

**Erarbeitung einer Kombinationsstrategie mit
verschiedenen biologischen Verfahren zur
Reduktion des Insektizideinsatzes gegen den
Apfelwickler**

Az 23940



Abschlußbericht
Laufzeit Juli 2006 bis September 2010

Firma
Biofa AG
F. Volk
Rudolf Diesel Str. 2
72525 Münsingen

in Zusammenarbeit mit
Universität Hohenheim, Institut für Phytomedizin, 70599 Stuttgart
Julius Kühn-Institut für biologischen Pflanzenschutz , 62487 Darmstadt

INHALT

1	Zusammenfassung	3
2	Anlass und Zielsetzung des Projekts	4
3	Darstellung der Arbeitsschritte und angewandten Methoden	5
3.1	Verfahren zur Bekämpfung der schlüpfenden Larven	5
3.1.1	Untersuchungen zum Vergleich verschiedener Verfahren zur Bekämpfung der schlüpfenden Larven im Jahr 2006	6
3.1.2	Untersuchungen zur Wirkung eines neuen CpGV-Isolates auf CpGV-M-resistente Apfelwicklerpopulationen im Freiland im Jahr 2006	7
3.1.3	Untersuchungen zum Vergleich verschiedener Verfahren zur Bekämpfung der schlüpfenden Larven im Jahr 2007	7
3.1.4	Untersuchungen zum Einsatz von NeemAzal-T/S gegen schlüpfende Larven im Jahr 2010	9
3.2	Verfahren zur Bekämpfung der bereits ausgewachsenen Larven	11
3.2.1	Untersuchungen zur Wirkung von Entomopathogenen Nematoden.....	11
3.2.1.1	<i>Untersuchungen zu den Überwinterungsorten der Diapauselarven</i>	11
3.2.1.2	<i>Versuche im Labor und Halbfreiland zur notwendigen Aufwandmenge, zum Vergleich verschiedener Nematodenarten sowie zu optimalen Bedingungen für die Wirkung</i>	12
3.2.1.3	<i>Erarbeitung einer optimalen Spritztechnik</i>	15
3.2.1.4	<i>Kleinparzellierte Exaktversuche mit Entomopathogenen Nematoden im Freiland</i>	15
3.2.1.5	<i>Freilandversuche zur Wirkung Entomopathogener Nematoden in Grossparzellen</i>	16
3.2.1.6	<i>Freilandversuche zur notwendigen Aufwandmenge</i>	17
3.2.1.7	<i>Versuche zum Potential von Formulierungen zur Reduktion der Feuchteabhängigkeit des Verfahrens</i>	20
3.2.2	Untersuchungen zur Wirkung von <i>Beauveria bassiana</i>	21
4	Ergebnisse	24
4.1	Verfahren zur Bekämpfung der schlüpfenden Larven	24
4.1.1	Untersuchungen zum Vergleich verschiedener Verfahren zur Bekämpfung der schlüpfenden Larven im Jahr 2006	24
4.1.2	Untersuchungen zur Wirkung eines neuen CpGV-Isolates auf CpGV-M-resistente Apfelwicklerpopulationen im Freiland im Jahr 2006	26
4.1.3	Untersuchungen zum Vergleich verschiedener Verfahren zur Bekämpfung der schlüpfenden Larven im Jahr 2007	28
4.1.4	Untersuchungen zum Einsatz von NeemAzal-T/S gegen schlüpfende Larven im Jahr 2010	31
4.2	Verfahren zur Bekämpfung der bereits ausgewachsenen Larven	33
4.2.1	Ergebnisse zur Wirkung von Entomopathogenen Nematoden.....	33
4.2.1.1	<i>Untersuchungen zu den Überwinterungsorten der Diapauselarven</i>	33
4.2.1.2	<i>Versuche im Halbfreiland zur notwendigen Aufwandmenge, zum Vergleich verschiedener Nematodenarten sowie zu optimalen Bedingungen für die Wirkung</i>	35
4.2.1.3	<i>Erarbeitung einer optimalen Spritztechnik</i>	37

4.2.1.4	<i>Kleinparzellierte Exaktversuche mit Entomopathogenen Nematoden im Freiland</i>	39
4.2.1.5	<i>Freilandversuche zur Wirkung Entomopathogener Nematoden in Grossparzellen</i>	41
4.2.1.6	<i>Freilandversuche zur notwendigen Aufwandmenge</i>	41
4.2.1.7	<i>Versuche zum Potential von Formulierungen zur Reduktion der Feuchteabhängigkeit des Verfahrens</i>	43
4.2.2	<i>Ergebnisse zur Wirkung von Beauveria bassiana</i>	45
5	Diskussion	51
5.1	Verfahren zur Bekämpfung der schlüpfenden Larven	51
5.1.1	<i>Bacillus thuringiensis (BT)</i>	51
5.1.2	NeemAzal-T/S	52
5.2	Verfahren zur Bekämpfung der bereits ausgewachsenen Larven	53
5.2.1	Entomophage Nematoden	53
5.2.2	<i>Beauveria bassiana</i>	57
6	Öffentlichkeitsarbeit	58
7	Fazit	60
8	Literaturangaben	60
9	Anlagen/Anhang	61

Übersicht über die häufig verwendeten Abkürzungen

BT	<i>Bacillus thuringiensis</i>
CpGV	<i>Cydia pomonella</i> Granulovirus (Apfelwicklergranulovirus)
CpGV-M	CpGV (mexican strain) Isolat von CpGV, das in Madex 3 und allen bis 2006 eingesetzten CpGV-Präparaten verwendet wurde.
NA	NeemAzal-T/S (Pflanzenschutzmittel auf der Basis von extrakten des Neembaums <i>Azadirachta indica</i>)
Trifolio-S forte	Formulierungshilfe auf der Basis pflanzlicher Öle und Tenside
EPN	Entomopathogene Nematoden
SF	<i>Steinernema feltiae</i>
SC	<i>Steinernema carpocapsae</i>
VW	Verwirrungsmethode

1 ZUSAMMENFASSUNG

Mit dem Auftreten von Resistenzen des Apfelwicklers gegenüber dem Apfelwicklergranulovirus (*mexican strain*) CpGV-M wurde der Einsatz alternativer Bekämpfungsmaßnahmen notwendig. Eine langfristig angelegte Kombinationsstrategie bestehend aus Maßnahmen unterschiedlicher Wirkungsmechanismen ist dabei weit besser geeignet der Herausforderung der Regulierung des Apfelwicklers, zu begegnen als eine singulären Strategie auf Basis (einer u.U. Verbesserung) des CpGV. Ziel des Projekts war es daher (vor dem Hintergrund des Auftretens von Resistenzen gegenüber CpGV) weitere biologische Verfahren zur Reduzierung der Apfelwicklerpopulation zur Praxisreife zu bringen bzw. auf ihr Potential als Bausteine einer Gesamtstrategie hin zu untersuchen. Ein Schwerpunkt des Projekts lag dabei auf der Bekämpfung der ausgewachsenen Larven während der Überwinterung.

Zu Projektbeginn stand sehr kurzfristig ein erstes resistenzbrechendes Isolat von CpGV zur Verfügung, das nach Absprache sofort in die Versuchsanstellung integriert werden konnte. Die ersten Ergebnisse zur Wirkung resistenzbrechender Isolate von CpGV auf CpGV-M-resistente Apfelwicklerpopulationen im Freiland wurden im Jahr 2006 in diesem Projekt erzielt (Kienzle et al., 2007). Auf der Basis dieser Ergebnisse begann eine intensive international vernetzte Entwicklungsarbeit der betroffenen Firmen, so dass es nicht mehr notwendig war, diese Fragestellung im Rahmen dieses Projekts weiterzuverfolgen.

Bacillus thuringiensis (BT) weist auch bei der ersten Generation des Apfelwicklers im Vergleich zu den neuen CpGV-Isolaten eine weitaus geringere Wirkung auf Fruchtbefall und Folgepopulation auf und zeigte bei einer Kombination mit CpGV keinen zusätzlichen Effekt. Das Präparat ist daher weder als Baustein für einen Wirkstoffwechsel noch für eine Kombinationsstrategie geeignet. Sollte kein wirksames CpGV-Isolat zur Verfügung stehen, könnte ein Einsatz von BT während der ersten Generation allenfalls dazu beitragen, die Population auf einem so niedrigen Niveau zu halten, so dass die Wirksamkeit der Verwirrungsmethode, deren Wirkungsprinzip bei sehr niedriger Populationsdichte gut funktioniert, erhalten bleibt. Bei höherem Befallsdruck ist es aber wenig wahrscheinlich, dass mit BT die Population auf einem niedrigen Niveau gehalten werden kann.

Interessant könnte für diese Anwendungen unter Umständen das Präparat **NeemAzal-T/S** sein. Es zeigte an einem Standort eine gute Wirkung auf die Entwicklung der Folgepopulation, die aber in weiteren Versuchen bis jetzt nicht vollständig abgesichert werden konnte. Da NeemAzal-T/S im Ökologischen Obstbau das einzig verfügbare Präparat zur Regulierung der Mehligigen Apfellaus ist, müsste sich ein Einsatz dieses Präparates aus Gründen eines vorbeugenden Resistenzmanagements bei der Mehligigen Apfellaus auf jeden Fall auf eine Kombination mit CpGV-Isolaten zur Reduktion eines sehr hohen Ausgangsbefalls beschränken. Damit könnte in einem solchen Fall in Öko-Betriebe der Selektionsdruck durch CpGV vermindert werden. Diese Fragestellung wird noch weiter bearbeitet werden müssen und konnte im Rahmen dieses Projekts nicht abschliessend geklärt werden.

Der Einsatz von **Entomopathogenen Nematoden (EPN)** war das Verfahren, das ein hohes Potential als Baustein zur Bekämpfung der ausgewachsenen Larven während der Überwinterungssaison zeigte. Dieses Verfahren zur Praxisreife zu bringen, bildete einen Schwerpunkt des Projekts. Die Versuchsanstellung war aufgrund der versteckten Lebensweise der Diapauselarven sehr aufwändig. In Untersuchungen zu den Überwinterungsorten der Diapauselarven des Apfelwicklers konnte eine auf die entsprechenden Gegebenheiten der einzelnen Anlagen abgestimmte Applikationstechnik erarbeitet werden. Die notwendigen Voraussetzungen für eine erfolgreiche Anwendung wurden eingegrenzt und mit zahlreichen Freilandversuchen an verschiedenen Standorten belegt. Auf der Basis dieser belastbaren und mehrjährigen Ergebnisse kann daher davon ausgegangen werden, dass bei einer Behandlung mit *Steinernema feltiae* bei einer Temperatur über 8 °C und mindestens 12 Stunden Nässe oder besser Feuchtigkeit nach der Applikation in der Regel ein Wirkungsgrad auf den Fruchtschaden in der ersten Generation des Apfelwicklers von ungefähr 50 % erzielt wird. Diese Anwendung ist inzwischen fester Bestandteil von Beratungsempfehlungen zur Reduktion hoher Apfelwicklerpopulationen.

Gesicherte Aussagen über das Potential von Formulierungen, die durch Feuchthalten der Stämme eine Anwendung von EPN auch bei suboptimalen Witterungsbedingungen ermöglichen, können trotz intensiver Versuchstätigkeit in der Saison 2009/2010 leider nicht getroffen werden. Tendenziell könnte ein gewisser Effekt durchaus gegeben sein, es scheint aber sehr fraglich, ob er ausreicht, um den Aufwand für die Formulierungen (Kosten ca. 20 € pro ha, Arbeitsaufwand für das Anmischen) zu rechtfertigen. Daher wurde für die Praxis keine diesbezügliche Empfehlung ausgesprochen. Auch eine Halbierung der empfohlenen Aufwandmengen von 750 Mio Nematoden pro ha und mKh scheint nicht machbar, so dass für das Verfahren Kosten von etwa 160 € pro ha entstehen, wenn die gesamte Baumhöhe behandelt werden muss. Soll eine hohe Populationen auf ein niedriges Niveau reduziert werden, wird dieser Kostenrahmen von der Praxis auch akzeptiert. Der Schwerpunkt der Anwendungen liegt jedoch im Ökologischen Obstbau, wo das Verfahren inzwischen ein wichtiger Baustein der Strategie des Resistenzmanagements für CpGV darstellt.

Ein weiteres wichtiges Ergebnis des Projekts für die Gesamtstrategie ergab sich aus den Untersuchungen zu den Überwinterungsorten. Deutlich gezeigt werden konnte, dass bestimmte Unterstützungsmaterialien (Bambusstäbe, Weichholzpfähle) sich sehr gut als Winterverstecke für die Diapauselarven eignen und so den Populationsaufbau begünstigen. Eine „Sanierung“ stark befallener Anlagen durch Entfernen der Bambusstäbe im Winter in Kombination mit einer EPN-Behandlung hat sich sehr gut bewährt. In Einzelfällen werden Bambusstäbe auch wie empfohlen als **künstliche Verstecke** zum Wegfangen der Diapauselarven verwendet.

Inzwischen ist es auch eine Standardempfehlung im Ökologischen Obstbau, in Befallslagen des Apfelwicklers **bei Neupflanzungen auf entsprechende Unterstützungsmaterialien zu verzichten**. Dies hat mittelfristig eine grosse Bedeutung als Baustein einer Gesamtstrategie, die direkte und indirekte Bekämpfungsmaßnahmen optimal vereint.

Bei Sammlungen von Diapauselarven des Apfelwicklers im Freiland ist der Pilz ***Beauveria bassiana*** nach eigenen Erfahrungen sowie nach Berichten anderer Fachleute das am häufigsten angetroffene Entomopathogen. Deshalb waren die Erwartungen an dieses Verfahren ursprünglich relativ hoch. Das Präparat Naturalis, das sich in Deutschland im Zulassungsverfahren befindet und daher in dieses Projekt integriert wurde, konnte aber nicht überzeugen. Dies galt auch für die ebenfalls im Labor getesteten beiden Entomopathogenen Pilze *Metarhizium anisopliae*, *Isaria fumosorosea* und *Lecanicillium muscarium*. Es ist nicht auszuschliessen, dass mittels geeigneter Selektion und optimaler Formulierung nicht doch noch ein Präparat mit einer gewissen Wirkung gegen Diapauselarven des Apfelwicklers auf der Basis von *B. bassiana* oder anderen Entomopathogenen Pilzen entwickelt werden kann. Dies hätte aber den Rahmen dieses Projektes bei weitem überstiegen. Die Arbeiten zu *B. bassiana* wurden daher bereits relativ früh nur auf Versuche im Labor reduziert während der Schwerpunkt der Untersuchungen zu Verfahren gegen bereits ausgewachsene Larven auf die EPN gelegt wurde.

2 ANLASS UND ZIELSETZUNG DES PROJEKTS

Der Apfelanbau (31.200 ha in Deutschland) ist eine Sonderkultur mit sehr hohem Pflanzenschutzbeitrag. Gegen Apfelwickler als einem Hauptschädling müssen normalerweise mehrmals jährlich Insektizide eingesetzt werden.

An biologischen Verfahren standen zur Apfelwicklerbekämpfung die Verwirrungsmethode und das Apfelwicklergranulovirus (CpGV) zur Verfügung, die sowohl im Ökologischen als auch im Integrierten Anbau zum Einsatz kommen. Die Verwirrungsmethode ist nur wirksam bei geringen Populationsdichten, d.h. sie muß mit einem Instrument zum Niedrighalten der Population kombiniert werden. Dafür wurde seither CpGV eingesetzt. Seit 2004 wurde in einigen Anlagen eine Minderempfindlichkeit des Apfelwicklers gegenüber CpGV beobachtet (Fritsch et al., 2005). Da ein anderes biologisches Verfahren zur Reduktion der Population im Moment nicht zur Verfügung stand, mussten die IP-Betriebe beim jetzt notwendigen Resistenzmanagement wieder zu synthetischen Insektiziden greifen.

Für die Öko-Betriebe gab es keine Alternativen, so daß bereits von der Minderempfindlichkeit betroffene Betriebe starke wirtschaftliche Schäden hinnehmen mussten und die noch nicht betroffenen Betriebe kein Resistenzmanagement betreiben konnten.

Weitere biologische Verfahren zur Reduktion der Population im Rahmen einer Gesamtstrategie wurden also dringend benötigt. Verfahren zur Bekämpfung der überwinterten Apfelwicklerpopulation könnten nicht nur den Trend „zurück zum synthetischen Insektizid“ aufhalten sondern darüber hinaus noch zu einer weiteren Reduktion ihres Einsatzes führen. Dies ist vor allem dann der Fall, wenn durch Anwendungsprobleme (Resistenzen, Anwendungsfehler, keine Spritzung nach Hagel usw.) hoher Apfelwicklerbefall entstanden ist, der einen starken Insektizideinsatz in den Folgejahren erfordert. Hier ist durch eine Reduktion des Befallsdrucks während der Überwinterungssaison im Folgejahr eine Einsparung synthetischer Insektizide in erheblichem Maße möglich.

In enger Zusammenarbeit mit den Obstbaubetrieben sollten in einem Verbundprojekt aus Wissenschaft, mittelständischen Unternehmen, Beratung und Praxis weitere biologische Verfahren zur Reduzierung der Apfelwicklerpopulation zur Praxisreife gebracht werden.

Ein Schwerpunkt lag dabei auf der Bekämpfung der ausgewachsenen Larven während der Überwinterungssaison.

Eine langfristig angelegte Kombinationsstrategie ist weitaus besser geeignet, der Herausforderungen beim Apfelwickler mit immensem Schädlingsdruck und rascher Resistenzbildung zu begegnen. In diesem Projekt sollte nicht ein einzelnes Verfahren als neue zumindest kurzfristig hoch wirksame Einzelstrategie entwickelt werden. Vielmehr sollten verschiedene biologische Verfahren als Bausteine für eine Einbindung in eine individuell auf die Bedürfnisse jedes Betriebes zugeschnittene Gesamtstrategie zur Praxisreife gebracht und hinsichtlich Wirkung, Wirkungssicherheit und Kosten optimiert werden.

Folgende Verfahren wurden untersucht

Verfahren zur Bekämpfung der schlüpfenden Larven

- *Bacillus thuringiensis*
- NeemAzal /TS

Verfahren zur Bekämpfung der bereits ausgewachsenen Larven

- Entomopathogene Nematoden
- Entomopathogener Pilz *Beauveria bassiana*

3 DARSTELLUNG DER ARBEITSSCHRITTE UND ANGEWANDTEN METHODEN

3.1 Verfahren zur Bekämpfung der schlüpfenden Larven

Hier stand zunächst das *Bacillus thuringiensis*-Präparat XenTari im Vordergrund. Getestet werden sollte hier nicht nur der Effekt auf den Fruchtschaden sondern auch auf die Populationsentwicklung, um das Potential einer Kombination mit der Verwirrungsmethode zu prüfen. Aufbauend auf den Ergebnissen anderer Versuchsansteller (Benduhn et al., 2007) wurde 2007 auch die doppelte Aufwandmenge in die Untersuchungen einbezogen.

Zu Projektbeginn stand kurzfristig ein neues Isolat des Apfelwicklergranulovirus CpGV, das im Labor gute Ergebnisse gegen die Apfelwicklerpopulationen zeigte, die gegen das seither verwendete Isolat CpGV-M (*mexican Virus*) resistent waren, für Versuche zur Verfügung. Nach Rücksprache wurde dieses Verfahren in die Versuchsanstellung aufgenommen, um eine möglichst umfassende und aktuelle Kombinations- und Antiresistenzstrategie erarbeiten zu können.

In den Diskussionen mit dem Hersteller um den Einsatz von *Beauveria bassiana* wurde beschlossen, dieses Präparat im Freiland so einzusetzen, dass sowohl abwandernde als auch schlüpfende Larven erfasst werden können. Daher sind die Ergebnisse mit diesem Präparat hier dargestellt soweit sie schlüpfende Larven betreffen.

NeemAzal-T/S zeigte in einem Versuch anderer Versuchsansteller in sehr hohen Dosen ebenfalls Effekte. Daher wurde es 2007 ebenfalls in die Versuche aufgenommen, um zu testen, ob ein ein- bis zweimaliger Einsatz zu Saisonbeginn einen Effekt auf die Reduktion der Population zeigen könnte.

Nachdem 2008 dann eine grosse Auswahl an neuen GpGV-Isolaten zur Verfügung stand, wurde diese Fragestellung nur in sehr kleinem Rahmen weiterverfolgt. Im Jahr 2010 wurde sie zusätzlich zur Klärung der noch offenen Fragen zu den Nematoden wieder aufgegriffen, da auf einem Betrieb die Situation eingetreten war, dass alle verfügbaren CpGV-Isolate nicht mehr wirksam waren.

3.1.1 Untersuchungen zum Vergleich verschiedener Verfahren zur Bekämpfung der schlüpfenden Larven im Jahr 2006

Zu Projektbeginn Ende Juni konnten Versuche zur Sommerbehandlung zur Bekämpfung der schlüpfenden Larven nur noch in einer Anlage mit Elstar auf M9 im Bodenseegebiet mit spätem Befallsbeginn angelegt werden. Die Anlage wies eine CpGV-M-resistente Apfelwicklerpopulation auf. Getestet wurde das *Bacillus thuringiensis*-Präparat XenTari für die Anwendung in der ersten Generation. Außerdem wurde das neue CpGV-Präparat mit dem „alten“ verglichen. Als letztes Versuchsglied wurde Naturalis (*Beauveria bassiana*) als Ganzbaumbehandlung eingesetzt.

Der Versuch wurde mit der Motor-Rückenspritze behandelt. Da CpGV-Präparate eingesetzt wurden, mußte die Abdrift stärker als sonst berücksichtigt werden. Der Versuch wurde daher mit großen Blöcken quer zu den Reihen angelegt. Es wurden 6 Reihen in den Versuch einbezogen. Pro Reihe waren 15 Bäume einbezogen. So waren aber nur zwei Wiederholungen möglich. Die Applikation erfolgte mit einer Motor-Rückenspritze der Marke Solo als Tropfnaßbehandlung.

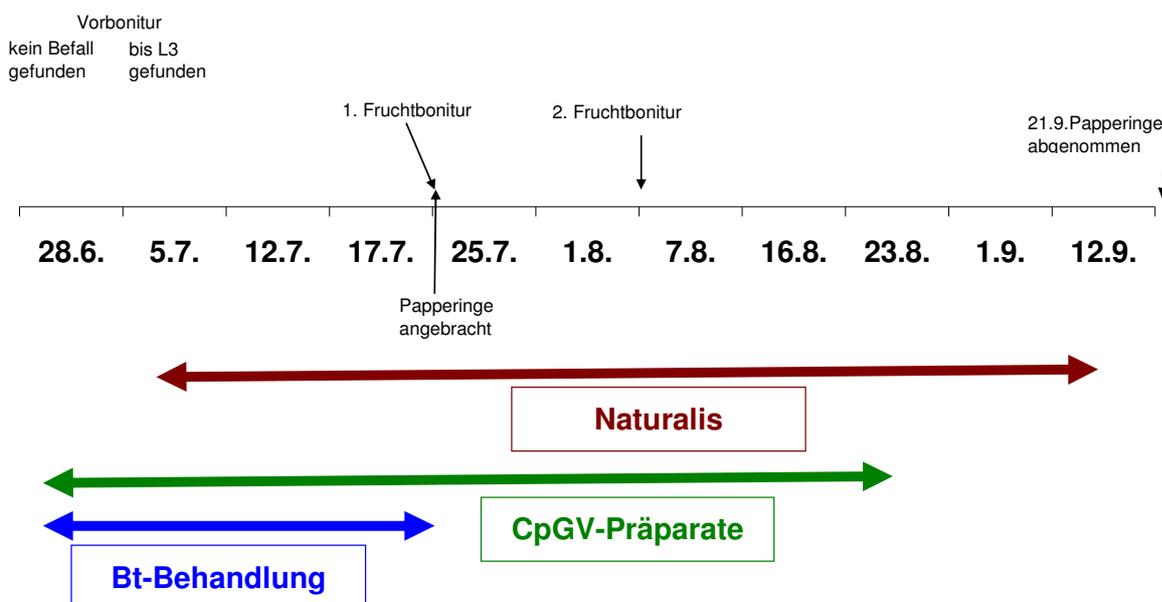


Abbildung 1: Applikationstermine im Vergleichsversuch verschiedener Verfahren im Freiland und Einsatzperiode der verschiedenen Präparate

Aufgrund der jeweiligen Fragestellung wurden die Präparate unterschiedlich eingesetzt (Abbildung 1). XenTari wurde nur angewendet solange mit einer Eiablage auf dem Blatt gerechnet werden konnte. Naturalis sollte vor allem die erwachsenen Larven bei der Abwanderung kontaminieren, daher wurde es bei der ersten Spritzung vor Schlupfbeginn noch nicht eingesetzt.

Dafür wurde es bis zur Abnahme der Wellpapperinge Ende September weiter wöchentlich eingesetzt, um die abwandernden Larven noch zu erfassen. Bei Naturalis wurden daher auch die Stammbasis und die Wellpapperinge in die Applikation einbezogen.

Von XenTari wurden 0,5 kg/ha und m Kh, von Madex 3 und Madex plus jeweils 50 ml/ha und m Kh und von Naturalis 1,5 l/ha und m Kh ausgebracht. Bei XenTari und den Madex-Präparaten wurde jeweils 1 kg/ha Zucker (brauner Zucker aus biol. Anbau) zugegeben.

Am 18.7. und am 6.8.06 erfolgte eine Bonitur der Früchte. Dafür wurden jeweils von 20 Bäumen pro WH alle Früchte ausgewertet. Am 18.7.06 wurden außerdem an jeweils 16 Bäumen pro WH Wellpapperinge angebracht. Diese wurden am 21.9.06 abgenommen.

3.1.2 Untersuchungen zur Wirkung eines neuen CpGV-Isolates auf CpGV-M-resistente Apfelwicklerpopulationen im Freiland im Jahr 2006

Die von der Fördergemeinschaft Ökologischer Obstbau e.V. im Jahr 2006 in Zusammenarbeit mit den Betriebsleitern angelegten Ringversuche mit diesem Präparat (Madex plus) wurden im Rahmen des Projektes ausgewertet. Zusätzlich wurde das Präparat in den unter 3.1.1 beschriebenen Versuch mit aufgenommen. Im Folgenden sind alle Versuchsergebnisse mit Madex plus zusammengefaßt. Es ist auch der bereits in 3.1.1 beschriebene Versuch mit einbezogen (Population BW-HI).

In zwei Betrieben im Bodenseegebiet erfolgte ein Vergleichsversuch von Madex 3 und Madex plus mit unbehandelter Kontrolle. Im Betrieb BW-FN wurde dieser mit praxisüblicher Spritztechnik aber ohne Wiederholungen durchgeführt (Parzellen quer zu den Reihen, 8 Reihen á ca. 15-20 Bäumen pro Parzelle, große, ältere Bäume), im Betrieb BW-HI mit zwei Wiederholungen á 50 Bäumen und Ausbringung mit Motor-Rückenspritze der Marke Solo als Tropfnaßbehandlung.

Im Betrieb BW-FN wurde am 9.6., 16.6., 23.6., 30.6., 12.7., 19.7., 26.7., 1.8., 10.8., 16.8. und 25.8.06 jeweils mit 50 ml/ha und m Kronenhöhe behandelt, im Betrieb BW-HI über die gesamte Saison jeweils im Wochenabstand mit 50 ml/ha und m Kh.

Bei dem Ringversuch in den Praxisbetrieben war die Anweisung an die Betriebe, alle 7 „Sonnetage“ (ein Tag mit Regen oder Bewölkung wird wie ein halber „Sonnetag“ berechnet) mit 50 ml/ha und m Kronenhöhe zu behandeln. Es wurde jeweils eine komplette Anlage behandelt. Als Kontrolle diente ein unbehandelter Ausschnitt im vorderen Teil der Anlage, wo von sechs Reihen jeweils mindestens 20 Bäume unbehandelt blieben.

Bei der Auswertung wurden mindestens 10 Bäume (mindestens 1000 Früchte pro Parzelle) markiert und der Apfelwicklerbefall erfasst. Bei BW-FN wurden 1000 Früchte entlang der Reihe bonitiert. Bei jeder Bonitur (mehrere Bonituren, hier nicht dargestellt) wurde eine neue Reihe gewählt, so daß alle vorhandenen Larvenstadien bei jeder Bonitur erfasst werden konnten. Die Früchte wurden aufgeschnitten und in abgestoppten Befall (Fraß gestoppt, keine lebende Larve) sowie aktiven Befall (lebende oder bereits ausgebohrte Larve) unterschieden. Die statistische Auswertung der Daten im Exaktversuch erfolgte mittels Fishers exact test ($P = 99\%$), beim Fruchtbefall wurde der aktive Befall herangezogen.

3.1.3 Untersuchungen zum Vergleich verschiedener Verfahren zur Bekämpfung der schlüpfenden Larven im Jahr 2007

Nachdem im Jahr 2006 keine abschließende Aussage zur Wirkung von *Bacillus thuringiensis* (BT) möglich war, sollten im Jahr 2007 die Ergebnisse anderer Versuchsansteller zu BT und NeemAzal-T/S (Benduhn et al., 2007) aus dem Jahr 2006 zusätzlich berücksichtigt werden. BT sollte daher auch in doppelter Aufwandmenge getestet werden.

Da zwischenzeitlich zur Regulierung des Apfelwicklers erste neue CpGV-Isolate, die auch gegen resistente Stämme wirken, zur Verfügung standen, war davon auszugehen, dass BT in irgendeiner Form in Kombinationsstrategien mit CpGV zur Anwendung kommt. Da bei der Wirkungsweise von BT (Fraßhemmungseffekt) auch eine negative Beeinflussung der beiden Verfahren CpGV und BT denkbar ist, wurde zusätzlich der Effekt der Kombination BT/neue CpGV-Isolate geprüft. Zur Klärung dieser Fragestellungen wurden zwei Exaktversuche und zwei Praxisversuche angelegt. Als BT-Präparat kam das Präparat XenTari der Fa. Biofa AG zur Anwendung.

Exaktversuche:

Die Versuche wurden an zwei Standorten jeweils als randomisierte Blockanlage mit vier Wiederholungen angelegt. Die Applikation erfolgte mit Motor-Rückenspritze als Tropfnassbehandlung (Tabelle 1).

Tabelle 1: Beschreibung der beiden Exaktversuche zu BT und NeemAzal-T/S im Jahr 2006

Standort	Wüstenhausen	Tübingen
Sorte/Apfelwicklerpopulation	Topaz/ggf. beginnende GV-Resistenz	Topaz, nachgewiesene GV-Resistenz
Alter/Baumform	3. Standjahr	Voll ausgewachsene Spindel, sehr starker Fruchtansatz
Anzahl Bäume für Bonitur	8	6
Anzahl Bäume für Wellp.ringe	5	5-9
Varianten im Versuch	1 BT 0,5 kg/ha und m Kh 2 BT 1 kg/ha und m Kh 3 BT 0,5 kg+ NeemAzal-T/S 1,5 l pro ha und m Kh 5 NeemAzal-T/S 1,5 l pro ha und mKh Jeweils 0,5 kg Zucker pro ha und mKh zugegeben 6 Kontrolle unbehandelt	1 BT 0,5 kg/ha und m Kh 2 BT 1 kg/ha und m Kh 3 NeemAzal-T/S 1,5 l pro ha und mKh Jeweils 0,5 kg Zucker pro ha und mKh zugegeben 4 Kontrolle unbehandelt
Applikationstermine	12.5., 19.5., 25.5., 2.6., 8.6., 13.6., 18.6., 22.6., 30.6., und 7.7. 2007	18.5., 24.5., 4.6., 11.6., 13.6. (mehr als 20 mm NS nach 11.6.) 19.6., 22.6. (mehr als 20 mm NS nach 19.6.), 29.6., 7.7., 13.7., 22.7. und 1.8. 2007.
Applikationstermine NeemAzal-T/S	12.5. und 18.6.2007	18.5. und 13.6.2007
Auswertung	Jeweils 250 Früchte pro Parzelle (1000 pro Variante) am 8.6. und am 12.7.07	Ganzbaumbonitur, alle Früchte an 6 Bäumen pro Parzelle, 23.6./20.7.07
Anbringung /Abnahme der Wellpappinge	8.6.07/24.7.2007	11.6./13.8.2007

Zusätzlich zu diesen Versuchen wurde an beiden Standorten neben der Blockanlage noch ein zusätzlicher Versuch angelegt: In dem Bereich, in dem der Betrieb mit Granuloviren behandelte, wurde zusätzlich BT in doppelter Aufwandmenge (1 kg/ha und mKh) ohne Zuckerzusatz mit der Rückenspritze ausgebracht. Auch diese Parzellen wurden randomisiert, so dass ein Vergleich von BT und BT+Granulovirus aus randomisierter Anlage möglich war.

In Tübingen wurden zwei Parzellen in dem vom Betriebsleiter behandelten Teil angelegt, zwei Parzellen dagegen wurden im Versuch sowohl mit BT als auch mit Granulovirus behandelt. Dadurch sollte sowohl ein Vergleich der gleichzeitigen als auch der zeitversetzten Ausbringung von BT und Granuloviren möglich werden.

In jeder Parzelle wurde an einem Teil der Bäume die Auswertung aller Früchte vorgenommen. An den restlichen Bäumen wurden die befallenen Früchte belassen und ein Wellpapping angebracht. Damit sollten die überlebenden Larven für die nächste Generation bei jeder Strategie erfasst werden. NeemAzal-T/S wurde nur zu jeweils zwei Terminen eingesetzt, da eine längere Wirkungsdauer zu erwarten war und die Behandlung ansonsten aus Kostengründen völlig irrelevant für die Praxis wäre. Bei der Kombinationsvariante NA/BT wurde zu den Terminen, an denen NA nicht zum Einsatz kam, BT ohne Zusatz von NA eingesetzt.

Bei der Auswertung wurden alle befallenen Früchte aufgeschnitten. Der Befall wurde eingeteilt in abgestoppten Befall (Einbohrstelle sichtbar, vernarbt), tief abgestoppten Befall (Gang sichtbar, kein frischer Kot mehr und keine lebende Larve) und aktiven Befall (lebende Larve vorhanden oder bereits ausgebohrt und Kerne angefressen).

Die Auswertung der Wellpappinge erfolgte zu einem Termin, an dem bereits Puppen geschlüpft waren. Die leeren Puppenhülsen konnten aber noch gefunden werden. Sie werden als „geschlüpfte Puppen“ dargestellt.

Praxisversuche

An zwei Standorten wurde ein Praxisversuch zum Effekt der Kombination von BT mit Madex plus durchgeführt. Dabei wurden vom Betrieb während der Schlupfzeit der ersten Generation des Apfelwicklers mit jeweils 2 Wiederholungen große Parzellen mit Madex bzw. mit Madex in Kombination mit BT 1 kg/ha und m Kh behandelt. Die hohe Aufwandmenge wurde absichtlich gewählt, um etwaige negative Effekte besser erkennen zu können (z.B. Fraßstopp durch BT und daraus bedingt geringere Aufnahme von Granuloviren).

An Standort 1 in Oberdorf am Bodensee trat kein Befall auf. Die Ergebnisse sind daher auch nicht dargestellt.

An Standort 2 in Lauffen am Neckar war der Befallsdruck sehr hoch. Am Anfang kam Madex 3 zum Einsatz, dann zeigte sich, dass die Population CpGV-M-resistent war, so dass auf Madex Plus umgestellt wurde. Die Applikationen erfolgten am 12.5., (10 ml/ha Madex Plus), am 21.5. (30 ml/ha), 31.5. (90 ml/ha) mit Madex 3, am 5.6. (100 ml/ha), 12.6. (100 ml/ha), 23.6. (100 ml/ha), 8.7. (50 ml/ha) sowie am 17.7. (50 ml/ha) mit Madex Plus, jeweils mit Zugabe von XenTari (BT) von 1 kg/ha.

Der Fruchtbefall wurde am 8.6.07 und am 12.7.07 erfasst. Pro Parzelle wurden bei der ersten Bonitur jeweils 1200, bei der zweiten Bonitur jeweils 750 zufällig ausgewählte Früchte (2400 bzw. 1500 Früchte pro Variante) ausgewertet. Die Unterteilung in aktiven und abgestoppten Befall war analog zu der in den Exaktversuchen. Die Anlage der Wellpappinge erfolgte am 8.6.07, die Auswertung am 3.8.07. Auch in diesem Fall waren bereits Puppen geschlüpft, so dass Puppenhülsen oder das Vorhandensein einer offensichtlichen Puppenwiege mit Resten der Kopfkapsel der Larve als „geschlüpfte Puppe“ gewertet wurden.

3.1.4 Untersuchungen zum Einsatz von NeemAzal-T/S gegen schlüpfende Larven im Jahr 2010

Untersucht werden sollte, ob mit ein oder zwei Behandlungen mit NeemAzal-T/S eine Reduktion des Befallsdrucks in der ersten Generation erreicht werden kann. Dafür wurden Freilandversuche an zwei Standorten (Niederrhein, Altes Land) mit hohem Befall angelegt. Ausgewertet wurde der Fruchtbefall zu Ende der ersten Generation und die Anzahl an Larven und Puppen des Apfelwicklers in Wellpappingen, die zu Ende der ersten Generation wieder abgenommen wurden.

Standort Niederrhein

Der Versuch wurde an der Sorte Santana auf M9 in einer Anlage mit einer Population, die auch gegen verschiedene CpGV-Isolate Resistenzen aufwies, durchgeführt. In der gleichen Anlage wurde ein speziell für diese Population selektiertes CpGV-Isolat getestet. Der Einsatz von NeemAzal-T/S erfolgte einmal in einer ansonsten unbehandelten Parzelle (V1) und ein zweites Mal in einer standardmässig alle 6 bis 10 Tage mit dem praxisüblichen Applikationsgerät mit diesem CpGV-Isolat behandelten Parzelle, d.h. in Kombination mit der CpGV-Anwendung (V2). Versehentlich wurden aber vermutlich Ende Juni 1-2 Applikationen ausgelassen.

Beide Versuche waren als randomisierte Blockanlage mit 4 Wiederholungen á 10 Bäumen aufgebaut. Zwischen den Parzellen wurde jeweils ein Randbaum freigelassen. Die Applikation von NeemAzal-T/S erfolgte mit einer Motor-Rückenspritze der Marke Solo als Tropnaß-Behandlung am 13.6. und am 7.7.2010 (nur Variante 3) mit jeweils 1,5 L NeemAzal-T/S je ha und m Kronenhöhe. Zum Zeitpunkt der ersten Spritzung waren allererste Larven schon geschlüpft, ein starker Schlupfhöhepunkt stand unmittelbar bevor.

Am 7.7.2010 wurden pro Parzelle 4 Bäume markiert und mit Wellpapperingen versehen. Diese Bäume wurden bei der Fruchtbonitur am 19.7.2010 nicht erfasst. An fünf Bäumen wurden alle vorhandenen Früchte kontrolliert und alle befallenen Früchte aufgeschnitten. Der Befall wurde eingeteilt in abgestoppten Befall (Einbohrstelle sichtbar, vernarbt), tief abgestoppten Befall (Gang sichtbar, kein frischer Kot mehr und keine lebende Larve) und aktiven Befall (lebende Larve vorhanden oder bereits ausgebohrt und Kerne angefressen). Um das Alter der Larven abzuschätzen, wurde das Larvenstadium visuell annähernd bestimmt. Bei der Bonitur wurden viele Früchte gefunden, bei denen zwar bis Fraßspuren festzustellen waren, die bis ins Kernhaus reichten, aber keine Larve und kein Ausbohrloch gefunden wurde. Für diese wurde eine separate Kategorie „abgestoppt sehr spät“ geschaffen.

Die Wellpapperinge wurden am 19.8.2010 wieder abgenommen, so dass nur Larven der ersten Generation abgefangen wurden.

Standort Altgalendorf

Am Standort Altgalendorf wurde ein analog zum Standort Niederrhein aufgebauter Versuch in einer Parzelle ohne CpGV-Behandlung durchgeführt. Behandelt wurde am 22.6. und am 15.7.2010. Die Auswertung erfolgte aufgrund des späten Schlupfbeginns zur Ernte, dann wurden auch die Mitte August angelegten Wellpapperinge wieder abgenommen.

Untersuchungen zu den Nebenwirkungen von NeemAzal-T/S auf Ohrwürmer am Standort Bodensee

Um das Potential von NA als Baustein in der Strategie abzuschätzen, war es wichtig, zu überprüfen, ob ggf. durch diese Behandlung systemrelevante Nützlinge geschädigt würden. NA wird bisher nur bis Ende Blüte eingesetzt, so dass der Ohrwurm nicht getroffen werden konnte. Da dieser Nützling für die Regulierung der Blutlaus eine grosse Bedeutung hat, sollte geprüft werden, ob eine Behandlung mit NA im Juni mögliche Schäden verursachen kann.

Im Jahr 2010 wurden an zwei Standorten (Hirschlatt und KOB) Untersuchungen zur Nebenwirkung der oben untersuchten Behandlungen gegen den Apfelwickler mit NeemAzal-T/S auf den Ohrwurm durchgeführt.

NeemAzal-T/S wurde mit 1,5 l/ha und m Kronenhöhe eingesetzt. Als Vergleichsmittel wurde Steward (Wirkstoff Indoxacarb) mit 0,085 kg/ha/m Kronenhöhe eingesetzt. Mit Steward wurde in Versuchen im Weinbau (Huth, mündl. Mitteilung, 2010) und an Apfel (Vogt et al., 2010) Wirkungsgrade zwischen > 30 % bis < 95 % erzielt. Es ist als schädigend für Ohrwürmer einzustufen.

Beide wurden einmalig angewendet. Verwendet wurde ein Wanner Parzellensprühgerät mit Flachstrahldüsen API 80 015 vk mit 7,0 bar und 5,5 km/h. Die Applikation erfolgte am 24.Juni 2010 (BBCH 75) um 5 Uhr am KOB und 20:30 Uhr in Hirschlatt. Die Terminierung früh bzw. spät am Tage wurde gewählt, um die Ohrwürmer während ihrer aktiven Phase zu treffen.

Der Versuch wurde mit 3 Versuchsgliedern und 4 Wiederholungen in 3 Reihen mit jeweils drei Trennreihen angelegt. An 20 Bäumen pro Wiederholung und zusätzlichen fünf Randbäumen wurden Bambusstäbe zu dreien gebündelt und senkrecht mit Stamm- und Astkontakt aufgehängt, um den Ohrwurmbesatz zu ermitteln. Mit durchschnittlich 38 (KOB) bis 185 (Hirschlatt) Ohrwürmern je Quartier in der unbehandelten Kontrolle zu Versuchsbeginn wurden erhebliche Besatzzahlen festgestellt.

Die Bonituren erfolgten durch Ausklopfen der Quartiere und Zählung der Ohrwürmer. Je Wiederholung wurden 10 Quartiere ausgezählt. Hierzu wurden die Tiere fotografiert, die Bilder anschließend am Bildschirm ausgezählt. Die Ohrwürmer wurden unmittelbar nach erfolgter Aufnahme wieder in den zugehörigen Baum entlassen. Das Entwicklungsstadium wurde anhand der Fühlerglieder bestimmt, dafür wurden jeweils 100 Tiere/Variante entnommen und eingefroren.

Die erste Bestimmung der Entwicklungsstadien erfolgte am 01. 06., bei der zweiten Bestimmung am 10.06, also 14 Tage vor der Behandlung, waren in Hirschlatt 46 % im L3 und 54 % im L4 Stadium, am KOB wurden mit 41 % L3 und 59 % L4 ähnliche Werte festgestellt. Aufgrund der unbeständigen Witterung im Juni musste die Behandlung häufig verschoben werden. Es ist davon auszugehen, dass zur Behandlung bereits erste Ohrwürmer das adulte Stadium erreicht hatten, ein ebenso großer Teil dürfte aber noch im L3-L4 Stadium gewesen sein.

3.2 Verfahren zur Bekämpfung der bereits ausgewachsenen Larven

3.2.1 Untersuchungen zur Wirkung von Entomopathogenen Nematoden

3.2.1.1 Untersuchungen zu den Überwinterungsorten der Diapauselarven

Im Jahr 2007 wurde auf einem Betrieb am Bodensee eine stark mit Apfelwickler befallene Anlage gerodet. Diese Gelegenheit wurde für nähere Untersuchungen zu den Überwinterungsorten genutzt. Insgesamt 28 Bäume wurden bei der Rodung in vier Teile gesägt (Wurzel, Stammteil, Mitte und Krone, siehe Abbildung 2).



Abbildung 2: Unterteilung der Bäume bei der Rodung zur Untersuchung der Überwinterungsorte der Diapauselarven (links) und in Folie eingewickelte Grosskisten mit Eklektoren (rechts)

Diese Teile wurden jeweils separat in Grosskisten verbracht und im Frühjahr mit schwarzer Folie komplett abgedunkelt. An jeder Ecke der Grosskiste wurde ein Eklektor angebracht und im Sommer die schlüpfenden Falter abgefangen.

In der Versuchssaison 2007/2008 wurde in einer 15 ha grossen Mostobstanlage in Ostdeutschland ein Grossparzellenversuch mit zwei Wiederholungen pro Variante aufgebaut. Die Bäume waren zwar sehr hoch, dennoch waren Bambusstäbe als Stützhilfe noch vorhanden (Abbildung 3 links). In verschiedenen Problemanlagen waren zahlreiche Diapauselarven in den Bambusstäben gefunden worden.

Um die Bedeutung der Bambusstäbe für den Befallsdruck abzuklären, wurden daher im Frühjahr nach der Behandlung in einer der beiden Wiederholungen jeweils die Bambusstäbe entfernt, in der anderen wurden sie belassen. Von den entfernten Bambusstäben wurden 200 Stück pro Variante in jeweils zwei Grosskisten verbracht, die mit grossen Plastiksäcken ausgekleidet und mit Fliegennetz bespannt wurden. Die schlüpfenden Falter wurden im Sommer mit Eklektoren abgefangen. Die Grosskisten wurden dazu unter Dach in Richtung auf eine Lichtquelle (Westfenster) aufgestellt und zusätzlich zur Bespannung mit Fliegennetz im hinteren Teil zur Hälfte mit Wellpappe abgedeckt (Abbildung 3 rechts). Die Erfassung des Fruchtbefalls erfolgte in dieser Anlage durch eine Auswertung aller Früchte an 40 Bäumen pro Parzelle zu Ende der Schlupfperiode der ersten Generation des Apfelwicklers.



Abbildung 3: Bambusstäbe in der Versuchsparzelle (links) und Grosskisten mit Eklektoren im Versuch zur Bedeutung von Bambusstäben als Überwinterungsorte (rechts)

3.2.1.2 Versuche im Labor und Halbfreiland zur notwendigen Aufwandmenge, zum Vergleich verschiedener Nematodenarten sowie zu optimalen Bedingungen für die Wirkung

In diesen Versuchen wurden Apfelwicklerlarven aus der Zucht der Firma Andermatt Biocontrol AG verwendet. Sie wurden einen Tag vor Versuchsbeginn auf Stammstücke aufgesetzt, die von gerodeten Bäumen abgeschnitten wurden. Die Bäume waren im Herbst 2006 gerodet worden und lagerten auf dem Betrieb in aufeinandergestapelten Grosskisten im Freien. In Versuch 1 wurden die Stammstücke bereits etliche Wochen vor Versuchsbeginn zurechtgeschnitten, in den Folgeversuchen wurden sie jeweils am Tag des Aufsetzens der Larven vom Betrieb geholt und zurechtgesägt.

Dadurch wurde die Austrocknung des Holzes vermindert. Da die natürlich gewachsenen Stammstücke nicht immer genug Verstecke für 20 Larven aufwiesen und auch knapp waren, wurden in einen Teil der Stammstücke Löcher mit 4 mm Durchmesser, leicht nach oben geneigt, gebohrt, in die die Larven einwandern konnten. In Versuch 1-3 wurden lediglich natürlich gewachsene Stammstücke verwendet: In den Folgeversuchen wurden jeweils bei zwei Wiederholungen mit natürlich gewachsene und bei zwei Wiederholungen mit Stammstücken mit Bohrungen verwendet.

In jedem Versuch wurden 20 Larven pro Stammstück aufgesetzt, jede Variante hatte 4 Wiederholungen. Die Daten beziehen sich also jeweils auf 80 Larven pro Variante.



Abbildung 4: Natürlich gewachsene Stammstücke, am Grund mit Melkfett abgedichtet, mit aufgesetzten Apfelwickler-Raupen, die sich noch einbohren

Die Applikation der Nematoden erfolgte mittels einer tragbaren Rückenspritze der Firma Mesto Marke Ferrum 3580, Gesamtvolumen 10 l mit einer Flachstrahldüse mit Durchmesser grösser als 0,5 mm. Der Druck betrug 4 bar. Während der Behandlung wurde der Spritzkanister von einer zweiten Person gehalten und geschüttelt, um ein Absetzen der Nematoden zu vermeiden. Behandelt wurde immer abends bzw. nachts, wenn die Luftfeuchtigkeit mindestens 70-80 % betrug.

Für die Berechnung der Aufwandmenge wurde von einer Stammbehandlung mit 1 m Kronenhöhe ausgegangen. Die Wasseraufwandmenge wurde mit 500 l/ha und mKh festgelegt. Entsprechend wurde umgerechnet und die Stammstücke behandelt. Bei allen Versuchen wurde Trifolio-S forte 0,5 %ig als Formulierungshilfe zugesetzt.



Abbildung 5: Spritzung bei Nacht (links außen), Versuch unter „grenzwertigen“ Freilandbedingungen (links innen), Versuch unter „Optimalbedingungen“ im Eimer mit Plastikdecke (rechts innen), Aufbewahrung nach Versuche mit Vliesdecke (rechts außen)

In Versuch 1 und 2 wurde unter „grenzwertigen“ Bedingungen geprüft, d.h. es wurde abends behandelt und die Stammstücke blieben über Nacht draußen stehen.

Um optimale Bedingungen für Versuch 3 zu erzeugen, wurden die Stammstücke einzeln für 24 h direkt nach der Spritzung in Eimer verbracht, die vorher mit Wasser ausgesprayed waren und dann mit Plastik abgedeckt wurden. Die Luftfeuchtigkeit in diesen Eimern betrug 100 %.

Zu Versuchsende wurden die Stammstücke in Eimer verbracht, die mit durchlässigem Verfrühungsvlies abgedeckt wurden (Abbildung 5). Bis zur Auswertung verblieben sie im Gewächshaus. Die Auswertung erfolgte durch Erfassung der Anzahl der geschlüpften Falter. Um sicherzugehen, dass wirklich alle Falter geschlüpft waren, musste jedes Mal mindestens 4 Wochen abgewartet werden, manchmal sogar länger.

Aus Platzgründen sind hier nicht alle Halbfreilandversuche ausführlich dargestellt sondern es wurden nur bestimmte Versuche ausgewählt.

Tabelle 2: Übersicht über verschiedene Versuche (1-5) im Halbfreiland im Jahr 2007.

SF = *Steinernema feltiae*; SC = *Steinernema carpocapsae*

S = Spritzung, B= Bonitur

V-Nr	Fragestellung	Bedingungen	Termine 2007
1	Vergleich verschiedener Aufwandmengen von SF und SC wenn kein Niederschlag stattfindet sondern nur Nachtfeuchte genutzt wird, d.h. unter grenzwertigen Bedingungen	<ul style="list-style-type: none"> • 1,5 Std. vor Spritzbeginn einmal genässt, bei Spritzbeginn Stamm nicht nass • Stammstücke nicht frisch gesägt, rel. trocken • Spritzung 15-12 °C, Abendfeuchte 65-80 % RH, 1 Std. Spritzzeit • Bei Spritzung Abendfeuchte, die Stämmchen wurden nicht mehr trocken • Ins Gras gestellt im Freien, Nachtfeuchte 100 %, Abkühlung bis auf 2 °C, morgens Erwärmung rasch bis auf 20 °, dann abgetrocknet. Tagsüber draußen im Schatten RH ca. 55 %, abends in Raum mit 19 °C. Nach 24 Std. Versuchende, bis zur Auswertung in mit Vlies abgedeckt im Eimer im Gewächshaus bei ca. 20 °C. • Insgesamt ca. 3 Std. gute Bedingungen mit hoher Luftfeuchte und hoher Temperatur 	S 20.4. B. 21.5.
2	Vergleich verschiedener Aufwandmengen von SF und SC ohne Niederschlag mit und ohne Vornässen der Stammstücke bei Grenzwert-Bed.	<ul style="list-style-type: none"> • Trocken= 45Min. vor Spritzbeginn einmal genässt, bei Spritzbeginn Stamm nicht nass • Vorgenässt= 7 Std. lang vor Spritzung alle halbe Stunde eingesprayed • Stammstücke frisch gesägt • Spritzung 18-19 °C, 65-90 % RH, Stämmchen nicht richtig getrocknet, 1 Std. Spritzzeit • Ins Gras gestellt im Freien, 8 Std. bei Nacht-Luftfeuchte 100 %, 18-19 °C, dann in Innenraum 21 °C, 60 % RH verbracht. • Insgesamt ca. 8 Std. gute Bedingungen mit Feuchte und ausreichender Temperatur 	S 23.5. B 30.6.
4	Vergleich verschiedener Aufwandmengen von SF und SC unter Optimalbedingungen	<ul style="list-style-type: none"> • Vorgenässt 6 Std., Spritzung 21.00-22.05 16-17 °C, 75 % RH • Methode feuchte Eimer mit Plastikdecke 10 Std. im Gewächshaus bei 15-12 °C, • dann im Keller (Transport!) bei 17-18 °C. • 24 Std. nach Spritzung Eimer trockengewischt und 2 Tage offen gelassen., dann mit Vlies abgedeckt • im Keller bei 17-20 °C bis zur Bonitur • 24 Std. Optimalbedingungen 	S 25.7. B 5.9.
5	Vergleich verschiedener Formulierungshilfen unter Optimalbedingungen Kombination SC und SF	<ul style="list-style-type: none"> • Vorgenässt 4 Std., Spritzung 18.15-19.30, 12 °C, 90 % RH • Methode feuchte Eimer im Gewächshaus bei 12 °C für 12 Std, danach bei 15-22 °C für 12 Std. • 24 Std. nach Spritzung Eimer trockengewischt und mit Vlies abgedeckt. • 24 Std. Optimalbedingungen 	S 5.9. B 6.12.

3.2.1.3 Erarbeitung einer optimalen Spritztechnik für die Ausbringung von EPN

In Feldtests wurden verschiedene Geräte, Düsen und Einstellungen (Druck, Geschwindigkeit, Wasseraufwandmenge) getestet. Mittels spezieller Papiere, die sich bei Benetzung mit Wasser blau verfärben, wurde die Benetzung bei den jeweiligen Varianten überprüft und die optimale Variante gewählt. Besonderes Augenmerk wurde auf die optimale Benetzung der Stammzone gelegt (Abbildung 6).

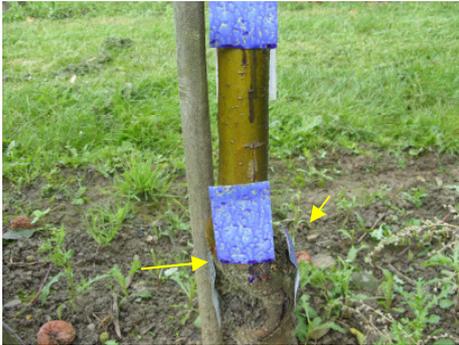


Abbildung 6: Testanordnung zur Kontrolle der Benetzung in der unteren Stammzone

Bei der Variante, die zum Schluß ausgewählt wurde, wurden Nematoden (*S. feltiae*) mit 10 bar Druck und den ausgewählten Düsen gespritzt und mit einem Eimer abgefangen. Anschliessend wurde die Vitalität der Nematoden überprüft (Zählung der Anzahl der lebenden und toten Nematoden in der Lösung im Vergleich zur gleichen Lösung, die nicht gespritzt wurde).

3.2.1.4 Kleinparzellierte Exaktversuche mit EPN im Freiland

Versuche in der Saison 2006/2007

In allen drei Regionen wurden im Herbst 2006 Kleinparzellenversuche als Blockanlage mit vier Wiederholungen á 10 Bäumen angelegt. Die Auswertung erfolgte durch Anlage von Eklektoren (Abb. 7) zur Ermittlung der Anzahl geschlüpfter Falter und Untersuchung der Stammstücke nach Abnahme der Eklektoren auf Puppenhüllen. Nur die Versuche von Biofa AG konnten ausgewertet werden, daher sind auch nur diese Versuche dargestellt. Vom KOB wurden anstelle der hier dargestellten Eklektoren Plastikeimer verwendet. Dieses Verfahren hat sich aber nicht bewährt.



Abb. 7: Stamm-Eklektoren zur Ermittlung der schlüpfenden Apfelwicklerfalter

Am Standort Tübingen erfolgte die Ausbringung der Nematoden mit einer Motor-Rückenspritze, am Standort Mainau mit praxisüblicher Spritze und einem Herbizidgestänge mit Flachstrahldüse. An beiden Standorten wurde abends ausgebracht und die Nachtfeuchte genutzt. Am Standort Tübingen lag die Temperatur nach der Spritzung für 12 Stunden zwischen 12 und 15 °C,

am Standort Mainau waren während der Spritzung noch 15 °C gegeben, während der Nacht ging die Temperatur aber auf 8,5 °C zurück.

Versuche in der Saison 2007/2008



Abbildung 8: Versuchsanordnung der Grosskisten mit Baumteilen zum Abfangen der Falter

In der Saison 2007/2008 wurde auf ein anderes Verfahren zum Aufbau von kleinparzellierten Versuchen zurückgegriffen, um den potentiellen Wirkungsgrad einer Nematodenbehandlung möglichst genau direkt abzuklären. Der Versuch wurde in einer befallenen Anlage durchgeführt, die im Folgejahr gerodet wurde.

Pro Variante wurden jeweils zwei randomisiert verteilte Parzellen á 25 Bäume ausgewiesen.

Behandelt wurde am 6.11.2007 bei leichtem Nieselregen mit *S. feltiae*, 750 Mio pro ha und m Baumhöhe und Trifolio-S forte als Formulierungshilfe mit 0,5 L/ha und m Baumhöhe. Die Temperaturen fielen nach der Spritzung zwar manchmal unter 8 Grad, das feuchte Wetter hielt aber zwei Tage an, so dass die Stämme nicht abtrockneten und am zweiten Tag gab es eine längere Periode mit Temperaturen über 8 °C.

Am 28.4.2008 wurden die Bäume gerodet und anschliessend in Großkisten verbracht. Diese wurden mit Fliegennetz abgedeckt und zum Licht zu mit beleimten Honiggläsern versehen und in einer Scheune so aufgestellt, dass alle in die gleiche Richtung zeigten. Davor wurde eine Lichtquelle angebracht, die durch eine automatische Zeitschaltuhr immer zwischen 20.00 und 22.00 Uhr angeschaltet wurde (

Abbildung 8). In den Honiggläsern konnten so die geschlüpften Falter abgefangen werden. In diesem Fall erfolgte eine Trennung der verschiedenen Teile des Baums in Krone, Mitte und Stammzone (s. Abbildung 2), da gleichzeitig auch die Frage der Überwinterungsorte der Larven untersucht werden sollte. Aus diesem Grund wurden auch die Weichholzpfähle, die viele Risse aufwiesen, in separate Grosskisten verbracht und in die Auswertung mit einbezogen. Jeweils 16 Bäume und ebenso viele Pfähle pro Variante wurden untersucht.

Der Versuch wurde parallel noch an einem anderen Standort durchgeführt. Dort konnten aber aufgrund zu geringer Falterzahlen keine verwertbaren Ergebnisse erzielt werden, daher wird der Versuch hier nicht dargestellt.

Versuch in der Saison 2008/2009

Am KOB ergab sich Ende 2008 erneut eine Gelegenheit, eine stark befallene Anlage zu nutzen, die gerodet werden sollte.

Dieser Versuch wurde am 15.11.08 abends behandelt. Gespritzt wurde nach dem Vornässen der Bäume mittels Beregnung auf den nassen Stamm, im Anschluss regnete es mehr als 12 Stunden lang, die Temperaturen lagen bei 10 bis 14 °C. Eingesetzt wurde *S. feltiae*, 750 Mio pro ha und m Baumhöhe und Trifolio-S forte als Formulierungshilfe mit 0,5 L/ha und m Baumhöhe. Zugewetzt wurde ausserdem das Polysaccharid Xanthan 0,1 %ig, das die Abtrocknung der Stämme verhindern sollte.

Es wurde noch im Winter gerodet. Im Frühjahr wurden jeweils 30 Stämme in durchlässiges Vlies gewickelt, die Krone wurde aufgrund der Ergebnisse der vorangegangenen Versuche nicht ausgewertet. Das Vlies wurde zweimal geöffnet und die geschlüpften Falter bonitiert. Auch in diesem Versuch wurden die Holzpfähle, die zahlreiche Risse als Überwinterungsmöglichkeiten für Larven aufwiesen, in die Untersuchung einbezogen und separat ausgewertet.

3.2.1.5 Freilandversuche zur Wirkung Entomopathogener Nematoden in Grossparzellen

Bei diesen Versuchen erfolgte im Herbst eine Behandlung mit Nematoden, ausgewertet wurde der Befall an den Früchten im Folgejahr. Dafür mussten die Parzellen entsprechend groß gewählt werden, um die Flugaktivität der Falter zu berücksichtigen. In jedem Fall wurde der Befall (Fraßschaden an der Frucht) gegen Ende der ersten Generation erfasst (jeweils 1500 bis 4000 Früchte pro Parzelle bzw. in einem Versuch Ganzbaumbonitur mit 40 Bäumen pro Parzelle). Wo die Parzellen groß genug waren und es sinnvoll erschien, erfolgte auch eine Bonitur der zweiten Generation. Die Versuchsanlagen wurden im Folgejahr praxisüblich behandelt. Im Vorjahr erfolgte jeweils eine Erfassung des Befalls zu Ernte, um das Befallsgefälle in der Anlage zu kennen und ggf. auszugleichen.

Dieser Versuchsaufbau benötigt sehr große Parzellen. In vielen Versuchsanlagen konnten daher keine Wiederholungen angelegt werden. Um dies auszugleichen, wurde eine große Anzahl an Versuchen durchgeführt und jetzt in einer Gesamtübersicht zusammengefasst (Abbildung 34).

Wenn eine hinreichend große Anlage zur Verfügung stand, in der auch Wiederholungen möglich waren, zeigte sich meist das Problem eines ungleichmäßig verteilten Befalls.

Bei den Wirkungsgraden um 50 %, die mit den Nematoden im Normalfall erzielt werden können, kann eine hohe Variabilität des Befalls eine Aussage unmöglich machen.

Bei niedrigem Befall kann eine definitive Aussage über solche Wirkungsgrade ebenfalls nur sehr eingeschränkt gemacht werden.

Daher wurden für die Übersicht in Abbildung 34 nur solche Versuche gewertet, die in der unbehandelten Kontrolle einen Befall über 2 % in der ersten Generation oder über 4 % bei einer Bonitur der 2. Generation (bei genügend großen Parzellen) aufwiesen. Versuche mit Wiederholungen, die in den einzelnen Kontrollparzellen Befallsunterschiede über 50 % zeigten, wurden nicht gewertet.

Aus den Versuchen der Jahre 2006 bis 2009 konnten so insgesamt 14 Versuche ausgewertet werden, um das Potential der Wirkung der Nematoden einzugrenzen.

In allen Versuchen wurde nach der Ernte appliziert. Für Nematoden ist die Feuchtigkeit ein zentraler Faktor. Mindestens 12, besser 24 Stunden nach Applikation sollten die Stämme feucht bleiben – bei Temperaturen über 8 °C. In der Übersichtsgrafik wurde auch ein Versuch nicht gewertet, bei dem die Temperaturen trotz anderslautendem Wetterbericht nach der Spritzung immer unter 8 °C lagen.

Da der Erfolg beim Einsatz von Nematoden demnach wesentlich von den Witterungsverhältnissen abhängt, wurde die Witterung in der Übersichtsgrafik für die Großparzellenversuche farblich dargestellt und die einzelnen Versuche entsprechend eingetragen.

In einem Versuch wurden Flachstrahldüsen mit einer Düsenöffnung grösser als 0,5 mm mit 4 bzw. 10 bar Druck und 500 bzw. 750 L/ha Wasseraufwandmenge eingesetzt.

In einem anderen wurde ein umgebautes Herbizidgestänge mit jeweils 3 Düsen verwendet und zusätzlich gegenläufig gefahren (Abbildung 31), d.h. jede Baumseite zweimal. In allen anderen Versuchen kam die speziell für die Anforderungen der Nematoden entwickelte Spritztechnik zur Anwendung. Eingesetzt wurden Düsen von Lechler ID 90-06 grau mit Luftunterstützung. An der untersten Düse wurde ein TWIN Spray CAP mit 2 Düsen montiert. So wird eine optimale Benetzung des ganzen Bereichs unterhalb des Veredelungsknotens erreicht. Diese Düse muss in jeder Anlage optimal ausgerichtet werden (Abbildung 31), so dass die Zone unterhalb des Veredelungsknotens optimal benetzt wird. Ausgebracht wurden jeweils 750 L Spritzbrühe pro ha bei 8 bis 10 bar Druck. Sämtliche Filter wurden vor der Applikation entfernt.

Die dargestellten Versuche wurden alle mit *S. feltiae* mit einer Aufwandmenge von 750 Mio/ha und m Baumhöhe durchgeführt. Die Baumhöhe wurde vom Boden bis zu der Höhe berechnet, wo keine Überwinterungsverstecke mehr zu vermuten waren, üblicherweise war dies bis zum oberen Draht bzw. bis zum Ende des Stammes. In allen Versuchen wurde als Formulierungshilfe T/S-forte 0,5 L/m Kh zugegeben.

3.2.1.6 Freilandversuche zur notwendigen Aufwandmenge von EPN

In dem unter 3.2.1.1 dargestellten Grossparzellenversuch mit 2 Wiederholungen (mit und ohne Entfernen der Bambusstäbe) in der Saison 2007/2008 wurde auch eine Parzelle mit halber Aufwandmenge an SF angelegt (375 Mio/ha und m Kh). Das Ergebnis konnte aber aufgrund ungünstiger Lage der Parzellen (Streuobst angrenzend ausserhalb) nur eingeschränkt interpretiert werden und wird daher nicht dargestellt.

Mit Grossparzellenversuchen war es bei den erzielbaren Wirkungsgraden von ca. 50 % kaum denkbar, absicherbare Ergebnisse zur Möglichkeit einer Reduktion der Aufwandmenge ohne einen nennenswerten Verlust an Wirkung zu erzielen. Daher wurden in der Saison 2009/2010 noch drei Exaktversuche in Kleinparzellen mit Wiederholungen in befallenen Anlagen angelegt, die in dieser Saison gerodet wurden.

Standort Rödersheim

Da in dieser Anlage nicht ausreichend Bäume einer Sorte die gerodet wurden vorhanden waren, konnte der Versuch nicht innerhalb einer Sorte wiederholt werden. Stattdessen wurden die Varianten in drei verschiedenen Sorten angelegt, sodass jede einzelne Sorte als Wiederholung herangezogen wurde. Der Versuch fand in den Sorten 'Boskoop', 'Jonagold' und 'Alkmene' statt, wovon jeweils eine Reihe zur Verfügung stand.

Die Applikation der Nematoden in der Anlage Rödersheim erfolgte am 17.11.2009 bei optimalen Bedingungen. Die Temperatur betrug 11 °C, es war windstill und es herrschte eine hohe Luftfeuchtigkeit, so dass die Stämme über einen Zeitraum von 24 Stunden nach der Behandlung feucht blieben. Es wurde mit einer Geschwindigkeit von 6 km/h, einem Druck von 8 bar und einer Wasseraufwandmenge von 750 l/ha u. mKh behandelt. Verwendet wurden die Injektordüsen ID 90-06 und an der untersten Düse die TWIN SPRAY CUP mit 2 Düsen.

Ausgebracht wurde *S. feltiae* mit einer Aufwandmenge von 375 Mio pro ha und m Kh als halber Aufwandmenge und 750 Mio pro ha und m Kh als voller Aufwandmenge. In beiden Varianten wurde Trifolio-S forte mit 0,5 L/ha und m Kh als Formulierungshilfe zugesetzt.

Am 13.04.2010 erfolgte die Rodung der Bäume. Pfähle waren in allen Anlagen keine vorhanden. Bei der Rodung wurde der Wurzelhals freigelegt, so dass der Stamm unterhalb der Grasnarbe abgeschnitten werden konnte. Anschließend wurde der untere Teil des Stammes (ca. 40 cm) in Vlies (22g) eingepackt (Abbildung 9).



Abbildung 9: Teil des Stammes der für die Versuchszwecke in Vlies eingepackt wurde und Lagerung der eingepackten Stämme



Abbildung 10: Gefundene Puppenhüllen in den eingepackten Baumstämmen

Je nach verwendbaren Bäumen in der Parzelle variierte die Anzahl der eingepackten Stämme. Die Lagerung der Stämme von März bis Juli 2010 erfolgte am DLR Rheinpfalz in Klein-Altendorf (Abbildung 9). In dieser Zeit wurden die Stämme durch eine Überdachung vor Sonneneinstrahlung und Regen geschützt.

Die Bonitur erfolgte am 21.07.2010. Es wurde jeweils die Anzahl an vorhandenen Puppenhülsen (Abbildung 10) und auch Faltern pro Stamm festgehalten. Da Falter eher verlorengehen können, wird die Anzahl der Puppenhülsen als Auswertungskriterium dargestellt.

Standort Saarwellingen

Die Versuchsvarianten der Sorte 'Melrose' wurden vierfach in einer randomisierten Blockanlage wiederholt mit jeweils 16 Bäumen pro Wiederholung, wovon die mittleren zehn ausgewertet wurden. Es handelte sich um einen grösseren Versuch mit insgesamt 7 Varianten, in dem auch die Varianten mit der Fragestellung Formulierung mit randomisiert waren (s. dort). Aus Gründen der Übersichtlichkeit sind die Ergebnisse für Aufwandmenge und Formulierung getrennt dargestellt.

Die Varianten für die Fragestellung „Aufwandmenge“ waren dieselben wie am Standort Rödersheim. Behandelt wurde am 03.11.2009 mit SF, 750 bzw. 735 Mio/ha und mKh. Am Ausbringungstag betrug die Temperatur 9°C, es war bewölkt und trocken, allerdings waren die Bäume noch nass vom Regen in der vorherigen Nacht. Auch nach der Applikation blieben die Stämme feucht und es herrschte eine hohe Luftfeuchtigkeit. Alle Varianten wurden mit einer Geschwindigkeit von 6 km/h und einem Druck von 8 bar ausgebracht. Es wurden die Injektordüsen ID 90-06 und an der untersten Düse die TWIN SPRAY CUP mit 2 Düsen verwendet. Die Wassermenge betrug 750l Wasser pro ha u. mKh. Bei beiden Varianten wurde Trifolio-S forte 0,2 %ig zugesetzt.

Die Bäume wurden am 4.3.2010 gerodet und analog zum Standort Rödersheim behandelt. ES gab keine Pfähle, deshalb konnten keine ausgewertet werden. Die Bonitur erfolgte einmal am 28.6.2010 und ein zweites Mal am 21.7.2010.

Standort Niederrhein

Der Versuch wurde in einer Anlage mit älteren Boskoop-Bäumen durchgeführt, die im Frühjahr 2010 gerodet wurde. Er wurde mit 3 Varianten (Kontrolle, *S. feltiae*, 750 Mio/ha und m Kronenhöhe; *S. feltiae*, 375 Mio/ha und m Kronenhöhe) mit jeweils zwei Wiederholungen als randomisierte Blockanlage aufgebaut. Zwischen den behandelten Reihen blieb jeweils eine Reihe unbehandelt, um Abdrifteffekte zu vermeiden.



Abbildung 11: Grosskisten mit Eklektoren am Standort Niederrhein

Die Applikation erfolgte am 16.11.2009 von 18.30 bis 19.45 mit 750 L Wasser pro m Kronenhöhe mit Zugabe von 0,25 L/ha Trifolio-S forte. Es wurden die Injektordüsen ID 90-06 und an der untersten Düse die TWIN SPRAY CUP mit 2 Düsen verwendet (10 bar Druck). Während der Behandlung lagen die Temperaturen bei 12 °C und sanken in der Nacht nicht unter 8 °C. Die Stämme waren aufgrund von Sprühregen nass und trockneten auch über Nacht nicht ab. Erst im Lauf des nächsten Morgens klarte das Wetter auf.

Die Bäume wurden am 14.4.2010 gerodet. Dabei wurden jeweils 10 Stämme und die dazugehörigen Weichholzpfähle einer Parzelle in eine Grosskiste verbracht, die mit einer grossen Plastiktüte ausgeschlagen war und mit einem Fliegennetz überspannt wurde.

An der Front war eine Plexiglasscheibe mit acht Eklektoren angebracht. Die Kisten wurden unter Dach mit Orientierung gegen Westen aufgestellt. Die Eklektoren wurden regelmässig überprüft und am 19.8.2010 endgültig ausgewertet.

3.2.1.7 Versuche zum Potential von Formulierungen zur Reduktion der Feuchteabhängigkeit der EPN-Ausbringung

Versuch im Halbfreiland im Jahr 2008

Für den Versuch wurden einen Tag vor Versuchsbeginn 4 Stammstücke pro Variante mit jeweils 20 Apfelwicklerlarven aus der Zucht der Fa. Andermatt besetzt. Bei den Stammstücken handelte es sich um erst im Frühjahr gerodetes Material, das noch nicht ausgetrocknet war. Die Varianten mit „Vornässen“ wurden sechs Stunden vor Versuchsbeginn durch regelmässiges Einsprayen mit Wasser mit einem Zierpflanzensprayer nass gehalten. Die nicht vorgehässsten Varianten wurden nur einmal ca. 30 Minuten vor der Spritzung eingenässt. Die Behandlungen erfolgte am 14.8.2008 mit einem Zierpflanzensprayer nach dem Taufall bei 100 % Luftfeuchtigkeit. Die Stämme wurden über Nacht draussen belassen (Temperaturen zwischen 12 und 15 °C) und morgens unter Dach noch sechs Tage aufgestellt. Danach wurden sie in die Eimer verbracht und der Schlupf der Falter für die Auswertung abgewartet.

Zum Einsatz kam in allen Varianten *S. feltiae* mit 375 Mio/ha und m Kronenhöhe berechnet auf 750 l Wasseraufwandmenge/ha mKh. In allen Varianten wurde auch 0,5 % Trifolio-S forte beigemischt. Das Mucopolysaccharid Xanthan wurde 0,1 und 0,2 %ig verwendet. Es wurde vor der Spritzung eingeweicht und langsam aufgelöst.

Versuche im Halbfreiland im Jahr 2009

Nach etlichen Vorversuchen wurde Anfang Juni 2009 noch einmal ein grosser Halbfreilandversuch aufgebaut. Die Methodik war analog zum vorher beschriebenen Versuch. Die Spritzung erfolgte am 5.6.2009 abends nach dem Taufall. In der Nacht lag die Temperatur bei 14 bis 19 °C, die Luftfeuchte schwankte zwischen 60 und 80 %. Am nächsten Morgen gegen 11.00 Uhr wurden die Stämme einzeln in Eimer gesetzt, diese mit Vlies überspannt und in einen Raum verbracht, in dem ca. 20 °C und 60 % Luftfeuchte herrschte. Die Auswertung der geschlüpften Falter erfolgte am 3.8.2009.

Versuche im Freiland in der Saison 2009/2010

Die Frage des Effekts von Formulierungen sollte im Freiland am Standort Rheinland Pfalz, wo zwei Anlagen mit starkem Befall zur Rodung anstanden, mit Exaktversuchen mit anschließender Rodung der Bäume bearbeitet werden, um abgesicherte Aussagen treffen zu können. Behandelt werden sollte bei suboptimalen Bedingungen, d.h. kühlem Wetter mit Nebel aber keinem Sprühregen. Die Stämme sollten leicht vorgehässt werden. Damit sollte simuliert werden, dass bei einer Behandlung das Wetter plötzlich umschlägt und statt des angesagten Sprühregens plötzlich nur noch leichte Feuchtigkeit herrscht. Geprüft werden sollte, ob die Nematoden mit den Formulierungen zu diesen Bedingungen noch wirken.

An diesem Standort wurden zwei Versuche in verschiedenen Anlagen aufgebaut.

Die Versuchsvarianten der Sorte 'Melrose' wurden vierfach wiederholt mit jeweils 16 Bäumen pro Wiederholung, wovon die mittleren zehn ausgewertet wurden. Bei der Sorte 'Elstar' handelte es sich um eine 26 Jahre alte Anlage mit weitem Pflanzabstand, daher konnten pro Variante nur drei Wiederholungen mit jeweils sechs Bäumen angelegt werden, wovon die mittleren vier ausgewertet wurden. Da nach Vorbonitur in der Sorte 'Elstar' der Ausgangsbefall mit Apfelwicklern zu gering war, wurde jeder Baumstamm zusätzlich mit 2 Apfelwicklerlarven im L5-Stadium besetzt, die zuvor aus Äpfeln der Sorte 'Jonagold' der gleichen Anlage gesammelt wurden. In beiden Sorten wurden am 12.11.2009 bei 8°C, leichtem Nebel und Windstille behandelt. Vor der Behandlung wurden die Stämme mit Wasser benetzt und trockneten nach der Applikation langsam ab. Alle Varianten wurden mit einer Geschwindigkeit von 6 km/h und einem Druck von 8 bar ausgebracht.

Es wurden die Injektordüsen ID 90-06 und an der untersten Düse die TWIN SPRAY CUP mit 2 Düsen verwendet. Die Wassermenge betrug 750l Wasser pro ha u. mKh. Trifolio-S forte wurde bei allen Varianten 0,2 %ig zugesetzt.

Formulierung 1 bestand aus 0,2% Xanthan + 0,2% TS forte, Formulierung 2 aus 0,2% Xanthan + 0,2% TS forte + Natrosol 0,1g auf 1l.

3.2.2 Untersuchungen zur Wirkung von *Beauveria bassiana*

Versuche im Freiland im Jahr 2006

Für *B. bassiana* sollten als erstes die verschiedenen Möglichkeiten der Applikation unter unterschiedlichen Bedingungen (mehrere Standorte, Regionen!) untersucht werden. Denkbar waren Ganzbaumbehandlungen (kein separater Spritzgang erforderlich, kann bei Fungizid-ausbringung zugegeben werden) sowohl zum Zeitpunkt des Abseilens der ausgewachsenen Larven als auch zum Zeitpunkt des Einbohrens in die Frucht (Kontamination der Larven, Absterben durch Infektion während des Aufenthalts in der Frucht oder später nach Müller-Kögler (1965) möglich).

Die andere Möglichkeit waren Behandlungen der unteren Astpartien und der Stammregion (gesonderte Ausbringung, nur untere Düse geöffnet, geringe Kosten für das Präparat).

Im Sommer 2006 wurden dazu an allen Standorten Kleinparzellen- und Großparzellenversuche mit dem Präparat Naturalis der Fa. Intrachem durchgeführt.

Standort Rödersheim

Der Versuch wurde in einer stark befallenen Anlage mit älteren Bäumen der Sorte Gloster mit drei Wiederholungen angelegt. Die Apfelwicklerpopulation wies eine CpGV-M-Resistenz auf, dieser Teil der Anlage war aber nicht in die Versuche mit Madex plus einbezogen sondern wurde mit Madex 3 bzw. gar nicht behandelt. Der Befall in der Anlage wies ein Gefälle von vorn nach hinten auf. Es wurde versucht, dem Rechnung zu tragen, indem die erste Parzelle 30 m nach Beginn der Reihe angefangen wurde. Trotzdem war die erste Wiederholung in der behandelten Variante im Vergleich zu den anderen Parzellen noch stärker befallen. Naturalis wurde am 6.7.06 morgens als Ganzbaumbehandlung vom Betriebsleiter ausgebracht, im Anschluß daran wurden die Wellpappinge angelegt (insgesamt 42 pro Variante). Am 13.7.06 wurde die Spritzung wiederholt (morgens kurz nach 8.00 Uhr). Pro ha wurden 1,5 l Naturalis mit 500 l Wasser ausgebracht.

Zum Zeitpunkt der ersten Spritzung wurde festgehalten, wie viele Larven sich in welchem Stadium in den Früchten befanden. Am 20.7.06 erfolgte erneut eine Bonitur der Früchte sowie die Auswertung der Wellpappinge.

Über den gesamten Versuchszeitraum herrschte heißes, trockenes Wetter.

Standort Mainz

Am Standort Mainz wurde am 4.7.06 und am 11.7.06 behandelt. Die Pappinge wurden am 4.7.06 angelegt, zusammen mit einer Vorbonitur der Früchte, bei der das Larvenstadium festgehalten wurde. Die Abnahme der Wellpappinge erfolgte am 17.7.06, ebenso die Fruchtbonitur. Über den ganzen Versuchszeitraum herrschten sehr hohe Temperaturen und Trockenheit.

Standort Wahlwies (Bodenseegebiet)

Am Standort Wahlwies wurde am 10.7., 19.7., 26.7. und 2.8.06 behandelt. Ende Juli und Anfang August kam es zu Niederschlägen in den Tagen nach der Behandlung. Die Pappinge wurden am 11.7.06 angelegt, zusammen mit einer Vorbonitur der Früchte, bei der das Larvenstadium festgehalten wurde. Die Ringe wurden am 14.8.06 abgenommen.

Die Larven aus den Wellpappingen wurden jeweils zur weiteren Bestimmung nach Darmstadt gesandt. Dort wurden sie vereinzelt und in Rasterdöschen überführt und die Mortalität bestimmt. Gestorbene Tiere wurden in eine feuchte Kammer überführt und die Verpilzungsrate bestimmt.

Außerdem wurden noch mehrere Großparzellenversuche durchgeführt, die aber ebenfalls keine Wirkung von *B. bassiana* vermuten ließen und aus diesem Grund hier nicht aufgeführt sind.

Tauchversuche im Labor im Jahr 2007

Die ersten Versuche waren im Januar 2006 mit dem Apfelwickler-Stamm BW-FI-03 und den Pilzisolaten M.a. 43 (*Metarhizium anisopliae*, Produkt BIO 1020 Neu), Naturalis und Boverol (*Beauveria bassiana*) durchgeführt worden. Im Februar 2007 wurde ein Tauchversuch mit dem CpGV-M-resistenten Apfelwicklerstamm BW-FI-04 durchgeführt und es wurden die Isolate M.a. 43, Naturalis und ein B.ba. 64, ein in den 1970iger Jahren am Institut für biologischen Pflanzenschutz vom Apfelwickler isolierter Pilzstamm verglichen.

Nachdem in der Diskussion mit den Kollegen die Frage aufgekommen war, ob möglicherweise die gegenüber CpGV-M unterschiedlich empfindlichen Stämme sich auch in ihrer Empfindlichkeit gegenüber anderen Pathogenen unterscheiden, wurden in einem Versuch im Dezember 2007 sowohl CpGV-M-resistente Apfelwicklerlarven (Stamm BW-FI-04) als auch normal empfindliche Larven aus der Zucht von Andermatt Biocontrol AG im Biotest mit den Isolaten M.a. 43, Naturalis und B.ba. 64 behandelt.

Sprühversuche im Halbfreiland Jahr 2007

Die in diesen Versuchen eingesetzten Pathogene wurden teilweise selbst produziert: Die Pilze (*Metarhizium anisopliae*, *Beauveria bassiana*) auf Malzextrakt-Pepton-Agarplatten und die Nematoden (*S. feltiae*) in Raupen der Großen Wachsmotte, *Galleria mellonella*. Am Tag vor der Behandlung wurden die Pilzsporen „geerntet“ (Abschwemmen mit 10 ml einer 0,1 %igen Tween 80 Suspension), die Sporenzahl am Mikroskop mittels Thomakammer ermittelt und eine Bestimmung der Keimfähigkeit nach 24 Stunden Inkubation auf Wasseragarplatten (2 %) im Klimaschrank bei 25 °C durchgeführt. Bis zur Behandlung wurde die Sporensuspension im Kühlschrank gelagert. Die Behandlung erfolgte mit einer Dosierung von 1×10^{14} Sporen/ha bezogen auf die Standfläche der Stammstücke. Dazu wurden 100 ml einer 0,25 %igen ProNet-Alfa Suspension mit $6,6 \times 10^6$ Sporen/ml hergestellt. Die Stammstücke wurden mit einem Handsprayer von allen Seiten tropfnaß gesprüht. Die Restmengen der Suspensionen wurden erfaßt.

Die selbst produzierten Dauerlarven wurden mittels sogenannter White-Fallen aus den Wachsmottenraupen geerntet und bis zu ihrer Verwendung in Gewebekulturflaschen in Leitungswasser gelagert. Sie wurden mit $0,5 \times 10^6$ Dauerlarven/m², bezogen auf die Standfläche der Stammstücke, ausgebracht. Dazu wurden 100 ml einer 0,25 %igen ProNet-Alfa Suspension mit 330 Nematoden/ml hergestellt und die Stammstücke, wie mit den Pilzsuspensionen, tropfnaß gesprüht.

Nach der Behandlung wurden pro Stammstück 10 (Versuch V), 17 (Versuch VI) bzw. 20 (Versuch VII) Apfelwicklerraupen angesetzt. Die Apfelwicklerraupen stammten von Andermatt Biocontrol AG. Die Stammstücke wurden im Klimaschrank bei 15 °C, 80 % rH und geringer Beleuchtung (25 %, 14:10 Hell:Dunkel) aufgestellt. Nach einer Woche wurden die Stammstücke wie in den vorherigen Versuchen in Eimer transferiert und bis zum Schlupf der Falter im Gewächshaus aufgestellt.

Weitere Sprühversuche im Labor zur Wirkung von *Beauveria bassiana* und anderen Pilzisolaten im Vergleich zu Entomopathogenen Nematoden

Insgesamt wurden drei Sprühversuche mit Nematoden und Pilzen durchgeführt. Die Stammstücke wurden vor jedem Versuch 48 Stunden bei 60 °C aufgestellt und anschließend für 24 Stunden in Wasser eingeweicht. Vor dem Besprühen wurde jedes Stammstück auf einen Kunststoff-Blumentopfuntersetzer gestellt und am Fuß rundherum mit Melkfett (Raiffeisen) abgedichtet.

Im 3. Versuch wurde zusätzlich Rindenmulch (Plantop[®], Erdenwerk Gregor Ziegler GmbH) in den Blumentopfuntersetzern verteilt. Der Rindenmulch sollte einer Verbesserung des Kleinklimas (Feuchtigkeitsspeicher) um den Stamm dienen. Untersuchungen im Rahmen eines BÖL-Projektes haben gezeigt, dass sich Apfelwickler gerne im Rindenmulch verpuppen.

Wird dieser mit einer Sporensuspension Entomopathogener Pilze kontaminiert, infizieren sich die Raupen häufig (Stephan et al., pers. Mitteil.).

Die Apfelwicklerraupen wurden nach der am JKI-Institut etablierten Standardmethode auf Sender-Medium (Rezept im Anhang) selbst vermehrt. Bei den verwendeten Eiern handelte es sich um den Stamm BW-FI-03. Frischgeschlüpfte Larven wurden in Einzeldöschen angesetzt (vgl. Abbildung 12). Je nach Temperatur entwickelten sich die Raupen in 14-21 Tagen bis zum 5. Larvenstadium und wurden aus den Einzeldöschen herausgesammelt. Die Versuche wurden dadurch verzögert, dass zwei Ansätze für Durchführungen am 30.03. und 07.05.09 an einer zu raschen Entwicklung der Apfelwickler scheiterten ($\geq 90\%$ Puppen 21 und 16 Tage nach dem Ansetzen der Eilarven).

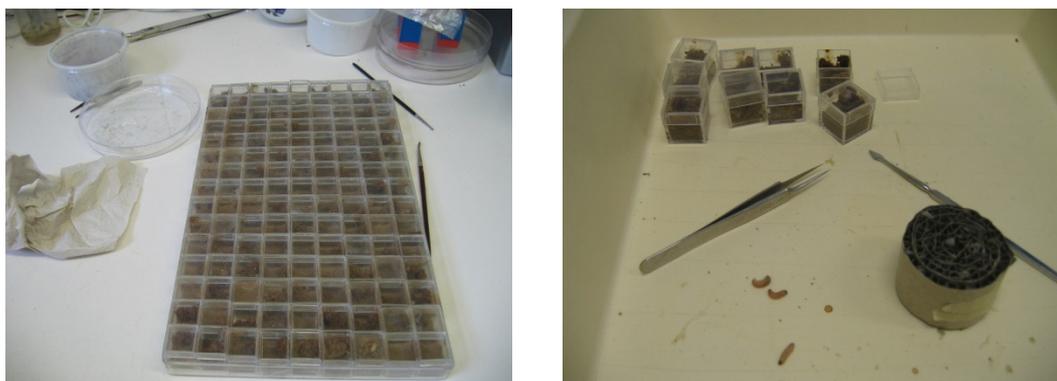


Abbildung 12: JKI-Standardmethode zur Zucht des Apfelwicklers, *Cydia pomonella*. Links: Ansetzen frisch geschlüpfter Larven in Einzeldöschen mit Sender-Medium. Rechts: Absammeln der L5-Raupen für einen Sprühversuch.

Ursprünglich war vorgesehen, den Pilz aus dem kommerziellen Präparat Naturalis L[®] (*Beauveria bassiana* ATCC 74004) mit dem in einer Diplomarbeit erfolgreich getesteten *B. bassiana*-Isolat 3/18 aus Apfelwickler-Diapauserlarven zu vergleichen. Dazu wurden beide Pilze auf Malzextrakt-Pepton-Agarplatten ausplattiert und bei 25 °C im Klimaschrank inkubiert. Als nach 14 Tagen keine Sporulation festzustellen war, wurden stattdessen die ebenfalls im Rahmen der Diplomarbeit untersuchten kommerziellen Präparate Mycotal[®] (Koppert B.V., Berkel en Rodenrijs, Niederlande) und PreFeRal[®] (Biobest N.V., Ilsevelde, Belgien) (jeweils 0,1 %ig) eingesetzt.

Tabelle 3: Versuchsvarianten in den Sprühversuchen mit Nematoden (*Steinernema feltiae*) und Pilzen (Mycotal = *Lecanicillium muscarium* und PreFeRal = *Isaria fumosorosea*). Alle Varianten, außer den mit * gekennzeichneten Kontrollen enthielten T/S-forte 0,5 %. Xanthan wurde 0,2 %ig eingesetzt. Die Nematoden-Dosis entsprach einer Menge von 375 Millionen Dauerlarven pro Hektar und Meter Kronenhöhe. Die Pilzpräparate wurden 0,1 %ig eingesetzt.

	Nematoden+Pilze 1	Nematoden+Pilze 2	Nematoden+Pilze 3
Versuchsvarianten	Kontrolle*	Kontrolle*	Kontrolle
	<i>S. feltiae</i> + Xanthan	<i>S. feltiae</i> + Xanthan	<i>S. feltiae</i> + Xanthan
	Mycotal	Mycotal	Mycotal
	Mycotal + Xanthan	Mycotal + Xanthan	Mycotal + Xanthan + Plantop [®]
	PreFeRal	PreFeRal	PreFeRal
	PreFeRal + Xanthan	PreFeRal + Xanthan	PreFeRal + Xanthan + Plantop [®]

*Xanthan 0,2 %

Die Präparate wurden bei 4 °C gelagert. Die Sporensuspensionen wurden wenigstens zwei Stunden vor Versuchsbeginn hergestellt, um den Sporen etwas Zeit zum Quellen zu geben. Die Nematoden für diese Versuche (*Steinernema feltiae*) wurden selbst vermehrt (*in vivo*-Vermehrung auf Raupen der Großen Wachsmotte, *Galleria mellonella*). Die Aufwandmenge der Nematoden betrug 5 Mio pro 10 l Wasser.

Weil der Faktor Feuchtigkeit für Pilzsporen im Freiland ebenfalls eine große Rolle spielt, wurde zusätzlich der Einfluß von Xanthan (0,2 %) auf die Wirksamkeit der Pilzpräparate getestet. Da Pilze im Gegensatz zu Nematoden nicht aktiv auf die Suche nach einem Wirt gehen können, wurden die Stammstücke in diesen Versuchen erst behandelt und anschließend die Apfelwicklerraupen (16-22 pro Stammstück) angesetzt. Nach der Behandlung wurden sie für sieben Tage im Klimaschrank bei 15 °C, 70 % relativer Luftfeuchte und etwas Beleuchtung (25 %, 14:10 Stunden hell:dunkel) (vgl. Zwischenbericht Mai 2007-April 2008) aufgestellt. Nach einer Woche wurden die Stammstücke wie in den vorherigen Versuchen in Eimer transferiert und bis zum Schlupf der Falter im Gewächshaus aufgestellt.

Die Behandlungsvarianten dieser Versuche sind in Tabelle 3 zusammengestellt.

4 ERGEBNISSE

4.1 Verfahren zur Bekämpfung der schlüpfenden Larven

4.1.1 Untersuchungen zum Vergleich verschiedener Verfahren zur Bekämpfung der schlüpfenden Larven im Jahr 2006

Dieser Versuch (Anlage Hirschlatt) wurde zur Projektbeginn Ende Juni 2006 durchgeführt. Zu diesem Termin konnten nur noch sehr späte Lagen in Apfelwicklerversuche einbezogen werden, so dass nur eine Anlage mit relativ geringem Befallsdruck zur Verfügung stand.

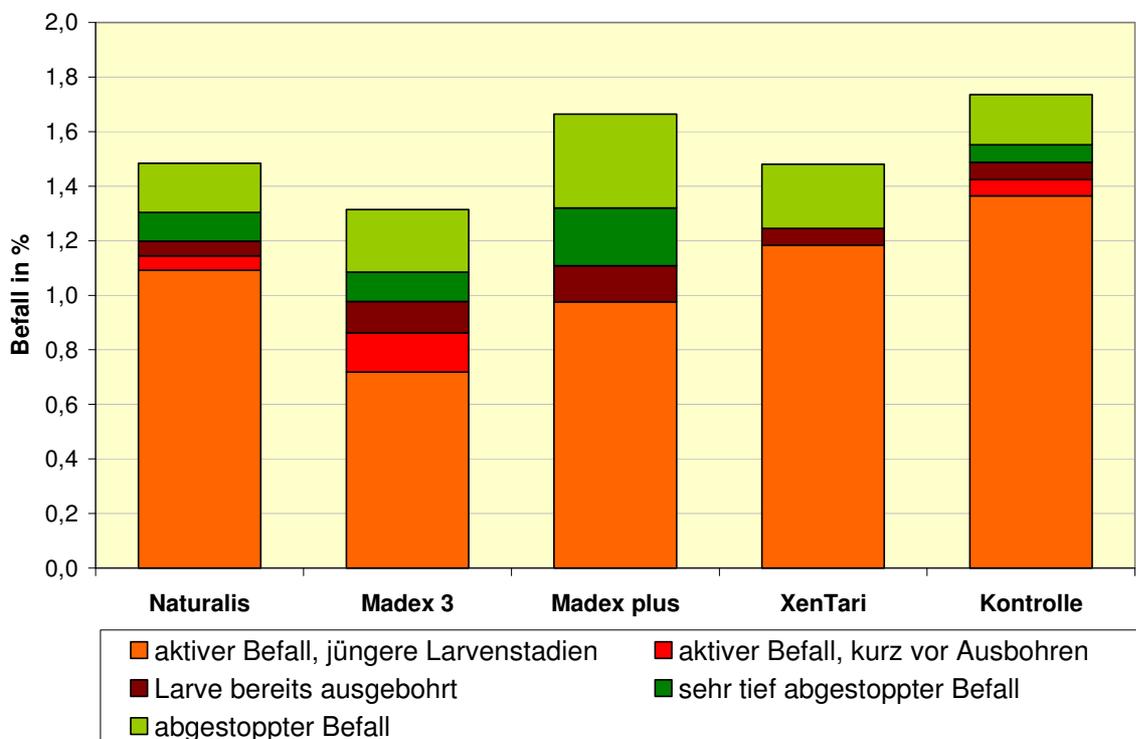


Abbildung 13: Fruchtbönitur am Standort Hirschlatt vom 18.7.06: Vergleich verschiedener Präparate

Bei der Bewertung der Ergebnisse der Fruchtbonitur vom 18.7.2006 (Abbildung 13) muß grundsätzlich berücksichtigt werden, daß der Befall relativ gering war. Hier zeigten sich keine wesentlichen Unterschiede zwischen den einzelnen Varianten und der Kontrolle. Bei der zweiten Bonitur war der Befall etwas höher. Hier war bei Madex plus eine Wirkung sichtbar, die sich vor allem auf die Larven kurz vor dem Ausbohren bezog (Abbildung 14, siehe auch unter 4.1.2).

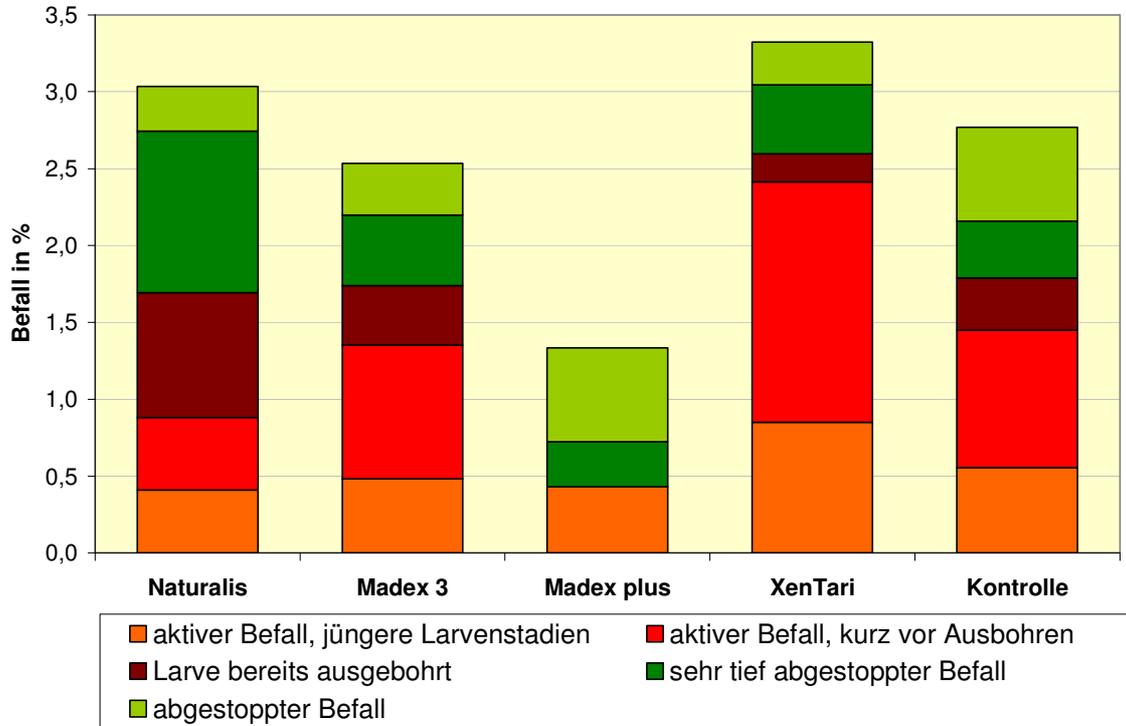


Abbildung 14: Fruchtbonitur am Standort Hirschlatt vom 6.8.06: Vergleich verschiedener Präparate

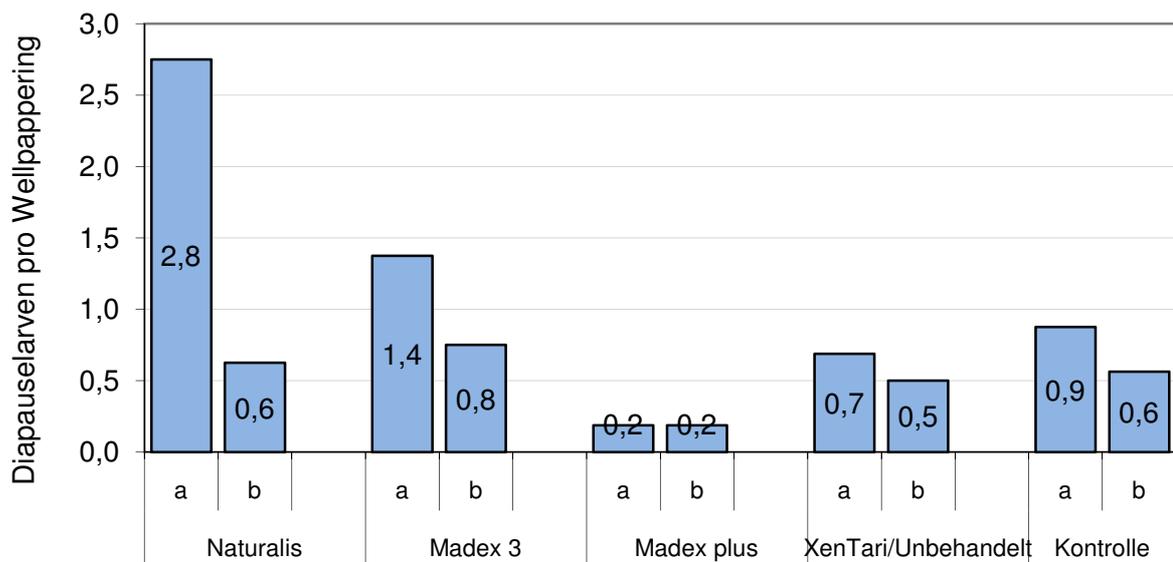


Abbildung 15: Anzahl der Diapauselarven in den Wellpappingen der beiden Wiederholungen a und b der verschiedenen Varianten am Standort Hirschlatt am 21.9.06

Bei der Auswertung der Wellpapperinge zeigten sich deutliche Unterschiede zwischen Madex plus und den anderen Varianten (Abbildung 15). In der Wiederholung a von Naturalis war die Anzahl der Larven höher – vermutlich bedingt durch die Lage am hinteren Rand der Anlage. Die Wiederholung b wies jedoch keine niedrigeren Werte auf, so daß davon ausgegangen werden kann, daß keine Reduktion der Larvenzahl erfolgte. Tote Larven wurden hier nicht gefunden, so daß keine Wirkung von Naturalis beobachtet werden konnte.

Anhand dieser Ergebnisse konnte jedoch die Wirkung von XenTari nicht abschließend beurteilt werden. Aufgrund des späten Projektbeginns konnte dieser Versuch im Jahr 2006 auch nur an einem Standort erfolgen. Ergebnisse anderer Versuchsansteller (Maxin et al., 2007) wiesen auf eine interessante Wirkung der doppelten Aufwandmenge hin. Dies wurde im Folgejahr untersucht.

4.1.2 Untersuchungen zur Wirkung eines neuen CpGV-Isolates auf CpGV-M-resistente Apfelwicklerpopulationen im Freiland im Jahr 2006

In diesem Versuch zeigte Madex 3 auf die Population BW-FN noch eine gewisse Wirkung, die auch im Vorjahr bereits festgestellt worden war (Kienzle et al, 2006). Bei der Population BW-HI war keinerlei Effekt der Madex 3-Behandlungen mehr festzustellen. Bei beiden Populationen führte die Behandlung mit Madex plus dagegen zu einer deutlichen Reduktion des aktiven Befalls (Abbildung 16). Die Auswertung der Wellpapperinge auf Diapauselarven zeigte eine sehr deutliche Reduzierung der Anzahl der überlebenden Larven (Abbildung 17). Dies legte die Schlußfolgerung nahe, daß das Absterben der Larven u.U. erst sehr spät erfolgt, was sich später in der Praxis auch bestätigte.

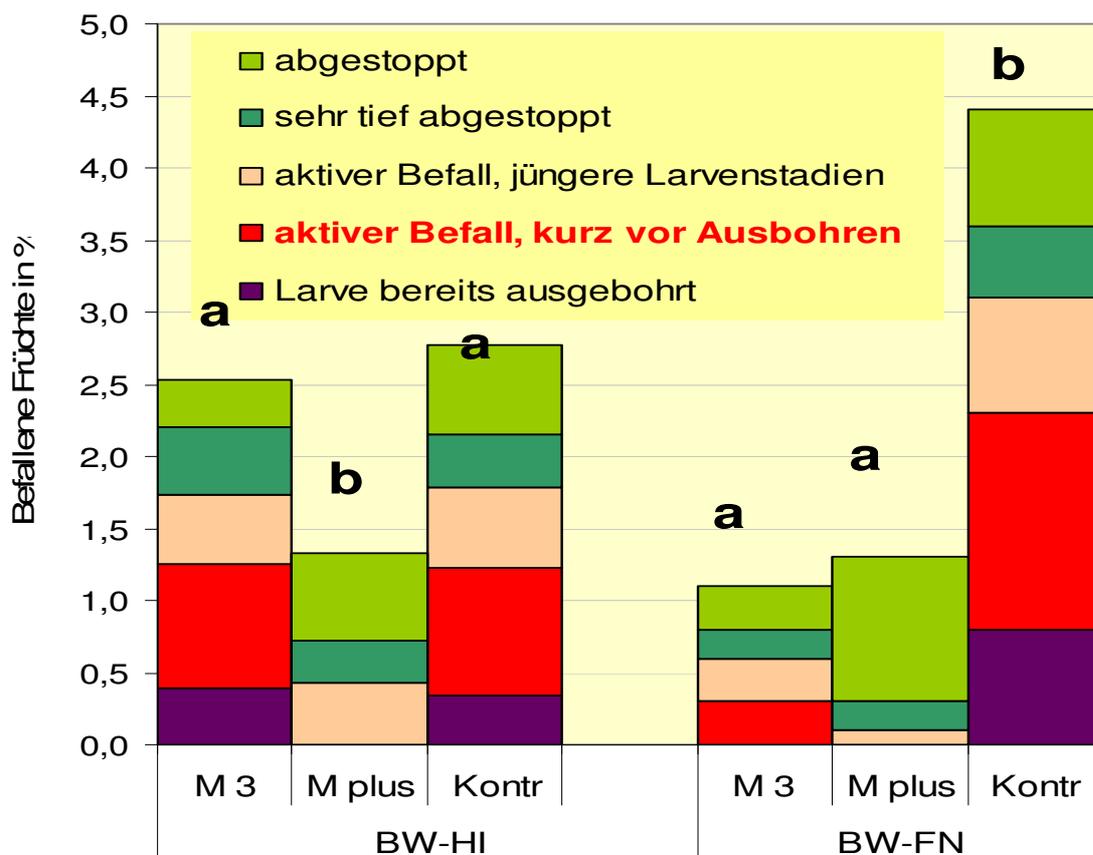


Abbildung 16: Fruchtbefall bei einer Bonitur Anfang August in den beiden Exaktversuchen (Population BW-HI und BW-FN)

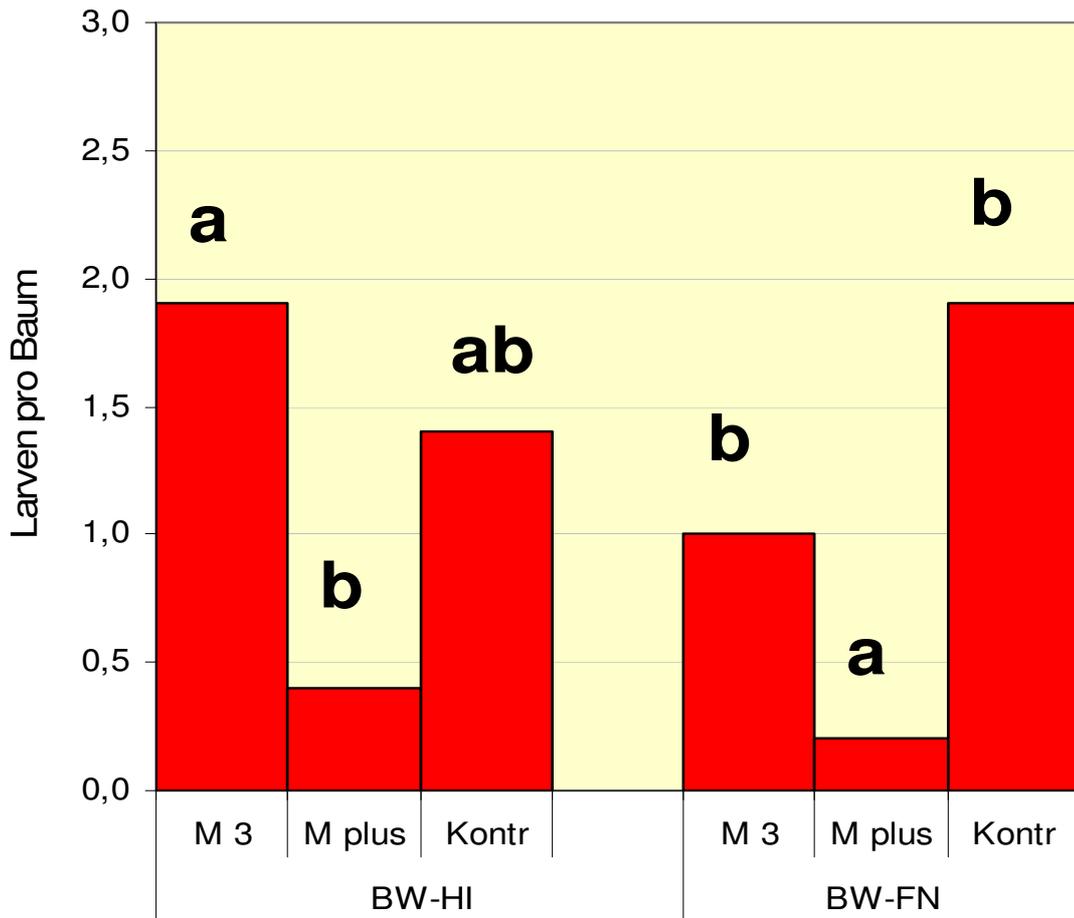


Abbildung 17: Anzahl der Diapauselarven in den Wellpapperingen am 21.9.06 in den beiden Exaktversuchen (Population BW-HI und BW-FN)

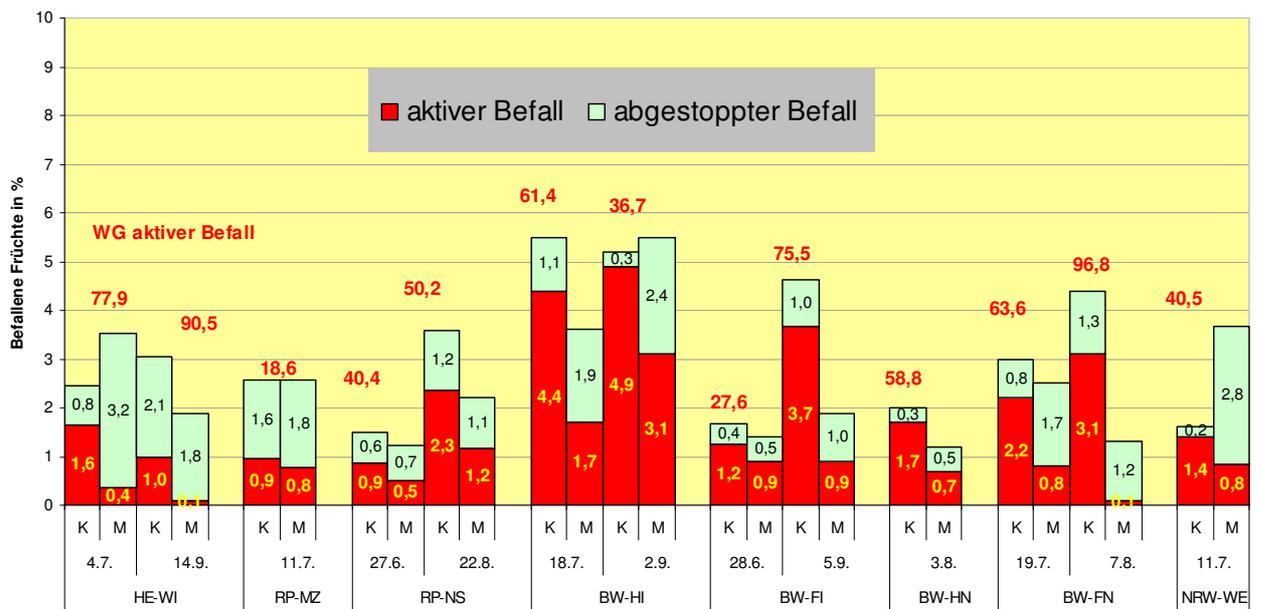


Abbildung 18: Aktiver (lebende Larven) und abgestoppter Befall an den verschiedenen Standorten der Ringversuche auf Betrieben mit CpGV-resistenten Populationen im Jahr 2006 zu verschiedenen Boniturzeitpunkten

Bei der Interpretation der Ergebnisse der Ringversuche (Abbildung 18) ist daher zusätzlich zu berücksichtigen, daß ein starker Effekt auf die Folgegeneration vorliegt und die Larven erst relativ spät abzusterben scheinen. Da die Kontrollparzelle in diesen Praxisversuchen aus ökonomischen Gründen nur einen kleinen Ausschnitt der Anlage umfassen konnte, ist hier eine vollständige Vergleichbarkeit zur behandelten Parzelle, vor allem bei der zweiten Generation, nicht gegeben. Bei entsprechend größerer Kontrollparzelle hätte es in der zweiten Generation mit Sicherheit einen wesentlich stärkeren Befall gegeben, so daß die tatsächliche Wirkung insgesamt übers Jahr in größeren zusammenhängenden Flächen wohl noch höher einzuschätzen war als aus den erhobenen Daten offensichtlich wird.

Insgesamt war der Befall in den von der CpGV-Resistenz betroffenen Öko-Betrieben im Jahr 2006 lange nicht so hoch wie in den Vorjahren. Dies dürfte vor allem auf die für den Apfelwickler sehr ungünstige Witterung im August 2005 und im Juni und August 2006 zurückzuführen sein. In fast allen Betrieben zeigte sich eine deutliche Wirkung von Madex plus. In den Betrieben RP-MA und BW-HI im Sommer wurden zum Teile etwas weitere Spritzabstände gefahren. Bei RP-MA konnte im Sommer nicht mehr ausgewertet werden, da die Kontrolle versehentlich mitbehandelt wurde, so daß eine abschließende Aussage über die Wirkung nicht getroffen werden kann. Beim Betrieb RP-NS hatte die Versuchsanlage ein Befallsgefälle von Nord nach Süd. Die Kontrolle wurde daher in der Mitte angelegt, die Behandlung im vorderen, sehr stark befallenen, und im hinteren Teil. Hier wurde der Mittelwert aufgeführt, die tatsächliche Wirkung der Behandlung ist aber aufgrund des starken Befallsdrucks im vorderen Teil eher höher einzuschätzen.

Grundsätzlich waren dies einjährige Daten und als solche zu bewerten. Zu berücksichtigen war weiterhin, daß in diesem Versuch mit sehr hohen Aufwandmengen gearbeitet wurde, die nicht dem praxisüblichen Standard des Umgangs mit CpGV entsprechen. Es erschien auch so, dass die Wirkung nicht in allen Betrieben gleich gut war. Daraus eine Schlußfolgerung über mögliche unterschiedliche Empfindlichkeiten verschiedener Apfelwicklerpopulationen auf das neue CpGV-Isolat zu ziehen, war jedoch aufgrund der möglichen Variabilität in solchen Praxisversuchen nicht möglich.

4.1.3 Untersuchungen zum Vergleich verschiedener Verfahren zur Bekämpfung der schlüpfenden Larven im Jahr 2007

Exaktversuche

Am Standort Wüstenhausen wurde bei der ersten Bonitur am 8.6.07 0,1 % Befall in der Kontrolle festgestellt. Auch bei der zweiten Bonitur am 12.7.07 konnte kaum Befall beobachtet werden. Die Ergebnisse werden daher nicht dargestellt.

Am Standort Tübingen war bei der ersten Bonitur am 23.6.07 Befall zu beobachten. Da die Bäume sehr starken Behang aufwiesen und nach der Bonitur ausgedünnt wurden, sind die Ergebnisse als Befall pro Baum dargestellt (Abbildung 19). Es zeigte sich ein signifikanter Unterschied zur Kontrolle im aktiven Befall bei allen Varianten in der ersten Bonitur. BT mit doppelter Aufwandmenge wies tendenziell die beste Wirkung auf. Bei NeemAzal-T/S (NA) war der tief abgestoppte Befall etwas höher als in den anderen Varianten. Bei der zweiten Bonitur war der Befall generell sehr gering, so dass auf eine statistische Auswertung der Ergebnisse verzichtet wurde.

Die Auswertung der Wellpapperinge (Abbildung 20) ergab einen signifikanten Unterschied zur Kontrolle lediglich für NeemAzal, bei den anderen beiden Varianten konnte nur eine tendenzielle Reduktion der Folgepopulation beobachtet werden.

Sowohl die Kombinationsbehandlung Madex Plus und BT als auch die einfache Madex Plus Behandlung wies am Standort Tübingen in allen Wiederholungen einen sehr geringen Befall (ca. 0,1 Früchte pro Baum mit aktivem Befall) auf. Hinweise auf einen negativen Effekt der BT-Zusatzbehandlung konnten also nicht gefunden werden. Aufgrund der sehr guten Wirkung von Madex Plus konnte jedoch auch ein etwaiger positiver Effekt der Behandlung nicht zum Tragen kommen. Auch bei der Auswertung der Wellpapperinge zeigte sich kein Unterschied zwischen den beiden Varianten.

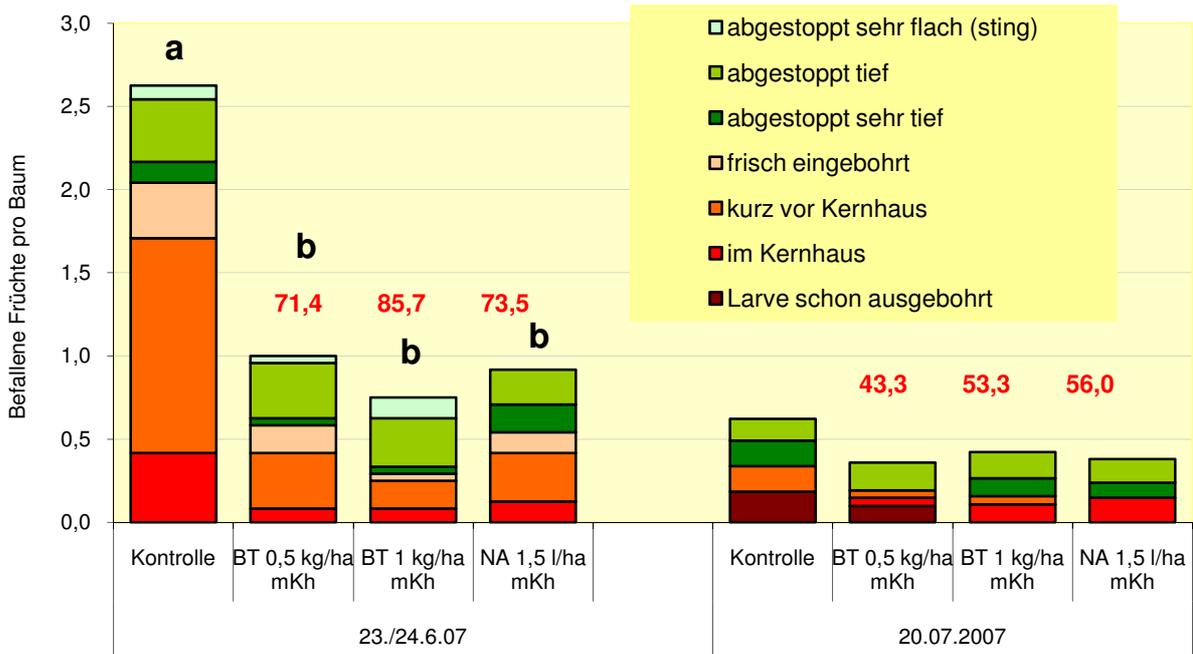


Abbildung 19: Fruchtbefall am Standort Tübingen bei den beiden Auswertungen. Die Wirkungsgrade berechnet auf den aktiven Befall sind als rote Zahlen dargestellt. Unterschiedliche Buchstaben bedeuten signifikante Unterschiede (TUKEY-Test, $\alpha = 0.05$).

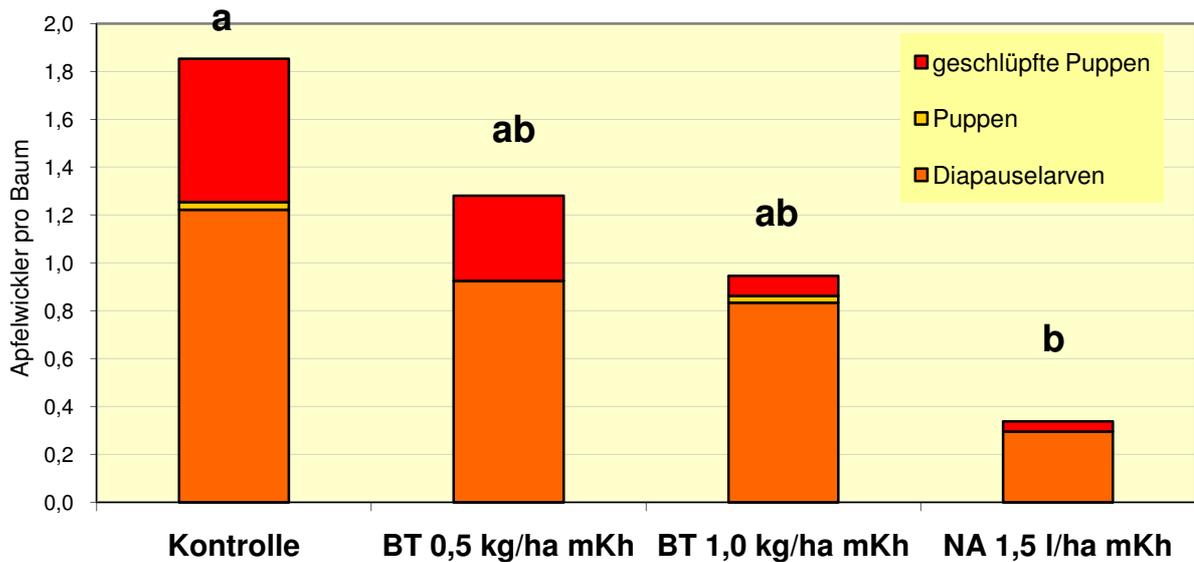


Abbildung 20: Ergebnisse der Auswertung der Wellpapperinge am Standort Tübingen am 13.8.2007. Unterschiedliche Buchstaben bedeuten signifikante Unterschiede (TUKEY-Test, $\alpha = 0.05$).

Praxisversuche

Da in diesem Praxisversuchen bei den ersten Behandlungen versehentlich noch Madex 3 anstelle von Madex plus verwendet worden war, könnte es darauf zurückzuführen sein, dass ein Effekt der BT-Behandlungen vor allem auf die Larven kurz vor dem Ausbohren (Abbildung 21) und auf die bereits geschlüpften Puppen bei der Auswertung der Wellpapperinge (Abbildung 22) sichtbar war. Für die bereits geschlüpften Puppen ergab sich so ein Wirkungsgrad von 64,2%. Dieser ist allerdings bei den doch recht geringen Befallszahlen nur begrenzt aussagefähig.

Die Kosten der drei Spritzungen mit doppelter Aufwandmenge belaufen sich ca. auf 210 € (1 Behandlung mit einfacher Aufwandmenge = 35 €, eingesetzt wurde dreimal die doppelte Aufwandmenge). Für die späteren Schlupftermine ergaben sich eher leicht negative als positive Effekte der BT-Behandlung, eine Verbesserung der Wirkung von Madex Plus war nicht sichtbar.

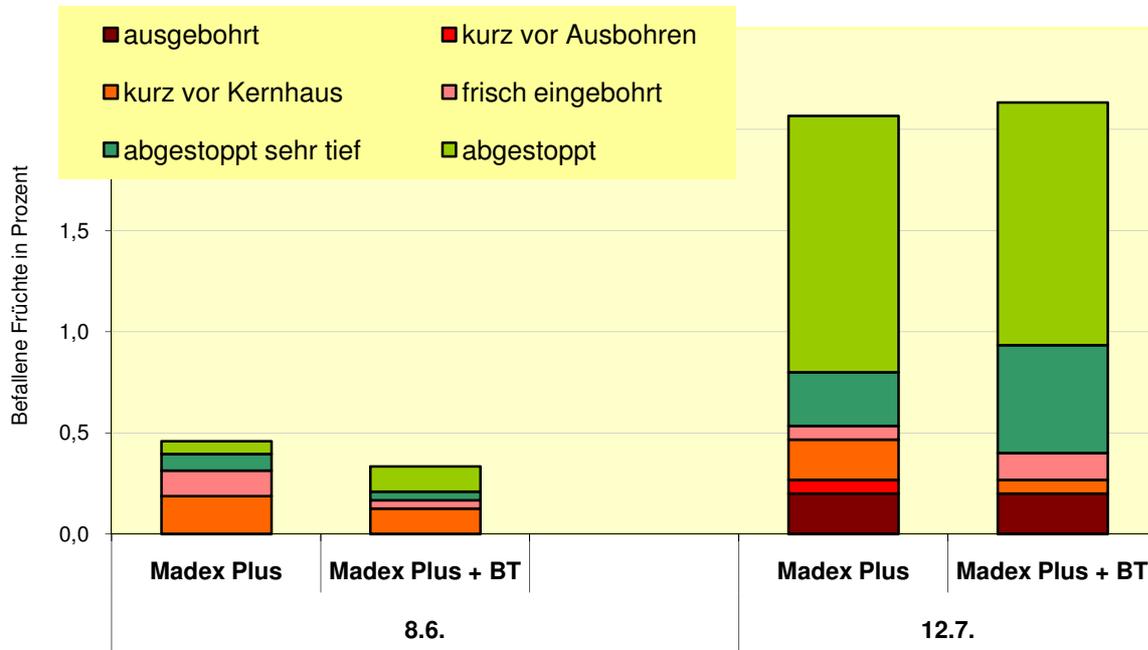


Abbildung 21: Fruchtbefall im Praxisversuch am Standort Lauffen bei den beiden Auswertungen am 8.6. und 12.7.07 in den beiden Varianten

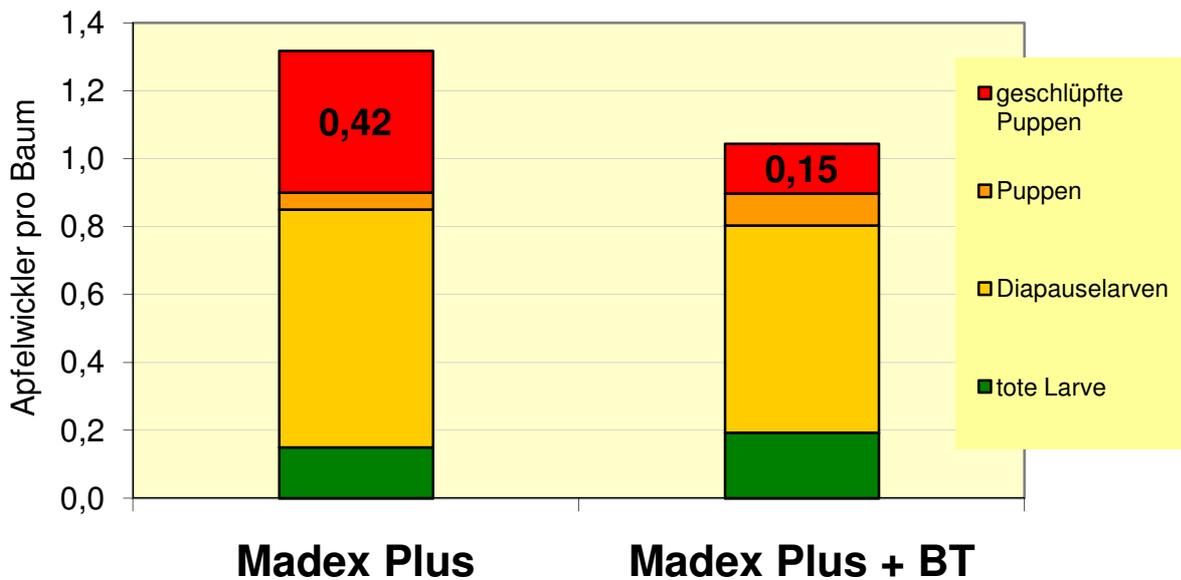


Abbildung 22: Anzahl der Apfelwickler pro Baum in den Wellpapperingen im Praxisversuch am Standort Lauffen am 3.8.07 in den beiden Varianten

4.1.4 Untersuchungen zum Einsatz von NeemAzal-T/S gegen schlüpfende Larven im Jahr 2010

Standort Niederrhein

Aufgrund der ungünstigen Witterungsverhältnisse kam es in diesem Versuch im Juni zu sehr starkem Fruchtfall. In der Parzelle ohne CpGV, die aus Gründen des Abdriftschutzes am Rand der Anlage zu einem kleinen Waldstück gelegen war, war der Behang daher relativ schlecht. Die geplante Anzahl der Wellpapperinge musste daher etwas reduziert werden, um zu ermöglichen, schwach behangene Bäume von der Auswertung auszunehmen. Aufgrund der Waldrandlage war der Befall in dieser Parzelle auch relativ gering und lag sogar unter dem Befallsniveau der zumindest teilweise mit einem neuen CpGV-Isolat behandelten Parzelle.

Bei der Fruchtbonitur (Abbildung 23) zeigten sich keine signifikanten Unterschiede im aktiven Befall. Bei der Parzelle ohne CpGV wies die einmalig mit NeemAzal-T/S behandelte Variante zwar einen tendenziell geringeren aktiven Befall auf, die zweimalig behandelte Variante liegt jedoch ähnlich der Kontrolle. In der mit CpGV behandelten Parzelle war der Fruchtbehang wesentlich gleichmäßiger. Dort weisen beide NeemAzal-Varianten einen tendenziell niedrigeren aktiven Befall auf als die Kontrollvariante.

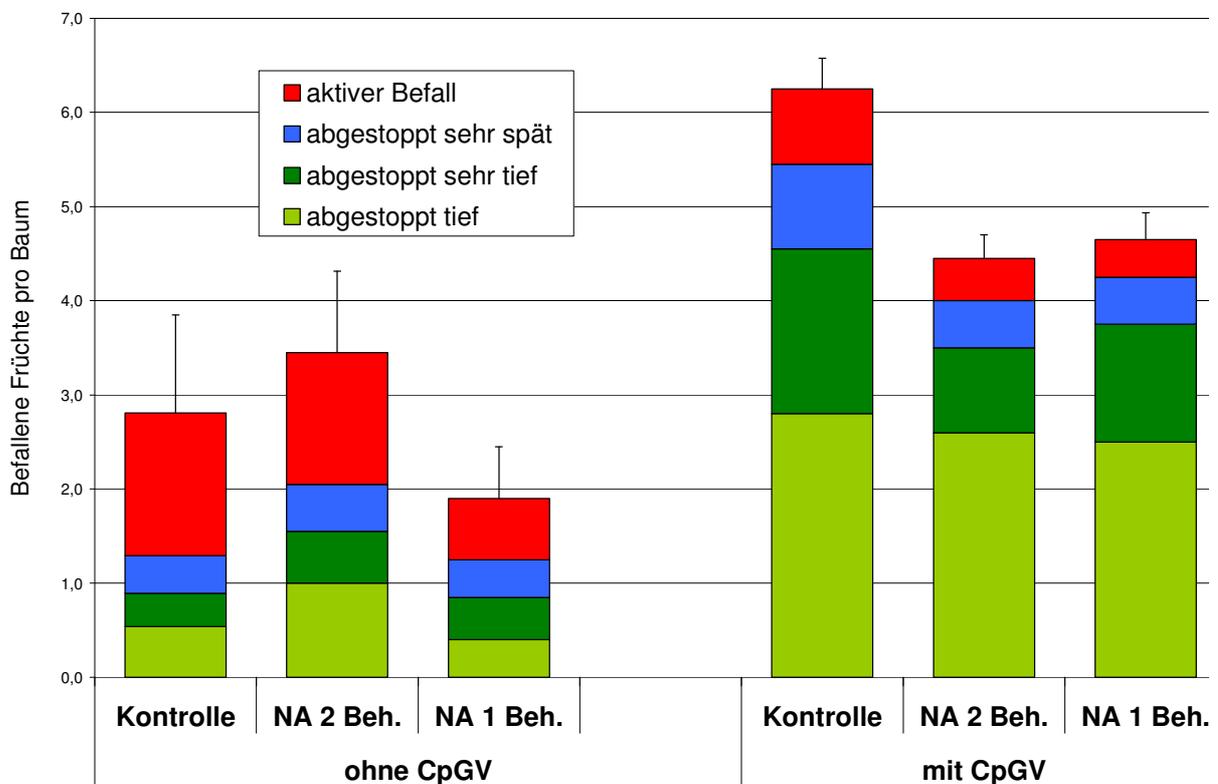


Abbildung 23: Auswertung der Fruchtbonituren am 19.7.2010 am Standort Niederrhein in den Parzellen mit und ohne Standardbehandlung mit einem neuen CpGV-Isolat (nur teilweise behandelt) bei einmaliger und zweimaliger Behandlung mit NeemAzal-T/S (NA) 1,5 L/m Kronenhöhe zum Schlupfbeginn der ersten Generation.

Auch bei der Auswertung der Wellpapperinge ergibt sich ein sehr uneinheitliches Bild (Tabelle 4). Tendenziell wiesen zwar in beiden Parzellen die mit NeemAzal-T/S behandelten Varianten eine niedrigere Anzahl an lebenden Apfelwicklern auf, dies konnten jedoch aufgrund der grossen Schwankungen zwischen den einzelnen Wiederholungen nicht abgesichert werden.

Tabelle 4: Ergebnisse der Auswertungen der Wellpapperinge vom 19.8.2010: Puppen, Puppenhülsen (bereits geschlüpfte Apfelwickler), Diapauselarven und tote Larven pro Baum in den verschiedenen Varianten, die mit NeemAzal-T/S (NA) 1,5 L/m Kronenhöhe behandelt wurden.

Parzelle	Variante	Puppen	Puppenhülsen	Diapauselarven	Tote Larven	Summe lebende Apfelwickler	Standardabweichung lebende Apfelwickler
Ohne CpGV	Kontrolle	0,1	0,1	1,7	0,2	1,9	6,2
	NA 2 Beh.	0,1	0,0	1,1	0,0	1,3	1,8
	NA 1 Beh.	0,2	0,1	1,1	0,2	1,4	6,8
Mit CpGV	Kontrolle	0,3	0,1	1,4	0,3	1,8	5,4
	NA 2 Beh.	0,1	0,3	1,1	0,1	1,4	4,0
	NA 1 Beh.	0,1	0,1	0,6	0,3	0,8	3,3

Standort Altgalendorf

Der Apfelwicklerflug begann dort sehr spät und es kam nur zu geringem Befall. In den Wellpapperingen wurden keine Larven gefunden. Daher werden die Ergebnisse nicht ausführlich dargestellt.

Untersuchungen am Standort Bodensee zu den Nebenwirkungen von NeemAzal-T/S auf Ohrwürmer

Am Versuchsstandort KOB wurden zum Zeitpunkt der Applikation 38 Ohrwürmer/Quartier in der Kontrolle festgestellt.

Tabelle 5: Ergebnisse des Versuchs zum Effekt einer einmaligen Applikation von NeemAzal-T/S und Steward am 24.6.2010 am Standort Hirschlatt: Anzahl Ohrwürmer in jeweils 10 Bambusstäben pro Parzelle und Wirkungsgrade nach Henderson & Tilton.

VG	Wdh	24.06.2010	02.07.2010	WG (%)	09.07.2010	WG (%)	23.07.2010	WG (%)
1	a	1713	2687		1594		738	
1	b	1845	2444		1753		578	
1	c	1527	1875		1299		811	
1	d	2330	3637		1446		938	
Unbehandelt		1853,75	2660,75		1523		766,25	
2	a	1962	1213	57	1536	5	414	49
2	b	1862	1064	60	298	81	466	39
2	c	1493	1064	50	386	69	576	7
2	d	2554	2061	44	523	75	675	36
Steward		7871	5402	53	2743	57	2131	33
3	a	1743	2729	-9	1830	-28	766	-6
3	b	1660	2241	6	1486	-9	886	-29
3	c	2075	2638	11	1469	14	744	13
3	d	2435	2863	18	1338	33	799	21
Neem Azal T/S		7913	10471	7	6123	3	3195	0

Die Besatzzahlen sanken hier bis zur letzten Bonitur auf 24 Ohrwürmer/Quartier ab. Bonitiert wurde 1, 2 und 4 Wochen nach der Applikation. In der Steward-Variante wurden nach Henderson & Tilton Wirkungsgrade von 95 % - 99 % und 70 % erzielt. In der Neem-Variante waren keine Unterschiede zur unbehandelten Kontrolle feststellbar.

In Hirschlatt wurden zum Zeitpunkt der Applikation 185 Ohrwürmer/Quartier in der UK festgestellt. Die Besatzzahlen sanken hier bis zur letzten Bonitur auf 77 Ohrwürmer/Quartier ab. Bonitiert wurde 1, 2 und 4 Wochen nach der Applikation. In der Steward-Variante wurden nach Henderson & Tilton Wirkungsgrade von 53 % - 57 % und 33 % erzielt. In der Neem-Variante wurden Wirkungsgrade von 7 % - 3 % und 0 % erzielt.

Im Mittel beider Versuche wurden mit Steward anfänglich Wirkungsgrade von 75 % erzielt. Diese entsprechen den Ergebnissen anderer Versuchsansteller (Vogt, 2010; Huth, 2009, mündl. Mitteilung). NeemAzal-T/S hat minimale Auswirkungen auf den Ohrwurm. Die Bestimmung der Larvenstadien zum Behandlungszeitpunkt anhand der Fühlerglieder ergab, dass 90 % der Tiere sich zu diesem Termin im 4. Larvenstadium befanden. Daher ist sicher, dass in diesem Versuch auch der Effekt der Behandlung auf noch in der Entwicklung befindliche Tiere beobachtet werden konnte. Allerdings muss berücksichtigt werden, dass in einem einjährigen Versuch etwaige Auswirkungen der Behandlung auf die Fruchtbarkeit der überwinterten Tiere nicht ausgewertet werden konnten. Eine Aussage hierüber ist daher zu diesem Zeitpunkt nicht möglich.

4.2 Verfahren zur Bekämpfung der bereits ausgewachsenen Larven

4.2.1 Ergebnisse zur Wirkung von Entomopathogenen Nematoden

4.2.1.1 Untersuchungen zu den Überwinterungsorten der Diapauselarven

Die Auswertung der aus den verschiedenen Teilen der gerodeten Bäume geschlüpften Falter zeigte ein überraschendes Ergebnis. Wie erwartet wurden beim mittleren Teil der Bäume keine Falter gefunden während aus dem unteren Teil der Stämme immerhin 8 Falter gefangen werden konnten. Aus den Wurzeln konnte nur ein Tier schlüpfen, dies dürfte wohl darauf zurückzuführen sein, dass ein Stamm nicht genau an der Erdberührungsstelle abgesägt wurde.

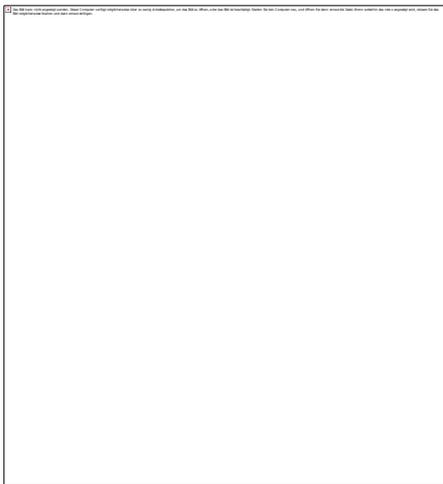


Abbildung 24: Puppenhülsen in *Monilia*-befallenen Früchten

Die meisten Falter schlüpfen jedoch aus der Kiste mit den Kronenteilen. Da dies auf den ersten Blick wenig nachvollziehbar erschien, wurde die Kiste komplett ausgeräumt, um die Herkunft der Falter zu klären. Gefunden wurden *Monilia*-befallene Früchte, die vom Vorjahr hängengeblieben waren und in denen noch die Puppenhülsen sichtbar waren. Die Diapauselarven hatten offensichtlich in diesen Früchten überwintert (Abbildung 24).

Dieses Ergebnis zeigt, dass Diapauselarven nicht unbedingt in Bodennähe überwintern wie oft angenommen wird. Sind Verstecke in Kronenhöhe verfügbar, werden diese sogar gerne angenommen.

Versuch in der Saison 2007/2008

Bei diesem Versuch wurden jeweils zwei Grossparzellen mit Nematoden behandelt, zwei wurden als Kontrolle belassen. In jeweils einer dieser Parzellen wurden die vorhandenen Bambusstäbe vor Flugbeginn des Apfelwicklers in 2008 entfernt. In Abbildung 25 sind die Ergebnisse der Auswertung des Fruchtschadens nach Ende der Einbohrungen der ersten Generation dargestellt. Es zeigt sich ein deutlicher Unterschied zwischen den Parzellen mit und ohne Bambusstäben.

Der Effekt des Entfernens der Bambusstäbe war sogar eher höher als die Wirkung der Nematodenbehandlung. Die Wirksamkeit der Nematodenapplikation war in der Parzelle mit Bambusstäben etwas geringer als in der Parzelle, in der diese entfernt wurden.

Dies entspricht den Ergebnissen aus in diesem Bericht nicht dargestellten Halbfreilandversuchen, wonach die Apfelwicklerlarven in den Stäben vor Feuchtigkeit und daher auch vor der Spritzung deutlich besser geschützt sind.

Aus den Grosskisten mit Bambusstäben wurden in der Kontrolle 413 Falter gefangen, aus der behandelten Parzelle 287 Falter. Dies entspricht einem Wirkungsgrad der Behandlung von 31,7 % und entspricht in etwa den Freilanddaten. Auch dieses Ergebnis zeigt die schlechtere Wirkung der Nematoden auf die Larven in den Bambusstäben.

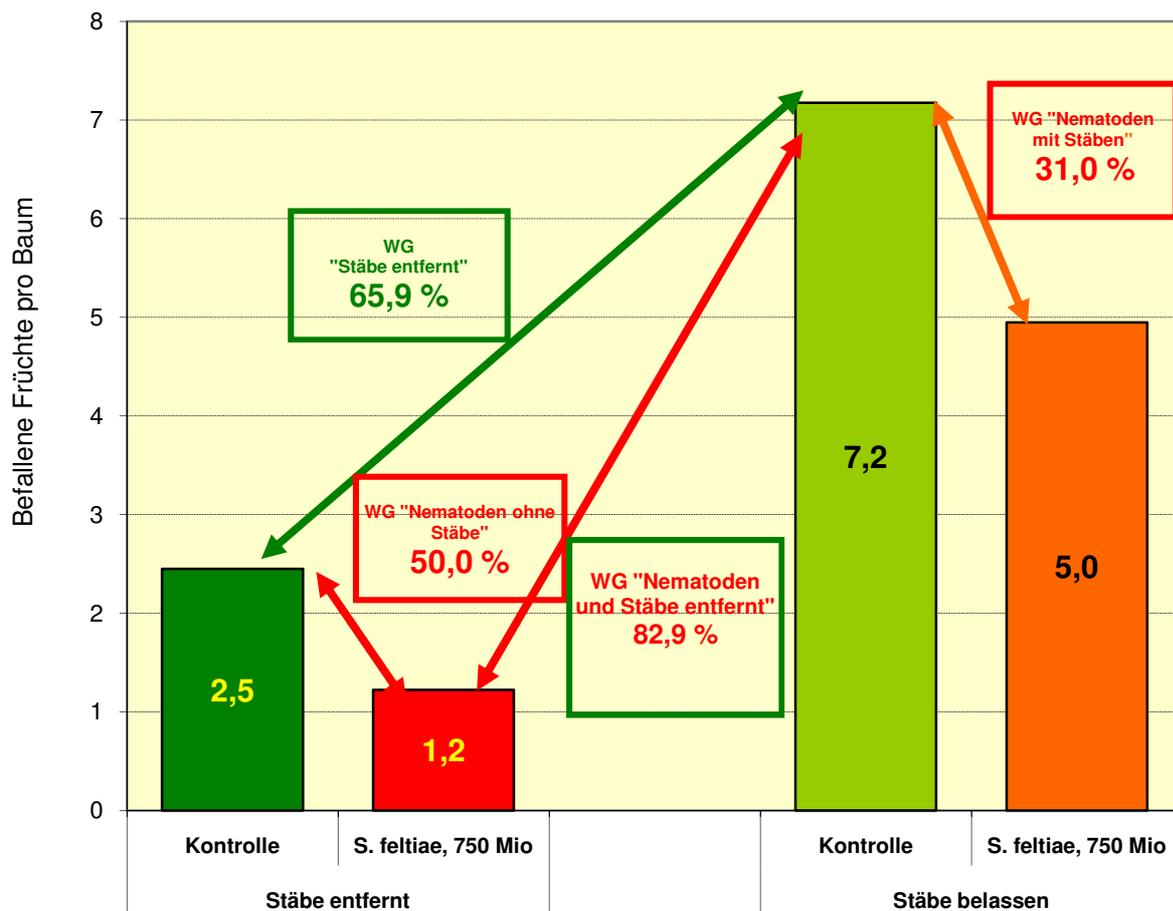


Abbildung 25: Fruchtschaden durch Apfelwickler in der ersten Generation bei Behandlung mit *S. feltiae*, 750 Mio/ha und m Kh mit und ohne Entfernung der Bambusstäbe in einem Grossparzellenversuch

Die Methode, zur Rodung anstehende Anlagen zu nutzen und die schlüpfenden Falter abzufangen, die für den anfangs dargestellten Versuch entwickelt wurde, wurde später für die Kleinparzellenversuche zur Wirkung der Nematoden etwas abgewandelt weiter eingesetzt.

Andere Ergebnisse zu den Überwinterungsorten der Diapauselarven, die sich aus diesen Versuchen zusätzlich ableiten lassen, sind daher noch dort dargestellt.

4.2.1.2 Versuche im Halbfreiland zur notwendigen Aufwandmenge, zum Vergleich verschiedener Nematodenarten sowie zu optimalen Bedingungen für die Wirkung

Die beiden Nematodenarten *Steinernema feltiae* (SF) und *Steinernema carpocapsae* (SC) sollten mit verschiedenen Aufwandmengen im Halbfreiland verglichen werden. Anfangs war geplant, daraus eine Dosis-Wirkungs-Kurve zu erstellen, was sich aufgrund der stark variierenden Ergebnisse allerdings als nicht durchführbar erwies.

Außerdem sollte ausgelotet werden, welche Witterungsbedingungen für eine Wirkung der Nematoden ausreichen und der Effekt von Formulierungshilfen untersucht werden.

In Versuch 1 konnte gezeigt werden, dass unter grenzwertigen Bedingungen die Wirkung der Nematoden sehr gering ist. Dies war unabhängig von der Aufwandmenge und der Nematodenart (Abbildung 26). Nach diesen Ergebnissen wurden grenzwertige Bedingungen erneut getestet (Versuch 2, Abbildung 27), dieses Mal wurde aber geprüft, ob es wichtig ist, dass die Stämme bereits vor der Behandlung nass sind. In diesem Versuch zeigte zwar vor allem SF etwas höhere Wirkungsgrade an vorgehästeten Stammstücken, diese waren jedoch immer unbefriedigend. SF zeigte mit der Aufwandmenge von 375 Mio./ha und mKh eher eine bessere Wirkung, die Unterschiede konnten jedoch statistisch nicht abgesichert werden. Auch in hier nicht dargestellten Versuchen war tendenziell bei SF die niedrigere Aufwandmenge eher besser als die hohe Aufwandmenge von 1500 Mio./ha und mKh. SC zeigte bei der hohen Aufwandmenge von 1500 Mio/ha und mKh die bessere Wirkung, die niedrigen Aufwandmengen fielen stark ab. In Versuch 3 zeigte sich für beide Nematodenarten dasselbe Bild: die Varianten mit 375 Mio/ha und mKh wiesen als einzige einen signifikanten Unterschied zur Kontrolle auf, die höheren und niedrigeren Aufwandmengen waren weniger wirksam (Abbildung 28).

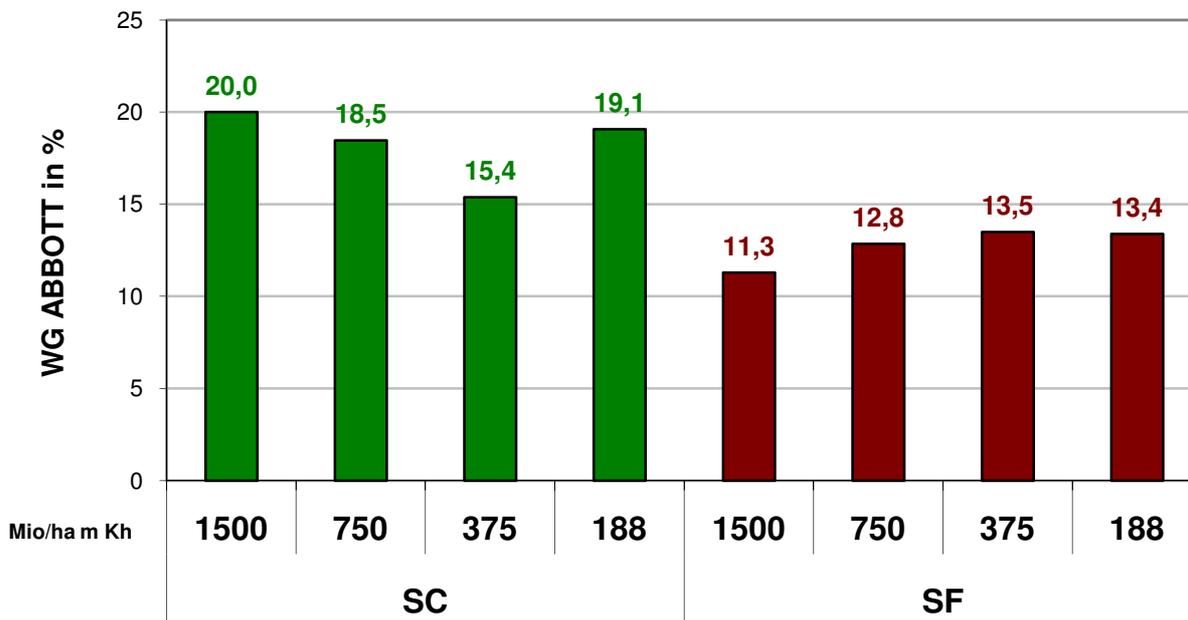


Abbildung 26: Wirkungsgrade nach ABBOTT (in %) in den einzelnen Varianten von **Versuch 1 (Vergleich verschiedener Aufwandmengen von SF und SC wenn kein Niederschlag stattfindet sondern nur die Nachtfeuchte genutzt wird, d.h. unter grenzwertigen Bedingungen)**. Die Mortalität in der Kontrolle betrug 25,3 %. Es konnten keine statistischen Unterschiede in der Überlebensrate festgestellt werden (Tukey-Test $\alpha = 0.05$).

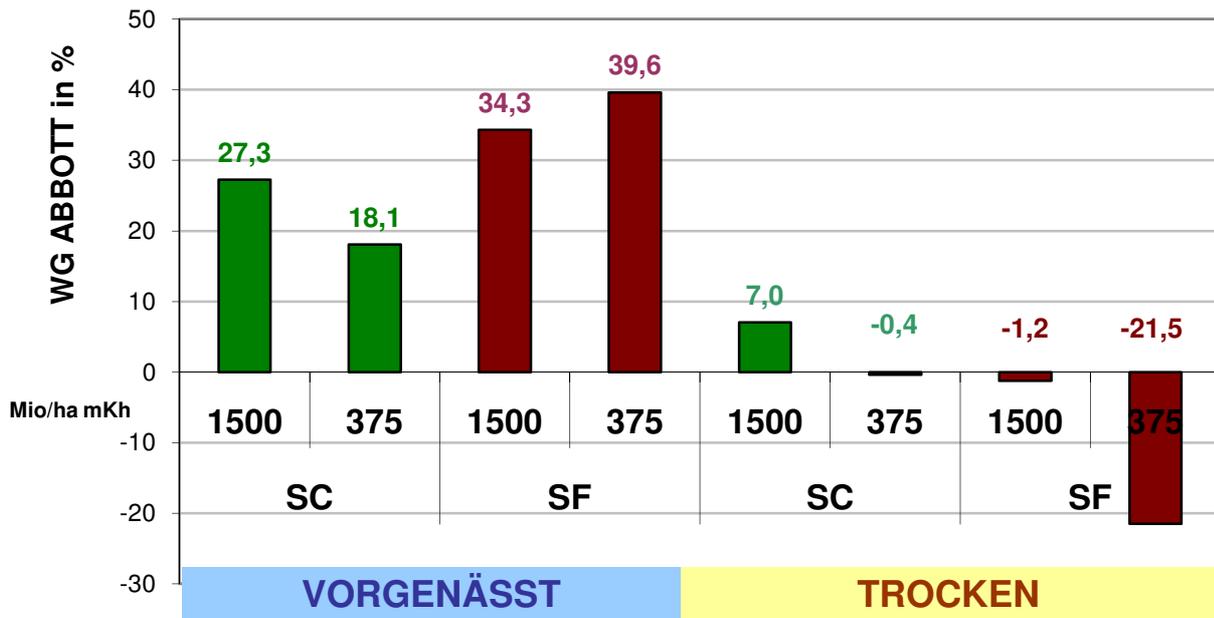
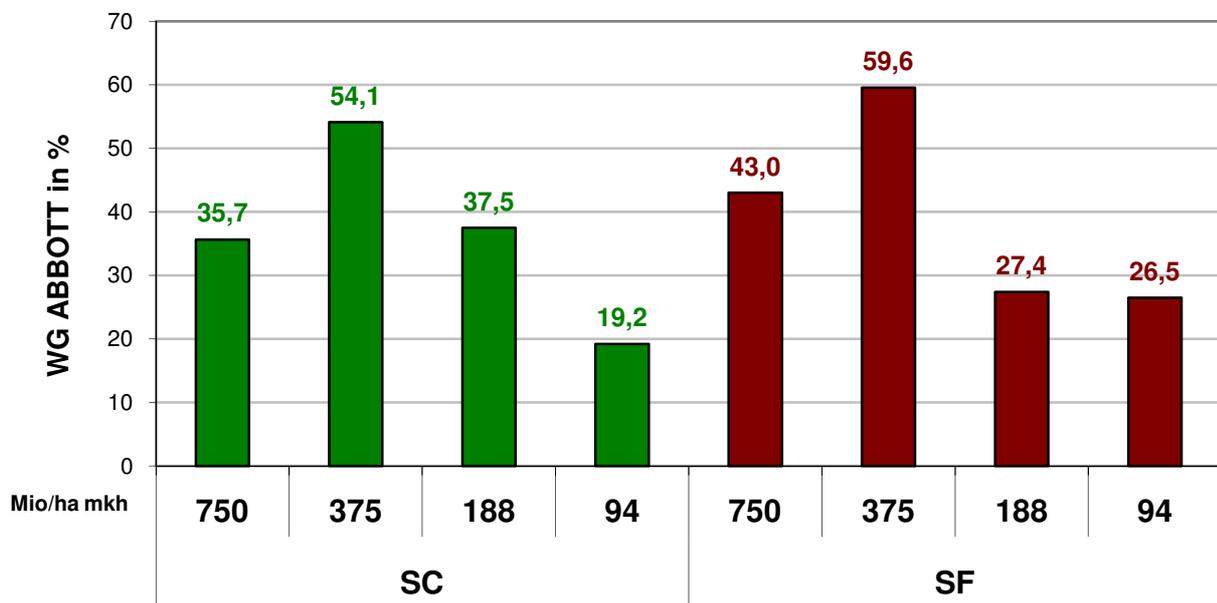


Abbildung 27: Wirkungsgrade nach ABBOTT (in %) in den einzelnen Varianten von **Versuch 2 (Vergleich verschiedener Aufwandmengen von SF und SC mit und ohne Vornässen wenn kein Niederschlag stattfindet sondern nur die Nachtfeuchte genutzt wird, d.h. unter grenzwertigen Bedingungen)**. Die Mortalität in der Kontrolle betrug 12,1 % in der vorgehästeten Kontrolle und 27,6 %. In der „trockenen“ Kontrolle. Es konnten keine statistischen Unterschiede in der Überlebensrate festgestellt werden (Tukey-Test $\alpha = 0.05$).



Kontr. a	ab	b	ab	ab	ab	b	ab	ab
----------	----	---	----	----	----	---	----	----

Abbildung 28: Wirkungsgrade nach ABBOTT (in %) in den einzelnen Varianten von **Versuch 3 (Vergleich verschiedener Aufwandmengen von SF und SC unter Optimalbedingungen)**. Die Mortalität in der Kontrolle betrug 30,3 %. Unterschiedliche Buchstaben bedeuten signifikante Unterschiede (TUKEY-Test, $\alpha = 0.05$).

Unterschiedliche Buchstaben bedeuten signifikante Unterschiede (TUKEY-Test, $\alpha = 0.05$).

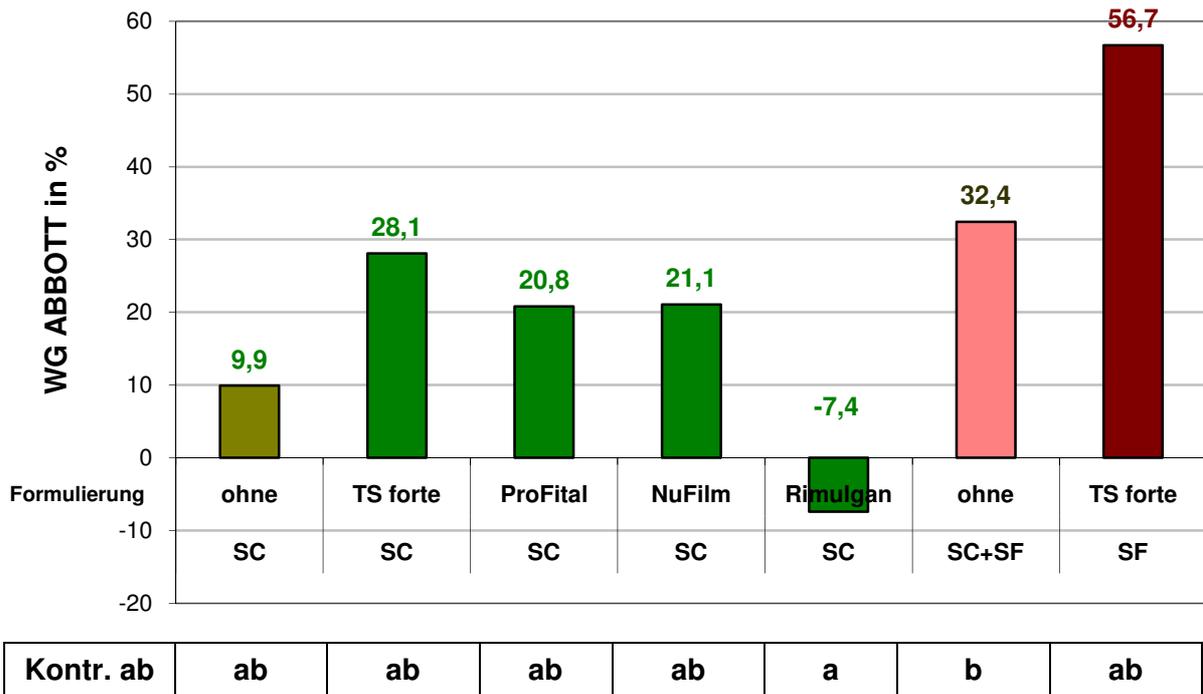
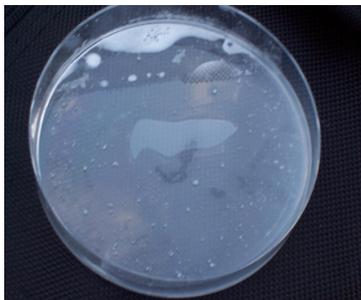


Abbildung 29: Wirkungsgrade nach ABBOTT (in %) in den einzelnen Varianten von **Versuch 4 (Vergleich verschiedener Formulierungshilfen unter Optimalbedingungen)** sowie der Kombination SC und SF). Die Mortalität in der Kontrolle betrug 27,8 %. Unterschiedliche Buchstaben bedeuten signifikante Unterschiede (TUKEY-Test, $\alpha = 0.05$).



Versuch 4 diente dem Vergleich verschiedener Formulierungshilfen (Abbildung 29). Außer Rimulgan zeigte sich bei allen Formulierungshilfen eine leichte Verbesserung der insgesamt schwachen Wirkung von SC. SF wies eine deutlich bessere Wirkung auf, die Kombination war schlechter. Die schlechte Wirkung von Rimulgan könnte darauf zurückzuführen sein, dass sich hier – wohl als Reaktion auf Formulierungshilfsstoffe in den Nematodenpäckchen – beim Anrühren der Brühe Ausflockungen bildeten (Abbildung 30).

Abbildung 30: Ausflockungen bei Rimulgan mit SC

4.2.1.3 Erarbeitung einer optimalen Spritztechnik

Zu Projektbeginn lautete die Empfehlung für eine Ausbringung von EPN gegen Apfelwickler auf der Basis erster Ergebnisse, ca. 4.000 L pro ha auf Baumstreifen und Fahrgasse verteilt auszubringen (Elias et al., 2006). Empfohlen wurde auch, beim Druck 4 bar nicht zu überschreiten.

Auf der Basis der Ergebnisse zu den Überwinterungsorten der Larven wurde an zwei verschiedenen Verfahren zur Ausbringung gearbeitet: Ganzbaumbehandlung und Behandlung der unteren Stammzone.

In beiden Fällen wurde darauf geachtet, eine möglichst intensive Benetzung der wichtigen Zonen zu erreichen. Dennoch sollte das Verfahren für die Betriebe möglichst praktikabel sein, was den Wasseraufwand betrifft. Zu berücksichtigen war ausserdem noch, dass auf jeden Fall viele Larven in der Stammbasis zu finden sind, d.h., dass diese optimal benetzt werden muss. Zum Zeitpunkt der Applikation sind noch viele Blätter an den Bäumen. Soll nur die

untere Stammzone benetzt werden, bietet sich daher das Gerät zur Ausbringung von Herbiziden an (Abbildung 31 oben links), das mit Flachstrahldüsen bestückt wurde.

Allerdings musste mit diesem Gerät gegenläufig gefahren werden, um eine optimale Benetzung der auch der vorderen und hinteren unteren Stammzone (Abbildung 6) zu erreichen, was den Arbeits- und Energieaufwand verdoppelt.

Stand kein Gerät zur Herbizidausbringung zur Verfügung oder musste die gesamte Baumhöhe behandelt werden, kam ein praxisübliches Spritzgerät zum Einsatz, bei dem alle Filter entfernt wurden. Dabei war wichtig, dass der Spritzstrahl so stark ist, dass trotz der vorhandenen Blätter die Stammzone und die Äste und Pfähle gut getroffen werden (Abbildung 31 oben rechts). Daher wurden nicht einfache Flachstrahldüsen sondern Düsen mit Luftunterstützung verwendet, deren Öffnung gross genug war, um den Durchgang der Nematoden zu erlauben. Es wurden verschiedene Düsen getestet, die besten Ergebnisse wurden mit Lechler ID 90-06 grau erzielt. Damit konnte eine Wasserausbringungsmenge von 750 L/ha und m Kronenhöhe bei einer Fahrgeschwindigkeit von 3 bis 4 km/h erreicht werden, was für den Praktiker auch bei grösseren Flächen praktikabel ist.

Um die Benetzung der unteren Stammzone vor allem im vorderen und hinteren Bereich zu optimieren, wurde an der untersten Düse ein TWIN SPRAY CUP mit zwei Düsen montiert und speziell auf diese Zone ausgerichtet (Abbildung 31 unten rechts). Dies führte auch dazu, dass eine entsprechend höhere Menge an Spritzbrühe auf diese wichtige Zone ausgebracht wurde. Für diese Spritztechnik wurde ein Spritzdruck von mindestens 8 bar benötigt, die meisten Ausbringungen erfolgten mit 10 bar Druck. Bei Testbehandlungen mit Nematoden zeigte diese Spritztechnik keinen Effekt auf die Mortalität der Nematoden. Auch bei den Vitalitätsuntersuchungen nach den Versuchsspritzungen zeigten sich keine Auffälligkeiten. Dies bestätigt die Ergebnisse von Wright et al. (2005), wonach Schädigungen eher durch Scherkräfte als durch reine Druckeinwirkung entstehen.

Die Kosten für das Düsenset betragen etwa 200 €. Die Düsen können auch für andere Zwecke z.B. Ölbehandlung bei Spinnmilben genutzt werden.



Abbildung 31: Spritzung mit Herbizidbalken (oben rechts) und mit praxisüblichem Spritzgerät (oben links). Unten links: Einstellung des Twin Cups zur optimalen Benetzung der Stammbasis. Unten rechts: TWIN SPRAY CUP mit zwei Düsen

Im Obstbau erfolgt die Angabe von Aufwandmengen normalerweise pro m Kronenhöhe. Dabei wird aber die untere Stammzone nicht mitbehandelt sondern die Behandlung beginnt am ersten Astquirl. Bei dieser Art der Spritzung muss der untere Bereich mit berücksichtigt werden, so dass die Angaben in m Baumhöhe gemacht werden müssen. Hier handelt es sich im allgemeinen um die unteren 50 cm. Allerdings muss die Behandlung im Normalfall nur auf die Zone ausgedehnt werden wo Diapauselarven Verstecke finden können, d.h. wo geeignetes Stamm- oder Gerüstmaterial zur Verfügung steht. Dies ist im allgemeinen in der obersten Zone der Krone nicht der Fall. Daher können hier wieder 0,5 m abgerechnet werden, so dass die Angabe in etwa mit der normalerweise verwendeten Angabe zur Kronenhöhe übereinstimmt. Für die Praxis ist dies einfacher, es wird in diesem Bericht auch daher auch so gehandhabt, grundsätzlich wäre aber die Angabe „pro m Baumhöhe“ für die Aufwandmengen eigentlich die korrekte Grösse.

4.2.1.4 Kleinparzellierte Exaktversuche mit Entomopathogenen Nematoden im Freiland

Versuche in der Saison 2006/2007

Verglichen werden sollten die beiden Nematodenarten SF und SC sowie verschiedene Aufwandmengen.

Am Standort Tübingen wiesen beide Nematodenarten eine sehr gute Wirkung auf, die auch statistisch abgesichert werden konnte. Die Aufwandmenge spielte bei SF keine Rolle. Am Standort Mainau war eine Reihe etwas stärker befallen was zu großen Schwankungen im Befall in der Kontrolle führte, so dass keine statistisch abgesicherten Unterschiede erreicht werden konnten. Die Wirkung von SF war trotzdem deutlich während SC weniger überzeugen konnte (Abbildung 32). Dies könnte auf die niedrigeren Temperaturen während der Nacht nach der Behandlung zurückzuführen sein.

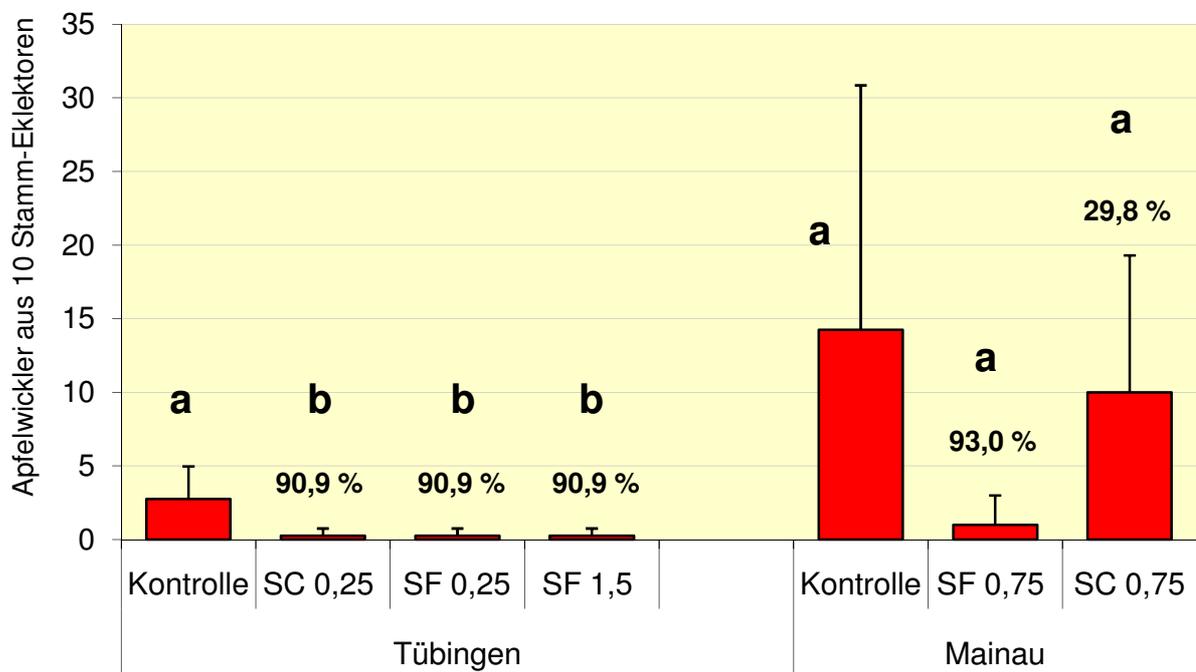


Abbildung 32: Anzahl der geschlüpften Apfelwicklerfalter und Wirkungsgrade nach ABBOTT (in %, schwarze Zahlen) in den einzelnen Varianten an den Standorten Tübingen und Mainau. Die Aufwandmenge der Nematoden ist in Milliarden pro ha und m Kronenhöhe angegeben. Unterschiedliche Buchstaben bedeuten signifikante Unterschiede (Varianzanalyse und TUKEY-Test, $\alpha = 0.05$).

Versuch in der Saison 2007/2008

n diesem Versuch war der Befall relativ gering, so dass der errechnete Wirkungsgrad von 76,7 % der Behandlung mit Nematoden keine grosse Aussagekraft besitzt. In der Baumkrone und der Baummitte haben offensichtlich keine Larven überwintert. In der unteren Stammzone waren sie dagegen häufig. Am häufigsten waren sie allerdings in den Weichholzpfählen (Abbildung 33).

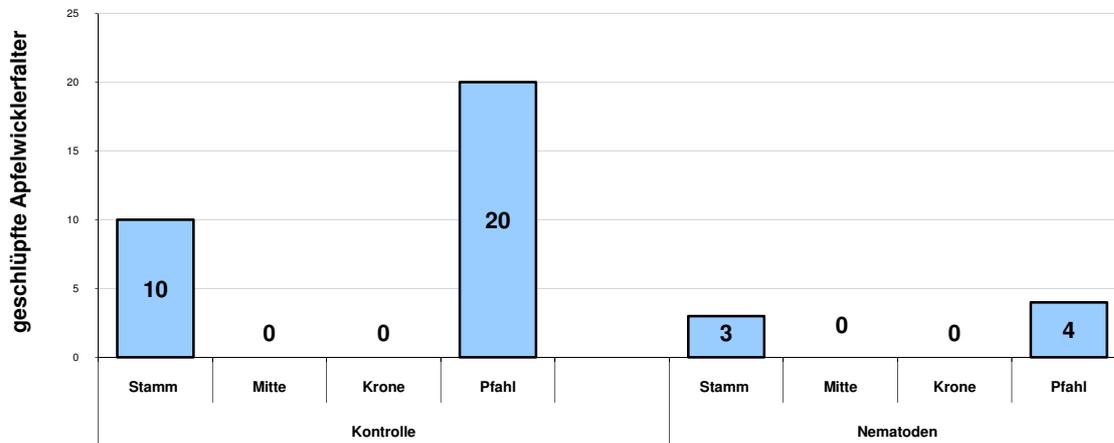


Abbildung 33: Schlupf der Apfelwicklerfalter im Freilandversuch in der Saison 2007/2008 aus den verschiedenen Baumzonen und den Weichholzpfählen (jeweils 16 pro Variante) in der Kontrolle und in der Behandlung mit EPN (*S. feltiae*, 750 Mio/ha und mKh)

Versuch in der Saison 2008/2009

Die Versuchsanlage in diesem Versuch wies einen sehr starken Befall auf, so dass sehr hohe Falterzahlen ausgewertet werden konnten. Daher kann die Aussage über den Wirkungsgrad von 54 % auf jeden Fall als abgesichert betrachtet werden (Tabelle 6). Auch hier zeigte sich, dass die Weichholzpfähle eine erhebliche Anzahl der Diapause-Larven beherbergen. Die Wirkung der Nematodenanwendung war bei den Pfählen eher schlechter, was sich durch eine schlechtere Benetzung der Ritzen im Pfahl, die direkt an den Baum angrenzen, gut erklären liesse.

Tabelle 6: Anzahl geschlüpfter Falter aus im Herbst 2008 mit *S. feltiae*, 750 Mio/ha und mKh behandelten und gerodeten Baumstämmen und Stützpfehlen in Behandlung und Kontrolle

Variante	Auswertung 17.7.09	Auswertung 2.9.09	Gesamt
Nematoden Stämme	35	10	45
Nematoden Pfähle	65	7	72
Nematoden gesamt	100	17	117
Kontrolle Stämme	108	15	123
Kontrolle Pfähle	118	14	132
Kontrolle gesamt	226	29	255

4.2.1.5 Freilandversuche zur Wirkung Entomopathogener Nematoden in Grossparzellen

Die Ergebnisse der Grossparzellenversuche sind in Abbildung 34 zusammengefaßt. Bei guten Witterungsbedingungen (d.h. Nässe oder sehr hohe Feuchtigkeit 12-24 h nach Applikation) bewegen sich die Wirkungsgrade auf den Befall der gesamten ersten Generation des Apfelwicklers zwischen 40 und 56 %. Ein Versuch aus einer Anlage mit Bambusstäben liegt etwas niedriger. In einem Versuch mit Beregnung war aus ungeklärten Gründen keine Wirkung zu beobachten. Wurde bei trockener Witterung appliziert oder hörte der Regen nach der Behandlung auf und die Stämme trockneten ab, konnte kaum eine Wirkung beobachtet werden.

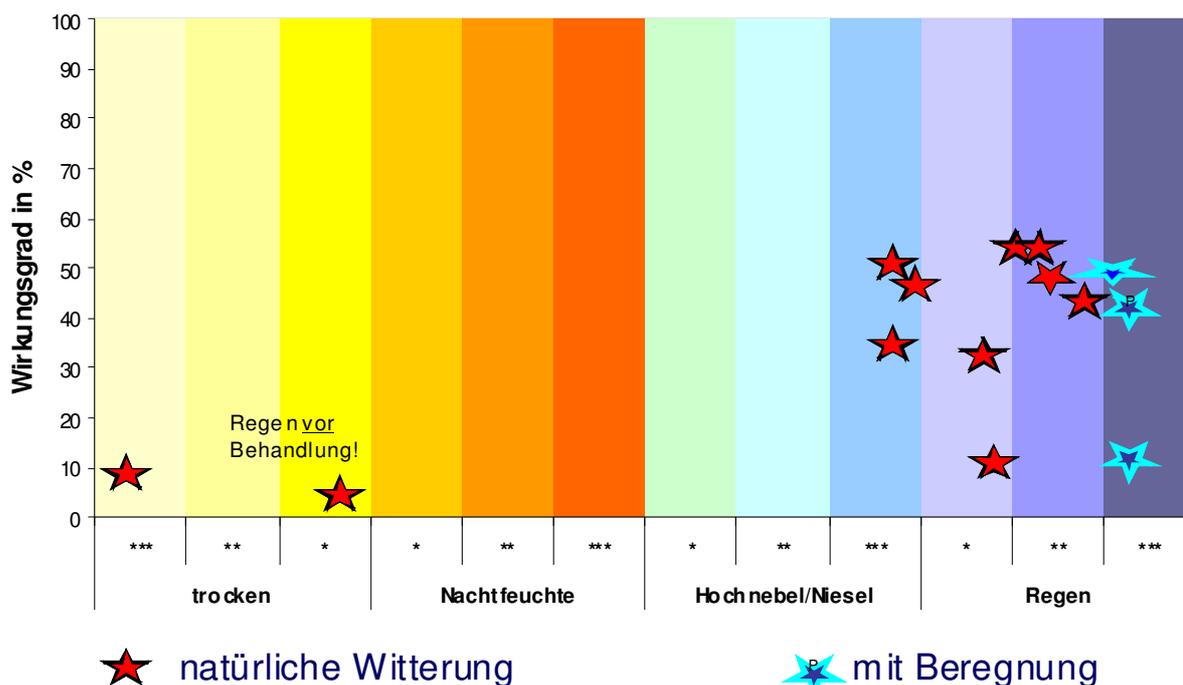


Abbildung 34: Wirkung und Wirkungssicherheit von *S. feltiae* auf den Apfelwickler in Grossparzellenversuchen in Abhängigkeit von den Feuchtigkeitsverhältnissen 12-24 h nach Applikation

4.2.1.6 Freilandversuche zur notwendigen Aufwandmenge

Standort Rödersheim

Dieser sehr aufwändige Versuch in einer zur Rodung anstehenden befallenen Anlage hätte eigentlich sicher aussagefähige Ergebnisse erbringen müssen. Die Falterzahlen sind aber insgesamt im Vergleich zu der Anzahl der Stämme sehr gering (Tabelle 7) und schwanken so stark, dass keine Aussagen möglich erscheinen. Dies war aufgrund des Befalls eigentlich nicht zu erwarten, u.U. sind durch den CpGV-Einsatz doch im Winter noch viele Larven abgestorben.

Tabelle 7: Anzahl der gefundenen Puppenhülsen in den drei Sortenblöcken in den Varianten mit voller (750 Mio/ha und mKh) und halber (375 Mio/ha und mKh) Aufwandmenge von *S. feltiae* am Standort Rödersheim

	Variante	Anzahl Stämme	Anzahl Puppenhülsen	Puppenhülsen/Baum
Boskoop	Kontrolle	5	5	1,00
	halbe Aufwandmenge	9	1	0,11
	volle Aufwandmenge	10	2	0,20
Jonagold	Kontrolle	13	1	0,08
	halbe Aufwandmenge	11	3	0,27
	volle Aufwandmenge	11	1	0,09
Alkmene	Kontrolle	37	6	0,16
	halbe Aufwandmenge	16	6	0,38
	volle Aufwandmenge	18	6	0,33
Gesamt	Kontrolle	55	12	0,22
	halbe Aufwandmenge	36	10	0,28
	volle Aufwandmenge	39	9	0,23

Standort Saarwellingen

Diese Fragestellung war Teil eines grösseren Versuchs der als Blockanlage mit 4 Wiederholungen in einer einheitlichen Anlage aufgebaut wurde (siehe auch unter 4.2.1.7). Die Parzellen der beiden hier dargestellten Varianten und der Kontrolle waren randomisiert über den gesamten Block verteilt. In den anderen, unter dem Thema „Formulierungen“ dargestellten Varianten lag der Befall ähnlich der Kontrolle. Es ist nicht nachvollziehbar, wie es zu diesem stärkeren Befall in den beiden mit voller und halber Aufwandmenge unter günstigen Witterungsbedingungen kam. Lediglich in der Parzelle mit halber Aufwandmenge gab es eine Wiederholung, die mit höherem Befall etwas aus dem Rahmen fiel (höhere Standardabweichung, siehe Tabelle 8), ansonsten waren die Unterschiede relativ gleichmässig.

Tabelle 8: Anzahl der gefundenen Puppenhülsen in den Varianten mit voller (750 Mio/ha und mKh) und halber (375 Mio/ha und mKh) Aufwandmenge von *S. feltiae* am Standort Saarwellingen

Variante	Anzahl Stämme	Puppenhülsen gesamt	Puppenhülsen pro Stamm	Standardabweichung Puppenhülsen pro Stamm
Kontrolle	40	11	0,28	0,15
Nematoden halbe Aufwandmenge	40	24	0,60	0,40
Nematoden volle Aufwandmenge	40	27	0,68	0,08

Es muss berücksichtigt werden, dass die Falterzahlen auch hier wesentlich geringer waren als man aufgrund des Befalls in der Anlage hätte erwarten müssen. Auf eine Interpretation dieser Daten als Grundlage für eine Anwendungsempfehlung muss jedoch verzichtet werden.

Standort Niederrhein

Auch hier waren die Falterzahlen weit geringer als erwartet. Aufgrund der grossen Unterschiede zwischen erster und zweiter Wiederholung in der Kontrolle sind gesicherte Aussagen auch in diesem Fall kaum möglich. (Tabelle 9).

Tabelle 9: Anzahl der gefundenen Falter in den Eklektoren in den Varianten mit voller (750 Mio/ha und mKh) und halber (375 Mio ha und m Kh) Aufwandmenge von *S. feltiae* am Standort Niederrhein

	Variante	Anzahl Stämme	Anzahl Falter	Falter/Baum
Wdh 1	Kontrolle	10	5	0,5
	halbe Aufwandmenge	10	11	1,1
	volle Aufwandmenge	10	10	1,0
Wdh 2	Kontrolle	10	18	1,8
	halbe Aufwandmenge	10	11	1,1
	volle Aufwandmenge	10	12	1,2
Gesamt	Kontrolle	20	23	1,2
	halbe Aufwandmenge	20	22	1,1
	volle Aufwandmenge	20	22	1,1

4.2.1.7 Versuche zum Potential von Formulierungen zur Reduktion der Feuchteabhängigkeit des Verfahrens

Hintergrund dieser Versuche war die Schwierigkeit, optimale Witterungsbedingungen für die Spritzung zu finden. Untersucht werden sollte, inwieweit Formulierungen die Feuchteabhängigkeit des Verfahrens verringern können. Dazu wurde unter „grenzwertigen“ Bedingungen gearbeitet. Als solche wurde eine Spritzung nach dem Taufall und eine normal feuchte Nacht angenommen.

Versuch im Halbfreiland im Jahr 2008

In diesem Versuch überlebten 87,5 % der Larven in der Kontrolle. Die Nematodenbehandlung ohne das sechsstündige Vornässen und ohne Xanthan zeigte überhaupt keine Wirkung.

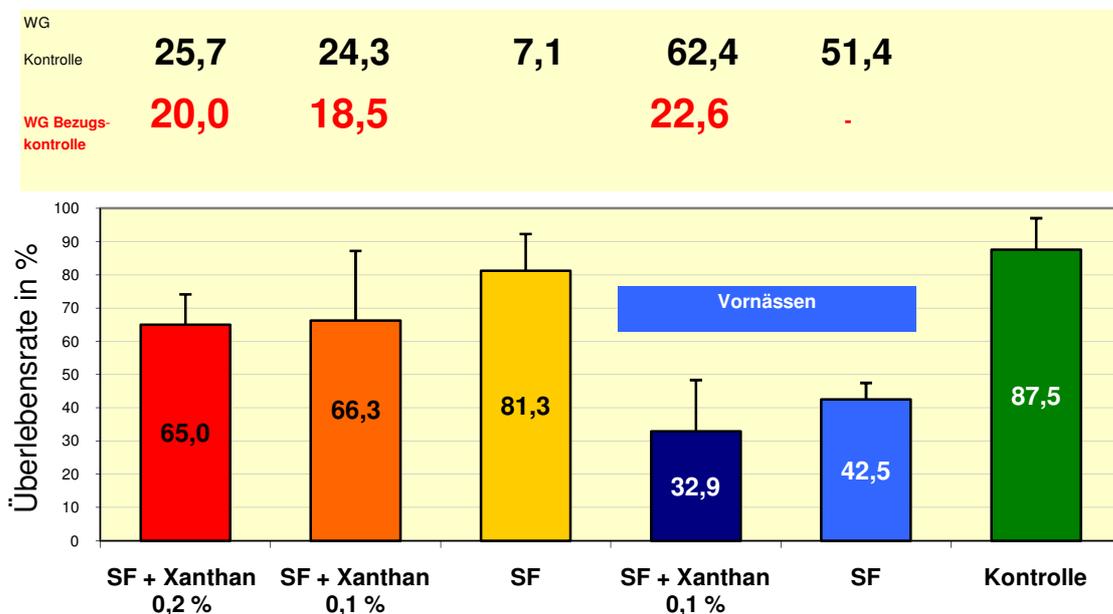


Abbildung 35: Einfluss von Xanthan, einem Formulierungsmittel, das die Stämme länger feucht hält, auf die Wirkung von *S. feltiae* (SF) bei Behandlung auf feuchten und nassen Stamm (Applikation mit Handsprayer mit 375 Mio/ha SF berechnet auf 750 l/ha mKh, Zusatz von 0,5 % Trifolio-S forte bei allen Varianten)

In der vorgeässten Variante zeigten die Nematoden auch ohne Xanthan eine Wirkung. Die Formulierung mit Xanthan hatte sowohl in der vorgeässten als auch in der nicht vorgeässten Variante einen positiven Effekt auf die Wirkung der Nematoden (Abbildung 35).

Versuch im Halbfreiland im Jahr 2009

In diesem Versuch wurden verschiedene Formulierungen getestet, die in Vorversuchen interessante Effekte auf das Feuchthalten von Stämmen gezeigt hatten. Dabei wurde ausser Xanthan nochmals Tapetenkleister geprüft, der von Beratern immer wieder ins Spiel gebracht worden war. Bei Natrosol 250 HR handelt es sich um ein Produkt der Firma IMCD Deutschland GmbH & Co. KG, in 50668 Köln auf der Basis von Hydroxyethylcellulose, das als Verdickungsmittel eingesetzt wird und in Vorversuchen interessante Ergebnisse zeigte.

Schwierig war bei diesem Versuch die relativ hohe Mortalität in der Kontrollvariante ohne Behandlung. Die Nematoden zeigten bereits ohne Formulierungen eine relativ gute Wirkung, diese war jedoch vor allem auf eine Wiederholung zurückzuführen, was sich in der hohen Standardabweichung der Überlebensrate dieser Variante zeigt. Von den Varianten mit Formulierung wies die Variante 0,1 % Xanthan + Natrosol die beste Wirkung auf, bei den anderen zeigte sich aber ebenfalls ein zusätzlicher Effekt (Tabelle 10). Auf der Basis dieser Ergebnisse wurde entschieden, im Freiland die Varianten Xanthan 0,2 % und Xanthan 0,1 % mit Natrosol zu testen.

Tabelle 10: Einfluss (Wirkungsgrad nach ABOTT auf die Überlebensrate der Larven) verschiedener Formulierungen, die die Stämme länger feucht halten sollen, auf die Wirkung von *S. feltiae* (SF) bei Behandlung auf feuchten und nassen Stamm (Applikation mit Handsprayer mit 375 Mio/ha SF berechnet auf 750 l/ha mKh, Zusatz von 0,5 % Trifolio-S forte bei allen Varianten)

Varianten	Überlebensrate in %	Standardabweichung Überlebensrate	Wirkungsgrad zu unbehandelter Kontrolle	Wirkungsgrad zur Kontrolle ohne Zusatz
Xanthan 0,1 %	3,8	4,8	93,3	71,9
Xanthan 0,1 % + Tapetenkleister 0,2 %	2,5	5,0	95,6	81,3
Xanthan 0,2 %	2,5	2,9	95,6	81,3
Xanthan 0,1 % + Natrosol 0,1 g/L	0,0	0,0	100,0	100,0
Xanthan 0,2 % + Natrosol 0,1 g/L	7,5	6,5	86,7	43,8
Xanthan 0,1 % + Tapetenkleister 0,2 % + Natrosol 0,1 g/L	5,0	4,1	91,1	62,5
Kontrolle mit Nematoden	13,3	31,2	76,3	--
Kontrolle ohne Nematoden	56,3	14,4	--	--

Versuche im Freiland

Im Versuch an der Sorte Melrose (Tabelle 11) gibt es keine Unterschiede zwischen behandelten und unbehandelten Varianten. Ein Effekt der Formulierungen, der bei den grenzwertigen Witterungsbedingungen noch eine Wirkung ermöglicht hätte, ist nicht sichtbar. Dies war unabhängig von der Aufwandmenge der Fall.

Im Elstar-Block schlüpfen insgesamt relativ wenig Falter, so dass nur wenig absicherbare Aussagen getroffen werden können. Tendenziell waren die Formulierungen mit Xanthan sowie mit Xanthan und Natrosol etwas besser als die Kontrolle (Tabelle 12), wobei die Mischung mit Natrosol am besten lag. Bei der geringen Anzahl an gefundenen Puppenhülsen kann dies jedoch nicht als ein abgesichertes Ergebnis betrachtet werden.

Tabelle 11: Vergleich der Wirkung von *S. feltiae* mit voller (750 Mio/ha und m Kh) und halber (375 Mio/ha und m Kh) Aufwandmenge mit verschiedenen Zusatzformulierungen: Anzahl der gefundenen Puppenhülsen pro Stamm an der Sorte Melrose. Bei jeder Variante wurde Trifolio-S forte 0,2 % ig zugesetzt.

Variante	Anzahl Stämme	Puppenhülsen pro Stamm	Standardabweichung
Kontrolle	40	0,28	0,15
Volle Aufwandmenge ohne Zusatzformulierung	40	0,20	0,15
Volle Aufwandmenge mit Xanthan 0,2 %	38	0,29	0,28
Volle Aufwandmenge mit Xanthan 0,2 % + Natrosol 0,1 g pro L.	39	0,28	0,25
Halbe Aufwandmenge mit Xanthan 0,2 % + Natrosol 0,1 g pro L.	38	0,29	0,12

Tabelle 12: Vergleich der Wirkung von *S. feltiae* mit voller (750 Mio/ha und m Kh) und halber (375 Mio/ha und m Kh) Aufwandmenge mit verschiedenen Zusatzformulierungen: Anzahl der gefundenen Puppenhülsen pro Stamm an der Sorte Elstar. Bei jeder Variante wurde Trifolio-S forte 0,2 % ig zugesetzt.

Variante	Anzahl Stämme	Anzahl Puppenhülsen pro Baum
Kontrolle	12	0,33
Volle Aufwandmenge ohne Zusatzformulierung	12	0,25
Volle Aufwandmenge mit Xanthan 0,2 %	12	0,17
Volle Aufwandmenge mit Xanthan 0,2 % + Natrosol 0,1 g pro L.	12	0,08
Halbe Aufwandmenge mit Xanthan 0,2 % + Natrosol 0,1 g pro L.	12	0,25

4.2.2 Ergebnisse zur Wirkung von *Beauveria bassiana*

Versuche im Freiland im Jahr 2006

In **Rödersheim** war die Auswertung der Ergebnisse insofern problematisch, da der Befall in der Anlage ein starkes Gefälle aufwies. Die erste Wiederholung der behandelten Variante wies offensichtlich einen höheren Befallsdruck als die anderen auf, so daß der höhere Befall in „behandelt“ wohl auf das Befallsgefälle zurückzuführen ist (Abbildung 36). Es gab jedoch keinerlei Hinweise auf eine größere Reduktion der Anzahl der Larven durch die Behandlung. Bei der Auswertung wurde in der behandelten Parzelle eine einzige Larve gefunden, die mit *Beauveria*-Pilz befallen war. Die anderen Larven und Puppen überlebten. Auch die Auswertung der Früchte in diesem Versuch ergab keine Hinweise auf eine Wirkung auf den Fruchtbefall.

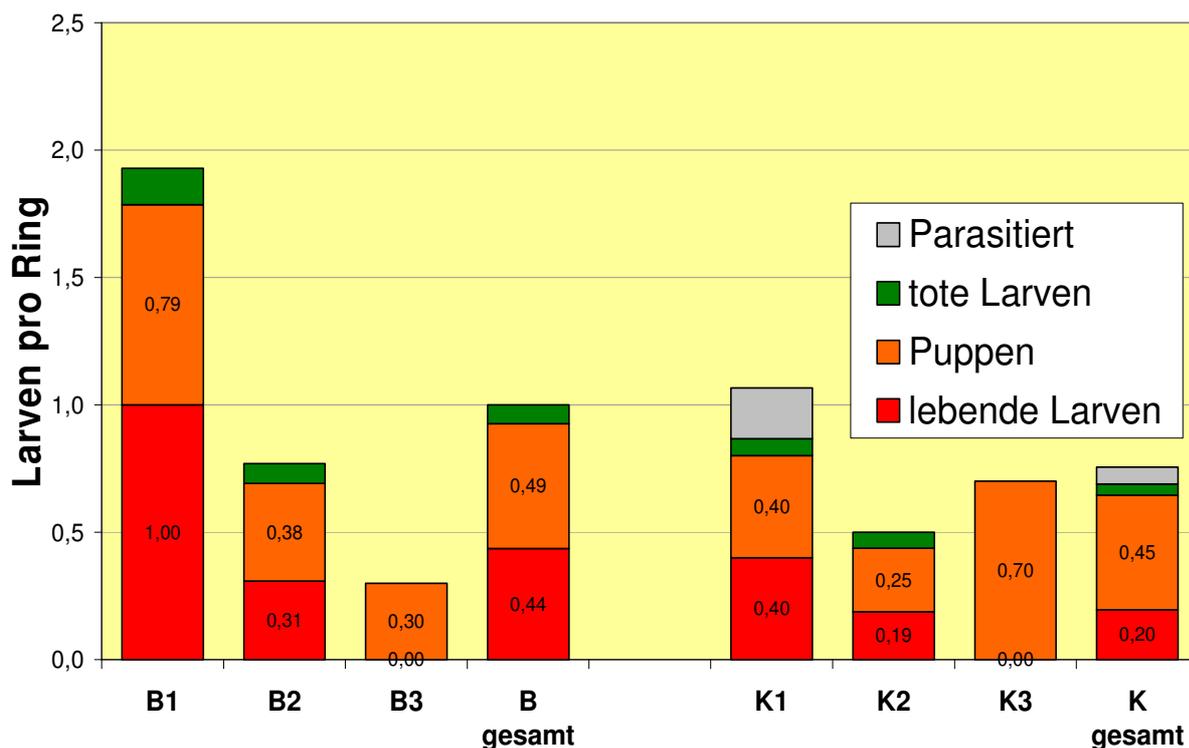


Abbildung 36: Anzahl von Larven und Puppen in den Wellpapperings in den Wiederholungen 1 bis 3 in der mit Naturalis behandelten Parzelle (B) und in der Kontrolle (K).

In **Mainz** wurde die Anlage mit Madex plus behandelt. Zu diesem Zeitpunkt war noch nicht klar, daß bei diesem Präparat die Larven erst sehr spät absterben. Die Anlage wurde aufgrund des Befalls und der zahlreichen lebenden Larven bei der Vorbonitur für den Versuch ausgewählt. Es wurden 4 Wiederholungen angelegt mit drei Varianten (Stammbehandlung und Ganzbaumbehandlung). Eingesetzt wurde jeweils eine Aufwandmenge von 1,5 l Naturalis auf 1000 l Wasser (Basisaufwandmenge).

Tabelle 13: Ergebnisse der Auswertung der Wellpapperinge am Standort Mainz (4 Wiederholungen, jeweils 20 Ringe pro WH).

Variante	Anzahl Larven	Anzahl toter Larven	Mortalität [%]
Kontrolle	3	2	66,7
Ganzbaumbehandlung	1	1	100,0
Stammbehandlung	11	8	72,7

Am **Bodensee** war die Anzahl der Larven höher. Auch waren die Spritzungen zum Teil in einem Zeitraum erfolgt, in dem Niederschläge stattfanden. Trotzdem waren keine Beauveria-infizierten Larven unter den toten Larven zu finden. Die meisten Larven überlebten. Auch die Anzahl der gefundenen Larven ließ keine Hinweise auf eine wesentliche Mortalität vor Einwanderung in die Wellpapperinge zu (Tabelle 14).

Tabelle 14: Ergebnisse der Auswertung der Wellpapperinge am Standort Bodensee (4 Wiederholungen, jeweils 20 Ringe pro WH).

	Anzahl Larven	Anzahl toter Larven	Mortalität [%]
Kontrolle	23	3	13,0
Behandelt	18	3	16,7

In keinem der drei Exaktversuche war eine Wirkung von *Naturalis* festzustellen. Es wurden auch so gut wie keine infizierten Larven gefunden. An den Standorten Mainz und Rödersheim könnte dies auf die ungünstige Witterung zurückzuführen sein. Im Bodenseegebiet war es bei den letzten Spritzungen feuchter. Feuchter war es auch in dem Vergleichsversuch verschiedener Verfahren (siehe 2.1.), bei dem *Naturalis* bis in den Herbst hinein eingesetzt wurde. Aufgrund dieser Ergebnisse wurden die anschliessend dargestellten Laborversuche initiiert.

Laborversuche zur Wirkung von *Naturalis* im Jahr 2006

Aufgrund der unbefriedigenden Ergebnisse der Freilandversuche wurden kurzfristig vor Beginn der Versuchssaison für die überwinterte Generation Laborversuche mit dem Präparat *Naturalis* durchgeführt. Ziel der Untersuchungen war, herauszufinden, ob die Larven sich überhaupt infizieren, wenn sie sich auf einem Stück Apfelstamm bzw. Apfelblatt mit einem Spritzbelag mit *Naturalis* bewegen. Hier war vor allem wichtig, zu erfahren, ob die empfohlene Aufwandmenge überhaupt ausreicht, um eine größere Zahl der Larven zu infizieren. Deshalb wurden auch höhere Aufwandmengen als empfohlen getestet.

Beim ersten Versuch zeigte sich bei der Verpuppungsrate keinerlei Effekt. Nur wenige Larven wiesen Melaninflecken auf. Die Schlupfrate war bei den behandelten Varianten unabhängig von der Konzentration etwas geringer als bei der Kontrolle. In Versuch 2 konnte nicht einmal dieser Effekt mehr beobachtet werden (Tabelle 15).

Dies bestätigte das Ergebnis der Freilandversuche wonach *Naturalis* keine Wirkung zeigte. Weitere Freilandversuche wurden daraufhin erst einmal ausgesetzt.

In den Voruntersuchungen hatte der in *Naturalis* enthaltene Stamm von *Beauveria bassiana* bei Tauchversuchen mit einer Konzentration von 1×10^6 bis 1×10^8 gute Ergebnisse gezeigt. In diesem Fall war keine Formulierung verwendet worden. Bei der Wanderung über einen behandelten Apfelstamm scheinen die Larven weniger Sporen aufzunehmen als bei der Tauchbehandlung. Das Anhaften der Sporen dürfte außer von der Konzentration auch von der Formulierung abhängen. *Naturalis* wird momentan vor allem gegen Insekten wie z.B. Thripse oder gegen Spinnmilben erfolgreich eingesetzt. In diesem Fall wird der Zielorganismus direkt von der Spritzbrühe getroffen. Die Sporen müssen also nicht von der behandelten Pflanzenoberfläche vom Insekt aufgenommen werden sondern haften direkt am Insekt. Insofern wäre es grundsätzlich sinnvoll erschienen, die Formulierung für diese Anwendung nochmals zu überdenken.

Tabelle 15: Verpuppungs- und Schlupfrate sowie Prozentsatz der Larven mit Melaninflecken in Versuch 1 und 2.

Aufwand- menge	Versuch 1			Versuch 2		
	Larven mit Melanin- flecken in %	Verpuppungs- rate in %	Schlupf- rate in %	Larven mit Melaninflecken in %	Verpuppungs- rate in %	Schlupf- rate in %
5×10^5	4,4	90,0	67,8	9,3	93,3	84
8×10^6	4,3	91,3	77,2	14,6	92,3	89,3
$2,4 \times 10^7$	1,0	99,0	66,5	9,3	93,3	85,3
Kontrolle	0,0	98,6	98,6	0,0	100,0	92,0

Bei der Fruchtbonitur konnten keine Hinweise auf eine Befallsminderung gefunden werden. Bei der Auswertung der Wellpapperinge wurden nur wenige Larven gefunden. Dies dürfte wahrscheinlich auf die Wirkung von Madex plus zurückzuführen sein. Die geringe Zahl der Larven läßt jedoch keine wirkliche Interpretation des Ergebnisses zu (Tabelle 13). Die toten Larven waren nicht mit *Beauveria* infiziert. Hinweise auf eine Wirkung von Naturalis gab es jedoch keine. Audemard & Ferron (1980) erzielten erste interessante Ergebnisse mit *Beauveria bassiana* mit einer Konzentration der Spritzbrühe von 5×10^8 Sporen pro ml. Die Lösung war in diesem Fall nicht formuliert.

Auf der Basis dieser Ergebnisse schien es wenig sinnvoll, im Freiland Versuche mit Naturalis aufzubauen. Im Jahr 2007 wurden daher einerseits Sprühversuche, analog zu den mit Nematoden im Labor durchgeführten Sprühversuchen mit einer höheren Sporenkonzentration [1×10^{14} Sporen/ha; nach Wraight et al. (2001) notwendige Dosis zur erfolgreichen Bekämpfung von Schadinsekten im Freiland] als im Vorjahr durchgeführt. Andererseits wurde in Biotests mit verschiedenen Pilzisolaten begonnen, der Frage nach zu gehen, ob die gegenüber dem Granulosevirus resistenten Apfelwickler-Stämme auch gegenüber pilzlichen Krankheitserregern widerstandsfähiger sind. Hierbei wurden nicht-kommerzialisierte Pilzisolat, die allerdings an Apfelwickler-Raupen gefunden worden waren, mit einbezogen, um zu prüfen, ob sie sich in ihrer Virulenz gegenüber dem Naturalis[®]-Isolat unterscheiden.

Tauchversuche im Labor im Jahr 2007

Wie bereits in den Versuchen vor Projektbeginn (Frühjahr 2006) zeigte sich erneut das Isolat M.a. 43 (*Metarhizium anisopliae*, BIO 1020 Neu) im Tauchversuch dem Isolat aus Naturalis[®] überlegen (Abbildung 7). Nach zwei Wochen wurde mit L5 Apfelwickler-Raupen des Stamms BW-FI-04 bei der mittleren Dosis von 1×10^7 Sporen/ml ein Wirkungsgrad von 60 ± 56 % (Mittelwert aus zwei Versuchen \pm Standardabweichung) erzielt. Bei Naturalis[®] waren das hingegen 33 ± 47 %. Am besten schnitt jedoch das Isolat B.ba. 64 ab mit einem Wirkungsgrad von 73 ± 9 %. Der erste Versuch zum Vergleich der Empfindlichkeit gegenüber pilzlichen Pathogenen der beiden Apfelwicklerstämme BW-FI-04 und Andermatt, die sich in ihrer Empfindlichkeit gegenüber CpGV-M unterscheiden, zeigte zwar geringe Unterschiede, aber ohne Konsistenz. Zwar war der Wirkungsgrad nach zwei Wochen für Naturalis[®] und B.ba. 64 bei der höchsten Sporenkonzentration für die empfindlichen Raupen von Andermatt etwas größer (84 und 100 % im Vergleich zu 72 und 83 % mit BW-FI-04 für Naturalis[®] und B.ba. 64, vgl. Tabelle 17) nicht aber bei den niedrigen Sporenkonzentrationen und nicht mit M.a. 43 (mit letzterem beide Male 100 %; siehe Tabelle 17).

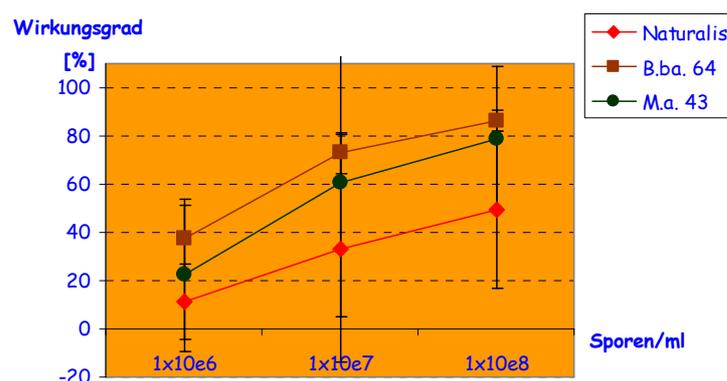


Abbildung 37: Wirkungsgrade (Mittelwerte aus zwei Versuchen \pm Standardabweichung) verschiedener Pilzisolat gegenüber BW-FI-04 Apfelwicklerlarven im Biotest (Tauchverfahren)

Besonders aufgrund der relativ hohen Mortalität in der Kontrolle (30 % nach zwei Wochen) bei den empfindlichen Tieren von Andermatt waren hier noch weitere Versuche notwendig. Diese erfolgten im Rahmen einer Diplomarbeit (Flammersfeld et al., 2009). Dort konnte gezeigt werden, dass keine Unterschiede in der Sensibilität auf pathogene Pilze zwischen CpGV-resistenten und nicht resistenten Apfelwicklerlarven bestehen.

Tabelle 16: Wirkungsgrade verschiedener Pilzisolat gegenüber zwei verschiedenen Apfelwicklerstämmen (Andermatt und BW-FI-04) die sich in ihrer Empfindlichkeit gegenüber dem Apfelwickler-Granulosevirus unterscheiden. B.ba. = *Beauveria bassiana*, M.a. = *Metarhizium anisopliae*. Tauchverfahren; n = 20 (n = 9). Weitere Details im Text.

Pilzisolat	Dosis	Andermatt; WG [%]		BW-FI-04; WG [%]	
		nach 1 Woche	nach 2 Wochen	nach 1 Woche	nach 2 Wochen
Naturalis	1x10 ⁶	-11,5	-20,3	5,3	22,4
	1x10 ⁷	0,9	24,8	26,3	66,8
	1x10 ⁸	73,9	84,1	52,6	72,3
B.ba. 64	1x10 ⁶	-11,5	2,3	10,5	28,0
	1x10 ⁷	13,3	62,4	52,6	66,8
	1x10 ⁸	81,4	100,0	68,4	83,4
M.a. 43	1x10 ⁶	13,3	54,9	26,3	44,6
	1x10 ⁷	75,2	85,0	94,7	100,0
	1x10 ⁸	100,0	100,0	100,0	100,0

Sprühversuche im Labor im Jahr 2007

Die Ergebnisse der ersten Sprühversuche mit Pilzen sind in Tabelle 2 dargestellt. Da die Versuche meist ein Nebenprodukt eines anderen, größeren Versuches waren, variierte die Anzahl der angesetzten Raupen. Trotz der großen Variabilität zwischen allen im vorliegenden Bericht gezeigten Sprühversuchen, zeigt sich meines Erachtens an den in Tabelle 2 gezeigten Wirkungsgraden, welche Rolle die Temperatur spielt: Bei 20 °C wurden mit dem neuen *Beauveria*-Isolat aber auch mit *S. feltiae* Wirkungsgrade über 50 % erzielt. Bei 15 °C bleiben dagegen alle Pathogene im Mittel unter 25 %.

Tabelle 17: Wirkungsgrade von zwei *Beauveria bassiana*-Isolaten im Vergleich zu *Steinernema feltiae* gegenüber L5-Apfelwickler-Raupen in drei Sprühversuchen. Links: Zwei Versuche bei 15 °C und 80 % rH. Rechts: Ein Versuch bei 20 °C und 80 % rH. Weitere Details im Text.

	WG %		Mittelwert ±STABW		WG %
	(n = 10)	(n = 17)			
B.ba. 64	27,8	18,9	23,3 ±6,3	3/18	54,1
Naturalis	2,8	15,1	8,9 ±8,7	Naturalis	-4,9
S. feltiae	36,1	9,4	22,8 ±18,9	S. feltiae	50,8

Weitere Sprühversuche im Labor zur Wirkung von *Beauveria bassiana* und anderen Pilzisolaten im Vergleich zu Entomopathogenen Nematoden

In diesen Versuchen erwies sich das methodische Vorgehen (erst Sprühen, dann Raupen ansetzen) als problematisch, da die Apfelwickler sich auf den noch feuchten Stämmen nicht verkriechen wollten. Vermutlich bedingt dadurch war meist bereits in der Kontrolle die Mortalität hoch (30-60 %). Die Resultate der drei Sprühversuche sind in Abbildung 7-9 dargestellt. In allen drei Versuchen wurde mit *S. feltiae* (500 Dauerlarven/ml oder 5 Mio/10 l) plus 0,5 % S-forte und 0,2 % Xanthan die höchsten Wirkungsgrade (76, 50 und 79 %, vgl. Abbildung 38-40) erzielt. Die Wirkungsgrade der Pilzbehandlungen sind uneinheitlich und unbefriedigend. Lag im 1. Versuch der Wirkungsgrad von PreFeRal plus 0,2 % Xanthan noch bei 39 % (Abb. 38), war er in den Versuchen 2 und 3 mit -33 und -42 % (Abbildung 39 & 40) völlig inakzeptabel. Ähnlich verhielt es sich mit Mycotal: Bei Zusatz von 0,2 % Xanthan betrug der Wirkungsgrad 19 % im 1. Versuch (Abbildung 37), in den Versuchen 2 und 3 dagegen -13 und -30 % (Abb. 38 & 39). Lediglich unter Verwendung des Rindenmulchs Plantop® wurden im dritten Versuch mit den Pilzbehandlungen positive Wirkungsgrade (14 und 19 % für PreFeRal und Mycotal) erreicht (vgl. Abb. 39).

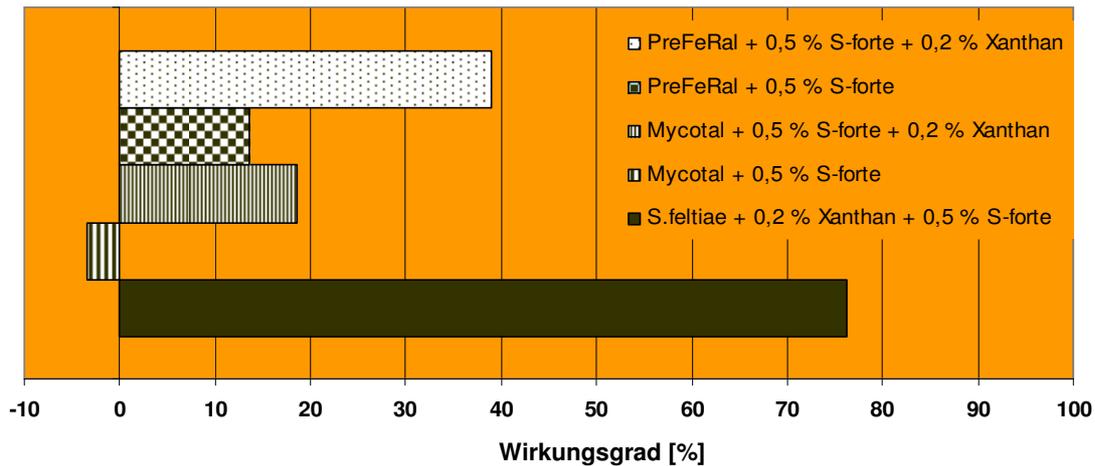


Abbildung 38: Wirkungsgrade [%] verschiedener Sprühbehandlungen mit Nematoden (*Steinernema feltiae*) oder Pilzen (PreFeRal = *Isaria fumosorosea*; Mycotal = *Lecanicillium muscarium*) und Xanthan als Verdunstungsschutz. Mittelwerte von 4 Stämmen je Variante und 20 Raupen je Stamm. (1. Versuch, 28.04.-03.06.2009)

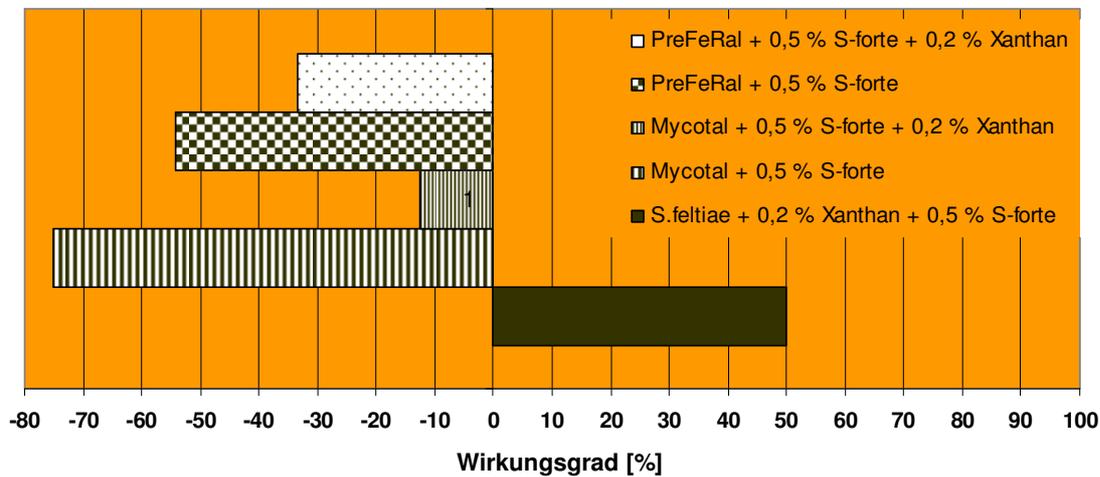


Abbildung 39: Wirkungsgrade [%] verschiedener Sprühbehandlungen mit Nematoden (*Steinernema feltiae*) oder Pilzen (PreFeRal = *Isaria fumosorosea*; Mycotal = *Lecanicillium muscarium*) und Xanthan als Verdunstungsschutz. Mittelwerte von 4 Stämmen je Variante und 20 Raupen je Stamm. (2. Versuch, 10.06.-14.07.2009)

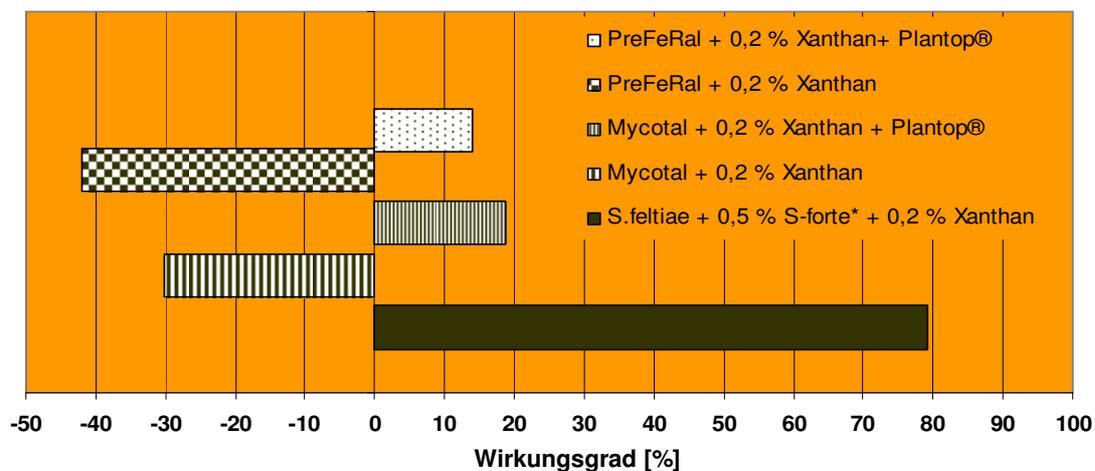


Abbildung 40: Wirkungsgrade [%] verschiedener Sprühbehandlungen mit Nematoden (*Steinernema feltiae*) oder Pilzen (PreFeRal = *Isaria fumosorosea*; Mycotal = *Lecanicillium muscarium*) und Xanthan als Verdunstungsschutz. Mittelwerte von 4 Stämmen je Variante und 20 Raupen je Stamm. * 0,5 % Trifolio-S forte war allen Varianten zugesetzt. (3. Versuch, 02.08.-15.09.2009)

Insgesamt konnte mit dem Sprühen von Entomopathogenen Pilzpräparaten auf Stammstücke nicht die vielversprechenden Biotestergebnisse einer vorangegangenen Diplomarbeit wiederholt werden. Die Wirkung der Entomopathogenen Nematoden war deutlich besser.

5 DISKUSSION

Ziel des Projekts war es, vor dem Hintergrund der Entwicklung von Resistenzen gegenüber CpGV-M, weitere biologische Verfahren zur Reduzierung der Apfelwicklerpopulation zur Praxisreife zu bringen bzw. auf ihr Potential als Bausteine in einer Gesamtstrategie auch im Hinblick auf ein zukünftig notwendiges Resistenzmanagement zu untersuchen. Ein Schwerpunkt des Projekts lag dabei auf der Bekämpfung der ausgewachsenen Larven während der Überwinterungssaison.

In der Diskussion werden daher die Ergebnisse der einzelnen Verfahren vor dem Hintergrund ihres Potentials als mögliche Bausteine in einer Gesamtstrategie diskutiert.

Zu Projektbeginn im Jahr 2006 stand kurzfristig ein erstes neues resistenzbrechendes Isolat von CpGV zur Verfügung, das in ersten Laborversuchen der Firma Andermatt gute Ergebnisse gezeigt hatte. Es wurde nach Rücksprache kurzfristig in die Versuchsanstellung 2006 integriert. Die in diesem Rahmen erzielten ersten Ergebnisse waren für die von der Resistenz betroffenen Betriebe von sehr grosser Bedeutung. Auf der Basis dieser Ergebnisse wurden bereits 2007 von Firmenseite aus grössere Versuche mit neuen CpGV-Isolaten in diesen Betrieben durchgeführt, so dass der Befall bedeutend reduziert werden konnte und die akuten massiven wirtschaftlichen Probleme der betroffenen Betriebe nicht mehr so stark im Vordergrund standen. Im Jahr 2008 erfolgte bereits eine Genehmigung zum Einsatz dieser Präparate nach § 11 (2) Pflschges. für von der Resistenz betroffene Betriebe. Eine intensive Arbeit an der Thematik der neuen CpGV-Isolate hätte jedoch den Rahmen dieses Projekts überschritten. Daher wurde das Thema nach 2006 in diesem Projekt nicht weiter verfolgt. Seitens der Firmen wurde das Thema aber intensiv weiterverfolgt, so dass jetzt resistenzbrechende Isolate von CpGV kurz vor einer Zulassung stehen. Dieses Projekt hat aber einen wesentlichen Impuls dafür gesetzt, dass die Einführung der resistenzbrechenden CpGV-Isolate in die Praxis sehr schnell und reibungslos erfolgen konnte.

5.1 Verfahren zur Bekämpfung der schlüpfenden Larven

5.1.1 *Bacillus thuringiensis* (BT)

Auch in der ersten Generation, wo ggf. aufgrund der Tatsache, dass ein Teil der Apfelwicklereier auf dem Blatt abgelegt wird und so das Präparat auf dem Weg zur Frucht über einen längeren Zeitraum aufgenommen werden kann, eine bessere Wirkung von BT denkbar gewesen wäre, zeigte sich über alle Versuche hinweg ein Wirkungsgrad auf den Fruchtschaden der Behandlungen von etwa 60 %. Der Effekt auf die Folgepopulation (Larven in den Wellpapperingen) war eher noch geringer, so dass nicht davon ausgegangen werden kann, dass Larven, die sich in die Frucht eingebohrert haben, noch im Laufe der Entwicklung absterben, wie dies bei NeemAzal-T/S oder CpGV der Fall sein kann. Eine Verdopplung der Aufwandmengen konnte die Wirkung kaum verbessern.

Aufgrund dieser Ergebnisse scheint es wenig sinnvoll, das Präparat im vorbeugenden Resistenzmanagement im Wirkstoffwechsel mit CpGV einzusetzen. Dafür ist der Wirkungsgrad auch in der ersten Generation zu niedrig.

In einer Situation wie zu Projektbeginn, in der für bestimmte Öko-Betriebe überhaupt kein Präparat mehr zur Verfügung steht, könnte der Einsatz von BT in der ersten Generation in Kombination mit der Verwirrungsmethode zwar empfohlen werden, diese Kombination wird aber für die Betriebe in den meisten Fällen nicht zu einem zufriedenstellenden Ergebnis führen. Eine Ergänzung der Strategie mit weiteren Maßnahmen wie dem Einsatz von Nematoden und dem Absammeln befallener Früchte in der ersten Generation ist dann auf

jeden Fall unerlässlich und in Befallslagen wohl meist noch nicht ganz ausreichend für einen befriedigenden Bekämpfungserfolg.

Im vorbeugenden Resistenzmanagement könnte BT eine gewisse Bedeutung haben, wenn es darum geht, hohe Populationen wieder zu reduzieren. Werden hierzu auf Öko-Betrieben nur die neuen CpGV-Isolate eingesetzt, entsteht sofort wieder ein starker Selektionsdruck. Es könnte also sinnvoll sein, in solchen Situationen ein weiteres Präparat in Kombination mit CpGV einzusetzen. In den Versuchen war allerdings kein Zusatzeffekt der BT-Behandlung sichtbar solange CpGV wirksam war, so dass BT auch für diese Anwendung wenig geeignet erscheint.

5.1.2 NeemAzal-T/S

Von Neempräparaten ist eine Wirkung auf Lepidopterenlarven bekannt (Schmutterer, 1995). Diese sind aber vor allem auf Effekte bei der Häutungshemmung zurückzuführen, die erst stark zeitverzögert wirksam werden.

Im Versuch von Benduhn (2007) wurde NeemAzal-T/S sehr häufig eingesetzt, was sowohl aus ökonomischen Gründen als auch aus Gründen des Resistenzmanagements wenig sinnvoll erscheint. Die in diesem Projekt durchgeführten Versuche sollten daher das Potential von NeemAzal-T/S als Baustein der Apfelwicklerstrategie mit einer oder maximal zwei Behandlungen klären. Hierbei ist auch zu berücksichtigen, dass NeemAzal-T/S im Ökologischen Obstbau das einzig wirksame Präparat zur Regulierung der Mehligen Apfellaus ist und dafür mindestens einmal jährlich zum Einsatz kommt. Da es keine Alternative zu diesem Präparat gibt, ist einem vorbeugenden Resistenzmanagement höchste Priorität einzuräumen. Derzeit sind zwei Anwendungen im Jahr im Obstbau zugelassen, von denen mindestens eine für die Regulierung der Mehligen Apfellaus benötigt wird.

Im Versuchsjahr 2007 konnten an einem Standort (Tübingen) mit einer einmaligen Behandlung bessere Effekte auf die Population erreicht werden als mit BT. Dies konnte aber auch darauf zurückzuführen sein, dass die Spritzung recht gut auf die wichtigste Schlupfperiode terminiert war, die für einen grossen Teil des Befalls verantwortlich war. Vor dem Hintergrund des Risikos solcher Anwendungen für das vorbeugende Resistenzmanagement für die Mehliges Apfellaus sowie der guten Verfügbarkeit von resistenzbrechenden CpGV-Isolaten wurde dieses Ergebnis 2008 zunächst nur in kleineren Versuchen weiterverfolgt, die keine Aussage möglich machten.

Im Jahr 2010 wurde diese Fragestellung zusätzlich zur Klärung der noch offenen Fragen zu den Nematoden wieder aufgegriffen, da auf einem Betrieb die Situation eingetreten war, dass alle verfügbaren CpGV-Isolate nicht mehr wirksam waren. Die Ergebnisse zeigen ein gewisses Potential, erlauben jedoch keine eindeutige Aussage. NeemAzal-T/S könnte als ein- oder maximal zweimalige Anwendung zu Saisonbeginn in „Notfällen“ für ökologisch wirtschaftende Betriebe ein Baustein der Strategie sein, um den Befallsdruck zu reduzieren. Auch eine Kombination mit CpGV-Isolaten erscheint denkbar, wenn im Ökologischen Obstbau hohe Apfelwicklerpopulationen mit einem solchen Präparat auf ein normales Niveau reduziert werden müssen und durch die hohe Population und den intensiven Einsatz ein starker Selektionsdruck entsteht. Dann könnte die Kombination mit NeemAzal-T/S ein Baustein eines vorbeugenden Resistenzmanagements sein, um den Selektionsdruck durch das CpGV-Präparat zu reduzieren. Aufgrund der nur tendenziell interpretierbaren Versuche in 2010 konnte aber das Potential dieses Bausteins für die Strategie nicht endgültig abgeklärt werden. Ein mögliches Risiko eines negativen Einflusses solcher Behandlungen auf das langfristige vorbeugende Resistenzmanagement für die Mehliges Apfellaus konnte in diesem Rahmen nicht abgeklärt werden und muss offen bleiben. Ein kurzfristiger Effekt der Behandlung einer Applikation im Juni auf Ohrwürmer, die sich zu diesem Zeitpunkt bereits auf dem Baum befinden und noch nicht ausgewachsen sind, kann nach eindeutigen Ergebnissen eines entsprechenden Versuches ausgeschlossen werden. Langfristige Auswirkungen auf die Fertilität der überwinterten Tiere müssen jedoch noch abgeklärt werden. Wenn eine Zulassung angestrebt wird, müssten allerdings dann noch Rückstandsdaten für Kernobst erarbeitet werden.

5.2 Verfahren zur Bekämpfung der bereits ausgewachsenen Larven

5.2.1 Entomopathogene Nematoden

Die Untersuchungen zu den **Überwinterungsorten der Diapauselarven** des Apfelwicklers erlaubten es, die Bekämpfungsstrategie mit Entomopathogene Nematoden (EPN) optimal auf die vorhandenen Bedingungen in den einzelnen Anlagen einzustellen. Die Frage, ob die Diapauselarven nicht doch auch den Boden als Überwinterungsort nutzen, wurde vor Projektbeginn in einer Versuchsanstellung der AGAWI-Arbeitsgruppe abgeklärt (Zelger, mündl. Mitteilung, 2006), so dass sie hier nicht mehr behandelt wurde. Im Laufe des Projekts konnten jedoch die bevorzugten Überwinterungsorte der Diapauselarven gut herausgearbeitet werden (Abbildung 41). Es wurde deutlich, dass die Larven nicht nur in Bodennähe Überwinterungsorte suchen. Sind geeignete Verstecke vorhanden, werden höher gelegene Orte sogar eher bevorzugt. In diesem Zusammenhang zeigte sich eine grosse Bedeutung des Unterstützungsmaterials für die Drahtgerüste der Apfelanlagen. Besonders Bambusstäbe aber auch Weichholzpfähle bieten auf der ganzen Baumhöhe optimale Unterschlupfmöglichkeiten. Dies hat vor allem dann eine Bedeutung, wenn sich hohe Populationen entwickeln, so dass das Angebot von Winterverstecken zur wichtigen Ressource wird. Im Zuge der Resistenzentwicklung einiger Apfelwicklerpopulationen gegen CpGV-M kam es in einigen Öko-Anlagen zu Befallszahlen von bis zu 90 %. Dabei handelte es sich durchweg um Anlagen mit entsprechenden Unterstützungsmaterialien. Infolge der in diesem Projekt erzielten Ergebnisse wurden in den meisten bestehenden Anlagen die Bambusstäbe entfernt. Die Kombination aus Entfernen der Bambusstäbe und Behandlung mit EPN hat sich zur „Sanierung“ von befallenen Anlagen in der Praxis gut bewährt. Im Ökologischen Obstbau ist es inzwischen eine gängige Beratungsempfehlung, bei Neuanlagen in Befallslagen des Apfelwicklers auf Bambusstäbe und Weichholzpfähle als Unterstützungsmaterial zu verzichten. Für eine Gesamtstrategie zum Resistenzmanagement ist diese Maßnahme von nicht zu unterschätzender Bedeutung, da sie den Aufbau von höheren Populationen und damit eines starken Befallsdruck wesentlich behindern kann. Bambusstäbe eignen sich auch hervorragend als **künstliche Verstecke**, um Larven abzufangen und aus der Anlage zu entfernen. Sie sind im Vergleich zu den Wellpapperringen relativ einfach und bequem einzubringen. Eine entsprechende Empfehlung wurde gegeben, sie wurde aber bis jetzt nur von einem Betrieb umgesetzt – durchaus erfolgreich (Heinisch, 2010).

Für die **Applikationstechnik zur Ausbringung der EPN** bedeuten diese Ergebnisse, dass bei Anlagen mit entsprechendem Unterstützungsmaterial immer die ganze Baumhöhe mit EPN behandelt werden muss. Außerdem ist vor allem bei Bambusstäben von einer



Abbildung 41: Beliebte Überwinterungsorte für den Apfelwickler: Tonkinstäbe und rissige Weichholzpfähle sowie die Zone unter dem Veredelungsknoten und Luftwurzeln

schlechteren Wirkung der EPN auszugehen, da die Larven im Inneren der Stäbe sehr gut vor dem Eindringen von Feuchtigkeit und eben auch Spritzbrühe geschützt sind.

Sind keine Luftwurzeln vorhanden, die Bäume glatt und das Unterstützungsmaterial als Versteck ungeeignet, kann die Ausbringung auf die untere Stammzone (unterhalb des Veredelungsknotens, Abbildung 41) beschränkt werden. Dadurch ist eine Reduktion der Ausbringungsmenge auf 1 m Baumhöhe möglich. Für die Applikation kann in diesem Fall sowohl das praxisübliche Spritzgerät mit dem TWIN CUP an der untersten Düse verwendet werden als auch ein Herbizidbalken. Letzter kann zwar die Stammzone erreichen ohne durch Blätter behindert zu werden, eine optimale Benetzung der Zone unterhalb des Veredelungsknotens von allen Seiten ist aber nur mit gegenläufigem Befahren möglich, was wiederum einen höheren Arbeits- und Energieaufwand bedeutet. Gegebenenfalls müsste die Technik hier noch umgerüstet werden. Dies wurde nicht näher bearbeitet, da die meisten Anlagen aufgrund der Struktur eine Ganzbaumbehandlung benötigen.

Die Frage der **geeigneten Nematodenarten** wurde anfangs sowohl in den Halbfreilandversuchen als auch im Freiland sehr intensiv bearbeitet. Geeignet erschienen anfangs sowohl *S. carpocapsae* als auch *S. feltiae*. *S. carpocapsae* wurde vor allem von den grösseren Herstellerfirmen favorisiert, da diese Art günstiger in grossen Mengen zu produzieren ist. Aufgrund der starken Schwankungen der Wirkungsgrade in den Halbfreilandversuchen erwies es sich aber als sehr schwierig, aussagefähige und wiederholbare Ergebnisse zu erhalten. In der Praxis der Feldversuche zeigte sich dann, dass nicht so sehr die erzielbaren Wirkungsgrade sondern die unterschiedlichen Temperaturbedürfnisse der beiden Arten für die Eignung unter unseren Klimaverhältnissen eine entscheidende Rolle spielen. Während *S. carpocapsae* bei Temperaturen unter 12 °C nicht aktiv ist, toleriert *S. feltiae* Temperaturen bis 8 °C (Grewal et al., 1994). In den letzten Jahren waren vor allem im Süden und Osten Deutschlands nur an sehr wenigen Terminen die entsprechenden klimatischen Voraussetzungen für eine Wirkung der Nematoden gegeben.

Betrachtet man die Witterungsbedingungen der letzten Jahre von Mitte September bis Weihnachten im Bodenseeraum (Abbildung 42) in den Jahren 2005 bis 2007, so zeigt sich, dass nur sehr wenige Termine die Minimalforderungen von mindestens 9 Stunden Nässe oder sehr hoher Luftfeuchtigkeit bei entsprechenden Temperaturen erfüllen. Um die Unsicherheit des Wetterberichts möglichst auszugleichen, wurde zusätzlich empfohlen, möglichst abends zu behandeln, um die Nachtfeuchte auch dann zu nutzen, wenn wider Erwarten der Nieselregen aufhört oder ausbleibt. Unter diesen Voraussetzungen war *S. feltiae* mit den niedrigeren Temperaturbedürfnissen ganz klar die am besten geeignete Art.

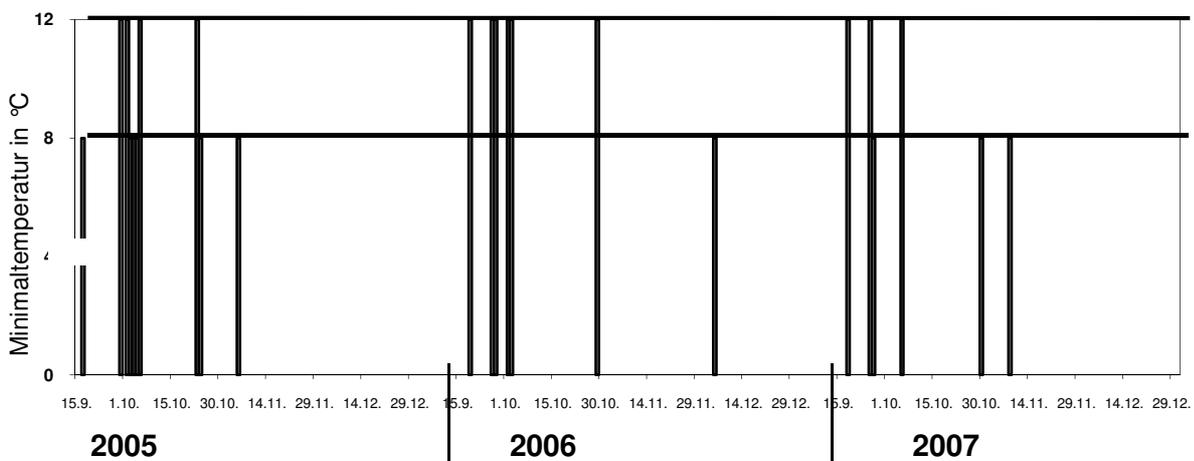


Abbildung 42: Tage mit optimalen Behandlungsterminen: (mindestens 9 Std. Nässe oder zumindest sehr hohe Luftfeuchtigkeit und $T > 12$ für *Steinernema carpocapsae* bzw. 8 °C für *Steinernema feltiae*) in den Jahren 2005- 2007 in Frickingen am Bodensee

In südlichen Ländern wird aus Kostengründen von seiten vieler Firmen *S. carpocapsae* empfohlen (Curto et al., 2008). Für den deutschen Raum wäre dies nur dann sinnvoll, wenn bei frühen Sorten wie z.B. Elstar schon sehr zügig nach der Ernte die Applikation erfolgen kann oder wenn Beregung möglich ist, so dass man hohe Temperaturen auch ohne gleichzeitigen Niederschlag nutzen kann.

Im ökologischen Obstbau, wo keine Herbizide zum Einsatz kommen, muss im allgemeinen vor der Applikation von EPN eine Bodenbearbeitung erfolgen, um das Beikraut um die Stammbasis so weit zu entfernen, dass dieser wichtige Teil des Baumes bei einer Applikation überhaupt gut benetzt werden kann. Dies führt zusätzlich zu einer Verzögerung der Anwendung in den Herbst hinein. Aus diesen Gründen konzentrierte sich die Versuchsanstellung ab dem Jahr 2008 auf *S. feltiae*.

Eine Frühjahrsanwendung wurde nicht getestet. Erfahrungen von Curto et al. (2008) hatten gezeigt, dass hier eine schlechtere Wirkung zu erwarten ist. Da die Diapauselarven im März bereits angefangen haben, ihre Puppenwiege zu spinnen und ihr Gespinst damit nochmals verdichten, erscheint dies logisch. Außerdem waren in den Versuchsjahren im Frühjahr kaum jemals die klimatischen Voraussetzungen für eine Anwendung gegeben – das Wetter wechselte von sehr kühl zu warm und trocken ohne eine wärmere Feuchteperiode.

Methodisch schwierig gestaltete sich auch die Klärung der Witterungsbedingungen, die notwendig sind, um eine ausreichende **Wirkung** der EPN zu gewährleisten. Sowohl in Halbfreiland- wie in Feldversuchen konnte nachgewiesen werden, dass bei ungünstigen Bedingungen (nicht ausreichende Feuchtigkeit) ein vollständiger Verlust der Wirkung eintritt. Dies konnte auch nicht durch höhere Aufwandmengen kompensiert werden.

Die Versuche mit EPN im Freiland waren generell sehr schwierig, da die Zielorganismen sich in ihren Winterverstecken befinden und eine direkte Auswertung der von EPN befallenen Larven daher nicht möglich ist. In Versuchen in Italien wurden Larven ausgewertet, die in den Versuchsanlagen mittels Wellpapperingen kurz vor der Applikation an den Baumstämmen angebracht worden waren (Curto et al., 2008). Dieses System unterscheidet sich aber sehr stark von den natürlichen Bedingungen, so dass es in unseren Versuchen nach einigen Vorversuchen nicht zur Anwendung kam. Bei der Auswertung des natürlichen Befalls im Freiland ist die Bonitur des Fruchtbefalls in der ersten Generation im Folgejahr die einfachste Lösung. Allerdings müssen dann sehr grosse Versuchspartzen gewählt werden, um ein Überwandern der Apfelwickler auszuschließen. Dies verhindert oftmals das Anlegen von Wiederholungen innerhalb einer Versuchsanlage. Oft gibt es in grösseren Anlagen auch ein natürliches Befallsgefälle, was die Auswertung der Grosspartzenversuche schwierig machen kann. Durch die Anwendung von EPN werden im allgemeinen Wirkungsgrade um 50 % erzielt. Hier können Befallsschwankungen das Ergebnis stark verzerren. Daher wurde der Vorjahresbefall vor der Ernte immer ausgewertet, um solche Probleme erkennen und ggf. berücksichtigen zu können.

Aus der Zusammenfassung der Freilandversuche ergibt sich sowohl der potentielle Wirkungsgrad als auch die **Wirkungssicherheit in Abhängigkeit von den Klimabedingungen** (Abbildung 34). Es kann sicher ausgesagt werden, dass bei mindestens 12 Stunden Dauer Luftfeuchtigkeit von 100 % oder Nieselregen bei Temperaturen über 8 °C in der Regel eine Wirkung von *S. feltiae* von ca. 50 % auf den Fruchtbefall in der ersten Generation erwartet werden kann. Die Ergebnisse zeigen aber auch, dass „Ausreißer“ in der Wirkung, die sich nicht durch ungünstige Witterung erklären lassen, gelegentlich möglich sind. Für die Wirkungssicherheit von EPN muss daher auch kommuniziert werden, dass diese bei einem Nützlingseinsatz unter Freilandbedingungen immer geringer sein wird als beim Einsatz eines chemisch-synthetischen Insektizides.

In den Kleinpartzenversuchen im Jahr 2006, in denen nur Teile eines Baumes behandelt und ausgewertet wurden, konnten mit EPN höhere Wirkungsgrade erzielt werden. Diese Ergebnisse sowie auch die geringeren Wirkungsgrade bei Bambusstäben und Weichholzpfehlen, wo die Apfelwicklerlarven sich in schwer zugänglichen Verstecken befinden, legen den Schluß nahe, dass ausreichende Benetzung der Verstecke mit der Spritzbrühe den wesentlichen limitierenden Faktor für die Wirkung der EPN darstellt. Höhere Wirkungsgrade liessen sich also wohl nur erzielen, indem statt mit dem praxisüblichen Spritzgerät mit einer

Spritzpistole behandelt wird und jeder Baum und jeder Pfahl wirklich intensiv von allen Seiten mit einem starken Strahl benetzt wird. Dies ist in grösseren Anlagen arbeitstechnisch unrealistisch und kann nur in Fällen kleinerer stark befallener Flächen eine Option sein.

Durch die Ergebnisse der Kleinparzellenversuche mit anschliessender Rodung konnte die in den Grossparzellenversuchen beobachtete Wirkung der EPN bestätigt und abgesichert werden. Die dafür ausgearbeitete sehr aufwändige Methode sollte in der Versuchssaison 2009/2010 genutzt werden, um noch offene Fragen **zu Aufwandmenge und Formulierung** in randomisierten Versuchen mit mehreren Wiederholungen abzuklären.

Die Abhängigkeit des Verfahrens von geeigneten Witterungsbedingungen stellt ein gewisses Handicap für die Anwendung dar. Besonders problematisch war es, wenn nach der Applikation die vom Wetterbericht vorhergesagten Bedingungen nicht eintrafen sondern die Bäume abtrockneten. Schwierig war auch, wenn EPN eingekauft wurden und sich dann die für einen Ausbringungstermin notwendigen Witterungsbedingungen nicht einstellten. Die Ergebnisse aus den Halbfreilandversuchen zeigten ein gewisses Potential von Formulierungen auf der Basis von Xanthan, einem Mucopolysaccharid, das von Schroer et al. (2005) bereits bei EPN-Ausbringungen verwendet worden war, oder einer Kombination von Xanthan mit Natrosol (Hydroxymethylcellulose) zur Verzögerung des Abtrocknens der behandelten Stämme. In den Halbfreilandversuchen waren auch Effekte der Formulierungen auf die Wirkung der EPN zu beobachten. Die für Freilandversuche zur Verfügung stehende Versuchssaison 2009/2010 wurde mit zwei sehr arbeitsintensiven Versuchen in anschliessend gerodeten Anlagen mit hohem Befall, die als randomisierte Blockanlage aufgebaut waren, optimal genutzt.



Abbildung 43: Von Nematoden befallene Apfelwicklerlarve

Gesicherte Aussagen über das Potential dieser Formulierungen im Freiland können trotz dieser intensiven Versuchstätigkeit in der Saison 2009/2010 aufgrund der nicht vollständig interpretierbaren Ergebnisse leider nicht getroffen werden. Tendenziell könnte ein gewisser Effekt durchaus gegeben sein, es scheint aber fraglich, ob er ausreicht, um den Aufwand für die Formulierungen (Kosten ca. 20 € pro ha, Arbeitsaufwand für das Anmischen) zu rechtfertigen. Daher wurde für die Praxis keine diesbezügliche Empfehlung ausgesprochen. Statt dessen wurde empfohlen, die Spritzung auf den Abend zu terminieren. In der Nacht besteht im Oktober/November eine weitaus geringere Wahrscheinlichkeit, dass es zu einem unvorhergesehenen Abtrocknen der Bäume innerhalb der notwendigen Einwirkungszeit der EPN kommt. Sowohl 2009 als auch 2010 waren die Witterungsbedingungen so, dass die Nachttemperaturen eine solche Empfehlung erlaubten. Dies hat im Jahr 2010 auch ohne eine Empfehlung von Zusatzformulierungen zu einer relativ hohen Akzeptanz der EPN-Anwendung in der Praxis bei Betrieben mit höheren Apfelwicklerpopulationen geführt. Sehr wichtig für den Erfolg

ist jedoch auf jeden Fall die Zugabe von Trifolio-S forte als Formulierungshilfe, die fester Bestandteil der Empfehlungen ist. Um hier die Kosten und den Mittelaufwand zu reduzieren, könnte ggf. die Aufwandmenge von 0,5 % auf 0,25 % reduziert werden ohne wesentliche Unterschiede in den Effekten auf die Oberflächenspannung der Spritzbrühe zu bewirken.

Die Frage der **notwendigen Aufwandmengen** konnte aufgrund der so nicht erwartbaren schwankenden Ergebnisse der Kleinparzellenversuche mit anschliessender Rodung auf mehreren Standorten ebenfalls nicht definitiv beantwortet werden. Sicher scheint, dass ungünstige Witterungsbedingungen nicht mit höherer Aufwandmenge kompensiert werden können. Tendenziell lag die halbe Aufwandmenge aber in einem Freilandversuch aus der Jahr 2007/8 und auch in den jetzt durchgeführten Versuchen eher schlechter als die volle Aufwandmenge. Die Ergebnisse aus den Halbfreilandversuchen, bei denen bei *S. feltiae* die halbe Aufwandmenge meist besser lag als die volle Aufwandmenge, haben sich daher im

Freiland eher nicht bestätigt. Da im Freiland die Benetzung auch weniger vollständig sein dürfte als bei den Halbfreilandversuchen, wird jetzt in der abschließenden Anwendungsempfehlung die volle Aufwandmenge empfohlen. Die Kosten für eine Anwendung liegen mit ca. 160 € dann allerdings relativ hoch. Für Betriebe, die hohe Apfelwicklerpopulationen auf ein normales Niveau reduzieren müssen, ist dies aber oft trotzdem akzeptabel, da die Befallsreduktion sich ja über die gesamte erste Generation hinzieht. Im Jahr 2010 hat sich gezeigt, dass es in der Praxis bereits eine recht hohe Akzeptanz für EPN als Baustein der Strategie zur Reduktion hoher Populationen gibt. Diese ist im Ökologischen Obstbau höher als im Integrierten Anbau, wo 2009 ein sehr wirksames Präparat gegen den Apfelwickler (Coragen) neu zugelassen wurde. Es gibt aber auch einige Integriert wirtschaftende Betriebe, die diese Möglichkeit nutzen, um bei einer notwendigen Reduktion eines hohen Befalls im Sommer Insektizide einzusparen.

Wird das Verfahren allerdings als Standardbehandlung in Kombination mit der Verwirrungsmethode als weiterer Baustein zum Niedrighalten der Apfelwicklerpopulation empfohlen, werden die Kosten von vielen Betriebe als etwas zu hoch eingeschätzt. Mittelfristig wird sich allerdings aus der Empfehlung zum Verzicht auf Unterstützungsmaterialien, die gute Winterverstecke bieten, bei der Anlage von Neuanlagen ein neues Potential ergeben: Sind Anlagen so aufgebaut und bestehen sie aus relativ jungen, „glatten“ Bäumen ohne Luftwurzeln oder Krebswunden, so werden die meisten Larven wohl in der Zone unterhalb des Veredelungsknotens zu finden sein. Ein solcher Anlagenaufbau bietet dann die Möglichkeit, die Behandlung auf den unteren Stammbereich zu konzentrieren und so die notwendige Aufwandmenge an EPN um mehr als die Hälfte zu reduzieren. In diesem Fall ist das Verfahren auch als zusätzlicher Baustein zu CpGV zum Niedrighalten geringer Apfelwicklerpopulationen in Kombination mit der Verwirrungsmethode attraktiv. Im Moment wird es dafür nur von wenigen Betrieben genutzt.

5.2.2 *Beauveria bassiana*

Bei Sammlungen von Diapauselarven des Apfelwicklers im Freiland ist der Pilz *Beauveria bassiana* nach eigenen Erfahrungen sowie nach Berichten anderer Fachleute das am häufigsten angetroffene Entomopathogen. Deshalb waren die Erwartungen an dieses Verfahren ursprünglich relativ hoch. Während EPN die Larven in ihren Winterverstecken angreifen können, muss die Kontamination mit *Beauveria bassiana* allerdings bei der Wanderung der Larve von der Frucht ins Winterversteck durch direkten Kontakt erfolgen. Dadurch sind häufige Behandlungen während der gesamten Abwanderungszeit notwendig. Dies ist zweifellos eines der Handicaps des Verfahrens. Die Abwanderung erfolgt auch zur Zeit der Fruchtreife, so dass ggf. auch Rückstände zu berücksichtigen sind.

Im getesteten Präparat Naturalis war offensichtlich die enthaltene Aufwandmenge wesentlich zu niedrig, um eine Wirkung zu gewährleisten. Ausserdem ist die Formulierung dieses Präparates darauf ausgerichtet, dass die Sporen direkt bei der Spritzung am Insekt haften bleiben. Bei der Anwendung gegen die Apfelwicklerlarven sollten die Sporen dagegen als Film auf einer rauhen Oberfläche (Stamm) sowie den Blättern und Früchten möglichst lange vital bleiben. Die Formulierung muss ausserdem ermöglichen, dass die Sporen an Larven haften bleiben, die sich über diesen Film bewegen.

Andere, spezielle auf den Apfelwickler selektierte Isolate von *B. bassiana* könnten vielleicht die Wirkung etwas verbessern, im Vergleich zu EPN waren auch andere Isolate bereits im Labor nicht konkurrenzfähig. Dies galt auch für die ebenfalls im Labor getesteten beiden Entomopathogenen Pilze *Metarhizium anisopliae*, *Isaria fumosorosea* und *Lecanicillium muscarium*. Es ist nicht auszuschliessen, dass mittels geeigneter Selektion und optimaler Formulierung nicht doch noch ein Präparat mit einer gewissen Wirkung gegen Diapauselarven des Apfelwicklers auf der Basis von *B. bassiana* oder anderen Entomopathogenen Pilzen entwickelt werden kann. Dies hätte aber den Rahmen dieses Projektes bei weitem überstiegen. Die Arbeiten zu *B. bassiana* wurden daher bereits relativ früh nur auf Versuche im Labor reduziert während der Schwerpunkt der Untersuchungen zu Verfahren gegen bereits ausgewachsene Larven auf die EPN gelegt wurde.

6 ÖFFENTLICHKEITSARBEIT

Bei den Vorträgen und Veröffentlichungen wurden verschiedene Zielgruppen angesprochen:

- Fachberatung im Ökologischen und Integrierten Obstbau
- Betriebsleiter im Ökologischen und Integrierten Obstbau
- Wissenschaftler und Versuchsansteller aus dem In- und Ausland
- Produktionsfirmen aus dem In- und Ausland

Vorträge

25.10.06: Tagung der Pflanzenschutzberater in Grünberg

Kienzle, Jutta: Erste Ergebnisse aus Freilandversuchen mit Madex plus an CpGV resistenten Apfelwicklerpopulationen

24.10.07: ABIM (Annual Biocontrol Industry Meeting), Luzern

Kienzle, Jutta: First results of field experiments with Madex plus on CpGV resistant populations of *Cydia pomonella*

1.2.07: Arbeitstreffen der betroffenen Betriebe, der aktiven Versuchsansteller und der Firmen zum Thema Strategien zur Regulierung des Apfelwicklers in Betrieben mit CpGV-resistenten Apfelwicklerstämmen in Hohenheim

Kienzle, Jutta: Erste Ergebnisse aus Freilandversuchen mit Madex plus an CpGV resistenten Apfelwicklerpopulationen

2.2.07 Ökologische Obstbautagung, Weinsberg

Kienzle, Jutta: Zur Apfelwicklerstrategie 2007

22.3.07 Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, Hohenheim: Kienzle, J.: Erste Freilanduntersuchungen zur Wirkung von Madex plus gegen CpGV-resistente Apfelwicklerpopulationen in Öko-Betrieben

24.10.2007: Tagung der Pflanzenschutzberater in Grünberg

Kienzle, Jutta: Erste Ergebnisse mit Entomopathogenen Nematoden zur Kontrolle der Diapauselarven des Apfelwicklers

02.02.2008: Ökologische Obstbautagung

Kienzle, Jutta: Strategien zur Regulierung des Apfelwicklers

20.2.2008: Ecofruit 2008

Kienzle, Jutta: Experiences with Entomopathogenic nematodes for the control of overwintering codling moth larvae in Germany

25.9.2008: Deutsche Pflanzenschutztagung

Kienzle, Jutta: Ergebnisse und Erfahrungen zum Einsatz von Entomopathogenen Nematoden zur Bekämpfung der Diapauselarven des Apfelwicklers *Cydia pomonella* L.

22.10.2008: Tagung der Pflanzenschutzberater in Grünberg

Einsatz von Entomopathogene Nematoden gegen die überwinternden Larven des Apfelwicklers

5.2.2009: Ökologische Obstbautagung Weinsberg

Kienzle, Jutta: Zur Apfelwicklerregulierung

Kiefer, J.; Volk, F. (2009): Entomopathogenic Nematodes against the overwintering Larvae of Codling Moth (*Cydia pomonella* L.)

Poster an der ABIM (Annual Biocontrol Industry Meeting) in Luzern 2009

29.1.2010: Ökologische Obstbautagung Ahweiler

Kienzle, Jutta: Langfristig tragfähige Strategie zur Regulierung des Apfelwicklers im Ökologischen Obstbau

22.-24.2.2010: Ecofruit 2010 (Poster und Kurzvortrag)

Kienzle, Jutta: Three years experience with Entomopathogenic Nematodes for the control of overwintering Codling Moth larvae in different regions of Germany

29.1.2011: Ökologische Obstbautagung Weinsberg

Kienzle, Jutta: Langfristig tragfähige Strategie zur Regulierung des Apfelwicklers im Ökologischen Obstbau

Zusätzlich wurden Projektergebnisse von verschiedenen Projektpartnern, die gleichzeitig in der Beratung tätig sind, bei lokalen Treffen von Praktikern vorgestellt (z.B. Wintertreffen), was hier nicht detailliert aufgelistet wurde.

Veröffentlichungen

Kienzle, J.; Zebitz, C.P.W.; Zimmer, J. und Volk, F. (2007): Erste Freilanduntersuchungen zur Wirkung von Madex plus gegen CpGV-resistente Apfelwicklerpopulationen in Öko-Betrieben. Beitrag präsentiert bei der Konferenz: Zwischen Tradition und Globalisierung - 9. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, Universität Hohenheim, Stuttgart, Deutschland, 20.-23.03.2007.

Kienzle, J.; Zebitz, C.P.W.; Zimmer, J. und Volk, F. (2007) Erste Ergebnisse zur Wirkung von Madex plus auf CpGV-resistente Apfelwicklerpopulationen im Freiland. Öko-Obstbau 1/2007: 9-11.

Kienzle, J.; Zimmer, J.; Volk, F.; Zebitz, C.P.W. (2008): Experiences with Entomopathogenic Nematodes for the control of overwintering Codling Moth larvae in Germany, Proceedings Ecofruit 2008, Hrsg. Föko e.V., Weinsberg, 2008: 277-283.

Kienzle, J.; Zimmer, J.; Volk, F.; Zebitz, C.P.W. (2008): Field tests with Madex Plus against CpGV-resistant codling moth populations in organic orchards in 2006. In: Proceedings der Ecofruit 2008, Hrsg. Föko e.V., Weinsberg, 2008: 261-264

Kienzle, J.; Zimmer, J.; Trautmann, M.; Volk, F.; Jung, K.; Zebitz, C.P.W. (2008): Ergebnisse und Erfahrungen zum Einsatz von Entomopathogenen Nematoden zur Bekämpfung der Diapauselarven des Apfelwicklers *Cydia pomonella* L. in einigen Regionen von Deutschland Mitteilungen des JKI 417/2008: Tagungsband der 56. Deutschen Pflanzenschutztagung: 131.

Kienzle, J.; Zimmer, J.; Trautmann, M.; Jung, K.; Volk, F.; Zebitz, C. P. W. (2008): Ergebnisse und Erfahrungen zum Einsatz von Entomopathogenen Nematoden zur Bekämpfung der Diapauselarven des Apfelwicklers *Cydia pomonella* L.

Kienzle, J.; Zimmer, J.; Trautmann, M.; Heinisch, D.; Volk, F.; Kiefer, J.; Zebitz, C. P. W. (2009): Einsatz von Entomopathogenen Nematoden in der Strategie zur Regulierung des Apfelwicklers: Aktueller Stand und Empfehlungen. Öko-Obstbau Mitteilungen des Beraternetzwerks der Föko 3/2009: 26-31

Kienzle, J.; Zimmer, J.; Trautmann, M.; Heinisch, D.; Volk, F.; Kiefer, J.; Zebitz, C. P. W. Three years experience with Entomopathogenic Nematodes for the control of overwintering codling moth larvae in different regions of Germany. In: Proceedings der Ecofruit 2010, Hrsg. Föko e.V., Weinsberg, 2010: 163-168.

7 FAZIT

Die Vorgehensweise, mehrere Verfahren jeweils als ein Baustein für eine Gesamtstrategie auszuarbeiten, hat sich grundsätzlich gut bewährt. Im Projektverlauf kamen bei den Verfahren zur Bekämpfung der schlüpfenden Larven aufgrund neuer Ergebnisse von Firmen (Laborversuche Andermatt zu neuen CpGV-Isolaten) und anderen Versuchsanstellern (NeemAzal-T/S) noch zwei Bausteine dazu. Im Fall der neuen CpGV-Isolate erfolgte nach den ersten Ergebnissen eine intensive international vernetzte Entwicklungsarbeit der betroffenen Firmen, so dass es nicht mehr notwendig war, diese Fragestellung im Rahmen dieses Projekts weiterzuverfolgen.

Bei NeemAzal-T/S liegen Ergebnisse vor, die es erlauben, das Thema in anderem Rahmen weiter zu verfolgen.

Der Schwerpunkt des Projekts lag auf den Verfahren zur Bekämpfung der bereits ausgewachsenen Larven. Für diese Verfahren ist die Versuchsanstellung methodisch extrem schwierig, weil eine direkte Bonitur des Bekämpfungserfolgs aufgrund der versteckten Lebensweise der Larven nicht möglich ist. Da die Wirkungsgrade der Verfahren sich eher im mittleren als im hohen Bereich bewegten, mussten viele Versuche an verschiedenen Standorten mit teils unterschiedlicher Methodik über mehrere Jahre ausgewertet werden, um überhaupt belastbare Aussagen zu ermöglichen. Dabei war es schwierig und aufwändig, Detailfragen abzuklären.

Zum Einsatz und zur Wirkung von Entomopathogenen Nematoden können zu Projektende belastbare Empfehlungen an die Beratung gegeben werden, die in die Praxis auch Eingang finden. Trotz sehr arbeitsintensiver Versuche in der Saison 2009/2010 konnten einige Fragen zu Formulierung und Aufwandmenge aufgrund grosser Schwankungen der Ergebnisse nur ansatzweise geklärt werden. Die Versuche dazu brachten noch Zusatzergebnisse zu den Überwinterungsorten der Larven, die in Empfehlungen zur Anlage von Neuanlagen und zur Nutzung künstlicher Verstecke zum Wegfangen der Larven mit einfließen.

Das Präparat Naturalis auf der Basis von *Beauveria bassiana* wurde nach den Ergebnissen von 2006 und 2007 nicht mehr in Freilandversuche integriert. Statt dessen wurden alle Kräfte gebündelt, um das Verfahren mit den EPN zur Praxisreife zu bringen und abgesicherte Empfehlungen auf der Basis mehrjähriger Versuchsergebnisse an vielen Standorten geben zu können.

Bewährt hat sich auch, dass mehrere der Versuchsansteller gleichzeitig in der Beratung tätig waren und auch Beratungsinstitutionen (Beratungsdienst Ökologischer Obstbau e.V.) eingebunden waren. Zu jeder Saison wurde auf der Basis des aktuellen Kenntnisstandes eine vorläufige Empfehlung für die Beratung erstellt, die vor allem der Ökologische Obstbau bundesweit für Betriebe mit hohem Apfelwicklerbefall über den Warndienst herausgab. So wurde der Einsatz von EPN schrittweise in die Praxis eingeführt und die dabei auftretenden Fragen konnten gleich wieder im Projekt bearbeitet werden.

8 LITERATURANGABEN

- Audemard, H. & Ferron, P. (1980): Codling moth control with *Beauveria bassiana* in orchards. IOBC/WPRS Bulletin **3**, 55-56.
- Benduhn, Bastian; Heyne, Peter; Fieger-Metag, Nicole und Maxin, Peter (2007) Versuche zur Regulierung des Apfelwicklers *Cydia pomonella* in Norddeutschland Beitrag präsentiert bei der Konferenz: Zwischen Tradition und Globalisierung - 9. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, Universität Hohenheim, Stuttgart, Deutschland, 20.-23.03.2007.
- Curto, G, Reggiani, A., Vergnani, A., Caruso, S. Ladurner, E. (2008): Effectiveness of Entomopathogenic nematodes in the control of *Cydia pomonella* larvae in Northern Italy. In: Proceedings of the 13th International Conference on Cultivation Technique and Phytopathological Problems in Organic Fruit-Growing Ecofruit, 2008: 271-276.

- Elias, E.: Apfelwickler Regulierung durch sogenannte 'Entomopathogene' Nematoden. Oeko Obstbau 2006/1.
- Flammersfeld, J.; Kleespies, R.G.; Zimmermann, G.; Jung, K. (2009): Entomopathogenic fungi and the codling moth, *Cydia pomonella*: Comparison of different fungal isolates and the effect of CpGV resistance on the infectivity of fungi. In: IOBC/wprs Bulletin, Vol. 45, 2009 Working Group "Insect Pathogens and Insect Parasitic Nematodes" and COST Action 862 "Bacterial Toxins for Insect Control". 12th Meeting "Future Research and Development in the Use of Microbial Agents and Nematodes for Biological Insect Control". Proceedings of the meeting at Pamplona (Spain), 22-25 June, 2009. Edited by: Ralf-Udo Ehlers, Neil Crickmore, Jürg Enkerli, Itamar Glazer, Miguel Lopez-Ferber & Cezary Tkaczuk. ISBN 978-92-9067-219-7p. 270.
- Fritsch, E.; Undorf-Spahn, K.; Kienzle, J.; Zebitz, C.P.W.; Huber, J. (2004): Apfelwickler-Granulovirus: Erste Hinweise auf Unterschiede in der Empfindlichkeit lokaler Apfelwickler-Populationen. Nachrichtenblatt Deut. Pflanzenschutzdienst, 57 (2),: 29-34.
- Grewal, P.S., Selvan, S. & Gaugler, R. 1994. Thermal adaptation of Entomopathogenic nematodes: niche breadth for infection, establishment, and reproduction. Journal of Thermal Biology 19, 245-253.
- Heinisch, D. (2010): Winterverstecke für Apfelwickler als BAustein der Bekämpfungsstrategie „Apfelwickler-Hotel“. In: Öko-Obstbau Mitteilungen des Beraternetzwerkes der Föko e.V., 2/10>: 16-18.
- Kienzle, J.; Triloff, P.; Zebitz, C.P.W. (2006): Codling moth populations less susceptible to CpGV: What about higher concentrations? In: Proceedings of the 12th international conference of cultivation technique and phytopathological problems in organic fruit growing, Ed. Foeko, Weinsberg, 2006: 8-14.
- Lacey L.A., Unruh T.R. (1998): Entomopathogenic nematodes for control of codling moth: effects of nematode species, dosage, temperature and humidity under laboratory and simulated field conditions. *Biological Control* **13**: 190-197.
- Lacey L.A., Unruh T.R. (2005): Biological control of codling moth (*Cydia pomonella*, Tortricidae: Lepidoptera) and its role in integrated pest management, with emphasis on Entomopathogens. *Vedalia* **12**: 33-60.
- Lacey L.A., Arthurs S.P., Unruh T.R., Headrick H., Fritts R. Jr. (2006): Entomopathogenic nematodes for control of codling moth (Lepidoptera: Tortricidae) in apple and pear orchards: effect of nematode species and seasonal temperatures, adjuvants, application equipment and post-application irrigation. *Biological Control* **37**: 214-223.
- Schmutterer, H. (Ed.) (1995): The Neem Tree and Other Meliaceae Plants. Sources of Unique Natural Products for Integrated Pest Management, Medicine. Industry and Other Purposes. VCH Publishers Weinheim, Germany, 696 pp. 2nd Edition (2002), Neem Foundation Mumbai, India, 693 pp.
- Schroer, S.; Ziermann, D.; Ehlers, R.-U. (2005): Mode of action of a surfactant-polymer formulation to support performance of the Entomopathogenic nematode *Steinernema carpocapsae* for control of diamondback moth larvae (*Plutella xylostella*). *Biocontrol Science and Technology* **15** (6): 601-613.
- Vogt, H., Just, J. & Grutzmacher, A. (2010): Impact of four insecticides on the European earwig, *Forficula auricularia* L., in an apple orchard In: Proc. International Conference on Integrated Fruit Production, Avignon, France, 2008 Bulletin IOBC wprs 54, *in press*.
- Wraight, S., et al. (2001). In: Butt, T.M., Jackson, C., Magan, N. (eds.) Fungi as Biocontrol Agents. CAB International 2001
- Wright, D.J., Peters, A., Schroer, S. & Fife, J.P. 2005. Application Technology. CAB International.

9 ANLAGEN/ANHANG

9.1 Verzeichnis der Abbildungen

Abbildung 1: Applikationstermine im Vergleichsversuch verschiedener Verfahren im Freiland und Einsatzperiode der verschiedenen Präparate	6
Abbildung 2: Unterteilung der Bäume bei der Rodung zur Untersuchung der Überwinterungsorte der Diapauselarven (links) und in Folie eingewickelte Grosskisten mit Eklektoren (rechts)	11
Abbildung 3: Bambusstäbe in der Versuchsparzelle (links) und Grosskisten mit Eklektoren im Versuch zur Bedeutung von Bambusstäben als Überwinterungsorte (rechts)	12
Abbildung 4: Natürlich gewachsene Stammstücke, am Grund mit Melkfett abgedichtet, mit aufgesetzten Apfelwickler-Raupen, die sich noch einbohren.....	13
Abbildung 5: Spritzung bei Nacht (links außen), Versuch unter „grenzwertigen“ Freilandbedingungen (links innen), Versuch unter „Optimalbedingungen“ im Eimer mit Plastikdecke (rechts innen), Aufbewahrung nach Versuche mit Vliesdecke (rechts außen)	13
Abbildung 6: Testanordnung zur Kontrolle der Benetzung in der unteren Stammzone	15
Abb. 7: Stamm-Eklektoren zur Ermittlung der schlüpfenden Apfelwicklerfalter	15
Abbildung 8: Versuchsanordnung der Grosskisten mit Baumteilen zum Abfangen der Falter	15
Abbildung 9: Teil des Stammes der für die Versuchszwecke in Vlies eingepackt wurde und Lagerung der eingepackten Stämme.....	18
Abbildung 10: Gefundene Puppenhülsen in den eingepackten Baumstämmen.....	18
Abbildung 11: Grosskisten mit Eklektoren am Standort Niederrhein	19
Abbildung 12: JKI-Standardmethode zur Zucht des Apfelwicklers, <i>Cydia pomonella</i> . Links: Ansetzen frisch geschlüpfter Larven in Einzeldöschen mit Sender-Medium. Rechts: Absammeln der L5-Raupen für einen Sprühversuch.	23
Abbildung 13: Fruchtbonitur am Standort Hirschlatt vom 18.7.06: Vergleich verschiedener Präparate	24
Abbildung 14: Fruchtbonitur am Standort Hirschlatt vom 6.8.06: Vergleich verschiedener Präparate ..	25
Abbildung 15: Anzahl der Diapauselarven in den Wellpapperingen der beiden Wiederholungen a und b der verschiedenen Varianten am Standort Hirschlatt am 21.9.06.....	25
Abbildung 16: Fruchtbefall bei einer Bonitur Anfang August in den beiden Exaktversuchen (Population BW-HI und BW-FN).....	26
Abbildung 17: Anzahl der Diapauselarven in den Wellpapperingen am 21.9.06 in den beiden Exaktversuchen (Population BW-HI und BW-FN).....	27
Abbildung 18: Aktiver (lebende Larven) und abgestoppter Befall an den verschiedenen Standorten der Ringversuche auf Betrieben mit CpGV-resistenten Populationen im Jahr 2006 zu verschiedenen Boniturzeitpunkten	27
Abbildung 19: Fruchtbefall am Standort Tübingen bei den beiden Auswertungen. Die Wirkungsgrade berechnet auf den aktiven Befall sind als rote Zahlen dargestellt. Unterschiedliche Buchstaben bedeuten signifikante Unterschiede (TUKEY-Test, $\alpha = 0.05$).	29
Abbildung 20: Ergebnisse der Auswertung der Wellpapperinge am Standort Tübingen am 13.8.2007. Unterschiedliche Buchstaben bedeuten signifikante Unterschiede (TUKEY-Test, $\alpha = 0.05$).	29
Abbildung 21: Fruchtbefall im Praxisversuch am Standort Lauffen bei den beiden Auswertungen am 8.6. und 12.7.07 in den beiden Varianten	30
Abbildung 22: Anzahl der Apfelwickler pro Baum in den Wellpapperingen im Praxisversuch am Standort Lauffen am 3.8.07 in den beiden Varianten.....	30
Abbildung 23: Auswertung der Fruchtbonituren am 19.7.2010 am Standort Niederrhein in den Parzellen mit und ohne Standardbehandlung mit einem neuen CpGV-Isolat (nur teilweise behandelt) bei einmaliger und zweimaliger Behandlung mit NeemAzal-T/S (NA) 1,5 L/m Kronenhöhe zum Schlupfbeginn der ersten Generation.	31
Abbildung 24: Puppenhülsen in <i>Monilia</i> -befallenen Früchten	33
Abbildung 25: Fruchtschaden durch Apfelwickler in der ersten Generation bei Behandlung mit <i>S. feltiae</i> , 750 Mio/ha und m Kh mit und ohne Entfernung der Bambusstäbe in einem Grossparzellenversuch.....	34

Abbildung 26: Wirkungsgrade nach ABBOTT (in %) in den einzelnen Varianten von Versuch 1 (Vergleich verschiedener Aufwandmengen von SF und SC wenn kein Niederschlag stattfindet sondern nur die Nachtfeuchte genutzt wird, d.h. unter grenzwertigen Bedingungen). Die Mortalität in der Kontrolle betrug 25,3 %. Es konnten keine statistischen Unterschiede in der Überlebensrate festgestellt werden (Tukey-Test $\alpha = 0.05$).....	35
Abbildung 27: Wirkungsgrade nach ABBOTT (in %) in den einzelnen Varianten von Versuch 2 (Vergleich verschiedener Aufwandmengen von SF und SC mit und ohne Vornässen wenn kein Niederschlag stattfindet sondern nur die Nachtfeuchte genutzt wird, d.h. unter grenzwertigen Bedingungen). Die Mortalität in der Kontrolle betrug 12,1 % in der vorgehässsten Kontrolle und 27,6 %. In der „trockenen“ Kontrolle. Es konnten keine statistischen Unterschiede in der Überlebensrate festgestellt werden (Tukey-Test $\alpha = 0.05$).....	36
Abbildung 28: Wirkungsgrade nach ABBOTT (in %) in den einzelnen Varianten von Versuch 3 (Vergleich verschiedener Aufwandmengen von SF und SC unter Optimalbedingungen). Die Mortalität in der Kontrolle betrug 30,3 %. Unterschiedliche Buchstaben bedeuten signifikante Unterschiede (TUKEY-Test, $\alpha = 0.05$).....	36
Abbildung 29: Wirkungsgrade nach ABBOTT (in %) in den einzelnen Varianten von Versuch 4 (Vergleich verschiedener Formulierungshilfen unter Optimalbedingungen sowie der Kombination SC und SF). Die Mortalität in der Kontrolle betrug 27,8 %. Unterschiedliche Buchstaben bedeuten signifikante Unterschiede (TUKEY-Test, $\alpha = 0.05$).....	37
Abbildung 30: Ausflockungen bei Rimulgan-.....	37
Abbildung 31: Spritzung mit Herbizidbalken (oben rechts) und mit praxisüblichem Spritzgerät (oben links). Unten links: Einstellung des Twin Cups zur optimalen Benetzung der Stammbasis. Unten rechts: TWIN SPRAY CUP mit zwei Düsen	38
Abbildung 32: Anzahl der geschlüpften Apfelwicklerfalter und Wirkungsgrade nach ABBOTT (in %, schwarze Zahlen) in den einzelnen Varianten an den Standorten Tübingen und Mainau. Die Aufwandmenge der Nematoden ist in Milliarden pro ha und m Kronenhöhe angegeben. Unterschiedliche Buchstaben bedeuten signifikante Unterschiede (Varianzanalyse und TUKEY-Test, $\alpha = 0.05$).....	39
Abbildung 33: Schlupf der Apfelwicklerfalter im Freilandversuch in der Saison 2007/2008 aus den verschiedenen Baumzonen und den Weichholzpfählen (jeweils 16 pro Variante) in der Kontrolle und in der Behandlung mit EPN (<i>S. feltiae</i> , 750 Mio/ha und mKh).....	40
Abbildung 34: Wirkung und Wirkungssicherheit von <i>S. feltiae</i> auf den Apfelwickler in Grossparzellenversuchen in Abhängigkeit von den Feuchtigkeitsverhältnissen 12-24 h nach Applikation.....	41
Abbildung 35: Einfluss von Xanthan, einem Formulierungsmittel, das die Stämme länger feucht hält, auf die Wirkung von <i>S. feltiae</i> (SF) bei Behandlung auf feuchten und nassen Stamm (Applikation mit Handsprayer mit 375 Mio/ha SF berechnet auf 750 l/ha mKh, Zusatz von 0,5 % Trifolio-S forte bei allen Varianten.....	43
Abbildung 36: Anzahl von Larven und Puppen in den Wellpapperingen in den Wiederholungen 1 bis 3 in der mit Naturalis behandelten Parzelle (B) und in der Kontrolle (K).....	46
Abbildung 37: Wirkungsgrade (Mittelwerte aus zwei Versuchen \pm Standardabweichung) verschiedener Pilzisolat gegenüber BW-FI-04 Apfelwicklerraupen im Biotest (Tauchverfahren).....	48
Abbildung 38: Wirkungsgrade [%] verschiedener Sprühbehandlungen mit Nematoden (<i>Steinernema feltiae</i>) oder Pilzen (PreFeRal = <i>Isaria fumosorosea</i> ; Mycotal = <i>Lecanicillium muscarium</i>) und Xanthan als Verdunstungsschutz. Mittelwerte von 4 Stämmen je Variante und 20 Raupen je Stamm. (1. Versuch, 28.04.-03.06.2009).....	50
Abbildung 39: Wirkungsgrade [%] verschiedener Sprühbehandlungen mit Nematoden (<i>Steinernema feltiae</i>) oder Pilzen (PreFeRal = <i>Isaria fumosorosea</i> ; Mycotal = <i>Lecanicillium muscarium</i>) und Xanthan als Verdunstungsschutz. Mittelwerte von 4 Stämmen je Variante und 20 Raupen je Stamm. (2. Versuch, 10.06.-14.07.2009).....	50
Abbildung 40: Wirkungsgrade [%] verschiedener Sprühbehandlungen mit Nematoden (<i>Steinernema feltiae</i>) oder Pilzen (PreFeRal = <i>Isaria fumosorosea</i> ; Mycotal = <i>Lecanicillium muscarium</i>) und Xanthan als Verdunstungsschutz. Mittelwerte von 4 Stämmen je Variante und 20 Raupen je Stamm. * 0,5 % Trifolio-S forte war allen Varianten zugesetzt. (3. Versuch, 02.08.-15.09.2009).....	50
Abbildung 41: Beliebte Überwinterungsorte für den Apfelwickler: Tonkinstäbe und rissige Weichholzpfähle sowie und die Zone unter dem Veredelungsknoten und Luftwurzeln	53
Abbildung 42: Tage mit optimalen Behandlungsterminen: (mindestens 9 Std. Nässe oder zumindest sehr hohe Luftfeuchtigkeit und $T > 12$ für <i>Steinernema carpocapsae</i> bzw. 8 °C für <i>Steinernema feltiae</i>) in den Jahren Jahre 2005- 2007 in Frickingen am Bodensee	54
Abbildung 43: Von Nematoden befallene Apfelwicklerlarve	56