

Bekämpfung der Blutlaus durch Freilassung von Blutlauszehrwespen aus Massenzucht

Control of Woolly Apple Aphid by releasing *Aphelinus mali* from artificial rearing

FKZ: 03OE524/1

Projektnehmer:

DRL Rheinpfalz, Abt. Gartenbau
Kompetenzzentrum Klein-Altendorf
Walporzheimer Straße 48, 53474 Bad Neuenahr-Ahrweiler
Tel.: +49 2641 9786-0
Fax: +49 2641 9786-66
E-Mail: DLR-3.KOGA@dlr.rlp.de
Internet: www.dlr.rlp.de

Autoren:

Zimmer, J.; Hetebrügge, K.

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

Projekt 03OE524/1

Bekämpfung der Blutlaus durch Freilassung von Blutlauszehrwespen aus Massenzucht

Zuwendungsempfänger:

DLR Rheinpfalz
Kompetenzzentrum Gartenbau
Walporzheimer Str. 48
53474 Bad Neuenahr-Ahrweiler

Betreuung:

J. Zimmer, K. Hetebrügge

Kooperationspartner:

BBA Darmstadt, Dr. Bathon; BBA Dossenheim, Dr. Vogt; Universität Hohenheim, Prof. Dr. Zebitz; ÖON Jork, P. Heyne

Laufzeit des Vorhabens:

März 2004 – September 2006

Berichtszeitraum:

März 2004 – September 2006

Inhaltsverzeichnis

1	ZIELE UND AUFGABENSTELLUNG DES PROJEKTES	4
1.1	Planung und Ablauf des Projektes	4
1.2	Wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde	5
2	MATERIAL UND METHODEN	7
2.1	Boniturmethodik	7
2.2	Übersicht über die Versuchsstandorte	8
2.3	Versuchsjahr 2004	8
2.3.1	Freilandversuche	8
2.3.2	Schlupfkontrolle	10
2.3.3	Detailversuche	10
2.3.4	Nebenwirkungsversuche	11
2.4	Versuchsjahr 2005	15
2.4.1	Freilandversuche	15
2.4.2	Halbfreilandversuch	17
2.4.3	Schlupfkontrolle	17
2.4.4	Detailversuche	18
2.4.5	Versuche zur Befallsminimierung	19
2.5	Versuchsjahr 2006	19
2.5.1	Freilandversuche	19
2.5.2	Schlupfkontrolle	19
2.5.3	Versuche mit Ohrwürmern	20
3	ERGEBNISSE	21
3.1	Versuchsjahr 2004	21
3.1.1	Freilandversuche	21
3.1.2	Schlupfkontrolle	28
3.1.3	Detailversuche	29
3.1.4	Nebenwirkungsversuche	30
3.2	Versuchsjahr 2005	37
3.2.1	Freilandversuche	37
3.2.2	Halbfreilandversuch	42
3.2.3	Schlupfkontrolle	42
3.2.4	Detailversuche	43
3.2.5	Ergebnisse der Applikationsversuche zur Befallsminimierung	45
3.3	Versuchsjahr 2006	47
3.3.1	Freilandversuche	47
3.3.2	Schlupfkontrolle	50
3.3.3	Ohrwurmversuch	50
3.4	Ausführliche Darstellung der wichtigsten Ergebnisse	52
3.5	Voraussichtlicher Nutzen und Verwertbarkeit der Ergebnisse	55

4	ZUSAMMENFASSUNG	55
5	GEGENÜBERSTELLUNG DER URSPRÜNGLICH GEPLANTEN ZU DEN TATSÄCHLICH ERREICHTEN ZIELEN	56
6	LITERATURVERZEICHNIS	56

1 Ziele und Aufgabenstellung des Projektes

Ziel des Projektes war die Erarbeitung eines Verfahrens zur Regulierung der Blutlaus (*Eriosoma lanigerum* HAUSM.), eines wirtschaftlich bedeutenden Schädling im ökologischen Obstbau, gegen den es momentan keinerlei wirksame Bekämpfungsmöglichkeiten gibt. Hierzu wurde versucht, aus der Erfahrung vorangegangener Versuchsergebnisse ein Verfahren zur Bekämpfung der Blutlaus durch den Einsatz von Blutlauszehrwespen (*Aphelinus mali* L.) aus einer Nützlingszucht zu entwickeln und zur Praxisreife zu bringen. Die Zehrwespe ist ein natürlich vorkommender Gegenspieler, dem es aufgrund mangelnder Synchronisation zwischen Schädling und Nützlich nicht rechtzeitig gelingt, den Schaden durch die Blutlaus zu verhindern.

Schwerpunkt des Projektes war die Entwicklung und Optimierung des Ausbringungsverfahrens und der Ausbringungsmodalitäten von Blutlauszehrwespen aus einer Nützlingszucht zur Bekämpfung der Blutlaus. Hierbei sollten auch betriebswirtschaftliche Gesichtspunkte berücksichtigt werden. Die Produktion der Blutlauszehrwespen erfolgte bei der Firma Katz Biotech in Baruth.

1.1 Planung und Ablauf des Projektes

Der Schwerpunkt des Projektes lag auf der Erarbeitung der effektivsten Ausbringungstechniken im Hinblick auf Bekämpfungserfolg und Wirtschaftlichkeit. Hieraus ergaben sich Fragestellungen betreffend des optimalen Ausbringungszeitpunktes, der Ausbringungshäufigkeit und Anzahl der Ausbringungen in Relation zum Blutlausbefall und die optimale Verteilung der Nützlinge im Baum und in der Anlage.

Geplant war die Durchführung von Freilandversuchen an drei Standorten (Ahrweiler, Jork, Bodenseegebiet). In Ahrweiler wurden grundlegende Detailfragen zu Räuber-Beute-Verhältnis, Mobilität der Zehrwespen im Baum und zwischen den Bäumen, Schlupfratenbestimmung nach Verschickung und Parasitierungsleistung bearbeitet. Diese Versuche wurden an Topfbäumen, einzelnen Bäumen in der Anlage oder unter Laborbedingungen durchgeführt.

Der Zeitplan für die einzelnen Versuchsjahre ist den Tabellen 1 bis 3 zu entnehmen.

Tab.1: Zeit- und Arbeitsplan 2004

Projektjahr 2004	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
Treffen der Kooperationspartner										
Klärung von Detailfragen in Freiland und Halbfreiland										
Durchführung der Versuche im Freiland										
Versuche zu Nebenwirkungen										
Auswertung der Versuche										
Erstellung Zwischenbericht										

Tab.2: Zeit- und Arbeitsplan 2005

Projektjahr 2005	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
Laboruntersuchungen und Klärung von Detailfragen in Freiland und Halbfreiland												
Versuche Freiland												
Auswertung der Versuche												
Treffen der Kooperationspartner												
Erstellung Zwischenbericht												

Tab.3: Zeit- und Arbeitsplan 2006

Projektjahr 2005	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
Laboruntersuchungen und Klärung von Detailfragen in Freiland und Halbfreiland												
Versuche Freiland												
Auswertung der Versuche												
Treffen der Kooperationspartner												
Erstellung Abschlussbericht												

1.2 Wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde

Die Blutlaus *Eriosoma lanigerum* HAUSM. ist in den letzten Jahren im Apfelanbau verstärkt aufgetreten. Besonders im ökologischen Anbau führt die Blutlaus aufgrund mangelnder Bekämpfungsmöglichkeiten zu hohen Ertragseinbußen. Mit den im ökologischen Anbau zur Verfügung stehenden Mitteln wurden viele eigene Versuche durchgeführt, die jedoch alle keine zufrieden stellenden Ergebnisse brachten (ZIMMER 2002). Das Leimringverfahren kann bei Jungbäumen einen gewissen Effekt bewirken, ist in älteren Beständen jedoch keine wirksame Bekämpfungsmaßnahme (HÄSELI et al 2002).

Der wichtigste natürliche Gegenspieler neben dem Ohrwurm ist die Blutlauszehrwespe *Aphelinus mali*. *A. mali* wurde in den 20er Jahren nach Europa eingeführt (BONNEMAISON 1965, GREATHEAD 1976). Aufgrund der schlechten Synchronisation zwischen Schädling und Nützling ist die Zehrwespe natürlicherweise erst zu einem relativ späten Zeitpunkt im Jahr in der Lage, die Blutlauspopulation zu kontrollieren. Zu diesem Zeitpunkt ist der Schaden durch die Blutlaus bereits entstanden.



Abb.1: Durch Blutlaus entstandener Saugschaden

A. mali durchläuft eine Diapause. Im Frühjahr schlüpft ein Teil der Tiere zu früh und findet zu wenige Blutläuse vor, um eine schnelle Vermehrung zu garantieren. Baut sich die Blutlauspopulation ab April/Mai schnell auf, kann die Zehrwespe diesen Vorsprung aufgrund ihres geringeren Vermehrungspotentials nicht aufholen.

In eigenen Versuchen (Projekt-Nr. 02OE084) wurde untersucht, inwieweit es mit praxistauglichen Methoden möglich ist, bereits im Spätsommer bei hoher Populationsdichte Triebe mit parasitierten Blutläusen zu entnehmen und so die sich entwickelnden Zehrwespen im Kühllager zu überwintern. Die Ergebnisse waren negativ, zum Aufbau einer Zehrwespenpopulation im Frühjahr ist diese Methode nicht geeignet (KIENZLE 2004).

Die Freilassung von Zehrwespen aus einer Massenzucht wurde erstmalig 2003 im Rahmen einer Diplomarbeit erprobt, nachdem die Firma Katz Biotech den Nützling in seine Zucht übernommen hat.

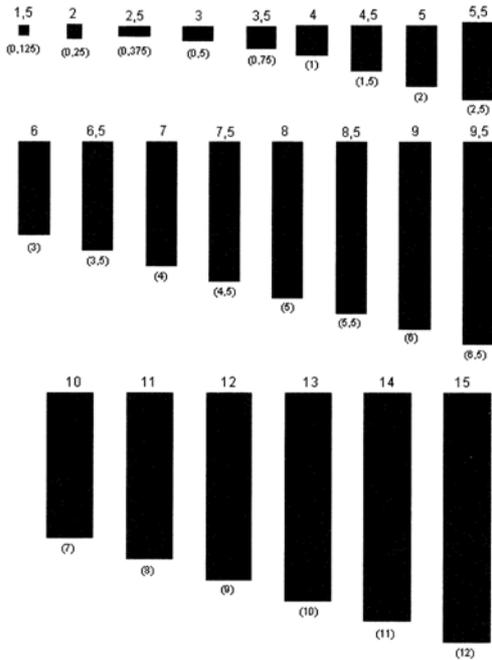
Bei einer Ausbringungsmenge von umgerechnet 100.000 *A. mali*/ha in Form von parasitierten Blutlausmumien auf Freilassungskärtchen wurden Wirkungsgrade in Freilandversuchen von über 60% erzielt (HETEBRÜGGE 2003). Diese ersten Ergebnisse gaben Anlass, dieses Projekt zu initiieren, um das Ausbringungsverfahren und die Ausbringungsmodalitäten zu optimieren.

2 Material und Methoden

2.1 Boniturmethodik

Die Bonitur von Blutläusen ist nicht ganz einfach. Eine gängige Methode ist es, an markierten Trieben die Anzahl der Blutlauskolonien zu zählen. Die Kolonien sind nicht einheitlich geformt und können sehr unterschiedlicher Größe sein, so dass ein Vergleich des Befalls nur sehr ungenau ist.

1. Graphische Darstellung der Boniturstufen (Werte in Klammern: Fläche in cm²)



2. Graphische Darstellung der Boniturstufen (Werte in Klammern: Fläche in cm²)

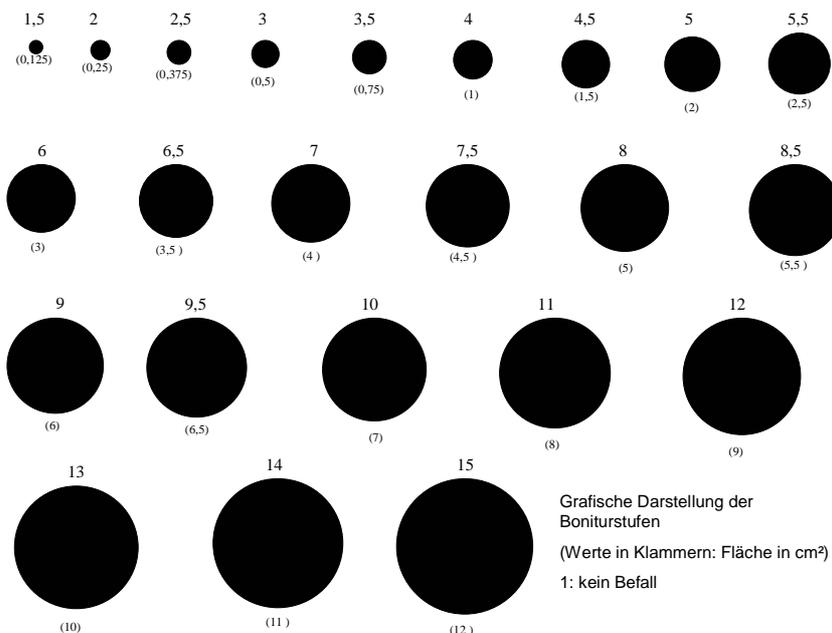
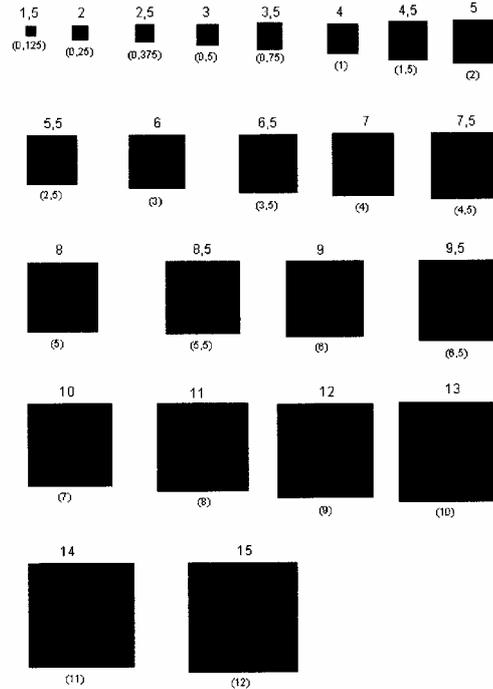


Abb.2: Boniturschemata für eckige, längliche und runde Kolonien (Maßstab verkleinert)

Die hier angewandte Boniturmethode sieht folgendermaßen aus: Abbildung 2 (verkleinert gegenüber dem Original) stellt einen Größenvergleich dar, mit dessen Hilfe man die Größe der jeweiligen Blutlauskolonie bestimmen kann. Da die Kolonien sehr unterschiedlich geformt sein können, gibt es ein Schema für eckige, längliche und runde Formen. Während der Bonitur wurden entsprechend der Koloniegröße einzelne Zahlen notiert. Die Bonituren wurden immer von derselben Person durchgeführt. Mit Hilfe einer Eingabemaske konnte so die Befallsfläche in cm² ermittelt werden. Grundsätzlich wurde in allen Versuchen eine Bonitur des kompletten Baumes durchgeführt. Teilweise wurde der Baum horizontal in drei Abschnitte aufgeteilt (Stamm, unterer Kronenbereich, oberer Kronenbereich), um die Migration der Blutläuse im Baum beurteilen zu können. Die Bonituren erfolgten jeweils am Tag der Ausbringung (Vorböschung) und wurden bis in den Herbst hinein in etwa vierwöchigen Abständen fortgesetzt, um den Populationsverlauf über die gesamte Saison beurteilen zu können. Zählungen ergaben, dass sich auf ein cm² Befallsfläche ca. 120-150 Blutläuse befinden. Die aus den Boniturdaten ermittelten Wirkungsgrade wurden nach Abbott berechnet.

2.2 Übersicht über die Versuchsstandorte

Grundsätzlich wurden die Freilandversuche in drei Regionen in Deutschland durchgeführt: im Alten Land, im nördlichen Rheinland-Pfalz und in der Bodenseeregion. Durch diese breite Streuung lassen sich regionale Unterschiede - in erster Linie bezüglich des Klimas - berücksichtigen. In den jeweiligen Regionen wurden für die Versuchsdurchführung geeignete Versuchspartellen in biologisch wirtschaftenden Betrieben ausgesucht. Voraussetzung war, dass die Versuchspartellen groß genug waren, um vierfache Wiederholungen aller Versuchsvarianten in einer Apfelsorte durchzuführen. Pro Wiederholung wurden mindestens fünf Bäume ausgewertet. Zudem sollte der Blutlausbefall in der Parzelle möglichst homogen in Bezug auf Stärke und Verteilung sein. In den Versuchspartellen wurden die im biologischen Anbau üblichen Pflanzenschutzmittel eingesetzt.

2.3 Versuchsjahr 2004

2.3.1 Freilandversuche

Die Freilandversuche wurden mit dem Ziel durchgeführt, Aufschluss über den geeigneten Ausbringungszeitpunkt, die notwendige Menge *A. mali* sowie die Verteilung im Baum zu erhalten.

Tab.4: Freilandversuch zur Bestimmung der Ausbringungsmenge und des Ausbringungszeitpunktes

Variante	Entwicklung der Blutlaus	Ausbringungsmenge	Ausbringungstermin
1	Kontrolle		
2	Erste Blutlaus gefunden	50.000 <i>A. mali</i> /ha	ca. Mitte- Ende April
3	Erste Blutlaus gefunden	100.000 <i>A. mali</i> /ha	ca. Mitte- Ende April
4	Erste Blutlaus gefunden	200.000 <i>A. mali</i> /ha	ca. Mitte- Ende April
5	Kleine Kolonie sichtbar	50.000 <i>A. mali</i> /ha	ca. Anfang- Mitte Mai
6	Kleine Kolonie sichtbar	100.000 <i>A. mali</i> /ha	ca. Anfang- Mitte Mai
7	Kleine Kolonie sichtbar	200.000 <i>A. mali</i> /ha	ca. Anfang- Mitte Mai
8	Deutlicher Befallsanstieg	50.000 <i>A. mali</i> /ha	ca. Ende Mai- Anfang Juni
9	Deutlicher Befallsanstieg	100.000 <i>A. mali</i> /ha	ca. Ende Mai- Anfang Juni
10	Deutlicher Befallsanstieg	200.000 <i>A. mali</i> /ha	ca. Ende Mai- Anfang Juni

Tab.5: Ausbringungstermine Freilandversuch 1

Standort	Ahrweiler	Altes Land	Bodensee
1. Ausbringungstermin	28.04.04	04.05.04	29.04.04
2. Ausbringungstermin	18.05.04	26.05.04	18.05.04
3. Ausbringungstermin	16.06.04	15.06.04	17.06.04

Die Ausbringungstermine variierten je nach Region (Tab. 5), da sie an die Verfügbarkeit der *A. mali* und die Witterungsbedingungen angepasst wurden. Der von Ahrweiler aus betreute Versuchsstandort lag in Wiesbaden.

Tab.6: Freilandversuch zur Verteilung der Zehrwespen im Baum

Variante	Anzahl <i>A.mali</i> /ha	Ausbringungsstellen / Baum	Variante	Anzahl <i>A.mali</i> /ha	Ausbringungsstellen / Baum
1	Kontrolle		6	1 x 100.000	1
2	1 x 50.000	1	7	2 x 50.000	2
3	2 x 25.000	2	8	3 x 33.333	3
4	3 x 16.666	3	9	4 x 25.000	4
5	4 x 12.500	4			

Die Ausbringung der *A. mali* erfolgte mit Freilassungskärtchen, die normalerweise für *Trichogramma* verwendet werden. Auf diese wurde mit Hilfe eines Stempels eine definierte Anzahl parasitierter Blutläuse, sogenannte Mumien, aufgeklebt. Die Anzahl betrug etwa 25 bzw. 50 Mumien pro Karte. An einer zentralen Stelle in der Mitte des Baumes wurde die entsprechende Anzahl Freilassungskärtchen pro Baum ausgehängt.



Abb.3: Freilassungskärtchen mit parasitierten Blutlausmumien im Detail und im Baum

2.3.2 Schlupfkontrolle

Um die Schlupfraten der ausgebrachten *A. mali* zu bestimmen, wurden die Kärtchen vier Wochen nach dem jeweiligen Ausbringungstermin wieder eingesammelt. Die Auswertung gestaltete sich jedoch als schwierig, da ein Teil der Mumien beschädigt, abgefressen oder abgefallen war.

Zuverlässigere Zahlen lieferte die Kontrolle des Schlupfverlaufs an jedem Standort im Labor. Dazu wurden jeweils 10 Karten à 50 Mumien ausgewertet. Die Ergebnisse sind unter Punkt 3.1.2 dargestellt.

2.3.3 Detailversuche

Das Ziel der grundlegenden Detailversuche ist die Beantwortung von Fragestellungen zum Räuber-Beute-Verhältnis und der Mobilität der Zehrwespen im Baum bzw. zwischen den Bäumen. Des Weiteren erfolgen Schlupfratenbestimmungen sowie Untersuchungen der Parasitierungsleistung und der Lebensdauer der Zehrwespen. Die Durchführung der Versuche war im Labor bzw. im Halbfreiland vorgesehen.

Es wurden Untersuchungen zur Parasitierungsleistung der Zehrwespe bei verschiedenen Witterungsbedingungen durchgeführt. Dieser Fragestellung kommt entscheidende Bedeutung zu, da eine wünschenswerte frühe Ausbringung im Jahr offensichtlich keinen Sinn ergibt, wenn die Parasitierungsleistung der Zehrwespen bei niedrigen Temperaturen zu stark sinkt.

Für die Detailversuche standen Blutlausmumien zur Verfügung, die sich darin entwickelnden Zehrwespen befanden sich nicht in Diapause. Die Produktion von diapausierenden *A. mali* erfordert Produktionsbedingungen mit genau definierten Temperaturbereichen und Lichtmengen, die nicht eingehalten werden konnten.

Für den Versuch wurden Triebe mit Blutlausbefall aus dem Freiland verwendet. Die Triebe wurden zur besseren Haltbarkeit in Steckmoos gesteckt und in Kunststoffschalen mit Deckel gestellt. In die Dosen wurde jeweils ein *A. mali* Weibchen gesetzt, das maximal zwei Tage vorher geschlüpft war. In mehreren Durchgängen, bei verschiedenen Temperaturen wurden 10 Wiederholungen in Klimaschränke gestellt. Nach einer Woche wurden die Dosen aus den Klimaschränken genommen, vorhandene Zehrwespen entfernt und nach zwei weiteren Wochen die Parasitierungsleistung anhand der schwarz verfärbten Blutlausmumien ermittelt.



Abb.4: Versuchsaufbau zur Überprüfung der Parasitierungsleistung von *A. mali*

2.3.4 Nebenwirkungsversuche

An der Biologischen Bundesanstalt in Dossenheim wurden die Nebenwirkungen von Schwefelkalk und Netzschwefel auf *A. mali* untersucht. Die Versuche wurden mit Abschluss des Jahres 2004 beendet. Der Bericht ist aufgegliedert nach Material und Methoden sowie dem Ergebnisteil in den Anschlussbericht integriert.

Einleitung

Gegenstand der vorliegenden Studie war die Prüfung der Nebenwirkungen von Netzschwefel und Schwefelkalk auf die Blutlauszehrwespe *A. mali* im Labor-, Halbfreiland- und Freilandversuch. Im Halbfreilandversuch wurde der im vorangegangenen Forschungsprojekt Nr. 02OE084 ausschließlich im Labor untersuchte Quassia-Extrakt mitgeprüft. Ob Forficuliden, die auch zur Regulierung der Blutlauspopulation in Frage kommen, in der Apfelanlage vorhanden sind, wurde im Freilandversuch ebenfalls bonitiert.

Die Effektivität von *A. mali* und *Forficula auricularia* als Gegenspieler der Blutlaus beschreiben einige Autoren (RAVENBURG 1981; ASANTE 1995; ASANTE 1997; MOLS et al 2001; MUELLER et al 1988).

Schwefelkalk und Netzschwefel werden im ökologischen Obstbau zur Bekämpfung des Apfelschorfs eingesetzt. Schädigende Auswirkungen auf nützliche Arthropoden werden für beide Wirkstoffe beschrieben (BBA Datenbank 2004; DANIEL et al 2001; HASSAN et al 1994; Forschungsanstalt Geisenheim 2000). Eine Abnahme der Raubmilbenpopulation (*Typhlodromus pyri*) konnte nach drei Behandlungen mit Schwefelkalk (1,8%) beobachtet werden. Die mehrmalige Anwendung von Netzschwefel (0,3%) führte zu einem kontinuierlichen Rückgang des Raubmilbenbesatzes (Forschungsanstalt Geisenheim 2000).

Die einzelnen Arbeitsschritte des in der BBA Dossenheim durchgeführten Teilprojekts

- Zucht der Blutlaus- und Blutlauszehrwespe an Containerbäumen im Gewächshaus.
- Im Labor untersuchte Wirkstoffe und Präparate: Kumulus (Netzschwefel), Schwefelkalk (Calciumpolysulfid), Funguran (Kupfer).
- Der Halbfreilandversuch fand in einem Gewächshaus aus Sarangewebe in der Vegetationshalle der BBA in Dossenheim statt. Untersuchte Wirkstoffe und Präparate: Kumulus (Netzschwefel), Schwefelkalk (Calciumpolysulfid), Quassia - Extrakt.

- Der Freilandversuch wurde in Rödersheim-Gronau in der biologisch bewirtschafteten Obstanlage von Hans Manck durchgeführt. Untersuchte Wirkstoffe: Netzschwefel und Schwefelkalk.

Testsubstanzen und Kontrolle

Kumulus WG (Netzschwefel)

Fungizid, Schwefelgehalt: 800 g/kg, Hersteller: BASF AG

Spritzungen mit Netzschwefel werden im ökologischen Obstbau gegen Schorf und Echten Mehltau vorgenommen. Die biologische Wirkung des Schwefels beruht auf der Toxizität des elementaren Schwefels durch Bildung von Schwefelwasserstoff und Schwefeldioxid. Dieser Wirkmechanismus setzt erst oberhalb von 10°C ein (G OLBA 2002, BBA-Datenbanken)

Schwefelkalk (Calciumpolysulfid), Dispergierbares Konzentrat

Fungizid, Wirkstoffanteil 80% (Schwefelanteil 23%), Hersteller: Fa. Polisenio, Italien

Die Toxizität des Schwefelkalks beruht auf Schwefelwasserstoffbildung und der ätzenden Wirkung der alkalischen Lösung. Die pH-Wert - Verschiebung beim Verdünnen des Konzentrats führt zu starker Bildung von Schwefelwasserstoff.

Quassia - Extrakt

Die Firma Trifolio lieferte 200 ml Extrakt der Charge zwei mit bekanntem Verhältnis Quassin:Neoquassin von 1:0,7. Der flüssige Extrakt wurde in kleinen Portionen bei – 21°C gelagert und erst am Versuchstag aufgetaut und angesetzt. Eine Aufwandmenge von fünf l Quassia – Extrakt/ha entspricht zwölf g Quassin – Reinstoff pro Hektar. Der Extrakt aus dem Holz des Surinam-Bitterholzbaumes wirkt als Fraß- und Kontaktgift gegen Blattläuse, Sägewespen, Wicklerraupen (EGGLER & GROSS 1996) und weitere Insekten. Der Wirkstoff ist ein Nervengift. Der Extrakt findet Verwendung in der Herstellung von Getränken und Phytopharmaka und wird für den Menschen bisher als ungefährlich eingestuft.

Funguran WP (Kupferoxychlorid)

Fungizid, 756 g Kupferoxychlorid/kg (= 45% Cu), Hersteller: Spiess - Urania

Funguran wirkt als Kontaktfungizid mit vorbeugender Wirkung und hat ein breites Einsatzspektrum. Die Wirkung des Kupfers entsteht durch die biozide Wirkung der Kupferionen durch Blockade von Enzymsystemen. Kupfer ist als toxisch für aquatische Lebewesen und bedenklich für Regenwürmer eingestuft (BBA-Datenbank).

Kontrolle

In der Kontrolle wurde im Labor- und im Halbfreilandversuch deionisiertes Wasser appliziert.

Validität, Berechnungen und Statistik

Entscheidend für die Verwertbarkeit der Versuche zu Nebenwirkungen ist die Fitness der Tiere, die am Ausmaß der Mortalität in der Kontrolle gemessen werden kann. Die oberen Grenzen für die Mortalität in der Kontrollgruppe der untersuchten Art wurden den IOBC-Richtlinien (CANDOLFI et al 2000) für Laborversuche mit *Aphidius rhopalosiphii* entnommen. Für *A. mali* wurde die gleiche Grenze wie für *Aphidius rhopalosiphii* gewählt. Die Mortalität in der Kontrolle sollte beim Laborversuch 13% nicht übersteigen (MEAD – BRIGGS et al 2000).

Ob sich die Ergebnisse der Behandlungsgruppen signifikant unterscheiden, wurde in allen Versuchen mit dem Kruskal-Wallis-Test ($p=0,05$) für mehrere unverbundene Stichproben und durch Varianzanalyse überprüft (PROC FREQ und PROC NPAR1WAY, SAS Vers. 8). Beim Freilandversuch wurde die Veränderung der Gesamtbefallsfläche einer Variante zwischen zwei Boniturterminen als Faktor berechnet und verglichen.

Laborversuche mit *Aphelinus mali*

Zucht und Herkunft der Versuchstiere

Im Juni 2002 wurden an zwei Standorten, Wiesloch und Großsachsen, Blutläuse aus Obstanlagen entnommen und damit zwei und dreijährige Containerbäume der Sorte `Golden Delicious` beimpft. Im weiteren Verlauf der Zucht wurde mit der Apfelsorte `Gala` aufgefrischt. Die Zucht erfolgte in zwei Gewächshauszellen unter verschiedenen klimatischen Bedingungen:

a) bei $21 \pm 2^\circ\text{C}$ (16 h) mit Nachtabsenkung auf 15°C und

b) in einer weiteren Kammer mit $24 \pm 2^\circ\text{C}$, Nachtabsenkung auf $17 \pm 2^\circ\text{C}$.

Die rel. Luftfeuchte lag bei durchschnittlich 70 %. Die Beleuchtungsdauer betrug ganzjährig mindestens 12 Stunden. In den ersten zwei Monaten der Zucht wurden Pflanzenschutzmaßnahmen mit Kaliseife und Lecithindurchgeführt. Danach wurde darauf verzichtet, um eine Schädigung der Versuchstiere zu vermeiden.

Beschreibung der Versuchseinheit

Alle Versuche zur Kontakttoxizität mit Imagines wurden in für *Aphidius rhopalosiph* angefertigten Versuchseinheiten durchgeführt (TERNES et al 2000). Eine Einheit besteht aus zwei quadratischen Glasplatten (6cm) und dazwischen einem Ring aus Plexiglas (\varnothing 5cm), der vier runde Einbohrlöcher (\varnothing 0,9cm) in symmetrischer Verteilung aufweist. Die beiden Platten werden mit zwei Gummiringen zusammen gehalten, der Ring befindet sich dazwischen. Die Versuchseinheit steht in vertikaler Position. Die Ringbohrung, die beim Käfig oben liegt, dient der Futterversorgung über ein mit Watte gefülltes 0,5 ml Eppendorfgefäß, dem die Spitze gekappt wurde. Die unten liegende Bohrung wird zum Einsetzen der Tiere benutzt und ist während des Versuchs mit einem Korkstopfen verschlossen.

Die linke und die rechte Öffnung des Rings werden mit Anschlüssen für die Be- und Entlüftung der Versuchseinheit versehen. Mit einer 200l - Aquariumpumpe werden jeweils bis zu sechs Käfige einer Behandlungsvariante ventiliert. Bei den Versuchen werden unterschiedlich viele Varianten geprüft. Standard waren Kontrolle, drei Varianten der Prüfsubstanz und teilweise Referenzsubstanzen. Jede Variante besteht aus sechs, in Ausnahmefällen vier, Versuchseinheiten mit jeweils fünf Zehrwespen.

Versuchsdurchführung und Bedingungen

Zwei Tage vor dem Versuchstermin werden ausreichend mit schwarzen Blutlausmumien besetzte Schnitthölzer aus der eigenen Zucht in ein Schlupfgefäß mit zwei Dochttränken, eine mit Wasser, eine mit Fructoselösung 25%, gefüllt. Im Versuch werden adulte Parasitoide eingesetzt, deren Alter 48h nicht überschreitet.

Bei den Versuchen zur Prüfung der Kontakttoxizität werden die Glasplatten unter dem Laborsprühturm behandelt, immer von der Kontrolle ausgehend in aufsteigender Konzentration der Testsubstanzen. Die Lösungen der Prüfsubstanzen entsprechen den Hektaraufwandmengen in 200l Wasser.

Der erforderliche Zielbelag von 2 mg/cm^2 wird durch Wiegen eingestellt und nach jeder Variante überprüft und gegebenenfalls durch Veränderungen der Einstellungen am Potter Tower korrigiert. Spätestens 1,5h nach der Applikation der Prüfsubstanz auf die Glasplatten werden die Versuchskäfige zusammen gebaut, mit den Tieren bestückt, in der Klimakammer aufgestellt und an das Ventilationssystem angeschlossen.

Die Insekten werden jeweils mit einem selbst gebastelten Exhauster dem Schlupfkäfig entnommen und mit einer kleinen Ballonpumpe in die Versuchseinheiten verbracht.

Die Versuchsdauer beträgt 48h. Nach 24h wird die Watte an der offenen Spitze der Röhre durch kurzes Öffnen des Eppendorf-Verschlusses mit Fructoselösung nachbefeuchtet. Die klimatischen Bedingungen sind: $20 \pm 2^\circ\text{C}$, 75% rF bei 16 Stunden Licht, 10 klx. Nach Ablauf von 48h wird die Mortalität durch Untersuchen jeder Versuchseinheit unter dem Binokular erhoben. Moribunde Tiere werden als tote Individuen gezählt.

Halbfreilandversuch *Aphelinus mali*

Der von Anfang Mai bis Ende Oktober 2004 dauernde Nebenwirkungsversuch wurde in einem speziellen Gewächshaus unter Halbfreilandbedingungen durchgeführt. Untersuchte Substanzen waren: Schwefelkalk, Netzschwefel und Quassia - Extrakt. Der am Ende des Versuchs bestimmte Prozentanteil parasitierter Blutläuse in den einzelnen Varianten wurde zur Bewertung der Schädigung der Zehrwespenpopulation herangezogen.

Material und Methoden Halbfreilandversuch

Das Gewächshaus für Halbfreilandversuche ist in der Vegetationshalle der Biologischen Bundesanstalt Dossenheim aufgestellt. Die Wände des Versuchskäfigs werden von einem stabilem Gazegewebe (Sarangewebe, Maschenweite 0,5mm) gebildet, wodurch die Zuwanderung von von Arthropoden eingeschränkt wird (Abbildung 5). Die Dachabdeckung des Saranhauses ist aus PVC-Folie, so dass keine Beregnung der Versuchspflanzen erfolgt.

In das Gewächshaus stellte man sechzehn dreijährige Topfbäume der Sorte 'Gala'. Davon dienten je vier als Wiederholungen pro Variante. Die durchschnittliche Baumhöhe betrug ca. 1,8m. Gegossen wurden die Pflanzen über ein Bewässerungssystem. Außer den Versuchsbehandlungen wurden keine Pflanzenschutzmaßnahmen durchgeführt.

Vor der am 12.05.04 durchgeführten ersten Besiedlung überprüfte man die Bäume auf Blutlausbefall. Es konnte keine Besiedlung festgestellt werden.

Pro Baum wurden dann 40 - 50 Blutlausnymphen im 1. Stadium durch ein feinmaschiges Sieb von größeren Blutlausstadien getrennt und auf die Containerbäume übertragen.

Ein Kälteeinbruch in der 20. Woche machte eine erneute Besiedlung am 03.06.04 erforderlich, da sich die Blutlauspopulation zu langsam aufbaute. Ab Ende Juni startete der Blutlausbefall im Wurzelbereich der Containerbäume und breitete sich bis Mitte Juli auch in den Kronenbereich aus.



Abb.5: 16 Containerbäume im Saranhaus in der Vegetationshalle der BBA Dossenheim.

Das Einbringen von Blutlauszehrwespen in die Kultur war nicht notwendig. Es fand eine selbstständige Besiedlung der Kolonien mit der Zehrwespe, wahrscheinlich durch bereits parasitierte Nymphenstadien, statt. Anfang August war der Besatz mit Blutläusen und Zehrwespen in allen Varianten nachweisbar. Am 04.08. erfolgte die Behandlung mit den Prüfsbstanzten. Diese wurden außerhalb des Gewächshauses mit einem Gloria Drucksprühgerät (Typ 133, 3 bar Druckaufbau) ausgebracht. Appliziert wurden 50ml Spritzbrühe pro Baum. Die geprüfte Aufwandmenge war für 200l Wasseraufwand und einen Meter Kronenhöhe berechnet.

Anschließend wurden innerhalb des Saranhauses die einzelnen Varianten mit Netzgewebe voneinander getrennt, um die freie Wanderung von Blutlaus und Zehrwespe zwischen den einzelnen Varianten zu verhindern. Die Entwicklung der Blutlauskolonien wurde durch Fotos dokumentiert.

Am 20.10.04 wurde der Versuch abgeschlossen. Alle Befallsstellen wurden unter dem Binokular ausgezählt und der prozentuale Anteil der Parasitierung für jede Wiederholung einer Variante berechnet. Dazu mussten die Containerbäume größtenteils in kleinere Aststücke zerschnitten und die meist besiedelten Wurzelstöcke ausgegraben werden. Als parasitierte Blutläuse wurden nur deutlich schwarz verfärbte immobile Blutlausmumien ausgewertet.

2.4 Versuchsjahr 2005

2.4.1 Freilandversuche

Aufgrund der gesammelten Erfahrungen aus dem vorangegangenen Versuchsjahr wurden 2005 adulte *A. mali* eingesetzt, aus Gründen der Vergleichbarkeit wurden nur noch in einer Variante Mumien freigelassen.

Freilandversuch 1: Terminierung der Ausbringung von *A. mali*

An drei Standorten (Altes Land, Bodensee, Ahrweiler) wurden an zwei Terminen adulte *A. mali* aus Nützlingsproduktion und in einer weiteren Variante auf Freilassungskärtchen geklebte parasitierte Blutlausmumien ausgebracht.

Pro Hektar wurden umgerechnet 200.000 Zehrwespen freigelassen. Das entspricht – je nach Pflanzdichte – etwa 100 bis 150 *A. mali* pro Baum.

Die Ausbringungstermine variierten je nach Region leicht (Tab. 7). Der von Ahrweiler aus betreute Versuchsstandort lag in Wiesbaden.

Tab.7: Varianten Freilandversuch 1

		Ahrweiler	Bodensee	Altes Land
Variante 1	Kontrolle			
Variante 2	200.000 <i>A. mali</i> (Adulte)	11.05.05	11.05.05	10.05.05
Variante 3	200.000 <i>A. mali</i> (Adulte)	01.06.05	01.06.05	07.06.05
Variante 4	200.000 <i>A. mali</i> (Mumien)	01.06.05	01.06.05	07.06.05

Die adulten Zehrwespen wurden in der Nützlingsproduktion mit Lichtfallen gefangen und in Einheiten von etwa 5.000 Tieren in Kunststoffbehältern verschickt.



Abb.6: Versandbehälter und Ausbringungsbehälter für *A. mali*

An den Versuchsstandorten wurden die Tiere mit einem Exhauster in definierter Anzahl (100 *A. mali*) in Kunststoffröhrchen abgefüllt. Die Ausbringung erfolgte durch vorsichtiges Ausklopfen der *A. mali* auf die Blätter zentral im Baum.

Wichtig ist die Flüssigkeitsversorgung der Zehrwespen während des Transportes. Diese wurde mit in die Transportgefäße geklebten Schwämme gewährleistet. Die Schwämme waren mit einer Zuckerlösung getränkt.

Die Ausbringung der Zehrwespen in Form von parasitierten Blutlausmumien wurde wie im Vorjahr mit Freilassungskärtchen durchgeführt.

Standort Ahrweiler

Neben der Bonitur der Befallsfläche wurde an diesem Standort zusätzlich die Parasitierungsrate durch Sektion der Blutläuse bestimmt. Verteilt über alle vier Wiederholungen wurden Blutlaustriebe an den Trennbäumen geschnitten und eine definierte Anzahl Blutläuse sezirt. Ohne Sektion ist der Blutlaus erst ab dem Nymphenstadium der Zehrwespe äußerlich anzusehen, ob sie parasitiert wurde. Die Sektion wurde drei Wochen nach der Ausbringung durchgeführt

Freilandversuch 2: Verteilung von *A. mali* in der Apfelanlage bei Ahrweiler

Im zweiten Freilandversuch wurde untersucht, ob generell eine Freilassung in jedem Baum notwendig ist oder größere Abstände zwischen den Ausbringungsorten gewählt werden können. Am 19.05.05 wurden analog zum ersten Freilandversuch umgerechnet 200.000 adulte *A. mali* pro Hektar ausgebracht.

Entsprechend dieser Gesamtaufwandmenge wurden in Variante 2 in jedem Baum 100 *A. mali* ausgebracht, in der Variante 3 wurden 500 Tiere in jedem fünften Baum freigesetzt.

Tab.8: Versuchsvarianten Freilandversuch 2

Variante 1	Kontrolle
Variante 2	Ausbringung von 100 <i>A. mali</i> (Adulte) in jedem Baum
Variante 3	Ausbringung von 500 <i>A. mali</i> (Adulte) in jedem 5. Baum

2.4.2 Halbfreilandversuch

Bäume der Sorte 'Fuji' auf der Unterlage M9 wurden in Container gepflanzt. Bei beginnendem Austrieb der Bäume wurden diese mit der Blutlaus infiziert. Dazu wurden mit Blutlaus befallene Triebe geschnitten, unter dem Binokular von Mumien befreit und in den getopften Bäumen befestigt, so dass eine Überwanderung stattfinden konnte. Nach Etablierung der Blutlaus wurden die Bäume in Gaze eingenetzt, um einen natürlichen Zuflug von *A. mali* zu verhindern. Die Containerbäume standen in einem Folientunnel. Auf den Einsatz von Pflanzenschutzmittel wurde verzichtet.

Es wurden adulte *A. mali* bzw. Blutlausmumien ausgebracht, jeweils 100 Tiere pro Baum. Die Termine sind Tabelle 9 zu entnehmen.

Tab.9: Versuchsvarianten Halbfreilandversuch

Variante	Datum
1 – Kontrolle	
2 – 100 adulte <i>A. mali</i> /Baum	04.05.05
3 – 100 Mumien/Baum	12.05.05



Abb.7: Eingenetzte Versuchsbäume

2.4.3 Schlupfkontrolle

Um festzustellen, wann natürlicherweise der Schlupf von *A. mali* stattfindet, wurden am 05.01. an drei Standorten Reiser mit Mumienbesatz geschnitten. Die Reiser wurden in eine mit Gaze gespannte Holzkiste gelegt und eine Gelbtafel in die Kiste gehängt (Abb.8). Von jedem Standort wurde eine Kiste an einen sonnigen Standort gestellt, eine an einen schattigen Standort. In Abständen von zwei bis drei Tagen wurden die Gelbtafeln auf geschlüpfte *A. mali* überprüft.



Abb.8: Schlupfkiste

2.4.4 Detailversuche

Untersucht wurde das Ausbreitungsverhalten von *A. mali* in der Apfelanlage. Es wurden jeweils etwa 500 *A. mali* in einem Baum freigelassen und die Wanderung innerhalb der Reihe und in die Nachbarreihen untersucht.

Dazu wurden an den drei Standorten jeweils verschiedene Methoden angewendet, die in Tabelle 10 beschrieben sind.

Tab.10: Versuchsmethoden zur Feststellung des Ausbreitungsverhaltens

Standort	Methode
Ahrweiler	In Ahrweiler wurde der Versuch in einer Anlage mit Blutlausbefall durchgeführt. In die Nachbarbäume zum Ausbringungsort wurden Gelbtafeln in unmittelbarer Nähe zu einer Blutlauskolonie gehängt und diese regelmäßig auf Zuflug überprüft.
Bodensee	Nach der Ausbringung der <i>A. mali</i> wurden an Nachbarbäumen Klopfproben durchgeführt.
Altes Land	Im Alten Land wurde der Versuch analog zu Ahrweiler durchgeführt mit dem Unterschied, dass die Anlage keinen Blutlausbefall aufwies.

Suchverhalten

In Zusammenhang mit der Bestimmung des geeigneten Ausbringungstermin stellte sich im Versuchsjahr 2004 die Frage, ob *A. mali* in der Lage ist, sehr kleine Kolonien bzw. Blutläuse noch ohne Wachsausscheidungen ausfindig zu machen.

In einem geschlossenen, lichtdurchlässigen Kasten wurden mit Blutlaus befallene Apfeltriebe gestellt. *A. mali*, die am selben Tag verschickt worden waren, wurden auf dem Boden des Kastens freigelassen. In jedem Beobachtungsdurchgang wurden maximal 10 Tiere freigelassen. Das Verhalten der Zehrwespen wurden bis zu zwei Stunden beobachtet. Es wurden Kolonien mit und ohne Wachsbekleidung, sowie sehr kleine Kolonien (kleiner 0,5cm²) großen Kolonien (über 3cm²) gegenübergestellt.

2.4.5 Versuche zur Befallsminimierung

Um vor Einsatz der *A. mali* den Befallsdruck durch die Blutlaus zu senken, wurden verschiedene Präparate auf ihre reduzierende Wirkung auf die Blutlauspopulation hin getestet.

In einem Halbfreilandversuch an Containerbäumen der Sorte 'Fuji' wurden mit vierfacher Wiederholung die in Tabelle 11 dargestellten Mittel getestet. Die Mittel wurden mit der Handsprühflasche tropfnass appliziert. Die Aufwandmengen für Micula und Essigsäure wurden praxisüblich gewählt. Schwefelkalk wird in einer niedrigeren Konzentration zur Schorfbekämpfung eingesetzt.

Tab.11: Versuchsvarianten zur Befallsminimierung

Variante	Aufwandmenge
Kontrolle	
Micula (Rapsöl)	2%
Schwefelkalk	20%
Essigsäure	3%

In einem weiteren Versuch wurde TS forte in einer Aufwandmenge von 0,2% untersucht. TS forte ist die Formulierungshilfe des Neem Azal TS der Firma Trifolio-M und besteht zu 50% aus pflanzlichen Ölen und zu 50% aus nichtionische Tensiden auf Basis nachwachsender Rohstoffe.

2.5 Versuchsjahr 2006

2.5.1 Freilandversuche

In diesem Jahr wurden nur Versuche mit adulten *A. mali* durchgeführt. Aufgrund der Ergebnisse des Vorjahres wurde zur Blüte eine Ölbehandlung mit TS forte durchgeführt, um den Befallsdruck vor der Ausbringung der *A. mali* zu senken.

TS forte wurde in Konzentrationen von 3,75 l/ha/mKh bzw. 7,5 l/ha/mKh mit der Rückenspritze tropfnass appliziert.

Je nach Standort variierten der Applikationstermin bzw. der Ausbringungstermin der *A. mali* um wenige Tage.

Tab.12: Versuchsvarianten Freilandversuch

		Datum
Variante 1	Kontrolle	
Variante 2	7,5 l/ha/mKh TS forte	Mitte Mai
Variante 3	3,75 l/ha/mKh TS forte	Mitte Mai
Variante 4	3,75 l/ha/mKh TS forte + 200.000 <i>A. mali</i> /ha	Mitte Mai + Mitte Juni
Variante 5	200.000 <i>A. mali</i> /ha	Mitte Juni

2.5.2 Schlupfkontrolle

Die Schlupfkontrolle zur Bestimmung des natürlichen Flugs von *A. mali* wurde analog zu 2005 durchgeführt.

2.5.3 Versuche mit Ohrwürmern

Der Ohrwurm ist ein natürlich vorkommender Gegenspieler der Blutlaus, der für seine hohe Fraßleistung von bis zu 150 Läusen pro Nacht bekannt ist. Zwischen dem Auftreten der Blutlaus und dem nicht Vorhandensein von Ohrwürmern in einer Apfelanlage wird ein Zusammenhang vermutet (HELSEN 2006). Ziel der Projekt ergänzenden Ohrwurmversuche war es, ihre Wirksamkeit zur Blutlausbekämpfung zu belegen.

Hierzu wurden Ohrwürmer mit Hilfe eines Klopfrichters aus Apfelanlagen und Heckenstreifen gesammelt und in unterschiedlich hohen Aufwandmengen pro Baum in den Versuchspartellen freigelassen. In einem ersten Versuch wurden mit fünffacher Wiederholung etwa 40 bzw. 80 Ohrwürmer pro Baum ausgebracht.

In einem zweiten Versuch wurden pro Baum (fünffach wiederholt) ca. 150 Ohrwürmer ausgebracht.

Als Unterschlupfmöglichkeit wurden jeweils drei Papprollen mit Stammkontakt in den unteren Bereich des Baumes gehängt.



Abb.9: Wellpapperollen als Ohrwurmquartiere

3 Ergebnisse

Die Ergebnisse werden zunächst nach den Versuchsjahren getrennt dargestellt. Dadurch wird auch die Versuchsentwicklung über den Projektzeitraum deutlich. In Punkt 3.4 wird auf die wichtigsten Ergebnisse – bezogen auf den gesamten Projektzeitraum - eingegangen.

3.1 Versuchsjahr 2004

3.1.1 Freilandversuche

Standort Wiesbaden

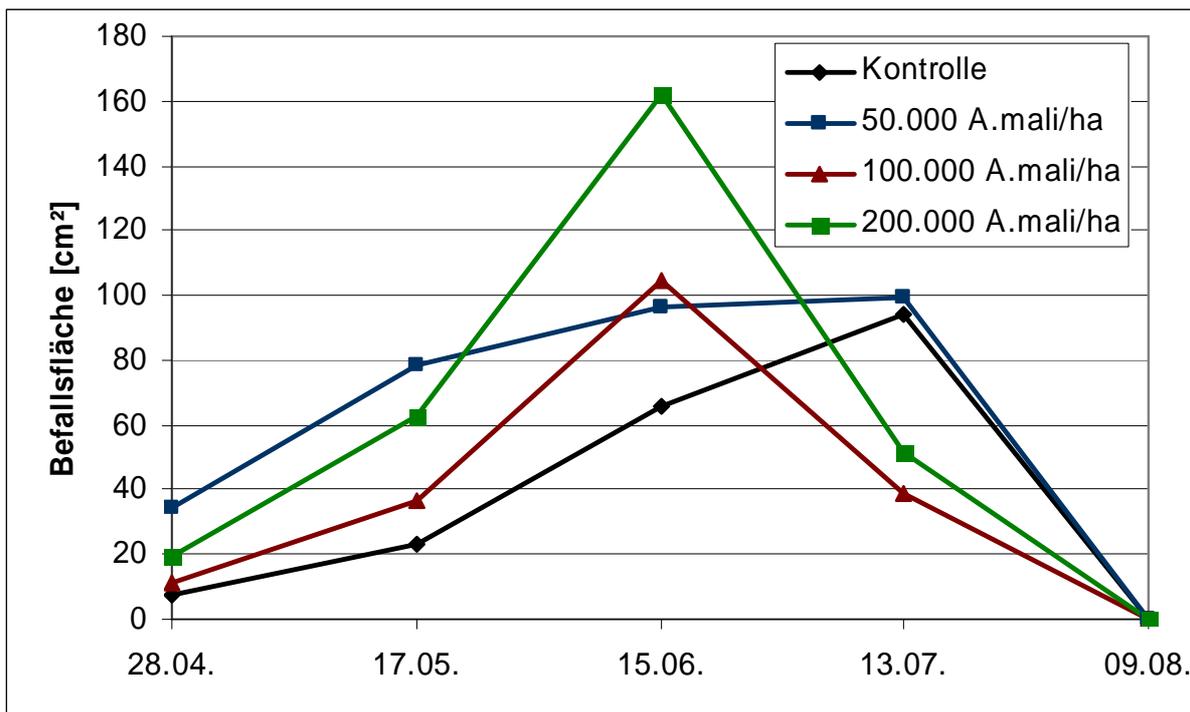


Abb.10: Befallsentwicklung am Standort Wiesbaden (Ausbringung: 28.04.04)

In allen Ausbringungsvarianten am Standort Wiesbaden setzte der Befallsrückgang nach der Ausbringung der Zehrwespen am 28.04.04 (Abb. 10) früher ein als in der Kontrolle. Diese Entwicklung ist an allen drei Ausbringungsterminen zu beobachten (Abb.11 und 12).

Generell ist durch die Einbringung der *A. mali* eine Reduktion der Blutlauspopulation zu erkennen. Aufgrund ungünstiger klimatischer Bedingungen zum Zeitpunkt der Ausbringung und wegen relativ schlechter Schlupfdaten ist dieser zu verzeichnende Rückgang 2004 jedoch nicht ausreichend und beginnt zu spät, um den Schaden durch die Blutlaus zu verhindern. Es wurde deutlich, dass der dritte Ausbringungstermin für eine erfolgreiche Bekämpfung nicht relevant ist, da Anfang Juni bereits das natürliche Vorkommen der Zehrwespen zu einem Rückgang der Blutlauspopulation in den Versuchspartellen führte.

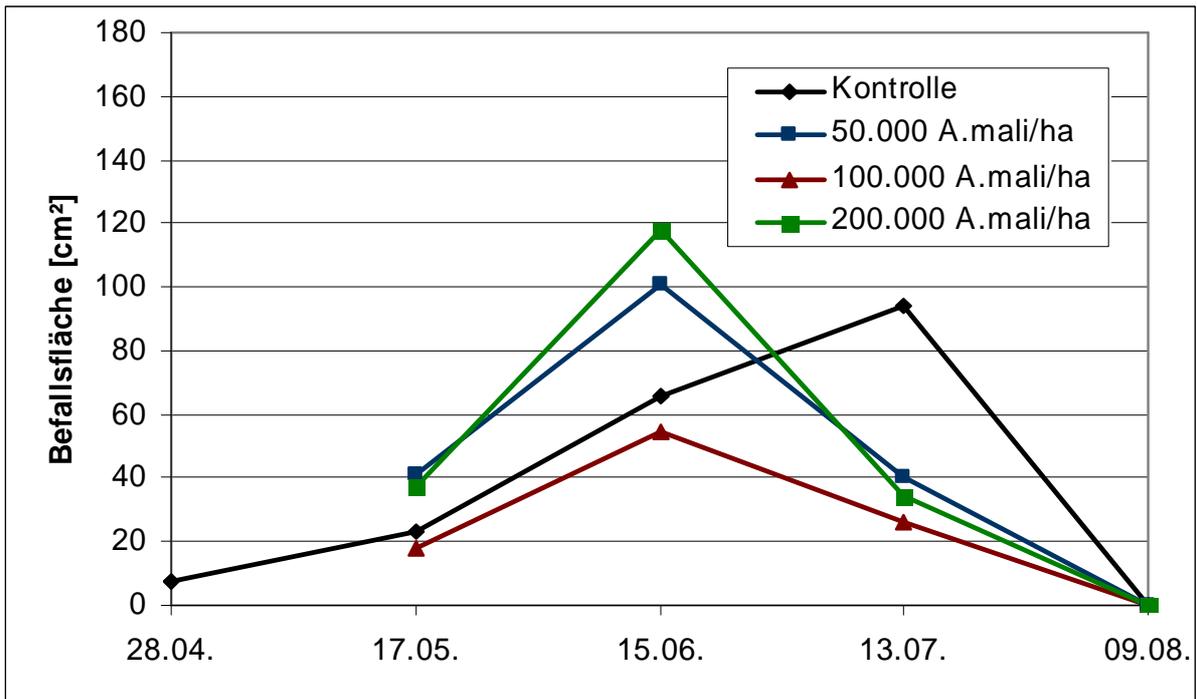


Abb.11: Befallsentwicklung am Standort Wiesbaden (Ausbringung: 17.05.04)

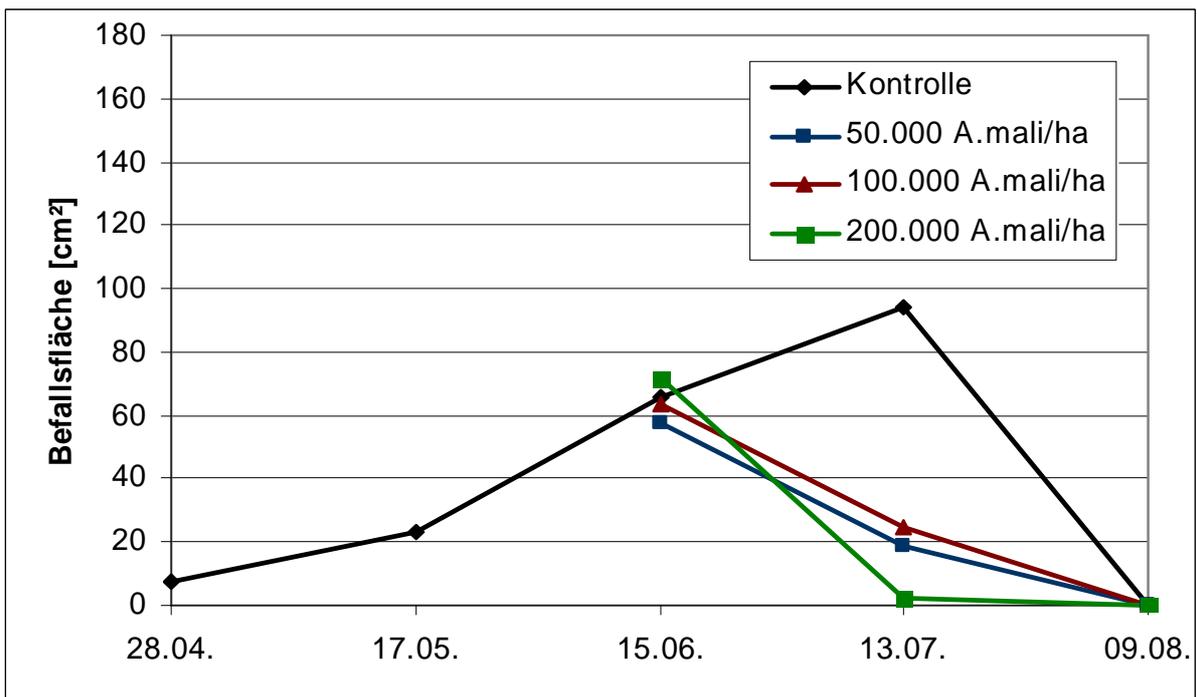


Abb.12: Befallsentwicklung am Standort Wiesbaden (Ausbringung: 15.06.04)

Weiterhin wurde in den Versuchen deutlich, dass eine Ausbringungsmenge von 50.000 *A. mali*/ha bei einem durchschnittlichen Blutlausbefall für eine erfolgreiche Bekämpfungsstrategie nicht relevant ist. Die zu erwartende Wirkung ist zu gering. Von einer erforderlichen Mindestmenge von 100.000 *A. mali*/ha ist auszugehen.

Standort Altes Land

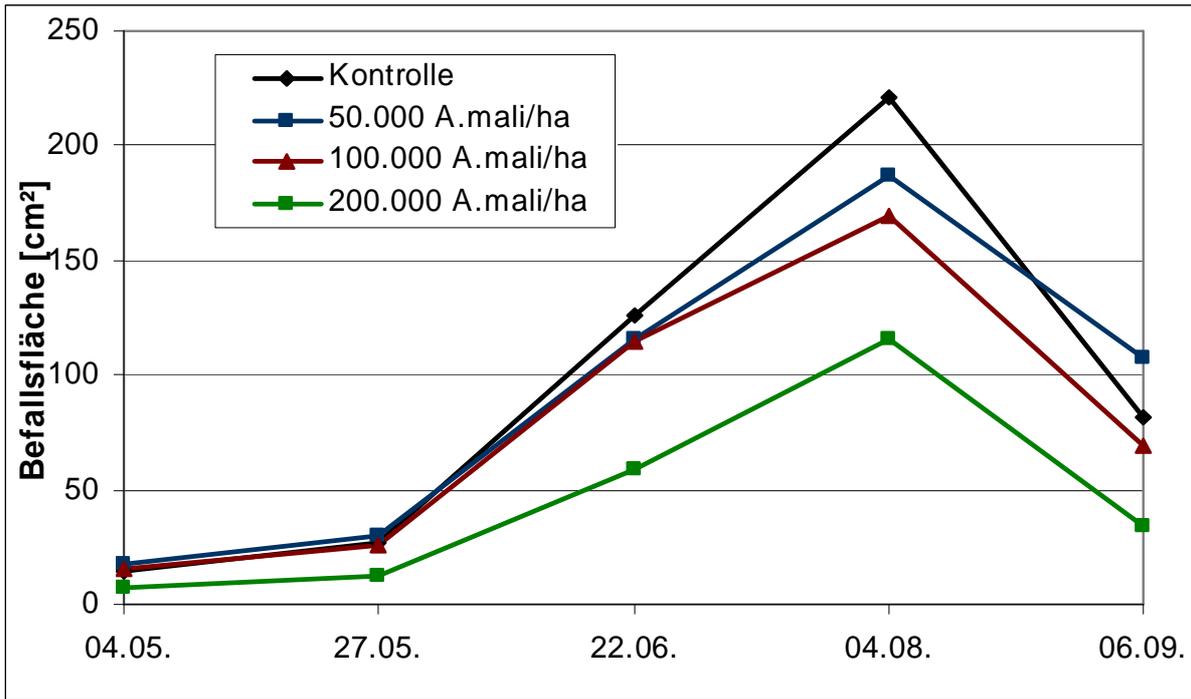


Abb.13: Befallsentwicklung am Standort Altes Land (Ausbringung:04.05.04)

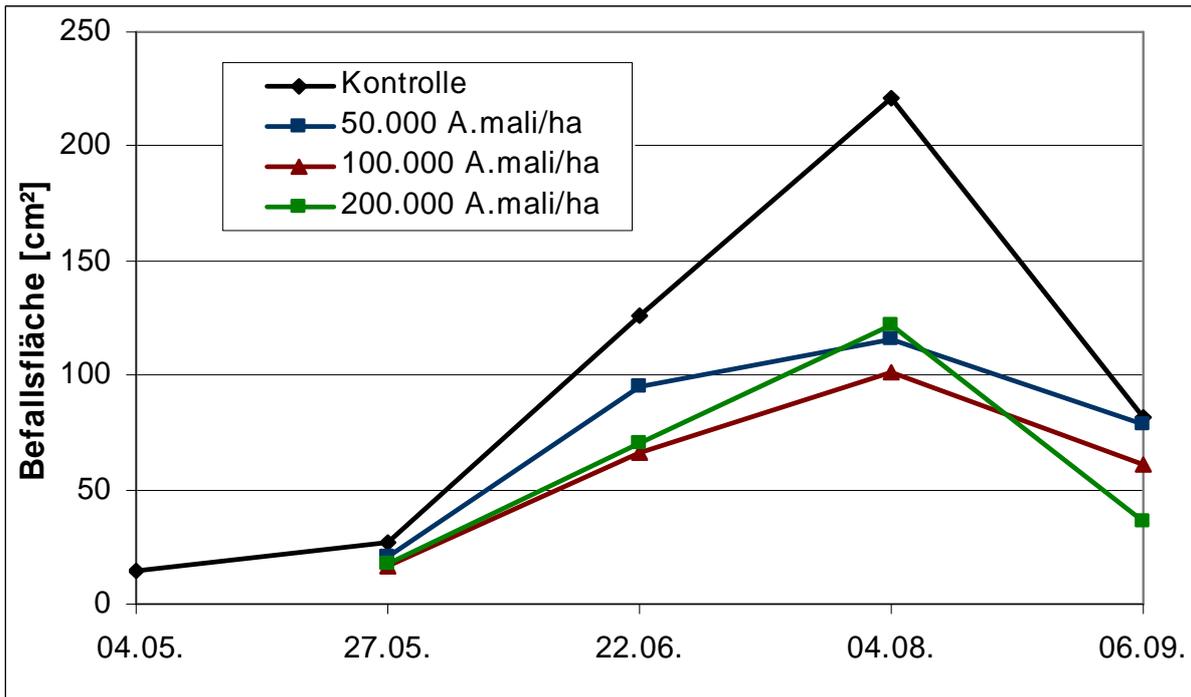


Abb.14: Befallsentwicklung am Standort Altes Land (Ausbringung:27.05.04)

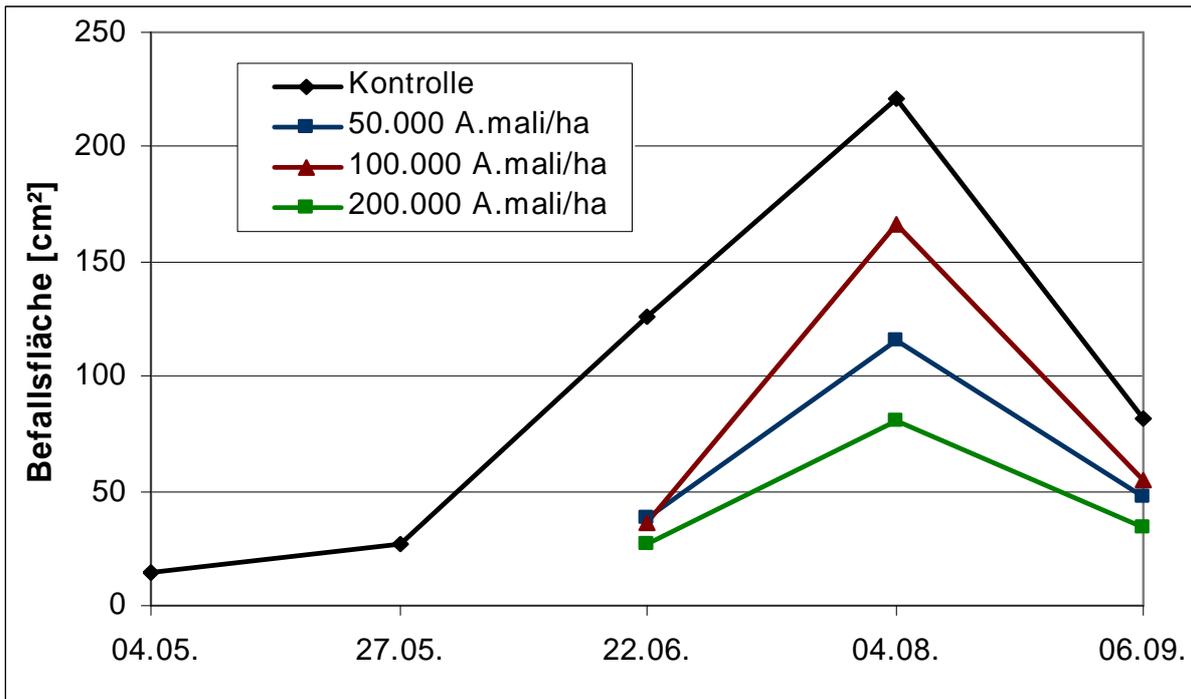


Abb.15: Befallsentwicklung am Standort Altes Land (Ausbringung:22.06.04)

Bis Anfang August wuchs die Blutlauspopulation am Standort Altes Land stark an, danach kam es zu einem schnellen Einbruch der Population. Nach Ausbringung von 200.000 *A. mali*/ha am ersten Ausbringungstermin konnte das starke Ansteigen der Blutlauspopulation verhindert werden. Dem dritten Termin kommt keine große Bedeutung zu, da es ab Anfang August bereits natürlicherweise zu einem Rückgang der Blutlauspopulation kommt.

Standort Bodensee

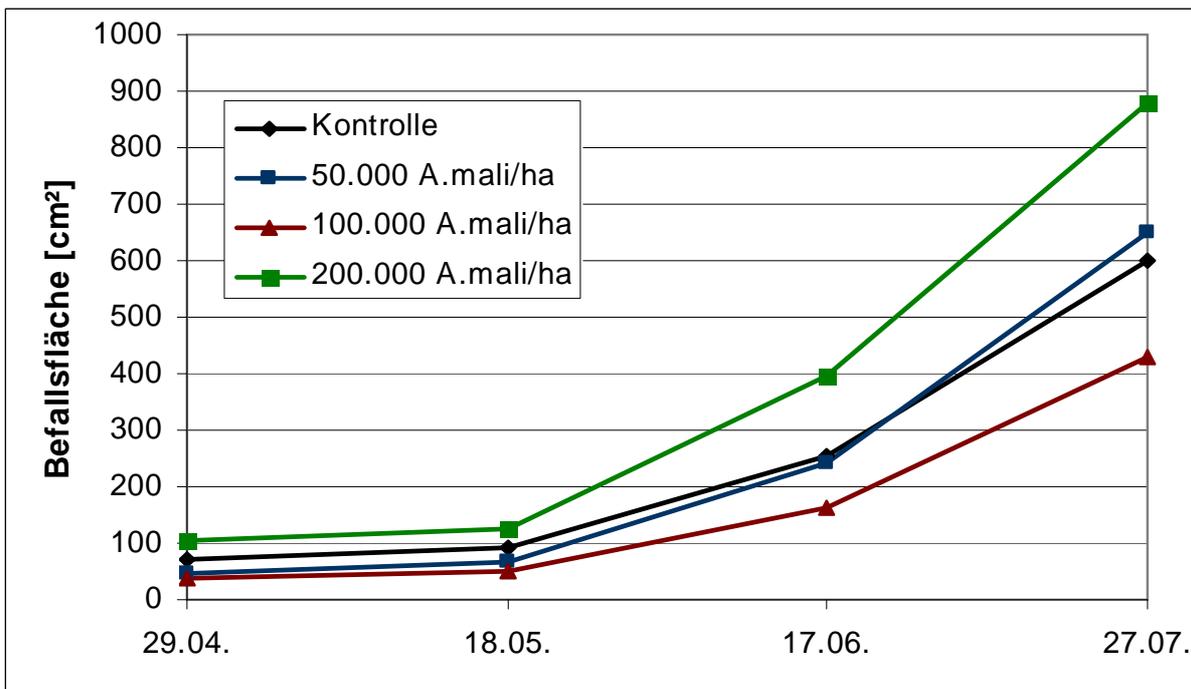


Abb.16: Befallsentwicklung am Standort Bodensee (Ausbringung:29.04.04)

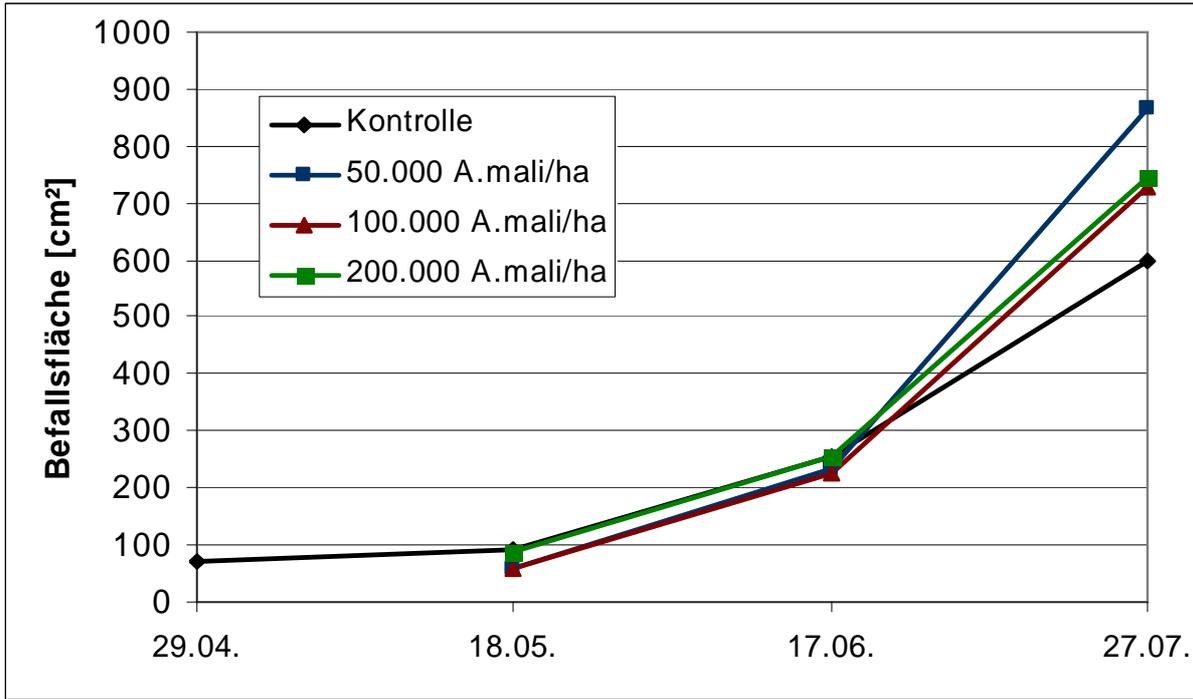


Abb.17: Befallsentwicklung am Standort Bodensee (Ausbringung:18.05.04)

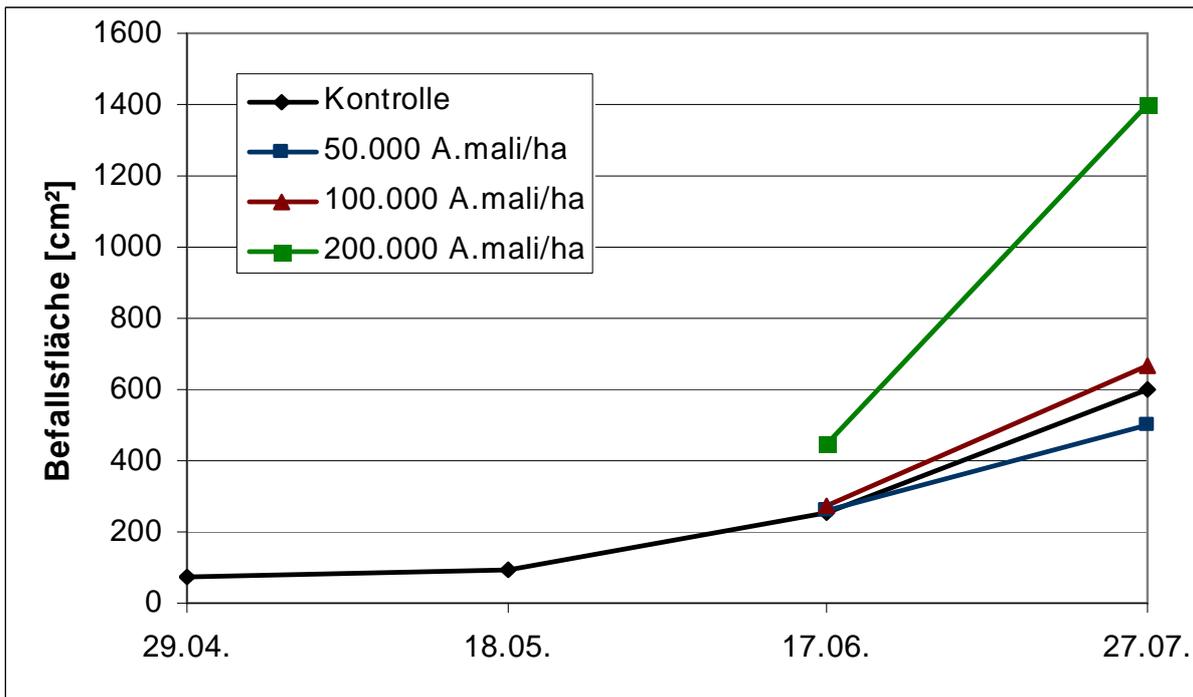


Abb.18: Befallsentwicklung am Standort Bodensee (Ausbringung:17.06.04)

Am Standort Bodensee kam es in allen Varianten und an allen Ausbringungsterminen zu einem ähnlichen Befallsanstieg wie in der Kontrolle. Aufgrund schlechter Witterung mussten die Mumien vor der Ausbringung teilweise mehrere Tage zwischengelagert werden. Durch einen verzögerten Schlupfverlauf war die Wirksamkeit der *A. mali* sehr gering. Ein Effekt zur Bekämpfung der Blutlaus konnte an diesem Standort nicht erzielt werden.

Freilandversuch 2

Der Freilandversuch 2 wurde ebenfalls um die Variante mit einer Ausbringungsmenge von 200.000 *A. mali*/ha erweitert. Dagegen wurde die Anzahl der Ausbringungsstellen pro Baum auf eine bzw. zwei reduziert. Da eine drei- oder vierfache Ausbringung pro Baum für die Praxis aus Zeit- und Kostengründen nicht realistisch wäre, wurden diese Varianten verworfen.

Tab.13: Ausbringungstermine Freilandversuch 2

Standort	Ahrweiler	Altes Land
Ausbringungstermin	25.05.04	03.06.04

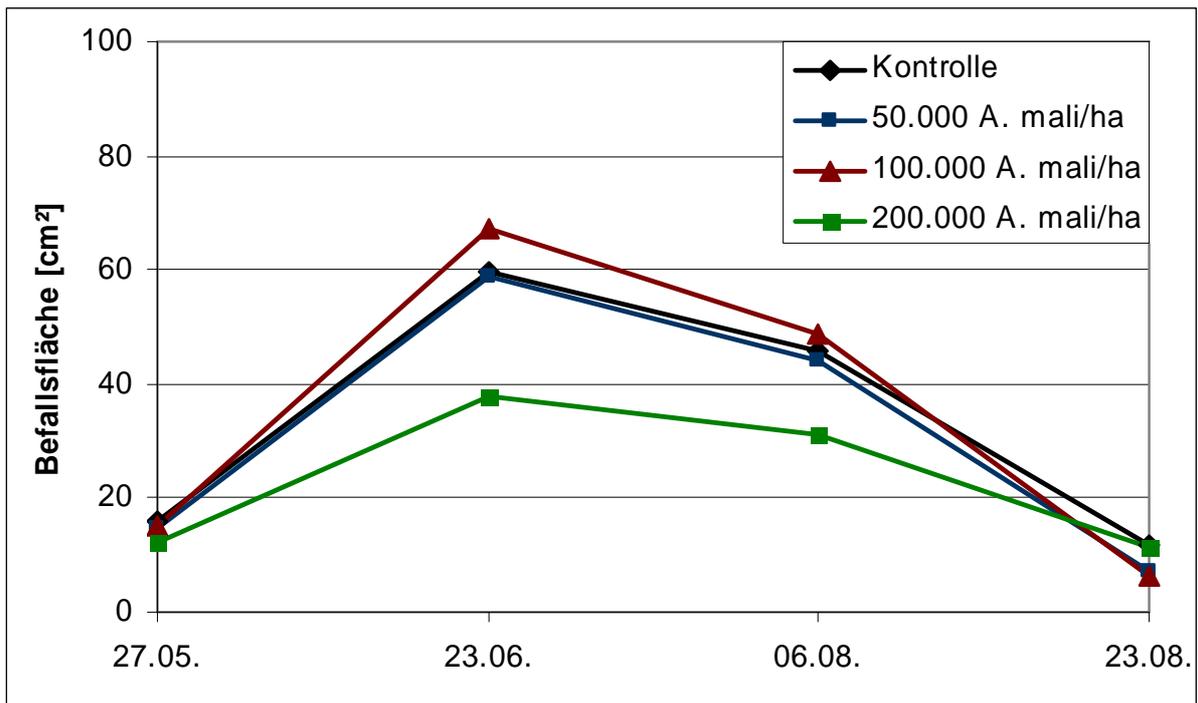


Abb.19: Befallsverlauf nach Ausbringung von einer Freilassungskärtchen pro Baum

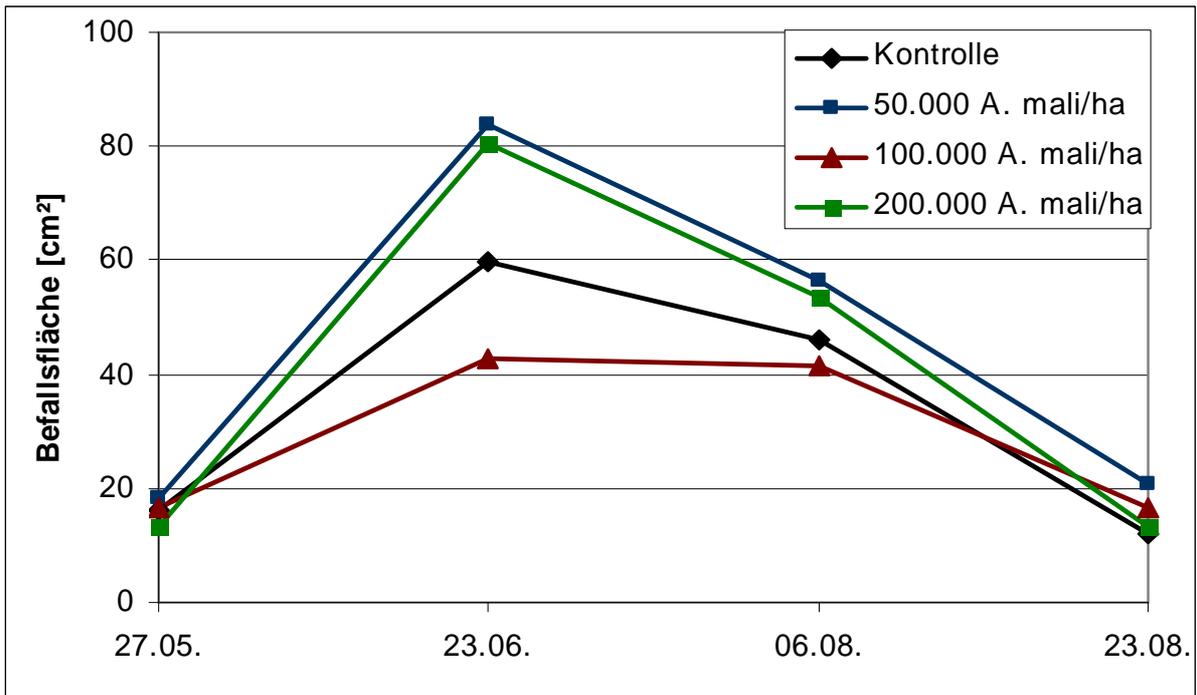


Abb.20: Befallsverlauf nach Ausbringung von zwei Freilassungskärtchen pro Baum

Zwischen den Varianten waren keine wesentlichen Unterschiede zu erkennen, generell war die Wirkung der Ausbringung auf einen Rückgang der Blutlauspopulation sehr gering. Ab Anfang Juni begann im Versuchsjahr 2004 die natürlich vorkommende Zehrwespenpopulation zu parasitieren, daher setzte auch in der Kontrolle ein Rückgang der Blutlauspopulation ein. Es konnten keine Unterschiede zwischen der Ausbringung an einer oder zwei Stellen im Baum festgestellt werden. Der Zeitaufwand bei der Ausbringung von einem Freilassungskärtchen pro Baum beträgt bei einer Pflanzdichte von 1.700 Bäume/ha etwa drei Stunden/ha. Beobachtungen ergaben, dass die Zehrwespe nicht sehr flugaktiv ist und sich deshalb vor allem springend fortbewegt. Daher kann bei starkem Befall davon ausgegangen werden, dass die Ausbringung in jedem Baum stattfinden muss. *A. mali* verhält sich phototroph positiv und wandert im Baum nach oben. Dementsprechend ist eine Ausbringung in der oberen Baumhälfte nicht sinnvoll. Aufgrund dieser Beobachtungen kann die Empfehlung gegeben werden, die Ausbringung in der unteren Baumhälfte vorzunehmen.

3.1.2 Schlupfkontrolle

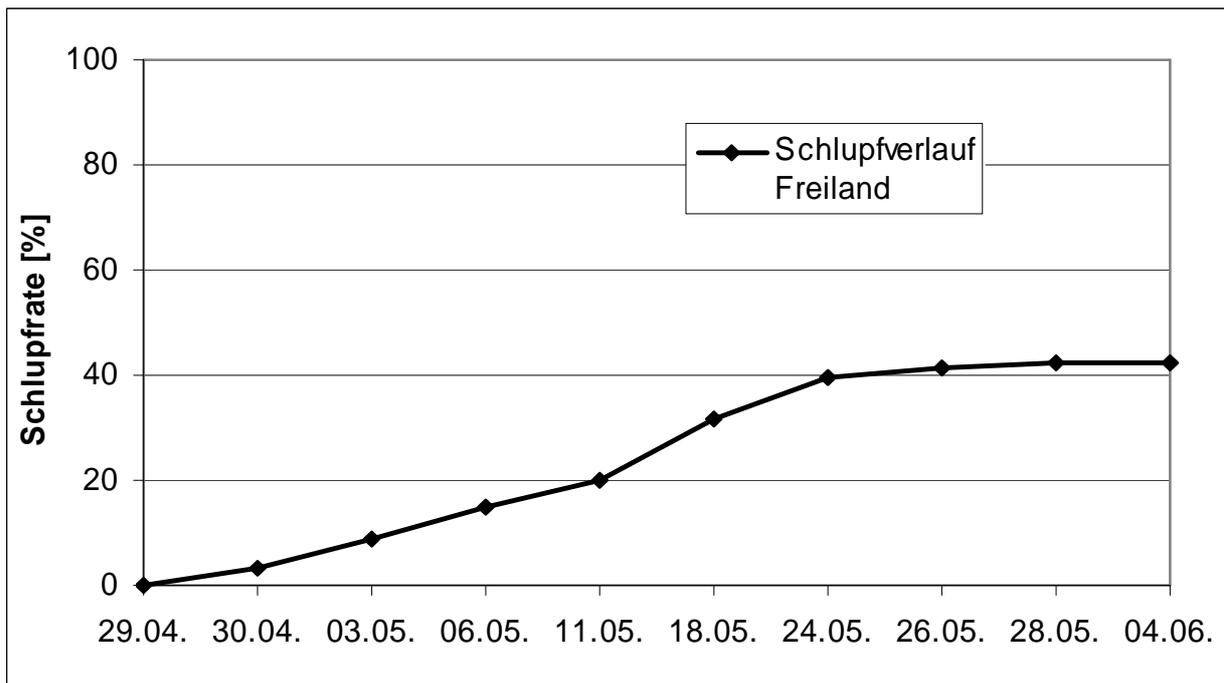


Abb.21: Schlupfverlauf im Freiland am Standort Ahrweiler (Durchschnitt aus zehn Freilassungskärtchen mit jeweils 50 Mumien)

Abb.21 verdeutlicht, dass sich der Schlupfverlauf der *A. mali* über einen Zeitraum von vier Wochen hinzieht. Insgesamt wird nur eine Schlupfrate von gut 40% erreicht. Zu erklären ist dieser Verlauf durch die mangelhafte Synchronisation der Mumien in der Zucht und die anschließende Kühlung, die zu einer weiteren Verzögerung im Schlupfablauf führte.

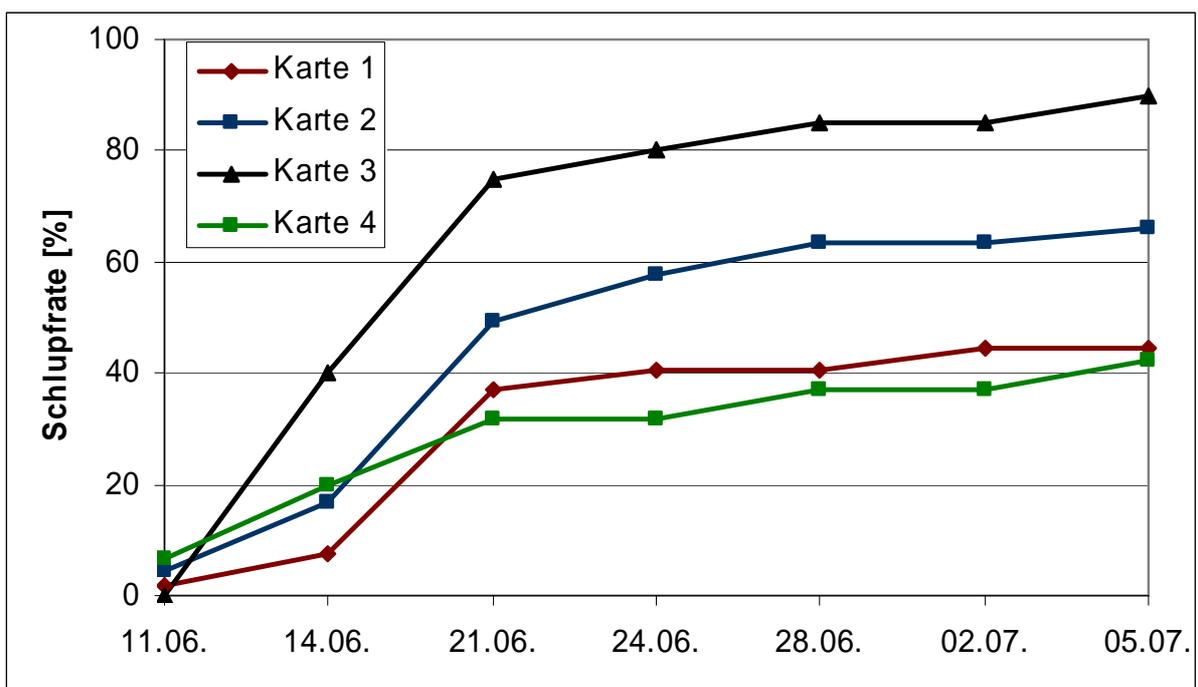


Abb.22: Schlupfverlauf im Labor (jeweils 50 Mumien pro Freilassungskärtchen)

Unter Laborbedingungen war der Schlupf der *A. mali* aus den Mumien nach etwa 2 Wochen abgeschlossen.

Tab.14: Schlupfkontrolle Ahrweiler

Datum	Standort	Schlupfrate
26.04.04	Draußen	42,82%
17.05.04	Labor	24,87%
25.05.04	Labor	18,62%
09.06.04	Labor	60,69%
15.06.04	Labor	41,55%

Tab.15: Schlupfkontrolle Altes Land

Datum	Standort	Schlupfrate
04.04.04	Draußen	43,84%
04.05.04	Labor	79,10%
07.05.04	Labor	51,13%
25.05.04	Labor	68,64%
11.06.04	Labor	75,28%

Tab.16: Schlupfkontrolle Bodensee

Datum	Standort	Schlupfrate
29.04.04	Draußen	43,84%
18.05.04	Labor	79,10%
17.06.04	Labor	68,64%

3.1.3 Detailversuche

Tab.17: Parasitierungsleistung der Zehrwespe bei verschiedenen Temperaturen (12h/12h Lichtperiode, 12h Tagtemperatur, 12h Nachttemperatur)

Temperatur	Parasitierungen/ <i>A. mali</i>
Raumtemperatur	24
Raumtemperatur	31
17,5°C / 10°C	8
12,5°C / 10°C	9
15°C / 10°C	8
17°C / 5°C	14
20°C / 5°C	19

Es zeigte sich, dass Parasitierungen durch die Zehrwespe auch bei relativ niedrigen Temperaturen von weniger als 15°C stattfinden, die Leistung jedoch sinkt. Um die Versuchsergebnisse zu bestätigen, waren für 2005 weitere Versuche geplant. Bei einem deutlichen Abfall der Parasitierungsleistung zu einem Zeitpunkt mit kühler, nasser Witterung im Frühjahr war eine Ausbringung nur bedingt sinnvoll.

In einem Halbfreilandversuch wurden in Anlehnung an den Freilandversuch verschiedene Ausbringungsmengen der Zehrwespen untersucht.

Aus dem Versuchsjahr 2004 ergaben sich weiterhin folgende Fragestellungen:

- Parasitiert die Zehrwespe bereits Kolonien, die noch keine Wachsausscheidungen aufweisen?
- Werden große Kolonien gegenüber kleinen Kolonien bevorzugt?
- Welchen Einfluss üben Witterungsbedingungen mit anhaltender Bewölkung auf die Zehrwespe und ihre Parasitierungsleistung aus?

Wie entscheidend ist der Einfluss der vorhandenen Lichtmenge?

3.1.4 Nebenwirkungsversuche

Ergebnisse Laborversuche *Aphelinus mali*

Bei den Versuchen zu Nebenwirkungen der beiden Schwefelpräparate und Kupfer auf *A. mali* führten Kumulus und Funguran zu sehr geringen Mortalitäten von $\leq 10\%$. Bei der Prüfung von Kumulus auf Glas ließen sich aus technischen Gründen maximal 2kg/ha applizieren, weil für eine dickflüssigere Spritzbrühe das Durchlassvermögen der Spritzdüse am Potter Tower nicht ausreicht. Schwefelkalk zeigte bei Kontakt auf Glas auch bei der niedrigen Aufwandmenge von 6l/ha deutlich schädigende Wirkung auf *A. mali* (Abbildung 23).

Das für *Aphidius rhopalosiphi* entwickelte Testsystem erwies sich als sehr gut geeignet für *A. mali*, da die Mortalität in den Kontrollvarianten sehr gering war (maximal 5%).

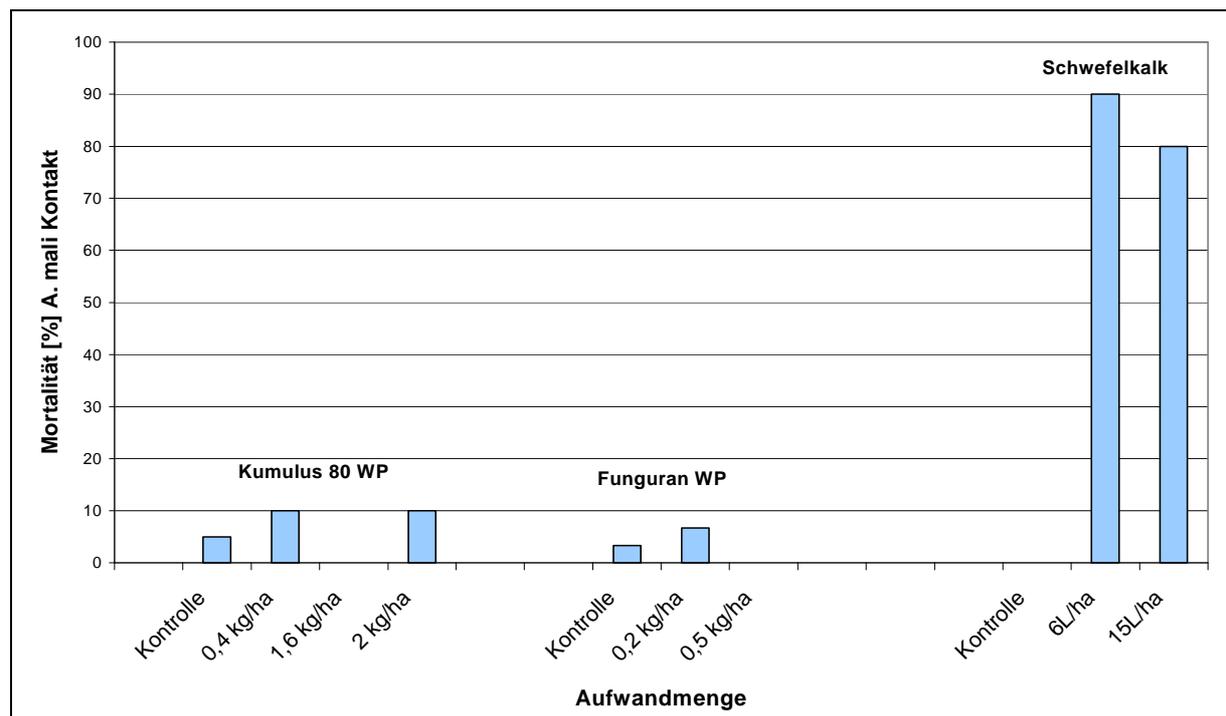


Abb.23: Kontaktwirkung auf Glas von Kumulus (Netzschwefel), Funguran (Kupferoxychlorid) und Schwefelkalk (Calciumpolysulfid) bei *A. mali*

Ergebnisse Halbfreilandversuch

In den Varianten Schwefelkalk und Quassia-Extrakt waren jeweils ein Containerbaum am Ende des Versuchs nur mit einer (Quassia-Extrakt) oder zwei Mumien (Schwefelkalk) und keiner lebenden Blutlaus besetzt und wurden nicht bei der Auswertung der durchschnittlichen Parasitierung pro Variante einbezogen.

Die Parasitierungsrate am Versuchsende ergab keinen Hinweis auf eine signifikante Schädigung der Zehrwespe in den behandelten Varianten und lag im Bereich der Ende Juli im Freilandversuch erhobenen Prozentzahlen. Adulte *A. mali* und Blutläuse in allen Stadien waren zu diesem Zeitpunkt noch aktiv.

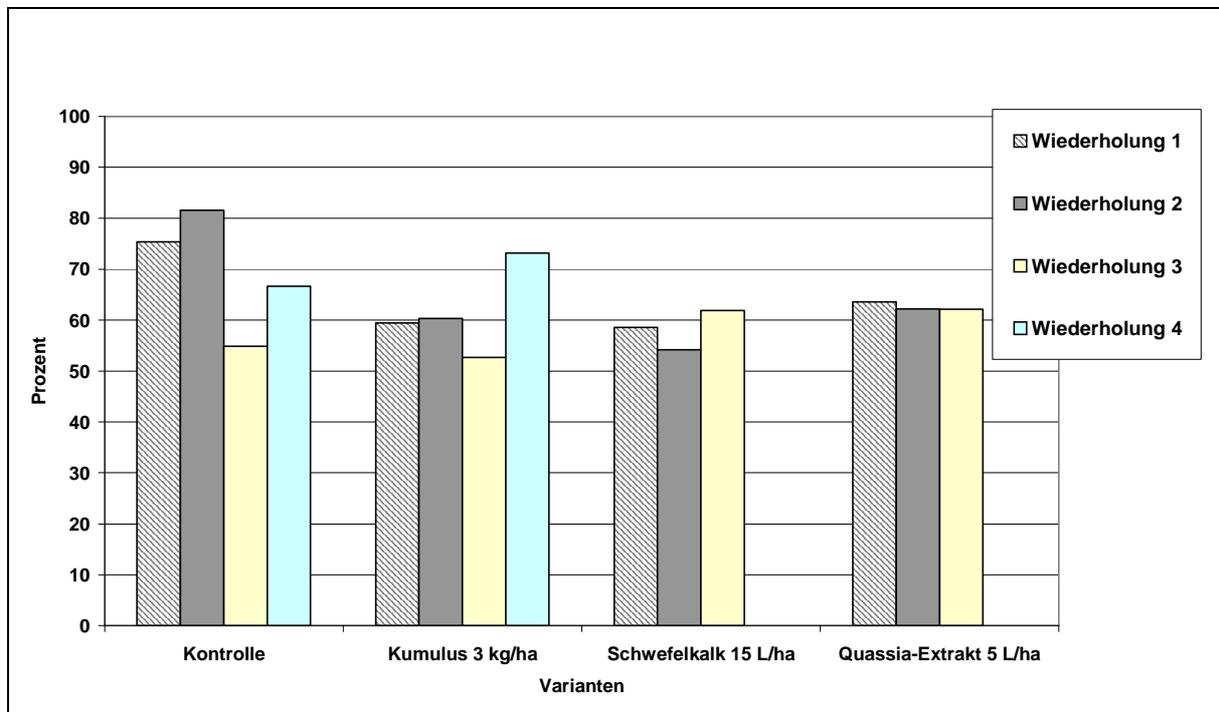


Abb.24: Prozentanteil parasitierter Blutläuse bei der Endauszählung im Halbfreilandversuch auf Containerbäumen (Höhe 1,8m)

Freilandversuch *Aphelinus mali*

Der Freilandversuch wurde Rödersheim - Gronau östlich des pfälzischen Haardtgebirges durchgeführt. Der Reihenabstand der Bäume beträgt 3,5m, der Pflanzabstand variiert zwischen 1,4m und 1,6m. Untersucht wurde, ob die Anwendung von Schwefelkalk und Netzschwefel die Population der Blutlauszehrwespe reduziert. Das wurde indirekt über die Flächenzunahme der Blutlauskolonien gemessen.

Material und Methoden Freilandversuch

Der Versuch fand in drei Reihen à 150 Bäumen der Sorte 'Golden Delicious' statt. Die Bäume wurden vor 21 Jahren auf der Unterlage M 29 gepflanzt. Die gesamte Versuchsfläche wurde in drei rechteckige Parzellen unterteilt. Jeweils 150 Bäume fasste man zu einer Behandlungseinheit zusammen. In jeder der drei Varianten wurden in der mittleren der drei Reihen 20 Bäume in zwei Zehnergruppen markiert, an denen von Anfang Mai bis Ende September regelmäßig alle mit Blutläusen befallenen Stellen durch eine Bonitur der Fläche erfasst wurden. Die Auswahl der Versuchsbäume erfolgte nach einem festen Schema: zehn Bäume Abstand zur Nachbarparzelle in den Randbereichen und zwischen den beiden Zehnerblöcken einer Variante ebenfalls einen Abstand von zehn Bäumen.

Tab.18: Aufteilung des Versuchsgeländes und Anordnung der Boniturbäume.

Süden

Reihe 1	Reihe 2 (Boniturreihe)	Reihe 3
50 Bäume Kontrolle	50 Bäume Kontrolle	50 Bäume Kontrolle
	Zehnerblock	
	Zehnerblock	
50 Bäume Netzschwefel	50 Bäume Netzschwefel	50 Bäume Netzschwefel
	Zehnerblock	
	Zehnerblock	
50 Bäume Schwefelkalk	50 Bäume Schwefelkalk	50 Bäume Schwefelkalk
	Zehnerblock	
	Zehnerblock	

Norden

Bonituren

Anfang Mai beginnend, wurden regelmäßig Flächenbonituren aller der mit Blutlaus befallenen Stellen an den markierten Versuchsbäumen durchgeführt. Das Vermessen der Befallsflächen wurde immer von derselben Person mit einer von IMMİK (2002) entwickelten Boniturschablone vorgenommen.

Um zu überprüfen, ob die Blutlauswespe in allen Varianten vorhanden und somit an der Dezimierung der Blutlauspopulation beteiligt war, wurden im Juli zwei Schnittholzbonituren an Bäumen außerhalb der markierten Zehnergruppen durchgeführt und die prozentuale Parasitierung ermittelt. Als von der Blutlauszehrwespe befallen, wurden nur deutlich schwarz verfärbte, schon immobile Blutlausmumien gezählt.

Begleitend wurden zwischen den einzelnen Bonituren Aufnahmen von den Befallsstellen mit einer Digitalkamera gemacht.

Ob Ohrwürmer in der Anlage sind, wurde an jeweils einem Baum pro Variante, mit zwei im Kronenbereich hängenden Rollen aus Wellpappe als Unterschlupf, regelmäßig von Juni bis September 2004 beobachtet. Es erfolgte keine statistische Auswertung dieser Daten. Es wurde lediglich die Anwesenheit von Forficuliden in den Parzellen überprüft.

Pflanzenschutzmaßnahmen

Tab.18: Parzelle 'Golden Delicious', Rödersheim

Gesamtanzahl der Bäume: drei Reihen mit insgesamt 450 Bäumen, aufgeteilt in drei Varianten mit jeweils 150 Bäumen (zwei mal Schwefelkalk, fünf mal Netzschwefel und Kontrolle).

Datum	Wirkstoff	l/ha oder kg/ha	Präparat
28.04.04	Schwefelkalk	15	Fa. Polisenio
07.05.04	Schwefelkalk	20	Fa. Polisenio
10.05.04	Netzschwefel	2,5	Kumulus
27.05.04	Netzschwefel Granulosevirus	2,5	Kumulus Madex 3
04.06.04	Netzschwefel Granulosevirus	2,5	Kumulus Madex 3
13.06.04	Netzschwefel Granulosevirus	2,5	Kumulus Madex 3
19.06.04	Netzschwefel Granulosevirus	2,5	Kumulus Madex 3

Ergebnisse Freilandversuch

Die Anzahl der in den Boniturblocken mit Blutlauskolonien besetzten Bäume (n=20) entwickelte sich in den Varianten wie folgt:

Kontrolle: Am 05.05.04 waren drei Bäume befallen, am 29.06.04 12 Bäume.

Schwefelkalk: Am 05.05.04 waren sechs Bäume befallen, am 29.06.04 17 Bäume.

Netzschwefel: Am 05.05.04 waren zwei Bäume befallen, am 29.06.04 14 Bäume.

In einer Zwischenbonitur konnte die Zehrwespe in allen Parzellen nachgewiesen werden. Ohrwürmer waren ebenfalls in allen Varianten in vorhanden.

Die Ausbreitung der Blutlaus erfolgte häufig in der Nachbarschaft stark befallener Bäume. In der Kontrollvariante waren drei Bäume mit Blutlauskolonien übersät und der Befall breitete sich auf die Nachbarbäume aus. Bei schwachem Befall waren keine Verteilungsmuster zu erkennen.

Die höchste Flächenausdehnung der Blutlauskolonien wurde in der Kontrolle erreicht. Das Herausnehmen der extrem befallenen Bäume bei der Berechnung des Zu- und Abnahmefaktors der Flächen brachte keine signifikanten Unterschiede zwischen dem Befall in den Parzellen.

Tab.19: Schnittholzbonituren auf Parasitierung im Juli 2004

Prozentanteil parasitierter Blutläuse		
Variante	21.07.04	28.06.04
Kontrolle	15-40%	10-70%
Netzschwefel	10-45%	35-70%
Schwefelkalk	15-50%	25-75%

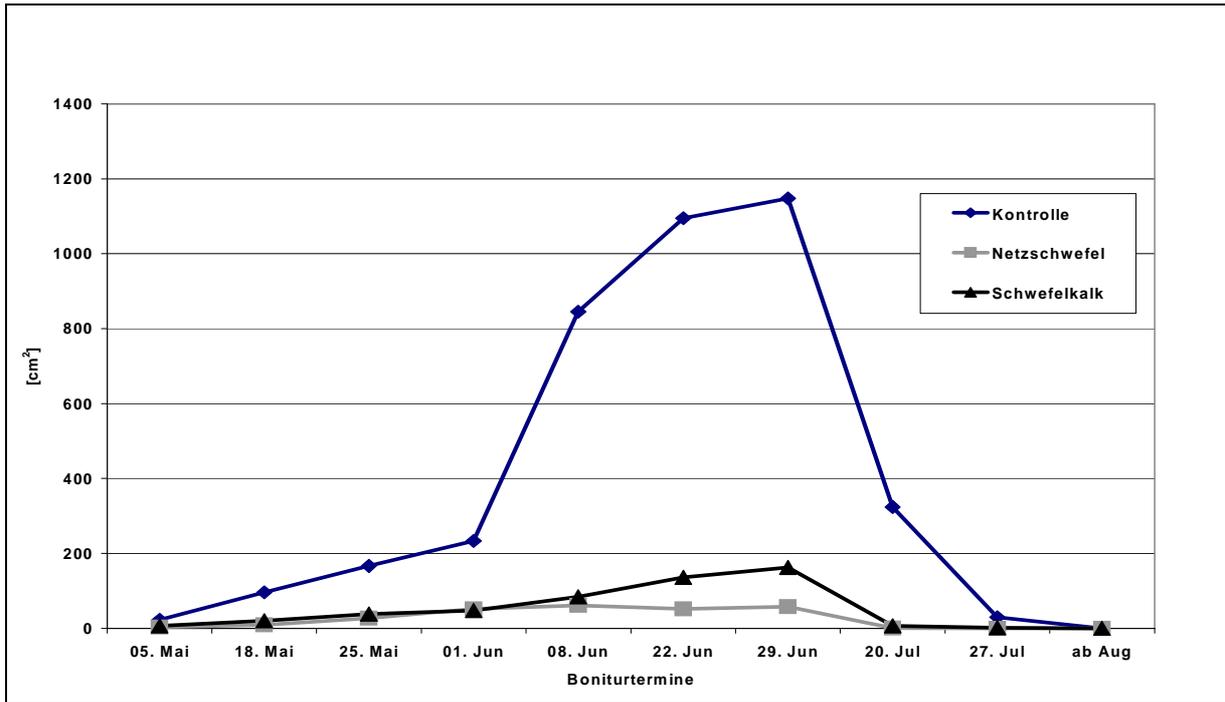


Abb.25: Summe der mit Blutlaus befallenen Fläche in den einzelnen Varianten

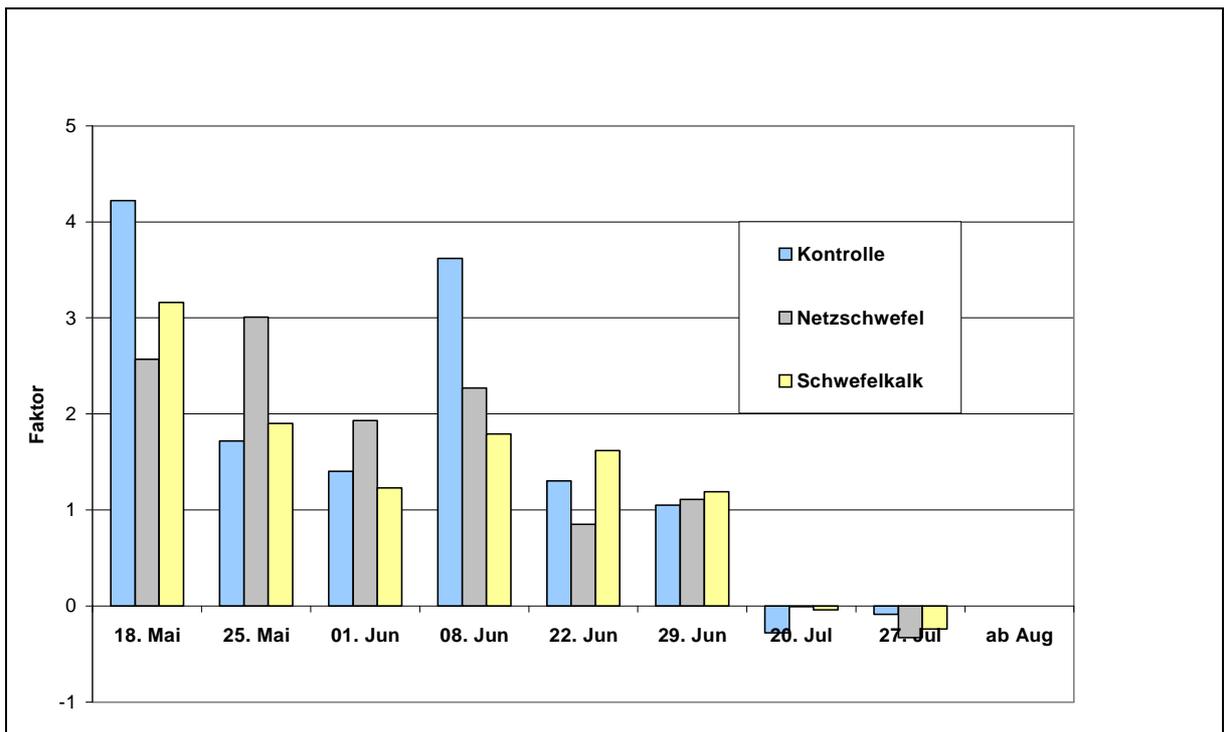


Abb.26: Der Faktor der Flächenzunahme in den einzelnen Varianten im Freilandversuch in Rödersheim/Rheinland-Pfalz

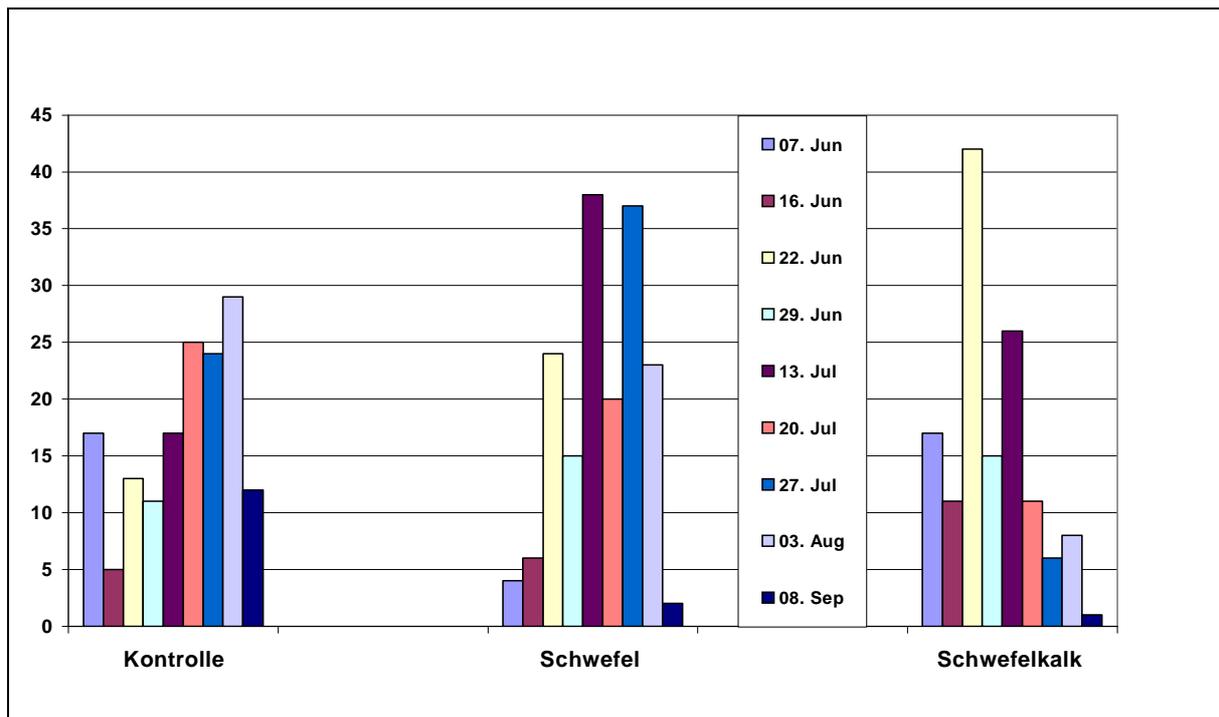


Abb.27: Die Anzahl der Ohrwürmer pro Baum von Juni bis September 2004 im Freilandversuch

Diskussion

Im Labor wirkt Schwefelkalk bei der Hälfte der in der Praxis üblichen Aufwandmenge auf adulte *A. mali* beim Kontakt mit frischen angetrockneten Belägen toxisch. Die im Versuch beobachtete Mortalität lässt keinen direkten Bezug zur Dosis erkennen. Der angetrocknete Belag bei einer Aufwandmenge von 6l/ha verursachte im Laborversuch bei *A. mali* noch eine hohe Mortalität von 90%.

Für *Trichogramma cacoeciae* liegen Ergebnisse vor, dass auf frischen und auf sieben Tage alten Spritzbelägen von 1,8%igem Schwefelkalk 100% Mortalität im Laborversuch zu beobachten war (Forschungsanstalt Geisenheim 2000). Es ist zu erwarten, dass Arthropoden, die von Schwefelkalkbrühe direkt getroffen werden, aufgrund der starken Alkalinität und der Schwefeldioxid- und Schwefelwasserstoffbildung, in den meisten Fällen nicht überleben. Für *Trichogramma* liegen weitere Labordaten für Schwefelkalk, 12l/ha und Netzschwefel (Bayer) 1,6kg/ha, vor, die auf eine größere Empfindlichkeit dieser Zehrwespe im Vergleich mit der Blutlauszehrwespe hinweisen (HASSAN et al 1994). Der im Labor mit 2kg/ha geprüfte Netzschwefel und das in gebräuchlicher Aufwandmenge untersuchte Kupferpräparat hatten nur geringfügige Auswirkungen auf die Überlebensrate von *A. mali*.

Obwohl im Halbfreilandversuch durch das PVC-Dach des Gewächshauses kein Abwaschen des Spritzbelags erfolgen konnte, baute sich in allen Varianten eine Zehrwespenpopulation auf. Bei den mit Schwefelkalk behandelten Containerbäumen war die Tendenz zu erkennen, dass die Besiedlung mit Blutläusen nach der Behandlung etwas gebremst verlief. Eine Zehrwespenpopulation baute sich trotzdem auf und beim Parasitierungsgrad bei der Endbonitur gab es keinen deutlichen Unterschied zu den anderen Behandlungsgruppen.

Im Freilandversuch verlief die Gesamtentwicklung beim Aufbau und Rückgang der Blutlauspopulation, trotz des sehr unterschiedlichen Anfangsbefalls in den einzelnen Varianten, recht homogen.

Aufgrund des höheren Ausgangswertes, war die Befallsfläche in der Kontrolle am größten und teilweise auch schwierig zu bonitieren. Im Juli, zur Zeit des stärksten Befalls, konnte bei drei Bäumen im Bereich der Kontrollparzelle der Flächenwert nur noch geschätzt werden. Die Populationsdichte der einzelnen Kolonien schwankt je nach Jahreszeit und der Lage der Befallsstelle am Baum. Nach IMMİK (2002) und HETEBRÜGGE (2003) kann man von Blutlauszahlen von 100 - 150 Tieren pro cm² ausgehen. Bei einer Bonitur Mitte Juli zählte IMMİK (2002) 115 Blutläuse pro cm². Die Zu- oder Abnahme der Flächen innerhalb der einzelnen Behandlungsgruppen als Faktor berechnet, ergab keine signifikanten Unterschiede. Ab Anfang Juni konnte man am Rückgang der Befallsflächen im Stammbereich die Aktivität der ausreichend vorhandenen Ohrwürmer gut erkennen, da einige Befallsstellen vollkommen weg gefressen waren. Dies ergab im Gesamtverlauf keinen negativen Trend in der Flächenentwicklung, weil zeitgleich der Blutlausbefall im Bereich der Krone und der Langtriebe fortschritt. Das Vorhandensein der Blutlauszehrwespe wurde an zwei Terminen im Juli in allen Varianten durch Schnittholzbonituren überprüft und bestätigt. In allen Versuchspartzen war *A. mali* durch parasitierte Blutlausmumien nachweisbar (Parasitierung zwischen 10 und 75%).



Abb.28: Marienkäfer *Coccinella septempunctata*

Ab Mitte Juni konnte man in der Versuchsanlage eine große Anzahl Coccinelliden, überwiegend *Coccinella septempunctata*, dabei beobachten, wie sie die Blutlauskolonien an den Langtrieben weg fraßen (Abb. 28).

Ab Anfang August waren alle Blutlauskolonien verschwunden oder parasitiert. Im September konnte kein Neubefall beobachtet werden. Bei einer abschließenden Begehung des Versuchsgeländes Ende Oktober, gab es einen minimalen Neubefall an bodennahen Ästen von drei Bäumen im Bereich der Kontrollparzelle, die im Mai schon stark befallen gewesen waren.

Zusammenfassung

Im Labor, im Halbfreiland und Freiland wurden die Nebenwirkungen von im Ökologischen Landbau gebräuchlichen Pflanzenschutzmitteln auf die Blutlauszehrwespe überprüft. Schwerpunkt war die Untersuchung von Schwefelkalk und Netzschwefel. Keines der in den vorliegenden Versuchen geprüften Pflanzenschutzmittel führte im Halbfreiland und im Freiland zu einer deutlichen Schädigung der Blutlauszehrwespe. Die beim Schwefelkalk im Labor bei *A. mali* beobachtete Kontakttoxizität bestätigte sich im Halbfreiland- und Freilandversuch nicht.

Die hohe Dichte weiterer Nützlinge wie dem Ohrwurm und dem Marienkäfer in der Versuchsanlage, lässt den Rückschluss zu, dass auch sie durch mehrfache Netzschwefel- und Schwefelkalkbehandlungen im Freiland nicht geschädigt wurden. Für alle Prüfsubstanzen wurden die Versuche mit für die Praxis relevanten Aufwandmengen durchgeführt.

Trotz der 2004 festgestellten hohen Nützlingszahlen im Freiland, ist der Anteil von *A. mali* an der Dezimierung des Blutlausbefalls als gesichert anzusehen, da Ende Juli eine Parasitierungsrate von bis zu 75% beobachtet wurde und sich im September keine zweite Blutlauspopulation aufbaute. Allerdings wäre mit Anfang August der Zeitpunkt der effektiven Blutlausbekämpfung für früh reifende Apfelsorten etwas spät gewesen.

Bei der Ausbringung adulter *A. mali* zur Bekämpfung der Blutlaus sollte die starke kontakttoxische Wirkung des Schwefelkalks berücksichtigt werden. Die Spritzungen mit Schwefelkalk sollten mit großzügigem Zeitabstand zur Freilassung stattfinden.

3.2 Versuchsjahr 2005

3.2.1 Freilandversuche

Standort Ahrweiler

Tab.20: Parasitierungsrate nach Freilassung von *A. mali* am 11.05.05, Sektion am 01.06.05

		Parasitierungsrate
Variante 1	Kontrolle	0,59 %
Variante 2	200.000 <i>A. mali</i> (Adulte)	4,62 %

Nach schwachem Ausgangsbefall brach die Blutlauspopulation in den Versuchsvarianten sowie in der Kontrolle sehr früh zusammen, so dass bis auf die erste Untersuchung der Parasitierungsrate keine weiteren Rückschlüsse auf die Wirksamkeit von *A. mali* aus Nützlingszucht gezogen werden konnten. Im Oktober war ein leichter Anstieg der Blutlauspopulation zu verzeichnen, es handelte sich dabei vor allem um kleine Kolonien an der Stammbasis.

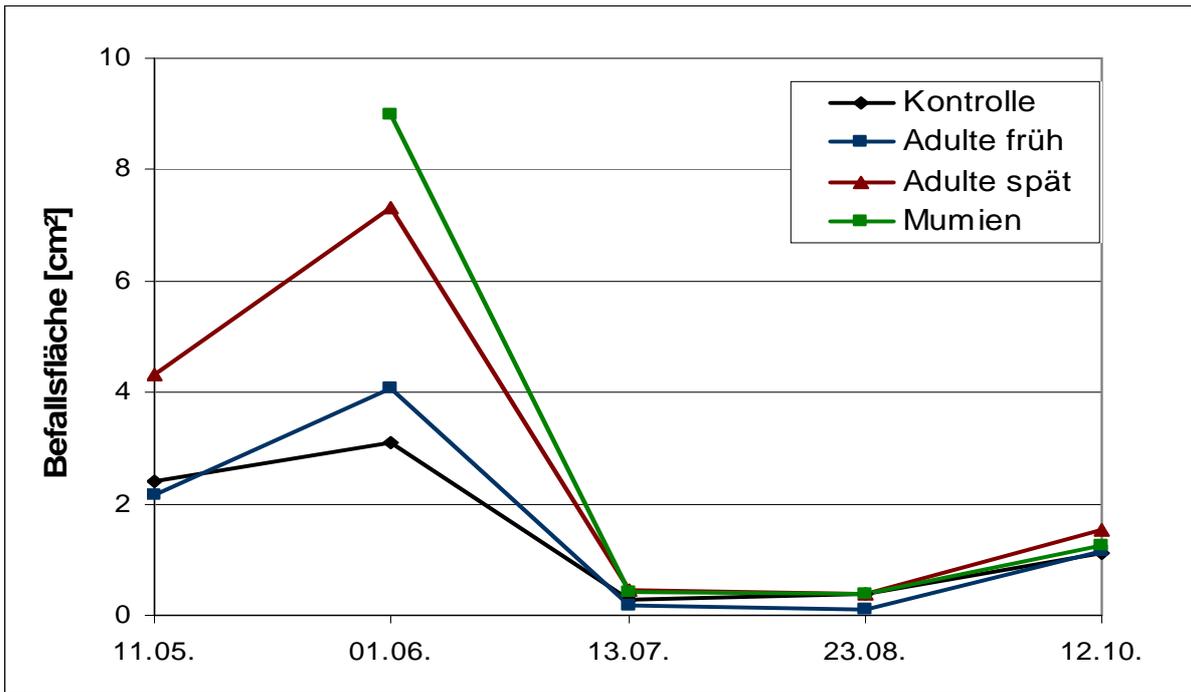


Abb.29: Befallsverlauf am Standort Wiesbaden

Standort Bodensee

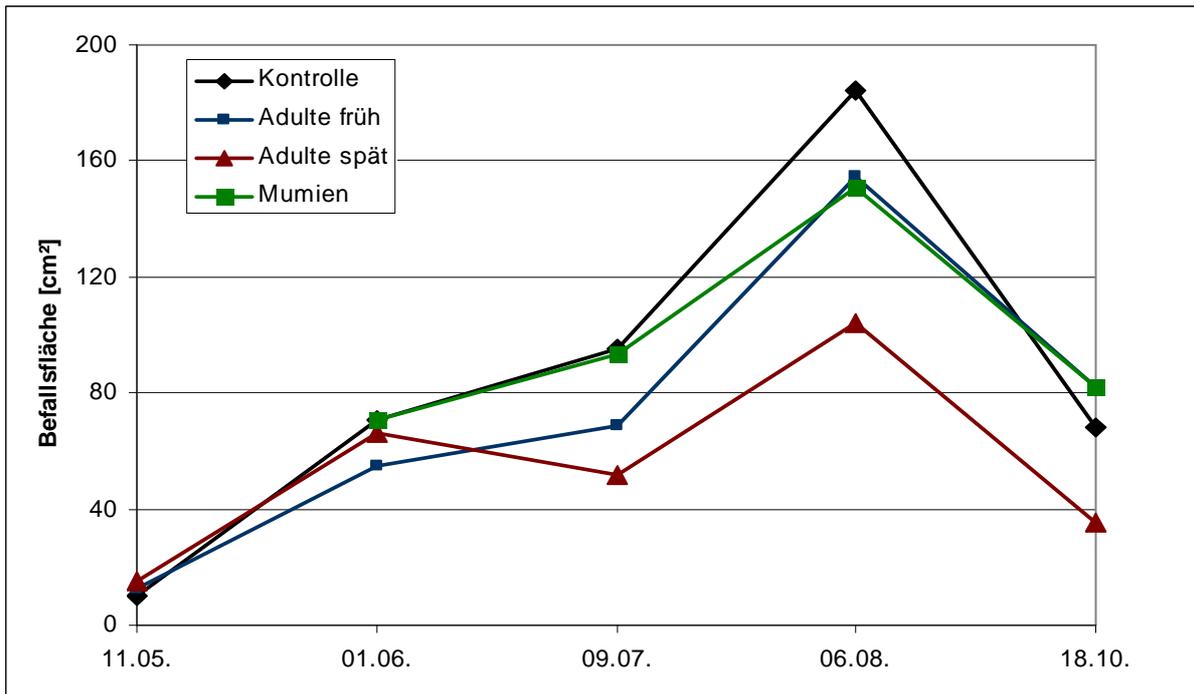


Abb.30: Befallsverlauf am Standort Bodensee

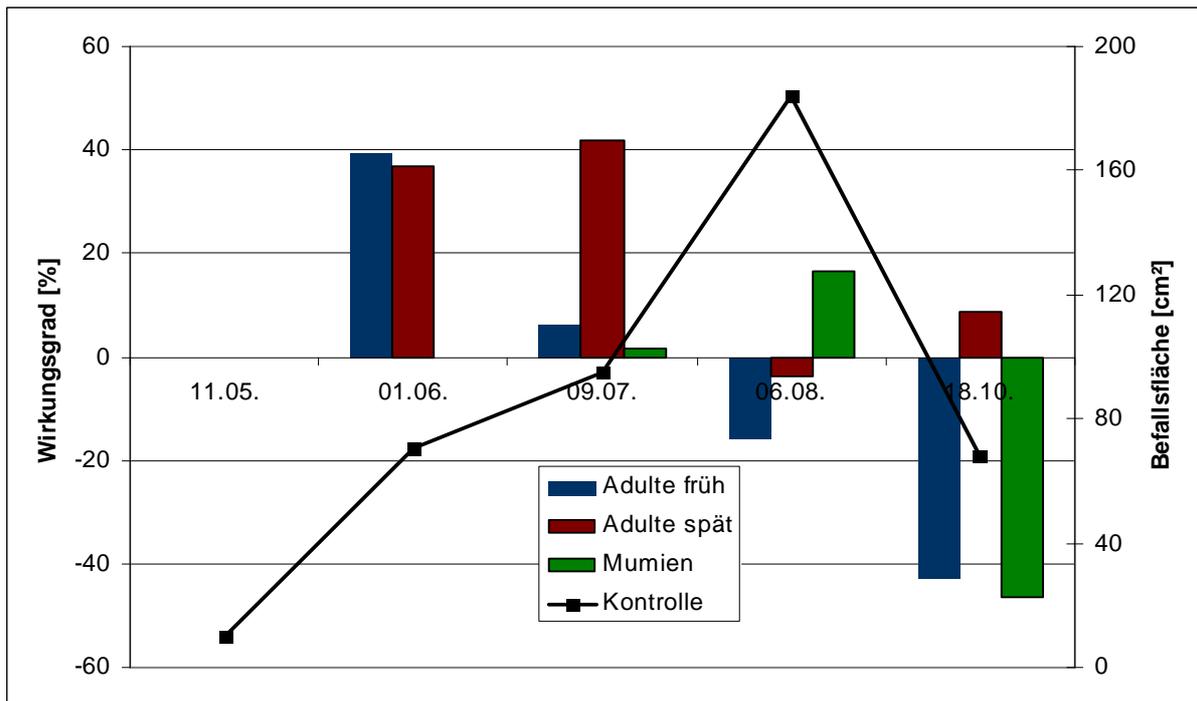


Abb.31: Wirkungsgrade am Standort Bodensee

Am Bodensee stieg die Blutlauspopulation bis Anfang August in allen Varianten an, am stärksten in der Kontrolle. Variante 3, in der adulte *A. mali* Anfang Juni ausgebracht wurden, zeigte nur einen schwachen Anstieg des Populationsverlaufs von *E. lanigerum*. Es wurde ein maximaler Wirkungsgrad von 42% erzielt (Abb.31). Unzureichend war der Einfluss der Mumienvariante auf den Blutlausbefall. Der Wirkungsgrad betrug hier 17%.

Standort Altes Land

Am Standort Altes Land baute sich im Jahr 2005 die Blutlauspopulation bis Mitte Juli sehr stark auf. Ebenso wie am Bodensee erbrachte der spätere Ausbringungstermin der adulten Zehrwespen Anfang Juni die besten Resultate. Der maximal erzielte Wirkungsgrad betrug 20% (Abb.33).

Es zeigte sich, dass der erste Ausbringungstermin (10.05.) zu keiner deutlichen Regulierung der Blutlauspopulation führte.

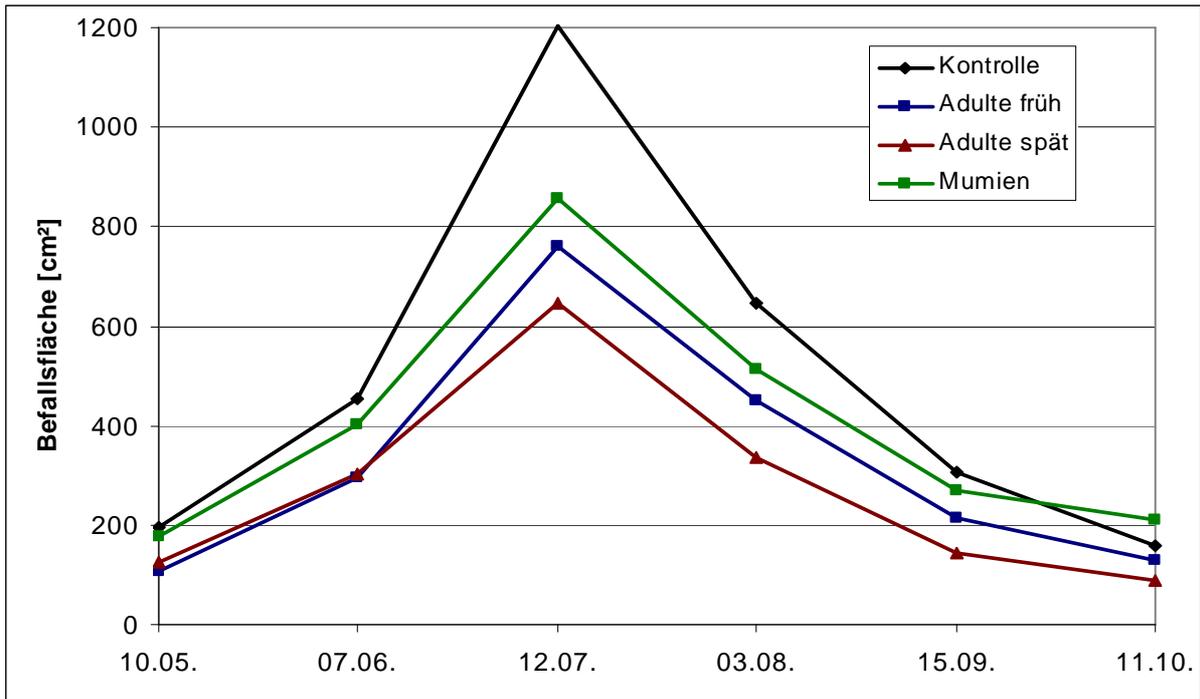


Abb.32: Befallsverlauf am Standort Altes Land

Erst der zweite Ausbringungstermin Anfang Juni führte zu einer Regulierung des Blutlausbefalls. Die erste Ausbringung fand unter deutlich schlechteren Witterungsbedingungen statt.

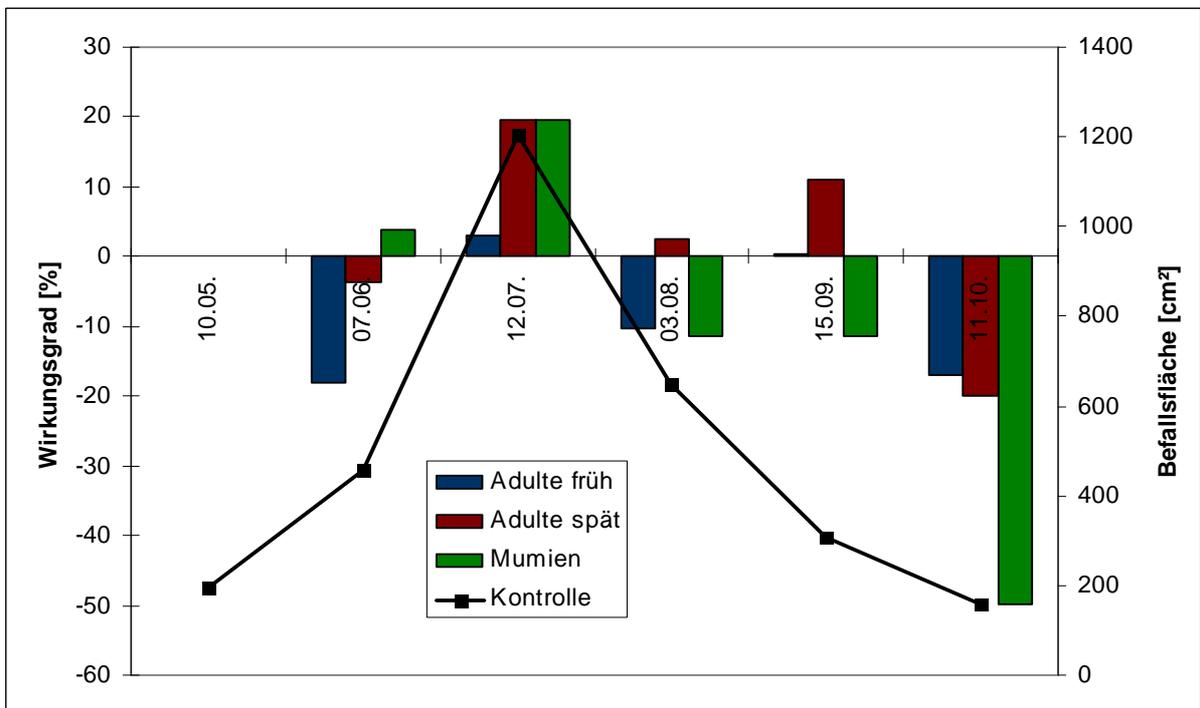


Abb.33: Wirkungsgrade am Standort Altes Land

Freilandversuch 2

In der Abbildung 34 ist der Befallsverlauf der Blutlauspopulation dargestellt. Grundlage der Grafik sind die Mittelwerte aller Versuchsbäume.

Zwischen der Kontrolle und den beiden Ausbringungsvarianten sind nur geringe Unterschiede zu erkennen. Vergleicht man, wie in Abbildung 10 dargestellt, nur die Ausbringungsbäume der Variante 3 (500 *A. mali* pro Baum, Ausbringung in jedem 5. Baum) mit der Kontrolle, so ist ein deutlich geringerer Befallsanstieg gegenüber der Kontrolle zu erkennen. Der erzielte Wirkungsgrad beträgt 42%.

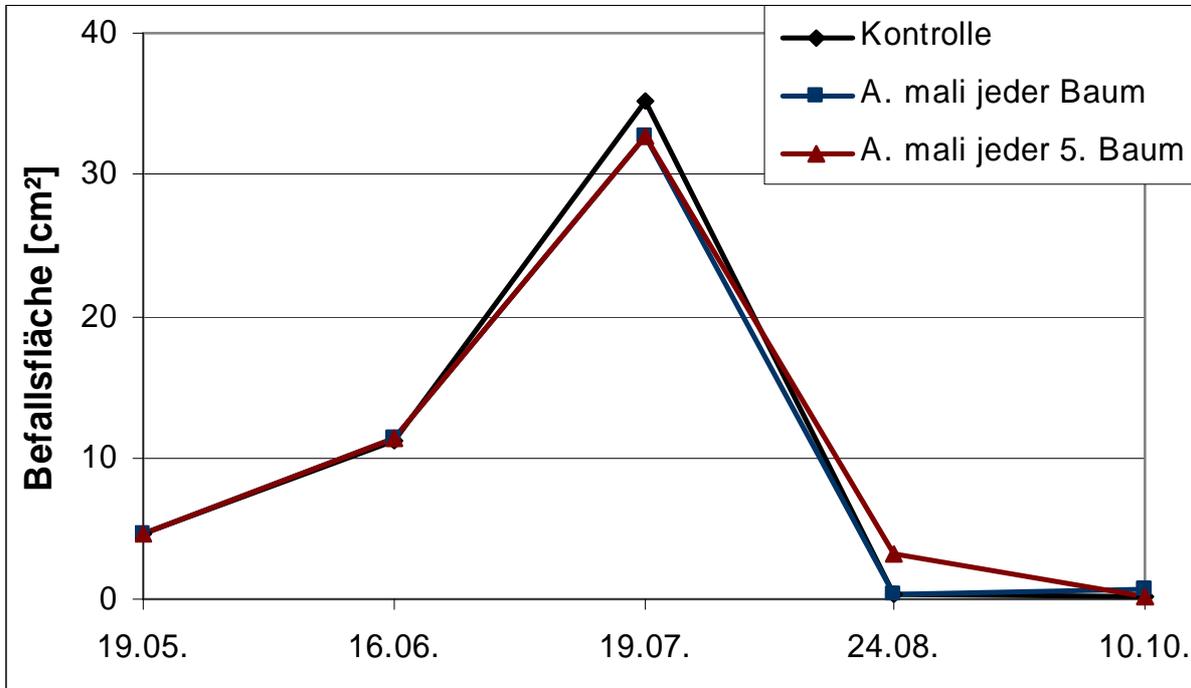


Abb.34: Befallsverlauf am Standort Ahrweiler

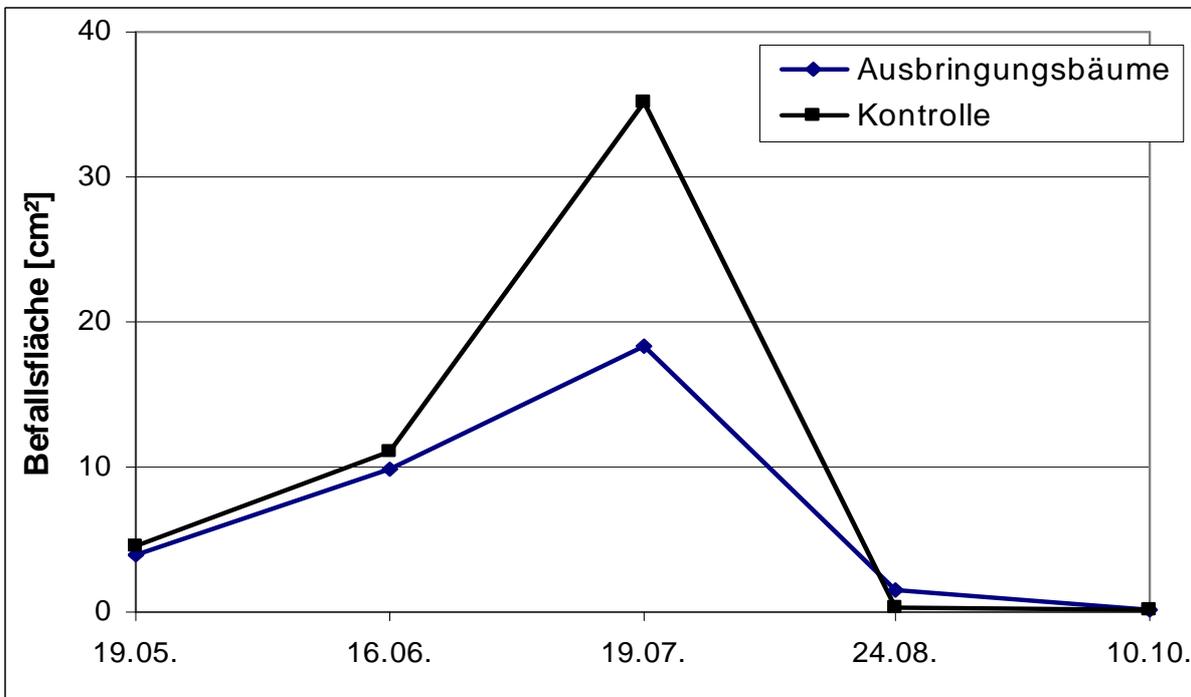


Abb.35: Befallsverlauf am Standort Ahrweiler, Vergleich Ausbringungsbäume Variante 3 mit Kontrolle

Der Freilandversuch 2 wurde nur an einem Standort durchgeführt, um die Durchführung von Versuchen zum Ausbreitungsverhalten von *A. mali* an mehreren Standorten zu ermöglichen. Diese Abänderung der Versuchsplanung wurde mit der Projektleitung abgesprochen.

3.2.2 Halbfreilandversuch

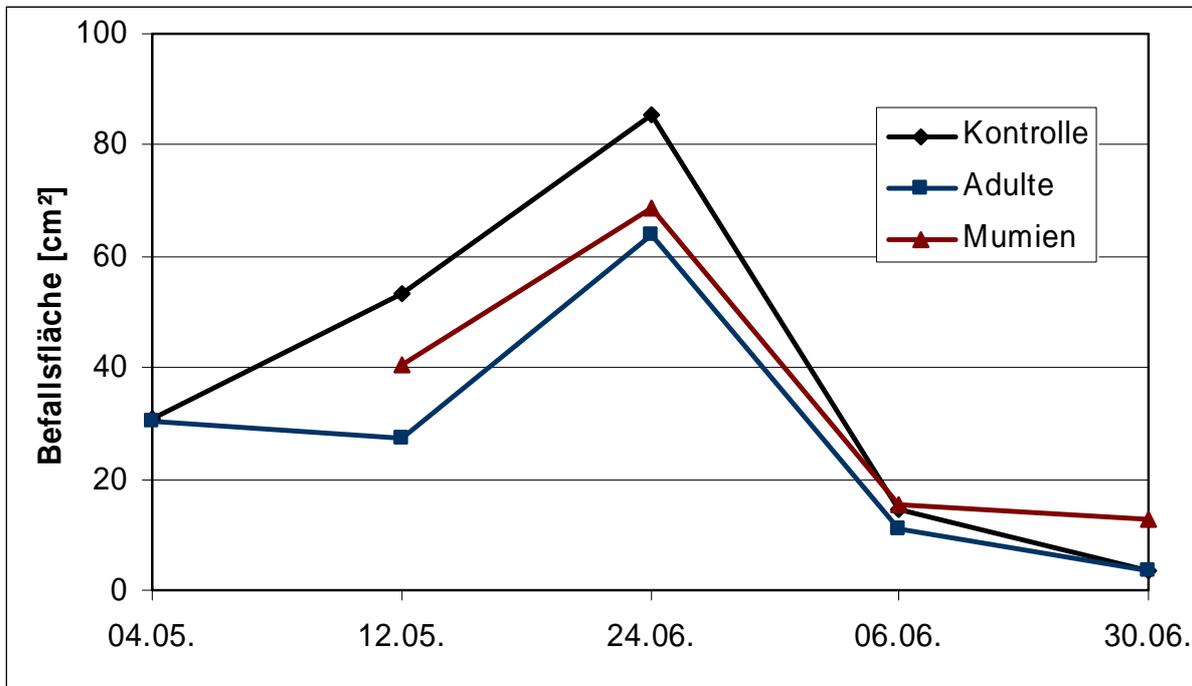


Abb.36: Befallsverlauf der Blutlauspopulation an Containerbäumen

Nach der Ausbringung von adulten *A. mali* sowie von Mumien stieg die Blutlauspopulation im Halbfreilandversuch so deutlich wie in der Kontrolle an. Bedingt durch die höheren Temperaturen im Folientunnel verlief die Entwicklung der *A. mali* sehr schnell, so dass es innerhalb von zwei Wochen zu einem deutlichen Einbruch der Blutlauspopulation kam, neben den Versuchsvarianten aber auch in der Kontrolle.

3.2.3 Schlupfkontrolle

Am Standort Ahrweiler konnte vor dem 22.04. kein Schlupf festgestellt werden, am 06.05. war der Schlupf abgeschlossen. Deutlich zu erkennen ist der Einfluss des Sonnenlichts auf den Schlupf. Nach dem Schnitt der Reiser wurden diese unter dem Binokular auf den Mumienbesatz hin untersucht, die großen Unterschiede zwischen den Standorten lassen sich jedoch vermutlich mit dem unterschiedlichen Besatz erklären.

Tab.21: Schlupfkontrolle

Gelbtafelfänge						
Herkunft	Wiesbaden		Nierstein		Bölingen	
Datum	Sonne	Schatten	Sonne	Schatten	Sonne	Schatten
22.04.2005	6	0	8	0	89	0
06.05.2005	2	2	10	3	154	10

3.3.4 Detailversuche

Verteilung von *A. mali* in der Apfelanlage

Untersucht wurde das Ausbreitungsverhalten von *A. mali* nach der Freilassung. Die Methoden sind in Tabelle 5 dargestellt. Der schwarz markierte Baum stellt den Ausbringungsbaum dar, die umrandeten Bäume markieren die Reichweite der Zehrwespen.

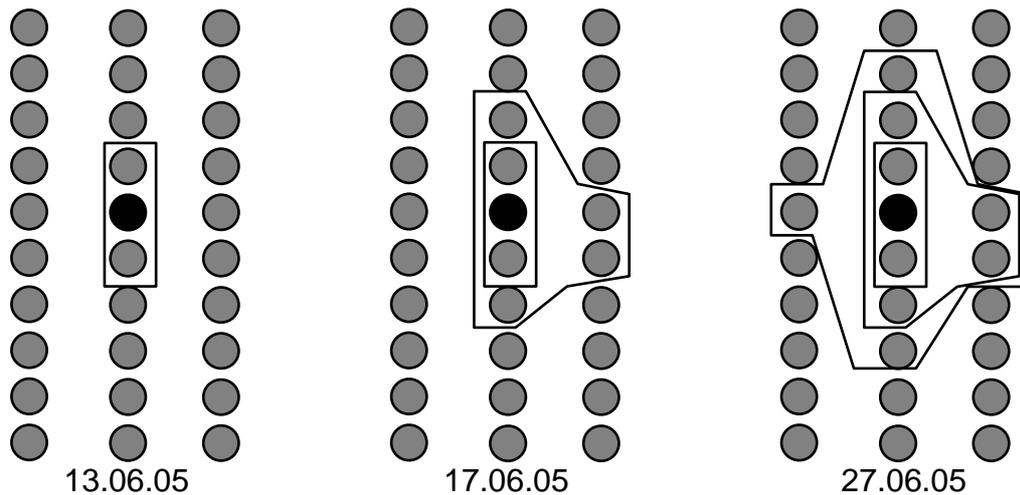


Abb.37: Ausbreitung von *A. mali*, Standort Ahrweiler

Der Nachweis der Verbreitung von *A. mali* in der Apfelanlage mit Hilfe von Gelbtafeln macht deutlich, dass sich die Zehrwespen aktiv nur langsam verbreiten und vor allem in der Reihe, in der die Freisetzung stattfand, verbleiben. Nach zwei Wochen war die maximale Verbreitung erfolgt, *A. mali* war in der Reihe bis zu maximal vier Bäume vom Ausbringungsbaum entfernt aufzufinden und in keinem Fall weiter als eine Nachbarreihe auf den Gelbtafeln nachzuweisen.

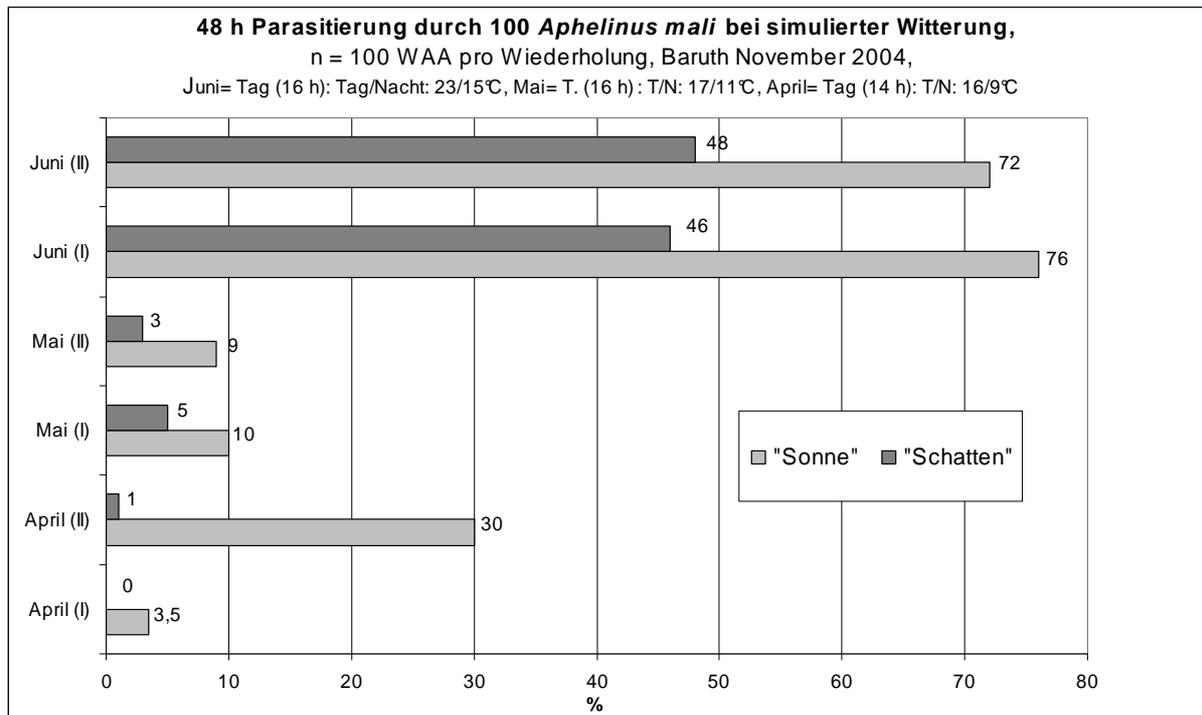
Die Klopfmethode am Bodensee erbrachte keinen Hinweis auf den Verbleib der ausgebrachten Zehrwespen, es wurde kein einziges Tier wieder gefunden. Im Alten Land wurde auf den Gelbtafeln kein Zuflug von *A. mali* festgestellt.

Parasitierungsleistung



Abb.38: Parasitierung einer Blutlaus durch *A. mali*

Untersuchungen im Versuchsjahr 2004 ergaben, dass auch bei niedrigen Temperaturen Parasitierungen durch *A. mali* stattfanden, die Leistung der Parasitierung jedoch sinkt. In diesem Jahr wurde bei der Firma Katz Biotech ein Versuch durchgeführt, bei dem die Parasitierungsleistung in unterschiedlichen Temperaturbereichen sowie verschiedenen Lichtintensitäten untersucht wurde. Simuliert wurden die Durchschnittstemperaturen für die Monate April, Mai und Juni, jeweils in einer „Licht“ und „Schatten“-Variante.



Quelle: Ellen Elias, Katz Biotech

Abb.39: Parasitierungsleistung von *A. mali* bei simulierter Witterung

Abbildung 39 verdeutlicht, dass die Parasitierungsleistung deutlich von der Temperatur beeinflusst wird.

Einen entscheidenden Einfluss darauf hat auch die zur Verfügung stehende Lichtmenge. Hohe Lichtintensitäten fördern die Parasitierungsleistung.

Suchverhalten

Untersuchungen zum Suchverhalten der *A. mali* lassen folgende Rückschlüsse zu:

- *A. mali* reagiert stark phototroph und wanderte häufig zunächst an die obere Begrenzung des Kastens.
- Im schnellsten Fall konnte die erste Parasitierung nach ca. 20 min. beobachtet werden, der Durchschnitt lag bei 30 bis 45 Minuten.
- Die Parasitierungen erfolgen unabhängig von der Koloniegroße. Auch einzelne Blutläuse wurden auffindig gemacht und parasitiert. Das Auffinden einer einzelnen Blutlaus ist in Abbildung 40 dargestellt.



Abb.40: *A. mali* beim Auffinden einer einzelnen Blutlaus

- Der Bedeckungsgrad durch die Wachsausscheidungen hatte keinen Einfluss auf die Parasitierungen durch *A. mali*, „nackte“ Kolonien, bei denen die Wachsausscheidungen abgewaschen worden waren, wurden genauso parasitiert wie mit Wolle versehene Kolonien.

3.3.5 Ergebnisse der Applikationsversuche zur Befallsminderung

Einsatz von Micula, Essigsäure, Schwefelkalk

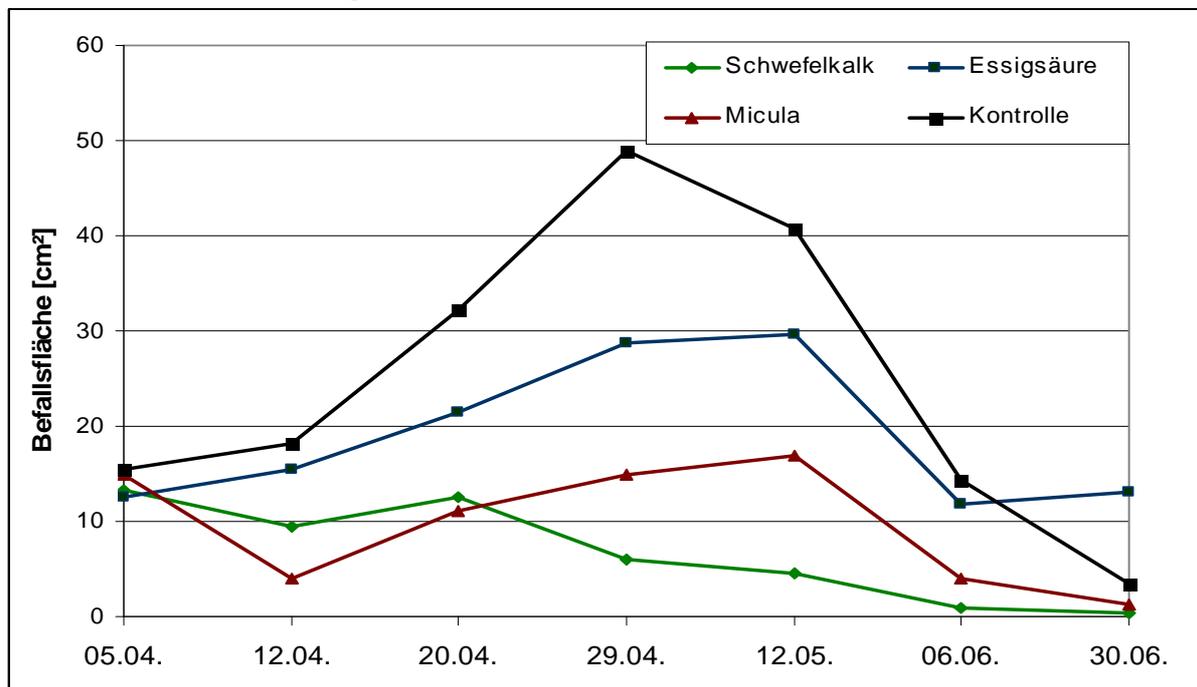


Abb.41: Befallsverlauf der Blutlauspopulation

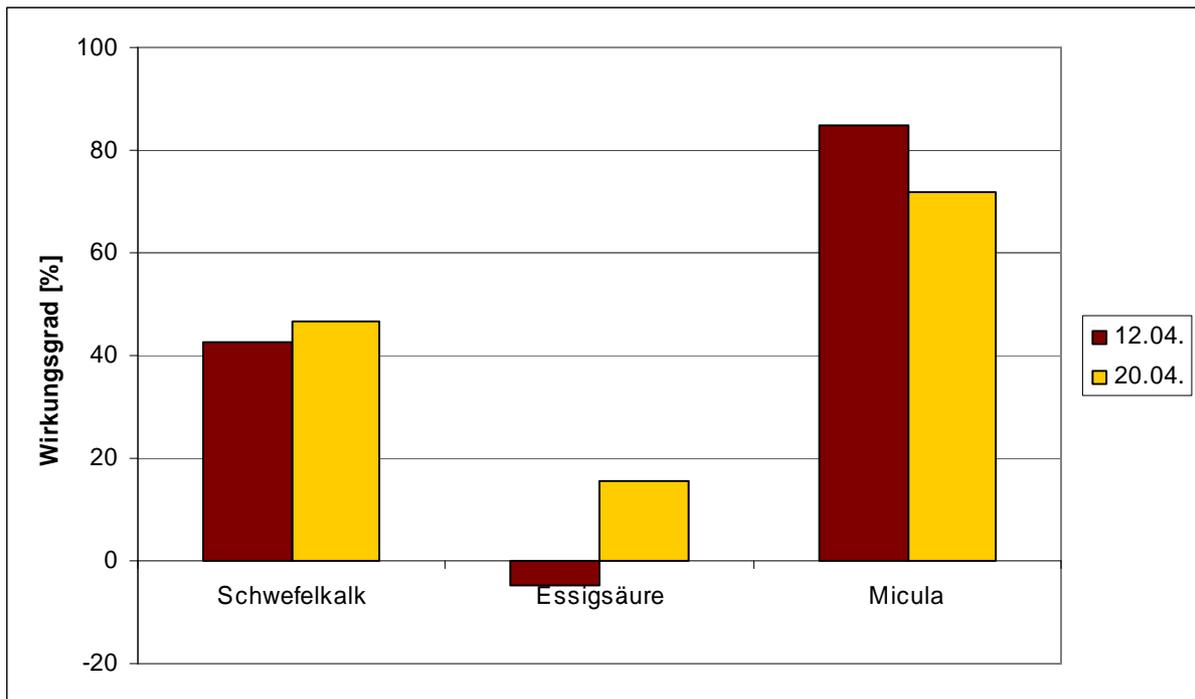


Abb.42: Wirkungsgrade von Schwefelkalk, Essigsäure und Micula

Verglichen mit den herkömmlich zur Blutlausbekämpfung eingesetzten Mitteln Schwefelkalk (20%ig) und Essigsäure (3%ig) erreicht das Rapsölpräparat Micula (2%ig) in einem Halfreilandversuch an Containerbäumen der Sorte `Fuji` eine sehr deutliche Reduktion des Blutlausbefalls. Es wurde ein Wirkungsgrad von über 80% erzielt (Abb. 42).

Zu bedenken bleibt, dass der Einsatz von Ölpräparaten vor der Blüte nicht die volle Wirksamkeit erreicht und es bei einem späteren Einsatztermin bei Micula zu Blattschäden kommen kann.

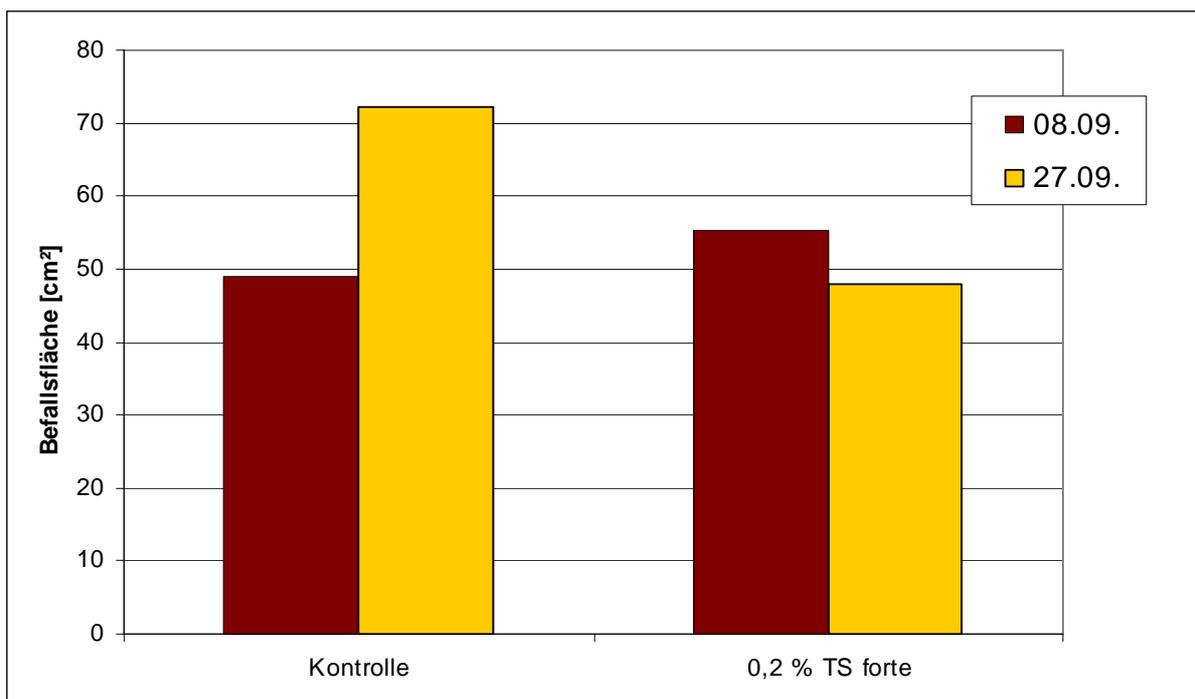


Abb.43: Befallsverlauf der Blutlauspopulation nach dem Einsatz von TS forte

Die Applikation von 0,2 % TS forte führte an Containerbäumen zu einem deutlichen Rückgang der Blutlauspopulation. Der erzielte Wirkungsgrad betrug 41% (Abb.43).

3.3 Versuchsjahr 2006

3.3.1 Freilandversuche

Standort Jork

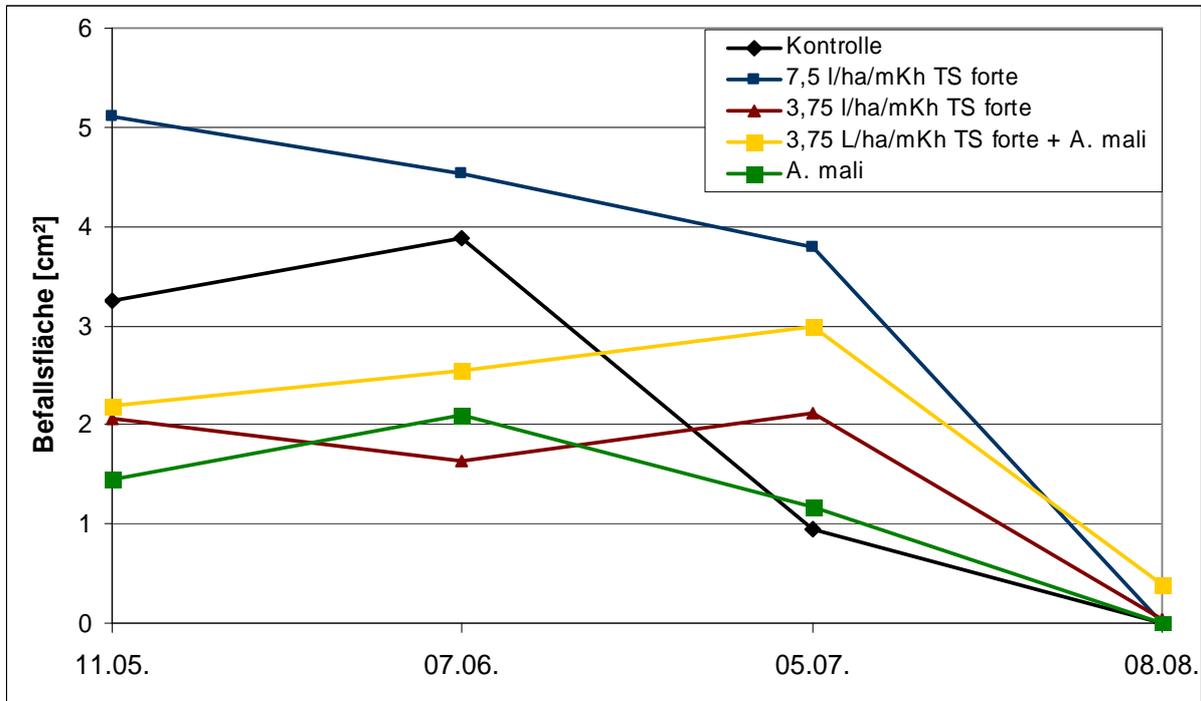


Abb.44: Befallsverlauf am Standort Jork

In Jork hat sich in diesem Jahr nur eine sehr schwache Blutlauspopulation aufgebaut, die maximale Befallsfläche pro Baum betrug nur etwa 5cm². Daher können aus dem dargestellten Befallsverlauf keine Rückschlüsse auf den Erfolg der eingesetzten *A. mali* gezogen werden.

Standort Bodensee

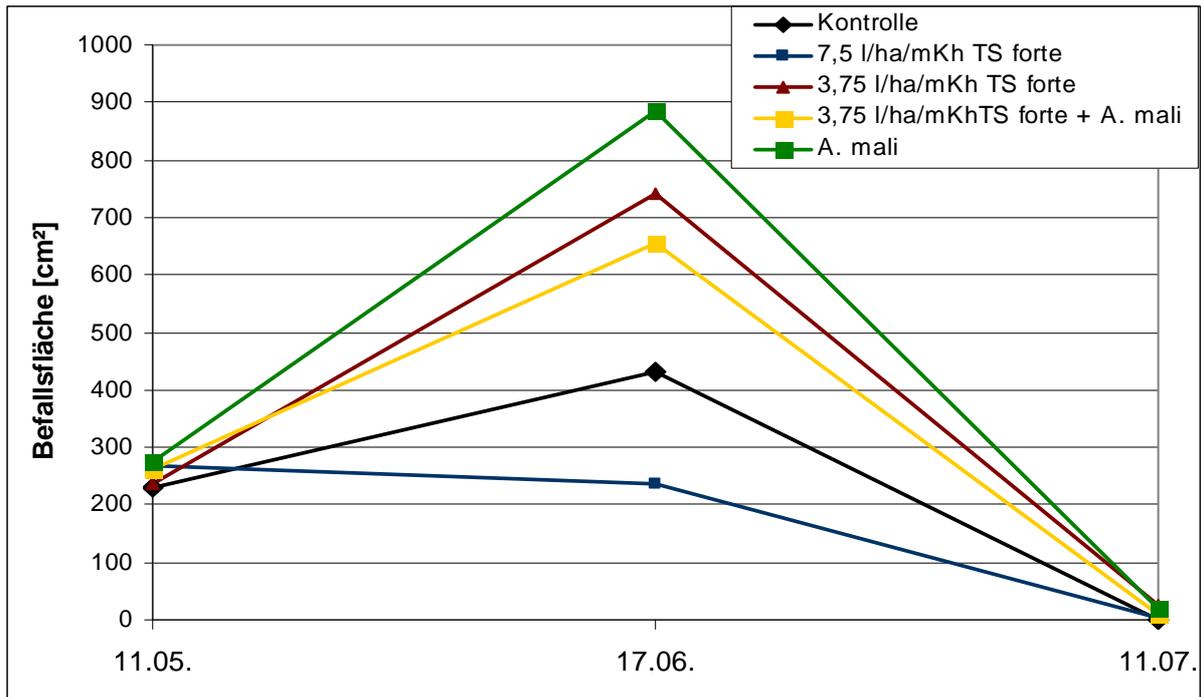


Abb.45: Befallsverlauf am Standort Bodensee

Am Bodensee lag der Befall bereits Mitte Mai auf einem sehr hohen Niveau und erreichte einen Monat später seinen Höhepunkt. Ein Einbruch der Population war Mitte Juli zu verzeichnen. Der Einsatz von 7,5l/ha/mKh TS forte führte zu einer deutlichen Reduktion des Befalls. Es wurde am 17.06. ein Wirkungsgrad von 53% erzielt. Alle anderen Varianten wiesen negative Wirkungsgrade auf.

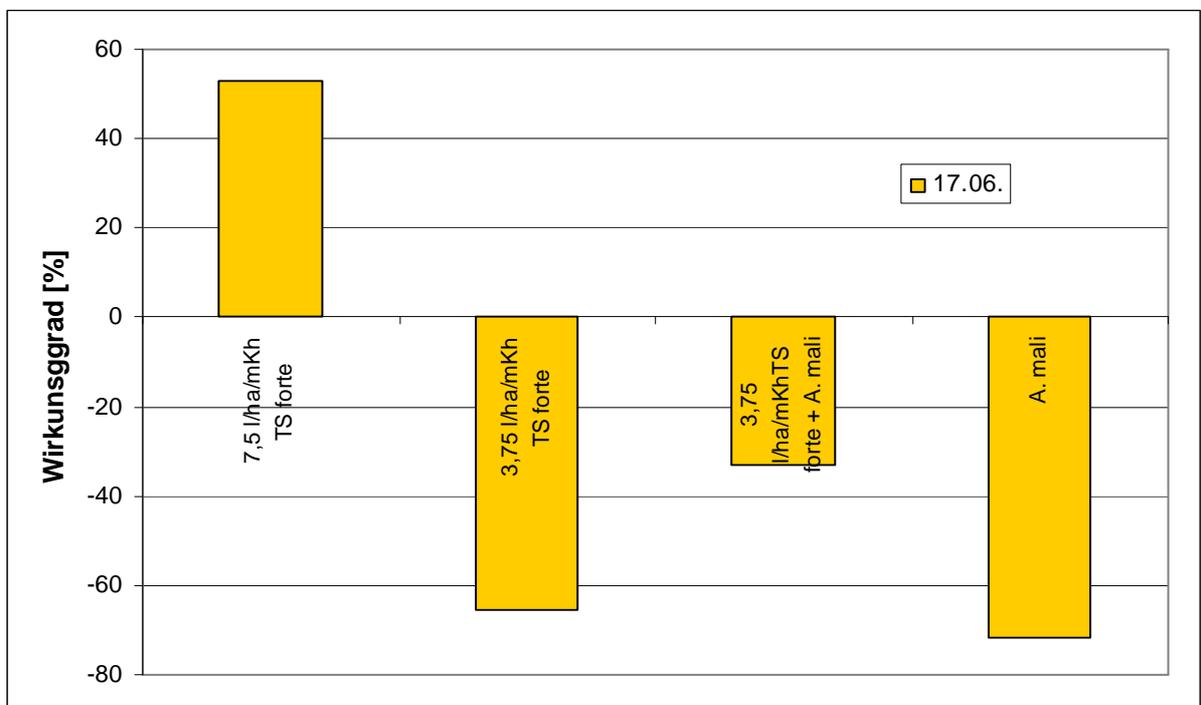


Abb.46: Wirkungsgrade am Standort Bodensee

Standort Ahrweiler

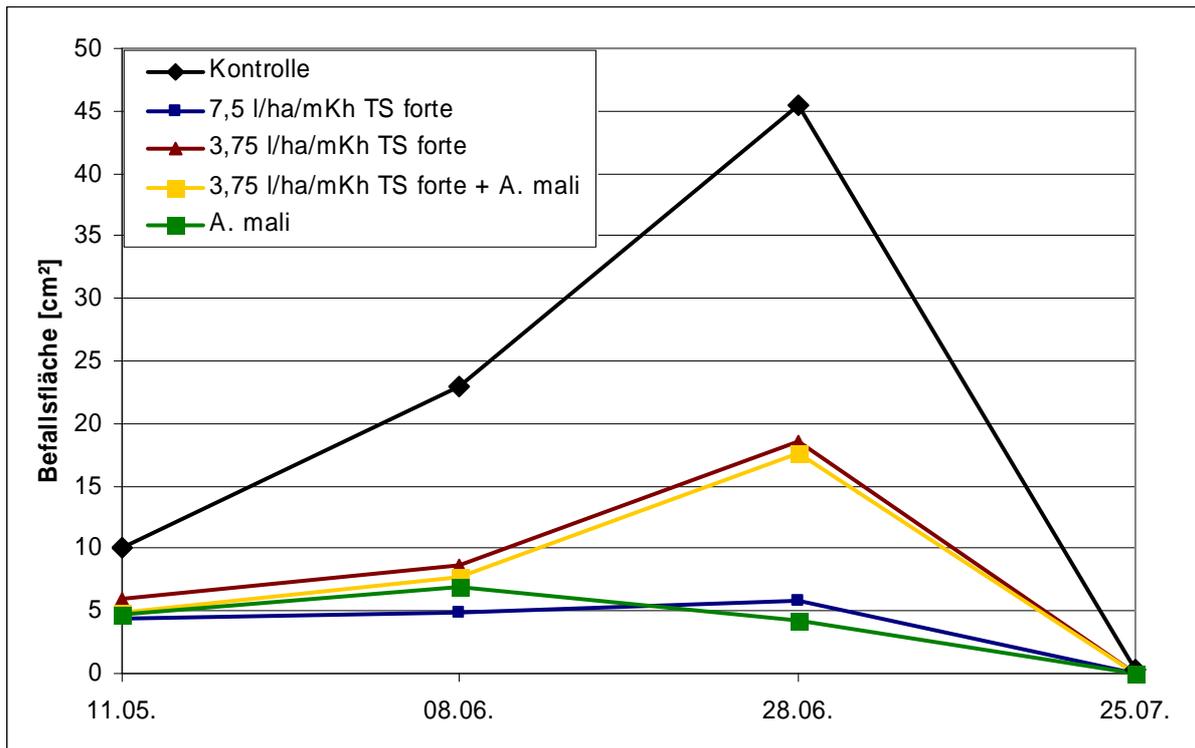


Abb.47: Befallsverlauf am Standort Mainz

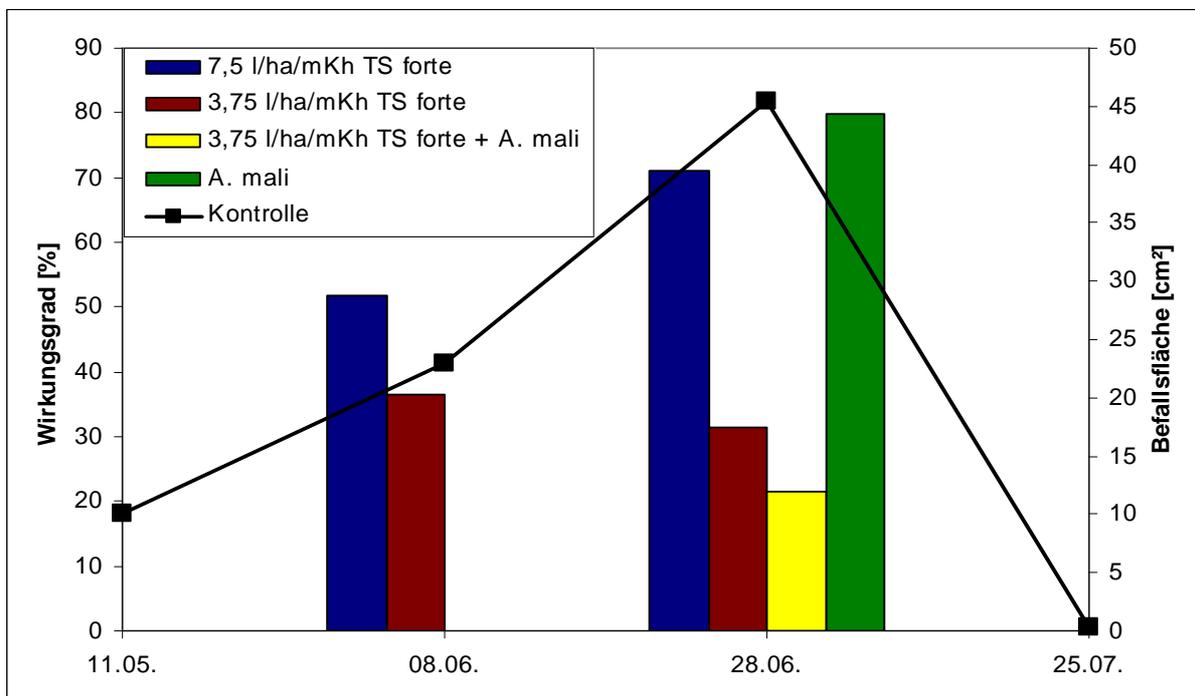


Abb.48: Wirkungsgrade am Standort Mainz

Der von Ahrweiler aus betreute Versuch wurde in Mainz durchgeführt. Nach schwachem Ausgangsbefall im Mai kam es zu einem deutlichen Anstieg bis Ende Juni, bevor ein Populationseinbruch zu verzeichnen war. In der Kontrolle ist ein deutlich stärkerer Anstieg der Blutlauspopulation zu beobachten. Nach dem Einsatz

von TS forte konnten Wirkungsgrade von bis zu 70% festgestellt werden, der Einsatz der adulten *A. mali* ergab einen Wirkungsgrad von 80%.

3.3.2 Schlupfkontrolle

In Ahrweiler fand der erste natürliche Flug von *A. mali* am 04.05. statt. Im Alten Land und in der Bodenseeregion erfolgte der erste Flug mit einer etwa einwöchigen Verzögerung.

3.3.3 Ohrwurmversuch

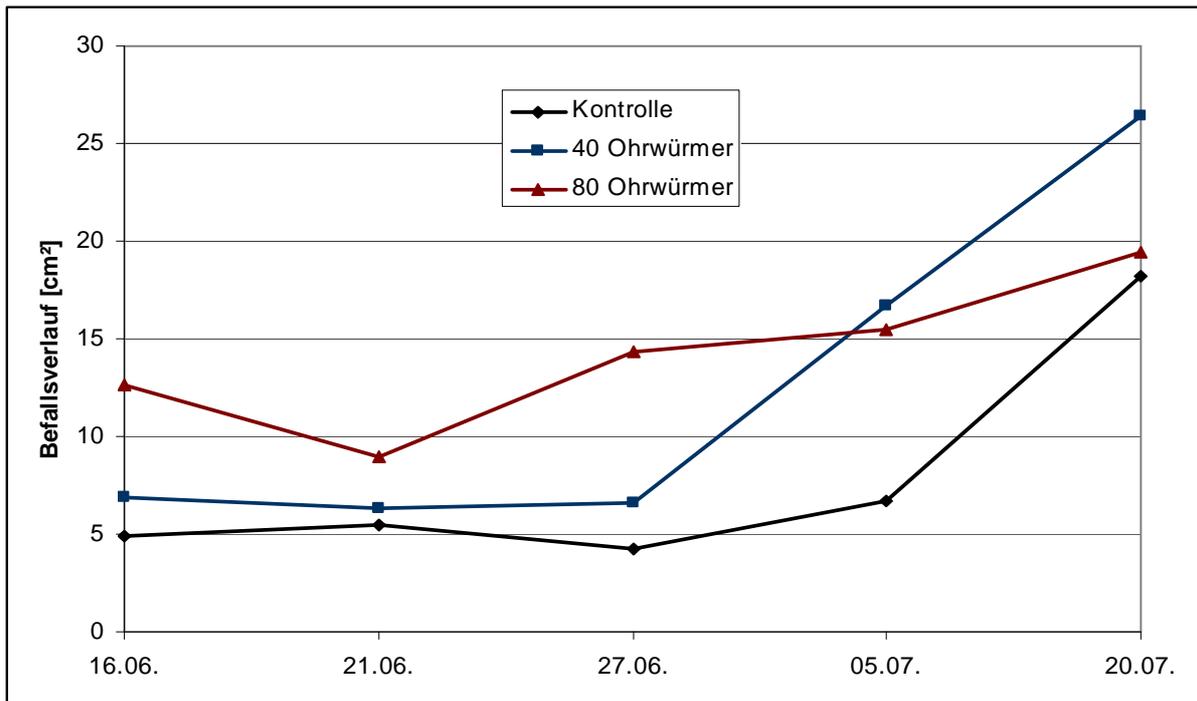


Abb.49: Befallsverlauf nach Ausbringung von 40 bzw. 80 Ohrwürmern/Baum

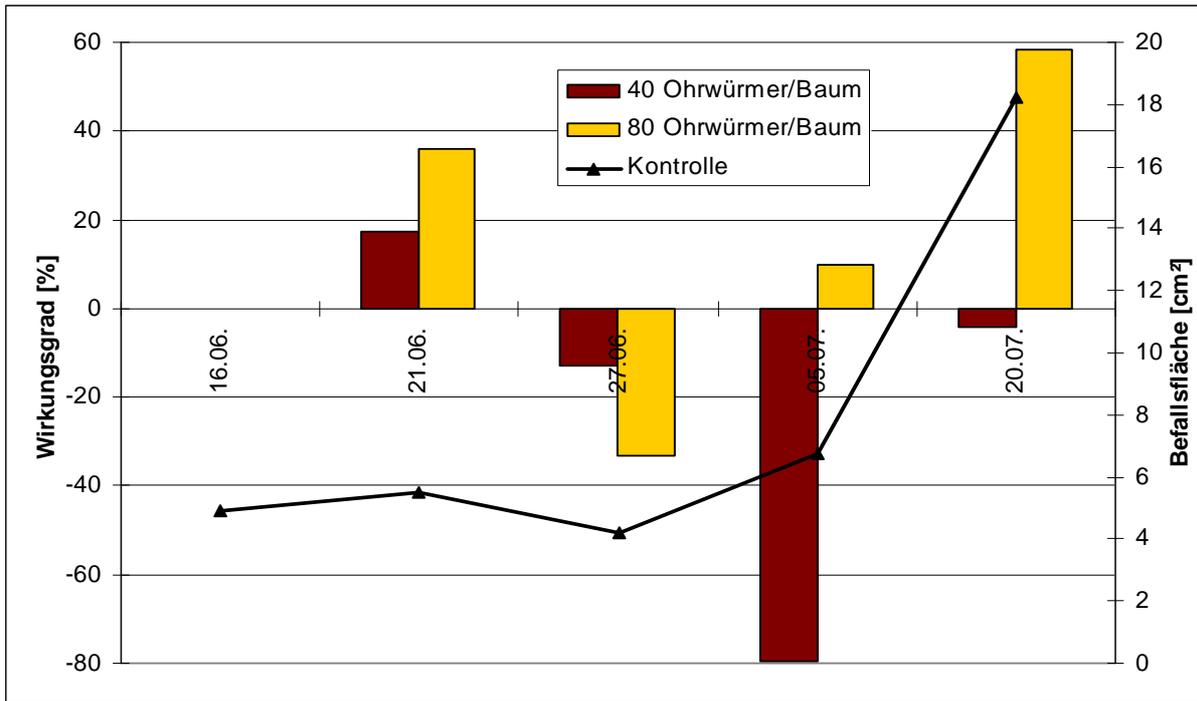


Abb.50: Wirkungsgrade nach Ausbringung von 40 bzw. 80 Ohrwürmern/Baum

Die Ausbringung von 40 bzw. 80 Ohrwürmern pro Baum führt nicht zu einer nachhaltigen Reduktion der Blutlauspopulation. Nach drei Wochen führt die Ansiedlung von 80 Ohrwürmern/Baum zu einem Wirkungsgrad von knapp 60%. Die Hälfte Ohrwürmer führt nur wenige Tage nach der Ausbringung zu einem Wirkungsgrad von knapp 20%.

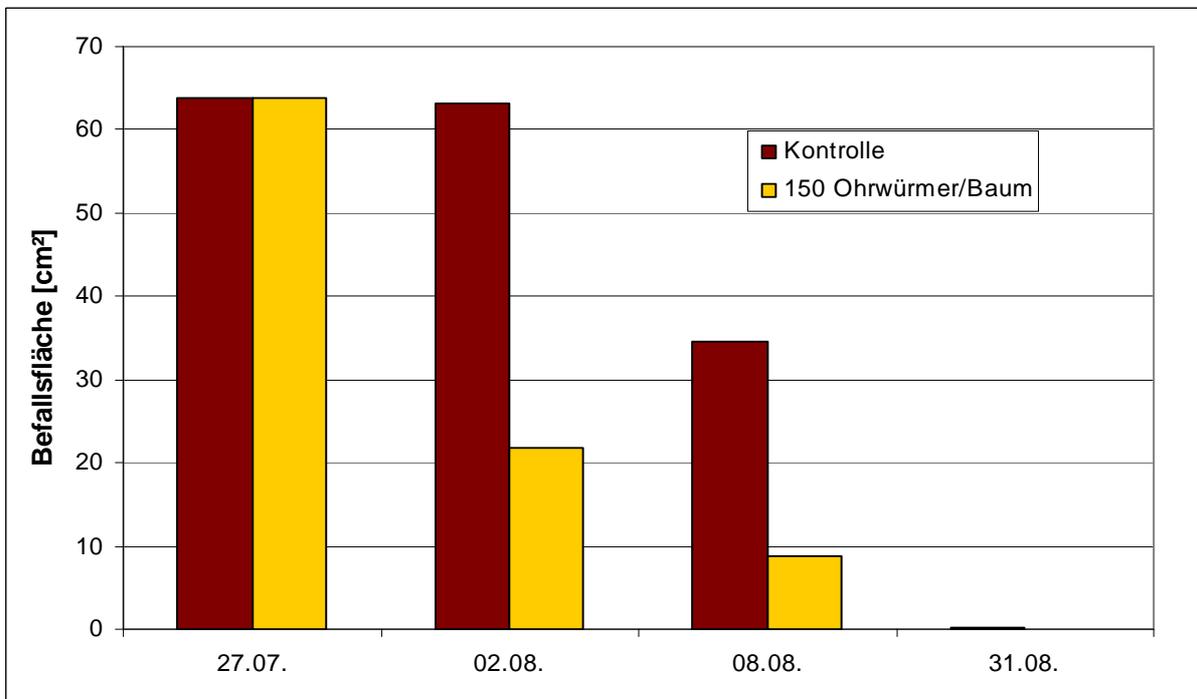


Abb.51: Entwicklung der Befallsfläche nach Ausbringung von 150 Ohrwürmern/Baum

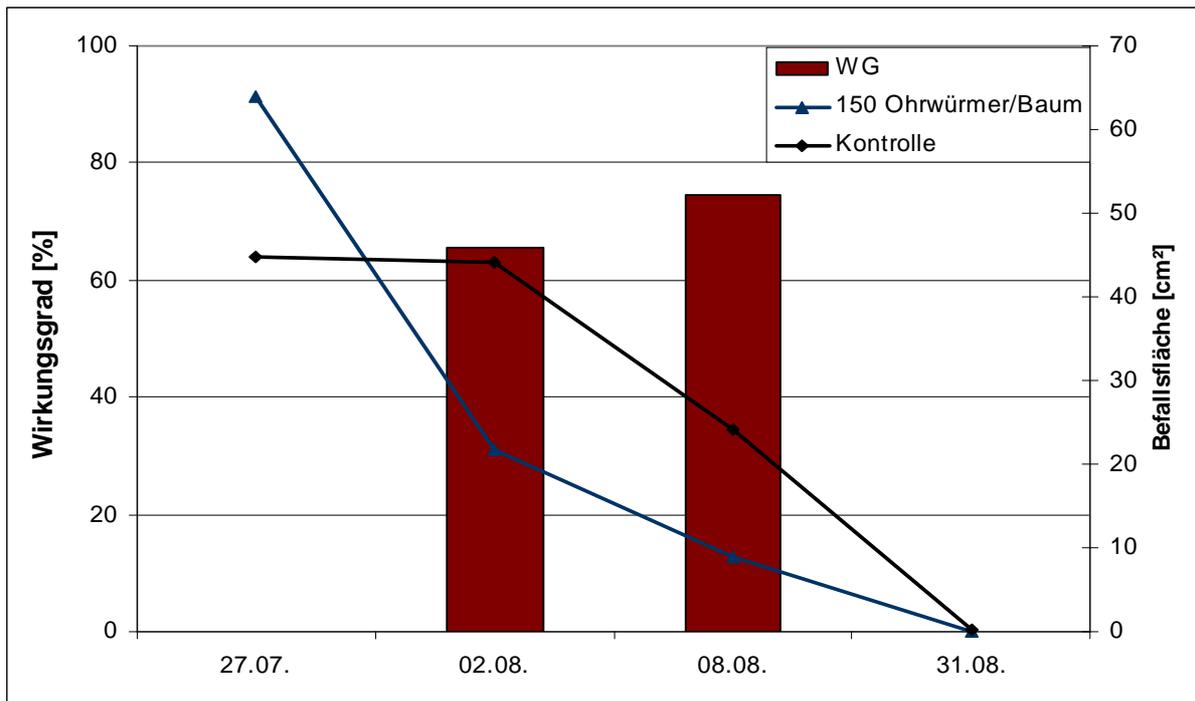


Abb.52: Wirkungsgrad nach Ausbringung von 150 Ohrwürmern/Baum

Abbildung 51 stellt die durchschnittliche Befallsfläche pro Baum dar.

Nach der Freilassung von 150 Ohrwürmern pro Baum wurde innerhalb einer Woche ein Wirkungsgrad von 65% erzielt, dieser erhöhte sich bis auf 74%, bis auch ein Populationseinbruch in der Kontrolle zu beobachten war (Abb. 52). Dieser Einbruch hat seine Ursache in einem natürlichen Populationsrückgang zu diesem Zeitraum im Jahr.

Die pro Baum auszubringende Menge Ohrwürmer, um einen optimalen Bekämpfungserfolg zu erzielen, steht in Abhängigkeit von der Befallsstärke und sollte noch genauer ermittelt werden. Es ist davon auszugehen, dass mindestens 100 Tiere pro Baum ausgebracht werden sollten.

Zur Ansiedlung sollten den Ohrwürmern Quartiere angeboten werden, zum Beispiel Wellpapperollen, Filtertüten, mit Stroh gefüllt oder ähnliches.

Grundsätzlich bleibt zu beachten, dass der Ohrwurm insbesondere bei kurzstieligen Sorten und nach schlechter Ausdünnung Fraßschäden und Verschmutzungen durch den Kot verursachen kann.

3.4 Ausführliche Darstellung der wichtigsten Ergebnisse

A. mali auf Mumien-Freilassungskärtchen

Ursprünglich war angedacht worden, *A. mali* in der Nützlingszucht im Larven- bzw. Nymphenstadium zu ernten und dann als Mumie - auf Freilassungskärtchen geklebt - kühl zu lagern bis zum geeigneten Einsatzzeitpunkt. Es zeigte sich, dass dieses Vorhaben so nicht durchzuführen war. Aufgrund der Produktionsbedingungen war es nicht möglich, die Blutlauszucht zunächst parasitierungsfrei zu halten, bevor *A. mali* zur Parasitierung angesetzt wurde. Somit war keine synchronisierte *A. mali* Produktion möglich. Die Gewinnung der Mumien und das Aufkleben auf die Freilassungskärtchen stellten sich als sehr zeitaufwendig heraus.

Eine anschließende Kühllagerung führte zu deutlichen Schlupfverzögerungen und insgesamt einer niedrigeren Schlupfrate. Die Versuche mit Mumien im Jahr 2004 erbrachten keinen wirkungsvollen Bekämpfungserfolg.

Aufgrund der Summe dieser Ergebnisse im Jahr 2004 fiel die Entscheidung, für das folgende Versuchsjahr adulte *A. mali* zu produzieren.

***A. mali* als Adulte**

Die Produktion von adulten *A. mali* gestaltete sich ebenfalls schwierig. Blutläuse können nur auf Apfelbäumen bzw. Unterlagen produziert werden. Das Kultivieren von mehrjährigen Pflanzen im Gewächshaus bringt aufgrund der Klimasteuerung schnell Probleme mit sich. Hohe Temperaturen hemmen zum einen das Wachstum der Unterlagen und sind des Weiteren nicht optimal für die Vermehrung der Blutlauspopulation. Der optimale Temperaturbereich für die Vermehrung der Blutlaus liegt unter 30 °C. Diese Temperaturgrenze wird unter Gewächshausbedingungen auch im Frühjahr bereits schnell überschritten. Die Suche nach einer einjährig zu kultivierenden Pflanze als Alternative für die Blutlauszucht blieb erfolglos.

Nicht kalkulierbar ist das Alter der *A. mali* und damit einhergehend die bis zur Freilassung bereits durchgeführten Parasitierungen.

Zunächst wurde versucht, die *A. mali* mit einem Saugverfahren zu gewinnen, später wurde dazu übergegangen, die Tiere schonender mit Hilfe einer Lichtfalle zu fangen. Adulte Zehrwespen können bei Temperaturen zwischen 8 und 10°C zwischengelagert werden, falls eine direkte Ausbringung wegen ungünstiger Witterungsbedingungen nicht möglich ist. Damit kann sowohl der Nützlingsproduzent als auch der Anwender flexibler auf die Gegebenheiten reagieren. Beim Versand der adulten *A. mali* ist besonders darauf zu achten, dass die Tiere permanent mit Flüssigkeit versorgt sind, da die Tiere nach wenigen Stunden ohne Wasser verenden würden. Verschickt wurden die *A. mali* in Kunststoffbehältern wie in Abbildung 6 dargestellt. Die Ausbringung von adulten Zehrwespen scheint eine höhere Flexibilität in bezug auf die Witterungsbedingungen zu gewährleisten. Eine kurze Lagerung der Zehrwespen wird auch in den Betrieben möglich sein, wenn auf eine Schönwetterperiode gewartet werden muss.

Aufgrund der erzielten Ergebnisse über den gesamten Versuchszeitraum ist davon auszugehen, dass eine Ausbringungsmenge von 200.000 Zehrwespen/ha nicht unterschritten werden sollte.

Ein wichtiges Ergebnis bezieht sich auf die Parasitierungsleistung von *A. mali*. Niedrige Temperaturen sowie eine geringe Lichtintensität verringern die Parasitierungsleistung von *A. mali*. Dies belegen Versuche der Firma Katz Biotech. Die in Abbildung 31 dargestellten Untersuchungen verdeutlichen den unmittelbaren Zusammenhang zwischen der Anzahl der Parasitierungen durch *A. mali* und ungünstigen klimatischen Faktoren.

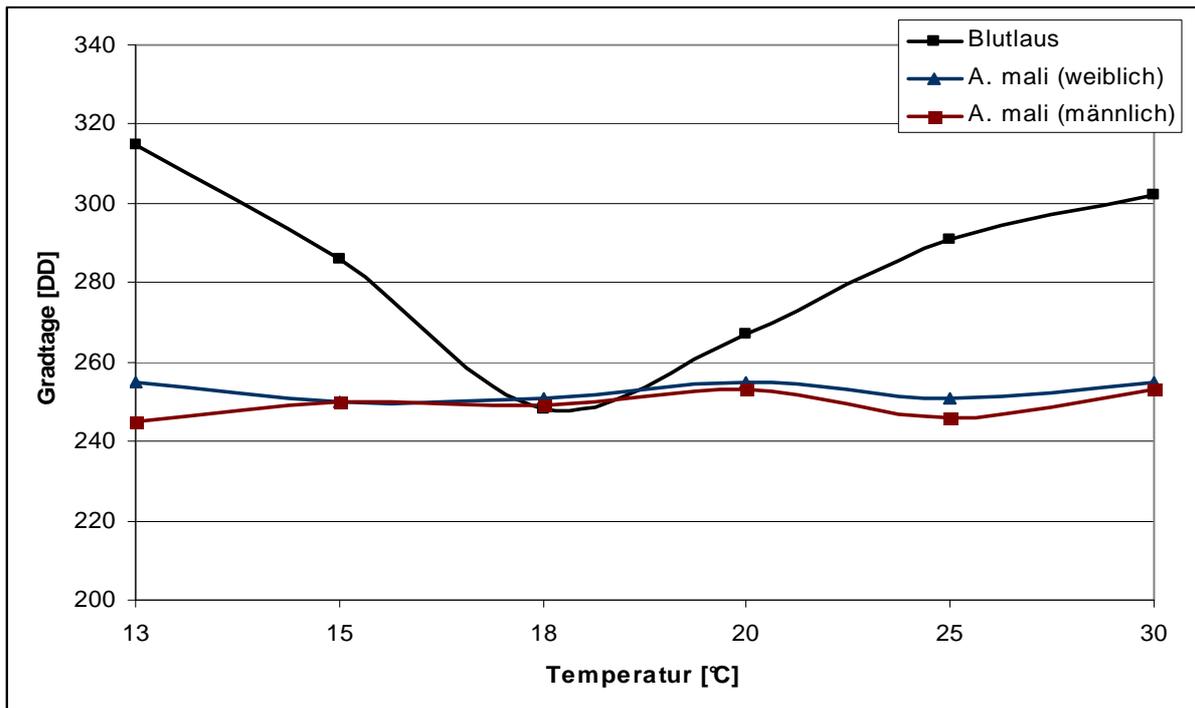


Abb.53: Entwicklungszeiten in Abhängigkeit von der Temperatur, *A. mali*: $t_0=8,4$ °C, Blutlaus: $t_0=4,2$ °C (nach Bonnemaion 1965)

Abbildung 53 verdeutlicht zudem die grundsätzlichen Unterschiede in der Entwicklungsdauer zwischen *A. mali* und der Blutlaus. Nur in dem kleinen Temperaturbereich von 18 - 19 °C sind die Entwicklungszeiten vergleichbar, sowohl im niedrigeren als auch im höheren Temperaturbereich ist die Blutlaus deutlich überlegen.

Nach der Freilassung von adulten *A. mali* wurden bessere Ergebnisse als nach der Freilassung von Mumien erzielt. Ausreichend, um den Schaden durch die Blutlaus zu verhindern waren diese Ergebnisse jedoch nur bedingt. Die durchschnittlichen Witterungsbedingungen im Frühjahr in Mitteleuropa lassen einen frühzeitigen Einsatz von *A. mali* in der Regel als nicht sinnvoll erscheinen. Somit kann *A. mali* aus einer Nützlingsproduktion nur wenige Wochen vor einem natürlichen Höhepunkt der Zehrwespenpopulation ausgebracht werden.

Die Untersuchungen zu Nebenwirkungen auf die Zehrwespe ergaben, dass weder Netzschwefel noch Schwefelkalk im Freiland zu einer deutlichen Schädigung der Zehrwespe führen. Aufgrund der Kontakttoxizität des Schwefelkalks sollte nach einer Freilassung von adulten Zehrwespen mit einem Zeitabstand von mehreren Tagen gespritzt werden.

Analog zu den Kosten einer Quassibehandlung gegen die Apfelsägewespe war für den Nützlingseinsatz von *A. mali* ein Kostenrahmen von 250€ pro Hektar vorgesehen. Dieser Kostenrahmen wurde, sowohl bei der Produktion von Mumien als auch von adulten *A. mali*, deutlich überschritten.

Neben den Produktionskosten kann die Ausbringung vergleichsweise günstig durchgeführt werden. Das Aufhängen von Freilassungskärtchen in jedem Baum kann mit etwa drei Stunden Zeitaufwand pro Hektar in einer Spindelbaumanlage veranschlagt werden. Das Ausbringen von adulten *A. mali* beansprucht in etwa die gleiche Zeit.

Im Verlauf des Projektes wurde deutlich, dass *A. mali* aus einer Nützlingszucht grundsätzlich zum Einsatz gegen die Blutlaus geeignet ist, jedoch nicht mit dem

erhofften Erfolg. Ein frühzeitiger Einsatz ist nur bedingt möglich, der Schaden durch die Blutlaus kann nicht verhindert werden.

3.5 Voraussichtlicher Nutzen und Verwertbarkeit der Ergebnisse

Grundsätzlich ist *A. mali* aus der Massenzucht eines Nützlingsproduzenten in der Lage, den Blutlausbefall zu senken. Problematisch bleibt allerdings die Tatsache, dass die Blutlauszehrwespe höhere Temperatursprüche im Vergleich zur Blutlaus hat und daher für einen frühzeitigen Einsatz unter normalen mitteleuropäischen Bedingungen im Frühjahr nur bedingt in Frage kommt. Die Firma Katz Biotech hat die *A. mali* Produktion mittlerweile eingestellt, so dass es nicht möglich ist, *A. mali* kommerziell zu beziehen.

Im zeitigen Frühjahr ist eine Ölbehandlung denkbar, um den Ausgangsbefall der Blutlaus zu minimieren. Hierbei ist zu beachten, dass die Blattentwicklung noch nicht weit fortgeschritten sein sollte, um Verbrennungen zu vermeiden.

Zudem konnte aus dem Projekt die Erkenntnis gezogen werden, dass der Ohrwurmförderung ein großer Stellenwert in der Regulierung der Blutlaus zukommt.

Schwefelkalk besitzt eine hohe Kontakttoxizität gegenüber *A. mali*. Zum Zeitpunkt des einsetzenden Fluges sollte dies nach Möglichkeit berücksichtigt werden.

Die Ergebnisse des Projektes gehen direkt in die Beratungsempfehlung für die ökologischen Obstbaubetriebe mit ein. In jedem Jahr wurden die neuen Erkenntnisse an die entsprechenden Berater und damit an die Betriebe weitergegeben.

Bei der ökologischen Obstbautagung in Weinsberg sowie bei verschiedenen regionalen Veranstaltungen zum ökologischen Obstbau wurden die Ergebnisse der Beratung und der Praxis vorgestellt.

4 Zusammenfassung

Die Problematik der Blutlausbekämpfung im ökologischen Anbau bleibt bestehen.

Nach wie vor ist das Interesse der Obstanbauer groß, alternative Bekämpfungsmöglichkeiten wie den Einsatz von Zehrwespen aus Nützlingszucht einzuführen.

Im Versuchsjahr 2004 konnten mit dem Einsatz von Mumien keine zufriedenstellenden Ergebnisse erzielt werden. Die Produktion der Mumien war für den Nützlingslieferanten mit erheblichen Schwierigkeiten verbunden. Die wünschenswerte Lagerung der Mumien führte zu einer hohen Mortalität und einer Verzögerung im Schlupfverlauf.

Die Versuche mit adulten Zehrwespen im Jahr 2005 zeigten im Gegensatz zu den Versuchen mit Mumien im Vorjahr auswertbare Ergebnisse. Allerdings reichten auch hier die erzielten Wirkungsgrade nicht für eine vollständige Bekämpfung und damit der Vermeidung von Schäden an den Bäumen aus.

Die Parasitierungsleistung von *A. mali* wird im Wesentlichen von zwei Faktoren beeinflusst: der Temperatur und der vorhandenen Lichtmenge. Unter normalen Witterungsbedingungen macht daher der zeitige Einsatztermin im Frühjahr keinen Sinn, da die *A. mali* in der Regel keine geeigneten Vermehrungsbedingungen vorfinden. Zudem ist *A. mali* der Blutlaus in Bezug auf die Vermehrungsrate unterlegen.

Ein Kombinationsverfahren mit einer Spritzvorbehandlung mit Öl und einer nachfolgenden Freilassung von Zehrwespen unter klimatisch günstigeren Bedingungen wurde im Versuchsjahr 2006 durchgeführt und brachte ähnliche Ergebnisse wie im 2005.

Die Blutlauszehrwespe *A. mali* ist in der Lage, den Befall durch die Blutlaus zu reduzieren, jedoch nicht zu regulieren und Schäden an den Bäumen vollständig zu verhindern.

Die Nebenwirkungsuntersuchungen ergaben, dass Schwefelkalk eine hohe Kontakttoxizität gegenüber *A. mali* aufweist. Im Freiland führte Schwefelkalk zu keiner Reduktion der Zehrwespenpopulation, jedoch sollten zur Sicherheit zwischen Ausbringung der *A. mali* und Schwefelkalkbehandlung ein paar Tage verstreichen.

Die Massenzucht von *A. mali* in einer Nützlingsfirma ist möglich, jedoch nicht innerhalb des geplanten Kostenrahmens von 250 € für die Ausbringung auf einem Hektar.

5 Gegenüberstellung der ursprünglich geplanten zu den tatsächlich erreichten Zielen

Das Versuchsvorhaben wurde grundsätzlich wie geplant durchgeführt.

Die einzelnen Arbeitsschritte wurden in jedem Jahr an die Ergebnisse des Vorjahres angepasst. So wurde zum Beispiel die Menge von 50.000 *A. mali*/ha aufgrund mangelnder Wirksamkeit nach einem Jahr aus dem Versuchsplan genommen. Außerdem wurde der Einsatz von Mumien auf adulte *A. mali* umgestellt, da sich daraus Produktionsvorteile ergaben und die Ausbringung flexibler gestaltet werden konnte.

Aus den Ergebnissen der Freilandversuche ergaben sich Detailfragen, die im Folgejahr bearbeitet wurden.

Nicht erreicht wurde das Ziel, eine erfolgreiche Bekämpfungsstrategie zu entwickeln. *A. mali* bringt aufgrund seiner Biologie nicht die nötigen Voraussetzungen mit, im zeitigen Frühjahr die Blutlaus erfolgreich zu bekämpfen.

Bei der Firma Katz Biotech bestand nicht die Möglichkeit, die *A. mali* Produktion in dem vorgesehenen Kostenrahmen durchzuführen.

6 Literaturverzeichnis

ASANTE S. K. 1997: Natural enemies of the woolly apple aphid, *Eriosoma lanigerum* (Hausmann) (Hemiptera: Aphididae): A review of the world literature. Plant Protection Quarterly. 12(4). 166-172

ASANTE S.K. 1995: Functional responses of the European earwig and two species of coccinellids to densities of *Eriosoma lanigerum* (Hausmann) (Hemiptera: Aphididae). Journal of the Australian Entomological Society. 34(2). 105-109

ASANTE S.K. & Danthanarayana W. 1992 : Development of *Aphelinus mali* an endoparasitoid of woolly apple aphid, *Eriosoma lanigerum* at different temperatures. Entomol. Exp. Appl. 65: 31-37

BAIER, B. 2001: Effects of Quassia products on predatory mite species. IOBC/WPRS Bulletin 24, 4, 39-46

- BONNEMAISON, L. 1965: Observations ecologiques sur *Aphelinus mali* Hald. parasite du puceron lanigère (*Eriosoma lanigerum* Hausm.). Ann. Soc. Ent. Fr.1 (1):143-176
- BRADLEY, S.J., MURRELLI, V.C., SHAW, P.W. & WALKER, J.T.S., 1997: Effect of orchard pesticides on *Aphelinus mali*, the Woolly Apple Aphid Parasitoid. Proc. 50th N. Z. Plant Protection Conf.: 218-222
- CANDOLFI, M. P., BLÜMEL, S., FORSTER, R., BAKKER, F.M., GRIMM, C., HASSAN, S.A., HEIMBACH, U., MEAD-BRIGGS, M.A., REBER, B., SCHMUCK, R. & VOGT, H. (eds.) 2000: Guidelines to evaluate side-effects of plant protection products to non-target arthropods. IOBC/WPRS, Gent
- COHEN, H., HOROWITZ, A. R., NESTEL, D. & ROSEN, D., 1996: Susceptibility of the Woolly Apple Aphid Parasitoid, *Aphelinus mali* (HYM.: Aphelinidae), to common pesticides used in apple orchards in Israel. Entomophaga 41: 225-233
- DANIEL, C., HÄSELI, A., WEIBEL, F., 2001: The side effects of lime sulphur on predaceous arthropods, i.e. Typhlodromus pyri, and other leaf occupying arthropods. FiBL, Forschungsinstitut für biologischen Landbau, CH-5070 Frick. Published at the FiBL Homepage: <http://www.fibl.ch/buehne/archiv/daniel-et-al-2001-lime-sulphur.pdf>
- EGGLER, B.D. & GROß, A. 1996: Quassia-Extrakt: neue Erkenntnisse bei der Regulierung von Schaderregern im Obstbau. Mitt. d. Biol. Bundesanst., 321, 425
- ELIAS, E. 2004, 2005: Persönliche Mitteilung
- Evenhuis, H.H. 1958: Ecological investigations on the woolly aphid, *Eriosoma lanigerum* (Hausm), and its parasite *Aphelinus mali* (Hald.) in the Netherlands. Mededeling No. 160. Instituut voor Plantenziektenkundig Onderzoek, Wageningen, Nederland
- GOLBA, B., 2002: Alternativen zum Einsatz von kupferhaltigen Präparaten im Apfelanbau. Berichte aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Heft 109.
- GREATHEAD, D.J. 1976: Apple Woolly Aphid – *Eriosoma lanigerum* (Hausm.) – In: Greathead: A review of biological control in western and southern Europe. Slough, UK (CAB: Technical Communication No. 7, CIBC) 4-13
- HÄSELI, A. 2000: Regulierung der Blutlaus im biologischen Apfelbau. Obst-Weinbau Nr. 9/00
- HASSAN, S.A., BIGLER, F., BOGENSCHÜTZ, H., BOLLER, E., BRUN, J., CALIS, M., COREMANS-PELSENEER, J., DUSO, C., GROVE, A., HEIMBACH, U., HELYER, N., HOKKANEN, H., LEWIS, G.B., MANSOUR, F., MORETH, L., POLGAR, L., SAMSØE-PETERSEN, L., SAUPHANOR, B., STÄUBLI, A., STERK, G., VAINIO, A., VAN DE VEIRE, M., VIGGIANI, G. & VOGT, H. 1994: Results of the sixth joint pesticide testing programme of the IOBC/WPRS-working group "pesticides and beneficial organisms". Entomophaga 39, 107-119
- HELSEN, H. 2005: mündliche Mitteilung

HÖHN, H., HÖPLI, H. U. & GRAF, B., 1996: Quassia und Neem: exotische Insektizide im Obstbau. Schweiz. Z. Obst-Weinbau, 3: 62-63

HETEBRÜGGE, K., 2003: Biologische Bekämpfung der Blutlaus *Eriosoma lanigerum* (Hausm.) mit der Zehrwespe *Aphelinus mali* (Hald.). Diplomarbeit an der FH Wiesbaden, Standort Geisenheim, Studiengang Gartenbau

IMMIK, E., 2002: Untersuchungen zur biologischen Bekämpfung der Blutlaus *Eriosoma lanigerum* (Hausm.) in ökologischen Obstanlagen. Diplomarbeit an der FH Wiesbaden, Standort Geisenheim, Studiengang Gartenbau.

Jahresbericht der Forschungsanstalt Geisenheim 2000: Nebenwirkungen von Schwefelkalk und Netzschwefel auf *Typhlodromus pyri*, *Panonychus ulmi* und *Trichogramma caecoeciae*. Forschungsanstalt Geisenheim, Von-Lade-Str. 1, D-65366 Geisenheim: 248 – 249

KIENZLE, J. 2004: Untersuchungen zur Regulierung von Apfelsägewespe und Blutlaus im ökologischen Obstbau

LENFANT, C & SAUPHANOR, B. 1992: Des perce-oreilles dans les vergers, qu'en faire? Phytoma-La défense des végétaux 445, 44-52

MEAD-BRIGGS M.A., BROWN K., CANDOLFI M.P., COULSON M.J.M., MILES M., MOLL M., NIENSTEDT K., SCHULD M., UFER A. & MCINDOE E.: A laboratory test for evaluating the effects of plant protection products on the parasitic wasp, *Aphidius rhopalosiphii* (DeStephani-Perez) (Hymenoptera: Braconidae). In: Candolfi et al.2000: Guidelines to evaluate side-effects of plant protection products to non-target arthropods. IOBC/WPRS, Gent : 13-23

MOLS P.J.M & BOERS J.M.: Comparison of a Canadian and a Dutch strain of the parasitoid *Aphelinus mali* (Hald.) (Hym., Aphelinidae) for control of woolly apple aphid *Eriosoma lanigerum* (Hausmann) (Hom., Aphididae) in the Netherlands: A simulation approach. Journal of Applied Entomology. [print] 125(5). June, 2001. 255-262

MUELLER, T.F., BLOMMERS, L.H.M. & MOLS, P.J.M. 1988: Earwig (*Forficula auricularia* predation on the woolly apple aphid (*Eriosoma lanigerum*). Entomol. Exp. Appl. 47: 145-152

MUELLER, T.F; BLOMMERS, L.H.M. & MOLS, P.J.M. 1992: Woolly apple aphid (*Eriosoma lanigerum* Hausm., Hom., Aphidae) parasitism by *Aphelinus mali* Hal. (Hym., Aphelinidae) in relation to host stage and host colony size, shape and location. Journal of Applied Entomology 114, 143-154

RAVENSBERG, W.J 1981: The natural enemies of the woolly apple aphid, *Eriosoma lanigerum* (Hausm.)(Homoptera: Aphididae), and their susceptibility to diflubenzuron. Mededelingen van de Faculteit Landbouwwetenschappen, Rijksuniversiteit Gent 46, 437-441

SAUPHANOR, B. & STÄUBLI, A. 1994: Evaluation au champ des effets secondaires des pesticides sur *Forficula auricularia*: Validation des résultats de laboratoire. IOBC/WPRS Bulletin 17, 10, 83- 88

SAUPHANOR, B., BLAISINGER, P. & SUREAU, F. 1992: Méthode de laboratoire pour évaluer l'effet des pesticides sur *Forficula auricularia* L. (Dermaptera: Forficulidae). IOBC/WPRS Bulletin 15, 3, 117- 121

SOLOMON, M.G., CROSS, J.V., FITZGERALD, J.D., CAMPBELL, C.A.M., JOLLY, R.L. OLSZAK, R.W. NIEMCZYK, E. & VOGT, H. (2000): Review: Biocontrol of pests of apples and pears in Northern and Central Europe: 3. Predators. Biocontrol Science and Technology 10, 91-128

TERNES, P., CANDOLFI, M.P., UFER, A. & VOGT, H. 2001: Influence of leaf substrates on the toxicity of selected plant protection products to *Typhlodromus pyri* Scheuten (Acari: Phytoseiidae) and *Aphidius rhopalosiphi* DeStefani Perez (Hymenoptera: Aphidiidae). IOBC/WPRS Bulletin 24 (4), 7-15

VOGT, H. 2000: Sensitivity of non-target arthropod species to plant protection products according to laboratory results of the IOBC WG 'Pesticides and Beneficial Organisms'. IOBC/WPRS Bulletin 23 (9), 3-15.

VOGT, H. (Hrsg.) 1998 b: 100 Jahre Pflanzenschutzforschung. Pflanzenschutz und Naturhaushalt. Mitt. Biol. Bundesanst. Land- Forstwirtsch. 346

ZIMMER, J. 2004: Mündliche Mitteilung