40
Abb. 28	Anlage der Behandlungs- und Referenzparzelle im Praxisschlag in Hiddestorf 2008 (schwarze Punkte = markierte Pflanzen, roter Punkt = Freilassungsstelle für Encarsien).	42
Abb. 29	Anlage der Versuchspartellen in Praxisschlag (schwarze Punkte = markierte Pflanzen. roter Punkt = Freilassungsstellen für Encarsien. K1= Kontrolle Wiederholung 1. B1 = Behandlung Wiederholung 1)42	
Abb. 30	Hiddestorf 2008: Verbreitung und Entwicklung von <i>Encarsia tricolor</i> in behandelter und Kontrollparzelle; (Freilassungspartelle entsprechend Kontrolle für Abbildung auf 20 Probepunkte reduziert; grau unterlegte Zahl = Tage nach Freisetzung, Farbskala= Anzahl parasitierte Kohlmottenschildlauslarven je Blattprobe.	43
Abb. 31	Entwicklung der Parasitierung von <i>Aleyrodes proletella</i> Larven durch <i>Encarsia tricolor</i> von Nützlingsfreisetzung bis Ernte in Hiddestorf 2007	44
Abb. 32	Entwicklung des Befalls mit Larven von <i>Aleyrodes proletella</i> von Nützlingsfreisetzung bis Ernte in Hiddestorf 2007 (KMSL= Kohlmottenschildlaus, n=Stichprobenumfang)	44
Abb. 33	Anteil von durch Russtau verschmutzter Röschen am Gesamtertrag in Hiddestorf 2007.....	45
Abb. 34	Durchschnittlicher Anteil parasitierter Larven der Kohlmottenschildlaus je Rosenkohlblatt in Prozent im Praxisversuch in Dierdorf 2009 (schwarze Pfeile = Freisetzungstermine).....	45

Abb. 35	Dierstorf 2009: Verbreitung und Entwicklung von <i>Encarsia tricolor</i> nach Freilassung im Vergleich zu Referenzparzelle; (grau unterlegte Zahl = Tage nachl. Freisetzung, Farbskala= Anzahl parasitierte Kohlmottenschildlauslarven je Blattprobe).....	46
Abb. 36	Durchschnittliche Anzahl Larven der Kohlmottenschildlaus je Rosenkohlblatt im Praxisversuch in Dierstorf 2009 (schwarze Pfeile = Freisetzungstermine)	47
Abb. 37	<i>Encarsia tricolor</i> Weibchen; hostfeeding (li.), Anstich Puparium (re.) (Fotos: O. Zimmermann)....	50
Abb. 38	<i>Encarsia inaron</i> ; Weibchen (links, Foto: A. Wild) Männchen (rechts, Foto: J. Leopold).....	51
Abb. 39	<i>Encarsia formosa</i> ; Weibchen (links) Männchen (rechts) (aus Noyes 1998).....	51
Abb. 40	Geschlechtsspezifische Fühlermerkmale bei <i>Encarsia tricolor</i>	52
Abb. 41	Freilassungsmaterial als Blattware: Bonitur der Mortalität von vereinzelt <i>Encarsia tricolor</i>	53
Abb. 42	Schlupfdynamik von <i>E. tricolor</i> 2007.....	54
Abb. 43	Überlebenskurve von <i>E. tricolor</i> mit und ohne Honigfutter bei 26,5 °C und 40% relativer Luftfeuchte – Durchlauf 22.08.07 (A), und 2 Ansätze 02.10.07 (B,C).	55
Abb. 44	Vergleich der Überlebensraten von <i>E. tricolor</i> : Variation von Temperatur, Luftfeuchte und Futter	57
Abb. 45	Schlupfverlauf von gelieferten <i>E. tricolor</i> der vier Freilassungen in 2009 absolut und kumuliert ...	59
Abb. 46	Überlebensraten von gelieferten <i>E. tricolor</i> der Freilassungen 1-3 in 2009 (Variation der Temperaturen).....	61
Abb. 47	Vergleich der Überlebensraten im Labor von <i>Encarsia tricolor</i> bei 20 und 25°C aus Massenzucht und von „Wildtypen“ verschiedener süddeutscher Standorte 2009 (Kürzel vergl. Tab. 19).....	64
Abb. 48	A: Pflanzen im Plexiglazylinder, B:, Blatt- („Klipp-)Käfige, C: Blattscheiben auf Agar.....	65

11.3 Tabellenverzeichnis

Tab. 1	Balkenplan zur Projektplanung und -durchführung	5
Tab. 2	Befallsaufkommen der Kohlmottenschildlaus auf verschiedenen Kohlanbauflächen in Norddeutschland von 2007 bis 2009.....	11
Tab. 3	Anteile des marktfähigen und nicht marktfähigen Ertrags im Mulchfolienversuch in Rehburg	14
Tab. 4	Übersicht der Varianten im Parzellenversuch Neu-Eichenberg 2007-2009 (KMSL=Kohlmottenschildlaus. Freisetzungsdichten und -frequenzen der Nützlinge in Klammern)16	
Tab. 5	Übersicht der Vorfrüchte sowie der Termine für Pflanzung, Pflege, Behandlung und Ernte im Parzellenversuch Neu-Eichenberg	17
Tab. 6	Übersicht der zeitlichen Abfolge der Entnahme von Blattproben in aufgeführten Varianten des Parzellenversuchs. Neu-Eichenberg (KW= Kalenderwoche. Farbbalken: Zeitraum Pflanzen – Entfernen Netz Mitte Oktober, Initialbefall mit KMSL, Nützlingsfreisetzungen, Blattproben (mit Angaben zu Varianten)).....	22
Tab. 7	Beeinflussung des Mikroklimas in ca. 15 cm Höhe im Rosenkohlbestand durch Kulturschutznetze: durchschnittliche Tageswerte für Temperatur und relative Luftfeuchte für verschiedene Kulturphasen (P=Pflanzen. BS= Bestandesschluss. AN= Aufdecken Netze. E= Ernte) und Versuchsjahre in Parzellen ohne Netz sowie die durchschnittliche Differenz in den Parzellen mit Netz (grau hinterlegt) (Differenzen „Netz“-„ohne Netz“ sind signifikant mit ***= $\alpha \leq 0,001$ / *= $\alpha \leq 0,05$ im Wilcoxon-Test; ns=nicht signifikant)	24
Tab. 8	Parameter der Pflanzenentwicklung zum Erntezeitpunkt für Kontrollvarianten im Parzellenversuch Neu-Eichenberg (KMSL = Kohlmottenschildlaus, unterschiedliche Buchstaben = signifikante Unterschiede mit $\alpha \leq 0,05$ im Tukey-Test für Varianten je Versuchsjahr)	27
Tab. 9	Kumulative Anzahlen parasitierter Kohlmottenschildläuse und adulter <i>Encarsia tricolor</i> über den Beobachtungszeitraum Juli-Oktober (4 Beobachtungstermine) aus visuellen Bestandeskontrollen; unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede im Tukey-Test mit $\alpha \leq 0,05$ innerhalb der Versuchsjahre.....	33
Tab. 10	<i>E. tricolor</i> Parasitierungswerte in relativen und absoluten Anzahlen parasitierter <i>A. proletella</i> aus gehälterten Blattproben (Parzellenversuch Neu-Eichenberg 2007-2009).	35

Tab. 11	Einfluss von Netzabdeckung und Ernteverfahren auf Rohertrag (in g/Pflanze) und Rösschensortierung im Parzellenversuch Neu-Eichenberg in 2008 (ns = ANOVA nicht signifikant mit $\alpha \geq 0,05\%$).....	40
Tab. 12	Eingesandte Blattproben 2007.....	48
Tab. 13	Ergebnisse der Blattproben von Praxisflächen 2007.....	49
Tab. 14	Weibchenanteil des Freisetzungsmaterials vom 17.08.07 (2. Freilassung).....	54
Tab. 15	Lebensdauer von <i>E. tricolor</i> mit und ohne Honigfutter (m. F./o. F.) (in Tagen).....	55
Tab. 16	Kennzahlen der Überlebensraten von <i>E. tricolor</i> aus 2008 bei Variation von Temperatur, Luftfeuchte und Futtergabe.....	57
Tab. 17	Belegung und Weibchen-Anteil des Freilassungsmaterials in 2009.....	58
Tab. 18	Kennzahlen der Überlebensraten von <i>E. tricolor</i> aus 2009: Variation der Temperatur.....	62
Tab. 19	Standorte mit Kohlmottenschildlausbefall in Süddeutschland, an 2009 denen Schlupfproben gezogen wurden.....	63
Tab. 20	Kennzahlen der Überlebensrate von <i>E. tricolor</i> aus Massenzucht und von „Wildtypen“.....	64
Tab. 21	Wirtschaftlichkeit des Einsatzes von Kulturschutznetzen (0,8mmx0,8mm) (Datenquelle: Arbeitskreis Betriebswirtschaft im Gartenbau e.V., 2003).....	71