

Schlussbericht

Förderung der funktionellen Biodiversität zur Bekämpfung der Kohlmottenschildlaus

Förderkennzeichen: 2812NA016

Projektnehmer:

Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover
Institut für Gartenbauliche Produktionssysteme, Abt. Phytomedizin, Angewandte Entomologie
Herrenhäuser Straße 2
30419 Hannover
Tel: 0049 (0)511 762 2641/5343
Fax: 0049 (0)511 762 3015
Email: meyhoefer@ipp.uni-hannover.de
Internet: www.igps.uni-hannover.de/ipp.html

Autoren: Sebastian Laurenz, Rainer Meyhöfer

Laufzeit: 01.06.2013 bis 31.12.2016

Kooperationspartner:

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

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

Kurzfassung: Förderung der funktionellen Biodiversität zur Bekämpfung der Kohlmottenschildlaus

Sebastian Laurenz & Rainer Meyhöfer

Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover, Institut für Gartenbauliche Produktionssysteme, Abt. Phytomedizin, Angewandte Entomologie, Herrenhäuser Straße 2, 30419 Hannover, Email: laurenz@ipp.uni-hannover.de, meyhoefer@ipp.uni-hannover.de

Die Kohlmottenschildlaus (*Aleyrodes proletella*) hat sich innerhalb kurzer Zeit zu einem Hauptschädling im ökologischen und integrierten Kohlanbau entwickelt. Ein Grund ist der einseitige Nutzen des stetig gestiegenen Winterrapsanbaus für *A. proletella* nicht aber für dessen natürliche Gegenspieler. Projektziel war die spezifische Förderung dieser Gegenspieler mittels Banker Plants und Blühstreifen, um so den *A. proletella*-Befall, den ökonomischen Schaden und den Insektizideinsatz nachhaltig zu reduzieren. Zunächst wurden mit einer bundesweiten Erhebung die wichtigsten natürlichen Gegenspieler von *A. proletella* ermittelt und potentielle Banker Plant-Systeme zusammengestellt. Im Feld wurden zum einen einjährige Banker Plant-Systeme gegeneinander getestet. Zum anderen wurde die Überwinterung und Populationsdynamik von Alternativwirten und Gegenspielern auf mehrjährigen Banker Plants untersucht. Ein Versuch zur Kombination von Banker Plants mit einem spezifisch zusammengestellten Blühstreifen erfolgte im letzten Projektjahr. Der bedeutendste Parasitoid von *A. proletella*, *Encarsia tricolor*, wurde für die Entwicklung der Banker Plant-Systeme gewählt. Das beste einjährige System setzte sich aus *E. tricolor* (Gegenspieler) und *Trialeurodes vaporariorum* (Alternativwirt/-beute) auf Hokkaido-Kürbis zusammen. Im Feld erreichte dieses System auf kurzer Distanz eine Reduktion des *A. proletella*-Befalls um durchschnittlich 28%. Um durchschnittlich 52% stieg die Parasitierung von *A. proletella* und auch das Vorkommen von Schwebfliegenlarven und Marienkäfern auf dem Kohl konnte erhöht werden. Mit einer kombinierten Strategie von Banker Plants mit Blühstreifen konnte kein zusätzlicher Erfolg beobachtet werden. Nelkenwurz (*Geum urbanum*) lieferte die besten Ergebnisse als mehrjährige Banker Plant zur permanenten Ansiedlung von Alternativwirten (*Aleyrodes lonicerae*) und natürlichen Gegenspielern. Die Ergebnisse zeigen, dass durch den Einsatz von Banker Plant-Systemen eine dauerhafte Förderung der funktionellen Biodiversität und eine signifikante Befallsreduktion von *A. proletella* erzielt werden kann. Möglichkeiten zur weiteren Optimierung der Banker Plant-Systeme und Vorschläge für zukünftige Untersuchungen bis zum praxistauglichen Einsatz werden diskutiert.

Abstract: Promotion of functional biodiversity to control the cabbage whitefly

Sebastian Laurenz & Rainer Meyhöfer

Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover, Institute of Horticultural Production Systems, Section Phytomedicine - Applied Entomology, Herrenhäuser Straße 2, 30419 Hannover, Email: laurenz@ipp.uni-hannover.de, meyhoefer@ipp.uni-hannover.de

The cabbage whitefly (*Aleyrodes proletella*) developed to a major pest in organic as well as integrated cabbage production within a short time. One reason is the one-sided benefit of the increased cultivation of winter oilseed rape for *A. proletella* but not for its natural enemies. This project aimed to promote these natural enemies specifically with the help of banker plants and flower strips in order to reduce *A. proletella* infestation, economic damage and insecticide applications. We first determined the most relevant natural enemies of *A. proletella* in Germany in a nationwide survey and developed potential banker plant systems for further investigations. Most promising annual banker plant systems were then evaluated under field conditions. Furthermore, overwintering and population dynamics of alternative hosts/prey and natural enemies were investigated on perennial banker plants. A field trial testing a combined strategy of banker plants and flower strip was conducted in the last year of the project. *Encarsia tricolor* as most important parasitoid of *A. proletella* was chosen to be used as natural enemy in the banker plant systems. The best annual system was composed of *E. tricolor* (natural enemy) and *Trialeurodes vaporariorum* (alternative host/prey) on orange Hokkaido squash. This system reduced *A. proletella* populations by an average of 28% on short distance in the field. Parasitism rates of *A. proletella* were increased by 52% on average and either the abundances of hoverfly larvae and ladybeetles on cabbage plants were higher. However, a combination of banker plants and flower strip did not lead to additional or even synergistic effects. Alternative hosts/prey (*Aleyrodes lonicerae*) and natural enemies successfully overwintered on and colonized wood avens (*Geum urbanum*) permanently. Results show that the use of banker plant systems can achieve a promotion of functional biodiversity and a significant reduction of *A. proletella* infestation. Further improvements of the developed banker plant systems and future research needed before bringing the systems to practice are discussed.

Inhaltsverzeichnis	Seite
1. Einführung.....	5
1.1. Gegenstand des Vorhabens.....	5
1.2. Ziele und Aufgabenstellung des Projekts, Bezug des Vorhabens zu den einschlägigen Zielen des BÖLN oder zu konkreten Bekanntmachungen und Ausschreibungen	6
1.3. Planung und Ablauf des Projekts.....	8
2. Wissenschaftlicher und technischer Stand, an dem angeknüpft wurde	13
3. Material und Methoden.....	16
3.1. Zusammenstellung potentieller Banker Plant-Systeme	16
3.2. Feldevaluation einjähriger Banker Plant-Systeme	22
3.3. Einjährige Banker Plants und Blühstreifen	24
3.4. Mehrjährige Banker Plants: Permanente Ansiedlung natürlicher Gegenspieler	28
4. Ausführliche Darstellung der wichtigsten Ergebnisse.....	32
4.1. Zusammenstellung potentieller Banker Plant-Systeme	32
4.2. Feldevaluation einjähriger Banker Plant-Systeme	46
4.3. Einjährige Banker Plants und Blühstreifen	49
4.4. Mehrjährige Banker Plants: Permanente Ansiedlung natürlicher Gegenspieler	55
5. Diskussion der Ergebnisse	60
6. Angaben zum voraussichtlichen Nutzen und zur Verwertbarkeit der Ergebnisse.....	62
7. Gegenüberstellung der ursprünglich geplanten zu den tatsächlich erreichten Zielen; Hinweise auf weiterführende Fragestellungen	63
8. Zusammenfassung.....	64
9. Literaturverzeichnis.....	66
10. Übersicht über alle im Berichtszeitraum vom Projektnehmer realisierten Veröffentlichungen zum Projekt, bisherige und geplante Aktivitäten zur Verbreitung der Ergebnisse.....	71
10.1. Veröffentlichte Manuskripte	71
10.2. Poster	71
10.3. Vorträge.....	71
10.4. Geplante Veröffentlichungen.....	72

1. Einführung

1.1. Gegenstand des Vorhabens

Kohlkulturen gehören zu den wichtigsten Freilandgemüsearten in Deutschland. Die Kohlmotenschildlaus, *Aleyrodes proletella*, hat sich in den vergangenen 10-20 Jahren zu einem Hauptschädling an verschiedenen Kohlsorten wie Rosenkohl, Grünkohl oder Wirsing entwickelt. Dadurch treten vor allem im ökologischen aber zum Teil auch im integrierten und konventionellen Anbau enorme ökonomische Schäden auf. Diese werden zum einen verursacht durch Verschmutzungen des Ernteguts mit schwarzen Rußtaupilzen (wachsen auf Honigtauausscheidungen von *A. proletella*), Wachsablagerungen oder den Nymphen von *A. proletella* selbst (kosmetischer Schaden). Zum anderen können aber auch erhebliche Ertragsverluste durch das Saugverhalten (Assimilatentzug) entstehen. Als mögliche Gründe für das zunehmende Auftreten von *A. proletella* als ökonomischer Schädling werden unter anderem die limitierte Verfügbarkeit von wirksamen Pflanzenschutzmitteln (einziger Wirkstoff mit hoher Wirkung, Spirotetramat, nur für den konventionellen, nicht für den ökologischen Anbau zugelassen), der parallel stark zugenommene Anbau von Winterraps (Überwinterungs- und Rückzugs habitat für *A. proletella*, aber nicht für deren natürliche Gegenspieler), die wenig diverse, großflächige, intensive Agrarlandschaft (u. a. Mangel an alternativen Nahrungsangeboten, Überwinterungs-, Rückzugs- und Reproduktionshabitaten für natürliche Gegenspieler) und die damit im Zusammenhang stehende geringe Diversität und Vorkommen natürlicher Gegenspieler genannt.

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

Ziele und Aufgabenstellung des Projekts

Das Projekt ist Teil eines Verbundvorhabens zum Problemschädling Kohlmottenschildlaus, *Aleyrodes proletella* (Teilprojekte: „Strategien zur Regulierung der Kohlmottenschildlaus und Integration in gemüsebauliche Anbauverfahren“ (2812NA046); „Neue Ansätze zur Bekämpfung der Kohlmottenschildlaus (*Aleyrodes proletella*) einem Problemschädling im Kohlanbau“ (2812NA022)). Gesamtziel des Verbundvorhabens ist die Erarbeitung eines Konzepts zur Bekämpfung von *A. proletella* für den ökologischen und integrierten Anbau von Kohl.

Beim integrierten Pflanzenschutz sind biologische Maßnahmen von gleicher Bedeutung wie Kulturmaßnahmen und Anbaupraktiken. Dazu zählt neben der Ausbringung vor allem die Förderung von Nützlingen in der Kulturlandschaft durch ein verbessertes Nahrungsangebot in Form von Blütenpflanzen und Alternativwirte/-beute sowie die Bereitstellung von Rückzugs- und Überwinterungsquartieren in Form von Saumstrukturen. Ziel des vorliegenden Projekts ist es daher, integrierte Pflanzenschutzverfahren im Kohlanbau durch eine neue Strategie zur Förderung von kulturelevanten Nützlingen zu verbessern. Dies soll beispielhaft an Rosenkohl und dem Schädling *A. proletella* erfolgen, da hier der größte Forschungsbedarf besteht: *Aleyrodes proletella* ist ein relativ neuer Problemschädling für den noch keine erfolgreiche Bekämpfungsstrategie existiert. Kommerziell erhältliche Blühstreifen können Schadschmetterlinge fördern und sind bislang nur für den Einsatz in Getreide entwickelt und erprobt worden. Darüber hinaus haben Antagonisten von *A. proletella* andere Ansprüche als z. B. Blattlausantagonisten. Die Entwicklung spezifischer Förderstrategien ist daher zwingend notwendig. Die Förderung von Gegenspielern von *A. proletella* soll durch einen im Kohlanbau einsetzbaren Blühstreifen erfolgen, der ausgehend von eigenen Untersuchungen und Literaturdaten, für den Kohlanbau optimiert wird. Hierbei sollen folgende Aspekte untersucht und optimiert werden: Pflanzenartenzusammensetzung, Größe in Relation zur Anbaufläche und die Integrierbarkeit in die streifenförmige Kohlproduktion.

Um gezielt diejenigen Nützlinge zu fördern, die als Gegenspieler der Hauptschädlinge in Frage kommen, muss zunächst die ideale Artenzusammensetzung der Blühstreifen bestimmt werden. Hierbei sollen in Hinblick auf Nützlingsförderung und Ausschluss von Schadschmetterlingen die im Kohlanbau ein besonderes Problem darstellen, mehrere Pflanzenmischungen verglichen werden, die Banker Plants enthalten. Anschließend gilt es, die Größe der angelegten Streifen im Verhältnis zur Anbaufläche zu optimieren, um bei möglichst kleiner Blühstrei-

fenfläche den größtmöglichen Effekt zu erzielen. Diese Faktoren sollen auch die Verwendbarkeit des Blühstreifens im konventionellen Kohlanbau ermöglichen, da auch hier *A. proletella* ein Problemschädling ist und Bekämpfungsstrategien fehlen.

Durch eine Optimierung der Blühstreifen hinsichtlich Artenzusammensetzung und Größe soll vor allem die Artenvielfalt der relevanten Nützlinge und ihre Individuendichte erhöht werden und die Integrierbarkeit in den Produktionsprozess verbessert werden. Das heißt, es gilt nicht an erster

Stelle, die gesamte Biodiversität zu erhöhen, sondern gezielt die Nützlinge zu fördern, die für die spezielle Kultur und die darin regelmäßig anzutreffenden Schädlinge relevant sind. Es wird also ausschließlich die funktionelle Biodiversität verändert. Zusätzliche kurative Pflanzenschutzmaßnahmen, d. h. der Einsatz von Pflanzenschutzmitteln, könnten dadurch immer mehr in den Hintergrund treten.

Bezug zu den Zielen des BÖLN und zur Förderbekanntmachung

Anliegen des Vorhabens ist es, gezielt relevante Nützlingsgruppen durch die Anlage neuartiger Blühstreifen zu fördern. Dadurch trägt das Vorhaben als neuartiger Bestandteil integrierter Pflanzenschutzverfahren zur Reduzierung von Risiken durch die Anwendung von Pflanzenschutzmitteln für Mensch, Tier und Naturhaushalt bei. Es werden biologische Maßnahmen gefördert, chemische Maßnahmen reduziert und das gesamte Pflanzenschutzmanagement optimiert. Insgesamt könnte das Projekt so einen wertvollen Beitrag zur Realisierung des nationalen Aktionsplans zur nachhaltigen Anwendung von Pflanzenschutzmitteln leisten.

Durch eine enge Zusammenarbeit mit Gemüsebaubetrieben ist der Wissenstransfer aus der Forschung in die Produktionspraxis gewährleistet. Der Austausch im Kollegenkreis und mit Anbauern (Infoveranstaltungen, Tagungen, Seminare) soll darüber hinaus die Erkenntnisse auf Produktionsebene bekannt machen, wobei die beteiligten Betriebe als Multiplikatoren fungieren sollen.

Darüber hinaus wird durch eine Verbesserung des Pflanzenschutzes sowohl in der konventionellen als auch in der biologischen Gemüseproduktion durch das hier beschriebene Vorhaben die Wettbewerbsfähigkeit der Landwirte gestärkt. Eine Reduzierung der in der Produktion erforderlichen Pflanzenschutzmittelanwendungen trägt außerdem ganz unmittelbar zur Schonung natürlicher Ressourcen bei. Ferner verringert jede eingesparte Anwendung von Pflanzenschutzmitteln die Umwelt-, Anwender- und Verbraucherbelastung und führt zu einer Verbesserung der Arbeitsbedingungen.

1.3. Planung und Ablauf des Projekts

Im Verbundvorhaben zur Bekämpfung von *A. proletella* werden in drei Teilprojekten verschiedene Ansätze und Verfahren getestet. Gesamtziel ist es effektive Verfahren in einer Bekämpfungsstrategie miteinander zu kombinieren, in die Praxis umzusetzen und die Tauglichkeit für den kommerziellen Anbau nachzuweisen. Hierzu sind biologisch wirtschaftende Betriebe in zwei Regionen Deutschlands (Gülzow, Mecklenburg-Vorpommern; Braunschweig und Hannover, Niedersachsen) vorgesehen. Diese Umsetzung geschieht vorrangig durch den Projektpartner JKI und das Norddeutsche Kompetenzzentrum für Freilandgemüsebau in Gülzow (GKZ).

Um wichtige Antagonisten gegen *A. proletella* identifizieren zu können und einen Überblick zu erhalten, welche Arten bei der Kontrolle von *A. proletella* eine Rolle spielen soll bundesweit ein Screening auf Antagonisten der *A. proletella* erfolgen.

Im ersten Versuchsjahr sollen in Gewächshausversuchen Banker Plants charakterisiert und identifiziert werden. Diese Pflanzen werden auf die Attraktivität für Weiße Fliegen exklusive *A. proletella* getestet. Ab dem zweiten Jahr sollen an zwei Standorten (Versuchsgut der Leibniz Universität Hannover in Hildesheim-Ruthe; Julius Kühn-Institut Braunschweig (JKI)) in verschiedenen Varianten die identifizierten Banker Plants im Freilandversuch getestet werden und die Größe der Blühstreifen zur Förderung von kulturelevanten Nützlingen auf Rosenkohl (*Brassica oleracea* var. *gemmifera*) in Exaktversuchen erarbeitet werden. Die auf diesen Flächen in einem Jahr gewonnenen Erkenntnisse werden bei drei ausgewählten Gemüsebaubetrieben im darauffolgenden Jahr in der Praxis getestet. Dies wird in enger Kooperation mit dem Verbundprojekt „Strategien zur Regulierung der Kohlmottenschildlaus und Integration in gemüsebauliche Anbauverfahren“ (2812NA046) durchgeführt (u. a. Flächen, Übernahme Boniturschema, Anlage und Pflege der Kohlparzellen). Die Versuche in Praxisbetrieben werden schwerpunktmäßig von diesem Verbundprojekt durchgeführt (s. o.). Über die gesamte Vegetationsperiode werden alle Maßnahmen wissenschaftlich begleitet: An Hand von regelmäßigen intensiven Bonituren werden relevante Schädlings- und Nützlingsarten erfasst, wobei ein Schwerpunkt auf *A. proletella* und deren Antagonisten (u. a. Parasitoide, Syrphiden, Marienkäfer, Florfliegen) liegt. Aber auch andere Schädlinge (Mehlige Kohlblattlaus) und insbesondere die Schadschmetterlinge (Kohlmotte, Kohlweißlinge, Kohl- und Gammaeulen) werden erfasst. Letztere Gruppe soll erfasst werden, um die Wirkung der Blühstreifen auf Schadschmetterlinge beurteilen zu können. Auf diese Weise ist es möglich, Populationsveränderungen zu analysieren und die Effekte der eingeleiteten Maßnahmen zu bewerten. Dabei stellen visuelle Bonituren an Kohl- und Blühstreifenpflanzen und Fänge repräsentativer Mengen an Insekten die wichtigsten Methoden dar. Auf Grund der geringen Größe der relevanten

Tierarten ist in den meisten Fällen eine genauere Untersuchung und Bestimmung im Labor mit Hilfe von Mikroskopen oder Binokularen erforderlich.

Das Vorhaben ist auf drei Jahre angelegt, wodurch sich der im Folgenden dargestellte Arbeitsplan ergibt. Dieser Plan ermöglicht es, die Strategien sukzessive zunächst im Gewächshaus zu testen und dann im größeren Maßstab auf Versuchsflächen zu bearbeiten und dann direkt bei Produktionsbetrieben in die Praxis umzusetzen.

1. Projektjahr: Zuerst soll, um einen bundesweiten Überblick über relevante Nützlinge gegen *A. proletella* zu gewinnen, in 3 wichtigen Kohlanbaugebieten mit umfangreichen Auftreten von *A. proletella* bundesweit zweimal im Jahr Nützlinge gesammelt und bestimmt werden. Pro Standort werden mindestens 100 Pflanzen (Rosenkohl und Grünkohl) beprobt. Parasitoide werden als parasitierte Puparien von *A. proletella* gesammelt und weiter gezüchtet, da nur adulte Tiere bestimmbar sind. Dies gilt auch für Schwebfliegen- und Marienkäferlarven. Insbesondere bei Parasitoiden ist die Zusammenarbeit mit Taxonomieexperten vorgesehen (Prof. Dr. Vidal, Abteilung Agrarentomologie, Georg-August-Universität Göttingen; H. Baur, Naturhistorisches Museum Bern, Schweiz), die diese Arten bestimmen können. Die Sammlung soll gemeinsam mit dem Verbundprojekt „Neue Ansätze zur Bekämpfung der Kohlmottenschildlaus (*Aleyrodes proletella*) einem Problemschädling im Kohlanbau“ (2812NA022) erfolgen, bei dem *A. proletella* für das Endosymbiontenscreening gesammelt werden.

In Gewächshausversuchen und in Klimakammern werden mögliche Banker Plant-Arten untersucht. Hierbei wird die Attraktivität dieser Pflanzenarten für *A. proletella* und für zwei weitere Weiße Fliegen Arten getestet, die regelmäßig und in größeren Anzahlen in der Agrarlandschaft aktiv sind. Dies sind zum einen *Trialeurodes vaporariorum* (Gewächshaus-Weiße Fliege) und zum anderen *Aleyrodes lonicerae* (Erdbeer-Weiße Fliege). Diese beiden polyphagen Arten befallen Kohl nicht und können so auf Banker Plants Populationen ausbilden, die ein Beuterereservoir für Antagonisten darstellen (beide Arten werden von denselben Gegenspielerarten wie *A. proletella* erbeutet/ parasitiert). Die Attraktivität dieser Pflanzenarten für *A. proletella* wird getestet, um auszuschließen, dass diese Art sich an den Banker Plants etablieren kann (*A. proletella* ist oligophag und befällt auch Arten aus anderen Pflanzenfamilien). Banker Plant-Arten werden ausgehend von den Wirtspflanzen der Weißen Fliegen, der Verfügbarkeit des Saatguts, der Konkurrenzstärke der Pflanzen, des Preises und der Wirkung auf andere Schädlinge (insb. Schadlepidopteren) und den Wachstums- und Blühphasen untersucht.

Die Methodik ist an das Verbundprojekt „Neue Ansätze zur Bekämpfung der Kohlmottenschildlaus (*Aleyrodes proletella*) einem Problemschädling im Kohlanbau“ (2812NA022) angelehnt und es kann auf die gleichen Ressourcen zurückgegriffen werden (z. B. Gazezelte, Insektenzuchten, Gewächshausanlage). Es sollen Wahlversuche durchgeführt werden, wobei im Gewächshaus

unter einem Gazezelt die potenziellen Banker Plants gegeneinander getestet werden, indem nach randomisierter Aufstellung der Pflanzen (5 Wiederholungen, 4 Pflanzen pro Art; als Kontrolle Rosenkohl) nach drei Tagen 1000 *A. proletella* von einer zentralen Stelle freigelassen werden. Nach weiteren sieben Tagen wird die Verteilung innerhalb des Bestandes untersucht, d. h. einzelne Pflanzen werden isoliert und auf ihren Befall ausgewertet. Außerdem werden nach dieser ersten Auswertung und dem Entfernen der adulten Stadien, das Auftreten von adulten Tieren der nächsten Generation überwacht, um die Entwicklungsgeschwindigkeit der Larven zu ermitteln. Dazu werden auf jeder Pflanze Larven, Puparien bzw. Puparienhüllen ausgezählt. Olfaktometerversuche werden durchgeführt, um unter definierten Bedingungen zwei Pflanzenarten gegeneinander in Bezug auf die Präferenz der Weißen Fliegen zu testen. Hierbei sollen auch unterschiedliche Stadien (vegetativ gegen blühend) der Pflanzen und Artenkombinationen untersucht werden.

Aus den Ergebnissen werden zwei Saatgutmischungen zusammengestellt, die dann aus jeweils drei Komponenten bestehen: Banker Plants für Alternativbeute (1-2 Arten), Blütenpflanzen für die Förderung von Parasitoiden und Schwebfliegen (1-2 bekannte Arten, die in Blühstreifen verwendet werden) und Bodendecker zur Unkrautkontrolle. Alle diese Arten sollen für Schmetterlinge wenig bis nicht nutzbar sein (u. a. abhängig von Blütenform und -größe; keine Brassicaceae-Arten).

Zwischenziel nach dem ersten Projektjahr: Die Ergebnisse des ersten Projektjahres werden klären, welche Antagonistenarten eine Rolle spielen, hier sind insbesondere neue, bislang übersehene Parasitoidenarten möglich. Die Pflanzenarten, die als Banker Plants verwendet werden sollen sind identifiziert, und zwei mögliche Pflanzenmischungen sind fertig zusammengestellt, so dass sie im nächsten Jahr im Freiland untersucht werden können.

2. Projektjahr: Das bundesweite Monitoring wird wie in ersten Jahr weitergeführt.

Die beiden Pflanzenmischungen werden mit Exaktversuchen mit einer Kontrolle ohne Blühstreifen verglichen. Dazu wird auf räumlich getrennten Versuchspartzen (s. u.) in einem randomisierten Blockdesign Rosenkohl angebaut. Am Rand jeder streifenförmigen Parzelle werden Blühstreifen angelegt, die in Relation zur Kohlfläche unterschiedliche Größen haben (s. u.). Dabei werden in den verschiedenen Varianten zwei Pflanzenkombinationen und zwei flächenmäßige Ausdehnungen getestet. Die Größe der Blühstreifen beträgt 2,5 % und 5 % der Nutzfläche der Parzelle. In den Parzellen wird das Vorkommen von Nützlingen und Schädlingen durch visuelle Bonituren erfasst (s. o.). Neben der Artenzusammensetzung und Individuendichte der Schädlinge und Nützlinge liegt hierbei ein weiterer Schwerpunkt auf der räumlichen Verteilung der Tiere. Im Kohl werden je 12 Pflanzen alle 14 Tage bonitiert, in den Blühstreifen je sechs Banker Plants und je zwei Pflanzen von anderen Arten. Hierbei soll im Kohlstreifen in verschiedenen Abständen zum Blühstreifen bonitiert werden, um mögliche Gradienten der Nützlingswirkung erfassen zu können.

Adulte Schmetterlinge und Schwebfliegen werden durch je 15-minütige Beobachtungen an Pflanzen innerhalb einer abgesteckten Fläche der Parzellen (je 2 m²) erfasst. Es gibt folgende Parzellentypen: Pflanzenmischung 1, Pflanzenmischung 2 (beide Pflanzenmischungen in zwei verschiedenen Flächengrößen), Kontrolle ohne Blühstreifen, je Parzellentyp in 4-facher Wiederholung, so dass sich 20 Parzellen ergeben. Die Versuche erfolgen an zwei Standorten (s. o.)

Auf Basis der Ergebnisse werden auch ökonomische Gesichtspunkte, d. h. Kosten-Nutzen-Rechnungen, betrachtet.

Zwischenziel nach dem zweiten Projektjahr: Die Ergebnisse des zweiten Projektjahres werden zeigen, welcher Blühstreifentyp besser geeignet ist, Nützlinge zu fördern und das Populationswachstum von *A. proletella* zu begrenzen. Außerdem sind Ergebnisse zur nötigen Ausdehnung von Blühstreifen vorhanden. Die Erhebungen in der Praxis werden außerdem die Relevanz der Schädlinge und Nützlinge bei der Kontrolle von *A. proletella* belegen und Anhaltspunkte zur Integrierbarkeit von Blühstreifen liefern. Mit dem bundesweiten Screening konnten neue Antagonisten gefunden werden und die Bedeutung von bekannten und neuen Arten bei der Kontrolle von *A. proletella* konnte bestimmt werden.

3. Projektjahr: In der dritten Vegetationsperiode werden wiederum Exaktversuche angelegt, um in einem weiteren Untersuchungsjahr Änderungen bzw. Optimierungen der Blühstreifen vornehmen zu können. Hierbei werden die Parzellen wie oben beschrieben angelegt und bonitiert. Dies ist notwendig, um unter kontrollierten Bedingungen dieses Konzept mit eventuellen Änderungen bzw. Optimierungen überprüfen zu können. Außerdem wird die entwickelte Strategie zur Anlage von Blühstreifen in drei Gemüseanbaubetrieben verifiziert, d. h. es werden Blühstreifen mit optimaler Breite und der geeigneteren Pflanzenmischung angelegt und ein intensives Monitoring durchgeführt, um ein genaues Bild der aktuellen Befallssituation, sowie einen Überblick über alle relevanten Schädlings- und Nützlingsarten zu erhalten.

Zusammen mit den Projektpartnern JKI/GKZ (Teilprojekt „Strategien zur Regulierung der Kohlmottenschildlaus und Integration in gemüsebauliche Anbauverfahren“ (2812NA046) und dem Teilprojekt „Neue Ansätze zur Bekämpfung der Kohlmottenschildlaus (*Aleyrodes proletella*) einem Problemschädling im Kohlanbau“ (2812NA022) wird ein aus allen erfolgreichen Teilergebnissen erarbeitetes Gesamtbekämpfungskonzept gegen *A. proletella* in Produktionsbetrieben in zwei Regionen Deutschlands (Mecklenburg-Vorpommern, Gülzow; Niedersachsen, Umland Hannover) in die Praxis umgesetzt. Dieses wird vorrangig vom Projektpartner JKI/GKZ bearbeitet.

Teilziel und Gesamtziel nach dem dritten Projektjahr: Am Ende der dritten Vegetationsperiode werden genaue Kenntnisse darüber vorliegen, wie Blühstreifen beschaffen sein müssen, um die funktionelle Biodiversität zur Bekämpfung von *A. proletella* zu steigern. Außerdem sind die wichtigsten Nützlingsarten, ihre jeweilige Bedeutung und mögliche regionale Unterschiede

oder bislang übersehene Arten bekannt und können in der Bekämpfungsstrategie berücksichtigt werden. Es können Praxisempfehlungen gegeben werden, wie ein Blühstreifen angelegt werden muss, um eine optimale Wirksamkeit bei der Förderung kulturrelevanter Nützlinge, d. h. der biologischen Schädlingsbekämpfung, zu erreichen.

Ein umfassendes und in der Praxis erprobtes Bekämpfungskonzept das in den drei Teilprojekten untersucht wurde, ist entwickelt worden und kann von Anbauern verwendet werden.

2. Wissenschaftlicher und technischer Stand, an dem angeknüpft wurde

Zur Reduzierung des Pflanzenschutzmittelbedarfs und im Sinne des integrierten Pflanzenschutzes sind vorbeugende Maßnahmen den Anbau betreffend wie Sortenwahl, Fruchtfolgegestaltung, Bodenbearbeitung und Maßnahmen zur Erhaltung der Bodengesundheit von größter Bedeutung. Aber auch die Förderung natürlich vorkommender Nützlinge hat als prophylaktische Maßnahme zur Gesunderhaltung der Kultur enormes Gewicht. Die gezielte Förderung von Nützlingen (z. B. Schlupfwespen, Schwebfliegen, Weichkäfer) sollte dabei steter Bestandteil des Pflanzenschutzes sein (Reiners 2003). Die Idee bei der Nützlingsförderung besteht darin, sich im Agrarökosystem die Mechanismen der biologischen Selbstregulation zu Nutze zu machen. Begrenzender Faktor in der Agrarlandschaft ist hier zum einen die Verfügbarkeit von Blütenpflanzen, d. h. Nahrungsquellen wie Pollen und Nektar, die essentielle Nahrungskomponenten darstellen, ohne die für viele Nützlinge ein Überleben und eine Vermehrung nicht möglich wäre. Diese Mangelsituation kann durch die Anlage von Blühstreifen deutlich verbessert und so große Nützlingspopulationen und eine hohe Diversität (Artenvielfalt) erhalten werden (Frank 2000; Thies et al. 2000; Haaland & Bersier 2011). Zum anderen ist für viele Antagonisten das Vorhandensein von Alternativbeute entscheidend, um rechtzeitig (also bevor der eigentliche Schädling präsent ist) eine ausreichend große Population aufzubauen bzw. bei Schwankungen oder Einbrüchen in der Beutepopulationsgröße (z. B. nach Pflanzenschutzmitteleinsätzen oder Ernte) eine ausreichend große Population aufrecht erhalten zu können, Abwanderungen zu vermeiden und eine rasche Wiederbesiedlung der Ackerfläche zu ermöglichen. Außerdem bieten Blühstreifen Versteck- und Überwinterungsmöglichkeiten (Haccius & Neuerburg 2005; Besselmann & Weber 2003; Thacker 2002; Heimpel & Jervis 2005; Gurr et al. 2004; Hossain et al. 2002; Landis et al. 2000; Thies et al. 2000; Barbosa 1998).

Alternativbeute kann dabei mit Hilfe sogenannter Banker Plants zur Verfügung gestellt werden. Hierbei wird die Strategie verfolgt, außerhalb der eigentlichen Kultur (also z. B. im Blühstreifen) Pflanzen anzubauen, die von einer anderen Herbivorenart befallen werden, die nicht die Zielkultur befällt, und die außerdem von der gleichen Nützlingsart oder dem gleichen Nützlingsartenkomplex angegriffen wird die auch in der Zielkultur relevant ist (Frank 2010). So können Antagonisten gefördert werden, ohne die Kulturpflanze zu gefährden. Dies ist insbesondere für Blattläuse (verschiedene Arten) und Weiße Fliegen (*Bemisia tabaci* und *Trialeurodes vaporariorum*) in so genannten „offenen Zuchten“ eine erprobte Strategie (Frank 2010) im Unterglasanbau. Im Fall der Weißen Fliegen-Arten wurde z. T. *A. proletella* als Alternativwirt benutzt, da *Encarsia formosa* beide Schädlinge parasitiert. Umgekehrt ist dies auch möglich, weil die bekannten Parasitoide von *A. proletella* auch *T. vaporariorum* und andere Weiße Fliegen-Arten parasitieren (Williams 1995).

Die meisten der oben genannten Untersuchungen zu Blühstreifen wurden im konventionellen Getreideanbau durchgeführt und bezogen sich auf Nützlinge gegen Blattläuse. Die Ergebnisse sind daher nur eingeschränkt auf den Gemüseanbau übertragbar. Dies hat mehrere Gründe: Die Kulturzeit von Kohl ist im Vergleich zu Getreide unterschiedlich, es wird also eine Pflanzenmischung benötigt, die mit den Blühphasen darauf ausgerichtet ist. Auch stellt nicht jede Pflanze für jeden Nützlich optimale Ressourcen zur Verfügung. Eine Vielzahl von Untersuchungen belegen aber, dass auf der einen Seite viele Nützlinge in der Agrarlandschaft spezifische Nahrungsansprüche besitzen und auf der anderen Seite das Nektarangebot von Blütenpflanzen sehr stark in Qualität und Quantität variiert (Wäckers et al. 2005; van Rijn & Wäckers 2010). Parasitoide der Weißen Fliege benötigen darüber hinaus eher Alternativwirte als Nahrungsgrundlage, da sie „host feeding“ durchführen (Nahrungsaufnahme durch Anstechen von Beutetieren und Aufnahme der Hämolymphe) und auch deren Honigtauausscheidungen aufnehmen. Der Nützlingskomplex gegen *A. proletella* ist anders, d. h. andere Arten spielen hier eine Rolle, dies betrifft in erster Linie artspezifische Parasitoide, aber auch generelle Prädatoren wie Florfliegen, Schwebfliegen oder Marienkäfer. Diese Gegenspieler müssen Weiße Fliegen als Beute akzeptieren (Glykosinolatgehalte, Wachsstaub), mit der Pflanzenmorphologie (Kohl hat durch die Wachsbeschichtung glatte Blattoberflächen) zurechtkommen und zu der Zeit aktiv und zahlreich sein, in der auch Weiße Fliegen häufig sind (also eher im Hochsommer bis Herbst). Für den Schädling *A. proletella* sind hierzu bislang aber nur wenige Untersuchungen durchgeführt worden, so dass es nur wenige Antagonistenarten und deren Bedeutung bekannt sind. Dazu zählen als Spezialisten die Parasitoidenarten *Encarsia tricolor* und *E. inaron* und der Bogenmarienkäfer (*Clitostethus arcuatus*). Neben *E. tricolor* wird *A. proletella* aber auch durch zahlreiche andere *Encarsia*-Arten und andere Parasitoidengattungen parasitiert. Eine genaue taxonomische Einordnung ist daher unerlässlich. Als generelle Antagonisten sind Schwebfliegen (*Episyrphus balteatus*, *Eupeodes* spp.), Marienkäfer (*Harmonia axyridis*, *Coccinella septempunctata*) und Wanzen (*Macrolophus caliginosus*) bekannt.

Ein weiterer wichtiger Unterschied in der Zusammensetzung der Blühstreifen für Getreide und Kohl liegt in der Attraktivität der Blühstreifen für Schadschmetterlinge, die im Gegensatz zum Getreide im Kohlanbau eine bedeutende Rolle spielen. Normale Blühstreifen fördern diese durch das Blütenangebot und durch alternative Futterpflanzen für die Raupen (Brassicaceen). Dieses sollte durch die Auswahl geeigneter Pflanzenarten vermieden bzw. soweit wie möglich reduziert werden.

In fast allen Fällen ging es bei der Anlage von Randstreifen neben anderen Zielen (Gründüngung, Förderung von Vögeln und Wild, Honigbienenweide) um eine „allgemeine“ Erhöhung der Biodiversität. So werden zurzeit eine Vielzahl verschiedener Blühmischungen angeboten, wie z. B. Tübinger Mischung, Visselhöveder Insektenparadies, Blühende Landschaften etc.,

die nach den oben genannten Punkten zusammengestellt worden sind, wobei aber exakte Untersuchungen meist fehlen, ob diese Blühstreifen irgendeinen der beworbenen Effekte bewirken. Das heißt, eine gezielte, auf Kultur und darin anzutreffende Schädlinge abgestimmte Nützlingsförderung ist bisher in der Praxis nicht untersucht worden.

Sehr wenige Erkenntnisse liegen auch darüber vor, welche Ausmaße ein Blühstreifen haben muss, um überhaupt einen positiven Effekt auf die Nützlingsdichte zu haben. Da der Gemüsebaubetrieb von der Kultur leben muss, kann der Blühstreifen nicht beliebig ausgedehnt werden, Ackerland ist kostbar. Es gilt also, einen Kompromiss zu finden, der den Nutzeffekt und die Ökonomie berücksichtigt. Auch hier gilt es weitere wirtschaftliche Aspekte (Maschinenbreite, Arbeitsaufwand, Maschinenwege, etc.) zu berücksichtigen.

Obwohl eine Vielzahl von Studien die Bedeutung von Blühstreifen (s. o.) belegen konnte, hat die Nützlingsförderung durch Blühstreifen noch keinen Einzug in die breite Praxis genommen. Sehr oft sind finanzielle Anreize im Rahmen von regionalen oder überregionalen Förderprogrammen der Grund, warum Landwirte Blühstreifen anlegen. Ein nachweisbarer Nutzen für den Pflanzenschutz und eine einfache Integrierbarkeit in die Produktion können hier einen zusätzlichen Anreiz bieten, Blühstreifen anzulegen.

Das hier beantragte Vorhaben hat auch Modellcharakter und soll langfristig die integrierte und auch die konventionelle Gemüseproduktion sichern und rentabel machen. Kohl wurde als Beispielkultur ausgewählt, weil er zum einen eine Hauptkultur im Freilandgemüsebau ist und zum anderen die Kontrolle von *A. proletella* ein noch immer ungelöstes Problem darstellt. Blühstreifen sollten in ihrer Art-Zusammensetzung so gestaltet sein, dass gezielt und möglichst ausschließlich diejenigen Nützlinge gefördert werden, die für die Schädlinge relevant sind. Es soll also nicht ungerichtet die allgemeine Biodiversität durch die Anlage von Blühstreifen erhöht werden, sondern ganz gezielt die auf die Kultur abgestimmten besonders wichtigen Nützlinge zu unterstützen, also die funktionelle Biodiversität zu erhöhen.

3. Material und Methoden

3.1. Zusammenstellung potentieller Banker Plant-Systeme

Im Rahmen des Projektvorhabens ‚Förderung der funktionellen Biodiversität zur Bekämpfung der Kohlmottenschildlaus‘ wird ein spezifischer Krautstreifen entwickelt, der vor allem mit Hilfe von sogenannten ‚Banker Plants‘ Alternativbeute/-wirte für die natürlichen Gegenspieler der Kohlmottenschildlaus (*Aleyrodes proletella*) anbietet. Als Alternativbeute/-wirt wurde die Erdbeer-Weiße Fliege, *Aleyrodes Ionicerae*, ausgewählt, da diese ein ähnliches Antagonisten-Spektrum aufweist wie *A. proletella* (Mound & Halsey 1978), kein ökonomisch relevanter Schädling ist, aber trotzdem hohe Populationsdichten in Deutschland/Zentral-Europa aufbauen kann (Bährmann 2002). Auf diese Weise sollen die natürlichen Gegenspieler von *A. proletella* angelockt und gefördert werden, sodass eine offene Nützlingszucht in direkter Nähe zum Kohl etabliert und während der gesamten Kulturdauer aufrechterhalten wird. Im ersten Projektjahr (2014) steht vor allem die Auswahl optimaler ‚Banker Plants‘ im Fokus. Dies wurde/wird mit einer Literaturrecherche, Klimakammerversuchen und schließlich mit einem Feldversuch erreicht.

3.1.1. Natürliche Gegenspieler von *Aleyrodes proletella*

Um das natürliche Gegenspielerspektrum von *A. proletella* in Deutschland zu erfassen, wurde eine bundesweite Erhebung durchgeführt. Hierfür ausgewählt wurden ökologisch betriebene Rosenkohlfelder mit einem hohen Befall an Kohlmottenschildläusen in fünf verschiedenen Regionen (Tabelle 1, Abbildung 1).

Tabelle 1: Standorte und Termine der bundesweiten Erhebung natürlicher Gegenspieler von *Aleyrodes proletella* (MV= Mecklenburg-Vorpommern, NRW= Nordrhein-Westfalen, BW= Baden-Württemberg).

Jahr	Nr.	Standorte (siehe Abbildung 1)			Erhebungstermine
		Ort	Bundesland	GPS-Koordinaten	
2013	1	Gülzow-Prüzen	MV	53°48'59.4"N 12°03'05.8"E	02.11.
	2	Petershagen	NRW	52°23'28.3"N 9°04'52.9"E	05.11.
	3	Bornheim	NRW	50°46'03.7"N 7°03'32.1"E	04.11.
	4	Pollenfeld	Bayern	48°55'25.5"N 11°12'34.8"E	31.10.
	5	Filderstadt	BW	48°38'46.5"N 9°13'44.6"E	02.11.
2014	1	Gülzow-Prüzen	MV	53°49'02.1"N 12°03'02.7"E	04.09. & 28.10.
	2	Hannover	NDS	52°23'38.8"N 9°42'11.3"E	28.08. & 20.11.
	3	Bornheim	NRW	50°46'11.0"N 7°03'42.2"E	21.08. & 06.11.
	4	Pollenfeld	Bayern	48°55'23.9"N 11°12'30.2"E	19.08. & 04.11.
	5	Nürtingen	BW	48°38'47.5"N 9°18'50.4"E	20.08. & 05.11.
2015	1	Gülzow-Prüzen	MV	53°49'00.9"N 12°03'04.4"E	26.08.
	2	Hannover	NDS	52°23'38.8"N 9°42'13.1"E	15.09.
	3	Bornheim	NRW	50°47'05.0"N 7°01'29.4"E	01.09.
	4	Pollenfeld	Bayern	48°54'41.5"N 11°12'01.3"E	29.08.
	5	Nürtingen	BW	48°38'56.2"N 9°18'52.6"E	31.08.

Die Sammlung von Parasitoiden wie auch Prädatoren wurde insgesamt viermal durchgeführt und zwar im August/ September 2014 und 2015 sowie im Oktober/ November 2013 und 2014. Je Standort und Erhebungstermin wurden 50 (in 2013 und 2014), bzw. 15 Rosenkohlblätter (in 2015) mit parasitierten Weiße Fliege-Nymphen (visuell erkennbar) und Prädatoren von 25 gleichmäßig über das Feld verteilte Pflanzen gesammelt. Parasitierte Weiße Fliege-Nymphen und juvenile Prädatoren wurden zunächst bis zur Imago herangezogen, bevor alle adulten Gegenspieler möglichst bis zum Artniveau bestimmt wurden (Schaefer 2010; Van Veen 2010). Die Bestimmung der adulten Parasitoiden wurde von einem Experten auf dem Gebiet der Hymenopteren-Taxonomie, Dr. Stefan Schmidt von der Zoologischen Staatssammlung München, übernommen. Wegen des sehr geringen Aufzuchterfolgs bei den Schwebfliegenlarven in den Jahren 2013 und 2014, wurden die in 2015 gesammelten Schwebfliegenlarven direkt konserviert und bis zum Gattungsniveau bestimmt (Rotheray 1993).

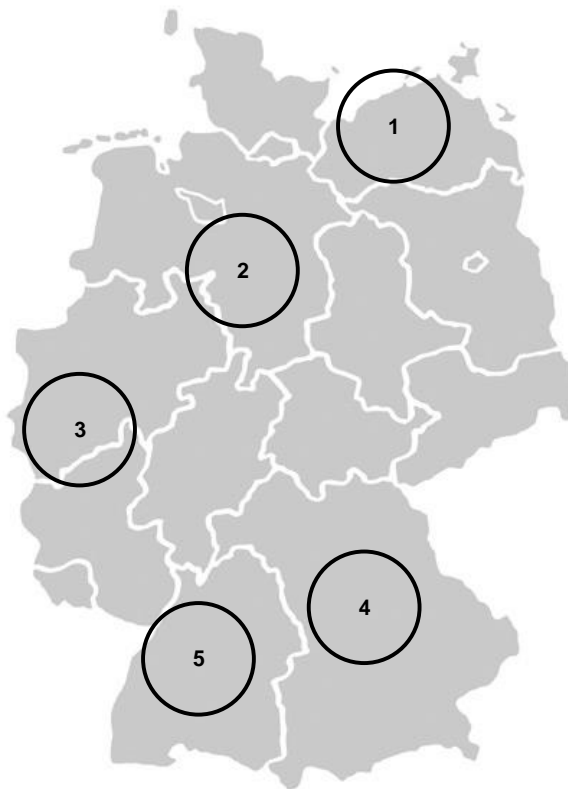


Abbildung 1: Lage der Kohlanbauflächen, die 2013-2015 im Rahmen der bundesweiten Erhebung von natürlichen Gegenspielern von *Aleyrodes proletella*. Mehr Informationen zu den fünf Standorten in Tabelle 1.

3.1.2. Alternativwirte und ihre Wirtspflanzen

Die bundesweite Erhebung hat gezeigt, dass *Encarsia tricolor* eindeutig den wichtigsten Parasitoiden von *A. proletella* darstellt. Aus diesem Grund haben wir das Modul des natürlichen

Gegenspielers in dem zu entwickelnden Banker Plant-System mit diesem Parasitoiden besetzt. Als potentielle Alternativwirte (-beute) für *E. tricolor*, aber auch andere natürliche Gegenspieler wurde zum einen die Erdbeer-Weiße Fliege *Aleyrodes lonicerae* und zum anderen die Gewächshaus Weiße Fliege *Trialeurodes vaporariorum* ausgewählt. Diese beiden Arten können durch *E. tricolor* parasitiert werden und weisen ein ähnliches Gegenspielerspektrum auf wie *A. proletella* (Mound & Halsey 1978). Zudem sind sie nicht als Kohlschädlinge bekannt, aber trotzdem in der Lage, hohe Populationsdichten in Mitteleuropa aufzubauen (Bährmann 2002).

3.1.2.1. Literaturrecherche

Über die Überlebens-, Entwicklungs- und Reproduktionsfähigkeit von *A. lonicerae* auf ihren Wirtspflanzen weiß man allerdings vergleichsweise wenig. Deshalb sollten diese Parameter unter kontrollierten Bedingungen untersucht werden. Um eine Vorauswahl der vielversprechendsten Banker Plants in einem System mit *A. lonicerae* als Alternativwirt zu treffen, wurde zunächst folgende Liste an Kriterien erarbeitet und eine intensive Literaturrecherche durchgeführt:

- Wirtspflanzen von *Aleyrodes lonicerae*
 - 89 bekannte Arten aus 18 Pflanzenfamilien (Mound & Halsey 1978; Huldén 1986; Bährmann 2002; Manzari et al. 2002; Lee et al. 2005; Alford 2007)
- nicht bekannt als *Aleyrodes proletella* Wirtspflanze (Mound & Halsey 1978)
- nicht bekannt als ökonomisch bedeutendes „Unkraut“ im Acker- und/oder Gartenbau (Weber & Gut 2005)
- Zeigerwerte/Ansprüche an Klima und Boden kompatibel mit der mitteleuropäischen Agrarlandschaft (Ellenberg 1979)
- krautige Pflanze

Das Wirtspflanzenspektrum von *T. vaporariorum* und die Reproduktionsleistung dieser Weißen Fliege auf den verschiedensten Wirtspflanzen ist ausreichend bekannt und gut erforscht. Allerdings sind dies meist kälteempfindliche Pflanzen, die für gewöhnlich im Gewächshaus kultiviert werden. In der einen Variante des Banker Plant-Systems mit *T. vaporariorum* als Alternativwirt für *E. tricolor* haben wir uns schließlich für den Hokkaido-Kürbis (*Cucurbita maxima*, 'Uchiki Kuri') als Wirtspflanze von *T. vaporariorum* und damit als eigentliche Banker Plant entschieden. Der Hokkaido ist geeignet für den mitteleuropäischen Feldanbau, ähnelt der Anbauperiode des Kohls und ist ebenfalls vermarktbar. Zudem sind die Blattunterseiten relativ wenig behaart im Vergleich zu anderen Kürbissorten. Dies ist wichtig, da die Mobilität und die

Parasitierungsleistung von *Encarsia*-Parasitoiden durch Behaarung und Blattadern negativ beeinflusst wird (van Lenteren et al. 1976).

3.1.2.2. Entwicklungs- und Reproduktionsversuche (Klimakammer)

Alternativwirte

Auf einer geeigneten Banker Plant sollte sich der Alternativwirt möglichst gut reproduzieren, um ausreichend Nahrung und Wirte für die natürlichen Gegenspieler von *A. prolella* zu liefern. Um die beste Wirtspflanze für *A. Ionicerae* und die tatsächliche Eignung des Hokkaido für *T. vaporariorum* zu testen, wurde die Entwicklung und Reproduktion der beiden Alternativwirte auf den vorselektierten Pflanzenarten untersucht. Dazu wurde je ein frisch geschlüpftes Weibchen der jeweiligen Weiße Fliege-Art zusammen mit 3 Männchen für 14 Tage in einem Blattkäfig auf ein junges komplett entwickeltes Blatt gesetzt (Abbildung 2).



Abbildung 2: Gierschpflanze mit Blattkäfig im Entwicklungs- und Reproduktionsversuch.

Die Männchen wurden dann entfernt und das Weibchen weiter beobachtet. Dazu wurde die Mortalität (alle 2-3 Tage), die Anzahl abgelegter Eier pro Weibchen (alle 14 Tage) und die Anzahl der adulten Nachkommen pro Weibchen (Fertilitätsrate) bis zum Lebensende des Weibchens beobachtet. Zusätzlich wurden daraus die Lebensdauer des Weibchens, die Anzahl der Eier pro Weibchen pro Tag (Eiablagefrequenz) und die Entwicklungsrate der Nachkommen vom Ei zum adulten Tier ermittelt. Das Weibchen wurde alle 14 Tage auf eine neue Pflanze gesetzt, um zu verhindern, dass dessen adulte Nachkommen im Blattkäfig schlüpfen. Die untersuchten Varianten in diesem Versuch sind in Tabelle 2 aufgeführt. Basierend auf den Ergebnissen der Literaturrecherche wurden acht Wirtspflanzen für *A. Ionicerae* und eine für *T. vaporariorum* ausgewählt. Aufgrund eigener Beobachtungen wurde eine Wirtspflanze für *A. Ionicerae* hinzugenommen, nämlich die Zitronenmelisse (*Melissa officinalis*). Giersch (*Aegopodium podagraria*), die in der Zucht verwendete Pflanze, diente als Positivkontrolle für *A. Ionicerae*. Zusätzliche Varianten mit Rosenkohl sollten bestätigen, dass dies keine geeignete Wirtspflanze für die beiden Alternativwirte ist. Jede Variante wurde sechsmal wiederholt.

Tabelle 2: Varianten zur Entwicklung und Reproduktion der Alternativwirte *Aleyrodes loniceræ* (Varianten 1-10) und *Trialeurodes vaporariorum* (Variante 11) auf ausgewählten Wirtspflanzen und Rosenkohl (Kontrollvarianten K-AL und K-TV).

Variante	Alternativ-wirt	Pflanzenname	
		Botanisch	Deutsch
1	<i>Aleyrodes loniceræ</i>	<i>Aquilegia vulgaris</i>	Akelei
2		<i>Campanula persicifolia</i>	Pfirsichblättrige Glockenblume
3		<i>Elsholtzia ciliata</i>	Echte Kamminze
4		<i>Fragaria vesca</i>	Wald-Erdbeere
5		<i>Geum urbanum</i>	Echter Nelkenwurz
6		<i>Hypericum perforatum</i>	Johanniskraut
7		<i>Lysimachia vulgaris</i>	Gewöhnlicher Gilbweiderich
8		<i>Melissa officinalis</i>	Zitronenmelisse
9		<i>Origanum vulgare</i>	Oregano
10		<i>Aegopodium podagraria</i>	Giersch
K-AL		<i>Brassica oleracea</i> var. <i>gemmifera</i>	Rosenkohl
11	<i>Trialeurodes</i>	<i>Cucurbita maxima</i> ‚Uchiki Kuri‘	Hokkaido-Kürbis
K-TV	<i>vaporariorum</i>	<i>B. oleracea</i> var. <i>gemmifera</i>	Rosenkohl

Aleyrodes proletella

Eine optimale Banker Plant sollte eine möglichst ungeeignete Wirtspflanze des Schädlings darstellen, um kein zusätzliches Reproduktions- und Rückzugshabitat zu liefern. Deshalb wurde das Entwicklungs- und Reproduktionspotential von *A. proletella* auf den ausgewählten Wirtspflanzen der beiden Alternativwirte untersucht. Das methodische Vorgehen, die Materialien und Klimabedingungen gleichen denen der zuvor durchgeführten Entwicklungs- und Reproduktionsversuchen der Alternativwirte. Von den dort getesteten Wirtspflanzen von *A. loniceræ* wurden nur die sechs ausgewählt, auf denen sich *A. loniceræ* am besten entwickelt und reproduziert hat (inklusive Giersch) (Tabelle 3). Rosenkohl diente als Kontrollvariante. Sechs Wiederholungen wurden für jede Variante durchgeführt.

Tabelle 3: Varianten zur Entwicklung und Reproduktion von *Aleyrodes proletella* auf ausgewählten Wirtspflanzen von *A. loniceræ* (Varianten 1-6) und *T. vaporariorum* (Variante 7) (K=Kontrollvariante).

Variante	Pflanzenname	
	Botanisch	Deutsch
1	<i>Aquilegia vulgaris</i>	Akelei
2	<i>Campanula persicifolia</i>	Pfirsichblättrige Glockenblume
3	<i>Elsholtzia ciliata</i>	Echte Kamminze
4	<i>Fragaria vesca</i>	Wald-Erdbeere
5	<i>Geum urbanum</i>	Echter Nelkenwurz
6	<i>Aegopodium podagraria</i>	Giersch
7	<i>Cucurbita maxima</i> ‚Uchiki Kuri‘	Hokkaido-Kürbis
K	<i>Brassica oleracea</i> var. <i>gemmifera</i>	Rosenkohl

Encarsia tricolor

Um zu gewährleisten, dass das zukünftige Banker Plant-System genügend Parasitoide produziert, wird im Folgenden die Entwicklung und Reproduktion von *E. tricolor* auf ausgewählter Alternativwirt-Pflanze-Kombinationen untersucht. Dazu wurden zunächst 30 Adulte der jeweiligen Weiße Fliege-Art in einem Clip-Käfig für 48 Stunden auf ein junges, voll entwickeltes Blatt gesetzt, um Eier abzulegen. Sobald die geschlüpften Nymphen das N2/N3-Stadium erreicht haben, wurden sie auf 25 Nymphen reduziert und ein trächtiges, befruchtetes, 5-6 Tage altes *E. tricolor*-Weibchen in einem Clip-Käfig für 24 Stunden zu den Weiße Fliege-Nymphen gesetzt. Nach Entfernung des Weibchens wurden die Nymphen täglich auf sichtbare Parasitierung überprüft. Nymphen mit Parasitoid-Puppe (dunkel) wurden vorsichtig einzeln in eine Gelkapsel überführt und weiter bis zum Schlupf beobachtet. Die geschlüpften adulten *E. tricolor* (Kopfbreite, Länge der Hintertibia) sowie die jeweilige Weiße Fliege-Exuvie (Fläche berechnet aus Länge und Breite) wurden daraufhin vermessen, um Unterschiede in der Fitness der *E. tricolor*-Nachkommen und der Größe der Wirtsnymphen zwischen den Varianten ableiten zu können (Williams 1995; van Lenteren et al. 1976; Avilla & Copland 1988).

Aus den Ergebnissen der vorangegangenen Entwicklungs- und Reproduktionsversuche (Alternativwirte, *A. proletella*) wurde die drei vielversprechendsten Alternativwirt-Pflanze-Kombinationen als Varianten ausgewählt (Tabelle 4). *Aleyrodes proletella* auf Rosenkohl diente als Kontrolle. Es wurden 14-21 Wiederholungen je Variante durchgeführt.

Tabelle 4: Varianten zur Entwicklung und Reproduktion von *Encarsia tricolor* auf ausgewählten Wirt-Pflanze-Kombinationen (K= Kontrollvariante).

Variante	(Alternativ-) Wirt	Pflanze	
		Botanisch	Deutsch
1	<i>Aleyrodes lonicerae</i>	<i>Aquilegia vulgaris</i>	Akelei
2	<i>A. lonicerae</i>	<i>Geum urbanum</i>	Nelkenwurz
3	<i>Trialeurodes vaporariorum</i>	<i>Cucurbita maxima</i> ‚Uchiki Kuri‘	Hokkaido
K	<i>A. proletella</i>	<i>Brassica oleracea</i> var. <i>gemmifera</i>	Rosenkohl

3.2. Feldevaluation einjähriger Banker Plant-Systeme

(Laurenz & Meyhöfer 2017)

Varianten

Basierend auf den Ergebnissen der Entwicklungs- und Reproduktionsversuche unter kontrollierten Bedingungen wurden zwei Banker Plant-Systeme ausgewählt, um sie zusammen mit einer Kontrollvariante in der Anbausaison 2015 unter Feldbedingungen zu evaluieren (Tabelle 5).

Tabelle 5: Varianten des Feldversuches mit einjährigen Banker Plant-Systemen (K= Kontrollvariante).

Variante	Komponenten des Banker Plant-Systems		
	Pflanze	(Alternativ-) Wirt	Gegenspieler
1	Akelei	<i>Aleyrodes lonicerae</i>	<i>Encarsia tricolor</i>
2	Hokkaido-Kürbis	<i>Trialeurodes vaporariorum</i>	<i>Encarsia tricolor</i>
K	-	-	-

Produktion der Banker Plants

Akelei- und Hokkaido-Pflanzen wurden in zwei separaten Gazezelten im Gewächshaus herangezogen. Sobald die ersten 1-3 echten Blätter voll entwickelt waren, wurden die Pflanzen gleichmäßig mit 3000 Weibchen der jeweiligen Weißen Fliege-Art (Alternativwirte) besetzt (9 und 83 Weibchen je Akelei- bzw. Hokkaido-Pflanze) (Goalsby & Ciomperlik 1999; Pickett et al. 2004). Nach zwei Wochen wurden unter jedem Gazezelt je 375 adulte *E. tricolor*-Weibchen freigelassen (1 und 10 Weibchen je Akelei- bzw. Hokkaido-Pflanze). Elf Tage später wurden die Pflanzen zur Abhärtung für fünf Tage nach draußen gestellt, bevor sie für den Versuch ins Feld gepflanzt wurden.

Versuchsdesign

Eine Parzelle bestand aus zwei Rosenkohlfeldern (je 4 m x 2,4 m). Die Fläche zwischen diesen Feldern (2,4 m x 2 m) wurde mit den jeweiligen Banker Plant-Systemen (Variante 1 & 2) bepflanzt oder mit Hilfe von Mulchgewebe vegetationsfrei gehalten (Kontrollvariante) (Abbildung 3). Die Parzellen wurden mit sechs Wiederholungen in einem randomisierten Blockdesign mit einem Abstand von 14-17 m zueinander angelegt. Zwischen den Parzellen wurde Rasen ausgesät und durch regelmäßiges Mähen kurzgehalten.

Parameter

Bonituren wurden 14-tägig durchgeführt. Als Bonitурpflanzen wurden acht Rosenkohlpflanzen (je vier in 1,5 m und 4 m Entfernung zu den Banker Plants), vier Akeleipflanzen und je die zentralen 2 m² der Hokkaidofläche je Parzelle ausgewählt (Abbildung 3). Aufgenommen

wurde die Anzahl unparasitierter und parasitierter Weiße Fliege-Puparien (letztes Nymphenstadium), die Art/Anzahl sonstiger Herbivore sowie die Anzahl adulter *E. tricolor* und Prädatoren. Schließlich wurden die Parasitierungsraten errechnet.

- Akelei + *Aleyrodes lonicerae* + *Encarsia tricolor*
- Hokkaido + *Trialeurodes vaporariorum* + *Encarsia tricolor*
- Boniturlpflanzen
- ▨ Mulchgewebe

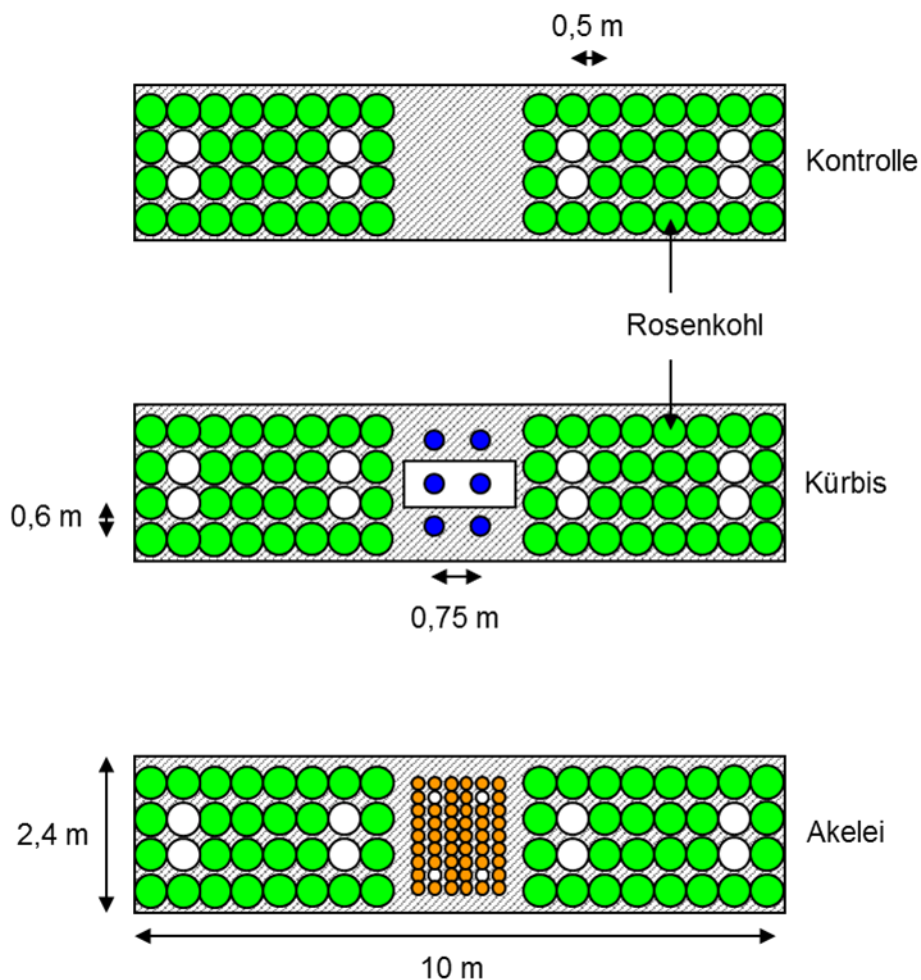


Abbildung 3: Parzellenaufbau der drei Varianten im Feldversuch mit einjährigen Banker Plant-Systemen.

3.3. Einjährige Banker Plants und Blühstreifen

In diesem Versuchsteil wurde die Kombination von Banker Plant-System mit einem geeigneten Blühstreifen untersucht. Dies sollte eine zusätzliche Förderung der natürlichen Gegenspieler von *A. proletella*, speziell der Prädatoren (v. a. Schwebfliegen, Marienkäfer), durch das Angebot floraler Nahrungsressourcen (Nektar, Pollen) bewirken.

3.3.1. Evaluation ausgewählter Blütenpflanzen

(Laurenz & Meyhöfer 2016)

Pflanzenarten

Elf einjährige Blütenpflanzen wurden für die Feldevaluation basierend auf ihrer positiven Wirkung (Attraktivität, etc.) auf Schwebfliegen, Marienkäfer und/ oder Florfliegen ausgewählt (Hickman & Wratten 1996; Brandes & Schrei 1997; Kranz 2002; Ambrosino et al. 2006; Pontin et al. 2006; Jacquemart et al. 2007; Namaghi 2008; Adedipe & Park 2010; Lixa et al. 2010; Hogg, Bugg, et al. 2011; Hogg, Nelson, et al. 2011; Kopta et al. 2012; Laubertie et al. 2012; Wäckers & van Rijn 2012; Wojciechowicz-Żytka & Wnuk 2012; Amorós-Jiménez et al. 2014; Barbir et al. 2015; van Rijn & Wäckers 2016). Weil drei Pflanzenarten nicht keimten (*Pastinaca sativa*, *Reseda lutea*) oder nicht blühten (*Carum carvi*), wurden hier letztendlich acht Arten untersucht (Tabelle 6). Das Saatgut wurde von Saatgut-Vielfalt, Weilheim, (*Ammi majus*, *Anethum graveolens*), Treppens & Co. Samen GmbH, Berlin, (*Vicia sativa*) und Appels Wilde Samen GmbH, Darmstadt, (alle anderen Arten) bezogen.

Tabelle 6: Untersuchte Pflanzenarten mit Informationen zur Pflanzenfamilie, Blütenfarbe und Nektartyp (FN= floraler Nektar, EFN= extra-floraler Nektar) (Laurenz & Meyhöfer 2016).

Plant species (common name)	Family	Flower colour	Nectar
<i>Ammi majus</i> (bishop's weed)	Apiaceae	white	FN
<i>Anethum graveolens</i> (dill)	Apiaceae	yellow	FN
<i>Berteroa incana</i> (hoary alyssum)	Brassicaceae	white	FN
<i>Centaurea cyanus</i> (cornflower)	Asteraceae	blue	FN/ EFN
<i>Fagopyrum esculentum</i> (buckwheat)	Polygonaceae	white	FN
<i>Lobularia maritima</i> (sweet alyssum)	Brassicaceae	white	FN
<i>Phacelia tanacetifolia</i> (lacy phacelia)	Boraginaceae	purple	FN
<i>Vicia sativa</i> (common vetch)	Fabaceae	purple	FN/ EFN

Versuchsaufbau

Diese Untersuchung wurde auf universitären Freilandversuchsflächen in Hannover durchgeführt. Die ausgewählten Pflanzenarten wurden in je 1,5 m x 1,5 m großen Parzellen mit einer Saatstärke von 1000 Samen pro m² am 06.05.2014 ausgesät. Bis zur Keimung wurden die Parzellen regelmäßig bewässert und unkrautfrei gehalten. Die Parzellen wurden hintereinander in einer Reihe in einem randomisierten Blockdesign angeordnet und jede Variante (Pflanzenart) wurde viermal wiederholt. Um und zwischen den Parzellen wurde eine Reihe Rosenkohl am 26.05.2014 gepflanzt. Diese war bereits eine Woche nach Pflanzung gleichmäßig mit *A. proletella* befallen (1-5 Adulte und Eigelege pro Pflanze) und diente so als Reproduktionshabitat mit Nahrungsangebot für natürliche Gegenspieler von *A. proletella*. So sollte dessen lokales Vorkommen während des Versuchszeitraums erhöht werden.

Keimung und Blüte

Wöchentlich wurde Keimung und Blüte (ja/ nein) untersucht, um die Keim- und Blühdauer der Pflanzenarten festzustellen. Von den Parzellen mit blühenden Pflanzen wurden jeden Monat standardisierte Fotos geschossen, um anschließend den jeweiligen Anteil an Blüten (Anzahl Pixel) in einem zentral gelegenen Quadrat einer bestimmten Größe (160.000 Pixel) mit Adobe Photoshop CS2 zu bestimmen. Daraus wurde der Anteil der mit Blüten bedeckter Fläche für jede Parzelle berechnet.

Blütenbesucher

Gegenspieler die dazu tendieren sich bei Erschütterung fallen zu lassen (z. B. Marienkäfer) wurden von Hand aus jeder Parzelle gesammelt. Danach wurde jede Parzelle für 3 Minuten beobachtet, um fliegende Insekten bei Kontakt mit einer Blüte mittels Kescher (1 mm Maschenweite) zu fangen. Alle gesammelten Insekten wurden direkt in Ethanol konserviert. Zoophag Schwebfliegen, Marienkäfer und Florfliegen wurden bis zur Art bestimmt, andere Schwebfliegen bis zur Gattung und alle anderen Insekten bis zum Ordnungsniveau. Die Sammlung von Blütenbesuchern wurde an drei sonnigen, trockenen und windstillen Tagen (06.08.2014, 12.08.2014 und 08.09.2014) zwischen 9-11 Uhr oder 14-16 Uhr durchgeführt. Bis auf *V. sativa* (keine Bestimmung von Blütenbesuchern für diese Art) standen alle Pflanzenarten zu dieser Zeit in Blüte.

3.3.2. Kombination einjähriger Banker Plants mit Blühstreifen

Versuchsdesign

Dieser Versuch wurde auf der selben Fläche durchgeführt wie zuvor der Feldversuch zur Evaluation einjähriger Banker Plant-Systeme (Kapitel 3.2.). Wieder wurden drei Varianten untersucht, dessen Parzellen wie in Abbildung 4 beschrieben, aufgebaut waren. Im Vergleich zum

Vorjahresversuch wurde der Abstand zwischen den Parzellen von 14 m auf 16 m vergrößert. Die Anzahl an Wiederholungen musste dadurch jedoch auf fünf reduziert werden.

Produktion der Banker Plants

Im Unterschied zum Vorjahresversuch (83 *T. vaporariorum*-Weibchen und 10 *E. tricolor*-Weibchen pro Hokkaido-Pflanze) wurden die Hokkaido-Pflanzen hier mit 30 *T. vaporariorum*-Weibchen und 18 *E. tricolor*-Weibchen pro Pflanze inokuliert. Ansonsten glich die Produktion der Banker Plants dem Vorgehen im Vorjahr (Kapitel 3.2.).

Blühstreifen

Basierend auf Literaturangaben, Ergebnissen des vorangegangenen Feldversuches zu Phänologie und Blütenbesuchern verschiedener Blütenpflanzen (Laurenz & Meyhöfer 2016) und Testaussaaten mit verschiedenen Saatgutverhältnissen wurde folgende Saatgutmischung für den Blühstreifen ausgewählt: 30% Buchweizen (*Fagopyrum esculentum*), 20% Steinkraut (*Lobularia maritima*), 15% Graukresse (*Berteroa incana*), 10% Knorpelmöhre (*Ammi majus*), 10% Dill (*Anethum graveolens*), 10% Koriander (*Coriandrum sativum*) und 5% Kornblume (*Centaurea cyanus*). Die Blühstreifen wurden in der 21. Kalenderwoche mit einer Saatstärke von 4 g/m² ausgesät.

Parameter

Die Bonituren an den Rosenkohl- und Kürbispflanzen wurden monatlich und wie bereits in Kapitel 3.2. beschrieben durchgeführt.

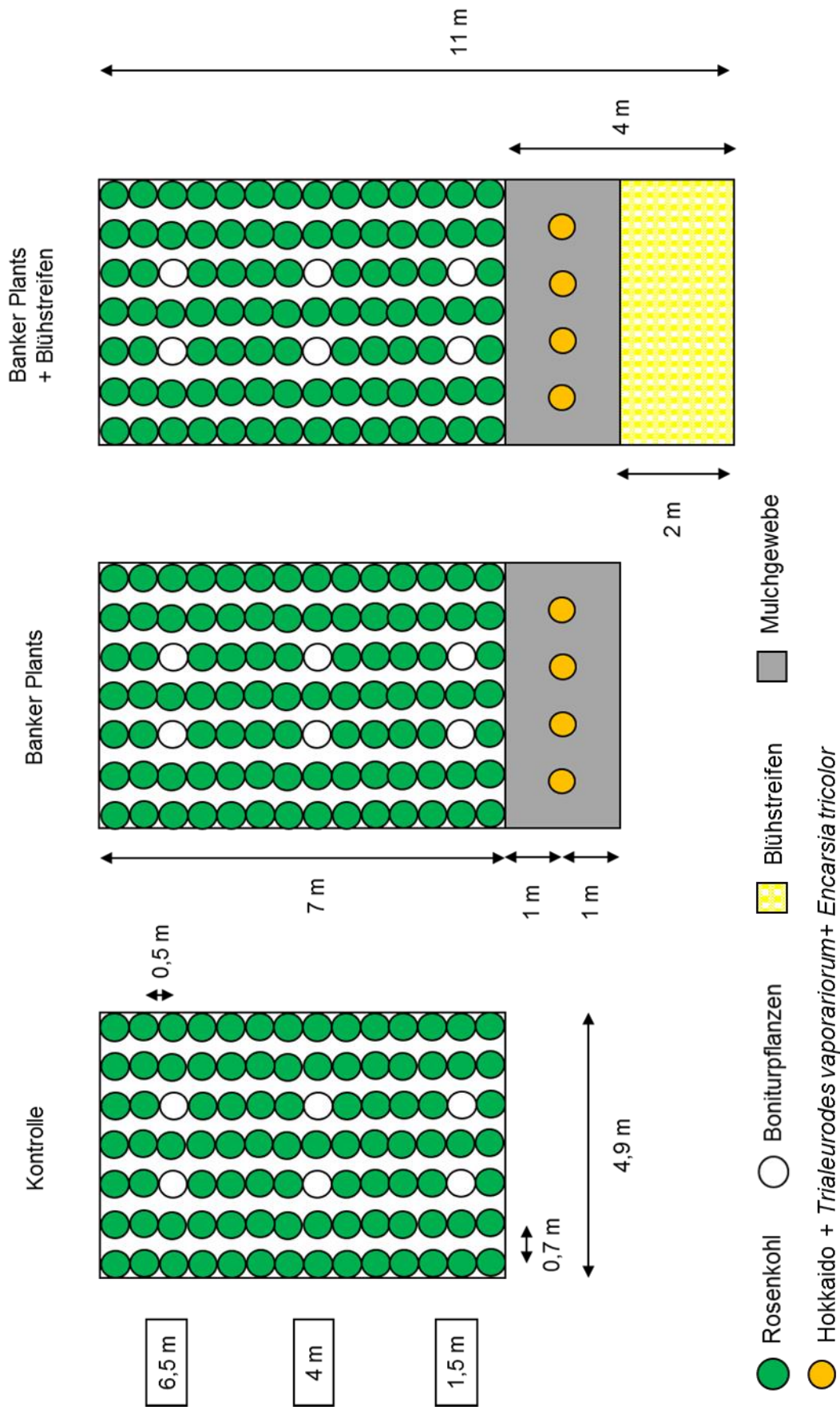


Abbildung 4: Parzellenaufbau der drei Varianten im Feldversuch mit einjährigem Banker Plant-System und Blühstreifen.

3.4. Mehrjährige Banker Plants: Permanente Ansiedlung natürlicher Gegenspieler

3.4.1. Überwinterung von *Encarsia tricolor*

(Laurenz et al. 2017)

Dieser Versuch zur Überwinterung von *E. tricolor* wurde im Rahmen einer Masterarbeit von André Brun durchgeführt.

Versuchsaufbau

Im Mai 2014 wurden Rosenkohlpflanzen in einem 2,5 m breiten und 88,5 m langen Streifen auf Freilandversuchsflächen in Hannover gepflanzt. Im Laufe des Jahres haben sich stabile Populationen von *A. proletella* und ihren natürlichen Gegenspielern inklusive *E. tricolor* aufgebaut. So konnte die Überwinterung von *E. tricolor* an diesen Pflanzen untersucht werden.

Überwinterung von Eiern/ Larven und Adulten

Zweiundzwanzig Pflanzen wurden im Februar 2015 zufällig ausgewählt und je Pflanze ein Blatt mit unparasitierten *A. proletella*-Nymphen markiert. Bis Mitte Mai wurde die Entwicklung von Parasitoidpuppen in den Nymphen wöchentlich beobachtet (Abbildung 5). Die Puppen wurden weiter auf Schlupf adulter Parasitoide untersucht, um den Überwinterungserfolg von *E. tricolor* als Ei/ Larve in ihrem Weiße Fliege-Wirt einschätzen zu können. Zusätzlich wurden die markierten Pflanzen regelmäßig auf Anwesenheit adulter *E. tricolor* kontrolliert.

Überwinterung von Puppen

Im Januar 2015 wurden 356 parasitierte *A. proletella*-Nymphen mit eindeutig erkennbarer Parasitoidpuppe (Abbildung 5) von den Rosenkohlpflanzen gesammelt und einzeln in Gelatine-kapseln überführt. Diese wurden dann zur weiteren Beobachtung in einem Feldinsektarium (Abbildung 6, Gazezelt mit Dach aus transparenter Plastikfolie, 2 m x 2 m x 2 m) gelagert. So waren die Parasitoidpuppen Feldtemperaturen ausgesetzt, aber trotzdem vor Feuchtigkeit (Aufweichen der Gelatine-kapseln) und direkter Sonneneinstrahlung (Überhitzungsgefahr) geschützt. Die parasitierten *A. proletella*-Nymphen wurden wöchentlich auf den Schlupf adulter Parasitoide kontrolliert.



Abbildung 5: Unparasitiertes Puparium von *A. proletella* (oben), *E. tricolor*-Puppe in parasitierter *A. proletella*-Nymphe (mitte) und herauspräparierte *E. tricolor*-Puppe (unten).

Frühjahrsaktivität

Um die erste Aktivität/ Schlupf adulter *E. tricolor* nach der Überwinterung zu untersuchen, wurden 12 zufällig ausgewählte Rosenkohlpflanzen im März 2015 mit gelben Klebtafeln bestückt (Hoelmer & Simmons 2008) (190 mm x 220 mm, Horticoop B. V., Bleiswijk, NL). Jede Klebtafel wurde zentral mit einem Loch (für den Stamm) versehen und 30 cm über den Boden horizontal an den Stamm einer Kohlpflanze befestigt. Ein Metallgestell hielt die Klebtafel in horizontaler Lage. Wöchentlich wurden die gefangenen *E. tricolor* gezählt und die Klebtafeln ausgetauscht.



Abbildung 6: Seitenansicht des Feldinsektariums für den Überwinterungsversuch von *E. tricolor*-Puppen.

Reproduktionsstart von Aleyrodes proletella

Die Anzahl an Eigelegen von *A. proletella* wurde auf 44 zufällig ausgewählten Pflanzen wöchentlich von Februar bis May 2015 bestimmt. Diese Information ermöglichte uns abzuschätzen, wann die ersten Wirte für *E. tricolor* im Feld vorhanden waren und dies mit der Frühjahrsaktivität/ ersten Schlupf adulter *E. tricolor* zu vergleichen (Stein 1958).

3.4.2. Populationsdynamik von Alternativwirten und natürlichen Gegenspielern auf ausgewählten mehrjährigen Banker Plants

Die Pflanzen wurden getrennt nach Art unter Gazezelten im Gewächshaus angezogen. Am 30.06.2015 und 09.07.2015 wurde jede Pflanzenart mit insgesamt 1200 *A. Ionicerae*-Weibchen inokuliert (2,4 Weibchen pro Pflanze). Der Versuch wurde an zwei Standorten, Hannover und Ruthe, durchgeführt und in hintereinander angelegten Parzellen mit drei Wiederholungen pro Standort angelegt (Abbildung 7). Die Pflanzungen erfolgten am 06.08.2015 (Hannover) und 24.08.2015 (Ruthe). Zur Pflanzung waren die Pflanzen gleichmäßig mit durchschnittlich 7 ± 1 Puparien (MW \pm SE) pro Pflanze besetzt. Vom 16.12.2015 bis zum 14.12.2016 wurden jeweils vier zufällig ausgewählte Pflanzen pro Parzelle monatlich bonitiert. Aufgenommen wurden Art/ Anzahl adulter Weißer Fliegen, Anzahl unparasitierter und parasitierter Weißer Fliege-Puparien sowie die Anzahl an Blattläusen und räuberischer Arthropoden (v. a. Schwebfliegenlarven und Spinnen) pro Pflanze.

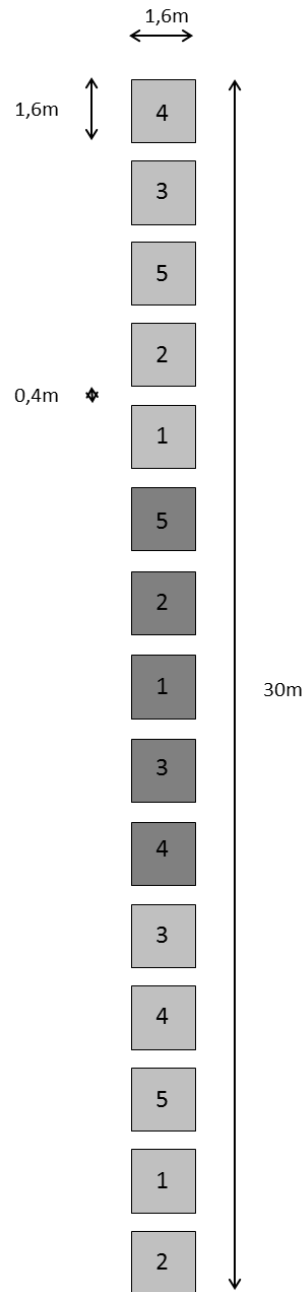


Abbildung 7: Versuchsaufbau zur permanenten Ansiedlung von natürlichen Gegenspielern und Alternativwirten auf mehrjährigen Banker Plants (1= Akelei, 2= Glockenblume, 3= Erdbeere, 4= Nelkenwurz, 5= Mix)

4. Ausführliche Darstellung der wichtigsten Ergebnisse

4.1. Zusammenstellung potentieller Banker Plant-Systeme

4.1.1. Natürliche Gegenspieler von *Aleyrodes proletella*

Das Parasitoidenspektrum von *A. proletella* wurde zu jedem Erhebungstermin und an jedem untersuchten Standort zu 89-100% durch die Erzwespe *Encarsia tricolor* dominiert (n= 251-4.632, Tabelle 7). Zwei weitere Arten, *En. inaron* (0-11%) und *Euderomphale chelidonii* (<1 %), komplettieren das Ergebnis der Parasitoidenerhebung. Nur am Standort 5 (Filderstadt/ Nürtingen, Baden-Württemberg) war *En. inaron* zu jedem Erhebungstermin präsent.

Tabelle 7: Artenzusammensetzung und Gesamtanzahl der gesammelten Parasitoide je Standort und Erhebungstermin (Standorte 1-5: siehe Tabelle 1).

Erhebungstermin	Standort	Parasitoide (%)			Gesamtanzahl
		<i>Encarsia tricolor</i>	<i>En. inaron</i>	<i>Euderomphale chelidonii</i>	
2013	1	99,42	0,58	0	583
	2	99,89	0,11	0	4.398
	3	100	0	0	1.272
	4	94,97	5,03	0	307
	5	88,97	11,01	0,02	900
2014 I	1	100	0	0	2.524
	2	100	0	0	4.064
	3	100	0	0	4.302
	4	99,67	0,33	0	4.632
	5	97,31	2,69	0	1.231
2014 II	1	100	0	0	1.456
	2	100	0	0	1.606
	3	100	0	0	2.450
	4	99,90	0	0,10	330
	5	95,59	4,41	0	251
2015	1	100	0	0	330
	2	100	0	0	4.092
	3	100	0	0	1.737
	4	100	0	0	693
	5	99,32	0,68	0	856
Gesamtanzahl		37.837	175	2	38.014

Das Spektrum der gesammelten Prädatoren setzte sich insgesamt zusammen aus 49 % Schwebfliegenlarven, 34 % Spinnen, 14 % Marienkäfern, 2% Raubwanzen und 1 % Florfliegenlarven. Die detaillierten Zusammensetzungen der einzelnen Arten/Gattungen sind in Tabelle 8 und Abbildung 8 dargestellt. Sicherlich in erster Linie temperaturbedingt befanden sich zu den Erhebungsterminen im August/September mehr Prädatoren (v. a. Schwebfliegenlarven und Marienkäfer) auf den Kohlpflanzen als im Oktober/November.

Die Ergebnisse zu den Prädatoren vom Standort 4 am Erhebungstermin 2015 werden hier nicht gezeigt und nicht in die Berechnungen einbezogen, weil die Rosenkohlpflanzen einen

massiven Befall mit Blattläusen (Mehlige Kohlblattlaus, *Brevicoryne brassicae*) aufwiesen. Dadurch ergab sich eine Zusammensetzung an Prädatoren, die sich auffällig von den anderen Erhebungen unterschied und dominierende Arten aufwies, die nur hier gefunden wurden und möglicherweise ausschließlich Gegenspieler von Blattläusen sind (v. a. Schwebfliegen der Gattung *Scaeva* spp.).

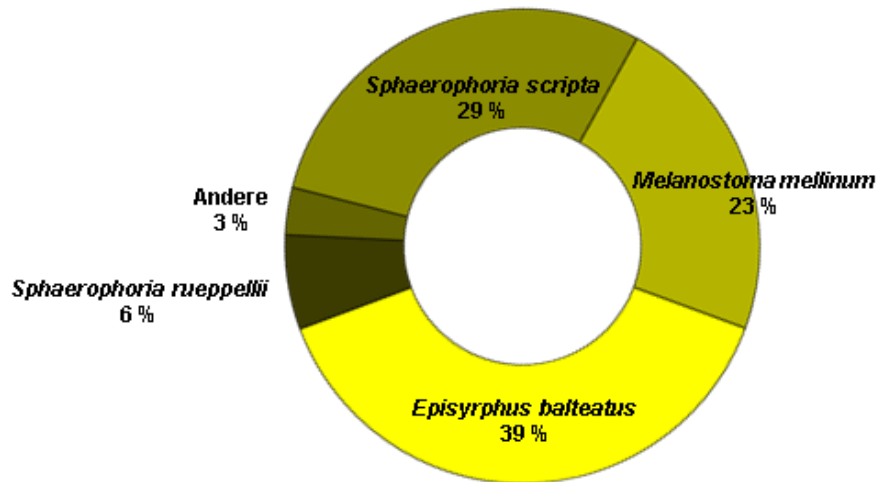


Abbildung 8: Artenzusammensetzung der 2014 gesammelten, bis zum adulten Tier herangezogenen und bestimmten Schwebfliegen (Standorte und Erhebungstermine zusammengefasst, n= 31).

Tabelle 8: Art/ Gattung und Anzahl der gesammelten Prädatoren je Standort und Erhebungstermin (Standorte 1-5: siehe Tabelle 1).

Prädatoren	Erhebungstermin															Gesamt					
	2013 II					2014 I					2014 II						2015 I				
	Standort	Standort	Standort	Standort	Standort	Standort	Standort	Standort	Standort	Standort	Standort	Standort	Standort	Standort	Standort		Standort	Standort	Standort	Standort	Standort
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	
SCHWEBFLIEGENLARVEN	0	0	0	0	0	21	21	26	39	10	2	0	2	1	8	3	13	154	-	130	430
<i>Bacca</i> spp.																				1	1
<i>Episyrphus balteatus</i>						4	4	1	1	2						2		32		13	59
<i>Melanostoma</i> spp.						2		1	4									2			9
<i>Platycheirus</i> spp.																	2	3			5
<i>Sphaerophoria</i> spp.						3	1	1	3	2			1				5	37		13	66
<i>Syrphus</i> spp.																		1			1
nicht bestimmt						12	16	25	34	3			1	1	8	1	6	79		103	289
MARIENKÄFER	0	0	0	0	25	4	26	24	24	2	2	4	18	0	0	0	6	16	-	3	123
<i>Clitostethus arcuatus</i>						8							1								9
<i>Coccinella septempunctata</i>						1		1													2
<i>Harmonia axyridis</i>						25	4	4	8	21	1	2	4	17			6	14		3	109
<i>Propylea quattuordecimpunctata</i>						1		2													3
nicht bestimmt						12	16		1									2			
FLORFLIEGENLARVEN	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0	1	0	0	1	0	0	0	-	1	7
<i>Chrysoperla</i> spp.									2	2		1								1	7
SPINNEN						15	27	16	10	31	29	33	11	38	8	4	20	11	21	-	299
RAUBWANZEN						6	2			1		2				1	2			-	14
Gesamt	0	0	0	15	25	58	53	44	96	42	38	16	58	11	13	24	32	189	-	158	872

4.1.2. Alternativwirte und ihre Wirtspflanzen

4.1.2.1. Literaturrecherche

Dreizehn Pflanzenarten wurden ermittelt, die die aufgestellten Kriterien am besten erfüllen und in Klimakammerversuchen tiefergehen getestet werden (Tabelle 9).

Tabelle 9: Liste der 13 vielversprechendsten Banker Plants im System mit *A. Ionicerae* als Alternativwirt.

Nr.	Pflanzenname		Familie	Eigenschaften (Jäger 2011)	
	Botanisch	Deutsch		Lebensdauer	Größe (cm)
1	<i>Aquilegia vulgaris</i>	Gemeine Akelei	Ranunculaceae	ausdauernd	40-80
2	<i>Campanula persicifolia</i>	Pfirsichblättrige Glockenblume	Campanulaceae	ausdauernd	30-80
3	<i>Elsholtzia ciliata</i>	Echte Kamminze	Lamiaceae	einjährig	30-50
4	<i>Fragaria vesca</i>	Wald-Erdbeere	Rosaceae	ausdauernd	5-20
5	<i>Geum urbanum</i>	Echter Nelkenwurz	Rosaceae	ausdauernd	30-120
6	<i>Hordeum vulgare</i>	Kulturgerste	Poaceae	einjährig	100-130
7	<i>Hypericum perforatum</i>	Echtes Johanniskraut	Hypericaceae	ausdauernd	15-80
8	<i>Lysimachia vulgaris</i>	Gewöhnlicher Gilbweiderich	Myrsinaceae	ausdauernd	50-150
9	<i>Mentha piperita</i>	Pfefferminze	Lamiaceae	ausdauernd	50-90
10	<i>Origanum vulgare</i>	Oregano	Lamiaceae	ausdauernd	20-60
11	<i>Oxalis stricta</i>	Aufrechter Sauerklee	Oxalidaceae	ausdauernd	10-40
12	<i>Platycodon grandiflorus</i>	Ballonblume	Campanulaceae	ausdauernd	50-70
13	<i>Vicia faba</i>	Ackerbohne	Fabaceae	einjährig	50-100

4.1.2.2. Entwicklungs- und Reproduktionsversuche (Klimakammer)

Alternativwirte

Die Lebensdauer der Alternativwirte auf den untersuchten Wirtspflanzen unterschied sich nicht und lag zwischen 34 Tagen für *T. vaporariorum* auf Hokkaido und 71 Tagen für *A. Ionicerae* auf Giersch ($p > 0,05$) (Abbildung 9). Sie war allerdings in allen Fällen länger als auf Rosenkohl (Kontrolle), auf dem die Weibchen beider Alternativwirte nur 10 Tage, bzw. 7 Tage überlebten ($p < 0,05$).

Im Durchschnitt legte ein Weibchen von *A. Ionicerae* während ihres Lebens zwischen 1 Ei (0,1 Ei/Tag; Rosenkohl) und 329 Eier (4,7 Eier/Tag; Giersch) (Abbildungen 10 & 11). Unter den Wirtspflanzen wurde auf Gilbweiderich (56 Eier/Weibchen) und Oregano (69 Eier/Weibchen)

die wenigsten Eier abgelegt und unterschieden sich hinsichtlich der Anzahl der Eier pro Weibchen pro Tag von Giersch ($p < 0,05$). Auf Rosenkohl wurden weniger Eier gefunden als auf jeder anderen Pflanze ($p < 0,05$). Die Anzahl der abgelegten Eier pro Weibchen sowie der Entwicklungserfolg wurden für *T. vaporariorum* aufgrund der geringen Größe und hohen Anzahl der Eier nicht bestimmt.

Der Entwicklungserfolg von *A. Ionicerae* war auf Akelei (76 %), Giersch (71 %) und Nelkenwurz (69 %) am größten (Abbildung 12). Auf Rosenkohl (0 %), Gilbweiderich (3 %) und Zitronenmelisse (4 %) fand hingegen keine bis kaum Entwicklung statt.

Die meisten adulten Nachkommen wurden von *A. Ionicerae* auf Giersch (243 adulte Nachkommen pro Weibchen) gefolgt von Akelei (123), Kamminze (108), Nelkenwurz (102) und Erdbeere (89), und von *T. vaporariorum* auf Hokkaido (215) produziert (Abbildung 13). Beide Weiße Fliege-Arten schafften keinen kompletten Entwicklungszyklus auf Rosenkohl (0 adulte Nachkommen/Weibchen).

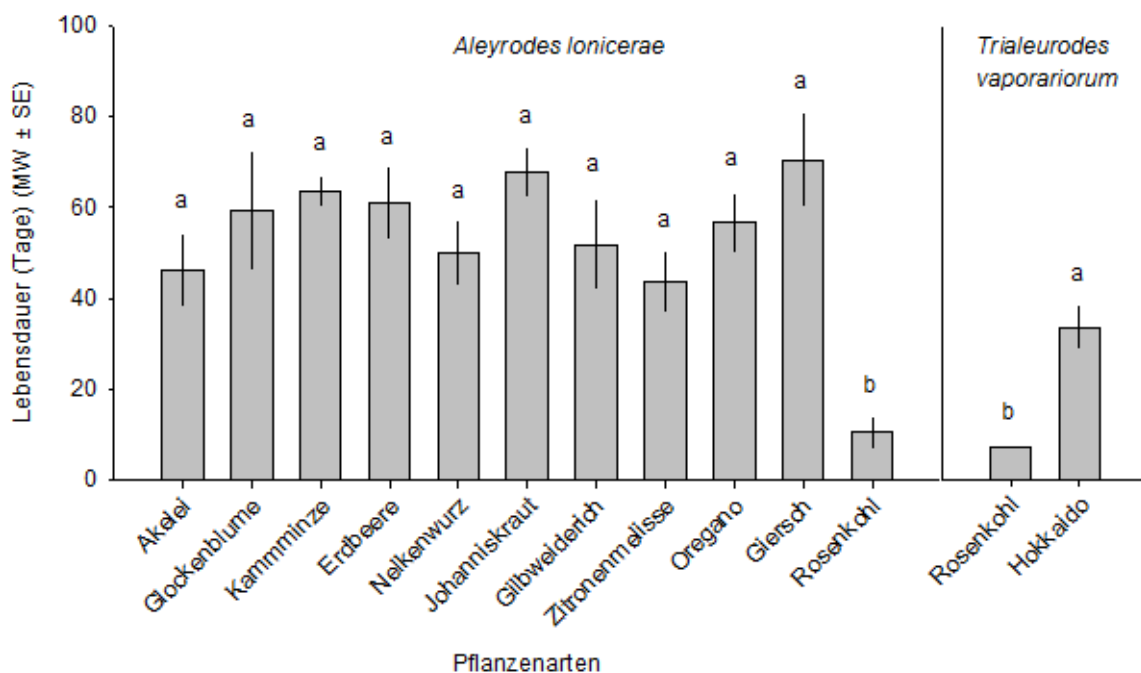


Abbildung 9: Lebensdauer (\pm SE) der Alternativwirte (*Aleyrodes Ionicerae*, *Trialeurodes vaporariorum*) auf ausgewählten Wirtspflanzen und Kontrollen (Giersch, Rosenkohl). Unterschiedliche Buchstaben zeigen signifikante Unterschiede an ($p \leq 0,05$; Kruskal-Wallis Test mit Post-Hoc nach Dunn-Bonferroni).

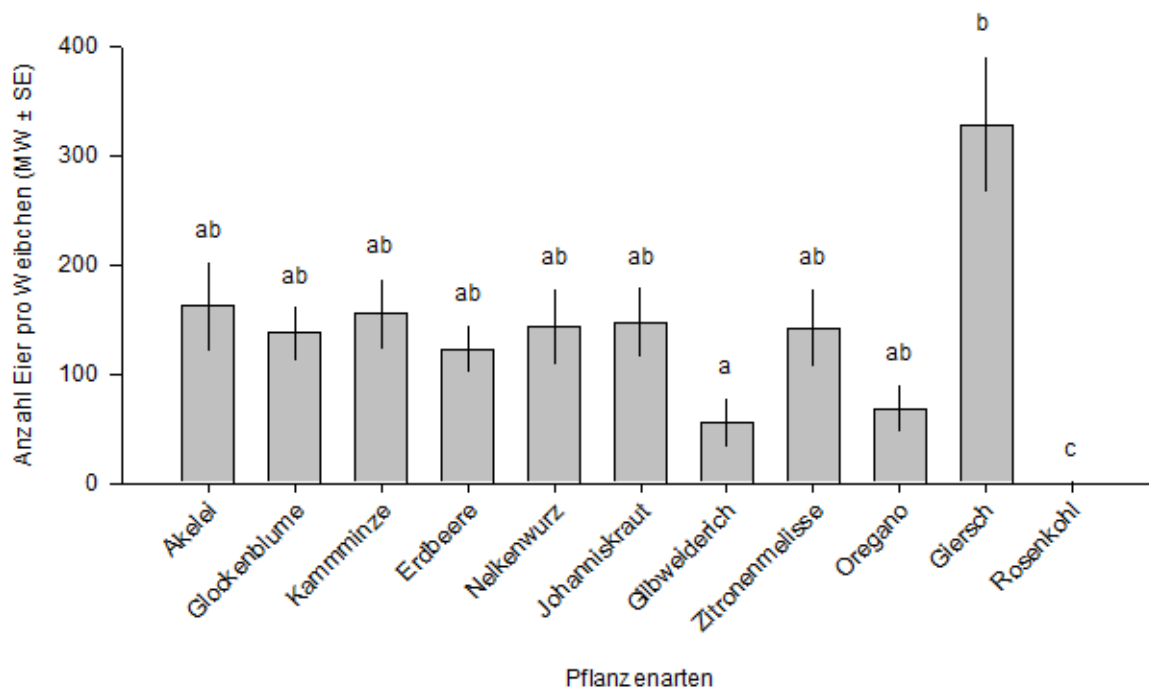


Abbildung 10: Anzahl abgelegter Eier (\pm SE) pro *Aleyrodes Ionicerae*-Weibchen auf ausgewählten Wirtspflanzen und Kontrollen (Giersch, Rosenkohl). Unterschiedliche Buchstaben zeigen signifikante Unterschiede an ($p \leq 0,05$; Kruskal-Wallis Test mit Post-Hoc nach Dunn-Bonferroni).

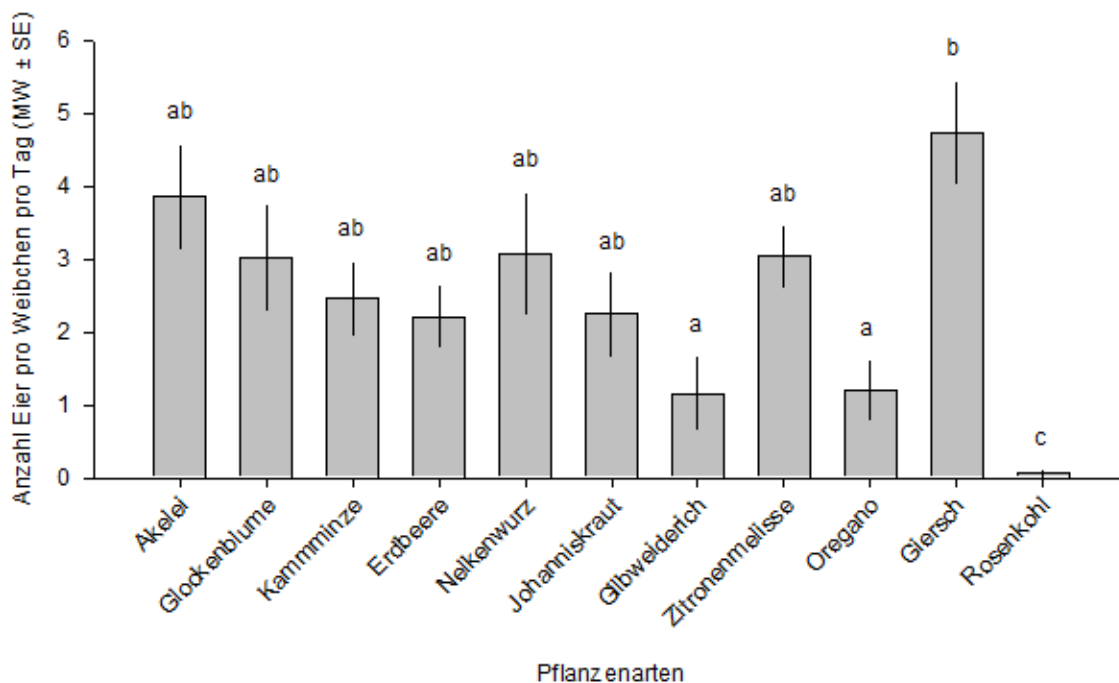


Abbildung 11: Anzahl abgelegter Eier (\pm SE) pro *Aleyrodes Ionicerae*-Weibchen pro Tag auf ausgewählten Wirtspflanzen und Kontrollen (Giersch, Rosenkohl). Unterschiedliche Buchstaben zeigen signifikante Unterschiede an ($p \leq 0,05$; Kruskal-Wallis Test mit Post-Hoc nach Dunn-Bonferroni).

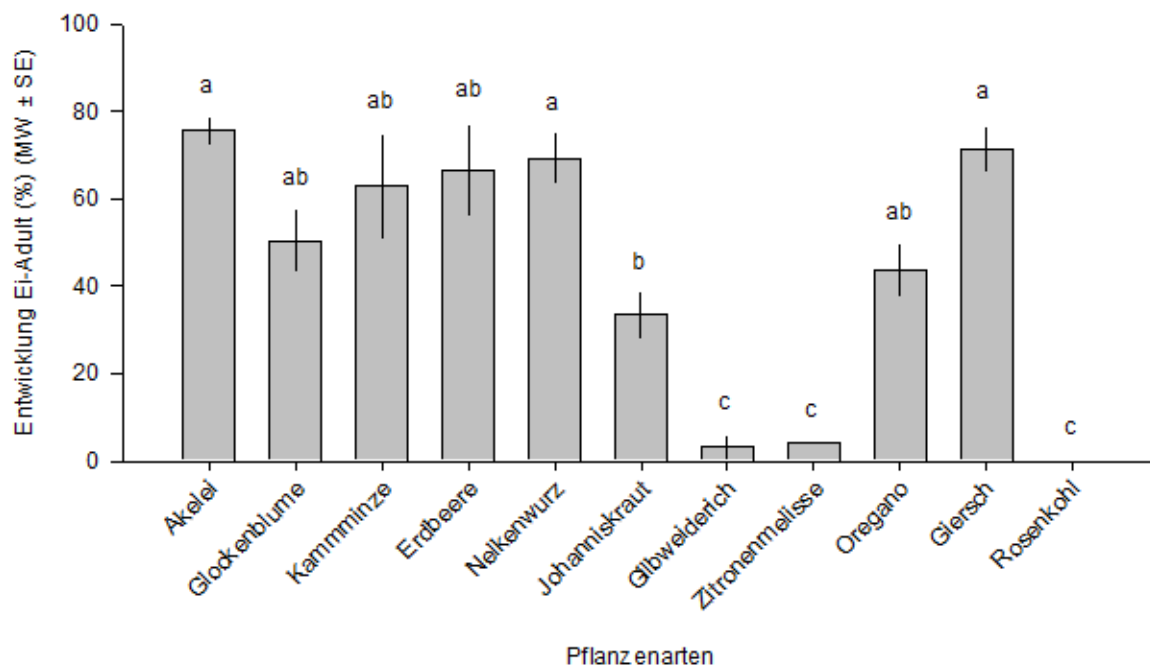


Abbildung 12: Entwicklungserfolg (\pm SE) von *Aleyrodes Ionicerae* auf ausgewählten Wirtspflanzen und Kontrollen (Giersch, Rosenkohl). Unterschiedliche Buchstaben zeigen signifikante Unterschiede an ($p \leq 0,05$; Kruskal-Wallis Test mit Post-Hoc nach Dunn-Bonferroni).

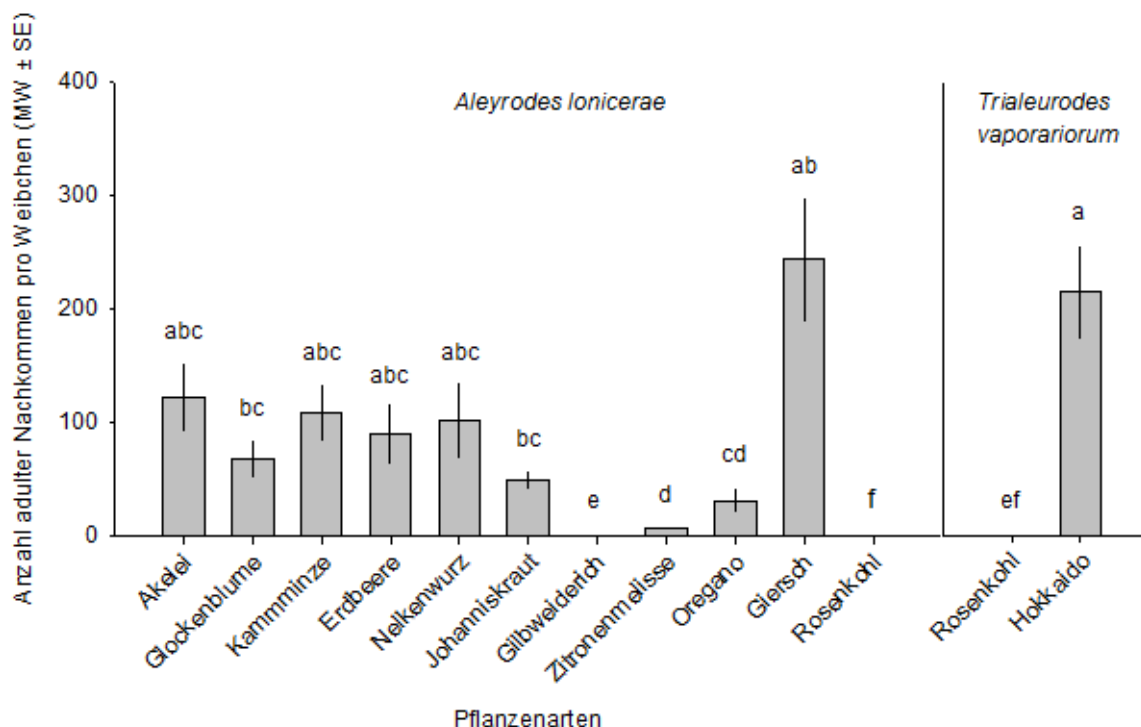


Abbildung 13: Anzahl adulter Nachkommen (\pm SE) pro Alternativwirt (*Aleyrodes Ionicerae*, *Trialeurodes vaporariorum*) auf ausgewählten Wirtspflanzen und Kontrollen (Giersch, Rosenkohl). Unterschiedliche Buchstaben zeigen signifikante Unterschiede an ($p \leq 0,05$; Kruskal-Wallis Test mit Post-Hoc nach Dunn-Bonferroni).

Aleyrodes proletella

Bezüglich der Lebensdauer von *A. proletella* ergaben sich keine Unterschiede zwischen den vorselektierten potentiellen Banker Plants (Wirtspflanzen von *A. Ionicerae* und *T. vaporariorum*; 9-45 Tage) ($p > 0,05$; Abbildung 14). Lediglich auf Hokkaido (9 Tage) überlebte *A. proletella* kürzer als auf der Kontrolle, Rosenkohl (46 Tage; $p < 0,05$).

Die Anzahl der abgelegten Eier auf den sechs *A. Ionicerae*-Wirtspflanzen pro *A. proletella*-Weibchen insgesamt (7 - 108 Eier) und pro Tag (0,3 - 2,6 Eier/Tag) unterschieden sich nicht untereinander und auch nicht zur Kontrolle (128 Eier bzw. 2,3 Eier/Tag) ($p > 0,05$; Abbildungen 15 & 16). Auf Hokkaido hingegen fand keine Eiablage statt.

Der Entwicklungserfolg von *A. proletella* war auf Rosenkohl (70 %) und Akelei (62 %) am größten (Abbildung 17). Auf Nelkenwurz (2 %) und Erdbeere (12 %) verlief die Entwicklung schlechter ($p < 0,05$).

Ein *A. proletella*-Weibchen produzierte im Durchschnitt 0 (Hokkaido) bis maximal 98 adulte Nachkommen (Rosenkohl) ($p < 0,05$; Abbildung 18). Die Anzahl adulter Nachkommen auf den *A. Ionicerae*-Wirtspflanzen rangierte zwischen 2 auf Nelkenwurz und 56 auf Glockenblume ($p > 0,05$).

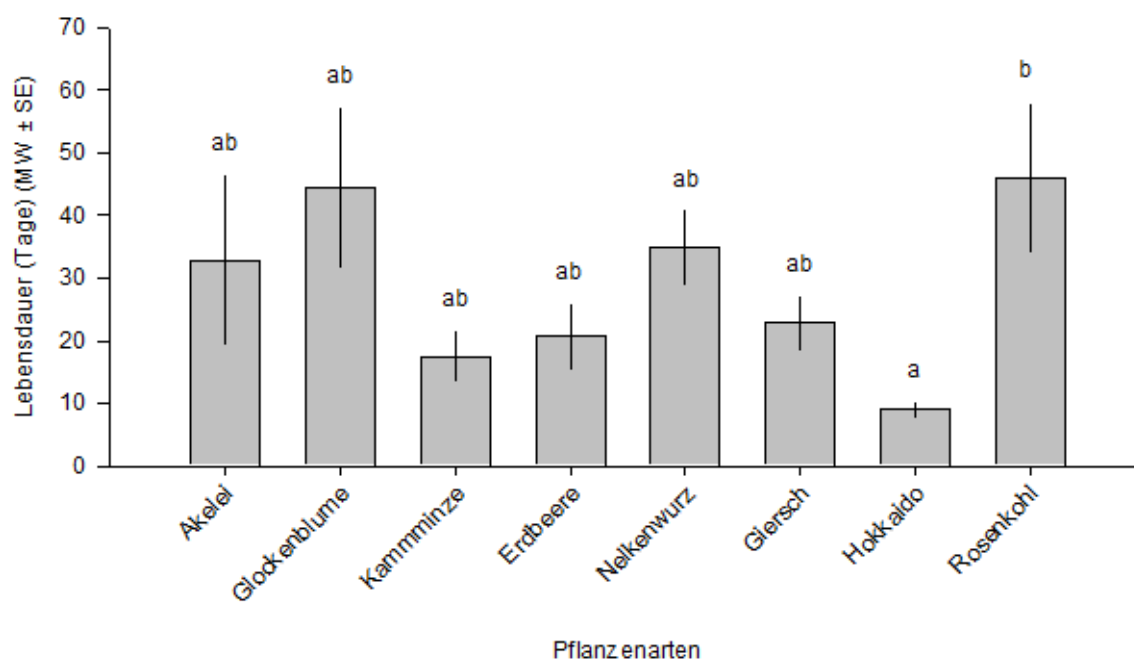


Abbildung 14: Lebensdauer (\pm SE) von *Aleyrodes proletella* auf potentiellen Banker Plants und Rosenkohl (Kontrolle). Unterschiedliche Buchstaben zeigen signifikante Unterschiede an ($p \leq 0,05$; Kruskal-Wallis Test mit Post-Hoc nach Dunn-Bonferroni).

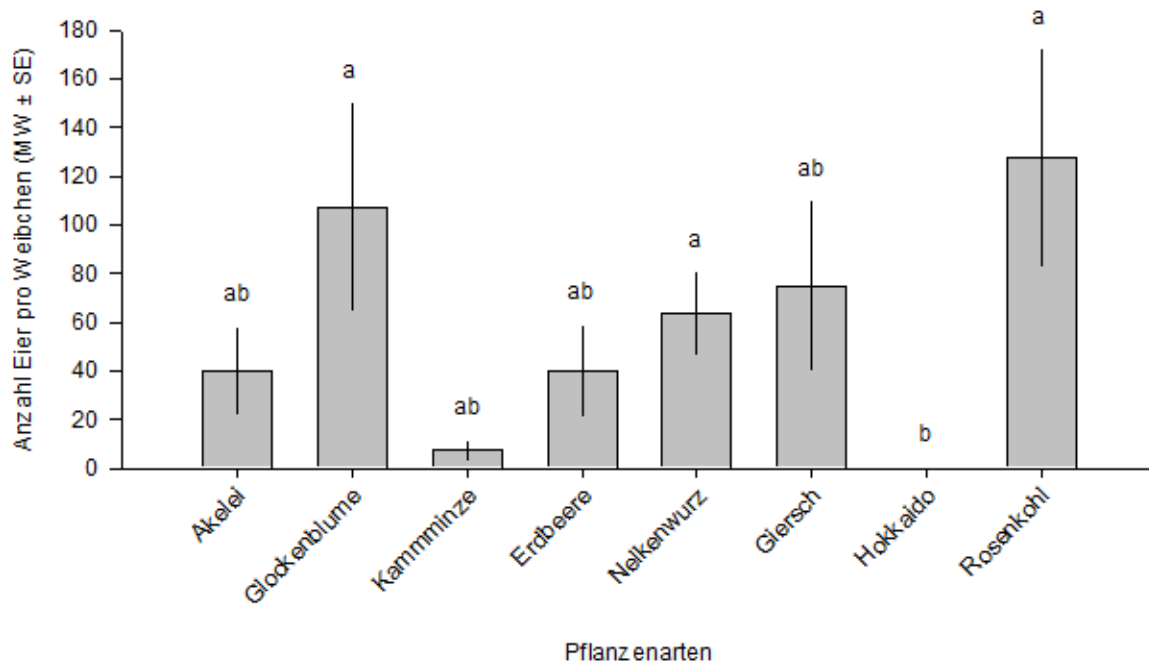


Abbildung 15: Anzahl abgelegter Eier (\pm SE) pro *Aleyrodes proletella*-Weibchen auf potentiellen Banker Plants und Rosenkohl (Kontrolle). Unterschiedliche Buchstaben zeigen signifikante Unterschiede an ($p \leq 0,05$; Kruskal-Wallis Test mit Post-Hoc nach Dunn-Bonferroni).

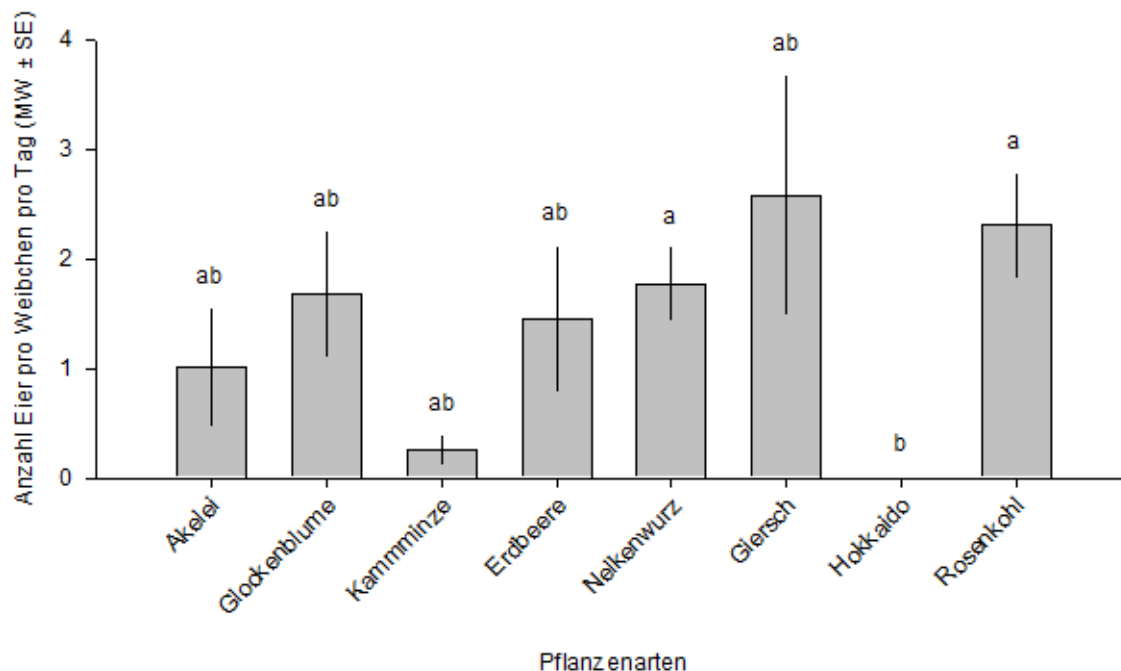


Abbildung 16: Anzahl abgelegter Eier (\pm SE) pro *Aleyrodes proletella*-Weibchen pro Tag auf potentiellen Banker Plants und Rosenkohl (Kontrolle). Unterschiedliche Buchstaben zeigen signifikante Unterschiede an ($p \leq 0,05$; Kruskal-Wallis Test mit Post-Hoc nach Dunn-Bonferroni).

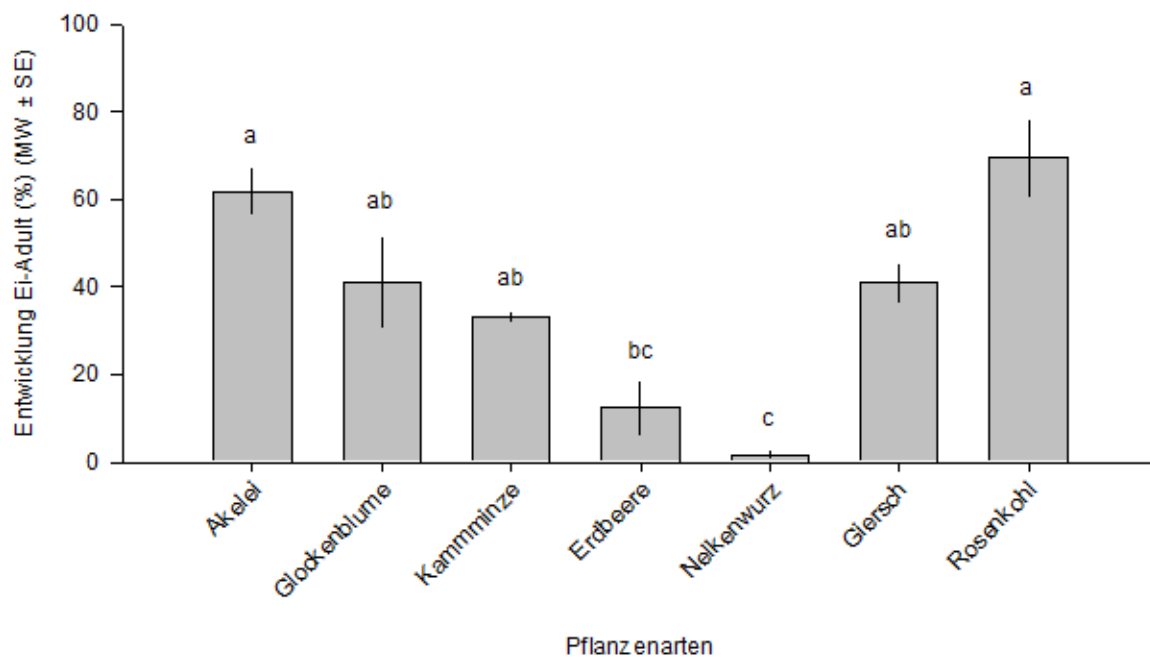


Abbildung 17: Entwicklungserfolg (\pm SE) von *Aleyrodes proletella* auf potentiellen Banker Plants und Rosenkohl (Kontrolle). Unterschiedliche Buchstaben zeigen signifikante Unterschiede an ($p \leq 0,05$; Kruskal-Wallis Test mit Post-Hoc nach Dunn-Bonferroni).

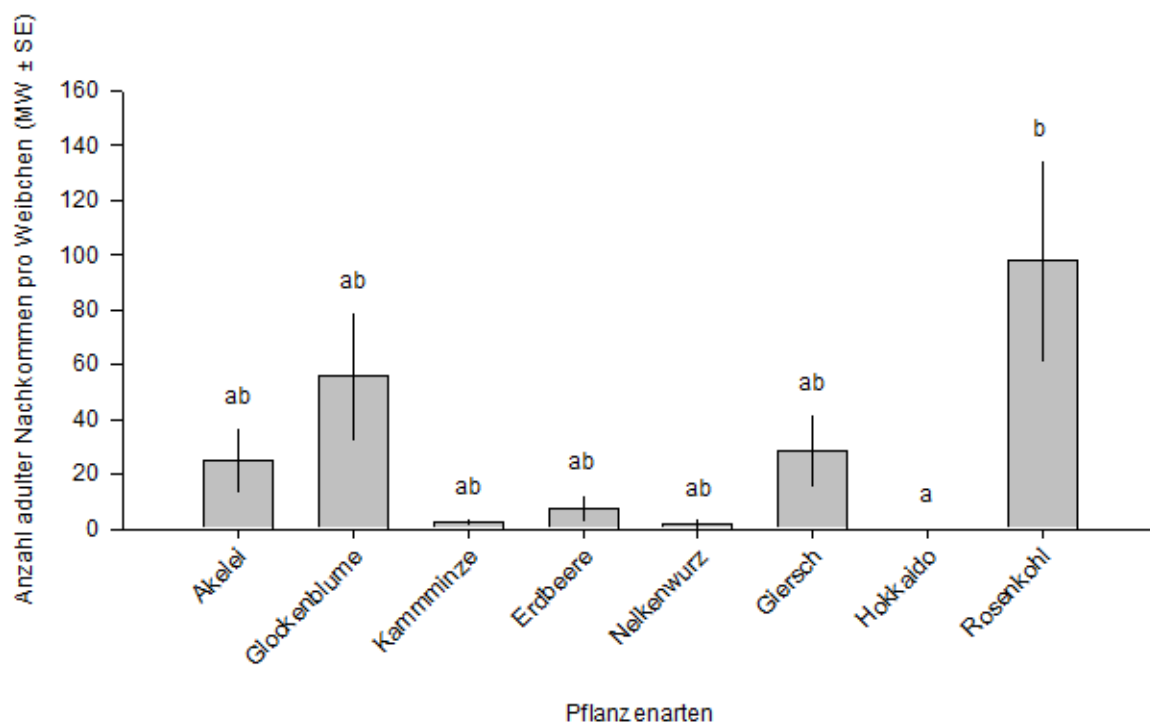


Abbildung 18: Anzahl adulter Nachkommen (\pm SE) pro *Aleyrodes proletella*-Weibchen potentiellen Banker Plants und Rosenkohl (Kontrolle). Unterschiedliche Buchstaben zeigen signifikante Unterschiede an ($p \leq 0,05$; Kruskal-Wallis Test mit Post-Hoc nach Dunn-Bonferroni).

Encarsia tricolor

Auf der Wirt-Pflanze-Kombination *A. lonicerae*/ Akelei entwickelten sich doppelt so viele *E. tricolor*-Puppen und -adulte als auf *A. proletella*/ Rosenkohl ($p < 0,05$; Abbildungen 19 & 20). Zudem wurden auf *T. vaporariorum*/ Hokkaido 4,8- und 3,5-mal weniger adulte Parasitoide produziert als auf den beiden Varianten mit *A. lonicerae* als Wirt ($p < 0,05$). Alle anderen Varianten unterschieden sich hinsichtlich der Anzahl an Puppen und Adulten pro *E. tricolor*-Weibchen nicht signifikant ($p > 0,05$).

Für die Entwicklung vom Ei zum adulten Tier benötigte *E. tricolor* auf *T. vaporariorum*/ Hokkaido (22 Tage) durchschnittlich zwei Tage länger als auf allen anderen Varianten (20 Tage; $p < 0,05$; Abbildung 21).

Adulte *E. tricolor*-Weibchen, die von *A. lonicerae*/ Nelkenwurz (275 μm) bzw. *T. vaporariorum*/ Hokkaido (229 μm) geschlüpft sind, waren gemessen an der Kopfbreite größer bzw. kleiner als in allen anderen Varianten ($p < 0,05$; Abbildung 22). Die Kopfbreite der geschlüpften *E. tricolor* korrelierte signifikant mit der Wirtsgröße ($p < 0,001$, $r_s = 0,71$, Spearman-Rangkorrelation; Abbildung 24). Die Wirtsnymphen waren entsprechend am größten bei *A. lonicerae*/ Nelkenwurz (0,62 mm^2), gefolgt von *A. proletella*/ Rosenkohl (0,55 mm^2), *A. lonicerae*/ Akelei (0,44 mm^2) und *T. vaporariorum*/ Hokkaido (0,20 mm^2) und unterschieden sich allesamt ($p < 0,05$; Abbildung 23).

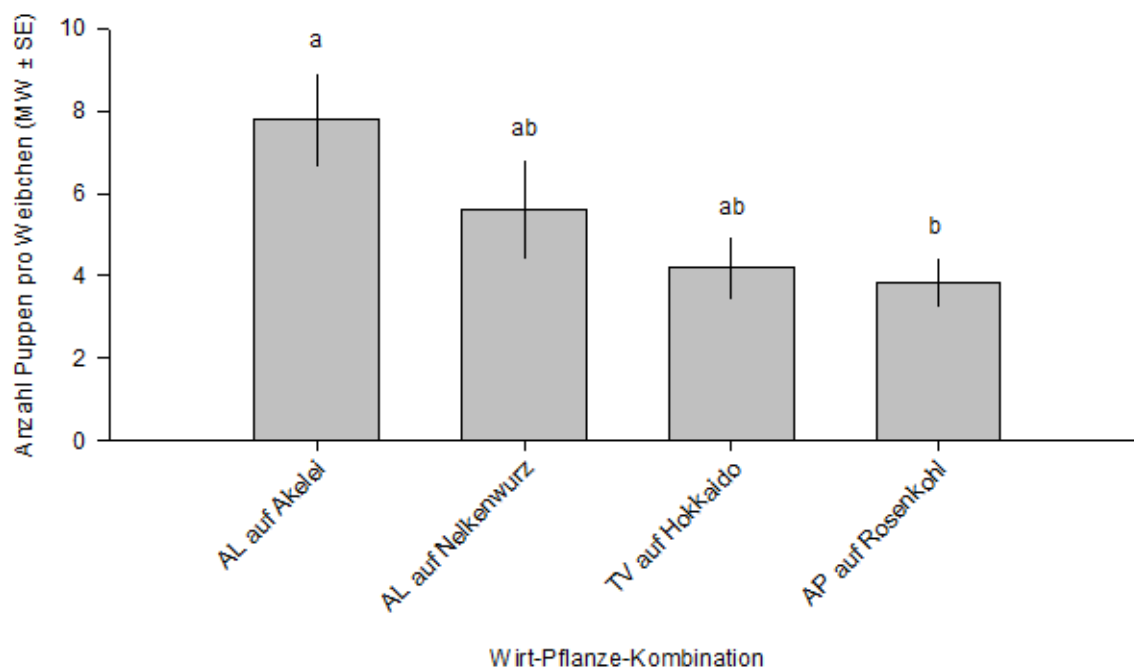


Abbildung 19: Anzahl Parasitoidpuppen (\pm SE) pro *Encarsia tricolor*-Weibchen in 24h auf verschiedenen Wirt-Pflanze-Kombinationen (AL= *Aleyrodes lonicerae*, AP= *A. proletella*, TV= *Trialeurodes vaporariorum*). Unterschiedliche Buchstaben zeigen signifikante Unterschiede an ($p \leq 0,05$; GLM mit Tukey HSD).

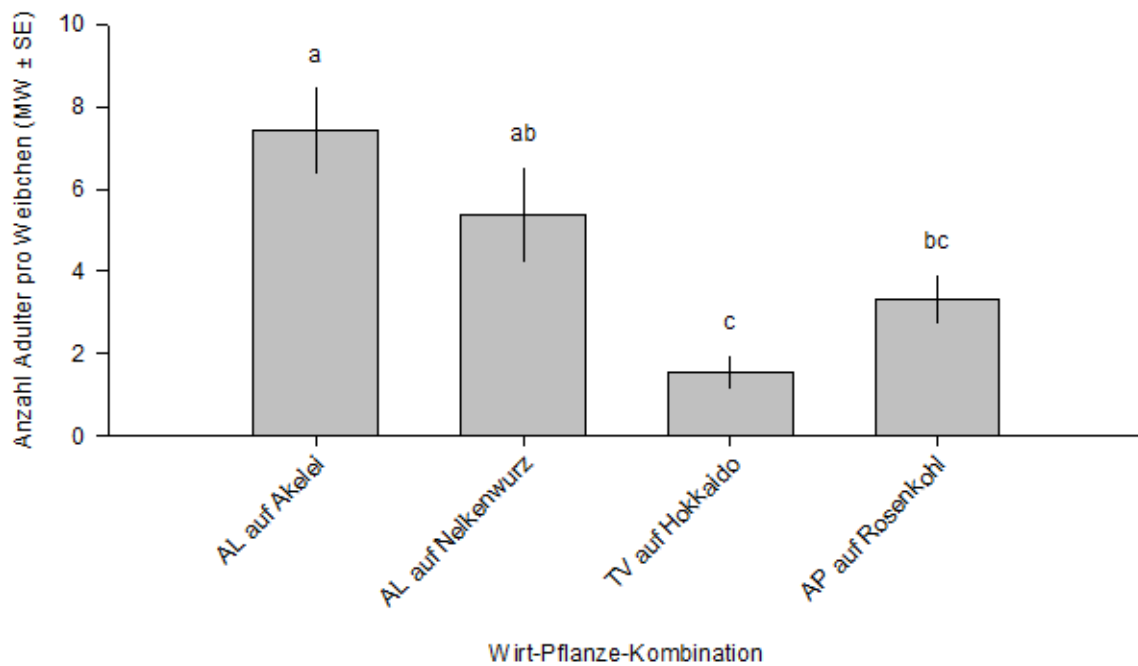


Abbildung 20: Anzahl adulter Nachkommen (\pm SE) pro *Encarsia tricolor*-Weibchen in 24h auf verschiedenen Wirt-Pflanze-Kombinationen (AL= *Aleyrodes lonicerae*, AP= *A. proletella*, TV= *Trialeurodes vaporariorum*). Unterschiedliche Buchstaben zeigen signifikante Unterschiede an ($p \leq 0,05$; GLM mit Tukey HSD).

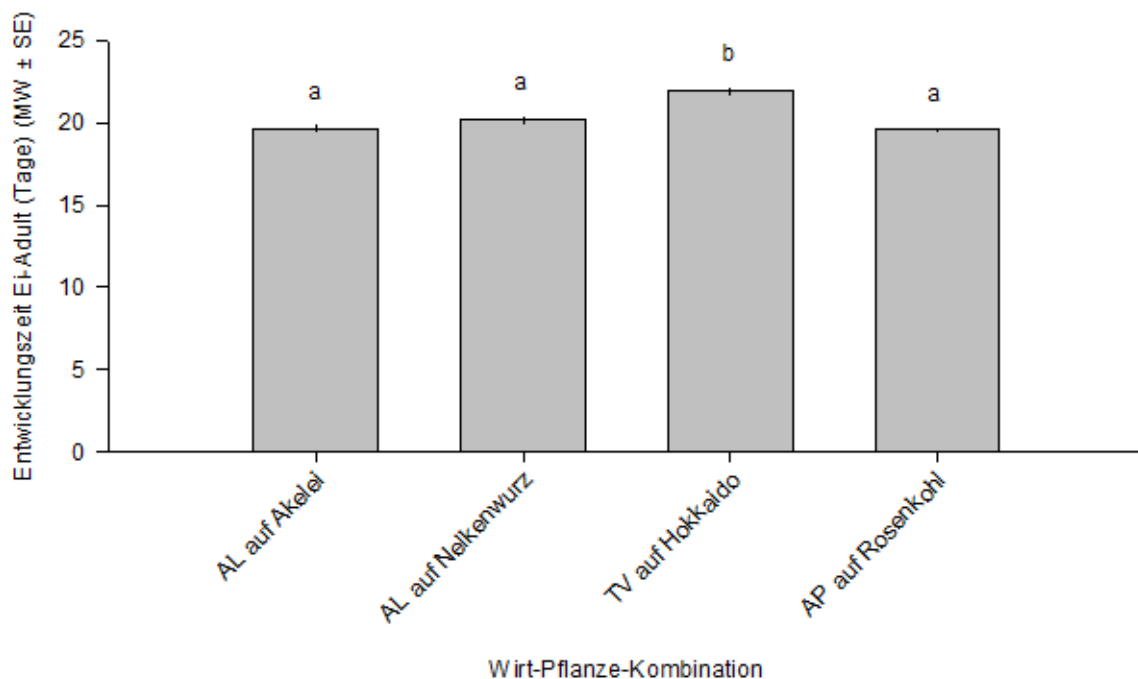


Abbildung 21: Entwicklungszeit Ei-Adult (\pm SE) von *Encarsia tricolor*-Weibchen auf verschiedenen Wirt-Pflanze-Kombinationen (AL= *Aleyrodes lonicerae*, AP= *A. proletella*, TV= *Trialeurodes vaporariorum*). Unterschiedliche Buchstaben zeigen signifikante Unterschiede an ($p \leq 0,05$; GLM mit Tukey HSD).

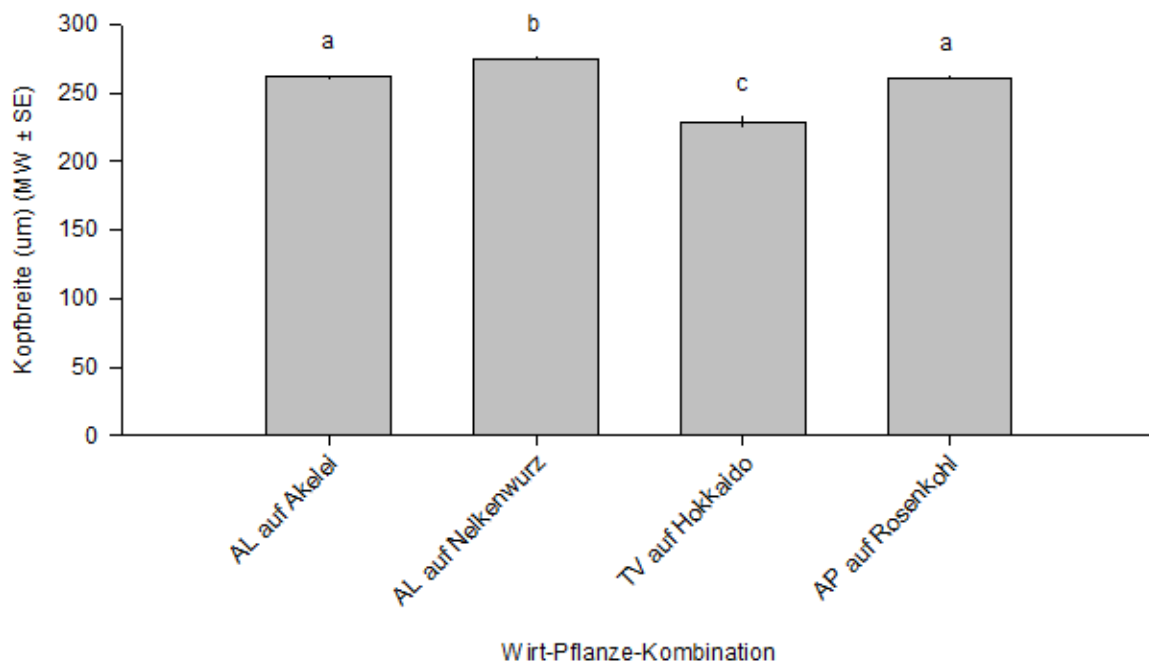


Abbildung 22: Kopfbreite (\pm SE) von *Encarsia tricolor*-Weibchen, die sich auf verschiedenen Wirt-Pflanze-Kombinationen entwickelt haben (AL= *Aleyrodes lonicerae*, AP= *A. proletella*, TV= *Trialeurodes vaporariorum*). Unterschiedliche Buchstaben zeigen signifikante Unterschiede an ($p \leq 0,05$; GLM mit Tukey HSD).

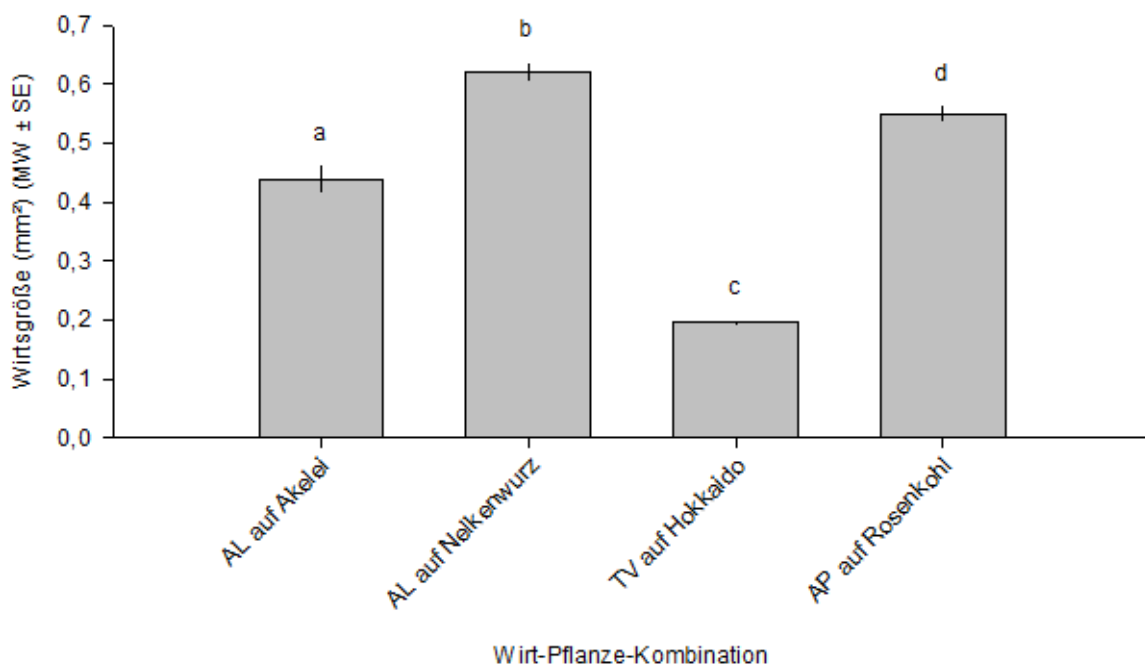


Abbildung 23: Größe von *Encarsia tricolor*-Wirten (\pm SE) auf verschiedenen Wirt-Pflanze-Kombinationen (AL= *Aleyrodes lonicerae*, AP= *A. proletella*, TV= *Trialeurodes vaporariorum*). Unterschiedliche Buchstaben zeigen signifikante Unterschiede an ($p \leq 0,05$; GLM mit Tukey HSD).

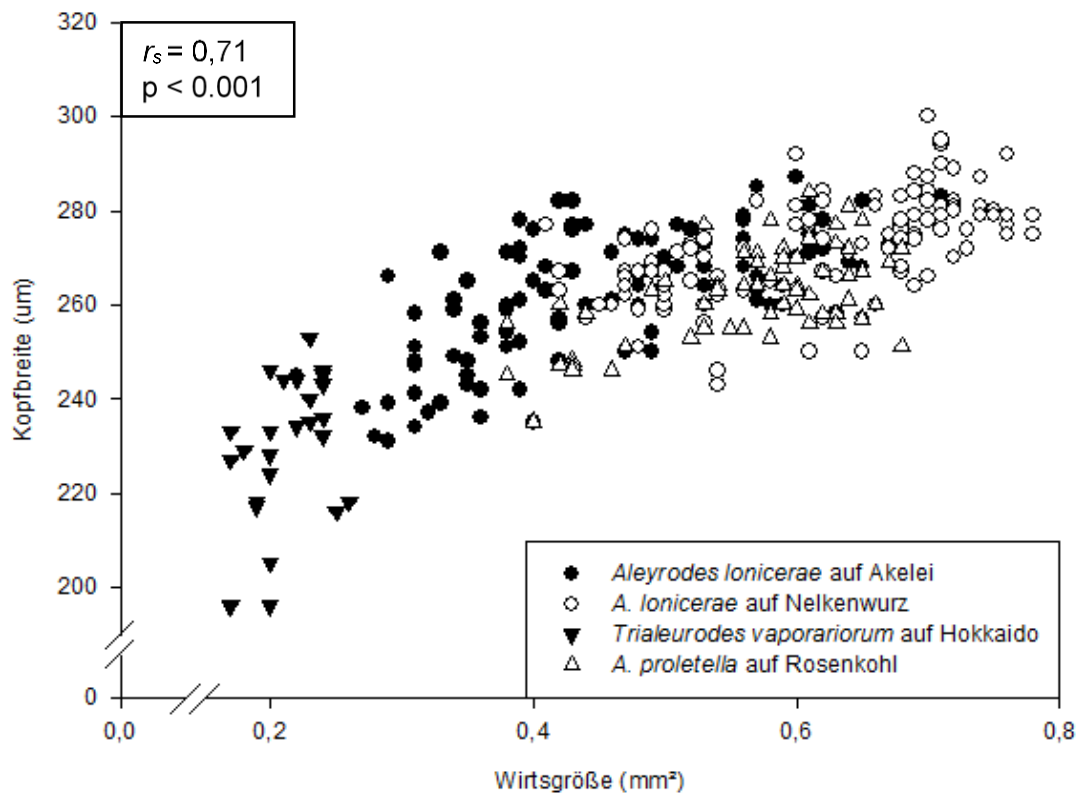


Abbildung 24: Kopfbreite von *Encarsia tricolor*-Weibchen in Abhängigkeit von der Wirtgröße auf verschiedenen Wirt-Pflanze-Kombinationen (r_s = Spearmans Rangkorrelationskoeffizient).

4.2. Feldevaluation einjähriger Banker Plant-Systeme

(Laurenz & Meyhöfer 2017)

Parasitoide

Auf die gesamte Anbausaison gerechnet hat das Hokkaido-System mehr als dreimal so viele parasitierte Weiße Fliege-Nymphen produziert (1715 parasitierte Nymphen/ m²) als das Akelei-System (558 parasitierte Nymphen/ m²) ($p= 0,002$). Der höchste Besatz an parasitierten Nymphen auf den Banker Plants wurde Mitte August beobachtet (Abbildung 25). In 1,5 m Entfernung zu den Banker Plants führte sowohl das Hokkaido- als auch das Akelei-System im Vergleich zur Kontrollvariante zu einer erhöhten Parasitierungsrate von *A. proletella* auf dem Rosenkohl ($p < 0,001$; Abbildung 26). Zwischen den Banker Plant-Systemen gab es keinen Unterschied ($p= 0,936$). Die Variante mit dem Hokkaido-System zeigte in 4 m Entfernung eine höhere Parasitierungsrate sowohl verglichen mit der Kontrollvariante als auch mit der Akelei-Variante ($p < 0,001$ und $p= 0,021$; Abbildung 27). Das Akelei-System unterschied sich jedoch nicht von der Kontrolle ($p= 0,082$).

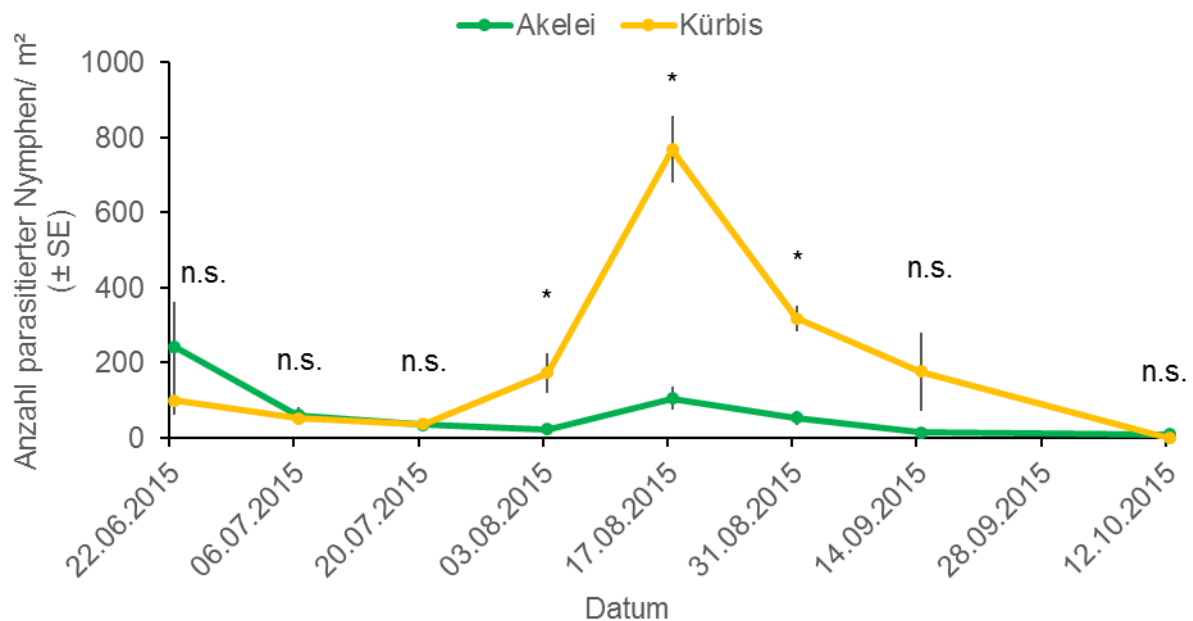


Abbildung 25: Durchschnittliche Anzahl parasitierter Weiße Fliege-Nymphen pro m² Banker Plants (* = signifikanter Unterschied zwischen den Varianten mit $p < 0,05$; n.s.= nicht signifikant; GLM mit Tukey-Test).

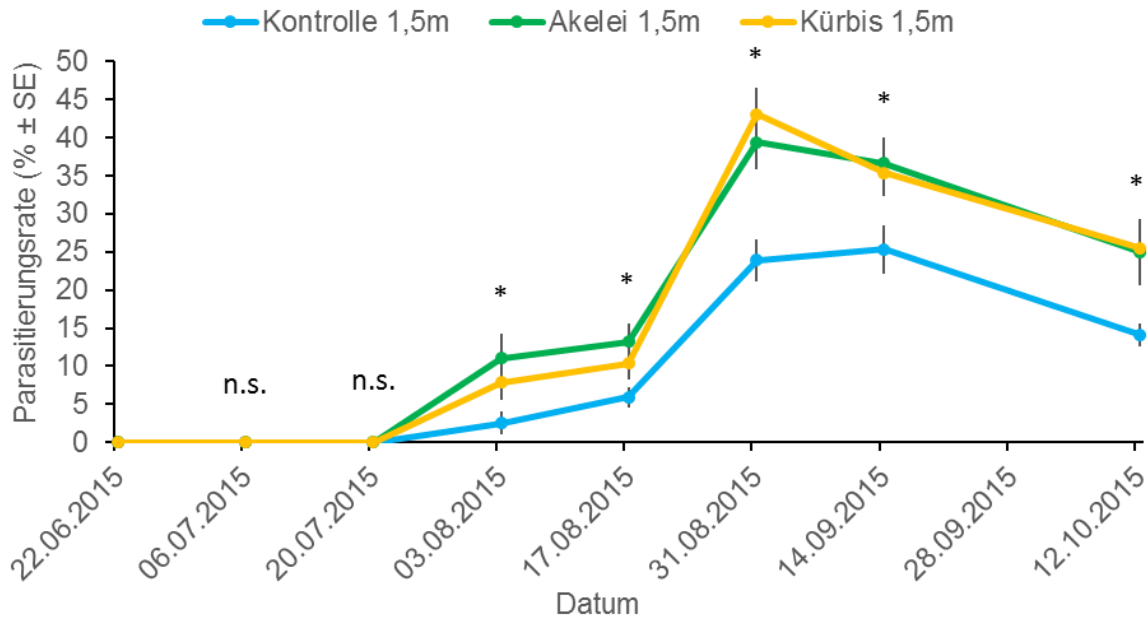


Abbildung 26: Durchschnittliche Parasitierungsrate von *A. proletella*-Nymphen auf Rosenkohlpflanzen in 1,5 m Entfernung zu den Banker Plants (* = signifikanter Unterschied zwischen den Varianten mit $p < 0,05$; n.s.= nicht signifikant; GLM mit Tukey-Test).

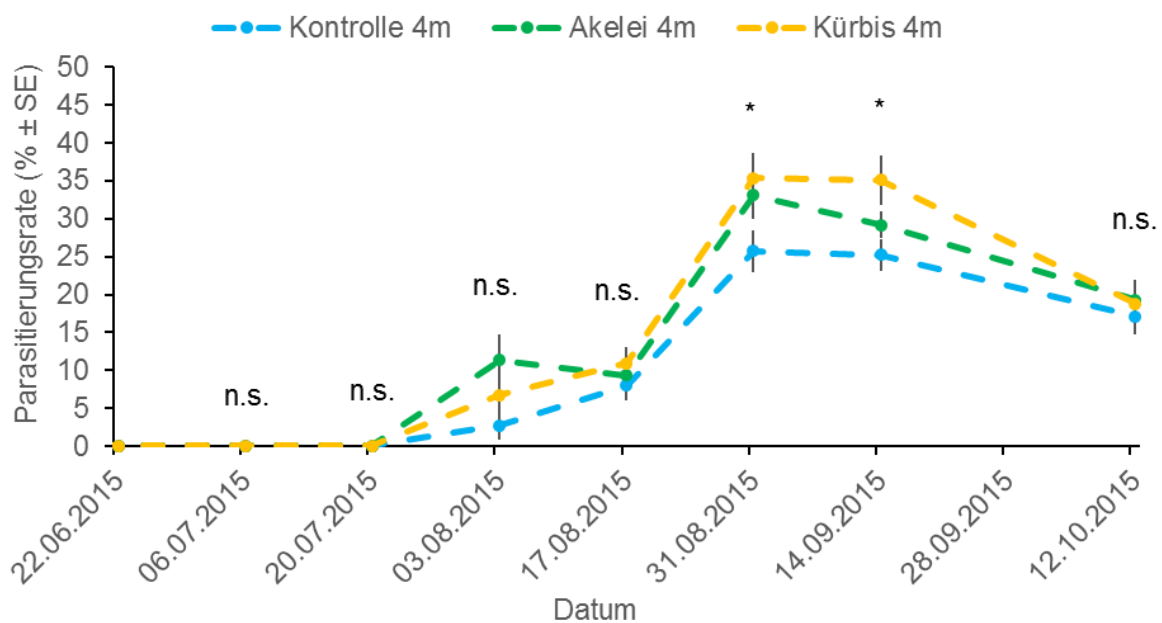


Abbildung 27: Durchschnittliche Parasitierungsrate von *A. proletella*-Nymphen auf Rosenkohlpflanzen in 4 m Entfernung zu den Banker Plants (* = signifikanter Unterschied zwischen den Varianten mit $p < 0,05$; n.s.= nicht signifikant; GLM mit Tukey-Test).

Prädatoren

Zwei Gruppen von Prädatoren wurden von dem Hokkaido-System, nicht aber durchs Akelei-System gefördert. So wurden auf Rosenkohlpflanzen in 1,5 m Entfernung zum Hokkaido-System doppelt so viele Schwebfliegenlarven (0,5 pro Pflanze) und elfmal so viele adulte Marienkäfer (0,1 pro Pflanze) gefunden als in der Kontrollvariante ($p = 0,043$ und $p = 0,007$). In 4 m Entfernung wurden keine Unterschiede ausgemacht ($p > 0,05$).

Herbivore

Auch die Anzahl an *A. proletella*-Nymphen wurde durch das Hokkaido-System in 1,5 m Entfernung beeinflusst (Abbildung 28). So war der *A. proletella*-Befall auf kurzer Distanz zum Hokkaido-System niedriger als in der Kontrollvariante ($p = 0,004$). Das Akelei-System hatte keinen Effekt auf den *A. proletella*-Befall ($p < 0,05$). Andere Herbivoren wurden nicht beeinflusst ($p > 0,05$).

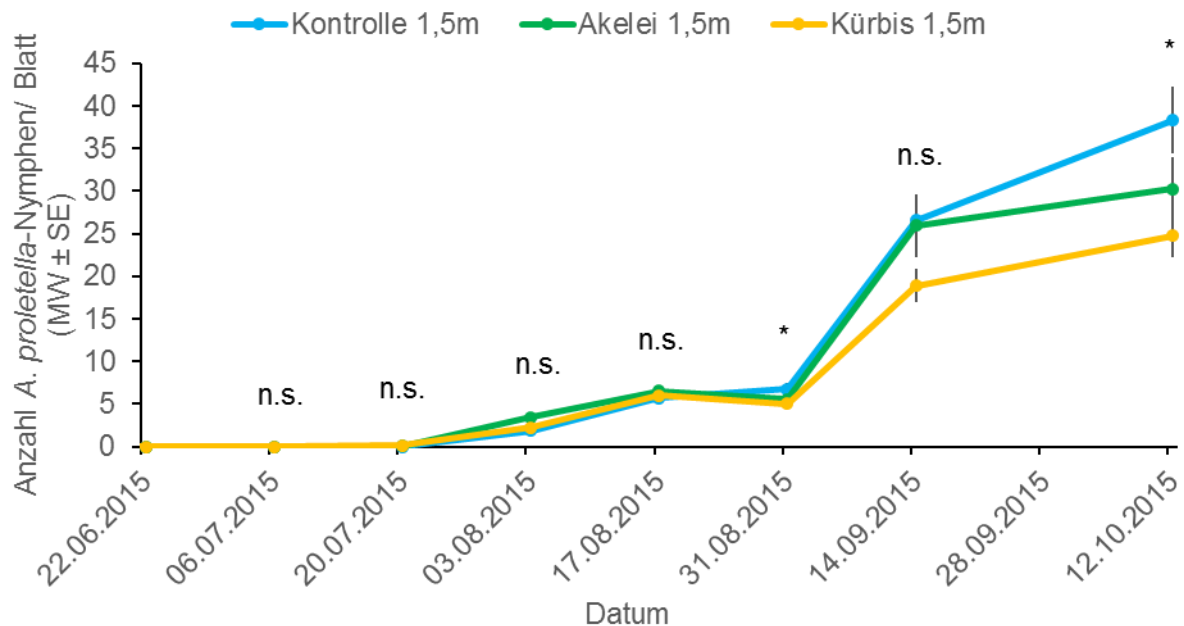


Abbildung 28: Durchschnittliche Anzahl an *A. proletella*-Nymphen pro Blatt auf Rosenkohlpflanzen in 1,5 m Entfernung zu den Banker Plants (* = signifikanter Unterschied zwischen den Varianten mit $p < 0,05$; n.s.= nicht signifikant; GLM mit Tukey-Test).

4.3. Einjährige Banker Plants und Blühstreifen

4.3.1. Evaluation ausgewählter Blühpflanzen

(Laurenz & Meyhöfer 2016)

Keimung und Blüte

Alle untersuchten Pflanzenarten keimten binnen sieben (*C. cyanus*, *F. esculentum*, *L. maritima*, *P. tanacetifolia*, *V. sativa*) oder 14 Tagen (*Am. majus*, *An. graveolens*, *B. incana*). Die ersten Blüten waren zwischen dem 10.06. (*F. esculentum*, *L. maritima*; 35 Tage nach Aussaat) und dem 01.07. (*Am. majus*, *An. graveolens*, *B. incana*; 56 Tage nach Aussaat) zu sehen. *Berteroa incana*, *L. maritima* und *P. tanacetifolia* zeigten mit mindestens 140-161 Tagen die längster Blühdauer (zu Versuchsende noch in Blüte). Der durchschnittliche und maximale Anteil an mit Blüten bedeckter Fläche war bei *An. graveolens* (18,2 % bzw. 29,8 %) und *L. maritima* (15,8 % und 34,8 %) am größten (Tabelle 10).

Tabelle 10: Blühdauer und Anteil der blütenbedeckten Fläche (%) der untersuchten Pflanzenarten (- = zu Versuchsende noch in Blüte; die in Fett geschriebenen Angaben zeigen die jeweils höchsten Werte) (Laurenz & Meyhöfer 2016).

Plant species	Flowering period			Flower covered area (%)	
	Start	End	Days	Maximum	Average
<i>Ammi majus</i>	1 st July	23 rd Sept.	84	22.8	8.3
<i>Anethum graveolens</i>	1 st July	26 th Aug.	56	29.8	18.2
<i>Berteroa incana</i>	1 st July	-	>140	17.6	8.4
<i>Centaurea cyanus</i>	24 th June	23 rd Sept.	91	10.3	4.1
<i>Fagopyrum esculentum</i>	10 th June	23 rd Sept.	105	15.9	7.6
<i>Lobularia maritima</i>	10 th June	-	>161	34.8	15.8
<i>Phacelia tanacetifolia</i>	17 th June	-	>154	7.6	4.6
<i>Vicia sativa</i>	17 th June	1 st July	14	0.1	0.1

Blütenbesucher

Insgesamt wurden 90 Schwebfliegen gefangen, von denen 36 zu den zoophagen Arten *Sphaerophoria scripta* (53 % der zoophagen Schwebfliegen), *Melanostoma mellinum* (22 %), *Syrphus ribesii*, *Sy. vitripennis* (beide 8 %), *Episyrphus balteatus* (6 %) und *Sp. rueppellii* (3 %) zählten (Abbildung 29). Die meisten zoophagen Schwebfliegen wurden auf den Blüten von *B. incana* (0,25 pro Minute), *F. esculentum* (0,19 pro Minute) und *Am. majus* (0,17 pro Minute) gefunden. Hingegen waren die Wenigsten auf *P. tanacetifolia* (0,06 pro Minute) zu sehen. Allerdings gab es keine signifikanten Unterschiede ($p > 0,05$).

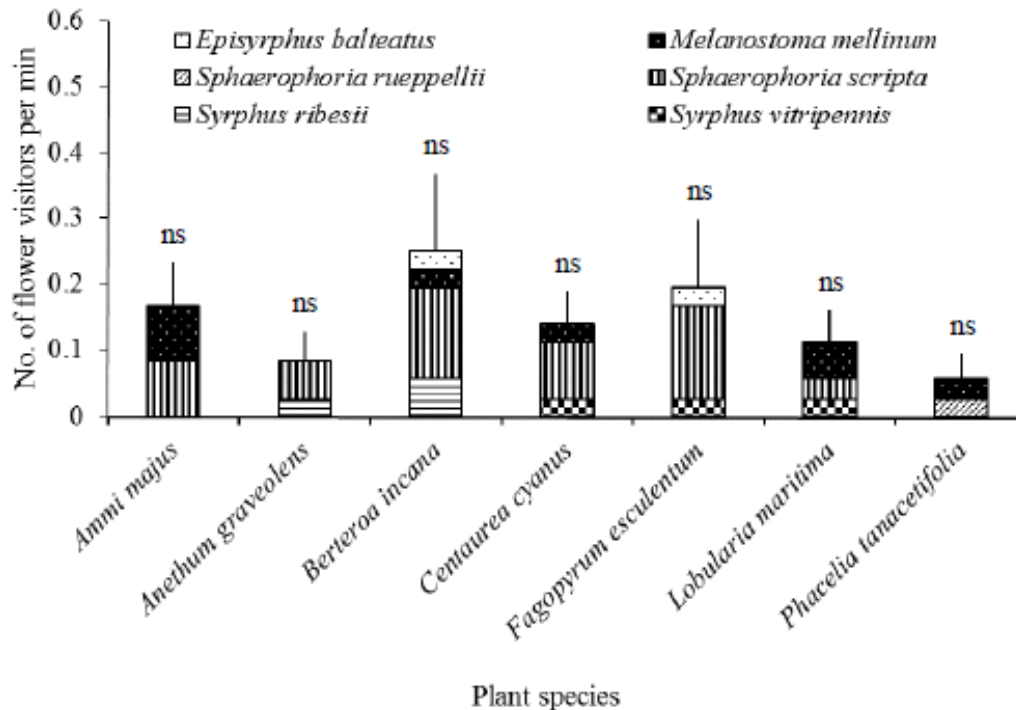


Abbildung 29: Durchschnittliche Anzahl (Anzahl pro Minute \pm SE) und Artenzusammensetzung von zoophagen Schwebfliegen auf den Blüten der untersuchten Pflanzenarten (ns= nicht signifikant, Kruskal-Wallis Test, $\alpha = 0,05$) (Laurenz & Meyhöfer 2016).

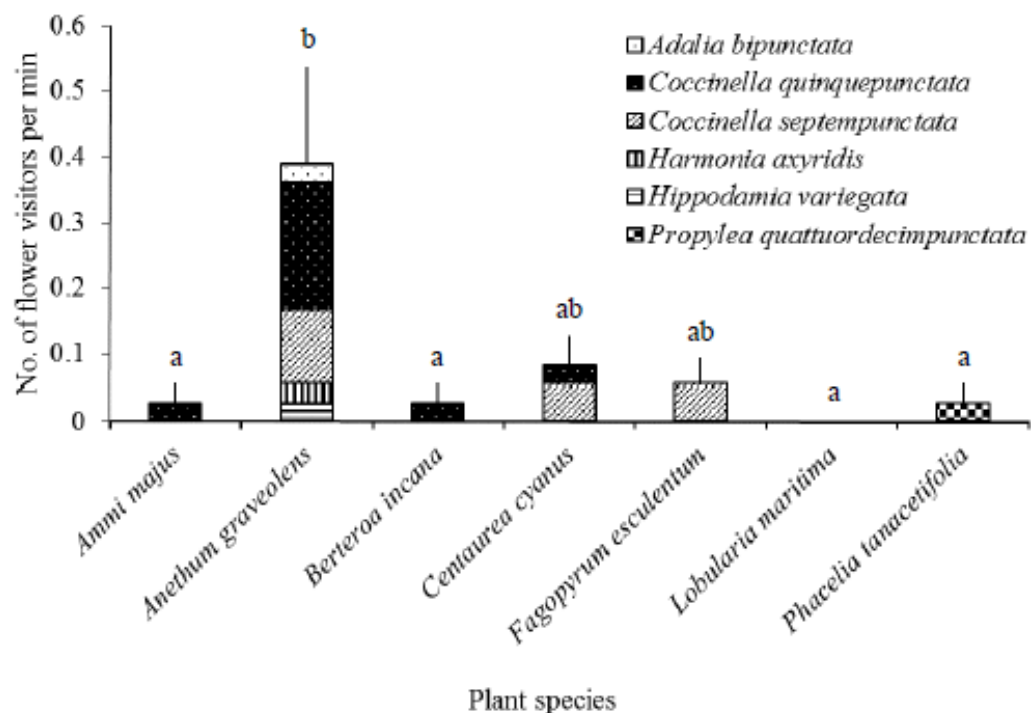


Abbildung 30: Durchschnittliche Anzahl (Anzahl pro Minute \pm SE) und Artenzusammensetzung adulter Marienkäfer auf den Blüten der untersuchten Pflanzenarten (unterschiedliche Buchstaben zeigen signifikante Unterschiede, Mann-Whitney-U Test, $\alpha = 0,05$) (Laurenz & Meyhöfer 2016).

Die insgesamt 22 gefangenen adulten Marienkäfer setzten sich aus den folgenden Arten zusammen: *Coccinella quinquepunctata* (46 % der Marienkäfer), *C. septempunctata* (36 %), *Adalia bipunctata* (5 %), *Harmonia axyridis* (5 %), *Hippodamia variegata* (5 %) und *Propylea quattuordecimpunctata* (5 %) (Abbildung 30). Die Blüten von *An. graveolens* wurden von mindestens 5-mal so vielen adulten Marienkäfern besucht (0,39 pro Minute) als die Blüten der anderen Pflanzenarten ($\leq 0,08$ pro Minute) ($p < 0,05$ bei *Am. majus*, *B. incana*, *L. maritima* und *P. tanacetifolia*). Hinsichtlich der einzelnen Marienkäferarten auf den verschiedenen Blüten gab es keine signifikanten Unterschiede ($p > 0,05$).

Alle 13 adulten Florfliegen aus den Kescherproben gehörten zur Art *Chrysoperla carnea* und besuchten die Blüten von *Am. majus* (0,17 pro Minute), *L. maritima* (0,08 pro Minute), *B. incana* und *F. esculentum* (beide 0,06 pro Minute) ($p > 0,05$).

4.3.2. Kombination einjähriger Banker Plants mit Blühstreifen

Bei keinem der untersuchten Parameter konnte ein Unterschied zwischen den verschiedenen Entfernungen zu den Banker Plants festgestellt werden. Deshalb wurden die Daten zusammengelegt und unabhängig von der Entfernung betrachtet.

Parasitoide

Im Jahresdurchschnitt waren die Parasitierungsraten durch Banker Plants ohne Blühstreifen um 39 % und mit Blühstreifen um 53 % höher als in der Kontrollvariante. Signifikante waren diese Unterschiede jedoch nur im September ($p < 0,05$; Abbildung 31).

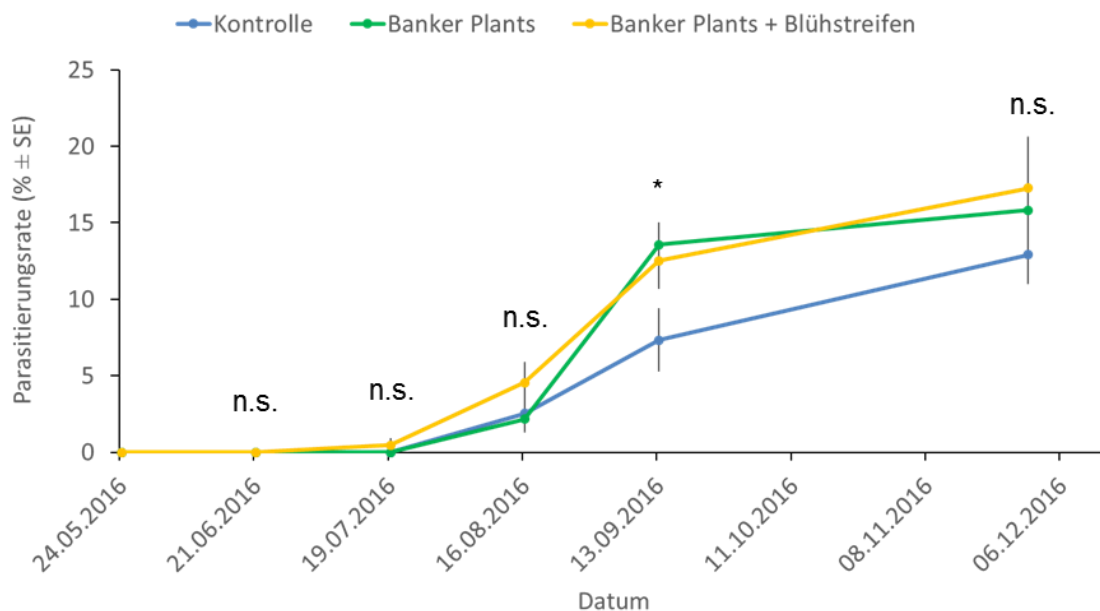


Abbildung 31: Durchschnittliche Parasitierungsrate von *A. proletella*-Nymphen auf Rosenkohlpflanzen (* = signifikanter Unterschied zwischen den Varianten mit $p < 0,05$; n.s.= nicht signifikant; GLM mit Tukey-Test).

Prädatoren

Es konnten keine Unterschiede zwischen den Varianten hinsichtlich der Abundanz von Prädatoren auf dem Rosenkohl festgestellt werden ($p > 0,05$).

Herbivore

Der Anbau von Banker Plants ohne Blühstreifen führte zu einem im Durchschnitt 27 % niedrigeren *A. proletella*-Befall als in der Kontrollvariante ($p < 0,05$; Abbildung 32). Mit Banker Plants und Blühstreifen war kein Unterschied zu erkennen ($p > 0,05$).

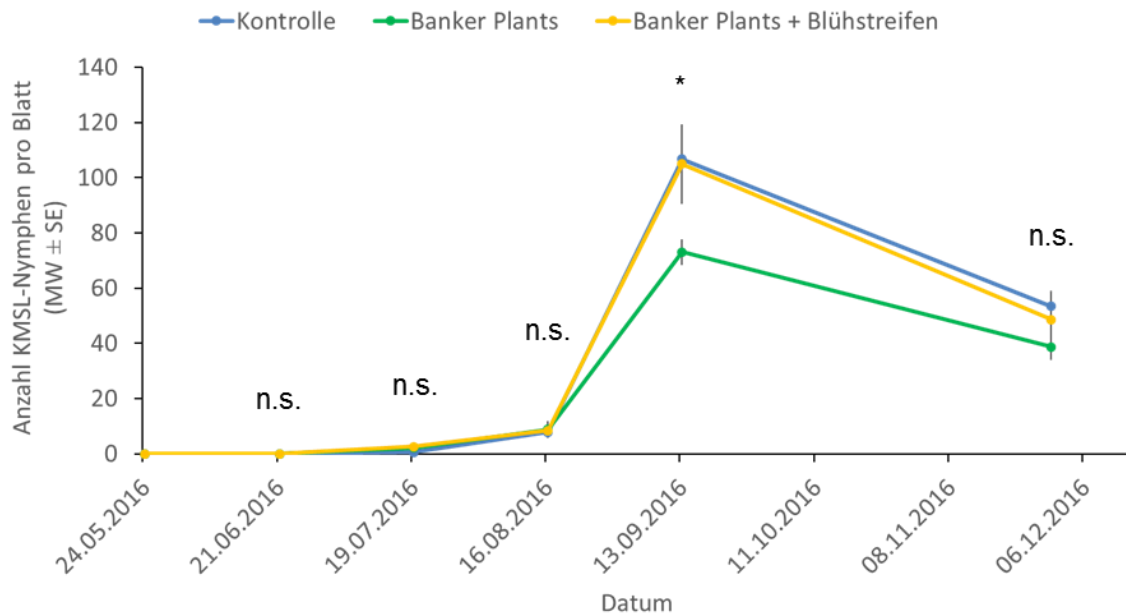


Abbildung 32: Durchschnittliche Anzahl an *A. proletella*-Nymphen pro Blatt auf Rosenkohlpflanzen (* = signifikanter Unterschied zwischen den Varianten mit $p < 0,05$; n.s.= nicht signifikant; GLM mit Tukey-Test).

Verschmutzung & Ertrag

Weder die Verschmutzung der Röschen mit Rußtaupilzen, noch die Erträge in den einzelnen Varianten unterschieden sich signifikant voneinander ($p > 0,05$; Abbildungen 33, 34 & 35).

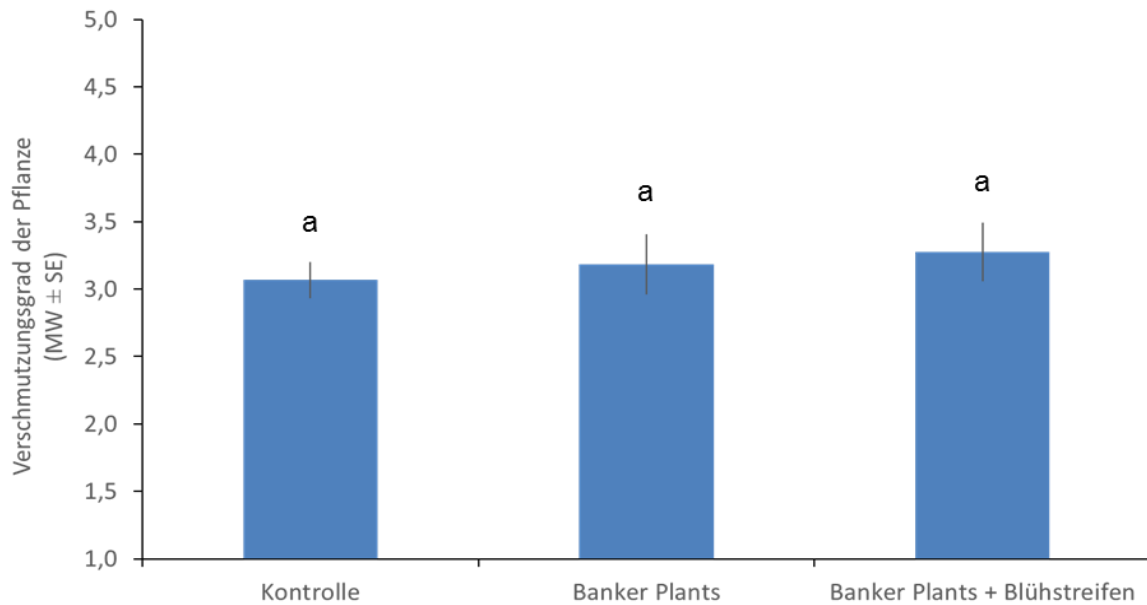


Abbildung 33: Durchschnittlicher Verschmutzungsgrad der Röschen je Pflanze (1= sauber, 5= stark verschmutzt; unterschiedliche Buchstaben zeigen signifikante Unterschiede zwischen den Varianten an mit $p < 0,05$; GLM mit Tukey-Test).

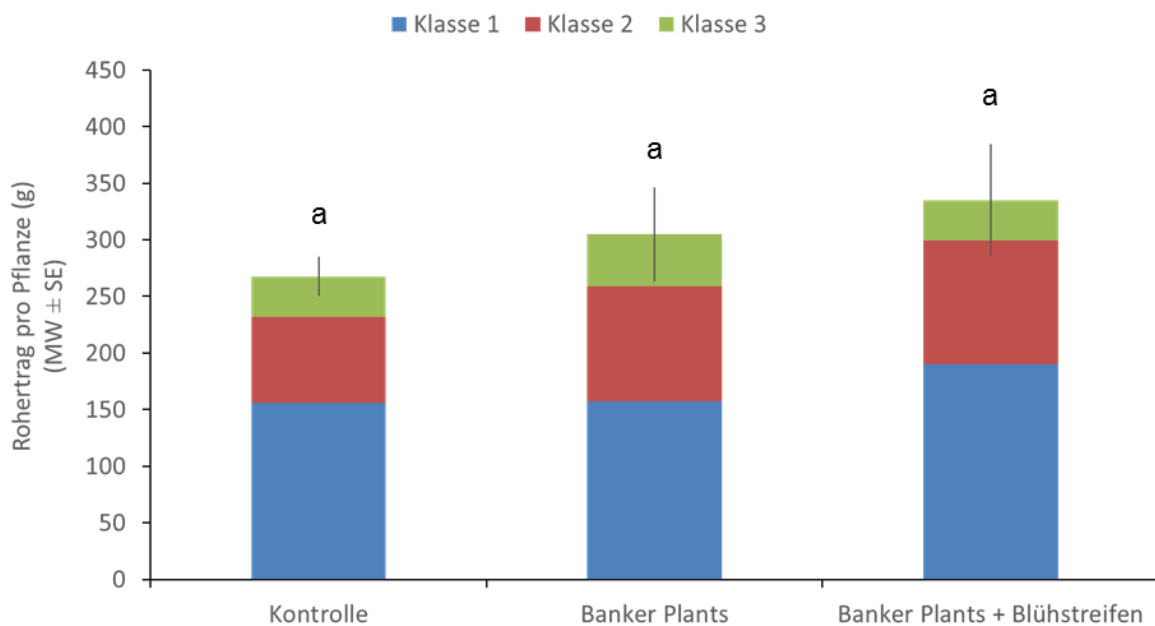


Abbildung 34: Durchschnittlicher Rohertrag pro Pflanze (Klasse 1= sauber, Klasse 2= verschmutzt, Klasse 3= nicht vermarktbar; unterschiedliche Buchstaben zeigen signifikante Unterschiede zwischen den Varianten an mit $p < 0,05$; GLM mit Tukey-Test).

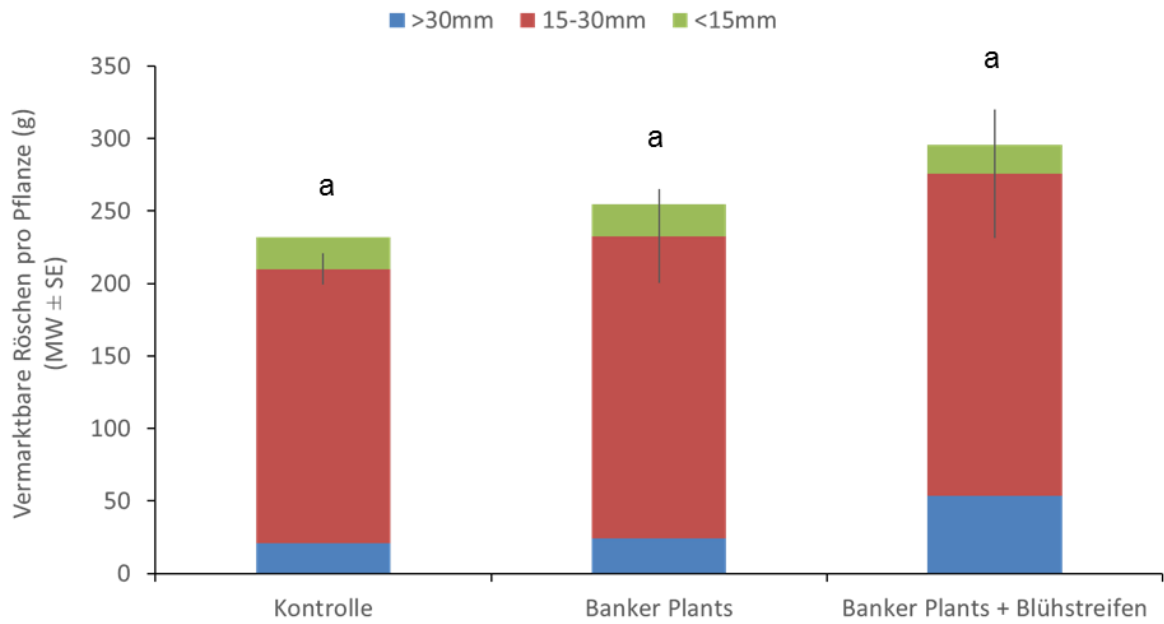


Abbildung 35: Durchschnittlicher Ertrag und Größeneinteilung vermarktbarer Röschen pro Pflanze und (unterschiedliche Buchstaben zeigen signifikante Unterschiede zwischen den Varianten an mit $p < 0,05$; GLM mit Tukey-Test).

4.4. Mehrjährige Banker Plants: Permanente Ansiedlung natürlicher Gegenspieler

4.4.1. Überwinterung von *E. tricolor*

(Laurenz et al. 2017)

Überwinterungsdauer

Die ersten parasitierten *A. proletella*-Nymphen (mit Parasitoid-Puppe) traten zwischen dem 13.-20.04. auf den markierten Blättern auf (Abbildung 36). Diese Nymphen müssen schon im Vorjahr parasitiert worden sein und die juvenilen Parasitoide müssen als Eier oder junge Larvenstadien überwintert haben, da die ersten adulten *E. tricolor* erst zwischen dem 04.-11.05. auf den gelben Klebtafeln gefunden wurden ($0,5 \pm 0,3$ Adulte pro Tafel).

Erste *A. proletella*-Eigelege wurden zwischen dem 06.-13.04. gefunden (Abbildung 36). Bei gegebenen Temperaturen benötigten die Eier ca. drei Wochen bis zum Schlupf der Nymphen (Stein 1958). Deshalb kann man davon ausgehen, dass für die erste Generation von *E. tricolor* bereits Wirte vorhanden waren.

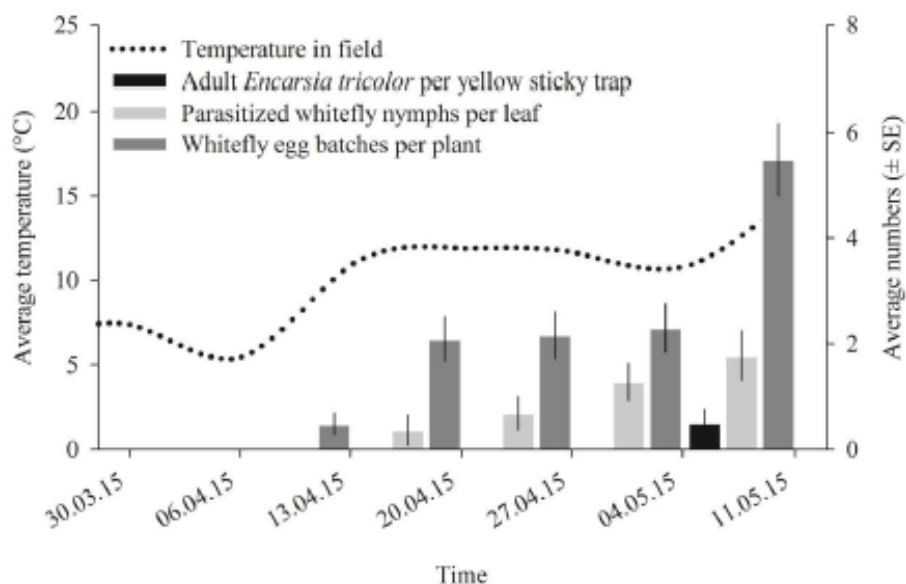


Abbildung 36: Temperaturen im Feld und untersuchte Populationsparameter von *Encarsia tricolor* und *Aleyrodes proletella* während des Versuchszeitraums (da es vor dem 30.03. keine Aktivitäten beobachtet wurden, werden diese Werte hier nicht gezeigt) (Laurenz et al. 2017).

Überwinterungserfolg

Die durchschnittlich 73 ± 8 *A. proletella*-Nymphen pro markiertem Blatt (MW \pm SE) zeigten eine Parasitierungsrate von 2,4 % (Dunkelfärbung durch Parasitoidverpuppung). Aus 41 % dieser nachträglich verpuppten Parasitoide schlüpften adulte *E. tricolor*. Nur 1,1 % der im Winter gesammelten *E. tricolor*-Puppen überlebten bis zum adulten Tier ($n=356$). Zu niedrige Temperaturen für könnten für die hohe Mortalität verantwortlich sein (Butler 1938). Während der gesamten Versuchsdauer wurden keine adulten *E. tricolor* auf den Rosenkohlpflanzen

gefunden. Dies weist darauf hin, dass *E. tricolor* zumindest unter norddeutschen Klimabedingungen nicht als adultes Tier überwintert.

4.4.2. Populationsdynamik von Alternativwirten und natürlichen Gegenspielern auf ausgewählten mehrjährigen Banker Plants

Auf Nelkenwurz wurden über den gesamten Versuchszeitraum gesehen an beiden Standorten die meisten unparasitierte und parasitierte Nymphen von *A. Ionicerae* gefunden und mehr als auf den anderen Pflanzenarten ($p < 0,05$; Abbildungen 37 und 38). Die Mix-Variante besaß mehr unparasitierte Nymphen als Akelei (Ruthe) und Glockenblume (Hannover und Ruthe) ($p < 0,05$). In Ruthe befanden sich ebenfalls mehr parasitierte Nymphen auf der Mix-Variante im Vergleich zur Akelei und Glockenblume ($p < 0,05$). Sowohl im Dezember 2015 als auch in 2016 überwinterten an beiden Standorten die meisten adulten *A. Ionicerae* auf Nelkenwurz (Abbildung 39). Auf Nelkenwurz waren die meisten Spinnen. In Hannover wurden mehr Spinnen auf Nelkenwurz und in der Mix-Variante gefunden als auf Akelei, Glockenblume und Erdbeere ($p < 0,05$). In Ruthe war die Anzahl der Spinnen auf Nelkenwurz höher als auf Akelei und Erdbeere ($n < 0,05$). In Hannover war die Anzahl an Schwebfliegenlarven höher als in allen anderen Varianten ($p < 0,05$). Der Besatz mit Blattläusen war an beiden Standorten auf Akelei höher als in allen anderen Varianten ($p < 0,05$).

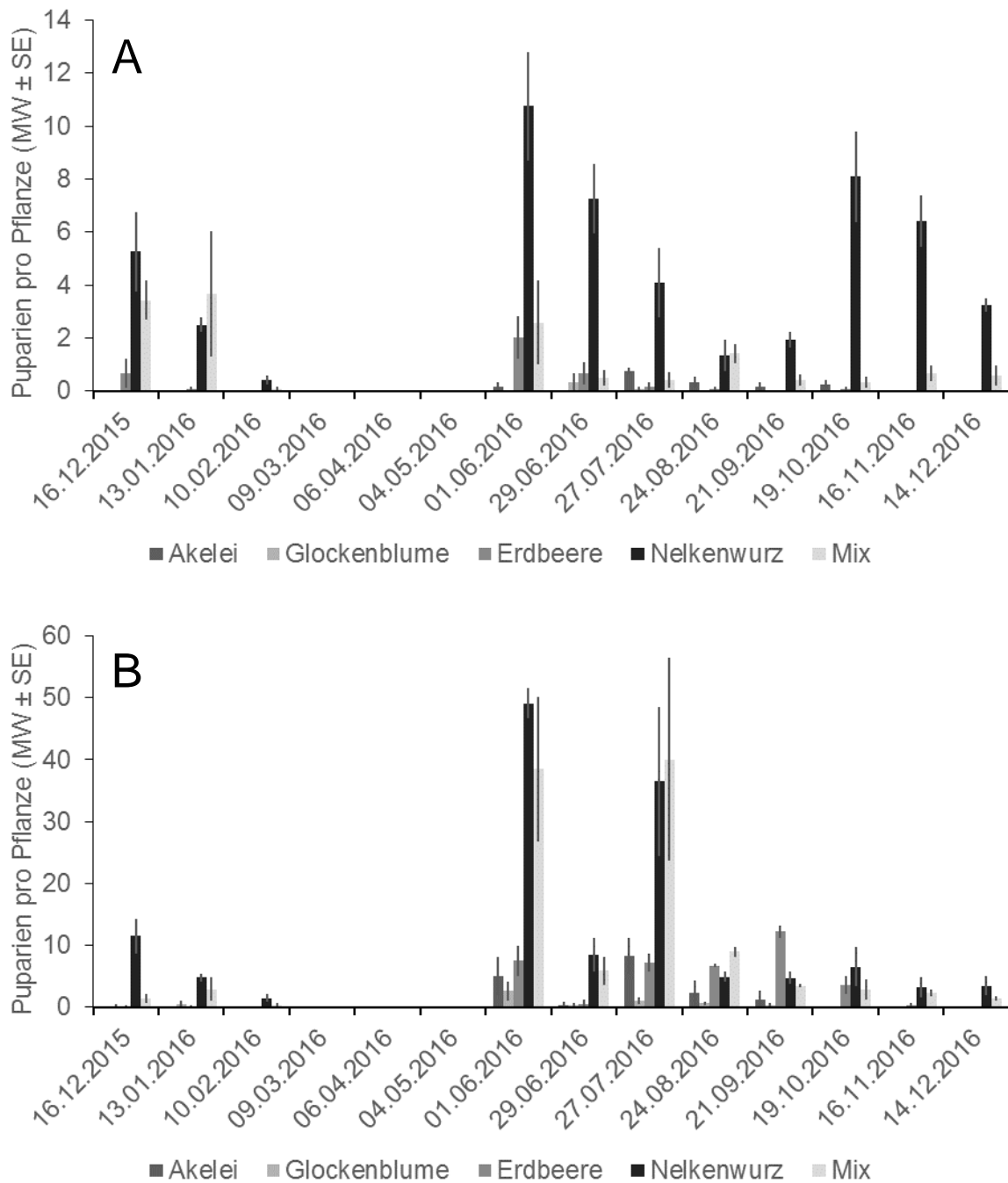


Abbildung 37: Durchschnittliche Anzahl an *Aleyrodes Ionicerae*-Puparien pro Pflanze an den Standorten Hannover (A) und Ruthe (B) im Jahresverlauf.

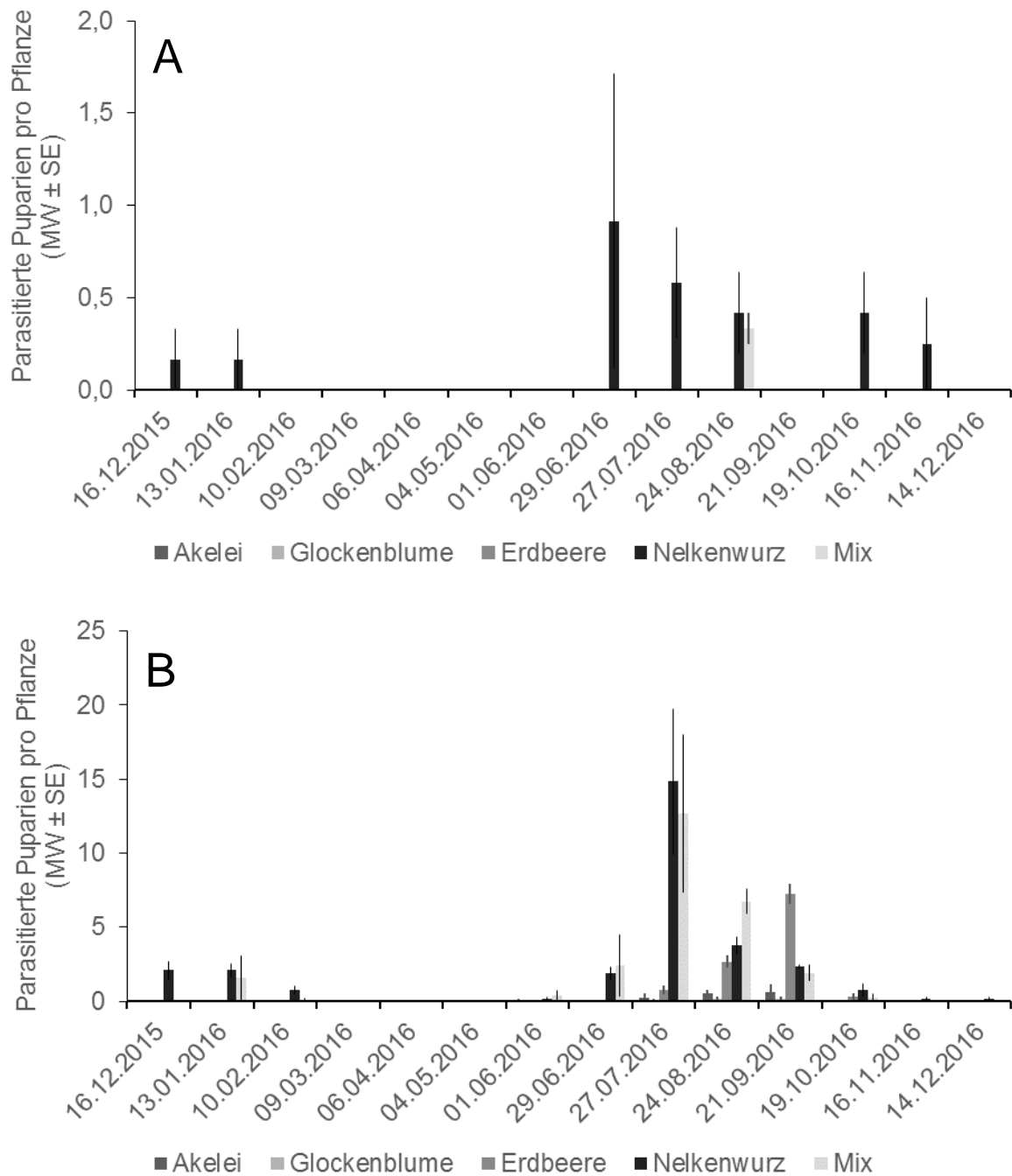


Abbildung 38: Durchschnittliche Anzahl parasitierter *Aleyrodes Ionicerae*-Puparien pro Pflanze an den Standorten Hannover (A) und Ruthe (B) im Jahresverlauf.

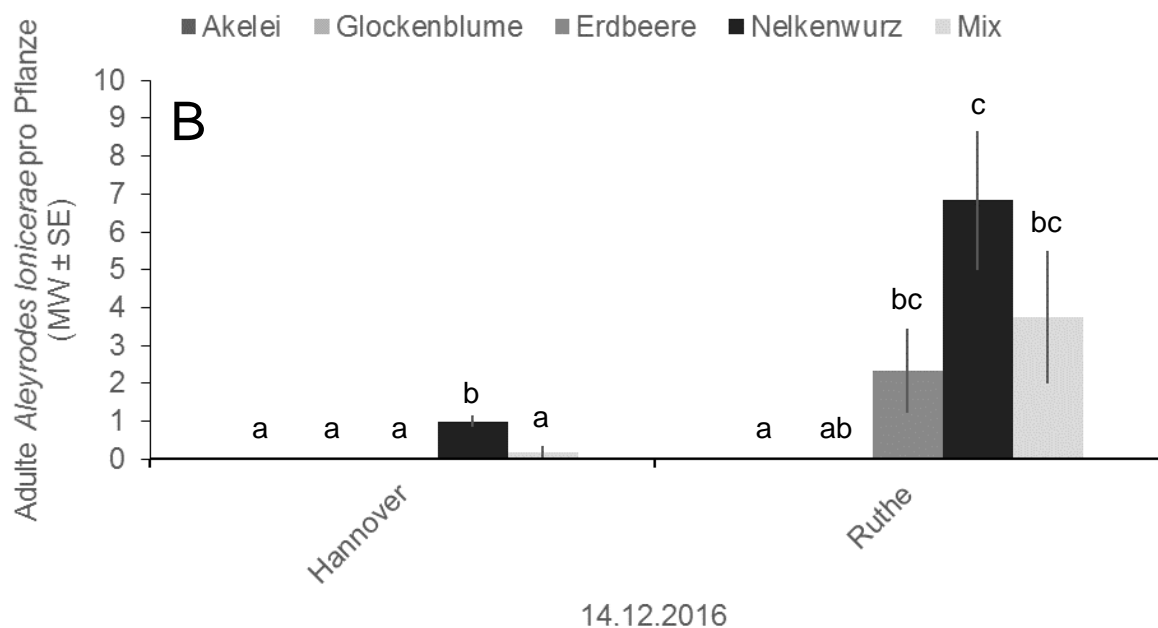
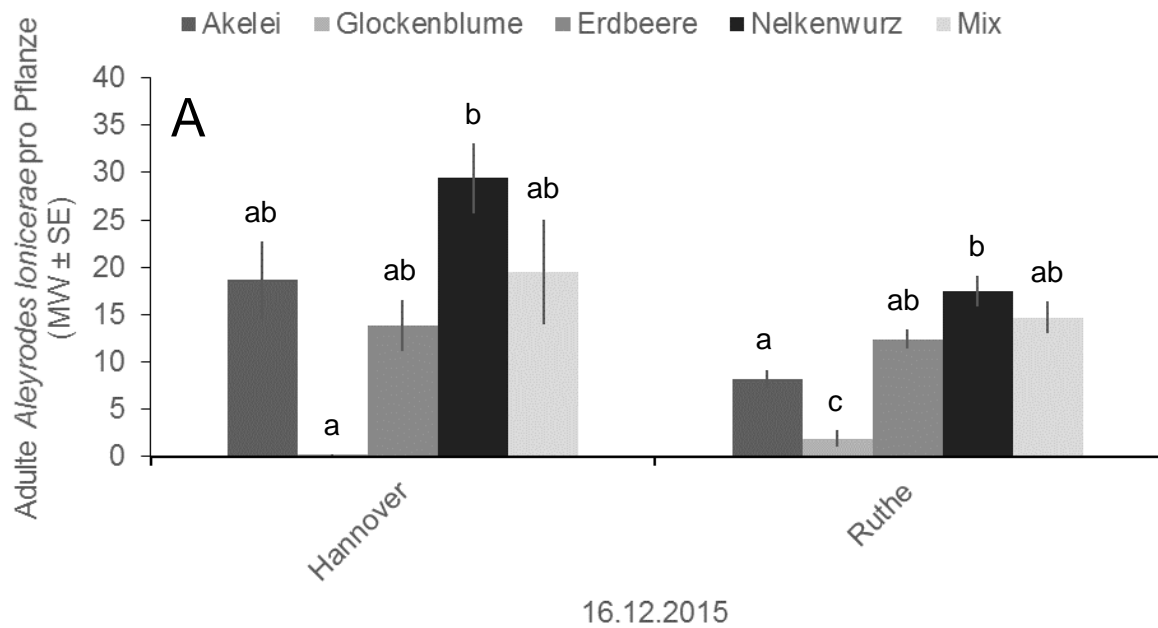


Abbildung 39: Durchschnittliche Anzahl adulter *Aleyrodes Ionicerae* pro Pflanze an den Standorten Hannover und Ruthe im Dezember 2015 (A) und 2016 (B) (unterschiedliche Buchstaben zeigen signifikante Unterschiede zwischen den Varianten an einem Standort; $p < 0,05$; Kruskal-Wallis Test mit Post-Hoc nach Dunn-Bonferroni).

5. Diskussion der Ergebnisse

Durch die Gegenspieleransammlungen von 2013-2015 wurden keine unbekanntes Parasitoidarten von *A. proletella* entdeckt oder unerwartete Funde gemacht. Das Spektrum der gesammelten Parasitoide in Deutschland ähnelt denen in England und der Ukraine (Gumovsky 2005; Springate 2017). Neben dem seltenen Bogenmarienkäfer *C. arcuatus*, von dem auch bei unseren Sammlungen nur wenige Individuen gefunden wurden, sind kaum andere Prädatoren von *A. proletella* bekannt (Bathon & Pietrzik 1986; Pütz et al. 2000; Springate 2017). Die Ergebnisse unserer bundesweiten Sammlung schlagen diverse Schwebfliegenlarven (v. a. *Sphaerophoria scripta* und *Episyrphus balteatus*), Spinnen (unbestimmt) und Marienkäfer (v. a. *Harmonia axyridis*) als mit *A. proletella* assoziierte Prädatoren vor. Jedoch geben die Ergebnisse lediglich Hinweise auf ihr Vorkommen in Deutschland, nicht aber auf ihre Relevanz und Effizienz als *A. proletella*-Gegenspieler. Diese muss in Entwicklungs- und Reproduktionsversuchen mit den gefundenen Arten auf *A. proletella* validiert werden.

Das Banker Plant-System mit *E. tricolor* und *T. vaporariorum* auf Hokkaido hat sich vor allem im Feld als vielversprechende Strategie zur Förderung der wichtigsten natürlichen Gegenspieler herausgestellt. Allerdings war eine durchschnittliche Erhöhung der Parasitierung um über 50 % und eine Regulation der *A. proletella*-Population um durchschnittlich 27-28 % nicht ausreichend, um die durch ihr verursachten Verschmutzungen und Ertragsverluste merklich zu senken. Bei der Weißen Fliege *Bemisia tabaci* auf Melone wurde durch Banker Plants mit *Eretmocerus* spp. als Parasitoiden sogar eine 3- bis 9-fach erhöhte Parasitierung erreicht (Pickett et al. 2004). Im Gegensatz zu unseren Beobachtungen wurde die Weiße Fliege-Population hierdurch jedoch nicht signifikant reduziert.

Zudem ist eine gewisse Migration von Gegenspielern und Weißen Fliegen zwischen den Parzellen in den Feldversuchen anzunehmen, da der Parzellenabstand von 14-17 m klein genug war für Schwebfliegen und Marienkäfer, aber bei den richtigen Windverhältnissen sicherlich auch für die Parasitoide. Dadurch wurde der Unterschied zwischen den Banker Plant-Varianten und der Kontrollvariante tendenziell unterschätzt, d. h. der Einfluss der Banker Plant-Systeme ist eher noch höher einzuordnen als hier in den Ergebnissen dargestellt. Für eine endgültige Bewertung der Banker Plant-Systeme sind deshalb weiterführende Versuche in Praxisbetrieben mit ausreichend Abstand zwischen den Parzellen der einzelnen Varianten unabdingbar.

Die Kombination des Banker Plant-Systems mit einem Blühstreifen hat überraschenderweise zu keiner zusätzlichen Förderung der natürlichen Gegenspieler geführt. Zum einen könnte wieder der geringe Abstand zwischen den Parzellen zu starker Migration der blütenbesuchenden Gegenspieler (v. a. Schwebfliegen, Marienkäfer) von den Blühstreifen zu den Banker

Plant- und Kontrollvarianten geführt haben. Zum anderen war 2016 ein hoher Anteil an Blühstreifen durch andere Versuchsansteller in der direkten Umgebung zu meiner Versuchsfläche vorhanden. Angesichts der hohen Mobilität der blütenbesuchenden Gegenspieler, kann man von einer starken Beeinflussung der Ergebnisse durch die zahlreich blühenden Pflanzen in der Umgebung ausgehen.

Auch die Parasitoide wurden in dem Feldversuch 2016 weniger gefördert als noch in 2015. Vermutlich lag dies daran, dass, im Vergleich zum Vorjahr, weniger Parasitoide zu Beginn der Anbauperiode auf den Banker Plants ins Feld eingebracht wurden. Eigentlich sollte der Initialbesatz mit Parasitoiden durch eine höhere Anzahl an adulten *E. tricolor*-Weibchen während der Banker Plant-Produktion gesteigert werden. Dies ist nicht eingetreten. Zeitweise extrem hohe Gewächshaus Temperaturen während der Banker Plant-Produktion könnte zu einer erhöhten Mortalität und einer verminderten Reproduktion der eingesetzten *E. tricolor*-Weibchen geführt haben.

Nelkenwurz hat sich als hervorragender Kandidat für die Überwinterung und permanente Ansiedlung von Alternativwirten/-beute (*Aleyrodes lonicerae*) und natürlichen Gegenspielern (*E. tricolor* und Spinnen) von *A. proletella* herausgestellt. Dies war tendenziell an beiden untersuchten Standorten zu beobachten, obwohl am Standort Ruthe generell mehr Tiere (sowohl Alternativwirte als auch natürliche Gegenspieler) auf den Pflanzen zu finden waren als in Hannover. Das lag sicherlich an dem unterschiedlichen Zustand der Pflanzen an den beiden Standorten. In Ruthe waren die Pflanzen insgesamt vitaler (v. a. größer, grüner) als in Hannover. Verantwortlich hierfür war ein Nährstoffmangel (N, K, Mg) in Hannover, der durch die Analysen von Bodenproben an beiden Standorten belegt werden konnte.

Das erhöhte Vorkommen an Schwebfliegenlarven auf der Akelei ist sicherlich durch den relativ hohen Blattlausbefall zu erklären, da der Besatz mit *A. lonicerae* auf Akelei relativ niedrig war. Das Beutespektrum verschiedener aphidophager Schwebfliegenarten unterscheidet sich durchaus, es ernährt sich also nicht jede aphidophage Schwebfliegenlarve von Blattläusen und Weißen Fliegen. Da die Art(en) der auf der Akelei beobachteten Schwebfliegenlarven nicht bestimmt wurden, ist auch nicht bekannt, ob es sich um natürliche Gegenspieler von *A. proletella* handelt.

6. Angaben zum voraussichtlichen Nutzen und zur Verwertbarkeit der Ergebnisse

Die hier erzielten Ergebnisse v. a. hinsichtlich des einjährigen Banker Plant-Systems, aber auch der permanenten Ansiedlung von Alternativwirten/ -beute und natürlichen Gegenspielern durch Nelkenwurz sind vielversprechend, jedoch noch nicht praxisreif. Weiterführende Untersuchungen bezüglich Optimierung und Standardisierung der Systeme (Größe im Verhältnis zum Kohl, etc.), Kombination mit anderen Pflanzenschutzstrategien, Kosten-Nutzen-Rechnungen und Validierung in Praxisbetrieben sind notwendig, bevor die einjährigen und mehrjährigen Banker Plants praxisreif und vermarktbar sind.

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

Ziel war es, einen praxistauglichen und maßgeschneiderten Blühstreifen bestehend aus Banker Plants, Blütenpflanzen und unkrautunterdrückenden Bodendeckern zu entwickeln, um speziell die natürlichen Gegenspieler von *A. proletella* (funktionelle Biodiversität) zu fördern. Erreicht wurde die Entwicklung eines einjährigen Banker Plant-Systems bestehend aus Hokkaido-Kürbis, *T. vaporariorum* (Alternativwirt) und *E. tricolor* (Gegenspieler), welches nachweislich die funktionelle Biodiversität von *A. proletella* fördert und den Befall durch *A. proletella* reduziert. Zusätzlich wurde mit Nelkenwurz und *A. lonicerae* ein vielversprechendes mehrjähriges System gefunden, um die natürlichen Gegenspieler von *A. proletella* zu fördern, ihnen ein Überwinterungs- und Rückzugsrefugium zu bieten und sie so dauerhaft in der Agrarlandschaft (Ackerrandstreifen o. ä.) anzusiedeln.

Allerdings sind beide Systeme noch nicht praxistauglich. Bis zur Marktreife fehlen mindestens noch Untersuchungen zur Größe der Banker Plant-Fläche in Relation zur Kohlanbaufläche, Kosten-Nutzen-Rechnungen und Validierungsversuche in Praxisbetrieben. Zusätzlich besteht für die Banker Plant-Systeme noch erhebliches Optimierungspotenzial. Zum Beispiel sollte der Initialbesatz mit natürlichen Gegenspielern auf den Banker Plants maximiert werden. Des Weiteren könnte eine Banker Plant (anstatt Hokkaido) mit glatter Blattunterseite zu einer höheren Mobilität der Parasitoide (und Prädatoren) und somit zu einer höheren Parasitierung (und Prädation) von *A. proletella* führen (Hernández-Suárez et al. 2003; Cetintas & McAuslane 2009). Auch *E. tricolor* muss nicht das Maß aller Dinge sein, obwohl sie weitverbreitet ist und in ganz Deutschland die eindeutig dominierende Parasitoidenart von *A. proletella* ist. Die seltener anzutreffende *E. inaron* (oder sogar die aus dem Gewächshaus bekannte *E. formosa*) könnte eine interessante Alternative darstellen, die ein höheres Reproduktions-/Parasitierungspotential besitzen könnte als *E. tricolor* und so womöglich effektiver bei der Regulation der *A. proletella*-Population ist (Abd-Rabou & Simmons 2010). Auch eine Kombination verschiedener Gegenspieler wie *E. tricolor* mit dem Bogenmarienkäfer, *Clitostethus arcuatus*, oder Schwebfliegenlarven könnte additive oder sogar synergistische Effekte haben (Schultz et al. 2009). Um den Effekt des Banker Plant-Systems zu steigern ist könnte die kombinierte Anwendung mit Blühstreifen weiterentwickelt oder eine mögliche Kombination mit anderen Pflanzenschutzstrategien (z. B. Kulturschutznetze, Insektizide) untersucht werden (Saucke et al. 2011).

Schließlich muss die Produktion des endgültigen Banker Plant-Systems standardisiert werden, um vergleichbare Ergebnisse gewährleisten zu können.

8. Zusammenfassung

Die Kohlmottenschildlaus, *Aleyrodes proletella*, hat während des vergangenen Jahrzehnts stetig an Bedeutung als Schädling im ökologischen aber auch integrierten und konventionellen Anbau von Kohlkulturen gewonnen. Dabei sind vor allem Kohlsorten wie Rosenkohl, Grünkohl oder Wirsing betroffen. Neben Ertragsverlusten prägen besonders Verschmutzungen des Ernteguts durch schwarze Rußtaupilze, Wachsablagerungen und sedentäre Weiße Fliege-Nymphen an den Blattunterseiten (kosmetischer Schaden) das Schadbild. In diesem Projekt sollte eine biologische Bekämpfungsstrategie basierend auf Banker Plants und Blütenpflanzen zur Förderung der natürlichen Gegenspieler entwickelt werden. Ziel war es, die funktionelle Biodiversität zu steigern, so die *A. proletella*-Population zu regulieren und den durch ihr verursachten Schaden als auch den Insektizideinsatz zu senken.

Um einen detaillierten Überblick über das Gegenspielerspektrum von *A. proletella* zu bekommen, wurde eine bundesweite Sammlung natürlicher Gegenspieler in fünf Regionen Deutschlands von 2013-2015 durchgeführt. Daraufhin wurden verschiedene Banker Plant-Systeme mit dem bedeutendsten Parasitoiden von *A. proletella*, *Encarsia tricolor*, als Gegenspielerkomponente und den Weißen Fliegen *A. Ionicerae* und *Trialeurodes vaporariorum* als Alternativwirte entwickelt. Die beiden vielversprechendsten einjährigen Systeme, *E. tricolor*/ *A. Ionicerae* auf Akelei und *E. tricolor*/ *T. vaporariorum* auf Hokkaido-Kürbis, wurden 2015 in Feldversuchen gegeneinander getestet. Im letzten Versuchsjahr wurde in einer weiteren Felduntersuchung eine kombinierte Anwendung eines einjährigen Banker Plant-Systems mit einem speziell für die Gegenspieler von *A. proletella* zusammengestellten Blühstreifen durchgeführt. Zusätzlich wurde die Überwinterung und die Populationsdynamik von *A. Ionicerae* sowie den natürlichen Gegenspielern und somit deren permanente Ansiedlung auf ausgewählten mehrjährigen Banker Plants von im Feld getestet.

Bei der bundesweiten Gegenspielersammlung dominierte *E. tricolor* die Gruppe der Parasitoiden zu 89-100 % je nach Standort und Erhebungstermin. Das Prädatorenspektrum setzte sich aus durchschnittlich 49 % Schwebfliegenlarven (v. a. *Sphaerophoria scripta* und *Episyrphus balteatus*), 34 % Spinnen, 14 % Marienkäfern (v. a. *Harmonia axyridis*), 2 % Raubwanzen und 1 % Florfliegenlarven zusammen. Das vielversprechendste einjährige Banker Plant-System bestand aus *E. tricolor* (Gegenspieler) und *T. vaporariorum* (Alternativwirt/-beute) auf Hokkaido-Kürbis. Im Feldversuch konnte dieses System den *A. proletella*-Befall auf Rosenkohl auf kurzer Distanz um durchschnittlich 28 % reduzieren. Während der gesamten Anbauperiode produzierte das Hokkaido-System über dreimal so viele Parasitoiden wie das System mit *E. tricolor*/ *A. Ionicerae* auf Akelei. Zudem konnte die Parasitierung von *A. proletella* durch das Hokkaido-System um durchschnittlich 52 % gesteigert werden. Das Vorkommen von Schweb-

fliegenlarven, bzw. Marienkäfern auf den Kohlpflanzen war in kurzer Entfernung zum Hokkaido-System doppelt, bzw. 11-mal so hoch im Vergleich zur Kontrolle ohne Banker Plants. Durch eine Kombination von Banker Plants mit Blühstreifen konnten hingegen keine additiven oder gar synergistischen Effekte erzielt werden. Erfolgreiche Überwinterungen, ein gesteigertes Vorkommen und eine dauerhafte Ansiedlung von Alternativwirten (*A. Ionicerae*), Parasitoiden (*E. tricolor*) und Spinnen wurde auf vorinfizierten Nelkenwurzpflanzen als mehrjährige Banker Plants erreicht.

Sowohl das einjährige Banker Plant-System mit *E. tricolor*/ *T. vaporariorum* auf Hokkaido-Kürbis als auch die permanente Ansiedlung von Alternativwirten und natürlichen Gegenspielern auf Nelkenwurz zeigten vielversprechende Ansätze zur Förderung der funktionellen Biodiversität und zur biologischen Bekämpfung von *A. proletella*. Bis zur Marktreife sind allerdings noch weitere Untersuchungen zur Optimierung und Standardisierung der Banker Plant-Systeme, sowie Kosten-Nutzen-Rechnungen und eine Validierung der Ergebnisse in Praxisbetrieben notwendig.

9. Literaturverzeichnis

- Abd-Rabou, S. & Simmons, A.M., 2010. Augmentation and evaluation of a parasitoid, *Encarsia inaron*, and a predator, *Clitostethus arcuatus*, for biological control of the pomegranate whitefly, *Siphoninus phillyreae*. *Archives of Phytopathology and Plant Protection*, 43(13), pp.1318–1334.
- Adedipe, F. & Park, Y.L., 2010. Visual and olfactory preference of *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae) adults to various companion plants. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 13(4), pp.319–323.
- Alford, D.V., 2007. *Pests of fruit crops: a color handbook*, Elsevier.
- Ambrosino, M.D. et al., 2006. Relative frequencies of visits to selected insectary plants by predatory hoverflies (Diptera : Syrphidae), other beneficial insects, and herbivores. *Environmental Entomology*, 35(2), pp.394–400.
- Amorós-Jiménez, R. et al., 2014. Feeding preferences of the aphidophagous hoverfly *Sphaerophoria rueppellii* affect the performance of its offspring. *BioControl*, 59(4), pp.427–435.
- 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(3), pp.289–298.
- Bährmann, R., 2002. *Die Mottenschildläuse*, VerlagsKG Wolf.
- Barbir, J. et al., 2015. The attractiveness of flowering herbaceous plants to bees (Hymenoptera: Apoidea) and hoverflies (Diptera: Syrphidae) in agro-ecosystems of Central Spain. *Agricultural and Forest Entomology*, 17(1), pp.20–28.
- Barbosa, P.A., 1998. *Conservation Biological Control*, Academic Press.
- Bathon, H. & Pietrzik, J., 1986. Zur Nahrungsaufnahme des Bogen-Marienkäfers, *Clitostethus arcuatus* (Rossi) (Col., Coccinellidae), einem Vertilger der Kohlmottenschildlaus, *Aleurodes proletella* Linné (Hom., Aleurodidae). *Journal of Applied Entomology*, 102, pp.321–326.
- Besselmann, K. & Weber, V., 2003. Pflanzenschutz. In E. George & R. Eghbal, eds. *Ökologischer Gemüsebau – Handbuch für Berater und Praxis*. Mainz: Bioland Verlags GmbH.
- Brandes, D. & Schrei, J., 1997. Populationsbiologie und Ökologie von *Berteroa incana* (L.) DC. *Braunschw. naturkd. Schr.*, 5(2), pp.441–465.
- Butler, C.G., 1938. A further contribution to the ecology of *Aleurodes brassicae* Walk. (Hemiptera). *Proceedings of the Royal Society of London*, 13, p.161.
- Cetintas, R. & McAuslane, H., 2009. Effectiveness of parasitoids of *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) on cotton cultivars differing in leaf morphology. *The Florida*

- Entomologist*, 92(4), pp.538–547.
- Ellenberg, H., 1979. *Zeigerwerte der Gefäßpflanzen Mitteleuropas* 2nd ed., Göttingen, Germany: Erich Goltze KG.
- Frank, S.D., 2010. Biological control of arthropod pests using banker plant systems: Past progress and future directions. *Biological Control*, 52(1), pp.8–16.
- Frank, T., 2000. Auswirkungen auf Prädatoren und Parasitoide. In W. Nentwig, ed. *Streifenförmige ökologische Ausgleichsflächen in der Kulturlandschaft – Ackerkrautstreifen, Buntbrachen, Feld-ränder*. Hannover: Verlag Agrarökologie Bern.
- Goolsby, J.A. & Ciomperlik, M.A., 1999. Development of parasitoid inoculated seedling transplants for augmentative biological control of silverleaf whitefly (Homoptera: Aleyrodidae). *Florida Entomologist*, 82(4), pp.532–545.
- Gumovsky, A., 2005. Parasitoids (Hymenoptera: Eulophidae, Aphelinidae) of the cabbage whitefly, *Aleyrodes proletella* (Hemiptera: Aleyrodidae), associated with the greater celindine (*Chelidonium majus*). In *Second International Symposium on Biological Control of Arthropods*. Davos, Switzerland, p. 108.
- Gurr, G.M., Wratten, S.D. & Altieri, M.A., 2004. Ecological Engineering for Pest Management. *Plant Protection Quarterly*, p.244.
- Haaland, C. & Bersier, L.-F., 2011. What can sown wildflower strips contribute to butterfly conservation?: an example from a Swiss lowland agricultural landscape. *Journal of Insect Conservation*, 15(1–2), pp.301–309.
- Haccius, M. & Neuerburg, W., 2005. *Ökologischer Landbau – Grundlagen und Praxis*, Bonn: aid Infodienst Verbraucherschutz, Ernährung, Landwirtschaft e.V.
- Heimpel, G.E. & Jervis, M. a, 2005. Does floral nectar improve biological control by parasitoids ? In F.L. Wäckers, P.C.J. van Rijn, & J. Bruin, eds. *Plant-Provided Food and Herbivore-Carnivore Interactions*. Cambridge University Press, pp. 267–304.
- Hernández-Suárez, E. et al., 2003. Parasitoids of whiteflies (Hymenoptera: Aphelinidae, Eulophidae, Platygasteridae; Hemiptera: Aleyrodidae) from the Macaronesian archipelagos of the Canary Islands, Madeira and the Azores. *Systematics and Biodiversity*, 1(1), pp.55-108.
- Hickman, J.M. & Wratten, S.D., 1996. Use of *Phacelia tanacetifolia* strips to enhance biological control of aphids by hoverfly larvae in cereal fields. *Journal of Economic Entomology*, 89(4), pp.832–840.
- Hoelmer, K. & Simmons, A., 2008. Yellow sticky trap catches of parasitoids of *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) in vegetable crops and their relationship to in-field populations. *Environmental entomology*, 37(2), pp.391–399.
- Hogg, B.N., Nelson, E.H., et al., 2011. Floral resources enhance aphid suppression by a hoverfly. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 141(2), pp.138–144.

- Hogg, B.N., Bugg, R.L. & Daane, K.M., 2011. Attractiveness of common insectary and harvestable floral resources to beneficial insects. *Biological Control*, 56(1), pp.76–84.
- Hossain, Z. et al., 2002. Habitat manipulation in lucerne *Medicago sativa*: arthropod population dynamics in harvested and “refuge” crop strips. *Journal of Applied Ecology*, 39(3), pp.445–454.
- Huldén, L., 1986. The whiteflies (Homoptera, Aleyrodidae) and their parasitoids in Finland. *Notulae Entomologicae*, 66, pp.1–40.
- Jacquemart, A.L., Gillet, C. & Cawoy, V., 2007. Floral visitors and the importance of honey bee on buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) in central Belgium. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 82(1), pp.104–108.
- Jäger, E.J., 2011. *Exkursionsflora von Deutschland 20.*, Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.
- Kopta, T., Pokluda, R. & Psota, V., 2012. Attractiveness of flowering plants for natural enemies. *Horticultural Science*, 39(2), pp.89–96.
- Kranz, J., 2002. *Labor- und Freilanduntersuchungen zur Attraktivität unterschiedlicher Wild- und Nutzpflanzen auf die Adulten verschiedener polyphager Prädatoren.* Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, Germany.
- Landis, D.A., Wratten, S.D. & Gurr, G.M., 2000. Habitat Management to Conserve Natural Enemies of Arthropod Pests in Agriculture. *Annual Review of Entomology*, 45(1), pp.175–201.
- Laubertie, E.A., Wratten, S.D. & Hemptinne, J.L., 2012. The contribution of potential beneficial insectary plant species to adult hoverfly (Diptera: Syrphidae) fitness. *Biological Control*, 61(1), pp.1–6.
- Laurenz, S., Brun, A. & Meyhöfer, R., 2017. Overwintering of *Encarsia tricolor* on the cabbage whitefly. *IOBC-WPRS Bulletin*, 122, pp.156–159.
- Laurenz, S. & Meyhöfer, R., 2017. Banker plants promote functional biodiversity in cabbage. *IOBC-WPRS Bulletin*, 122, pp.16–20.
- Laurenz, S. & Meyhöfer, R., 2016. Phenology and flower visitors of selected plant species with special respect to predators of the cabbage whitefly. *IOBC-WPRS Bulletin*, 118, pp.22–29.
- Lee, M.-L. et al., 2005. Eight species of whiteflies (Homoptera: Aleyrodidae) newly recorded from Korea. *Insecta Mundi*, 19(3), pp.159–166.
- Lixa, A.T. et al., 2010. Diversidade de Coccinellidae (Coleoptera) em plantas aromáticas (Apiaceae) como sítios de sobrevivência e reprodução em sistema agroecológico. *Neotropical Entomology*, 39(3), pp.354–359.
- Manzari, S. et al., 2002. Morphometric and molecular analysis of the *Encarsia inaron* species-group (Hymenoptera: Aphelinidae), parasitoids of whiteflies (Homoptera:

- Aleyrodidae). *Bulletin of entomological research*, 92(2), pp.165–76.
- Mound, L.A. & Halsey, S.H., 1978. *Whitefly of the world*. Laurence Alfred Mound, ed., London: British Museum (Natural History).
- Namaghi, H.S., 2008. Abundance of adult hover flies (Diptera: Syrphidae) on different flowering plants. *Caspian Journal of Environmental Sciences*, 6(1), pp.47–51.
- Pickett, C. et al., 2004. Augmentative biological control of whiteflies using transplants. *BioControl*, 49(6), pp.665–688.
- Pontin, D.R. et al., 2006. Attractiveness of single and multiple species flower patches to beneficial insects in agroecosystems. *Annals of Applied Biology*, 148(1), pp.39–47.
- Pütz, A. et al., 2000. Der Bogen-Zwergmarienkäfer *Clitostethus arcuatus* (Rossi, 1794) - eine mediterrane Art auf Expansionskurs (Col., Coccinellidae). *Entomologische Nachrichten und Berichte*, 44, pp.193–197.
- Reiners, E., 2003. Grundlagen des ökologischen Gemüsebaus. In E. George & R. Eghbal, eds. *Ökologischer Gemüsebau - Handbuch für Berater und Praxis*. Mainz: Bioland Verlag GmbH.
- Rotheray, G.E., 1993. *Colour guide to hoverfly larvae*, Sheffield: Derek Whiteley.
- Saucke, H. et al., 2011. Biotechnische Regulierung der Kohlmottenschildlaus in Kohlgemüse - Sachstand und Perspektiven. *Gesunde Pflanzen*, 63(4), pp.183–189.
- Schaefer, M., 2010. *Brohmer - Fauna von Deutschland* 23rd ed., Wiebelsheim: Quelle & Meyer.
- Schultz, B. et al., 2009. Regulierung der Weißen Fliege im Kohlanbau durch den kombinierten Einsatz von Kulturschutznetzen und Nützlingen – Erste Ergebnisse des BÖL-Projekts. In J. Mayer et al., eds. *Werte – Wege – Wirkungen: Biolandbau im Spannungsfeld zwischen Ernährungssicherung, Markt und Klimawandel*. Berlin: Verlag Dr. Köster, pp. 296–299.
- Springate, S., 2017. The cabbage whitefly *Aleyrodes proletella* and its natural enemies on wild cabbage *Brassica oleracea* on the Kent coast. *Transactions of the Kent Field Club*, 20.
- Stein, E., 1958. *Untersuchungen über Biologie, Massenwechsel und Bekämpfung der Kohlmottenschildlaus, Aleyrodes proletella L.*. Rheinische Friedrich Wilhelms-Universität Bonn.
- Thacker, J., 2002. An Introduction to Arthropod Pest Control. *Cambridge University Press*, pp.623–626.
- Thies, C., Denys, C. & Tschardtke, T., 2000. Die Förderung der biologischen Schädlingsbekämpfung durch Ackerrandstreifen und Ackerbrachen. In W. Nentwig, ed. *Streifenförmige ökologi-sche Ausgleichsflächen in der Kulturlandschaft – Ackerkrautstreifen, Buntbrachen, Feldränder*. Hannover: Verlag Agrarökologie.

- van Lenteren, J.C. et al., 1976. The parasite-host relationship between *Encarsia formosa* (Hymenoptera: Aphelinidae) and *Trialeurodes vaporariorum* (Homoptera: Aleyrodidae) - I. Host finding by the parasite. *Policy Sciences*, 20(2), pp.123–130.
- van Rijn, P.C.J. & Wäckers, F.L., 2010. The suitability of field margin flowers as food source for zoophagous hoverflies. *International Organisation for Biological and Integrated Control of Noxious Animals and Pests*, 56, pp.125–128.
- van Rijn, P.C.J. & Wäckers, F.L., 2016. Nectar accessibility determines fitness, flower choice and abundance of hoverflies that provide natural pest control. *Journal of Applied Ecology*.
- van Veen, M.P., 2010. *Hoverflies of northwest Europe: identification keys to the Syrphidae* 2nd ed., KNNV.
- Wäckers, F.L. & van Rijn, P.C.J., 2012. Pick and mix: selecting flowering plants to meet the requirements of target biological control insects. In G. M. Gurr et al., eds. *Biodiversity and Insect Pests: Key Issues for Sustainable Management*. John Wiley & Sons, Ltd, pp. 139–165.
- Wäckers, F.L., van Rijn, P.C.J. & Bruin, J., 2005. *Plant-Provided Food for Carnivorous Insects: A Protective Mutualism and Its Applications*, Cambridge University Press.
- Weber, E. & Gut, D., 2005. A survey of weeds that are increasingly spreading in Europe. *Agronomic Sustainable Development*, 25, pp.1109–121.
- Williams, T., 1995. The biology of *Encarsia tricolor* - an autoparasitoid of whitefly. *Biological Control*, 5, pp.209–217.
- Wojciechowicz-Żytka, E. & Wnuk, A., 2012. The occurrence of Syrphidae in *Aphis fabae* Scop. (Homoptera) colonies on broad bean intercropped with phacelia (Part II). *Journal of Plant Protection Research*, 52(2), pp.1–6.

10. Übersicht über alle im Berichtszeitraum vom Projektnehmer realisierten Veröffentlichungen zum Projekt, bisherige und geplante Aktivitäten zur Verbreitung der Ergebnisse

10.1. Veröffentlichte Manuskripte

Laurenz, S. & Meyhöfer, R. (2017): Banker plants promote functional biodiversity in cabbage. *IOBC-WPRS Bulletin* 122: pp. 16-22.

Laurenz, S. Brun, A. & Meyhöfer, R. (2017): Overwintering of *Encarsia tricolor* on the cabbage whitefly. *IOBC-WPRS Bulletin* 122: pp. 156-159.

Laurenz, S. & Meyhöfer, R. (2016): Phenology and flower visitors of selected plant species with special respect to predators of the cabbage whitefly. *IOBC-WPRS Bulletin* 118: pp. 22-29.

10.2. Poster

Laurenz, S., Brun, A. & Meyhöfer, R.: „Overwintering of *Encarsia tricolor* on the cabbage whitefly“. Tagung der IOBC/WPRS-Arbeitsgruppe „Landscape Management for Functional Biodiversity“, Malmaison Hotel, Dundee, Schottland, 29.-31.03.2017

Laurenz, S., Schmidt, S. & Meyhöfer, R. (Posterpreis): „Natürliche Gegenspieler der Kohlmottenschildlaus in Deutschland“. 60. Deutsche Pflanzenschutztagung, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, 20.-23.09.2016

Hondelmann, P., Laurenz, S. & Meyhöfer, R.: „Potentielle Bekämpfungsstrategien der Kohlmottenschildlaus im Jahresverlauf“. Internationale Grüne Woche, Messegelände Berlin, 17.-26.01.2014

Meyhöfer, R. et al.: „BÖLN-Verbundvorhaben zur Bekämpfung der Kohlmottenschildlaus gestartet!“. Internationale Grüne Woche, Messegelände Berlin, 17.-26.01.2014

10.3. Vorträge

„Banker plants promote functional biodiversity in cabbage“, Tagung der IOBC/WPRS-Arbeitsgruppe „Landscape Management for Functional Biodiversity“, Malmaison Hotel, Dundee, Schottland, 29.-31.03.2017

„Feldevaluation von Banker Plant-Systemen gegen die Kohlmottenschildlaus, *Aleyrodes proletella*“, 60. Deutsche Pflanzenschutztagung, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, 20.-23.09.2016

„Evaluation of banker plant systems against the cabbage whitefly, *Aleyrodes proletella*“, 34. Tagung des DPG- und DGaaE-Arbeitskreises „Nutzarthropoden und Entomopathogene Nematoden“, Leibniz Universität Hannover, 30.11.-01.12.2015

„Natural enemies associated with the cabbage whitefly in Germany and their potential use in a banker plant system“, Tagung der IOBC/WPRS-Arbeitsgruppe „Integrated Protection in Field Vegetables“, Pflanzenschutzamt Hamburg, 04.-07.10.2015

„Suitability of *Aleyrodes lonicerae* host plants for a banker plant system against *A. proletella*“, Entomologentagung, Goethe Universität Frankfurt am Main, 02.-05.03.2015

„Potentielle ‚Banker plants‘ zur Bekämpfung der Kohlmottenschildlaus, *Aleyrodes proletella*“, 59. Deutsche Pflanzenschutztagung, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, 23.-26.09.2014

10.4. Geplante Veröffentlichungen

Laurenz, S., Schmidt, S., Balkenhol, B. & Meyhöfer, R. (in prep.): Natural enemies associated with the cabbage whitefly in Germany.

Laurenz, S. & Meyhöfer, R. (in prep.): Performance of *Aleyrodes lonicerae* on selected host plants.

Laurenz, S. & Meyhöfer, R. (in prep.): Performance of *Encarsia tricolor* on different host-plant-combinations.

Laurenz, S. & Meyhöfer, R. (in prep.): Field evaluation of two banker plant systems against the cabbage whitefly, *Aleyrodes proletella*.

Laurenz, S. & Meyhöfer, R. (in prep.): A combination of banker plants and flower strip against the cabbage whitefly, *Aleyrodes proletella*.

Laurenz, S. & Meyhöfer, R. (in prep.): Population dynamics of *Aleyrodes lonicerae* and natural enemies on perennial host plants.