

Aus dem Institut für Phytomedizin
der Universität Hohenheim
Fachgebiet Angewandte Entomologie: Prof. Dr. C. P. W. Zebitz

Strategien zur Regulierung des Fruchtschalenwicklers *Adoxophyes orana* F.v.R. (Lepidoptera: Tortricidae) mit Kombinationen des Neem – Präparates NeemAzal-T/S und Entomopathogenen

Die vorliegende Arbeit wurde am 25.03.03 von der Fakultät III – Agrarwissenschaften I der Universität Hohenheim als „Dissertation zur Erlangung des Grades eines Doktors der Agrarwissenschaften“ angenommen.

Tag der mündlichen Prüfung: 4. Juli 2003

Prodekan: Prof. Dr. K. Stahr

Berichterstatter, 1. Prüfer: Prof. Dr. C.P.W. Zebitz

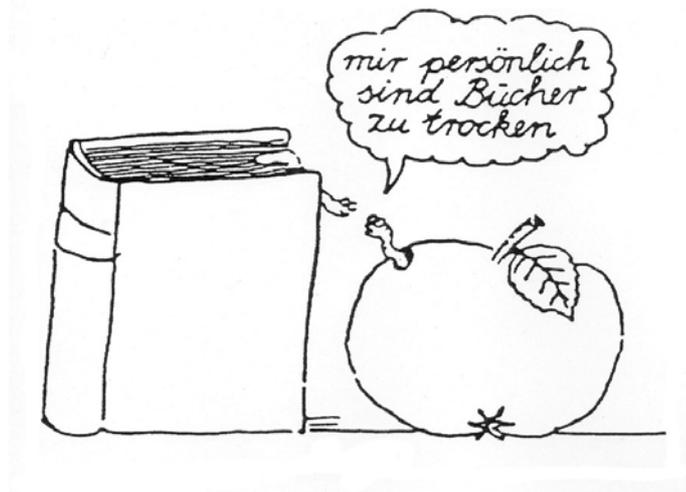
Mitberichterstatter, 2. Prüfer: Prof. Dr. F. Bangerth

3. Prüfer: Prof. Dr. V. Römheld

von Sophia Katharina Kumpmann

aus München

2002



Inhalt

1 Einleitung	6
2 Material und Methoden.....	13
2.1 Allgemeiner Teil.....	13
2.1.1 Pflanzenschutzmittel.....	13
2.1.2 Laborzucht	14
2.1.3 Durchführung der Versuche	14
2.1.4 Boniturmethode.....	16
2.1.5 Auswertung der Daten.....	17
2.2 Laborversuche zur Wirkung von <i>Bacillus thuringiensis</i>	18
2.2.1 Prüfung der Wirkung verschiedener Bt - Produkte auf <i>A. orana</i> (V 1)	18
2.2.2 Wirkungsverbesserung von Bt durch Zugabe von Kalk (V 2)	19
2.3 Labor- und Halbfreilandversuche zur Kombination von NeemAzal-T/S und <i>Bacillus thuringiensis</i>	20
2.4 Labor- und Halbfreilandversuche zur Kombination von NeemAzal-T/S und Capex	22
2.5 Freilandversuche zur Kombination von NeemAzal-T/S und <i>Bacillus thuringiensis</i>	24
2.5.1 Kleinparzellenversuch bei Wackersheim im Frühjahr 2000 (V 6).....	24
2.5.2 Kleinparzellenversuche in Hohenheim im Sommer 2000 (V 7 und V 8).....	25
2.5.3 Kleinparzellenversuche in Hohenheim im Frühjahr 2001 (V 9)	27
2.6 Freilandversuche zur Kombination von NeemAzal-T/S und Capex.....	29
2.6.1 Praxisversuch in Kippenhausen im Jahr 1999 (V 13)	29
2.6.2 Kleinparzellenversuch in Pillnitz im Jahr 2000 (V 14).....	29
2.6.3 Praxisversuch in Borthem im Jahr 2000 (V 15).....	30
2.6.4 Praxisversuch in Südtirol im Frühjahr 2000 (V 16).....	31
3 Ergebnisse	33
3.1 Laborversuche zur Wirkung von <i>Bacillus thuringiensis</i>	33
3.1.1 Prüfung der Wirkung verschiedener Bt - Produkte auf <i>A. orana</i> (V 1)	33
3.1.2 Wirkungsverbesserung von Bt durch Zugabe von Kalk (V 2)	33
3.2 Labor- und Halbfreilandversuche zur Kombination von NeemAzal-T/S und	

<i>Bacillus thuringiensis</i>	34
3.2.1 Kombination von Bt mit einer geringen Konzentration von NeemAzal-T/S (V 3).....	34
3.2.2 Kombination von NeemAzal-T/S mit einer geringen Konzentration von Bt (V 4).....	35
3.2.3 Kombination hoher NeemAzal-T/S - Konzentrationen mit verschiedenen Konzentrationen von Bt (V 5)	36
3.2.4 Zusammenfassung.....	38
3.3 Labor- und Halbfreilandversuche zur Kombination von NeemAzal-T/S und Capex	39
3.3.1 Kombination unterschiedlicher Konzentrationen von NeemAzal-T/S und Capex (V 10)...	39
3.3.2 Kombination von NeemAzal-T/S mit einer geringen Konzentration von Capex (V 4)	40
3.3.3 Zeitgleiche und zeitversetzte Kombination von NeemAzal-T/S und Capex (V 11)	41
3.3.4 Kombination einer mittleren Konzentration von NeemAzal-T/S mit einer geringen Konzentration von Capex (V 12).....	42
3.3.5 Zusammenfassung.....	43
3.4 Freilandversuche zur Kombination von NeemAzal-T/S und <i>Bacillus thuringiensis</i>	44
3.4.1 Kleinparzellenversuch bei Wackersheim im Frühjahr 2000 (V 6).....	44
3.4.2 Kleinparzellenversuche in Hohenheim im Sommer 2000 (V 7 und V 8).....	45
3.4.3 Kleinparzellenversuch in Hohenheim im Frühjahr 2001 (V 9)	47
3.4.4 Zusammenfassung.....	48
3.5 Freilandversuche zur Kombination von NeemAzal-T/S und Capex.....	48
3.5.1 Praxisversuch in Kippenhausen im Jahr 1999 (V 13)	48
3.5.2 Kleinparzellenversuch in Pillnitz im Jahr 2000 (V 14).....	51
3.5.3 Praxisversuch in Borthem im Jahr 2000 (V 15).....	52
3.5.4 Praxisversuch in Südtirol im Frühjahr 2000 (V 16).....	54
3.5.5 Zusammenfassung.....	54
4 Diskussion.....	56
4.1 Wirkung von <i>Bacillus thuringiensis</i>	56
4.1.1 Vergleich verschiedener Bt - Produkte unter Laborbedingungen.....	56
4.1.2 Wirkung einer Zugabe von Kalk zu Bt unter Laborbedingungen.....	57
4.2 Kombination von NeemAzal-T/S und <i>Bacillus thuringiensis</i>	59
4.2.1 Wirkung unter Labor- und Halbfreilandbedingungen	59
4.2.2 Wirkung unter Freilandbedingungen	65

4.3 Kombination von NeemAzal-T/S und Capex.....	67
4.3.1 Wirkung unter Labor- und Halbfreilandbedingungen	68
4.3.2 Wirkung unter Freilandbedingungen	69
5 Kurzfassung	74
6 Summary.....	77
7 Literaturverzeichnis	80
8 Anhang.....	87
8.1 Rezeptur des künstlichen Nährmediums	87
8.2 Abbildung der Langzeiteffekte von NeemAzal-T/S und Capex	87
8.3 Ergebnistabellen.....	89

1 Einleitung

Der Obstbau stellt als intensive Sonderkultur sehr hohe Anforderungen an die Kulturführung. Nach einer Untersuchung in der Schweiz gehen 40% der Produktionskosten in die Pflege der Bestände. Neben dem Schnitt ist dabei der Pflanzenschutz mit 11% der Gesamtproduktionskosten ein entscheidender Kostenfaktor (MELI 1991). Im konventionellen Obstbau wird mit einem hohen Einsatz synthetischer Pflanzenschutzmittel gearbeitet. Auch unter ökologischen Anbaubedingungen ist Pflanzenschutz ein zentrales Thema (BOOS und KIENZLE 1999).

Der ökologische Obstbau in seiner jetzigen Ausprägung ist eine relativ junge Sparte innerhalb der ökologischen Landwirtschaft. In den 70er Jahren begannen im mitteleuropäischen Raum vereinzelt Obstbauern nach ökologischen Richtlinien zu produzieren. Heute werden nach einer Hochrechnung des statistischen Bundesamtes aus dem Jahr 2001 ca. 6-7% der Fläche, auf denen intensiv Obst produziert wird (ca. 70.000 ha in Deutschland) biologisch bewirtschaftet. (mündl. Mitteilung des statistischen Bundesamtes Juli 2001). Dies liegt weit über dem Durchschnitt von 2,6% biologisch bewirtschafteten Flächen der gesamten landwirtschaftlichen Nutzfläche in Deutschland. Dabei blieben die Probleme dieser Betriebe im Pflanzenschutz lange Zeit in der Forschung unberücksichtigt, erst seit Anfang der 90er Jahre wird intensiver an zufriedenstellenden Möglichkeiten des biologischen Pflanzenschutzes im Obstbau geforscht (KIENZLE et al. 1990). Hierbei kommen Präparate auf pflanzlicher Basis sowie natürlicher Gegenspieler zur Sicherung der Erträge zum Einsatz. Allerdings gibt es im biologischen Pflanzenschutz, vor allem im Kernobstbau, immer noch eine große Anzahl von ungelösten Problemen.

Dabei stößt der Einsatz biologischer Pflanzenschutzverfahren in jüngster Zeit nicht nur bei den biologisch wirtschaftenden Praxisbetrieben auf Interesse, auch der integrierte Erwerbsobstbau zeigt unter den Aspekten der Verringerung des Schadstoffeintrags und der wachsenden Sensibilisierung der VerbraucherInnen ein wachsendes Interesse an nicht-chemischen Pflanzenschutzverfahren. Das geringe Angebot an wenig selektiven Insektiziden in der integrierten Produktion und der damit wiederholten Anwendung gleicher Wirkstoffe führen zu einer Gefahr der Resistenzbildung gegenüber den verwendeten Pflanzenschutzmitteln (BYLEMANS 1997). Auch durch das Auslaufen der Zulassung einiger „Standardprodukte“ werden biologische Verfahren als Alternative oder zumindest als Unterbrechung langjähriger Spritzfolgen diskutiert (HELLMANN und BUSCH 1999).

Die Bedeutung von *Adoxophyes orana* F.v.R. im Obstbau

Eines dieser bisher unbefriedigend gelösten Probleme sind die Schalenwickler. Verschiedene Arten des Schalenwicklerkomplexes sind in Apfelanlagen meist auf geringem Niveau vorhanden, immer wieder aber kommt es zu wirtschaftlich bedeutenden Massenvermehrungen. In welchen Jahren sich ein hoher Populationsdruck aufbaut, ist dabei nicht vorhersagbar. Die Artenzusammensetzung und die wirtschaftliche Bedeutung der Arten unterscheiden sich von Standort zu Standort ganz erheblich. Der bedeutendste Vertreter ist der Apfelschalenwickler *Adoxophyes orana*, der in mehreren europäischen Apfelanbaugebieten als Hauptschädling auftritt (DICKLER 1981). *Adoxophyes orana* trat zu Anfang der fünfziger Jahre erstmals in

Europa als Schädling in Erscheinung (JANSSEN 1958) und gilt seither als „Intensivschädling“ (MANI 1978; CHARMILLOT 1989). Sein Auftreten wird sowohl auf die Reduzierung seiner natürlichen Feinde durch Pflanzenschutzmaßnahmen als auch auf das bessere Nahrungsangebot in wüchsigen Erwerbsobstanlagen zurückgeführt (JANSSEN 1958; DICKLER 1981).

Die Biologie von *Adoxophyes orana*

Der zur Familie der Tortriciden gehörige Kleinschmetterling ist in Zentral- und Nordeuropa sowie in großen Teilen Asiens weit verbreitet. Sein außerordentlich breites Wirtspflanzenspektrum umfasst mehr als 40 Arten, darunter wichtige Obst-, Forst- und Heckengehölze. Obwohl die Larven hauptsächlich an Blättern fressen, verursachen sie Fraß an der Fruchtoberfläche, wenn die Früchte in der Nähe eines befallenen Blattes hängen, und im Herbst, wenn die Blätter für die Larven unattraktiver werden.

Die Biologie des Apfelschalenwicklers ist bereits intensiv untersucht worden (JANSSEN 1958; DE JONG et al. 1971; BAUMGARTNER und CHARMILLOT 1983; MILONAS und SAVOPOULOU-SOULTANI 2000), daher soll an dieser Stelle nur eine gestraffte Übersicht für das Grundverständnis dieser Art gegeben werden.

Adoxophyes orana ist normalerweise eine bivoltine Art, kann unter sehr günstigen klimatischen Bedingungen aber auch eine dritte Generation hervorbringen. Sie überwintert als Larve im zweiten oder dritten Larvenstadium in Rindenritzen, unter Knospenschuppen oder in ähnlichen Verstecken am Baum. Unter mitteleuropäischen Klimabedingungen kommen die Larven Ende März bis April aus ihren Winterverstecken und ernähren sich von den sich öffnenden Blattknospen. Der ökonomische Schaden ist dabei allerdings gering. Die Larven durchlaufen bis zur Verpuppung am Baum insgesamt fünf bis sieben Stadien. Nach einer Puppendauer von ca. zwei Wochen beginnen die Falter meist ab Mitte bis Ende Mai zu schlüpfen.

Die Eiablage erfolgt in Gelegen von bis zu 50 Eiern auf der Ober- und Unterseite der Blätter und auf Früchten. Die Eiablage ist stark von der Abendwitterung abhängig und kann sich über mehrere Wochen hinziehen. Die Larven schlüpfen ca. zehn Tage nach Eiablage und ernähren sich von Blättern und Früchten. Blätter werden zu typischen Gespinsten zusammengesponnen, und an Berührungsstellen zwischen Blättern und Früchte fressen die Larven oberflächlich an der Frucht und verursachen somit erheblichen wirtschaftlichen Schaden. Die Fraßstelle an den Früchten verkorkt bis zur Ernte, so dass die Lagerfähigkeit der Früchte nicht beeinträchtigt wird, der Marktwert der Früchte jedoch aufgrund der optischen Schäden sinkt. Im Sommer können verschiedene Larvenstadien nebeneinander auftreten. Mitte Juli erscheinen bereits die ersten Falter der zweiten Generation. Die Larven der Herbstgeneration können vor Beginn der im September oder Oktober einsetzenden Diapause an den erntereifen Früchten Loch- und Naschfraß verursachen. Diese Fraßschäden können nicht mehr verkorken und ermöglichen deshalb das Eindringen von Fäulniseregern.

Regulierungsverfahren

Bisher wurden gegen diesen Schädling verschiedene Methoden zu dessen Regulierung im ökologischen und integrierten Landbau getestet und eingesetzt. Im integrierten Anbau ist das

zur Zeit am häufigsten angewendete Verfahren zur selektiven Bekämpfung von *A. orana* die Applikation von Tebufenozid (Mimic™) oder Fenoxycarb (Insegar™).

Der Einsatz von Nützlingen, wie die Ausbringung des Larvenparasiten *Colpoclypeus florus* Wlk. oder des Eiparasitoiden *Trichogramma dendrolimi* Matsumura lieferten in Freilandversuchen bisher keine befriedigenden Ergebnisse und bedarf weiterer Forschungsarbeiten (GRUYS und VAAL 1984; ROST und HASSAN 1988).

Für den ökologischen Anbau sind zur Zeit (EU-Verordnung zum ökologischen Landbau 2022/91) RAK 3+4, Capex sowie Produkte auf *Bacillus thuringiensis* - Basis zugelassen. Allerdings weist zur Zeit keines dieser Präparate unter allen Anbaubedingungen eine befriedigende Wirkung gegen *A. orana* auf. Daneben ist aber bekannt, dass die Behandlung mit dem für den biologischen Anbau zugelassenem Mittel NeemAzal-T/S im Frühjahr zur Regulierung von *Dysaphis plantaginea* Passerini positive Nebeneffekte auf die Regulierung von *A. orana* zeigt.

RAK 3+4

Bei der Verwirrmethode werden Sexualduftstoffe (Pheromone) der Weibchen in einer Anlage so konzentriert angeboten und verteilt, dass die natürlichen Pheromongradienten überdeckt werden und sich somit die Geschlechtspartner nicht finden und kopulieren können. Dieses Verfahren wird im Weinbau gegen die Traubenwickler *Eupoecilia ambiguella* Hübner und *Lobesia botrana* Denis und Schiffermüller und im Obstbau gegen den Apfelwickler *Cydia pomonella* Linnaeus großflächig angewandt. Für die Pheromondispenser RAK 3+4 (Firma BASF AG), die auch gegen den Schalenwickler zugelassen sind, haben umfangreiche Praxisversuche gezeigt, dass gegen *A. orana* keine befriedigende Wirkung erzielt werden kann (TRAUTMANN et al. 1998; ZELGER 1998). Es wird daher im Moment in Deutschland kaum eingesetzt.

NeemAzal-T/S

Mit dem Präparat NeemAzal-T/S (NA) steht seit April 2000 ein neues, zugelassenes Pflanzenschutzmittel für den ökologischen und integrierten Anbau zur Verfügung. Es ist eine ölige Formulierung aus den Samen des Neem-Baumes *Azadirachta indica* A. Jussieu. Pflanzenteile dieses tropischen Baumes werden seit Jahrtausenden traditionsgemäß gegen Insekten eingesetzt, seit mehreren Jahrzehnten werden weltweit verstärkt Forschungen zur Wirksamkeit von Produkten aus dieser Pflanze auf Insekten durchgeführt. Inhaltsstoffe des Baumes - in erster Linie das Tetranortriterpenoid Azadirachtin - beeinflussen die Lebensdauer, Entwicklung und Reproduktion sowie das Verhalten und Fortbewegungsvermögen vieler Insektenarten (SCHMUTTERER 1995; MORDUE und BLACKWELL 1993).

Nach Behandlung von Pflanzen mit NeemAzal-T/S werden die Wirkstoffe durch die Blätter aufgenommen und in den Pflanzen translaminar und akropetal transportiert (SCHULZ et al. 1998). Da NeemAzal-T/S ein Fraßgift ist und zusammen mit den behandelten Pflanzenteilen bzw. Pflanzensaft aufgenommen werden muss, wirkt es hauptsächlich auf phytophage Insekten.

JAKOB (1996) beschrieb bei *Adoxophyes orana* nach Anwendung von NeemAzal-T und NeemAzal-F, den Vorläuferprodukten zu NeemAzal-T/S, folgende Wirkungen: sekundäre Fraßhemmung, erhöhte Mortalität, Beeinträchtigung von Häutungs- und Verpuppungsvorgängen, vermindertes Wachstum und verzögerte Entwicklung bei Larven, erhöhte Puppenmortalität, morphologische Schäden an Puppen und Imagines sowie eine geringere Reproduktionsleistung der adulten Weibchen, welche im Larvenstadium mit Neemprodukten behandelt worden waren. Erfahrungen aus der Praxis zeigten jedoch, dass mit 3 l/ha NeemAzal-T/S im Frühjahr beim Schalenwickler Wirkungsgrade von 50 bis 70% erreicht werden (SCHULZ et al. 1997), was für eine vollständige Kontrolle der Schalenwickler im allgemeinen nicht ausreicht. Der Langzeiteffekt des Präparats auf die folgende Generation durch die geringere Eiablage der als Larven subletal geschädigten Adulten wurde bisher nicht in Zahlen gefasst.

***Bacillus thuringiensis* Berliner**

Präparate auf Basis des insektenpathogenen *Bacillus thuringiensis* (Bt) stellen zur Zeit weltweit 90% aller verkauften Bioinsektizide (GLARE und O'CALLAGHAN 2000). Bt ist ein in verschiedenen Habitaten natürlich vorkommendes, toxinbildendes Bakterium, von dem heute mehr als 1000 Isolate mit unterschiedlicher Kategorisierung nach Subspecies, Varietät, Pathotyp und Serotyp bekannt sind. Gegen Lepidopteren werden vor allem die Stämme *Bt kurstaki* und *Bt aizawai* eingesetzt. Im Obstbau finden Bt - Produkte bisher nur in geringem Umfang Verwendung, im ökologischen Obstbau spielen sie bei der Regulierung von freifressenden Schmetterlingsraupen jedoch eine größere Rolle.

Die Wirkungsweise von Bt auf Lepidopterenlarven unterscheidet sich von klassischen Insektiziden. Nach oraler Aufnahme löst sich das Toxinkristall im alkalischen Darmsaft der empfindlichen Larven auf und bewirkt eine Darmparalyse. Durch den Eintritt der Hämolymphe in das Darmlumen und der damit einhergehenden Verringerung des pH-Wertes im Magen wird die Dauerspore zur Keimung und Vermehrung angeregt. Bereits kurze Zeit nach Aufnahme kann ein Fraßstop eintreten. Bei Aufnahmen subletaler Bt - Mengen ist die Veränderung im Magen reversibel, die Larven entwickeln sich bis auf die zeitliche Verzögerung normal weiter (SPIES und SPENCE 1985).

Der Wirkungsgrad eines Bt - Einsatzes ist sowohl vom verwendeten Bt - Stamm bzw. dessen Formulierung als auch von der Art des Schädlings abhängig. Bei Schalenwicklerarten konnte unter Freilandbedingungen nur in Einzelfällen mit dem alleinigen Einsatz von Bt - Produkten eine zufriedenstellende Wirkung erzielt werden (DICKLER 1986; de REEDE 1985), gegen *A. orana* wurden Wirkungsgrade von 7 bis 97%, meist jedoch um 60% erreicht (GLARE und O'CALLAGHAN 2000).

Granulovirus

Bezogen auf die Schadlepidopteren im Obstbau wurden die Virusarten des Apfelschalenwicklers neben dem Granulovirus des Apfelwicklers am intensivsten untersucht. Bisher sind drei Baculoviren, ein Kernpolyedervirus (NPV) und zwei Granuloviren (GV) von *A. orana* (AoGV) in den Apfelanbaugebieten Europas und Japans bekannt und im Feld für die

Regulierung des Schädling getestet worden (FLÜCKINGER 1982). Als weltweit einziges Produkt auf Basis eines Granulovirus des Schalenwicklers *A. orana* stellt die Firma Andermatt (Schweiz) das Produkt Capex her.

Erste Berichte über ein Granulovirus an *A. orana* kamen 1963 aus Japan (AIZAWA und NAKAZATO 1963), wo auch Feldversuche stattfanden (SHIGA et al. 1973; ITO et al. 1977; SEKITA et al. 1984). 1975 isolierte A. Schmid im Wallis, ebenfalls ein Granulovirus aus *A. orana* (SCHMID et al. 1983), welches nach eingehender Untersuchung zur Biologie und Eignung als Pflanzenschutzmittel (ANDERMATT 1989) seit Anfang der 90er Jahre als Präparat „Capex“ erhältlich ist.

Das Virus muss oral von der Larve aufgenommen werden und vermehrt sich im Fettgewebe des Tieres. Typisch für das Granulovirus von *Adoxophyes orana* ist seine lange Pathogenese; Larven sterben unabhängig vom Infektionszeitpunkt im letzten Larvenstadium. Für die Anwendung bedeutet dies, dass mit einer Virusausbringung nicht die behandelte Generation bzw. ihr Fraßschaden, sondern die Population der jeweils folgenden Generation vermindert werden kann. In der Praxis werden bei der Regulierung eines starken Befalls von *A. orana* mit Capex zum Teil zufriedenstellende, teilweise aber auch ungenügende Wirkungsgrade erzielt (HÖHN et al. 1998).

Neben dem Effekt auf die behandelten Larven hat das Virus auch einen gewissen Langzeiteffekt. Nach Behandlung mit Capex kann sich das Granulovirus des Schalenwicklers langfristig in den Anlagen halten (SITO et al. 1986; ANDERMATT 1989). Ohne erneute Virusausbringung nimmt der Prozentsatz infizierter Larven in den darauf folgenden Generationen nach und nach ab, bis sich ein Gleichgewicht zwischen Virusproduktion in den infizierten Larven und Virusabbau einpendelt. Dieses Gleichgewicht kann bei günstigen Bedingungen wie z.B. in Japan mit hohen Populationsdichten und drei Generationen/Jahr bei ca. 20 % infizierter Larven/Generation liegen (SHIGA et al. 1973). Unter mitteleuropäischen Bedingungen mit niedrigeren Populationsdichten und zwei Generationen/Jahr liegt es bei wenigen Prozent (ANDERMATT 1989).

Kombinationsansätze

Da die Verfahren einzeln keine befriedigende Wirkung erbrachten, wurde eine neue, wirksame und für den ökologischen Anbau geeignete Strategie zur Regulierung des Apfelschalenwicklers gesucht. NeemAzal-T/S, Capex und *Bacillus thuringiensis* - Präparate bildeten dafür die Ausgangsbasis. Sie sind sowohl für den integrierten als auch für den ökologischen Anbau als Pflanzenschutzmittel zugelassen und zeigen eine gewisse Wirkung gegen *A. orana*. Für den umweltschonenden Anbau sind sie geeignet, da sie Nützlinge nicht bzw. nur im geringen Umfang schädigen (HERMANN et al. 1998; GLARE und O'CALLAGHAN 2000; ANDERMATT 1989). Nach wie vor stehen einer breiten Akzeptanz dieser Verfahren in der obstbaulichen Praxis aber die höheren Kosten und die nicht immer ausreichend zuverlässige Wirksamkeit entgegen. Hier ist die gezielte Kombination einzelner Verfahren ein vielversprechender Ansatz. Bereits 1986 wiesen HELLPAP und ZEBITZ darauf hin, dass der gleichzeitige Einsatz mehrerer Verfahren neue Möglichkeiten für eine effektive, billige und umweltverträgliche Bekämpfung von Schädlingen bietet. Dabei macht man sich die Tatsache zunutze, dass einige biologische

Verfahren wie z.B. NeemAzal-T/S ein etwas breiteres Wirkspektrum, d.h. eine gute Wirkung gegen einen Schaderreger und Teileffekte gegen weitere aufweisen.

Die Kombination von Insektenpathogenen, insbesondere von *Bacillus thuringiensis* - Präparaten mit Insektiziden, wurde schon von MÜLLER-KÖGLER (1965) und MORRIS (1981) beschrieben. Seitdem wurde sie in einer Vielzahl von Versuchen gegen verschiedene Schädlinge getestet. Die Ergebnisse waren dabei meist dosis-abhängig. Für bestimmte Konzentrationen ergeben sich synergistische und additive Effekte, bei anderen antagonistische. Allgemein verbesserten, bis auf einige Ausnahmen, chemische Insektizide die Wirkung von Bt (GLARE und O'CALLAGHAN 2000).

Die Kombination eines Neempräparates mit einem Virus testete SHAPIRO et al. (1994) im Labor bei *Lymantria dispar* Linnaeus. Er fand, dass Larven, die mit einer letalen Dosis von NPV infiziert waren, durch die Zugabe von Neem schneller starben und somit weniger Fraßschaden verursachten.

Ökonomisch kann eine Kombination verschiedener Pflanzenschutzmittel interessant sein. Auf den ersten Blick entstehen höhere Kosten, da mehrere Mittel ausgebracht werden. Wird aber ein Präparat bereits gegen einen bestimmten Schädling eingesetzt und hat auch gegen einen weiteren Schädling eine Wirkung, oder kann durch eine gezielte Kombination mit anderen Präparaten die Ausbringungsmenge der einzelnen Mittel gesenkt werden, dann kann sich der Einsatz auch finanziell lohnen.

Im ökologischen Anbau wird NeemAzal-T/S routinemäßig im Frühjahr zum Stadium „Rote Knospe“ zur Regulierung der mehligten Apfelblattlaus eingesetzt und bewirkt beim Apfelschalenwickler eine Mortalität von ca. 50 - 70% (SCHULZ et al. 1997). In Betrieben mit Frostspannerbefall kommt bei Bedarf noch eine Behandlung mit *Bt* - Präparaten zur Anwendung. Diese Ausgangsbasis zu nutzen und NeemAzal-T/S mit *Bt* oder Capex so zu kombinieren, dass eine befriedigende Wirkung gegen die Larven von *A. orana* erzielt werden kann, war daher das hauptsächliche Ziel dieser Arbeit.

Langzeiteffekte

Dabei sollte für eine geeignete Regulierungsstrategie noch ein weiterer Aspekt beachtet werden. Sowohl in der Forschung als auch in der Anwendung wurden das Granulovirus und das Produkt NeemAzal-T/S bisher hauptsächlich im Vergleich zu synthetischen Präparaten als einmalige, direkte Bekämpfungsmaßnahme untersucht und genutzt. Sie werden in Befallslagen im Frühjahr, wenn ein größeres Auftreten des Schädlings zu erwarten ist, in die Anlagen eingebracht. Auf diese Weise kann aber nur teilweise wirtschaftlicher Schaden verhindert werden.

Beide Produkte haben neben der direkten Wirkung auf die behandelten Larven auch einen Langzeiteffekt auf die Population von *A. orana*. Adulte Tiere, die als Larven eine subletale Menge von NeemAzal-T/S aufgenommen haben, zeigen eine verringerte Fitness und Fruchtbarkeit als unbehandelte Tiere (JAKOB 1996). Die Verringerung der Larvenzahl in der Folgegeneration ist daher nicht nur auf eine geringere Anzahl adulter Tiere aufgrund der direkten Mortalität, sondern auch auf eine geringere Anzahl abgelegter Eier pro Weibchen zurückzuführen. Nach einer Capex - Behandlung im Frühjahr treten auch in den folgenden

Generationen virusinfizierte Larven auf (SHIGA et al. 1973; SATO et al. 1986; ANDERMATT 1989). Ohne erneute Virusausbringung nimmt der Prozentsatz infizierter Larven in den darauffolgenden Generationen nach und nach ab, bis sich ein Gleichgewicht zwischen Virusproduktion in den infizierten Larven und Virusabbau einpendelt (siehe oben). Bisherige Tastversuche weisen darauf hin, dass durch ein regelmäßiges Einbringen des Gegenspielers in die Anlage in verschiedenen Mengen und zu verschiedenen Zeitpunkten nicht nur die Population im selben Jahr, sondern auch die Ausgangspopulation für die folgenden Jahre niedrig gehalten werden, so dass ein Massenaufreten von *Adoxophyes orana* abgeschwächt bzw. verhindert werden kann.

Ziel dieser Arbeit war es daher, Strategien zu entwickeln, die sowohl die kurzfristige Senkung des Schadens unter die ökonomische Schadschwelle als auch die längerfristige Populationsentwicklung des Apfelschalenwicklers berücksichtigen. Dabei wurde mit Kombinationen von wirksamen und umweltschonenden Präparaten gearbeitet, die sowohl für den biologischen als auch den integrierten Anbau zur Verfügung stehen.

2 Material und Methoden

2.1 Allgemeiner Teil

2.1.1 Pflanzenschutzmittel

Die in dieser Arbeit verwendeten Pflanzenschutzmittel waren NeemAzal-T/S, Capex und verschiedene Bt - Präparate.

NeemAzal-T/S

NeemAzal-T/S (51% pflanzliche Öle, 1% Azadirachtin A) der Firma Trifolio-M GmbH ist eine ölige Formulierung der Samen des tropischen Neem - Baums *Azadirachta indica* A.Juss. Es ist seit April 2000 in Deutschland im Apfelanbau gegen die mehligke Apfelblattlaus *Dysaphis plantaginea* und den Frostspanner *Operophtera brumata* Linnaeus als Pflanzenschutzmittel zugelassen. In Apfelstammniederanlagen wird es vor allem gegen die mehligke Apfelblattlaus *Dysaphis plantaginea* mit 3 l/ha im Frühjahr im Stadium 57 (rote Knospe Jonagold) angewendet. Das Mittel wirkt halbsystemisch, d.h. die Neem - Inhaltsstoffe werden durch die Apfelblätter aufgenommen und in der Pflanze translaminar (durch das Blatt) und akropetal (nach oben) weitertransportiert (SCHULZ et al. 1998).

Capex 2

Das Präparat Capex 2 der Firma Andermatt (Schweiz) enthält 5×10^{13} Granuloviren /l, die hochspezifisch nur die Art *Adoxophyes orana* befallen. Die empfohlene Aufwandmenge bei zwei Behandlungen gegen die Frühjahrsgeneration liegt bei 100 ml / ha pro Behandlung. In der vorliegenden Arbeit wird das Produkt „Capex 2“ einfachheitshalber als „Capex“ benannt.

Bt - Produkte

In dieser Arbeit wurde mit verschiedenen Bt - Produkten gearbeitet. Zuerst wurde anlehnend an die Praxis Dipel ES (Stähler Agrochemie GmbH & Co KG) verwendet, welches den Stamm *Bacillus thuringiensis kurstaki* beinhaltet. Nach einem Vergleichstest im Labor, in dem die Produkte Dipel ES, Delfin (Thermo Triology Cooperation; in Deutschland im Weinbau zugelassen) und XenTari (Bayer) angewendet wurden, wurde mit dem auf dem Stamm *Bt aizawai* basierenden Produkt XenTari weitergearbeitet.

Kombinationen

Bei Kombinationen von NeemAzal-T/S mit *Bacillus thuringiensis* oder Capex im Labor bzw. im Freiland wurden die Mittel, wie in der Praxis üblich, zusammen in eine Spritzbrühe gegeben und die Bäume damit behandelt. COVENTRY und ALLAN (1997) wiesen nach, dass NeemAzal-T/S - im Gegensatz zum Vorläuferprodukt NeemAzal-F - die Wirksamkeit von Bt „im Tank“ nicht

vermindert. Für das Virus war das gleiche zu vermuten, da SHAPIRO et al. (1994) einen 1% Neem - Extrakt (2300 ppm Azadirachtin) mit einem Polyedervirus von *Lymantria dispar* mischten und kein negativer Effekt bei der Infektionsrate des Virus auftrat.

2.1.2 Laborzucht

Im Jahr 1999 wurde eine *A. orana* - Zucht aufgebaut, aus der die Tiere für die Labor- und Halbfreilandversuche entnommen wurden. Das Ausgangstiermaterial stammte aus der Zucht der Firma Andermatt in der Schweiz. Die Haltung der Tiere erfolgte in einem Klimaschrank bei 20 - 25° C und Langtag (16 Std. hell, 8 Std. dunkel), in den zur Erhöhung der Luftfeuchtigkeit eine Wasserschale gestellt wurde. Größere Mengen von Larven für die Versuche wurden außerhalb des Klimaschranks unter vergleichbaren Bedingungen gehalten.

Ca. 50 Puppen beiderlei Geschlechts wurden in eine zylindrische Plastikdose (Länge 15,5 cm Durchmesser 11 cm) gegeben, in die an der Hinterseite zwei Löcher gebrannt wurden. Durch eines dieser Löcher wurde zur Befeuchtung und Ernährung ein getränkter Zellstoffstreifen geführt, das zweite diente zur Belüftung.

Da Tortriciden - Weibchen bei der Eiablage glatte Oberflächen bevorzugen, wurde der Zylinder auf der Innenseite vollständig mit einem Gazeschlauch ausgekleidet. So legten die geschlüpften Tiere ihre Eigelege auf die Plastikfolie ab, die die Vorderseite der Dose verschloss und ausgewechselt werden konnte.

Die Ei - Folien wurden täglich entnommen und in einer mit Haushaltspapier befeuchteten Bellaplastschale (18 cm x 13 cm x 6 cm) gesammelt. Kurz vor Schlupf der Larven (Schwarzkopfstadium) wurden die Folien einzeln in Bellaplastschalen gelegt und mit befeuchtetem Papier und Deckel verschlossen.

Die frischgeschlüpften Larven wurden je nach Verfügbarkeit mit ca. 1cm breiten Streifen von künstlichem Nährmedium (Rezeptur: siehe Anhang) oder Apfelblättern aus dem Freiland gefüttert. Alte, eingetrocknete oder verpilzte Nährmediumstreifen bzw. Blätter wurden regelmäßig erneuert. Larven für Versuche wurden mit Ausnahme des Versuchs 2 nur mit Blättern gefüttert. Für die Weiterzucht wurden die Puppen aus den Bellaplastschalen gesammelt und zum Schlupf in die Plastikzylinder gegeben.

Für einzelne Versuche, in denen große Mengen gleichalter Larven benötigt wurden, wurden auch direkt Puppen von der Firma Andermatt bezogen.

2.1.3 Durchführung der Versuche

Um die in der Praxis gespritzten Aufwandmengen pro ha der Spritzmittel auf Spritzkonzentrationen für die Versuche umzurechnen, wurde eine Aufwandmenge von 1000 l/ha angenommen. Eine Aufwandmenge von 3 l/ha NeemAzal-T/S wurde daher z.B. wie folgt umgerechnet: $3 \text{ l/ha} = 3 \text{ l}/1000 \text{ l} = 3 \text{ ml/l} = 0,3\%$

Laborversuche

Um trotz Laborversuchen möglichst praxisrelevante Bedingungen zu schaffen, fanden die Versuche nicht mit künstlichem Nährmedium, sondern auf Topfbäumchen statt. Dies aufwendigere Verfahren wurde gewählt, da die Nahrung einen Einfluss auf die Entwicklung der Larven hat (BAUMGARTNER und CHARMILLOT 1983). Natürlich unterscheiden sich im Gewächshaus gezogene Blätter in ihrer Qualität und damit wahrscheinlich auch in ihrer Zusammensetzung von Freilandblättern. Ein Versuch mit behandelten Freilandblättern war aber im Winter nicht möglich. Vorteil der Topfbäumchen war weiterhin, dass sich die Larven während des Versuchs immer auf den gleichen, behandelten Blättern befanden und nicht nachgefüttert werden mussten. Nachteil war, dass bei längerer Versuchsdauer auch die Bäumchen weiterwuchsen und somit zu späteren Versuchszeitpunkten unbehandelte Blätter bereitstanden.

Die Topfbäumchen waren einjährige Sämlinge der Sorte „Bittenfelder“ (Töpfe 18 cm hoch, 11 cm Durchmesser). Den Bäumchen wurde nach Behandlung mit einem Plastikhandsprüher und nach Antrocknen des Spritzbelages ein Gazeschlauch (Länge: ca. 40 cm, Durchmesser ca. 25 cm, Gaze Mononet Insecta 350, Firma Rovero Systems) übergestülpt. Dieser konnte unten mit einem Draht am Stamm des Bäumchens verschlossen werden. Auf den Bäumchen wurden dann je nach Versuch drei bis fünf Larven im dritten Larvenstadium (12/13 Tage alt) mit einem Pinsel aufgesetzt und der Gazeschlauch oben ebenfalls mit einem Draht verschlossen.

Die Versuchseinheiten standen in einer Klimakammer bei 20 bis 22 °C und Langtag (16 Std. hell, 8 Std. dunkel) und wurden regelmäßig von unten gegossen.

Sollte der Kot der Larven gesammelt werden, wurde eine Manschette aus Aluminiumfolie unter dem Gazeschlauch um den Stamm des Sämlings gelegt. Zur Aufsammlung des Kotes wurden dann der Sämling, die Gaze und die Manschette abgesucht. Der Kot wurde drei Tage lang bei 70°C getrocknet und anschließend gewogen. Mit Hilfe dieses Trockengewichtes konnte eine Schätzung der Fraßaktivität der Larven vorgenommen werden.

Zur Bonitur der Mortalität und der Verpuppungsrate wurden die Gazeschläuche abgenommen und die Bäumchen über einer Plastikschaale abgesucht. Puppen wurden einzeln in kleinen Plastikdöschen (Durchmesser 3,5 cm; Höhe 3 cm) gesammelt, zusammen mit Blättern, die für Feuchtigkeit sorgten, und auf Schlupf überprüft.

Halbfreilandversuche

Im Sommer 1998 wurde ein Versuch im „Halbfreiland“ durchgeführt. Dazu wurden Larven aus der Laborzucht auf ca. 2 m große, dreijährige Topfbäume (roter Boskop, Unterlage: M27) aufgebracht und eingenetzt. Diese Bäume standen in einer Vegetationshalle, in der sie durch ein Drahtgitter vor Vögeln geschützt, sonst aber den Freilandbedingungen ausgesetzt waren. Behandelt und bonitiert wurde wie in den Laborversuchen.

Im Sommer 1999 wurden auf Grund zu geringen natürlichen Befalls Larven aus der Laborzucht auf Freilandbäume in der Versuchsstation Hohenheim aufgebracht. Dafür wurden jeweils die vordersten sechs Blätter von frischen Langtrieben mit oben beschriebenen Gazeschläuchen eingenetzt und Larven im zweiten Larvenstadium aufgesetzt. Wenn die Larven im dritten

Larvenstadium waren, wurden die wiedergefundenen Larven als Ausgangsbefall bonitiert und die Bäume mit einer Motorrückenspritze behandelt (Marke Solo, Modell Port 423).

Freilandversuche

Bei Freilandversuchen wurde entsprechend der Biologie des Schaderregers mit verschiedenen Boniturmethoden gearbeitet. Im Frühjahr und im Sommer erfolgte eine Bonitur der Langtriebe auf Besatz mit *A. orana* Larven. Im Herbst fand eine Erfassung des Fruchtschadens, der von *A. orana* verursacht worden war, an abgeernteten Früchten oder an Äpfeln direkt am Baum statt.

In einigen Versuchen wurden nach Behandlung der Bäume Triebspitzen mit natürlichem Befall von *A. orana* - Larven mit Gazeschläuchen (Länge ca. 20 cm, Durchmesser ca. 13 cm; verschließbar an beiden Seiten mit einem Draht), eingenetzt, um die Larven später wiederfinden zu können.

Beim Abnehmen der Netze konnte so der Anteil toter Larven, Puppen, Falter und Parasitoide bonitiert werden. Noch lebende Larven und Puppen wurden einzeln in Plastikdöschen (Höhe 3 cm, Durchmesser 3,5 cm) mitgenommen, regelmäßig mit frischen Apfelblättern gefüttert und auf Mortalität, Verpuppung und Schlupf bonitiert.

Gespritzt wurden die meisten Praxisanlagen von den Landwirten mit ihren betriebseigenen Spritzen. Die Parzellenversuche V 6 bis 9 und 11 bis 12 wurden mit einer Motorrückenspritze (Marke Solo, Modell Port 423) behandelt.

2.1.4 Boniturmethoden

Sowohl in den Labor- als auch in den Freilandversuchen wurden eingenetzte Larven, die nicht wiedergefunden wurden, als tote Larven gezählt.

Larven im ersten und seltener auch im zweiten Larvenstadium konnten durch die feinen Maschen des Gaze-Netzes hindurchschlüpfen, Larven im dritten Larvenstadium, wie sie für die Versuche verwendet wurden, konnten dies nicht mehr (eigene Vorversuche). Die Netze waren immer mit Draht vorne und hinten so fest am Zweig bzw. Stamm der Topfbäumchen verschlossen, dass ein Entweichen der Larven dort ebenfalls nicht möglich war.

Die einzigen Möglichkeiten für Larven, aus den Netzkäfigen zu entkommen, waren daher die Zeitpunkte des Einnetzens und der Bonituren. Bei den Bonituren wurde im Labor immer mit großen Schalen gearbeitet, in die ein weißes Blatt eingelegt war, über/in denen die Netze geöffnet wurden. Herunterfallende Larven konnten so immer sofort gesehen und aufgefangen werden. Auch im Freiland wurde bei den Bonituren am Baum mit solchen Schalen gearbeitet, die unter die Netze gehalten wurden. Bei der Endbonitur dagegen wurden die eingenetzten Triebe oft abgeschnitten und der Inhalt der einzelnen Netze jeweils ganz in eine Schale geleert und bonitiert. Beim Einnetzen der Larven im Freiland wurde immer zuerst der hintere Teil des Netzes am Ast befestigt, bevor vorsichtig in das entdeckte Gespinst geschaut wurde, ob sich dort eine *A. orana* - Larve befand. Durch die Bewegung aufgeschreckte und sich abseilende Raupen wurden daher im Netz aufgefangen. Dennoch erforderte das Einnetzen eine gewisse Übung. Wurde mit Hilfskräften gearbeitet, wurde daher immer zuerst an im Versuch nicht relevanten Bäumen geübt.

Die Wahrscheinlichkeit, dass lebende Larven, Puppen, Adulte oder Parasitoide übersehen wurden oder verloren gingen und ein Netz fälschlicherweise als leer gezählt wurde, ist daher relativ gering. Anders verhält es sich bei toten Larven. Diese konnten innerhalb weniger Tage zu winzigen „Mumien“ vertrocknen oder ganz zerfallen und waren oft nur an der Kopfkapsel zu erkennen. Da die Netze oft voller Kot, vertrockneter Blätter und alter Gespinste waren, war es oft unmöglich bzw. mit einem sehr hohen Zeitaufwand verbunden, die toten Larven wiederzufinden. Da sich die lebenden *A. orana* - Larven, - Puppen oder - Adulte gut wiederfinden ließen, wurden Netze, in denen weder lebende noch tote Stadien von *A. orana* gefunden wurden, als „tote Larven“ gezählt.

2.1.5 Auswertung der Daten

Statistik

Bei Versuchen mit nur einer Wiederholung oder einer Larvenanzahl / Variante kleiner als 50 wurden die Daten mit dem χ^2 -Test (alpha < 0,05) auf signifikante Unterschiede geprüft. Die übrigen Versuche wurden nach einer Prüfung der Residuen auf Normalverteilung dem Tukey-Test (alpha < 0,05) oder bei einer fehlenden Wiederholung dem Scheffé-Test (alpha < 0,05) unterworfen. Die Verrechnungen wurden mit Hilfe des Statistik - Programms SAS (SAS INSTITUT INC. 1988a; SAS INSTITUT INC. 1988b SAS INSTITUT INC. 1988c) durchgeführt.

Wirkungsgrade

In den Versuchen, in denen Daten von eingesammelten oder eingensetzten Larven verrechnet wurden, wurden zwei verschiedene Wirkungsgrade verwendet.

Zum einen die Wirkung der Behandlung auf die Larven (nach Schneider-Orelli (UNTERSTENHÖFER 1963)):

$$WG_B = (\% \text{Mort}_{\text{GES}} (\text{Behandlung}) - \% \text{Mort}_{\text{GES}} (\text{Kontrolle}) * 100) / (100 - \% \text{Mort}_{\text{GES}} (\text{Kontrolle}))$$

Mort_{GES} = gesamte präimaginale Mortalität = (tote Larven + tote Puppen) / N; N = Anzahl eingesammelter bzw. eingensetzter Larven

Zweitens die Wirkung der Behandlung auf das System, welche auch die Mortalität mitberücksichtigt, die durch Parasitoide verursacht wurde (nach Abbott (UNTERSTENHÖFER 1963)):

$$WG_S = (A (\text{Kontrolle}) - A (\text{Behandlung})) / (\% A (\text{Kontrolle})) * 100$$

A = geschlüpfte Adulte von *A. orana*

In einigen Versuchen, in denen eine Behandlung „A“ mit einer Kombinationsbehandlung „A+B“ verglichen wurde, wurden die Wirkungsgrade der „zusätzlichen Behandlung mit B“ berechnet, indem „A“ als Kontrolle und „A+B“ als „Behandlung“ verrechnet wurde.

Berechnung synergistischer und additiver Effekte der Kombinationen

Die Berechnung, ob bei einer Kombination additive oder synergistische Effekte auftraten, wurde nach folgenden Formeln von BENZ (1971) vorgenommen:

unabhängiger Synergismus:	$M(M+I) = M(M) + M(I) \cdot (1 - M(M)/100)$
additiver Effekt:	$M(M+I) > M(M) + M(I)$

$M(M)$ = Mortalität verursacht von MO (Capex oder Bt); $M(I)$ = Mortalität verursacht von Insektizid (NA); $M(M+I)$ = Mortalität verursacht von MO und I; MO = Mikroorganismus; I = Insektizid

Dabei ist zu beachten, dass der von Benz benutzte Begriff des „unabhängigen Synergismus“, also der Tatsache, dass die Mittel keinen Einfluss auf ihre gegenseitige Wirksamkeit haben, dem heute gebrauchten Begriff einer additiven Wirkung entspricht. Und umgekehrt der von Benz benutzte Begriff des additiven Effektes der heutigen Vorstellung eines Synergismus, daher einer verstärkenden Wirkung der Mittel aufeinander entspricht.

2.2 Laborversuche zur Wirkung von *Bacillus thuringiensis*

2.2.1 Prüfung der Wirkung verschiedener Bt - Produkte auf *A. orana* (V 1)

In diesem Versuch wurden im Labor verschiedene Bt - Produkte gegen *A. orana* - Larven getestet. „Dipel ES“ ist in Deutschland zugelassen, auf dem Markt erhältlich und wird im Obstbau häufig verwendet. Das im Weinbau zugelassene „Delfin“ wurde mitgetestet, da es bei Vergleichsversuchen sehr gute Ergebnisse erbracht hat (CHARMILLOT 1998, unveröff.) und zur Zeit des Versuchs eine Markteinführung in Deutschland diskutiert wurde (Fa. Agrinova, mündl. Mitt. 1998). Die beiden erwähnten Produkte beinhalten den Bt - Stamm *kurstaki* (Tab. 1). Da der Bt - Stamm *aizawai* im Gegensatz zu *kurstaki* auch gegen schädigende Noctuiden im Obstbau wirkt, wurde der Stamm mit dem Produkt „XenTari“ mitgetestet.

Tab. 1: V 1: Eigenschaften der *Bacillus thuringiensis* - Produkte, deren Wirkung auf *A. orana* im Labor geprüft wurden

Produkt	Bt - Stamm	IU (Packungsangabe)	Aufwandmenge im Freiland
Dipel ES	<i>Bt kurstaki</i>	min. 17600 IU / ml	0,5 l/ha/m bzw. 0,1%
Delfin	<i>Bt kurstaki</i>	min. 31700 IU / mg	0,5 kg/ha/m bzw. 0,1%
XenTari	<i>Bt aizawai</i>	min. 15000 IU / mg	0,5 kg/ha/m bzw. 0,1%

Die Präparate wurden in einer Konzentration von 0,05 g/l bzw. 0,05 ml/l angewendet (entspricht 1/20 der empfohlenen Aufwandmenge im Freiland). Die Kontrolle wurde nicht behandelt. Nach

Antrocknen des Spritzbelages wurden pro Baum vier Wicklerraupen eingesetzt, pro Variante gab es jeweils 12 Bäume (=12 Wdh.). Die Versuchseinheiten wurden 10, 24, 31 und 44 Tage nach Aufsetzen der Larven bonitiert.

2.2.2 Wirkungsverbesserung von Bt durch Zugabe von Kalk (V 2)

In diesem Laborversuch wurde überprüft, inwieweit Kalk auf Grund seiner Beeinflussung des pH-Wertes die Wirkung einer Bt - Behandlung auf *Adoxophyes orana* verbessern kann. Bei diesem ersten Tastversuch wurde mit relativ hohen Mengen an Kalk (0,5%) gearbeitet. Neben dem reinen CaCO₃ wurde der Algenkalk Alkamarin (Rotalgenpulver, enthält auch Spurenelemente; Firma Biofa) mitgeprüft, da er im biologischen Anbau als Pflanzenstärkungsmittel angewendet wird.

Tab. 2: V 2: Varianten des Laborversuches, in dem die Wirkung zweier Kalkzusätze zu XenTari (Bt) auf *A. orana* - Larven untersucht wurde

Varianten	Anzahl Wiederholungen	Konz. der Bt - Behandlung	Konz. der Kalk - Behandlung
Kontrolle	12		
CaCO ₃	5		5 g/l
Alkamarin	5		5 g/l
XenTari	12	0,033 g/l (1/30¹)	
XenTari + CaCO ₃	12	0,033 g/l (1/30¹)	5 g/l
XenTari + Alkamarin	12	0,033 g/l (1/30¹)	5 g/l

¹ bezogen auf die empfohlene Aufwandmenge von 1 kg/ha XenTari im Freiland

Pro Variante wurden jeweils 5 bzw. 12 Bäume (= Wdh.) behandelt. Nach Antrocknen des Spritzbelages wurden jeweils vier Wicklerraupen / Baum eingesetzt, die entgegen der bisherigen Laborversuche nicht auf Apfelblättern, sondern auf künstlichem Nährmedium gezüchtet worden waren. Die Bäume wurden alle sieben Tage bonitiert und die Endmortalität berechnet.

2.3 Labor- und Halbfreilandversuche zur Kombination von NeemAzal-T/S und *Bacillus thuringiensis*

Kombination von Bt mit einer geringen Konzentration von NeemAzal-T/S (V 3)

In diesem Versuch wurde die Wirkung der Kombination einer geringen Neemkonzentration mit verschiedenen Bt - Konzentrationen auf die Larven von *Adoxophyes orana* getestet. NeemAzal-T/S wurde in einer Konzentration von 0,1 ml/l (entspricht 1/30 der empfohlenen Aufwandsmenge im Freiland) angewendet, Dipel ES in den Konzentrationen 0,025 ml/l (entspricht 1/40 der empfohlenen Aufwandsmenge im Freiland), 0,033 ml/l (1/30) und 0,050 ml/l (1/20).

Pro Variante wurden jeweils 10 Bäume (= Wdh.) behandelt, auf die nach Antrocknen des Spritzbelages jeweils vier Wicklerraupen / Baum, die auf Apfelblättern gezüchtet worden waren, eingesetzt wurden. Die Bonitur der Bäume fand alle zehn Tage statt.

Kombination von NeemAzal-T/S mit einer geringen Konzentration von Bt (V 4)

In diesem Halbfreilandversuch wurde NeemAzal-T/S in Kombination mit Capex oder Dipel ES an *Adoxophyes orana* -Larven getestet, die auf ca. 2 m große, dreijährige Topfbäume (roter Boskop, Unterlage: M27) aufgebracht wurden. Versuchsort war eine nach oben offene Vegetationshalle auf dem Gelände des Instituts für Phytomedizin der Universität von Hohenheim.

Tab. 3: V 4: Varianten des Kombinationsversuchs mit NeemAzal-T/S (NA), Dipel ES (Bt) und Capex im Halbfreiland (Hohenheim 1998)

	Variante	Konz. von NA	Konz. von Capex	Konz. von Bt
1	Capex	-	0,005 ml/l (1/20¹)	-
2	NA	0,5 ml/l (1/6¹)	-	-
3	Bt	-	-	0,1 ml/l (1/10¹)
4	NA + Capex	0,5 ml/l (1/6¹)	0,005 ml/l (1/20¹)	-
5	NA + Bt	0,5 ml/l (1/6¹)	-	0,1 ml/l (1/10¹)
6	Kontrolle	-	-	-

¹ bezogen auf die empfohlene Aufwandsmenge von 3 l/ha NeemAzal-T/S bzw. 1 l/ha Dipel ES bzw. 100 ml/ha Capex im Freiland

Pro Variante wurden jeweils 4 Bäume (= 4 Wdh.) mit Handsprühgeräten gespritzt (Tab. 3). Die Bäume einer Versuchs-Variante standen frei randomisiert zusammen, wobei darauf geachtet

wurde, dass die Varianten mit Capex auf Grund des hohen Infektionsrisikos einen Abstand von ca. 5 m zu den übrigen Bäumen hatten.

Nach dem Antrocknen des Spritzbelages wurden auf jedem Baum drei Triebspitzen eingensetzt und pro Netz drei Wicklerlarven aufgebracht. Pro Baum wurden daher 9, pro Variante 36 Tiere getestet. Verwendet wurden Raupen im dritten Larvenstadium, die seit ihrem Schlupf im Labor mit Apfelblättern gefüttert worden waren. Bonitiert wurde wöchentlich auf Larvenmortalität und Verpuppung.

Kombination hoher NeemAzal-T/S Konzentrationen mit verschiedenen Konzentrationen von Bt (V 5)

In diesem Versuch wurde die Wirkung verschiedener Konzentrationen von NA und Bt einzeln und kombiniert gegen Larven von *A. orana* getestet. Da in diesem Jahr der natürliche Befallsdruck in Hohenheim für einen aussagekräftigen Versuch nicht ausreichte, wurden in diesem Versuch mit im Labor gezogenen und dann ausgesetzten Larven von *A. orana* gearbeitet. Der Versuch fand auf der Versuchsstation für Gartenbau in Hohenheim statt.

Tab. 4: V 5: Varianten des Versuchs zur Kombination von NeemAzal-T/S und Bt (XenTari) auf *A. orana* - Larven im Halbfreiland (Hohenheim, Frühjahr 1999).

	Variante	Konz. von NA	Konz. von Bt
1	Kontrolle		
2	NA 1,25 l/ha	1,25 ml/l (4/10¹)	
3	NA 2 l/ha	2,0 ml/l (7/10¹)	
4	Bt 20%		0,2 g/l (2/10¹)
5	Bt 40%		0,4 g/l (4/10¹)
6	NA 1,25 l/ha + Bt 20%	1,25 ml/l (4/10¹)	0,2 g/l (2/10¹)
7	NA 2 l/ha + Bt 20%	2,0 ml/l (7/10¹)	0,2 g/l (2/10¹)
8	NA 1,25 l/ha + Bt 40%	1,25 ml/l (4/10¹)	0,4 g/l (4/10¹)
9	NA 2 l/ha + Bt 40%	2,0 ml/l (7/10¹)	0,4 g/l (4/10¹)

¹ bezogen auf die empfohlene Aufwandmenge von 3 l/ha NeemAzal-T/S bzw. 1 kg/ha XenTari im Freiland

Als Versuchsanlage dienten fünf Reihen á 57 Bäumen der Sorte Jonica. Eine Reihe wurde als Randreihe zu einer anders behandelten Anlage freigelassen, in die restlichen vier Reihen wurde je eine Wiederholung gelegt, so dass 4 x 9 = 36 Blöcke entstanden. Ein Block umfaßte vier Bäume, an den mittleren zwei Bäumen wurden zusammen zehn Triebspitzen eingensetzt.

Am 26./27. 5 wurden 5 bis 6 Tage alte Larven (L 2) aus der Laborzucht, die bis dahin auf Apfelblättern gezogen worden waren, auf die Versuchsbäume gesetzt. Die Larven wurden jeweils zu sechst in die Netze an den Triebspitzen gesetzt. Auf Grund des schlechten regnerischen Wetters wurde der Versuch erst am 15.6. gespritzt. Die Larven waren zum Spritztermin im späten dritten Larvenstadium, seltener im zweiten oder vierten. Vor dem Spritzen war am 2.6. eine Bonitur durchgeführt worden, um die Verlustrate des Aussetzens abschätzen zu können. Die zu diesem Zeitpunkt gefundenen Larven wurden als Ausgangsbefall gewertet. Mit einer 5 l Perla – Hand - Pumpspritze wurde innen in das geöffnete Netz und von außen auf das Netz gespritzt, um sicherzugehen, das Blattober und - unterseiten benetzt wurden. Die Wickler wurden 7, 25, 49 und 64 Tage nach Spritzung auf Mortalität, Verpuppung und Schlupf bonitiert.

Berechnet wurde neben der Mortalität zu jedem Zeitpunkt auch die Steigung des Befalls. Die Steigung wurde berechnet, indem die Anzahl Larven am Tag der Behandlung = 100 gesetzt und dann nach folgender Formel vorgegangen wurde:

$$\text{Steigung (Tag A - Tag B)} = (-1) * ((L+P \text{ am Tag B}) - (L+P \text{ am Tag A})) / (\text{Tag B} - \text{Tag A})$$

mit "L+P" = Anzahl lebender Larven und aller Puppen

2.4 Labor- und Halbfreilandversuche zur Kombination von NeemAzal-T/S und Capex

Kombination unterschiedlicher Konzentrationen von NeemAzal-T/S und Capex (V 10)

In diesem Laborversuch wurden mögliche Kombinationseffekte von NeemAzal-T/S und Capex an *Adoxophyes orana* in Abhängigkeit verschiedener Konzentrationen getestet. Dafür wurden NeemAzal-T/S in den Konzentrationen 0,012 ml/l (1/250 der empfohlenen Aufwandmenge von 3 l/ha NeemAzal-T/S im Freiland), 0,03 ml/l (1/100) und 0,3 ml/l (1/10) und Capex in den Konzentrationen 0,0001 ml/l (1/1000 der empfohlene Aufwandmenge von 100 ml/ha Capex im Freiland), 0,001 ml/l (1/100) und 0,0166 ml/l (1/6) einzeln und jeweils kombiniert mit den verschiedenen Konzentrationen des anderen Mittels verwendet. Insgesamt gab es daher zusammen mit der unbehandelten Kontrolle 16 verschiedene Varianten. Pro Variante wurden jeweils 9 Bäume (=9 Wdh.) gespritzt.

Nach Antrocknen des Spritzbelages wurden pro Baum drei 12 bis 13 Tage alte Wicklerraupe (frühes dritte Larvenstadium) eingesetzt. Nach drei und nach sechs Tagen wurde in den Varianten 1, 2, 3, 4 und 16 der gebildete Kot gesammelt (diese Varianten hatten eine Manschette aus Aluminiumfolie unter dem Gazeschlauch um den Stamm des Sämlings, um den Kot auffangen zu können), getrocknet und gewogen. Mit Hilfe des gewonnenen Kottrockengewichts konnte eine Abschätzung der Fraßaktivität in den ersten sechs Tagen vorgenommen werden. Die Wickler wurden am 6. und am 12. Tag und dann im Abstand von ca. jeweils 14 Tagen wie im allgemeinen Methodenteil beschrieben bonitiert.

Zeitgleiche und zeitversetzte Kombination von NeemAzal-T/S und Capex (V 11)

Für den Versuch wurden pro Wiederholung jeweils die vordersten sechs Blätter von zehn frischgewachsenen Langtrieben eingenetzt und mit sechs Larven aus der Laborzucht bestückt. Die Larven von *A. orana* waren 7 bis 8 Tage alt (zweites Larvenstadium) und im Labor auf Apfelblättern gezogen worden. Pro Variante wurden vier Wiederholungen durchgeführt (drei Wiederholungen auf 8 bis 10 jährigen Jonagold, eine Wiederholung, auf ca. 50 m entfernt liegenden, 3 bis 4 Jahre alten Idared). 11 Tage nach dem Aufsetzen, als die Tiere im dritten Larvenstadium waren, wurde die erste Spritzung durchgeführt, weitere fünf Tage später die zweite (Tab. 5).

Tab. 5: V 11: Varianten des Versuches zur gleichzeitigen und zeitversetzten Kombination von NeemAzal-T/S (NA) und Capex auf *A. orana* - Larven im Halbfreiland (Hohenheim, 1999); TnA = Tage nach Aufsetzen der Larven

		1. Behandlung (11 TnA)		2. Beh. (16 TnA)
Variante		Konz. von Capex	Konz. Von NA	Konz. von NA
1	Capex	0,002 ml/l (2/100¹)		
2	NA + Capex	0,002 ml/l (2/100¹)		1,25 ml/l (4/10¹)
3	NA + Capex	0,01 ml/l (1/10¹)		
4	NA + Capex	0,01 ml/l (1/10¹)		1,25 ml/l (4/10¹)
5	NA + Capex	0,01 ml/l (1/10¹)	1,25 ml/l (4/10¹)	
6	NA + Capex		1,25 ml/l (4/10¹)	
7	NA + Capex			1,25 ml/l (4/10¹)
8	Kontrolle			

¹ bezogen auf die empfohlene Aufwandmenge von 3 l/ha NeemAzal-T/S bzw. 100 ml/ha Capex im Freiland

Mit einer 5 l - Perla - Hand - Pumpspritze wurde von außen auf das Netz gesprüht. Die erste Bonitur fand zwischen den Spritzterminen am 14. und 15. Tag nach Aufsetzen (TnA) statt, um die aktuelle Anzahl Larven pro Netz zum Spritzzeitpunkt zu erfassen (Ausgangsbefall). Die Wickler wurden 18 und 53 Tage nach der ersten Spritzung wie im allgemeinen Methodenteil beschrieben bonitiert.

Kombination einer mittleren Konzentration von NeemAzal-T/S mit einer geringen Konzentration von Capex (V 12)

Getestet wurde die Wirkung einer Kombination von Granulovirus und NeemAzal-T/S im Vergleich zu den Einzelmitteln auf *A. orana* - Larven. Der Versuch fand auf der Versuchsstation für Gartenbau in Hohenheim auf 3 bis 4 Jahre alten Bäumen der Sorte Golden Delicious statt.

Ca. 1000 Larven im zweiten Larvenstadium, die alle am gleichen Tag geschlüpft waren, wurden im Juli auf triebige Langtriebe in der Anlage gesetzt. Eine Woche später (28. Juli) wurde die Anlage in vier Blöcke geteilt und die Bäume mit einer Motorrückenspritze behandelt (Tab. 6), wobei zwischen den Blöcken mit und ohne Capex ein Abstand von acht Bäumen bestand. Am Tag nach der Spritzung wurden zwischen 70 und 103 Larven pro Variante eingensetzt, 41 Tage nach der Behandlung (8. Sep.) wurden die Netze wie im allgemeinen Methodenteil beschrieben bonitiert.

Tab. 6: V 12: Varianten des Versuchs zur Kombination von NeemAzal-T/S und Capex auf *A. orana* - Larven im Halbfreiland mit ausgesetzten Labortieren (Hohenheim, Sommer 1999).

Varianten		Konz. von NA	Konz. von Capex
1	Kontrolle		
2	NA	1,25 ml/l (4/10¹)	
3	Capex		0,01 ml/l (1/10¹)
4	NA + Capex	1,25 ml/l (4/10¹)	0,01 ml/l (1/10¹)

¹ bezogen auf die empfohlene Aufwandmenge von 3 l/ha NeemAzal-T/S bzw. 100 ml/ha Capex im Freiland

2.5 Freilandversuche zur Kombination von NeemAzal-T/S und *Bacillus thuringiensis*

2.5.1 Kleinparzellenversuch bei Wackersheim im Frühjahr 2000 (V 6)

In diesem Versuch wurde die Wirkung verschiedener Kombinationsstrategien von NeemAzal-T/S und Bt (XenTari) auf die Frühjahrslarven von *A. orana* getestet. Der Versuch fand in einer Praxisanlage bei Wackersheim (Rheinland - Pfalz) statt, die im Frühjahr 2000 einen relativ hohen und gleichmäßigen Befall von ca. zwei *A. orana* - Larven / Baum aufwies. Die Anlage bestand aus fünf Reihen Idared und 2 Reihen Elstar á ca. 120 Bäumen. Die äußeren Reihen wurden als Randreihen mit 0,5 l/ha Mimic® behandelt.

Der Versuch war als randomisierte Blockanlage mit vier Wiederholungen á 12 Bäumen pro Parzelle aufgebaut, dazwischen mit jeweils einem Randbaum. Die Varianten wurden wie in Tab. 7 beschrieben am 8.4.00 mit einer Sola - Rückenspritze tropfnass gespritzt. Die

Vergleichsvarianten „Mimic“ und „Bt gesplittet“ konnten aus Platzmangel nicht mehr in die Idared gelegt werden, sie wurden als gesonderter Versuch auf der angrenzenden Reihe Elstar mit jeweils 13 Bäumen pro Wiederholung angelegt.

Zwei und drei Tage nach der ersten Behandlung wurden pro Parzelle 20 bis 30 Larven jeweils einzeln am Baum eingenetzt. Bei der zweiten Behandlung am 20.4., 12 Tage nach der ersten, wurden die eingenetzten Triebspitzen mit der Rückenspritze durch die Netze besprüht.

Am 24.5.00 wurden die Netze abgenommen und wie im allgemeinen Methodenteil beschrieben bonitiert.

Tab. 7: V 6: Varianten des Kleinparzellenversuchs, in dem die Wirkung verschiedener Kombinationen von NeemAzal-T/S (NA) und XenTari (Bt) auf *A. orana* - Larven im Freiland geprüft wurde (Wackersheim, Frühjahr 2000)

		1. Behandlung (8.4.)		2. Beh. (20.4)
Variante (1. Beh. / 2. Beh.)		Konz. von NA	Konz. von Bt	Konz. von Bt
1	Kontrolle			
2	NA 2 l/ha / --	2,0 ml/l (7/10¹)		
3	NA 3 l/ha / --	3,0 ml/l (10/10¹)		
4	Bt 40% / --		0,4 g/l (4/10¹)	
5	Bt 60% / --		0,6 g/l (4/10¹)	
6	NA 3 l/ha + Bt 40% / --	3,0 ml/l (10/10¹)	0,4 g/l (4/10¹)	
7	NA 3 l/ha + Bt 60% / --	3,0 ml/l (10/10¹)	0,6 g/l (4/10¹)	
8	NA 2 l/ha + Bt 40% / Bt 60%	2,0 ml/l (7/10¹)	0,4 g/l (4/10¹)	0,6 g/l (4/10¹)
9	NA 2 l/ha + Bt 40% / --	2,0 ml/l (7/10¹)	0,4 g/l (4/10¹)	
10	Bt 40% / Bt 60%		0,4 g/l (4/10¹)	0,6 g/l (4/10¹)
11	Mimic	Mimic wurde in der Konz. von 0,05% (0,5 l/ha) angewendet		

¹ bezogen auf die empfohlene Aufwandmenge von 3 l/ha NeemAzal-T/S bzw. 1 kg/ha XenTari im Freiland

2.5.2 Kleinparzellenversuche in Hohenheim im Sommer 2000 (V 7 und V 8)

Aufbauend auf den Kleinparzellenversuch bei Wackersheim im Frühjahr 2000 fanden im Sommer 2000 zwei weitere Versuche zur Kombination von XenTari und NeemAzal-T/S auf der Versuchsstation für Gartenbau in Hohenheim statt. Zur Verfügung standen eine ca. 12 Jahre alte Jonagold- und eine Golden Delicious - Anlage mit natürlichem Befall von *A. orana*.

Im Versuch 7 sollte das positive Ergebnis der Bt - Splitting - Variante mit Neem gegenüber der Bt - Splitting Variante ohne Neem aus dem Versuch bei Wackersheim noch mal überprüft werden.

Im Versuch 8 wurde getestet, ob eine Kombinationsspritzung gegen *Adoxophyes orana* mit 2 l/ha NeemAzal-T/S und 40% XenTari, gefolgt von einer zweiten Spritzung mit 60% XenTari, wirksamer ist als die gleiche Spritzfolge ohne Bt - Zugabe bei der ersten Behandlung.

Der Versuch 7 fand in einer etwa 8 bis 10 Jahre alten Golden Delicious - Anlage statt. Die Anlage bestand aus acht Reihen à 50 bis 60 Bäumen, zwei Reihen wurden als Randreihen zu einem anderen Versuch verwendet. Die restlichen sechs Reihen wurden in vier Blöcke aufgeteilt, mit jeweils einem Baum als Abgrenzung. Die verschiedenen Blöcke wurden wie in Tab. 8 beschrieben behandelt. Gespritzt wurde mit einer Agria Rückenspritze (12 l), tropfnass (Wasseraufwandmenge ca. 1 l Spritzbrühe / Baum). Drei Tage nach der ersten Spritzung wurden Triebspitzen mit Larven von *A. orana* eingenetzt. Insgesamt wurden zwischen 110 und 171 Wickler pro Variante eingenetzt. Zum Zeitpunkt des Einnetzens befanden sich die Tiere im dritten und vierten Larvenstadium. Bei der zweiten Spritzung wurde verstärkt auf die Netze gespritzt, um die Blätter in den Netzen ausreichend befeuchten zu können. Am 23./24.7. wurden die Netze abgenommen und wie im allgemeinen Methodenteil beschrieben bonitiert.

Tab. 8: V 7: Varianten des Kleinparzellenversuchs zur Kombination von NeemAzal-T/S (NA) und Bt (XenTari) auf *A. orana* - Larven im Freiland (Hohenheim, Sommer 2000).

Variante (1. Beh. / 2. Beh.)		1. Behandlung (30.6)		2. Beh. (6.7.)
		Konz. von NA	Konz. von Bt	Konz. von Bt
1	Kontrolle			
2	Bt 40% / Bt 100%		0,4 g/l (4/10¹)	1,0 g/l (10/10¹)
3	NA 1 l/ha +Bt 40% / Bt 100%	1,0 ml/l (3/10¹)	0,4 g/l (4/10¹)	1,0 g/l (10/10¹)
4	NA 2 l/ha +Bt 40% / Bt 100%	2,0 ml/l (7/10¹)	0,4 g/l (4/10¹)	1,0 g/l (10/10¹)

¹ bezogen auf die empfohlene Aufwandmenge von 3 l/ha NeemAzal-T/S bzw. 1 kg/ha XenTari im Freiland

Der Versuch 8 fand in einer ca. 8 bis 10 Jahre alten Jonagold - Anlage statt. Die Anlage bestand aus fünf Reihen à 50 bis 60 Bäumen, wobei die beiden Randreihen freigelassen wurden. Die restlichen drei Reihen wurden in drei Blöcke mit jeweils einem Baum als Abgrenzung aufgeteilt.

Tab. 9: V 8: Varianten des Kleinparzellenversuchs zur Kombination von NeemAzal-T/S (NA) und Bt (XenTari) auf *A. orana* - Larven im Freiland (Hohenheim, Sommer 2000).

Variante (1. Beh. / 2. Beh.)		1. Behandlung (26.6)		2. Beh. (5.7.)
		Konz. von NA	Konz. von Bt	Konz. von Bt
1	Kontrolle			
2	NA 2 l/ha / Bt 60%	2,0 ml/l (7/10¹)		0,6 g/l (6/10¹)
3	NA 2 l/ha +Bt 40% / Bt 60%	2,0 ml/l (7/10¹)	0,4 g/l (4/10¹)	0,6 g/l (6/10¹)

¹ bezogen auf die empfohlene Aufwandmenge von 3 l/ha NeemAzal-T/S bzw. 1 kg/ha XenTari im Freiland

Die verschiedenen Blöcke wurden wie in Tab. 9 aufgeführt behandelt. Gespritzt wurde wie in Versuch 7 beschrieben. Einen Tag nach der ersten Spritzung wurden Triebspitzen mit Wickler eingenetzt. Insgesamt wurden zwischen 69 (Kontrolle) und 150 (Varianten) Larven pro Parzelle eingenetzt. Zum Zeitpunkt des Einnetzens befanden sich die Tiere hauptsächlich im dritten, seltener im zweiten oder vierten Larvenstadium. Bei der zweiten Spritzung wurde verstärkt auf die Netze gespritzt, um die Blätter in den Netzen ausreichend befeuchten zu können. Am 1./2.08. wurden die Netze abgenommen und wie im allgemeinen Methodenteil beschrieben bonitiert.

2.5.3 Kleinparzellenversuche in Hohenheim im Frühjahr 2001 (V 9)

Der Versuch fand mit drei Wiederholungen auf den Sorten Elstar, Golden Delicious und Boskop mit natürlichem Befall von *A. orana*. statt (Alter ca. 8 bis 10 Jahre). Jede Wiederholung bestand aus acht Reihen á ca. 55 Bäumen einer Sorte, in die die Varianten frei randomisiert hineingelegt wurden. Zwischen den Varianten wurden jeweils drei Bäume freigelassen.

Ein bzw. zwei Tage nach der ersten Behandlung wurden Triebspitzen mit Wicklern eingenetzt. Insgesamt wurden pro Variante zwischen 106 und 146 Larven eingenetzt, auf der Sorte Boskop 37 bis 43, auf die Sorte Golden Delicious 16 bis 23 und auf die Sorte Elstar 46 bis 81. Zum Zeitpunkt des Einnetzens befanden sich die Wickler hauptsächlich im dritten, seltener im zweiten oder vierten Larvenstadium. Am 29./30.5. wurden die Netze abgenommen und wie im allgemeinen Methodenteil beschrieben bonitiert.

Tab. 10: V 9: Varianten des Versuchs zur Kombination von NeemAzal-T/S und Bt (XenTari) auf *Adoxophyes orana* - Larven im Freiland (Hohenheim, Frühjahr 2001).

		1. Behandlung (30.6)		2. Beh. (6.7.)
Variante (1. Beh. / 2. Beh.)		Konz. von NA	Konz. von Bt	Konz. von Bt
1	Kontrolle			
2	NA 2 l/ha / --	2,0 ml/l (7/10¹)		
3	-- / Bt 80%			0,8 g/l (8/10¹)
4	NA 2 l/ha / Bt 80%	2,0 ml/l (7/10¹)		0,8 g/l (8/10¹)
5	NA 2 l/ha +Bt 40% / Bt 80%	2,0 ml/l (7/10¹)	0,4 g/l (4/10¹)	0,8 g/l (8/10¹)

¹ bezogen auf die empfohlene Aufwandmenge von 3 l/ha NeemAzal-T/S bzw. 1 kg/ha XenTari im Freiland

Zusätzlicher Tastversuch in Hohenheim, Frühjahr 2001 (V 9)

Gleichzeitig zum Versuch in Hohenheim wurde auf den Sorten Idared und Jonagold ein Tastversuch mit zwei Wiederholungen angelegt. Zwei Varianten wurden ohne Kontrolle miteinander verglichen. Aus Platzgründen hatten diese beiden Varianten nicht mehr in den anderen Versuch hineingepasst. Jede Wiederholung bestand aus zwei Reihen Bäume einer Sorte, bei der Sorte Jonagold mit ca. 50 13-jährigen Bäumen/Reihe, bei der Sorte Idared mit ca. 70 6-jährigen Bäumen/Reihe. Die Reihen einer Sorte wurden in der Mitte geteilt (drei Zwischenbäume), und jede Variante in einer Wiederholung in die vordere und in einer Wiederholung in die hintere Hälfte gelegt.

Tab. 11: V 9: Varianten des Tastversuches zur Kombination von 3 l/ha NeemAzal-T/S (NA) und Bt (XenTari) auf *A. orana* - Larven im Freiland (Hohenheim, Frühjahr 2001).

		1. Behandlung (30.6)		2. Beh. (6.7.)
Variante (1. Beh. / 2. Beh.)		Konz. von NA	Konz. von Bt	Konz. von Bt
6	NA 3 l/ha / Bt 80%	3,0 ml/l (10/10¹)		0,8 g/l (8/10¹)
7	NA 3 l/ha +Bt 40% / Bt 80%	3,0 ml/l (10/10¹)	0,4 g/l (4/10¹)	0,8 g/l (8/10¹)

¹ bezogen auf die empfohlene Aufwandmenge von 3 l/ha NeemAzal-T/S bzw. 1 kg/ha XenTari im Freiland

Die Larven wurden gleichzeitig mit dem Hauptversuch am 1./2.5. eingenetzt, am 22./23.5 wurden die Netze geöffnet und wie im allgemeinen Methodenteil beschrieben bonitiert. Pro Variante wurden insgesamt 111 bzw. 102 Larven eingenetzt, auf Jonagold 41 bzw. 49 und auf Idared 61 bzw. 62.

2.6 Freilandversuche zur Kombination von NeemAzal-T/S und Capex

2.6.1 Praxisversuch in Kippenhausen im Jahr 1999 (V 13)

An einem Standort bei Kippenhausen (Bodensee) wurde in einer Praxisanlage überprüft, ob eine Spritzung mit NeemAzal-T/S im Frühjahr zusätzlich zur üblichen Capex - Behandlung eine Wirkungsverbesserung gegen den Schalenwickler ergibt.

Die Elstar - Anlage wurde in zwei Blöcke geteilt, ein Teil wurde nur mit Capex, der andere mit Capex und NeemAzal-T/S behandelt; dazwischen befand sich ein Weg. Capex wurde im Vergleich zur empfohlenen Behandlung zur Grünen und Roten Knospe etwas zu spät gespritzt, und zwar zur Roten Knospe zusammen mit NeemAzal-T/S und sechs Tage später (Tab. 12).

Jeweils nach den Behandlungen wurden am 26.4. und am 17.5. pro Parzelle Triebspitzen mit natürlichem Befall einer *A. orana* - Larve eingenetzt. Die Netze wurden am 31.5. abgenommen und wie im allgemeinen Methodenteil beschrieben bonitiert. Im Sommer wurden am 9.7. und am 21.7. Larven eingesammelt, einzeln zusammen mit zwei bis drei Blättern in kleinen Döschen aufbewahrt und im Labor bis zum Tod bzw. Schlupf gehalten.

Tab. 12: V 13: Varianten des Praxisversuches zur Kombination von NeemAzal-T/S (NA) und Capex auf *A. orana* - Larven im Freiland (Kippenhausen, 1999); RK = Rote Knospe Stadium

		1. Behandlung (25.4, RK)		2. Beh. (4.5.)
Variante		Konz. von Capex	Konz. von NA	Konz. von Capex
1	Capex	0,1 ml/l (10/10¹)		0,1 ml/l (10/10¹)
2	NA + Capex	0,1 ml/l (10/10¹)	3,0 ml/l (10/10¹)	0,1 ml/l (10/10¹)

¹ bezogen auf die empfohlene Aufwandmenge von 3 l/ha NeemAzal-T/S bzw. 100 ml/ha Capex im Freiland

Zusätzlich wurde über Trieb- und Fruchtbonituren neben der Mortalität der behandelten Generation auch der Verlauf des Befalls über die Vegetationsperiode festgestellt. Bonitiert wurden am 26.4., 17.5., 31.5., 9.7., 21.7. jeweils zwischen 400 bis 3000 Triebe / Variante bzw. am 2.9. 1000 Äpfel / Variante auf Fruchtschaden in Baumreihen, in denen keine Larven eingenetzt worden waren.

2.6.2 Kleinparzellenversuch in Pillnitz im Jahr 2000 (V 14)

Der Versuch fand in Zusammenarbeit mit Herrn Dr. Trapp und Frau Schmadlack auf der Versuchsstation für Gartenbau der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft in Pillnitz bei Dresden statt. Ziel war eine Wirkungsprüfung verschiedener NeemAzal-T/S - Capex-Kombinationen.

Auf der Versuchsfläche waren zehn verschiedene Apfelsorten in Gruppen von je sieben Bäumen frei randomisiert aufgepflanzt. Die Anlage wurde in acht Parzellen aufgeteilt, die jeweils aus fünf Reihen á 80 Bäumen bestanden. Jede dieser Parzellen enthielt alle Sorten. Alle Varianten, in denen das Viruspräparat Capex gespritzt wurde, lagen auf der südlichen Hälfte der Anlage und waren durch einen Weg und zusätzlich zehn Bäumen Sicherheitsabstand von den übrigen Parzellen getrennt, um mögliche beeinflussende Effekte durch Abdrift zu vermeiden.

Die Varianten sind in Tab. 13 dargestellt. Die Variante Mimic® wurde abweichend von den übrigen Varianten am 19.4. und 27.4. behandelt. Am 27.4. wurden pro Parzelle ca. 70 Triebspitzen mit natürlichem Befall einer *A. orana* - Larve (Mimic - Var.: 45 Triebspitzen) eingensetzt.

Tab. 13: V 14: Varianten des Kleinparzellenversuchs zur Kombination von NeemAzal-T/S (NA) und Capex auf *A. orana* - Larven im Freiland (Pillnitz, Frühjahr 2000); GK = Grüne Knospe Stadium; RK = Rote Knospe Stadium

Variante		1. Beh.(18.4. GK)	2. Behandlung (25.4. RK)	
		Konz. von Capex bzw. Mimic	Konz. von NA	Konz. von Capex bzw. Mimic
1	Kontrolle			
2	NA		3,0 ml/l (10/10¹)	
3	Capex red.	0,05 ml/l (5/10¹)		0,03 ml/l (3/10¹)
4	Capex voll	0,1 ml/l (10/10¹)		0,1 ml/l (10/10¹)
5	NA + Capex red.	0,05 ml/l (5/10¹)	3,0 ml/l (10/10¹)	0,03 ml/l (3/10¹)
6	NA + Capex voll	0,1 ml/l (10/10¹)	3,0 ml/l (10/10¹)	0,1 ml/l (10/10¹)
7	Mimic	0,5 ml/l (10/10¹)		0,5 ml/l (10/10¹)

¹ bezogen auf die empfohlene Aufwandmenge von 3 l/ha NeemAzal-T/S bzw. 100 ml/ha Capex bzw. 0,5 l/ha Mimic im Freiland

Die Netze wurden ca. einen Monat später am 24.5. abgenommen und wie im allgemeinen Methodenteil beschrieben bonitiert.

2.6.3 Praxisversuch in Borthem im Jahr 2000 (V 15)

In einem Praxisbetrieb bei Borthem (Sachsen) war in einer 60 ha großen Anlage der Besatz mit *A. orana* - Larven hoch genug, um einen Großparzellenversuch durchführen zu können. Zum einen wurde die Wirksamkeit einer NeemAzal-T/S - Capex - Kombination im Vergleich zu einer

NeemAzal-T/S - Behandlung unter Praxisbedingungen überprüft. Zum zweiten wurde der Effekt einer zusätzlichen Capex - Behandlung im Sommer zur üblichen Capex - Behandlung im Frühjahr getestet. Da es sich um eine private Obstanlage handelte, konnte jedoch keine unbehandelte Kontrolle angelegt werden.

Für den Versuch wurden 12 ha der Anlage bereitgestellt. Die ca. neun Jahre alte „Shampion“ - Anlage wurde zunächst in drei Blöcke unterteilt und vom Betrieb wie in Tab. 14 beschrieben behandelt. Im Sommer wurde Block 3 dann noch mal unterteilt (Block 3 und 4) und verschieden behandelt.

Im Frühjahr wurde der Ausgangsbefall durch eine Triebbonitur am 27.4. an 1000 Trieben/Variante festgestellt. Am 28.6 wurde der Sommerbefall von *A. orana* - Larven auf 1500 bis 4000 Trieben / Variante bonitiert. Zur Ernte wurde am 5.9. eine Fruchtbonitur an 2500 Äpfeln / Variante am Baum durchgeführt.

Tab. 14: V 15: Varianten (Blöcke) des Großparzellenversuches zur Kombination von NeemAzal-T/S (NA) und Capex auf *A. orana* - Larven im Freiland (Borthem, 2000). (GK = Grüne Knospe Stadium; RK = Rote Knospe Stadium)

		1. Beh. (19.4), GK	2. Beh. (26.4.), RK		3. Beh. (23.6.)
Variante		Konz. v. Capex	Konz. von NA	Konz. v. Capex	Konz. v. Capex
1	NA		2,5 ml/l (10/10¹)		
2	NA + Capex	0,1 ml/l (10/10¹)	2,5 ml/l (10/10¹)	0,1 ml/l (10/10¹)	
3	Capex	0,1 ml/l (10/10¹)		0,1 ml/l (10/10¹)	
4	Capex + Capex	0,1 ml/l (10/10¹)		0,1 ml/l (10/10¹)	0,01 ml/l (1/10¹)

¹ bezogen auf die empfohlene Aufwandmenge von 3 l/ha NeemAzal-T/S bzw. 100 ml/ha Capex im Freiland

2.6.4 Praxisversuch in Südtirol im Frühjahr 2000 (V 16)

Der Versuch fand in Südtirol in einer Praxisanlage mit ca. acht Jahre alten, buschigen Bäumen der Sorte Golden Delicious statt. Angelegt wurden zuerst vier Varianten - Kontrolle, NeemAzal-T/S, Capex und die Kombination von NeemAzal-T/S und Capex - von denen jede aus zwei Doppelreihen á ca. 40 Bäumen bestand. Die erste Behandlung mit 50 ml/ha Capex fand am 15.4.00 statt, die zweite mit 50 ml/ha Capex und 3 l/ha NA am 21.4.00. Gespritzt wurde vom Praktiker mit seiner eigenen Spritze und einem Wasseraufwand von 300 l/ha. Am 23./24.4.00 wurden Triebspitzen mit Larven eingenetzt, welche am 16.5.00 geöffnet und wie im allgemeinen Methodenteil beschrieben bonitiert wurden. Obwohl die Anlage vorher noch nie mit Capex behandelt worden war, die Behandlungen in den relativ windstillen frühen Morgen

durchgeführt und vier Doppelreihen als Puffer zwischen den Varianten mit und ohne Capex gelegt wurden, traten in der Kontrolle virusinfizierte Larven auf. Daher wurden die Daten aus der Kontrolle und der NeemAzal-T/S - Variante für das Ergebnis nicht mitverwendet.

3 Ergebnisse

3.1 Laborversuche zur Wirkung von *Bacillus thuringiensis*

3.1.1 Prüfung der Wirkung verschiedener Bt - Produkte auf *A. orana* (V 1)

Dieser Versuch diente dazu, die vermutete unterschiedliche Wirkung der *Bacillus thuringiensis* (Bt)-Präparate Dipel ES, Delfin und XenTari auf *A. orana* zu quantifizieren.

Bei der Behandlung mit dem Produkt Delfin starben die Larven schneller als bei Dipel und XenTari (Tab. 15). Bereits nach zehn Tagen trat bei diesem Mittel eine signifikant höhere Larvmortalität auf. Bezogen auf die gesamte präimaginale Mortalität allerdings unterschied sich die Wirkung der drei Produkte auf die Larven von *A. orana* nicht mehr signifikant, und Delfin wies nur noch eine tendenziell höhere Mortalität auf. Trotzdem wurde für die weiteren Versuche XenTari eingesetzt, da Delfin keine Zulassung für den Obstbau besitzt.

Tab. 15: V 1: Wirkung verschiedener Bt - Präparate auf *Adoxophyes orana* - Larven (= N) auf Apfelbäumchen (= Wdh.) im Labor

N = Anzahl eingensetzter Tiere; Mort_L = Larvmortalität; Mort_L 10 / 24 = Larvmortalität 10 bzw. 24 Tage nach Behandlung; Mort_P = Puppenmortalität; Mort_{GES.} = gesamte präimaginale Mortalität; A = geschlüpfte Imagines; WG = WG (Abbott); WG_B = Wirkungsgrad der Behandlung; alle Angaben (außer Wdh. und N) in %

	Wdh	N	Mort _L 10 (%)	Mort _L 24 (%)	Mort _L (%)	Mort _P (%)	Mort _{GES} (%)	A (%)	WG _B (%)
Kontrolle	12	48	2 a ¹	6 a	10	0	10	90 a	
1/20 ² Dipel ES	12	48	19 b	44 b	52	2	54	46 b	49
1/20 ² Delfin	12	48	44 c	60 b	60	3	63	37 b	58
1/20 ² XenTari	12	48	23 b	49 b	51	6	57	43 b	52
1/40 ² Delfin	12	48	10 ab	23 a	25	4	29	71 c	21

¹ Werte mit gleichem Index unterscheiden sich nicht auf dem alpha < 0,05 Niveau, χ^2 -Test

² bezogen auf die empfohlene Aufwandmenge von Bt von 1 kg/ha; 1/20 entspricht 0,05 g/l

3.1.2 Wirkungsverbesserung von Bt durch Zugabe von Kalk (V 2)

In diesem Tastversuch wurde überprüft, ob und in welchem Ausmaß Kalk die Wirkung einer Bt - Behandlung auf *A. orana* - Larven verbessern kann (Tab. 16). Dem Bt - Präparat XenTari wurde einmal reiner Kalk (CaCO₃) sowie der Algenkalk Alkamarin jeweils in relativ hohen Dosen von 0,5% (5 g/l) zugegeben.

Tab. 16: V 2: Wirkung zweier Kalkzusätze zu XenTari (Bt) auf *A. orana* - Larven (= N) auf Apfelbäumchen (= Wdh.) im Labor

N = Anzahl eingetzter Tiere; Mort_L = Larvalmortalität; Mort_P = Puppenmortalität; Mort_{GES.} = gesamte präimaginale Mortalität; A = geschlüpfte Imagines; WG = WG (Abbott); WG_B = Wirkungsgrad der Behandlung; alle Angaben (außer Wdh. und N) in %

	Wdh	N	Mort _L (%)	Mort _P (%)	Mort _{GES.} (%)	A (%)	WG _B (%)
Kontrolle	12	47	0	2	2	98 a	
CaCO ₃	5	20	0	5	5	95 ab	3
Alkamarin	5	19	16	0	16	84 b	14
Bt	12	48	46	6	52	48 c	51
Bt + CaCO ₃	12	48	42	6	48	52 c	47
Bt + Alkamarin	12	48	44	2	46	54 c	45

¹ Werte mit gleichem Index unterscheiden sich nicht auf dem alpha < 0,05 Niveau, χ^2 -Test

Durch die alleinige Behandlung von Bt wurde ein Wirkungsgrad von 51% erreicht. Dies konnte durch Zugabe von Kalk weder beim reinen Kalk noch beim Alkamarin verbessert werden, tendenziell lagen die Wirkungsgrade dieser Varianten sogar niedriger als bei Bt allein. Die Behandlung mit Alkamarin zeigte einen gewissen Eigeneffekt mit einem Wirkungsgrad von 14%.

3.2 Labor- und Halbfreilandversuche zur Kombination von NeemAzal-T/S und *Bacillus thuringiensis*

3.2.1 Kombination von Bt mit einer geringen Konzentration von NeemAzal-T/S (V 3)

In diesem Versuch wurde getestet, ob sich aus der Kombination einer geringen Aufwandmenge NeemAzal-T/S mit Bt in drei verschiedenen Konzentrationen im Vergleich zu den Einzelvarianten eine synergistische Wirkung auf die Mortalität von *Adoxophyes orana* ergibt. Die Konzentration von NeemAzal-T/S war so gewählt, dass bei alleiniger Anwendung eine verzögerte Mortalität im Puppenstadium auftritt.

In der NeemAzal-T/S - Variante trat eine reine Puppenmortalität von 20% ein, die Larvenmortalität unterschied sich nicht von der Kontrolle (Tab. 17). Dagegen wiesen sowohl die Bt - Einzelvarianten als auch die Kombinations - Varianten höhere Larvenmortalitäten, aber nur geringe Puppenmortalitäten auf.

Tab. 17: V 3: Übersicht über die WG_B (Wirkungsgrad der Behandlung, nach Abbott) dreier Bt - Konzentrationen (Dipel ES) kombiniert mit einer subletalen Konzentration von NeemAzal-T/S (NA; 0,1 ml/l) auf *A. orana* - Larven im Labor (vollständige Daten im Anhang).

WG_B in %	ohne Bt	Bt 0,025 ml/l (1/40) ²	Bt 0,033 ml/l (1/30) ²	Bt 0,05 ml/l (1/20) ²
ohne NA	-- a	28 b	61 de	81 e
mit NA	22 b	22 b	31 bc	53 cd

¹ Werte mit gleichem Index unterscheiden sich bezogen auf die gesamte präimaginale Mortalität nicht auf dem $\alpha < 0,05$ Niveau, χ^2 -Test

² Werte in Klammern: im Verhältnis zur empfohlenen Aufwandmenge von 1 l/ha Dipel im Freiland

Die Zugabe dieser gering letalen Dosis von NeemAzal-T/S zu Bt verschlechterte die Wirkung von Bt auf die Larven von *A. orana* signifikant bei den beiden höheren Bt - Konzentrationen bzw. tendenziell bei der niedrigeren Bt - Konzentrationen (Antagonismus).

Die Wirkung von NeemAzal-T/S wurde durch die Zugabe der beiden höheren Konzentrationen von Bt verbessert, bei der Zugabe der niedrigen Konzentration veränderte sich diese nicht.

3.2.2 Kombination von NeemAzal-T/S mit einer geringen Konzentration von Bt (V 4)

In diesem Halbfreilandversuch wurde NeemAzal-T/S in Kombination mit Capex oder Dipel ES an *Adoxophyes orana* - Larven getestet, die in einer Vegetationshalle auf dreijährige Topfbäumen aufgebracht wurden. Die Ergebnisse der Capex - Varianten sind im Ergebnisteil der Capex - Versuche dargestellt.

Für die verwendeten Konzentrationen konnte in diesem Versuch kein additiver Effekt der Kombination nachgewiesen werden (Tab. 18). Mit einem Wirkungsgrad von 64% trat in der Kombinationsvariante eine tendenziell geringere Wirkung ein als in der Variante mit NeemAzal-T/S mit einer relativ hohen WG von 85%. Die geringe Bt - Wirkung allein von 11% konnte durch die Zugabe der hohen NeemAzal-T/S Konzentration verbessert werden.

Tab. 18: V 4: Wirkung der Kombination von Bt (0,1 ml/l Dipel ES) und NeemAzal-T/S (NA; 0,5 ml/l) auf *A. orana* - Larven (= N) im Halbfreiland auf getopften Apfelbäumen (= Wdh.)

N = Anzahl eingensetzter Tiere; Mort_L = Larvalmortalität; Mort_P = Puppenmortalität; Mort_{GES.} = gesamte präimaginale Mortalität; A = geschlüpfte Imagines; WG = WG (Abbott); WG_B = Wirkungsgrad der Behandlung; alle Angaben (außer Wdh.und N) in %

	Wdh	N	Mort _L (%)	Mort _P (%)	Mort _{GES} (%)	A (%)	WG _B (%)
Kontrolle	4	36	25 a ¹	3	28	72 a ¹	
NA	4	33	62 c	30	91	9 b	85
Bt	4	35	37 ab	0	37	63 a	11
NA + Bt	4	35	48 bc	26	74	26 b	64

¹ Werte mit gleichem Index unterscheiden sich nicht auf dem alpha < 0,05 Niveau, χ^2 -Test

3.2.3 Kombination hoher NeemAzal-T/S - Konzentrationen mit verschiedenen Konzentrationen von Bt (V 5)

In diesem Versuch sollte, ähnlich einer Mittelprüfung, herausgefunden werden, bei welchen Konzentrationen von NeemAzal-T/S und Bt eine Kombination der beiden Mittel eine höhere oder schnellere Mortalität der Larven von *A. orana* bewirkt als die einzelnen Mittel. Da im Jahr 1999 in vielen Anlagen kaum natürlicher Befall auftrat, wurde der Versuch mit Larven aus einer Laborzucht durchgeführt, die zu diesem Zwecke im Freiland ausgesetzt wurden.

Tab. 19: V 5: Übersicht der WG_B (Wirkungsgrade der Behandlung, nach Abbott) der Kombinationen verschiedener Konzentrationen von XenTari (Bt) und NeemAzal-T/S (NA) auf Zuchtlarven von *A. orana* im Freiland (Hohenheim 1999, vollständige Daten im Anhang).

WG _B in %	ohne Bt	0,2 g/l Bt (2/10) ²	0,4 g/l Bt (4/10) ²
ohne NA	-- a ¹	55 b ¹	74 bc ¹
1,25 ml/l NA (4/10) ²	93 c ¹	94 c ¹	94 c ¹
2,0 ml/l NA (7/10) ²	95 c ¹	94 c ¹	93 c ¹

¹ Werte mit gleichem Index unterscheiden sich bezogen auf die gesamte präimaginale Mortalität nicht auf dem alpha < 0,05 Niveau, Scheffé - Test

² Wert in Klammern: im Verhältnis zur empfohlenen Aufwandmenge von 1 kg/ha XenTari bzw. 3 l/ha NeemAzal-T/S im Freiland

In ihrer Gesamtmortalität unterschieden sich die Varianten, in denen NeemAzal-T/S allein oder in Kombination angewendet wurde, unabhängig von den angewendeten Konzentrationen, nicht (Tab. 19). Abgesehen von der Kontrolle wiesen nur die Bt - Einzelvarianten konzentrationsabhängig eine geringere Mortalität auf. Die NeemAzal-T/S-Einzelvarianten haben jedoch im Vergleich zu den Kombinationsvarianten eine höhere Puppenmortalität, daher starben die Tiere, die nur mit NeemAzal-T/S behandelt wurden, später. Dies ist auch beim Befallsverlauf (Abb. 1 und Tab. 20) erkennbar. Parasitoide waren nur in einer geringen Zahl als Puppenparasitoide hauptsächlich in der Kontrolle vertreten.

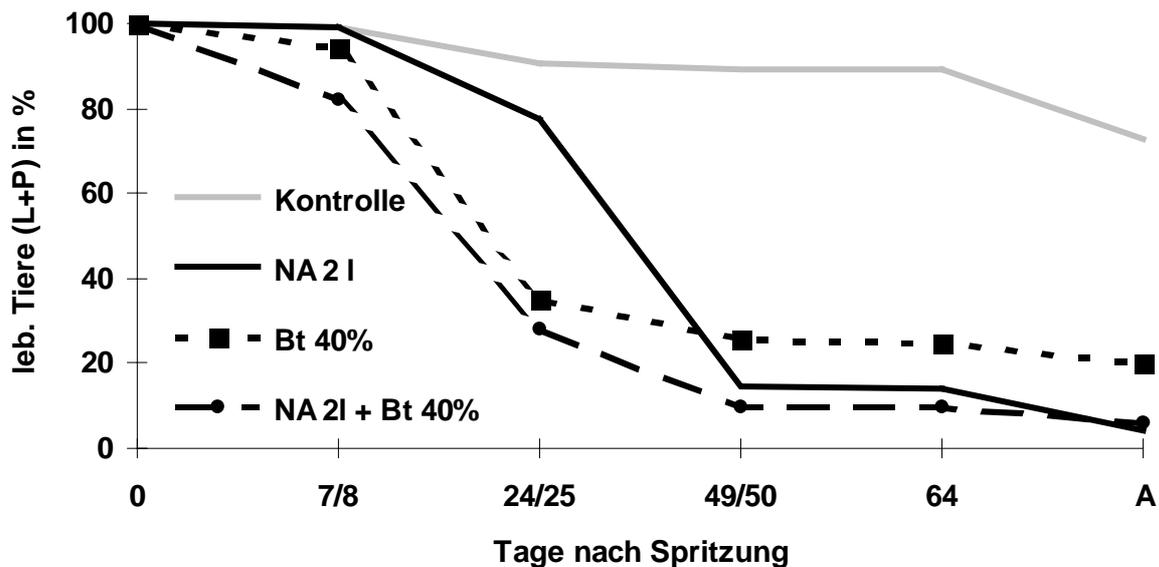


Abb. 1: V 5: Varianten mit 2,0 l/ha NeemAzal-T/S und 0,4 g/l Bt: prozentualer Anteil lebender Larven und Puppen zu den Boniturterminen sowie Anzahl geschlüpfter Adulter (A)

Exemplarisch ist in Abb.1 der Befallsverlauf von vier Varianten dargestellt. Es ist zu sehen, dass die Larven in der Kombinationsvariante NeemAzal-T/S 2 l + 40% Bt schneller absterben als in den Einzelvarianten NA 2 l und 40% Bt. Als Parameter für die Geschwindigkeit, mit der die Larven absterben, wurde die negative Steigung des Befallsverlaufes zwischen den einzelnen Boniturtagen errechnet (Tab. 20).

Im Verlauf ist zu sehen, dass die Larven in den Bt - Varianten - vor allem in der Variante mit höherer Konzentration - schneller absterben als in den NeemAzal-T/S - Varianten. Obwohl sich die gesamte präimaginale Mortalität der NeemAzal-T/S und der Kombinationsvarianten nicht unterscheidet (Tab. 19), ist die Mortalität in den NeemAzal-T/S - Varianten zuerst relativ gering und holt erst nach dem 25. Tag auf. Die Steigung der Kombinationsvarianten mit 40% Bt war sowohl in der ersten Woche als auch bis zum 25. Tag immer höher als die Steigung der NeemAzal-T/S Einzelvarianten, die Kombinations - Varianten mit 20% Bt in der ersten Woche tendenziell höher, dann auch signifikant. Im Vergleich zu den Bt - Einzelvarianten war die Steigung in den Kombinationen tendenziell bis signifikant höher, zwischen dem 7. bis 25. Tag gleich und nach dem 25. Tag tendenziell höher. Offensichtlich tritt daher nach der Behandlung ein additiver Kombinationseffekt der beiden Mittel auf, der sich aber später wieder aufhebt.

Tab. 20: V 5: Übersicht über die Steigung² des Befallsverlaufes vom 0. - 7. Tag / 7. - 25. Tag / 25. - 64. Tag nach Behandlung (Hohenheim 1999)

0. - 7. Tag	ohne Bt	0,2 g/l Bt	0,4 g/l Bt
ohne NA	0,08² a¹	0,10 a	0,68 ab
1,25 ml/l NA	0,00 a	0,92 ab	1,72 bc
2,0 ml/l NA	0,09 a	1,11 abc	2,32 c
7. - 25. Tag			
ohne NA	0,48 a	2,27 bc	3,39 c
1,25 ml/l NA	0,24 a	2,64 bc	3,06 c
2,0 ml/l NA	1,28 ab	2,83 c	3,07 c
25. - 64. Tag			
ohne NA	0,04 a	0,48 ab	0,26 ab
1,25 ml/l NA	1,63 c	0,80 b	0,57 ab
2,0 ml/l NA	1,63 c	0,78 b	0,48 ab

¹ Werte mit gleichem Index unterscheiden sich bezogen auf die Steigung zwischen zwei Boniturtagen nicht auf dem $\alpha < 0,05$ Niveau, Scheffè - Test

² für die Berechnung der Steigung siehe Material und Methoden

3.2.4 Zusammenfassung

Keine Kombination brachte einen additiven oder synergistischen Effekt. Ein hoher Wirkungsgrad von NeemAzal-T/S von 85 bis 95% wurde durch eine Zugabe von Bt nicht (WG von Bt von 55 bis 74%) oder nur tendenziell (WG von Bt von 11%) verringert. Eine fast subletale Dosis von NeemAzal-T/S mit einem WG von 22% wurde durch eine Zugabe von Bt einer geringen Konzentration (WG 28%) nicht verändert, durch die Zugabe einer höheren Bt - Konzentration (WG 61-81%) erhöht. Ein mittlerer bis hoher WG von Bt von 55 bis 81% wurde durch eine geringe NeemAzal-T/S - Konzentration (WG 22%) signifikant verschlechtert, durch eine hohe NeemAzal-T/S - Konzentration (WG über 90%) verbessert. Eine niedrige Dosis von Bt von 11 bis 28% konnte durch eine niedrige NeemAzal-T/S - Dosis nicht verbessert werden, durch eine hohe von 85% schon.

Allgemein setzte sich immer das Mittel in der stärkeren Konzentration durch und bestimmte den WG der Kombination. Allerdings trat - vor allem wenn das andere Produkt in einer geringeren Konzentration verwendet wurde - in der Kombination auch geringere WG auf als beim höher dosierten Einzelmittel.

3.3 Labor- und Halbfreilandversuche zur Kombination von NeemAzal-T/S und Capex

3.3.1 Kombination unterschiedlicher Konzentrationen von NeemAzal-T/S und Capex (V 10)

In diesem Laborversuch wurden mögliche Kombinationseffekte von NeemAzal-T/S und Capex an *Adoxophyes orana* in Abhängigkeit von verschiedenen Konzentrationen getestet. Das Kottrockengewicht diente als Maßstab für die Fraßaktivität der Larven in den ersten sechs Tagen nach der Behandlung (Tab. 21).

Tab. 21: V 10: Wirkung verschiedener NeemAzal-T/S - Konzentrationen sowie einer Zugabe von Capex auf das Fraßverhalten von *A. orana* - Larven. Parameter ist der Mittelwert des Kottrockengewichts pro vier Wickler bis zum 3. bzw. vom 3. bis zum 6. Tag nach der Behandlung.

Kottrockengewicht in mg		0. bis 3. Tag	3. bis 6. Tag
1	Kontrolle	8,2 ± 5,1 a¹	17,0 ± 4,5 a¹
2	NA 1/250	7,4 ± 2,6 a¹	15,5 ± 5,1 a¹
3	NA 1/100	9,2 ± 3,3 a¹	14,3 ± 5,0 ab¹
4	NA 1/10	7,8 ± 3,0 a¹	8,8 ± 4,1 b¹
16	Capex 1/6 + NA 1/10	8,3 ± 3,0 a¹	11,0 ± 4,1 ab¹

¹ Werte mit gleichem Index unterscheiden sich nicht auf dem alpha < 0,05 Niveau, Tukey-Test

Nach drei Tagen unterschieden sich die Varianten nicht voneinander. Sechs Tagen später trat in der Variante mit der höchsten NeemAzal-T/S - Konzentration eine deutliche, in den beiden niedrigeren NeemAzal-T/S - Konzentrationen eine tendenzielle Verringerung der Fraßaktivität ein. Die erhöhte Fraßhemmung bei der Steigerung der NeemAzal-T/S - Konzentration von 1/100 zu 1/10 deckt sich mit dem Ergebnis der Wirkungsgrade dieser Varianten (Tab. 22), die dort ebenfalls eine starke Zunahme der Mortalität verzeichnen. Für die Fragestellung war vor allem die Kotmenge der Kombination interessant. Die Zumischung von Capex zu NeemAzal-T/S führte zu keiner zusätzliche Fraßminderung bei *A. orana*. Tendenziell konnte in dieser Kombinationsvariante eine leicht höhere Fraßaktivität festgestellt werden.

Tab. 22: V 10: Übersicht über die WG_B (Wirkungsgrad der Behandlung, nach Abbott) der Kombination verschiedener Konzentrationen von NeemAzal-T/S (NA) und Capex auf *A. orana* - Larven im Labor (vollständige Daten im Anhang).

WG in %	ohne Capex	Capex 1/1000	Capex 1/100	Capex 1/6
ohne NA	-- ab	30 cd	78 ef	96 fg
NA 1/250	- 9 a	22 bcd	78 ef	100 g
NA 1/100	13 abc	43 d	74 e	96 fg
NA 1/10	91 efg	87 efg	100 g	96 fg

¹ Werte mit gleichem Index unterscheiden sich bezogen auf die gesamte präimaginale Mortalität nicht auf dem $\alpha < 0,05$ Niveau, χ^2 -Test

In dem Versuch hatte keine der Kombinationsvarianten eine signifikant höhere Wirkung im Vergleich zu den jeweiligen Einzelvarianten (Tab. 22). Eine niedrige oder mittlere Capex - Wirkung von 30 bzw. 78% konnte durch die Zugabe einer hohen NeemAzal-T/S - Konzentration verbessert werden, durch eine niedrige NeemAzal-T/S - Konzentration dagegen nicht. Eine niedrige NeemAzal-T/S - Wirkung von -9 bzw. 13% konnte durch eine Zugabe von Capex immer verbessert werden, die Kombinationsvarianten unterschieden sich nicht von der jeweiligen Capex - Einzelvariante.

Tab. 23: V 10: Wirkung der Kombination verschiedener Konzentrationen von NeemAzal-T/S und Capex auf *A. orana* - Larven im Labor: Mortalität in den Kombinationsvarianten ($Mort_{(NA+C)}$) verglichen mit dem Wert des unabhängigen Synergismus nach BENZ (1971) ($Mort_{unabh.}$)

$Mort_{(NA+C)} / Mort_{unabh.}$	Capex 1/1000	Capex 1/100	Capex 1/6
NA 1/250	33 / 45	81 / 82	100 / 96
NA 1/100	52 / 56	78 / 86	96 / 97
NA 1/10	89 / 96	100 / 99	93 / 100

Die beobachtete Mortalität in den Kombinationsvarianten war immer niedriger oder vergleichbar mit dem nach BENZ (1971) errechneten Erwartungswert bei einem unabhängigen Synergismus (Tab. 23).

3.3.2 Kombination von NeemAzal-T/S mit einer geringen Konzentration von Capex (V 4)

In diesem Halbfreilandversuch wurde die Wirkung von NeemAzal-T/S in Kombination mit Capex oder Dipel ES an *Adoxophyes orana* aus dem Labor getestet. Die Ergebnisse der Bt - Varianten sind im Ergebnisteil der Bt - Versuche dargestellt.

Tab. 24: V 4: Wirkung der Kombination von Capex (0,005 ml/l) und NeemAzal-T/S (NA, 0,5 ml/l) auf *A. orana* - Larven (N) im Halbfreiland auf getopften Apfelbäumen (= Wdh.)

Mort_L = Larvalmortalität; Mort_P = Puppenmortalität; Mort_{GES.} = gesamte präimaginale Mortalität; A = geschlüpfte Imagines; WG = WG (Abbott); WG_B = Wirkungsgrad der Behandlung; alle Angaben (außer Wdh. und N) in %

	Wdh	N	Mort _L (%)	Mort _P (%)	Mort _{GES} (%)	A (%)	WG _B (%)
Kontrolle	4	36	25 a	3	28	72 a ¹	
NA	4	33	62 b	30	91	9 b	88
Capex	4	36	28 a	11	39	61 a	15
NA + Capex	4	36	58 b	33	92	8 b	89

¹ Werte mit gleichem Index unterscheiden sich nicht auf dem alpha < 0,05 Niveau, χ^2 -Test

Die Anwendung von 0,5 ml/l NeemAzal-T/S einzeln oder kombiniert mit 0,005 ml/l Capex ergab in diesem Versuch eine Wirkungsgrad von 88 bis 89 %. Die Zugabe der relativ geringen Konzentration von Capex konnte daher die NeemAzal-T/S - Wirkung nicht erhöhen (Tab. 24). Die niedrigere Wirkung von Capex von 15% wurde durch die Zugabe der relativ hohen NeemAzal-T/S - Konzentration auf 89% erhöht. Der zu erwartende Kombinationseffekt bei einem unabhängigen Synergismus nach BENZ (1971) liegt bei 95% leicht höher als die beobachteten 92%.

3.3.3 Zeitgleiche und zeitversetzte Kombination von NeemAzal-T/S und Capex (V 11)

In diesem Versuch traten bei der Kombination von Capex oder NeemAzal-T/S - zeitgleich oder zeitversetzt angewendet - keine synergistischen Effekte auf (Tab. 25). Sowohl die NeemAzal-T/S - Wirkung der ersten Behandlung von 53% als auch die der zweiten Behandlung von 79% konnten durch eine Zugabe von Capex mit einer geringen Wirkung von 7 bzw. 24% nicht verbessert werden. Die geringen Capex - Wirkungen konnten von der hohen Wirkung der zweiten NeemAzal-T/S - Behandlung verbessert werden.

Tab. 25: V 11: Übersicht über die WG_B (Wirkungsgrad der Behandlung, nach Abbott) einer zeitgleichen bzw. zeitversetzten Kombination von NeemAzal-T/S (NA) und Capex im Halbfreiland (vollständige Daten im Anhang)

WG in %	ohne NA	NA	NA später
ohne Capex	-- a	53 bc	79 c
Capex 1/50	7 a		66 c
Capex 1/10	24 ab	57 bc	77 c

¹ Werte mit gleichem Index unterscheiden sich bezogen auf die gesamte präimaginale Mortalität nicht auf dem $\alpha < 0,05$ Niveau, Tukey - Test

Tab. 26: V 11: Wirkung der zeitgleichen bzw. zeitversetzten Kombination von NeemAzal-T/S und Capex auf *A. orana* - Larven im Halbfreiland: Mortalität der Kombinationsvarianten ($Mort_{(NA+C)}$), verglichen mit dem Wert des unabhängigen Synergismus nach BENZ (1971) ($Mort_{unabh.}$)

$Mort_{(NA+C)} / Mort_{unabh.}$	NA	NA später
Capex 1/50		72% / 83%
Capex 1/10	65% / 76%	81% / 89%

Die beobachtete Mortalität in den Kombinationsvarianten war immer niedriger als der nach BENZ (1971) errechnete Erwartungswert für einen unabhängigen Synergismus (Tab. 26).

3.3.4 Kombination einer mittleren Konzentration von NeemAzal-T/S mit einer geringen Konzentration von Capex (V 12)

Auch in diesem Tastversuch traten bei der Kombination von Capex oder NeemAzal-T/S keine synergistischen Effekte auf (Tab. 27).

Die Wirkung der NeemAzal-T/S - Behandlung von 54% (WG_B) konnte durch eine Zugabe von Capex einer geringen Wirkung von 14% nicht erhöht werden. Die niedrige Capex - Wirkung wurde durch die NeemAzal-T/S - Zugabe gesteigert. Der zu erwartende Kombinationseffekt bei einem unabhängigen Synergismus nach BENZ (1971) liegt bei 76%, also höher als die beobachteten 68%.

Tab. 27: V 12: Wirkung einer Kombination von 0,01 ml/l Capex und 1,25 ml/l NeemAzal-T/S (NA) auf *Adoxophyes orana* - Larven im Tastversuch im Freiland mit ausgesetzten Labortieren (Hohenheim, Sommer 1999).

N = Anzahl eingensetzter Tiere; Mort_L = Larvalmortalität; Mort_P = Puppenmortalität; Mort_{GES} = gesamte präimaginale Mortalität; Parasit. = Anteil Parasitierung; Pa = geschlüpfte Parasitoide; Mort_{Pa} = gestorbene Parasitoide; A = geschlüpfte Imagines; WG = WG (Abbott); WG_S = Wirkungsgrad auf das System; WG_B = Wirkungsgrad der Behandlung; alle Angaben (außer N) in %

	N	Mort _L (%)	Mort _P (%)	Mort _{GES} (%)	WG _B (%)	Parasit (%)	Mort _{Pa} (%)	Pa (%)	A (%)	WG _S (%)	A/Pa
Kontr	74	20	1	22 a ¹		31	4	27	47 a ¹		1,7
NA	80	58	6	64 b ¹	54	24	19	5	13 b ¹	74	2,6
Capex	90	28	4	32 a ¹	14	23	0	23	44 a ¹	6	1,9
NA + Capex	105	46	21	67 b ¹	57	18	10	9	15 b ¹	68	1,7

¹ Werte mit gleichem Index unterscheiden sich nicht auf dem alpha < 0,05 Niveau, χ^2 -Test

Es trat eine relativ hohe Parasitierung von 20 bis 30% auf. Bis auf die Parasitierung einer Larve mit einem Puppenparasit handelte es sich dabei um den Larvalparasiten *C. florus*.

3.3.5 Zusammenfassung

In diesen Labor- und Halbfreilandversuchen, in denen mit im Labor gezüchteten Larven gearbeitet wurde, konnten keine synergistischen Effekte einer Kombination von NeemAzal-T/S und Capex auf *A. orana* nachgewiesen werden. Abhängig von den verwendeten Konzentrationen traten aber teilweise additive, daher voneinander unabhängige Kombinationseffekte auf. Die Kombination einer geringen Capex - Konzentration mit einem WG von 14 bis 39% und einer mittleren bis hohen NeemAzal-T/S - Konzentration mit einem WG von 53 bis 91% ergab keine signifikante Veränderung, verglichen mit der NeemAzal-T/S - Einzelvariante. Die Zugabe einer geringen Capex - Konzentration hatte daher keinen messbaren Einfluss auf den Gesamtwirkungsgrad von NeemAzal-T/S. In V 10 wurde zusätzlich mit hohen Capex - Konzentrationen und niedrigen NeemAzal-T/S - Konzentrationen gearbeitet. Dabei war die beobachtete gesamte präimaginale Mortalität immer geringer oder vergleichbar hoch mit dem nach BENZ (1971) errechneten Wert für unabhängigen Synergismus. Das gleiche gilt für Versuch V 11, in dem auch mit zeitversetzter Kombination von NeemAzal-T/S und Capex gearbeitet wurde.

3.4 Freilandversuche zur Kombination von NeemAzal-T/S und *Bacillus thuringiensis*

3.4.1 Kleinparzellenversuch bei Wackersheim im Frühjahr 2000 (V 6)

Der Versuch zur Wirkungsprüfung der verschiedenen Bt / Neem - Kombinationen in Wackersheim (nähe Mainz) im Frühjahr 2000 ergab in allen Varianten verhältnismäßig niedrige Wirkungsgrade von maximal 48% (Tab. 28). Dies läßt sich möglicherweise auf die unerwartet kühlen Bedingungen von 7 bis 12°C Tagesmitteltemperatur an den elf Tagen nach der ersten Behandlung zurückführen. Da alle eingesetzten Mittel Fraßgifte sind, können sie erst wirken, wenn die Larven stärkere Fraßaktivität zeigen.

Trotz dieser geringen Wirkung der Mittel lassen sich zwischen den Behandlungen Unterschiede feststellen. Die Einzelvariante NeemAzal-T/S 3 l wies mit 43% WG_B eine tendenziell höhere Wirkung gegen die Larven von *A. orana* auf als die Kombinationen von NeemAzal-T/S 3 l mit 40% bzw. 60% XenTari. Demgegenüber ergab die Einzelvariante Neem 2 l eine schlechtere Wirkung als die Kombination Neem 2 l mit 40% Bt. Die Mischung von Neem mit einem Bt - Präparat hatte daher konzentrationsabhängig antagonistische oder additive Effekte.

Neben der Einzelvariante NeemAzal-T/S 3 l wirkte einzig die Variante 8, in der nach der Kombination von 2 l NeemAzal-T/S mit 40% Bt eine zweite Behandlung mit 60% Bt erfolgte, signifikant besser als die Kontrolle. Allerdings starben in der Einzelvariante NeemAzal-T/S 3 l/ha nur 32% der Tiere als Larven und 19% der Tiere im Puppenstadium. Dies bedeutet einen späteren Tod und somit ein höherer Fraßschaden als in Variante 8, in der bereits 51% der Tiere als Larven starben und nur 3% als Puppen. Die Variante des Bt - Splittings ohne NeemAzal-T/S, welches auf den Nachbarbäumen durchgeführt wurde, brachte mit 35% Mortalität eine tendenziell geringere Mortalität als die Variante 8 mit 54%, in der auch NeemAzal-T/S gespritzt wurde. Die Parasitierungsrate war gering, kleinere Unterschiede waren aber erkennbar. Um hierzu eine gesicherte Aussage treffen zu können, müssten wesentlich größere Freilandaufsammlungen zugrunde liegen, was den Umfang des Versuches gesprengt hätte.

Tab. 28: V 6: Wirkung verschiedener Kombinationen von NeemAzal-T/S (NA) und Bt auf *A. orana* - Larven im Freiland (Wackersheim, Frühjahr 2000)

N = Anzahl eingensetzter Tiere; Mort_L = Larvalmortalität; Mort_P = Puppenmortalität; Mort_{GES.} = gesamte präimaginale Mortalität; Parasit. = Anteil Parasitierung; Pa = geschlüpfte Parasitoide; Mort_{Pa} = gestorbene Parasitoide; A = geschlüpfte Imagines; WG = WG (Abbott); WG_S = Wirkungsgrad auf das System; WG_B = Wirkungsgrad der Behandlung; alle Angaben (außer N) in %

	N	Mort _L (%)	Mort _P (%)	Mort _{GES.} (%)	WG _B (%)	Parasit. (%)	Mort _{Pa} (%)	Pa (%)	A (%)	WG _S (%)	A/Pa
Kontrolle	99	10	5	15 a		2	0	2	83 a ¹		39,7
NA 2 l	118	18	13	31 ab	18	3	0	3	66 ab	20	21,6
NA 3 l	115	32	19	52 b	43	2	0	2	47 b	43	29,0
Bt 40%	108	26	5	31 ab	18	1	0	1	68 ab	17	68,3
Bt 60%	108	35	2	37 ab	26	0	0	0	62 ab	25	-
NA 3 l + Bt 40%	117	34	6	41 ab	30	0	0	0	59 ab	28	-
NA 3 l + Bt 60%	123	27	8	35 ab	24	1	0	1	64 ab	23	84,6
NA 2 l +Bt 40%, / 60% Bt	106	51	3	54 b	45	3	0	3	43 b	48	14,8
NA 2 l + Bt 40%	112	31	5	36 ab	24	5	0	5	59 ab	29	11,4
Mimic	110	15	4	19	5	7	1	6	73	12	10,0
Bt 40% / 60% Bt	104	30	5	35	24	2	1	1	63	24	36,5

¹ Werte mit gleichem Index unterscheiden sich nicht auf dem alpha < 0,05 Niveau, Tukey-Test

3.4.2 Kleinparzellenversuche in Hohenheim im Sommer 2000 (V 7 und V 8)

Im Versuch 7 wurde in allen drei Varianten die Bt - Behandlung auf zwei Termine gesplittet (Tab. 29). Die Variante, in der bei der ersten Bt - Behandlung 2 l/ha NeemAzal-T/S zugegeben wurde (NA 2l + Bt, Bt später), hatte mit 88% WG_B eine signifikant höhere Wirkung als die beiden Varianten ohne bzw. mit 1 l/ha NeemAzal-T/S mit 69% bzw. 74%.

Tab. 29: V 7: Wirkung verschiedener Kombinationen von NeemAzal-T/S (NA) und XenTari (Bt) auf *Adoxophyes orana* - Larven im Freiland (Hohenheim, Sommer 2000)

N = Anzahl eingetzter Tiere; Mort_L = Larvalmortalität; Mort_P = Puppenmortalität; Mort_{GES} = gesamte präimaginale Mortalität; Parasit. = Anteil Parasitierung; Pa = geschlüpfte Parasitoide; Mort_{Pa} = gestorbene Parasitoide; A = geschlüpfte Imagines; WG = WG (Abbott); WG_S = Wirkungsgrad auf das System; WG_B = Wirkungsgrad der Behandlung; alle Angaben (außer N) in %

	N	Mort _L (%)	Mort _P (%)	Mort _{GES} (%)	WG _B (%)	Parasit. (%)	Mort _{Pa} (%)	Pa (%)	A (%)	WG _S (%)	A/Pa
Kontrolle	168	11	2	13 a		11	1	10	76 a ¹		7,5
Bt Bt später	112	72	1	73 b	69	3	1	2	24 b	68	13,5
NA 1 I+Bt, Bt später	185	71	6	77 b	74	1	0	1	22 b	72	20,0
NA 2 I+Bt, Bt später	133	83	6	89 c	88	4	1	2	7 c	91	4,5

¹ Werte mit gleichem Index unterscheiden sich nicht auf dem alpha < 0,05 Niveau, χ^2 -Test

Tab. 30: V 8: Wirkung verschiedener Kombinationen von NeemAzal-T/S (NA) und XenTari (Bt) auf *A. orana* - Larven im Freiland (Hohenheim, Sommer 2000)

N = Anzahl eingetzter Tiere; Mort_L = Larvalmortalität; Mort_P = Puppenmortalität; Mort_{GES} = gesamte präimaginale Mortalität; Parasit. = Anteil Parasitierung; Pa = geschlüpfte Parasitoide; Mort_{Pa} = gestorbene Parasitoide; A = geschlüpfte Imagines; WG = WG (Abbott); WG_S = Wirkungsgrad auf das System; WG_B = Wirkungsgrad der Behandlung; alle Angaben (außer N) in %

	N	Mort _L (%)	Mort _P (%)	Mort _{GES} (%)	WG _B (%)	Parasit. (%)	Mort _{Pa} (%)	Pa (%)	A (%)	WG _S (%)	A/Pa
Kontrolle	76	18	5	24 a		20	1	18	57 a ¹		3,1
NA 2 I, Bt später	153	70	8	78 b	71	3	1	2	14 b	76	7,0
NA 2 I+Bt, Bt später	173	61	12	73 b	64	3	1	2	18 b	68	7,8

¹ Werte mit gleichem Index unterscheiden sich nicht auf dem alpha < 0,05 Niveau, χ^2 -Test

Im Versuch 8 wurde eine Variante (NA 2 I + Bt, Bt später) wie in Versuch 7 angelegt, und mit der gleichen Behandlung ohne Bt zum ersten Termin (NA 2 I, Bt später) verglichen. Die beiden Varianten unterschieden sich im Wirkungsgrad nicht signifikant voneinander (Tab. 30). Tendenziell wies die Variante ohne Bt bei der ersten Behandlung eine höhere Wirkung auf. In beiden Versuchen trat nur in der Kontrolle eine höhere Parasitierungsrate von 10 bzw. 18% auf.

3.4.3 Kleinparzellenversuch in Hohenheim im Frühjahr 2001 (V 9)

In diesem Versuch wurde, wie in Versuch 8 aus dem Vorjahr, die Wirkung der Variante „NA 2I+Bt, Bt später“ im Vergleich zur gleichen Behandlung ohne Bt zum ersten Termin (NA 2I, Bt später) untersucht. Auf Grund einer größeren Versuchsparzelle konnten in diesem Versuch auch Einzelvarianten mit verglichen werden.

Tab. 31: V 9: Wirkung verschiedener Kombinationen von NeemAzal-T/S (NA) und XenTari (Bt) auf *A. orana* - Larven im Freiland sowie zwei Kombinationsvarianten mit 3 l/ha NeemAzal-T/S in einer angrenzenden Anlage als Tastversuch (Hohenheim, Frühjahr 2001)

N = Anzahl eingetzter Tiere; Mort_L = Larvalmortalität; Mort_P = Puppenmortalität; Mort_{GES} = gesamte präimaginale Mortalität; Parasit. = Anteil Parasitierung; Pa = geschlüpfte Parasitoide; Mort_{Pa} = gestorbene Parasitoide; A = geschlüpfte Imagines; WG = WG (Abbott); WG_S = Wirkungsgrad auf das System; WG_B = Wirkungsgrad der Behandlung; alle Angaben (außer N) in %

	N	Mort _L (%)	Mort _P (%)	Mort _{GES} (%)	WG _B (%)	Parasit. (%)	Mort _{Pa} (%)	Pa (%)	A (%)	WG _S (%)	A/Pa
Kontr	117	11	5	16 a ¹		24	4	20	60 a ¹		3,0
NA 2 I	108	32	22	54 b	45	14	5	9	35 b	42	4,1
Bt später	117	72	7	78 c	74	5	1	4	17 bc	72	4,0
NA 2 I, Bt später	146	83	8	91 c	90	4	0	4	4 c	94	0,9
NA 2 I+Bt, Bt später	106	92	1	93 c	92	1	0	1	7 c	88	8,3
NA 3 I, Bt später	111	93	5	98	-	0	0	0	2	-	
NA 3 I+Bt, Bt später	102	99	0	99	-	0	0	0	1	-	

¹ Werte mit gleichem Index unterscheiden sich nicht auf dem alpha < 0,05 Niveau, Tukey-Test

Die Einzelvariante „Bt später“ erzielte mit einem WG_B von 74% einen unerwartet hohen Wert (Tab. 31). Dies lag möglicherweise an den unerwartet hohen Temperaturen nach der zweiten Behandlung (sechs Tage mit einer Tagesmitteltemperatur von 16 bis 18°C und kein Regen). Die beiden Kombinationsvarianten erzeugten mit 90 bzw. 92 % eine etwa gleich hohe Wirkung und lagen signifikant höher als die NeemAzal-T/S - Einzelvariante und tendenziell höher als die Variante „Bt später“.

Gleichzeitig mit dem Hauptversuch wurden zwei weitere Varianten auf anderen Apfelsorten angelegt. Dieser Tastversuch hatte die Klärung der gleichen Frage zum Ziel - der Unterschied zwischen den Varianten mit und ohne zusätzlicher Bt - Behandlung beim ersten Termin - diesmal allerdings mit 3 l/ha NeemAzal-T/S bei der ersten Behandlung. Zwischen den beiden Varianten konnte kein signifikanter Unterschied festgestellt werden, die WG_B lagen mit 98 bzw. 99% sehr hoch, Parasitoide schlüpfen keine.

3.4.4 Zusammenfassung

Wie auch schon in den Laborversuchen traten in den Freilandversuchen keine eindeutigen additiven Effekte bei der gleichzeitigen Kombination von NeemAzal-T/S und Bt auf, die Kombination erzielte teilweise höhere, teilweise niedrigere Wirkungsgrade als die Einzelvarianten (Versuch 6). Eine zweite Behandlung mit 60 bis 100% Bt sechs bis zwölf Tage nach der ersten brachte aber höhere Wirkungsgrade. Dabei stellte sich heraus, dass die Komponente 2 l/ha NeemAzal-T/S bei der ersten Behandlung ein entscheidender Faktor für einen hohen Wirkungsgrad ist, die Zugabe von 40% Bt zur ersten Behandlung dagegen nicht. Letztere verschlechtert aber den Wirkungsgrad auch nicht, ist also möglich. Dies gilt auch, wenn 3 l/ha NeemAzal-T/S angewendet werden. In den Versuchen wurde die Wirkung der Behandlung auf die behandelten Larven untersucht, Langzeiteffekte wurden nicht erfasst.

3.5 Freilandversuche zur Kombination von NeemAzal-T/S und Capex

3.5.1 Praxisversuch in Kippenhausen im Jahr 1999 (V 13)

In diesem Versuch wurden zwei Blöcke einer Anlage verglichen. Der eine wurde nur mit der praxisüblichen Capex - Aufwandmenge im Frühjahr behandelt, der andere zusätzlich noch mit 3 l/ha NeemAzal-T/S zur Roten Knospe.

Im Kombinations-Block wurde mit 2,5% Larven / Trieb im Vergleich zur reinen Capex - Behandlung mit 1,1 % ein höherer Ausgangsbefall bonitiert (Tab. 32). Trotzdem konnte im Sommer (21. Juli) in der Kombinationsbehandlung mit NeemAzal-T/S ein geringerer Triebbefall und im Herbst ein geringerer Fruchtschaden beobachtet werden als in der Variante mit alleiniger Capex - Spritzung.

Tab. 32: V 13: Wirkung einer Capex - Behandlung mit und ohne NeemAzal-T/S (NA) auf *A. orana* - Larven in einem Versuch in einer Praxisanlage (Kippenhausen 1999); alle Angaben beziehen sich auf mit *A. orana* - Larven befallene Triebe bzw. von *A. orana* - Larven geschädigte Früchte in %

Datum		Capex	Capex +NA	WG ³ der zusätzlichen NA - Behandlung
26.4.	Triebbonitur	1,11 a (1,11 a)¹	2,50 a (2,50 a)¹	
17.5.	Triebbonitur	0,30 a (0,60 a)¹	0,20 a (0,80 a)¹	
31.5.	Triebbonitur	0,17 a (0,17 a)¹	0,17 a (0,17 a)¹	
9.7.	Triebbonitur	1,20 a (1,20 a)¹	1,30 a (1,30 a)¹	52%
21.7.	Triebbonitur	1,76 a (4,45 a)¹	0,87 b (2,36 b)¹	77%
2.9.	Fruchtbonitur	1,10 a	0,40 a	84%

¹ Werte mit gleichem Index innerhalb einer Zeile unterscheiden sich nicht auf dem alpha < 0,05 Niveau, χ^2 -Test

² Zahl in Klammern: Befall inklusive frischer, leerer Taschen / Gespinste

³ WG nach Henderson-Tilton (UNTERSTENHÖFER 1963), berechnet mit dem Befall inklusive frischer, leerer Taschen / Gespinste

Zusätzlich zur Triebbonitur wurden im Frühjahr auch mit Larven befallene Triebe eingenetzt bzw. im Sommer Tiere eingesammelt.

Aus den Larven, die einen Tag nach der ersten Spritzung am 26. April eingenetzt wurden, entwickelten sich in der Capex - Behandlung 34% adulte *A. orana* und 16% adulte Parasitoide, im Kombinations - Block 14% adulte *A. orana* und 15% Parasitoide (Tab. 33). Der prozentuale Anteil geschlüpfter Parasitoide wird daher durch einen Zusatz von NeemAzal-T/S nicht beeinflusst. Der Anteil adulter *A. orana* konnte hingegen um ca. 60% reduziert werden. Durch die Zugabe von NeemAzal-T/S konnte daher das Verhältnis von geschlüpften Parasitoiden zu geschlüpften adulten *A. orana* zu Gunsten der Parasitoide verschoben werden.

Bei dem zweiten Termin im Frühjahr konnte nur noch eine geringe Anzahl von *A. orana* - Larven gefunden und eingenetzt werden. Es ergaben sich auch keine statistischen Unterschiede zwischen den Behandlungen. Tendenziell wiesen die Larven der Kombinations - Variante zwar eine geringere Mortalität und mehr geschlüpfte Imagines, aber auch einen höheren Anteil adulter Parasitoide auf.

Tab. 33: V 13: Wirkung einer Capex - Behandlung mit und ohne NeemAzal-T/S (NA) auf *Adoxophyes orana* - Larven der behandelten Frühjahrsgeneration und der folgenden Sommergeneration in einem Versuch in einer Praxisanlage (Kippenhausen 1999)

N = Anzahl eingensetzter/ingesammelter Tiere; Mort_L = Larvalmortalität; Mort_P = Puppenmortalität; Mort_{GES.} = gesamte präimaginale Mortalität; Parasit. = Anteil Parasitierung; Pa = geschlüpfte Parasitoide; Mort_{Pa} = gestorbene Parasitoide; A = geschlüpfte Imagines; WG = WG (Abbott); WG_S = Wirkungsgrad auf das System; WG_B = Wirkungsgrad der Behandlung; alle Angaben (außer N) in %

	N	Mort _L (%)	Mort _P (%)	Mort _{ges} (%)	WG _B (%)	Parasit. (%)	Mort _{Pa} (%)	Pa (%)	A (%)	WG _S (%)	A/Pa
26.4.99											
Capex	58	38	9	47 a ¹		19	3	16	34 a ¹		2,2
Capex + NA	74	41	19	59 b ¹	24	27	12	15	14 b ¹	61	0,9
17.5.99											
Capex	24	50	21	71 a ¹		21	8	13	8 a ¹		0,7
Capex + NA	37	43	11	54 a ¹	- 58	35	5	30	11 a ¹	- 30	0,4
9.7.99											
Capex	12	0	8	8 a ¹		42	0	42	50 a ¹		1,2
Capex + NA	14	0	0	0 a ¹	- 9	71	0	71	29 a ¹	42	2,4
21.7.99											
Capex	74	31 (28) ²	8	39 a ¹		41	3	38	20 a ¹		0,5
Capex + NA	42	10 (10) ²	7	17 b ¹	- 36	52	5	48	31 a ¹	- 55	0,6

¹ Werte mit gleichem Index unterscheiden sich nicht auf dem alpha < 0,05 Niveau, χ^2 -Test

² die Zahl in Klammern gibt den Prozentsatz toter Larven mit nachgewiesener Virusinfektion an

Im Sommer wurden bei der ersten Sammlung am 9. Juli nur sehr wenige Larven gefunden. In beiden Blöcken trat keine Larvenmortalität auf, dafür aber eine relativ hohe Parasitierungsrate. Aus den Larven entwickelten sich in dem Block mit der Capex - Behandlung im Frühjahr 50% adulte *A. orana* und 42% adulte Parasitoide, im Kombinations - Block 29% adulte *A. orana* und 71% Parasitoide (Tab. 33). Im Kombinations - Block konnten daher auf Grund der unterschiedlich hohen Parasitierungsraten ca. 40% weniger adulte *A. orana* schlüpfen.

Am 21. Juli war eine höhere Populationsdichte von *A. orana* - Larven festzustellen, es konnten mehr Larven eingesammelt werden. Obwohl im Sommer nicht erneut behandelt wurde, konnten bei dieser zweiten Sommersammlung in beiden Blöcken virusinfizierte Larven gefunden werden, allerdings in unterschiedlicher Höhe: Im Kombinations - Block starben 10% als Larven, alle an nachgewiesener Virusinfektion, im Capex - Block 31%, davon 28% mit nachgewiesener Infektion. Aus den Larven entwickelten sich in Capex - Block 20% adulte *A. orana* und 38% adulte Parasitoide, im Kombinations - Block 31% adulte *A. orana* und 48% Parasitoide (Tab. 33). Trotz höherer Parasitierungsrate schlüpfen daher 55% mehr Imagines von *A. orana* im Kombinations - Block.

Der Kombinations - Block wies durchgehend eine höhere Parasitierungsrate auf. Nur bei den Larven, die direkt nach der NeemAzal-T/S - Behandlung eingenetzt wurden, war in dem Block mit NeemAzal-T/S eine höhere Mortalität der Parasitoiden festzustellen.

3.5.2 Kleinparzellenversuch in Pillnitz im Jahr 2000 (V 14)

In diesem Versuch wurde die Kombinationswirkung zweier Konzentrationen von Capex und einer Konzentration von NeemAzal-T/S (NA) auf *Adoxophyes orana* - Larven geprüft (Tab. 34; ausführliche Daten im Anhang Tab. A-5). NeemAzal-T/S allein verursachte mit 66% eine signifikant geringere Mortalität als die Kombinationsvarianten mit 78 bis 97%. Bezogen auf den Prozentsatz geschlüpfter Imagines ergab sich kein Unterschied. Diese unterschiedlichen Aussagen ergeben sich durch die hohe Parasitierungsrate in der NeemAzal-T/S - Variante. Die Zugabe von NeemAzal-T/S zu Capex ergab unabhängig von der verwendeten Konzentration keine geringere Anzahl geschlüpfter *A. orana* - Falter. Allerdings erhöhte sie „auf Kosten einer geringeren Anzahl von Parasitoiden“ die Larven- und Puppenmortalität, im Falle der vollen Capex - Aufwandmenge sogar signifikant. In der konventionell mit Mimic (zweimalige Anwendung) behandelten Kontrolle schlüpfen keine *A. orana* - Adulte.

Tab. 34: V 14: Wirkung (WG_B = Wirkungsgrade der Behandlung, WG_S = Wirkungsgrad auf das System, nach Abbott) zweier Konzentrationen von Capex und einer Konzentration von NeemAzal-T/S (NA) einzeln und in Kombination auf *A. orana* - Larven im Freiland (Pillnitz 2000, vollständige Daten im Anhang)

WG_B / WG_S in %	ohne Capex	Capex red.	Capex voll
ohne NA	-- a / -- a	78 cd / 88 bc	72 bc / 88 bcd
mit NA	56 b / 89 bcd	88 de / 87 b	96 e / 98 cd

¹ Werte mit gleichem Index unterscheiden sich, bezogen auf die gesamte präimaginale Mortalität (WG_B) bzw. auf den Anteil geschlüpfter *A. orana* – Imagines (WG_S), nicht auf dem $\alpha < 0,05$ Niveau, χ^2 -Test

Die beobachtete Mortalität in den Kombinationsvarianten lag bei der Variante mit reduzierter Capex - Menge leicht unter, in der mit voller Aufwandmenge an Capex leicht über dem nach BENZ (1971) errechneten Erwartungswert bei einem unabhängigen Synergismus (Tab. 35).

Tab. 35: V 14: Wirkung der Kombination von Capex und NeemAzal-T/S (NA) auf *A. orana* - Larven im Freiland (Pillnitz 2000): Mortalität der Kombinationsvarianten ($Mort_{(NA+C)}$) verglichen mit dem Wert des unabhängigen Synergismus nach BENZ (1971) ($Mort_{unabh.}$)

$Mort_{(NA+C)} / Mort_{unabh.}$	Capex red.	Capex voll
mit NA	91% / 94%	97% / 93%

3.5.3 Praxisversuch in Borthem im Jahr 2000 (V 15)

In Block 1 und 2 wurde mit 0,6 und 0,7% befallenen Trieben ein geringerer Ausgangsbefall als in Block 3 und 4 mit 2,9 % festgestellt (Tab. 36). Da der Ausgangsbefall für eine Versuchsinterpretation entscheidend ist, wurden vor allem die Ergebnisse von Block 1 und 2 und von Block 3 und 4 miteinander verglichen. Im nur mit Neem behandelten Block 1 trat im Sommer mit 2,1% bereits ein tendenziell höherer Triebbefall auf als im Block 2 (NA + Capex) mit 1,7%.

Tab. 36: V 15: Wirkung einer Capex - Behandlung im Frühjahr mit und ohne zusätzlicher Capex - Behandlung im Sommer sowie einer NeemAzal-T/S (NA)- Behandlung im Frühjahr mit und ohne Capex im Frühjahr auf die Population von *A. orana* in einer Praxisanlage (Borthem, 2000)

Befall in %	Block 1 NA	Block 2 Capex + NA	WG (HT ³) der Zusatzbehandlung Capex
Triebbefall 27.4.00	0,6	0,7	
Triebbefall 28.6.00	2,1 a¹ (2,3 a)²	1,7 a (1,9 a)	29
Fruchtbefall 5.9.00	1,0 a	0,4 b	66

Befall in %	Block 3 Capex	Block 4 Capex + Capex	WG (HT ³) der Zusatzbehandlung Capex
Triebbefall 27.4.00	2,9	2,9	
Triebbefall 28.6.00	4,4 a¹ (4,7 a)²	6,0 b (6,5 b)	- 38
Fruchtbefall 5.9.00	0,6 a	0,2 b	66

¹ Werte mit gleichem Index unterscheiden sich nicht auf dem alpha < 0,05 Niveau, χ^2 -Test

² Zahl in Klammern: Befall inklusive frischer, leerer Taschen / Gespinste

³ HT = Henderson-Tilton, der WG wurde mit dem Befall inklusive frischer, leerer Taschen / Gespinste berechnet

Bei der Erntebonitur wurde dieser Trend bestätigt, in der NeemAzal-T/S - Variante waren 1,0% der Früchte durch Fraß von *A. orana* beschädigt, im Kombinationsblock mit 0,4% signifikant weniger. Der Zusatz von Virus zur NeemAzal-T/S - Behandlung im Frühjahr brachte daher in diesem Versuch eine verbesserte Regulierung von *A. orana*. Allerdings ist der Fruchtschaden für eine abgesicherte Aussage in beiden Blöcken zu gering.

Block 3, der im Frühjahr nur mit Capex behandelt worden war, wurde im Sommer in Block 3 und 4 aufgeteilt, Block 4 noch mal mit 1/10 der üblichen Aufwandmenge von Capex gespritzt. Obwohl diese Variante im Sommer mit 6,0% einen höheren Triebbefall aufwies als Block 3 mit 4,4%, war der Fruchtschaden mit 0,24% beschädigten Früchten signifikant geringer als im Block 3 mit 0,6%.

Durch die zusätzliche Ausbringung einer geringen Dosis von Capex im Sommer zur üblichen Frühjahrsbehandlung konnte daher in diesem Versuch der Fruchtschaden noch mal wirksam verringert werden. Auch hier gilt allerdings, dass der Fruchtschaden für eine sichere Aussage in beiden Blöcken zu gering war.

Im Sommer wurde in allen vier Varianten eine Sommersammlung von *A. orana* -Larven durchgeführt (Tab. 37).

Tab. 37: V 15: Wirkung einer Capex - Behandlung im Frühjahr mit und ohne zusätzlicher Capex - Behandlung im Sommer sowie einer NeemAzal-T/S (NA) - Behandlung im Frühjahr mit und ohne Zusatz von Capex im Frühjahr auf *A. orana* - Sommerlarven in einer Praxisanlage (Borthem, 2000)

N = Anzahl eingesammelter Tiere; Mort_L = Larvalmortalität; Mort_P = Puppenmortalität; Mort_{GES.} = gesamte präimaginale Mortalität; Parasit. = Anteil Parasitierung; Pa = geschlüpfte Parasitoide; Mort_{Pa} = gestorbene Parasitoide; A = geschlüpfte Imagines; WG = WG (Abbott); WG_S = Wirkungsgrad auf das System; WG_B = Wirkungsgrad der Behandlung; alle Angaben (außer N) in %

		N	Mort _L (%)	Mort _P (%)	Mort _{GES} (%)	WG _B (%)	Parasit. (%)	Mort _{Pa} (%)	Pa (%)	A (%)	WG _S (%)	A/Pa
1	NA	55	7 (5) ²	5	13 ab ¹		7	0	7	80 ab ¹		11,4
2	Capex + NA	82	11(10) ²	1	12 a ¹	- 1	5	1	4	83 ab ¹	- 4	20,8
3	Capex	119	8 (8) ²	0	8 a ¹		6	1	5	86 a ¹		17,2
4	Capex +Capex	110	24(22) ²	2	25 b ¹	18	1	0	1	74 b ¹	16	74,0

¹ Werte mit gleichem Index unterscheiden sich nicht auf dem alpha < 0,05 Niveau, χ^2 -Test

² die Zahl in Klammern gibt den Prozentsatz toter Larven mit nachgewiesener Virusinfektion an

In den Blöcken 1 und 2 wurden keine Unterschiede hinsichtlich der Mortalität oder der Anzahl geschlüpfter Imagines gefunden (Tab. 37). Die zusätzliche Virusgabe zur NeemAzal-T/S Frühjahrsbehandlung hatte daher keine Wirkung auf die Mortalität der Larven der Sommergeneration. In Block 3 und 4 ergaben sich signifikante Unterschiede: Die zusätzliche Capex - Behandlung im Sommer bewirkte bei den Larven dieser Generation eine um 18 % höhere Mortalität.

3.5.4 Praxisversuch in Südtirol im Frühjahr 2000 (V 16)

In diesem Versuch wurde die Wirkung einer reduzierten Menge von Capex mit und ohne NeemAzal-T/S im Frühjahr auf die Larven der Frühjahrsgeneration untersucht. Aus den Larven entwickelten sich in Capex - Block 46% adulte *A. orana*, im Kombinations - Block 6% (Tab. 38). Die zusätzliche Behandlung mit NeemAzal-T/S konnte daher die Anzahl geschlüpfter Imagines um fast 90% verringern. Die Parasitierungsrate war mit 1 bis 2% unbedeutend gering.

Tab. 38: V 16: Wirkung einer reduzierten Menge von Capex im Frühjahr mit und ohne NeemAzal-T/S (NA) auf die behandelte Generation von *A. orana* - Larven in einer Praxisanlage (Südtirol 2000)

N = Anzahl eingetzter Tiere; Mort_L = Larvalmortalität; Mort_P = Puppenmortalität; Mort_{GES.} = gesamte präimaginale Mortalität; Parasit. = Anteil Parasitierung; Pa = geschlüpfte Parasitoide; Mort_{Pa} = gestorbene Parasitoide; A = geschlüpfte Imagines; WG = WG (Abbott); WG_S = Wirkungsgrad auf das System; WG_B = Wirkungsgrad der Behandlung; alle Angaben (außer N) in %

	N	Mort _L (%)	Mort _P (%)	Mort _{GES.} (%)	WG _B (%)	Parasit. (%)	Mort _{Pa} (%)	Pa (%)	A (%)	WG _S (%)	A/Pa
Capex	96	44	8	52 a		2	1	1	46 a		
NA + Capex	99	77	16	93 b	85	1	1	0	6 b	87	

¹ Werte mit gleichem Index unterscheiden sich nicht auf dem alpha < 0,05 Niveau, χ^2 -Test

3.5.5 Zusammenfassung

In den Freilandversuchen bestätigen sich die Ergebnisse der Labor- und Halbfreilandversuche, dass NeemAzal-T/S und Capex unabhängig voneinander auf die Larven von *A. orana* wirken. In den Versuchen V 13 und V 16 bewirkte die Capex - Behandlung eine geringe Mortalität von *A. orana* von 50 - 60%. Diese Mortalität konnte durch die Zugabe von 3 l/ha NeemAzal-T/S erhöht werden, dabei lag der WG dieser zusätzlichen NeemAzal-T/S - Behandlung bei 30 - 43%. Im Versuch V 14 dagegen, in dem die die Capex – Behandlung eine Mortalität von 90%

und mehr lag, konnte durch die Zugabe von NeemAzal-T/S kaum eine Verbesserung der Wirksamkeit erreicht werden. In Versuch 15 ließ sich die Wirkung des Neempräparates durch Capex verbessern, allerdings konnte aufgrund des insgesamt geringen Befalls und Fruchtschadens die Versuchsfrage aber nur tendenziell positiv beantwortet werden. Bei den Triebbonituren in zwei Versuchen wurde außerdem eine höhere Wirksamkeit der Kombination – Behandlung gefunden, als bei der Bonitur der direkten Mortalität in den Netzen festgestellt wurde.

4 Diskussion

Das Ziel der vorliegenden Arbeit war die Entwicklung einer Strategie zur praxisgerechten Bekämpfung des Apfelschalengewicklers *Adoxophyes orana* mit Kombinationen von NeemAzal-T/S sowie den Entomopathogenen *Bacillus thuringiensis* (Bt) und *Adoxophyes orana* - Granulovirus (AoGV).

4.1 Wirkung von *Bacillus thuringiensis*

4.1.1 Vergleich verschiedener Bt - Produkte unter Laborbedingungen

Der erfolgreiche Einsatz von Bt - Produkten gegen *A. orana* ist abhängig von der Wahl der Bt - Unterart bzw. -Varietät und deren Formulierung mit der höchstmöglichen Wirksamkeit. Daher wurden verschiedene Bt - Produkte an *A. orana* getestet, um in den Versuchen ein Präparat mit größtmöglicher Wirksamkeit verwenden zu können. Parameter für die Wirksamkeit ist dabei neben der Gesamtmortalität auch der Zeitpunkt des Absterbens, da dieser die Größe des Fraßschadens mitbestimmt. Als Vergleichsgrundlage für die eingesetzte Menge und die Wirkung der verschiedenen Produkte können dabei der vom Hersteller angegebene IU - Wert, die Konzentration in g/l oder die für das Freiland zugelassene Aufwandmenge herangezogen werden.

Im vorliegenden Versuch wurde jeweils 1/20 der für das Freiland zugelassenen Aufwandmenge verwendet. Getestet wurden Dipel ES (mind. 17.600 IU/mg), Delfin (mind. 32.000 IU/mg) und XenTari (mind. 15.000 IU/mg) in der Konzentration 0,05 g/l bzw. 0,05 ml/l.

Nach der Behandlung mit dem Produkt Delfin (Bt *kurstaki*) starben bis zum zehnten Tag statistisch signifikant mehr Larven als bei Dipel ES (Bt *kurstaki*) und XenTari (Bt *aizawai*). Bezogen auf die gesamte präimaginale Mortalität unterschied sich allerdings die Wirkung der drei Produkte auf die Larven von *A. orana* nicht. Da Delfin einen etwa doppelt so hohen IU - Wert aufweist wie die anderen Produkte, wurde es zusätzlich in der Konzentration von 0,025 g/l getestet, um die Produkte bei ähnlichem IU - Wert vergleichen zu können. 1/40 Delfin unterschied sich nach zehn Tagen nur tendenziell von 1/20 XenTari und 1/20 Dipel ES, ab dem 24. Tag wirkte es jedoch signifikant schlechter. Die schnellere Wirkung von 1/20 Delfin könnte auf den höheren IU - Wert zurückzuführen sein.

Auch Untersuchungen von CHARMILLOT (1998, unveröff.) bestätigten die gute Wirksamkeit des Produktes Delfin. Er testete im Labor acht verschiedene Bt - Produkte an *A. orana*, indem er frischgeschlüpfte Larven eine Woche lang auf behandelten Blättern fressen ließ. Dabei war Delfin eines der beiden Produkte mit der geringsten LC₅₀. XenTari und Dipel wurden nicht mitgetestet.

Untersuchungen von IORATTI et al. (1995) bekräftigen diese Bewertung. Sie verglichen u.a. Dipel 2x und Delfin an *A. orana* auf behandelten Blättern im Labor und fanden - bezogen auf die Mortalität bis zum zwölften Tag - keine signifikanten Unterschiede zwischen der Wirkung der beiden Produkte. Bei dem Vergleich der Versuche von IORATTI et al. mit den hier

beschriebenen sind die verwendeten Konzentrationen zu beachten. Dipel 2x (Granulat, mind. 32.000 IU/mg) ist im Vergleich zu Dipel ES (Flüssigformulierung, mind. 17.600 IU/mg) anders formuliert und hat einen ca. doppelt so hohen IU - Wert. Es ist in Deutschland im Vergleich zu Dipel ES in halber Aufwandmenge zugelassen. IORATTI et al. (1995) verglichen Dipel 2x mit Delfin in gleichen Konzentrationen (g/l), so dass der IU - Wert für Dipel und Delfin gleich hoch war. In Bezug auf die in Deutschland erlaubte Aufwandmenge war Dipel aber doppelt so hoch konzentriert wie Delfin. In ihrer Untersuchung gab es keinen Unterschied in der von Dipel 2x oder Delfin verursachten Mortalität bis zum zwölften Tag. In dem hier vorliegenden Versuch verursachte 1/20 Delfin bis zum zehnten Tag eine ca. doppelt so hohe Mortalität wie 1/20 Dipel ES; 1/40 Delfin unterschied sich nur tendenziell von 1/20 Dipel ES. Die Ergebnisse gleichen sich daher und unterstreichen die Bedeutung des Parameters IU - Wert für die Mortalität nach zehn bis zwölf Tagen und damit für die Schnelligkeit des Absterbens.

Für die Gesamtmortalität dagegen scheint der IU - Wert kein entscheidender Parameter zu sein. Offensichtlich ist zwar die Anfangsmortalität bei beiden Produkten bei vergleichbarem IU - Wert ähnlich hoch, aber nach der Behandlung mit Delfin können sich mehr Larven vom primären Fraßstop erholen und sich bis zum adulten Tier entwickeln. Allerdings ist bei diesen Überlegungen zu beachten, dass die IU - Werte nur eine untere Grenze angeben und in einzelnen Chargen der Produkte erheblich schwanken und deutlich über den angegebenen Wert liegen können (LANGENBRUCH, BBA Darmstadt, mündl. Mitteilung 2000). Die exakten IU - Werte der verwendeten Produkte sind daher unbekannt.

Da die Produkte Dipel und Delfin der gleichen Subspezies *Bt kurstaki* angehören, kommen als mögliche Ursachen für die Ergebnisse eine unterschiedliche Wirksamkeit der verwendeten Stämme auf *A. orana* - Larven sowie Unterschiede bei der Formulierung in Frage.

IORATTI et al. (1995) testeten auch XenTari (*Bt aizawai*) gegen *A. orana* - Larven und fanden meist eine geringere Wirksamkeit als bei Anwendung der beiden *Bt kurstaki* - Produkte. Die Ursachen für diesen Unterschied zum hier beschriebenen Versuch sind unklar. Allerdings fanden IORATTI et al. im hohen Konzentrationsbereich eine vergleichbare und sogar höhere Wirksamkeit des Produktes XenTari, verglichen mit Delfin und Dipel 2x. Sie führten diese unterschiedliche Wirkungsweise auf die verschiedenen Bt - Stämme in den Produkten zurück.

Im Falle einer Markteinführung wäre daher Delfin das interessanteste Bt - Produkt zur Bekämpfung von *A. orana*. Bezieht man die positiven Nebeneffekte der Subspezies *aizawai* auf schädlichen Noctuiden im Obstbau wie z.B. verschiedene *Agrotis* - Arten in die Bewertung mit ein, dann ist das in Deutschland zugelassene und auf dem Markt erhältliche Produkt XenTari sehr interessant. Aufgrund der fehlenden Zulassung von Delfin für den Obstbau in Deutschland wurden daher die Freilandversuche dieser Arbeit - anstatt wie bisher mit Dipel - mit dem Produkt XenTari durchgeführt.

4.1.2 Wirkung einer Zugabe von Kalk zu Bt unter Laborbedingungen

Die Formulierung von Pflanzenschutzmitteln hat generell eine entscheidende Bedeutung für deren Wirksamkeit. Auch Zusatzstoffe, wie Fraßstimulantien (z.B. Zucker bei Bt - Produkten)

können die Wirksamkeit je nach Witterungsbedingungen weiter erhöhen (CHARMILLOT et al. 1996, unveröff.).

Je nach Wirkungsmechanismus ergeben sich unterschiedliche Anforderungen an die Formulierung. Allgemein kann die Mortalität von Lepidopteren - Larven durch Bt je nach Art durch das Toxin, durch die Spore oder durch eine Kombination beider bewirkt werden (WEGLER 1981; KRIEG 1989). Die Raupen von *A. orana* werden durch das Bt - Toxin allein im vollen Umfang (VAN DER GEEST 1981) oder doch hauptsächlich (UNDORF und HUBER 1986) abgetötet. Das Wirkungsoptimum des Bt - Toxins im Mitteldarm von Lepidopteren liegt bei einem hohen pH - Wert. Je höher der pH - Wert ist, desto besser kann sich das Toxinkristall lösen (KRIEG 1986) und das Toxin wirken (GRINGORTEN et al. 1992). Dabei beeinflusst die Art der Nahrung den pH des Mitteldarms (SCHULTZ und LECHOWICZ 1986). Daher ergab sich die Frage, ob die Wirksamkeit von Bt gegenüber *A. orana* durch Zusatz von alkalisch wirkendem Kalk zur Nahrung gesteigert werden kann.

HAFEZ et al. (1998) konnten in Laborversuchen mit verschiedenen Zusätzen zu Bt bei Calciumcarbonat eine Wirkungsverbesserung von Bt (Dipel 2x) gegenüber Larven von *Ostrinia nubilalis* Hübner und *Chilo agamemnon* Bleszynski feststellen. Als Ursache dafür vermuteten sie eine bessere Löslichkeit des Toxins durch eine pH - Veränderung im Magen. Daneben diskutierten sie als Ursache eine Erhöhung der Enzymaktivität, da Metall-Ionen als Co-Faktoren bei Enzymen wirken.

Entgegen diesen positiven Ergebnissen aus der Literatur konnte in dem durchgeführten Laborversuch die Wirkung von XenTari durch die Zugabe von Ca^{++} weder in Form von Kalk noch in Form von Alkamarin verbessert werden. Bt kann bei den verschiedenen Lepidopterengattungen und -arten von sehr schnellem Absterben bis zu 100% Überleben sehr unterschiedliche Wirkung hervorrufen (PEACOCK et al. 1998). Da die verschiedenen Lepidopterengattungen und -arten verschieden hohe pH-Werte im Magen aufweisen und der pH-Wert im Magen einen hohen Einfluss auf die Wirksamkeit von Bt hat (KRIEG 1986), kann dies eine Erklärung für die abweichenden Ergebnisse aus der Literatur und den hier beschriebenen Versuch sein. Der genaue pH - Wert im Magen von *A. orana* - Larven wurde bisher nicht gemessen. Aufgrund der beobachteten Reaktion auf Bt ist *A. orana* vermutlich nach dem System von KRIEG (1986) der Gruppe II mit einem Mitteldarm - pH zwischen 8 und 9,5 zuzuordnen. Eine Erhöhung dieses pH könnte daher theoretisch ein schnelleres Absterben der Larven zur Folge haben, da Larven der Gruppe I mit einem pH über 9,5 innerhalb weniger Stunden sterben. Neben der Wahl des Versuchstieres hat auch die Wahl des Bt - Produktes einen Einfluss auf das Ergebnis. HAFEZ et al. (1998) verwendeten das Produkt Dipel 2x, in dem hier beschriebenen Versuch wurde XenTari verwendet. Bei den Produkten handelt es sich um verschiedene Bt - Unterarten. IORATTI et al. (1995) stellten die unterschiedliche Wirkungsweise dieser Produkte fest. Hier könnten ebenfalls Ursachen für die unterschiedliche Beeinflussung der Wirksamkeit nach Zugabe von Kalk liegen.

4.2 Kombination von NeemAzal-T/S und *Bacillus thuringiensis*

Die zeitgleiche Kombination von NeemAzal-T/S und Bt stellt sich vor dem Hintergrund der Literatur als sehr heterogen da. Es wurden antagonistische, additive und synergistische Effekte erzielt. So fanden MOAR und TRUMBLE (1987) einen antagonistischen Effekt gegenüber *Spodoptera exigua* Hübner, wenn sie Dipel 2x und einem Neemkern - Extrakt in das künstliche Nährmedium gaben. Ebenfalls antagonistische Effekte erzielten TILLMANN (1992) im Labor und SCHROD et al. (1996) im Feld bei der Kombination von NeemAzal-S und einer geringen Konzentration von *B. thuringiensis* var. *tenebrionis* (B.t.t.) gegen *Leptinotarsa decemlineata* Say. Dagegen fanden TRISYONO und WHALON (1999), die auch mit dem Kartoffelkäfer *L. decemlineata* arbeiteten, additive und synergistische Effekte bei der Kombination von „Neemix“ und B.t.t. im Labor. Auch HELLPAP und ZEBITZ (1986) beobachteten im Labor (getauchte Blätter für ein bis vier Tage) einen additiven Effekt der Mischung von *B.t. kurstaki* und dem Neemextrakt AZT-VR-K auf die Mortalität von *Spodoptera frugiperda* J.S. Smith. Kombinationen dieses Extraktes mit *B.t. israelensis* ergaben teilweise sogar einen synergistischen Effekt auf die Mortalität von *Aedes togoi* Theobald. SCHULZ et al. (2000) testete NeemAzal-T/S und Dipel gegen *Operophtera brumata* Linnaeus im Labor und im Freiland und fanden eine geringere Fraßaktivität sowie ein früheres Absterben der Larven nach Anwendung der Kombination.

Es lässt sich daher folgern, dass es - abhängig von der verwendeten Versuchs- und Behandlungsmethodik sowie der Art der Formulierung und der Konzentrationen der beiden Mittel - für bestimmte Arten antagonistische, für andere additive oder sogar synergistische Effekte einer Kombination von Neem - Extrakten und Bt gibt. Ziel der anschließenden Versuche war daher die Aufdeckung möglicher additiver oder synergistischer Effekte einer Kombination von NeemAzal-T/S und Bt auf Larven von *A. orana*.

4.2.1 Wirkung unter Labor- und Halbfreilandbedingungen

Zunächst wurden verschiedene Kombinationsmöglichkeiten in Labor- und Halbfreilandversuchen untersucht, da diese unter kontrollierten Bedingungen, unabhängig von der Höhe und dem Zeitpunkt des natürlichen Befalls, durchzuführen sind.

Bei der Kombination einer relativ geringen Bt - Konzentration mit einer hohen NeemAzal-T/S - Konzentration (Versuch 4) lag die Larvenmortalität der Kombinationsvariante zwischen der von Bt allein und NeemAzal-T/S allein und unterschied sich nicht signifikant von den Einzelvarianten. Auch zu den verschiedenen Boniturterminen waren keine Unterschiede festzustellen, die Larven der Kombinationsvarianten starben nicht früher als die der Einzelvarianten. Dazu kommt eine für NeemAzal-T/S charakteristische Puppenmortalität von ca. 30% in den Varianten mit alleiniger NeemAzal-T/S - Anwendung und der Kombination von NeemAzal-T/S und Bt. Die Zugabe einer geringen Menge von Bt erbrachte daher in der Kombination einen tendenziell antagonistischen Effekt im Vergleich zur Einzelwirkung von NeemAzal-T/S.

Da der Versuch im Halbfreiland unter warmen Bedingungen im August stattfand (Tagesmitteltemperaturen zwei Wochen nach Behandlung zwischen 11°C und 27°C), ist von einer hohen Fraßaktivität der Larven auszugehen. Es ist bekannt, dass konzentrationsabhängig sowohl *Bacillus thuringiensis* - als auch Neem - Präparate zu Fraßverminderung bei Wicklerlarven führen können (SPIES und SPENCE 1985; JAKOB 1996). Bt verursacht konzentrationsabhängig bei vielen Lepidopterenarten durch die Zerstörung von Epithelzellen im Magen der Larven einen schnellen und starken Fraßstop. Dagegen setzt die ebenfalls konzentrationsabhängige, sekundäre Fraßhemmung von Neem später ein und ist im Vergleich zu Bt schwächer. Verursacht wird sie durch die Störung des inneren Verdauungssystems. Bei verschiedenen Insekten wurden außerdem durch Azadirachtin eine geringere Motilität des Magens und Schädigungen von Magenepithelzellen beobachtet.

Möglicherweise verhinderte diese gegenseitige Fraßhemmung einen additiven Effekt der Produkte. Bereits MOAR und TRUMBLE (1987) postulierten einen grundsätzlichen Antagonismus der beiden Präparate, nachdem sie in ihren Versuchen mit der Kombination von Bt und Neemextrakten an der Noctuide *Spodoptera exigua* negative Ergebnisse erhielten. Als Ursache dafür führten sie eine Potenzierung der Antifeedant - Effekte auf, so dass nicht genug toxische Komponenten aufgenommen werden können. Im hier beschriebenen Versuch hatte die Kombination eine geringere Wirksamkeit als die NeemAzal-T/S Einzelvariante. Daher hat in diesem Fall wahrscheinlich vor allem die Zugabe der geringen Konzentration von Bt die Aufnahme von NeemAzal-T/S verringert. Durch Bt geschädigte Larven fressen nach Aufnahme einer subletalen Menge zwar eine Weile kaum noch, erholen sich aber nach einiger Zeit wieder und entwickeln sich normal weiter (KARIYA 1978; SPIES und SPENCE 1985). Die verwendete Konzentration von Bt könnte daher trotz der relativ geringen Einzelwirkung eine schnelle aber reversible Fraßverminderung und damit eine geringere Aufnahme von NeemAzal-T/S verursacht haben.

Dass die von Bt verursachte Fraßhemmung unabhängig von möglichen physiologischen Kombinationseffekten von NeemAzal-T/S und Bt bei einer Kombination antagonistisch wirken kann, zeigen die Versuche von SCHMID (1975). Er kombinierte Bt mit einem Granulovirus an *Zeiraphera diniana* Guenée und fand im Labor und im Feld einen signifikanten Antagonismus gegenüber der Virusvariante.

Neben der Kombination einer hohen Konzentration von NeemAzal-T/S mit Bt wurde auch eine geringe, fast subletale Konzentration von NeemAzal-T/S für eine Kombination mit Bt getestet (Versuch 3). Diese verursachte bei *A. orana* keine erhöhte Larvenmortalität, aber eine Puppenmortalität von 20%. In Kombination mit einer ebenfalls sehr geringen Dosis von Bt starben die Larven schneller als in den Einzelvarianten; es trat keine Puppenmortalität auf. In der Gesamtwirksamkeit unterschieden sich die drei Varianten jedoch nicht. Der anfängliche additive Kombinationseffekt der beiden Mittel hob sich offensichtlich später wieder auf. Möglicherweise ist dieser additive Anfangseffekt auf einen verminderten oder fehlenden Antifeedant - Effekt der Mittel aufgrund der geringen Konzentrationen zurückzuführen. Die Kombination dieser geringen Dosis von NeemAzal-T/S mit höheren Bt - Konzentrationen brachte dagegen antagonistische Effekte. Die Kombinationen wirkten signifikant schlechter als jeweils Bt allein, und erst die Kombination mit der höchsten Bt - Konzentration war signifikant wirksamer als die Variante mit NeemAzal-T/S allein.

In diesem Versuch war mit NeemAzal-T/S aus einem Kanister gearbeitet worden, das bereits zwei Jahre alt war und geöffnet bei Raumtemperatur lagerte. Möglicherweise hat diese Lagerung eine Veränderung des Produktes ergeben, z.B. das Öl ranzig werden lassen, was theoretisch eine repellente Wirkung verursacht. Allerdings war am Geruch keine Veränderung des Produktes zu erkennen, und eine Anfrage bei der Herstellerfirma Trifolio-M GmbH ergab, dass sich der Hauptwirkstoff Azadirachtin A bei Raumtemperatur in einem Jahr nur um 20% abbaut. In einem Tastversuch bewirkte die gleiche Konzentration von frisch produziertem NeemAzal-T/S nur eine geringfügig höhere Mortalität. NeemAzal-T/S bewirkt bei *A. orana* - Larven keinen primären Antifeedant - Effekt, der von den Sinnesorganen im Mundbereich abhängt, sondern nur eine sogenannte sekundäre Fraßhemmung durch Störung des inneren Verdauungssystems (JAKOB 1996).

Dieser sekundäre Antifeedant - Effekt käme daher als mögliche Ursache für die beobachtete antagonistische Wirkung in Frage. In diesem Falle müsste NeemAzal-T/S trotz der geringen Konzentration eine Fraßhemmung verursachen, die eine geringere Bt - Aufnahme und damit den antagonistische Effekt zu Folge hätte. Dagegen sprechen Ergebnisse aus einem Tastversuch, in dem die Kotmenge von *A. orana* - Larven nach der Behandlung erfaßt wurde. Bei Einsatz der gleichen Konzentration von NeemAzal-T/S wie in diesem Versuch, die ebenfalls keine erhöhte Larvenmortalität verursachte, produzierten die Larven in den 15 Tagen nach der Behandlung die gleiche Menge Kot wie die in der unbehandelten Kontrolle. Die Fraßaktivität war daher, wenn überhaupt, erst spät und nur im geringen Ausmaß verringert und kann daher den beobachtete Wirkungsabfall von Bt allein nicht befriedigend erklären. Möglicherweise liegen Einflüsse auf die Verwertung der Nahrung vor. Allerdings erzeugte diese Konzentration von NeemAzal-T/S nur eine sehr geringe Entwicklungsverzögerung.

Ursachen für den leicht additiven Effekt bei geringer Bt - Konzentration sowie für die antagonistische Wirkung bei den höheren Bt - Konzentrationen können neben der Fraßhemmung auch weitere physiologische Kombinationseffekte sein.

Physiologische Effekte von NeemAzal-T/S

Der Wirkungsmechanismus des Hauptwirkstoffs im Neem, Azadirachtin, auf Insektenkörper wird seit mehr als 15 Jahren von verschiedenen Wissenschaftlern intensiv untersucht. Allgemein lässt sich sagen, dass die verschiedenen Effekte sowohl zeit- als auch dosisabhängig sind (MORDUE und BLACKWELL 1993). Die auffälligsten Auswirkungen auf den Stoffwechsel der Insekten sind neben verzögerter Entwicklung und gehemmtem Wachstum vor allem Beeinträchtigungen der Häutungs- und Verpuppungsvorgänge (SCHMUTTERER 1990; MORDUE und BLACKWELL 1993). Reaktionen dieser Art zeigen auch die Juvenilstadien von *A. orana* (JAKOB 1996). Azadirachtin beeinflusst vorgelagerte Prozesse im Gehirn – Corpora cardiaca - Komplex und verursacht somit Veränderungen des Ecdysteroid - Titors in der Hämolymphe. Zusammen mit einer Erhöhung des Juvenilhormon - Titors wird dies als Ursache für die beobachteten Schädigung gesehen (u.a. REMBOLD 1995; GARCIA et al. 1990; BARNBY und KLOCKE 1990; KOUL et al. 1987). Die toxische Wirkung von Azadirachtin kann allerdings nicht allein mit seinen Auswirkungen auf das endokrine System erklärt werden (MORDUE und BLACKWELL 1993).

Weiterhin wurden an verschiedenen Insekten durch Azadirachtin verursachte Wirkungen wie eine Reduktion der Motilität (unwillkürliche Muskelbewegungen) des Magens, Schädigungen der Epithelzellen des Mitteldarms und Interferenzen mit Verdauungsenzymen festgestellt. Die dadurch bedingte Beeinträchtigung der Verdauung und Assimilation der Nährstoffe wird für die beobachtete verminderte Nahrungsaufnahme und das geringere Wachstum verantwortlich gemacht (MORDUE und BLACKWELL 1993). Weitere Folgen dieser Wirkungen sind allgemeine Vitalitätseinschränkungen wie eine Trägheit der Tiere und verminderte Spinnfähigkeit, die auch bei *A. orana* - Larven zu beobachten sind (JAKOB 1996).

Dabei konnte gezeigt werden, dass die Wachstumsverzögerung und die Fraßhemmung unabhängig voneinander vorkommende Effekte sind (MORDUE und BLACKWELL 1993). Nach Aufnahme von Neem - Extrakten wurde eine geringere Effektivität der Umsetzung von aufgenommener bzw. verdauter Nahrung zu Körpersubstanz ermittelt.

Die bereits erwähnte Störung der Verdauungsenzyme hat auf Grund einer geringeren Proteinsynthese auch eine Schwächung des Abwehrsystems zur Folge (ANNADURAI und REMBOLD 1993; GONZALEZ und GARCIA 1992). Dies kann bereits bei subletalen Neem - Konzentrationen eintreten. Larven von *C. rosana* zeigten nach einer solchen Behandlung eine Reduktion der Aktivität detoxifizierender Enzyme und damit eine erhöhte Anfälligkeit gegenüber synthetischen Insektiziden, ohne dass eine Verminderung des Körpergewichts oder der Vitalität beobachtet wurde (SMIRLE et al. 1996; LOWERY und SMIRLE 2000).

Neben direkten Störungen auf zellulärer Ebene (SCHLÜTER 1987, 1995; REMBOLD und ANNADURAI 1993;) ist als eine bedeutende Wirkung von Neem - Extrakten die Hemmung der Mitose bei Geweben mit hoher Teilungsfrequenz wie z.B. Darmepithelzellen und Epidermiszellen zu nennen. (SCHLÜTER 1987; FRITSCHKE und CLEFFMANN 1987; JABBAR und STRANG 1998). In Fettgewebe können außerdem nekrotische Zellen auftreten (SCHLÜTER 1985).

Weiterhin sind die Effekte von Neem - Extrakten auf die Reproduktionsleistung bei Insekten allgemein (MORDUE und BLACKWELL 1993) und auch bei *A. orana* bekannt (JAKOB 1996) und sollen hier nur der Vollständigkeit halber erwähnt werden.

Physiologische Effekte von *Bacillus thuringiensis*

Bt kann bei den verschiedenen Lepidopterenarten und -arten sehr unterschiedliche Wirkungen hervorrufen, die von einem sehr schnellen Absterben bis zu einer 100%igen Überlebensrate reichen (PEACOCK et al. 1998). Die Mortalität kann dabei je nach Art durch das Toxin, durch die Spore oder durch eine Kombination beider verursacht werden (WEGLER 1981; KRIEG 1989). Die Raupen von *A. orana* werden durch das Bt - Toxin allein im vollen Umfang (VAN DER GEEST 1981) oder doch hauptsächlich (UNDORF und HUBER 1986) abgetötet.

Nach oraler Aufnahme wird das Toxinkristall im mittleren Darmabschnitt bei basischem pH gelöst und von einer Protease des Mitteldarms gespalten. Dabei ist noch unklar, inwieweit es sich hierbei um zwei getrennt ablaufende Vorgänge handelt (Lösen und Spalten) oder um einen Prozess ohne Beteiligung der Protease (LANGENBRUCH, BBA DARMSTADT, mündl. Mitteilung 2001). Das so aktivierte Toxin bindet an spezifische Rezeptoren am Mitteldarmepithel

und verursacht an ihm verschiedene physiologische Veränderungen. Es werden weniger, kleinere und geschwollene Microvilli beobachtet, Kolumnarzellen und Globletzellen schwellen an, vakuolisieren und können zerreißen (SPIES und SPENCE 1985; KRIEG 1986; KNOWLES 1994). Dies bewirkt eine Paralyse des Darms, Darminhalt und Hämolymphe vermischen sich und die durch die Mischung eingetretene pH - Absenkung ermöglicht den Bt - Sporen Keimung und Wachstum. Der Tod tritt meist durch Verhungern oder Sepsis infolge der Sporenvermehrung oder durch Eintritt des Mageninhalts in die Hämolymphe auf (KNOWLES 1994). Diese Magenschädigungen bewirken auch die schnell eintretende Fraßhemmung, die je nach Dosis von leichter Fraßhemmung bis zu totalem Fraßstop reicht. Bei subletalen Dosen von Bt kann es zwar zum Anschwellen und Aufbrechen einiger Darmepithelzellen kommen, viele bleiben aber intakt. Das Darmepithel kann sich in geringem Umfang regenerieren und die Larven beginnen wieder zu fressen und entwickeln sich zeitverzögert weiter (SPIES und SPENCE 1985).

Zusätzlich zu diesen Zellschäden vermutet man einen direkten oder indirekten Einfluss des Endotoxins auf den Ionentransport und auf die Funktion der Mitochondrien (SPIES und SPENCE 1985).

AFIFY und MATTER (1970) und McGAUGHEY (1978) fanden bei *Ephestia*-Arten eine gewisse Alterstoleranz gegenüber Bt. Für *A. orana* berichtet KARIYA (1977), dass Erstlarven anfälliger sind als L3. Auch IORATTI et al. (1995) beobachteten bei *A. orana* - Larven eine höhere Sensibilität im ersten und zweiten Stadium als bei L3 bis L5. Allerdings untersuchte er dabei nur die Mortalität bis zum 12. Tag nach der Behandlung.

Mögliche physiologische Kombinationseffekte von NeemAzal-T/S und Bt

Betrachtet man die Wirkungsmechanismen der beiden Präparate, finden sich einige Ansatzpunkte für mögliche physiologische Ursachen positiver wie negativer Kombinationseffekte.

Die von Neem hervorgerufene Hemmung der Mitose bei sich schnell teilenden Geweben wie z.B. Darmepithelzellen könnte die Regeneration der Mageninnenwand nach der Behandlung mit einer subletalen Bt - Konzentration erschweren.

Weiterhin könnte die von Neem verursachte Schwächung der Körperabwehr durch die verminderte Aktivität von detoxifizierenden Enzymen auch die Abwehrreaktion der Larve gegenüber der Bt - Toxine vermindern. Da dieser Effekt bereits bei subletalen Konzentrationen von Neem an der Tortriciden - Art *Choristoneura rosaceana* Harris nachgewiesen wurde (LOWERY und SMIRLE 2000), wurde in Versuch 3 mit einem positiven Kombinationseffekt gerechnet. Allerdings könnte diese Wirkung von Neem auf die Enzyme theoretisch auch einen antagonistischen Effekt hervorrufen. Wenn das Toxinkristall von Bt zur Aktivierung von einer Protease im Mitteldarm gespalten wird, könnte hier die von Neem verursachte Hemmung der Produktion von bestimmten Verdauungsenzymen negativ wirken. Dies könnte möglicherweise eine Ursache für den beobachteten negative Kombinationseffekt in Versuch 3 sein. Welche weiteren Wirkungen der Mittel auf die Physiologie der Tiere auftreten können und welche für die beobachteten antagonistischen Effekte verantwortlich sein könnten, ist nicht bekannt.

Da die ökonomisch interessante Kombination von niedrigen Konzentrationen keine positiven Effekte ergab, sollten in Versuch 5 mittlere Konzentrationen von NeemAzal-T/S und Bt kombiniert werden, um festzustellen, ob unter diesen Versuchsbedingungen additive Effekte zu erzielen sind. Infolge der Methode, direkt in die Netze zu spritzen, wurden vor allem bei NeemAzal-T/S höhere Wirkungsgrade als geplant erzielt. Dennoch konnten für die gesamte präimaginale Mortalität keine positiven Effekte erzielt werden, es ergaben sich keine Unterschiede für die verschiedenen Varianten. Allerdings war ein früheres Absterben der Larven in den Kombinationsvarianten im Vergleich zu den Einzelvarianten zu beobachten. Dies passt zu einer Beobachtung aus einem hier nicht beschriebenen Tastversuch. In diesem wurde anhand des Kotgewichts die Wirkung einer Kombination verschiedener Konzentrationen von NeemAzal-T/S und Bt untersucht. Die Larven der Kombinationsvarianten produzierten in den ersten zwei Wochen signifikant weniger Kot als die Larven nach der Behandlung mit NeemAzal-T/S und tendenziell weniger als nach der Behandlung mit Bt. Dabei war auffällig, dass NeemAzal-T/S erst in der zweiten Woche eine Fraßminderung verursachte, Bt jedoch sehr schnell bereits innerhalb der ersten fünf Tage. Dies deckt sich mit Beobachtungen von HAUG (1999), der die Kotmenge von *Operophtera brumata* - Larven nach der Behandlung mit hohen Konzentrationen von NeemAzal-T/S und Bt untersuchte. Im Vergleich zu den Einzelvarianten, bei denen NeemAzal-T/S einen späten und nicht reversiblen, und Bt einen schnellen, aber reversiblen Fraßstop verursachten, fand er in der Kombination eine rasche und nachhaltige Reduzierung der Fraßaktivität. Inwieweit der Zeitpunkt der Kotabnahme mit dem eines geringeren Fraßes der Larven übereinstimmt, ist nicht bekannt. Allerdings ist anzunehmen, dass die Reduzierung des Fraßes der Kotabnahme vorausgeht.

Offensichtlich trat daher nach der Behandlung mit diesen hohen Konzentrationen ein additiver Kombinationseffekt der beiden Mittel auf, der sich in einer geringeren Fraßaktivität und einem früheren Tod der Larven zeigt. Im Bezug auf die Gesamtmortalität der behandelten Tiere hebt sich dieser Effekt aber wieder auf.

Für die gleichzeitige Kombination von NeemAzal-T/S und Bt im Labor und im Halbfreiland konnten daher unabhängig von den verwendeten Konzentrationen keine additiven oder synergistischen Effekte - bezogen auf die gesamte präimaginale Mortalität von *A. orana* - beobachtet werden. Ein wichtiger und hier bereits diskutierter Faktor für die Wirksamkeit einer Kombination ist die Konzentration der eingesetzten Mittel. GLARE und O'CALLAGHAN (2000) stellten in ihrem Literaturüberblick fest, dass Ergebnisse von Kombinationen von Bt mit Insektiziden meist dosisabhängig sind und sich für bestimmte Konzentrationen synergistische und additive, bei anderen antagonistische Effekte ergeben können.

Bei den hier beschriebenen Versuchen im Labor und im Halbfreiland wurde mit niedrigeren Konzentrationen als im Freiland empfohlen gearbeitet, da Labortiere empfindlicher und die Bedingungen härter sind. Dabei traten auf Grund der niedrigen Konzentrationen physiologische Effekte auf, die bei höheren Konzentrationen seltener beobachtet werden. So war z.B. die Entwicklungsdauer teilweise stark verlängert. Noch Wochen und Monate nach der Behandlung starben oder verpuppten sich die geschwächten Larven.

Da die Produkte konzentrationsabhängig verschiedene Wirkungen zeigen, könnte die Tatsache, dass keine positiven Kombinationseffekte auftraten, grundsätzlich auf die Verwendung dieser niedrigeren Konzentrationen zurückzuführen sein.

4.2.2 Wirkung unter Freilandbedingungen

Um die Laborergebnisse unter Praxisbedingungen zu überprüfen, wurde die Versuchsanstellung der Kombination unter Freilandbedingungen wiederholt (V 6). In dem Versuch wurde neben den klassischen Kombinationsvarianten zusätzlich eine zeitversetzte Kombination getestet. Damit sollten negativen Auswirkungen des doppelten Antifeedant - Effektes umgangen und eventuell weitere Bekämpfungsstrategien erfasst werden.

Der Versuch 6 ergab in allen Varianten verhältnismäßig niedrige Wirkungsgrade von maximal 45%. Dies lässt sich wahrscheinlich auf die unerwartet kühlen Bedingungen von 7 bis 12°C Tagesmitteltemperatur an den elf Tagen nach der ersten Behandlung sowie auf die ausgesetzte, windige Lage der Anlage zurückführen. Wie bereits erwähnt, hängt die Wirkung der Fraßgifte NeemAzal-T/S und Bt von der Fraßaktivität der Larven und somit von der Temperatur ab.

Die zeitgleiche Kombination von NeemAzal-T/S mit dem Bt - Präparat XenTari ergab keine signifikante Verbesserung gegenüber der alleinigen Anwendung der Präparate und bestätigte damit die Laborversuche. Konzentrationsabhängig ergaben sich antagonistische oder tendenziell positive Effekte.

Da die zeitversetzte Variante des Versuches 6 ein interessantes Ergebnis brachte, wurde diese Kombination in weiteren Versuchen (Versuch 7 bis 9) im Freiland getestet. Dabei zeigte die Kombination von 2 l/ha NeemAzal-T/S (in Versuch 8 und 9) oder 3 l/ha NeemAzal-T/S (Versuch 9), gefolgt von einer zweiten Behandlung mit 0,6 - 1,0 kg/ha Bt vielversprechende Ergebnisse. Wurde zur ersten Behandlung 0,4 kg/ha Bt dazugegeben, verschlechterte sich die Wirkung nicht oder nur gering (Versuch 8 und 9). In beiden Fällen war die Wirkung höher als eine zweimalige, zeitversetzte Behandlung mit Bt allein (Versuche 6 und 7) oder wenn Bt mit nur 1 l/ha NeemAzal-T/S kombiniert wurde (Versuch 7).

Der hohe Wirkungsgrad der zweiten Behandlung mit Bt in Versuch 9 ist wahrscheinlich auf die ungewöhnlich hohen Temperaturen nach dieser Behandlung (an sechs Tagen eine Tagesmitteltemperatur von 16 bis 18°C und kein Niederschlag) und der damit zusammenhängenden hohen Mittelaufnahme der Larven zurückzuführen. Auch VAN DE GEEST (1971) berichtet von guten Wirkungsgraden von Bt gegen Larven von *A. orana* im Freiland bei hohen Temperaturen. Er testete das Präparat Dipel zu verschiedenen Jahreszeiten und erzielte im Sommer bei hohen Temperaturen mit zweimaliger Anwendung Wirkungsgrade von über 90%. Dagegen brachten selbst dreimalige Behandlungen im Frühjahr und Herbst bei niedrigeren Temperaturen nur ungenügende Ergebnisse.

Der zusätzliche Schatten der Netzkäfige dürfte dagegen kaum einen verstärkenden Einfluss auf die Wirkung gehabt haben. Die Larven von *A. orana* werden hauptsächlich durch das UV stabile Bt - Toxin abgetötet (VAN DER GEEST 1981; UNDORF und HUBER 1986). Die UV - empfindliche Spore spielt nur eine untergeordnete Rolle. Allerdings könnte das Mikroklima im Käfig zu einer geringfügig erhöhten Fraßaktivität der Larven und somit zu einer erhöhten Aufnahme von Bt geführt haben.

Bei der Regulierung von *A. orana* scheint die zeitversetzte Behandlung Vorteile gegenüber der zeitgleichen Behandlung zu haben. NeemAzal-T/S kann nach der ersten Applikation von den Larven aufgenommen werden, ohne dass die Aufnahme durch eine stärkere Fraßverminderung

gehemmt wird. Ein bis zwei Wochen später können dann die Larven, die nur eine subletale Menge an NeemAzal-T/S und Bt aufgenommen haben und sich von der ersten Spritzung und der verursachten Fraßhemmung erholt haben, mit einer höheren Dosis von Bt behandelt werden. Wahrscheinlich wirkt diese Bt - Behandlung auf die Larven aufgrund ihrer vorherigen Schwächung stärker als auf noch unbehandelte Larven. Auch sind die Larven aufgrund der entwicklungsverzögernden Wirkung beider Produkte (JAKOB 1996; VAN DER GEEST 1981) immer noch in Larvenstadien, in denen sie für NeemAzal-T/S und Bt empfindlich sind. Daneben können auch physiologische Kombinationseffekte, wie bei den Laborversuchen diskutiert, eine Rolle bei dem positiven Kombinationseffekt spielen.

Wie schon die zeitgleiche Kombination wird auch die zeitversetzte mit sehr unterschiedlichen Ergebnissen in der Literatur beschrieben. So fanden HELLPAP und ZEBITZ (1986) bei der zeitgleichen Behandlung von *S. frugiperda* im Labor mit verschiedenen Kombinationen eines Neem - Extraktes mit Dipel additive und synergistische Effekte. Wurde Dipel allerdings nicht direkt zusammen mit dem Neem - Extrakt, sondern zeitlich um drei Tage versetzt appliziert, so fiel die Wirkungssteigerung der Kombination schwächer aus. Sie führten dies darauf zurück, dass die Larven nach ihrer Vergiftung mit Neem - Inhaltsstoffen kaum noch Nahrung aufnahmen und ältere Stadien bereits in das Präpuppen - Stadium übergingen. Dagegen konnte TILLMANN (1992), der bei der Regulierung des Kartoffelkäfers *Leptinotarsa decemlineata* mit der gleichzeitigen Kombination von NeemAzal-S und Btt im Labor antagonistische Effekte erzielt hatte, additive Ergebnisse erzielen, als er zuerst NeemAzal-S und zwei Tage später Btt an die Larven verfütterte.

Dass sich sowohl für die gleichzeitige als auch für die zeitversetzte Kombination von Neem - Extrakten und Bt solch ein heterogenes Bild abzeichnet, hat verschiedene Ursachen.

Zum einen spielt die zu regulierende Art eine wichtige Rolle. So wirken Neem - Extrakte sehr unterschiedlich auf verschiedene Arthropoden - Arten, und auch einzelne Wirkmechanismen wie der Antifeedant - Effekt können sehr unterschiedlich ausgeprägt sein (MORDUE und BLACKWELL 1993). Auf ihre Anfälligkeit gegenüber Bt untersuchten PEACOCK et al. (1998) 42 verschiedene, im Forst vorkommende Lepidopterenarten, um die Nebeneffekte einer Bt - Behandlung gegen *Lymantria dispar* abzuschätzen. Sie fanden von hochanfälligen bis tolerante Arten viele Abstufungen, unter anderem Arten, die nur in bestimmten Larvenstadien anfällig waren oder solche, die nur als Präpuppen und Puppen starben.

Die Mortalität von Lepidopteren - Larven durch Bt kann je nach Art durch das Toxin, durch die Spore oder durch eine Kombination beider bewirkt werden (WEGLER 1981; KRIEG 1989). Weiterhin verfügen toxinempfindliche Larven über spezielle aktivierende Systeme (pH, Enzymstatus) in ihrem Darm, die je nach Art zu unterschiedlichen Reaktionen mit dem Bt Toxin führen können (KRIEG 1986). Dabei spielt auch das eingesetzte Bt - Produkt eine Rolle. Je nach Subspecies, Varietät bzw. Serotyp liegen unterschiedliche Strukturen des Kristalltoxins vor und damit andere Eigenschaften bezüglich Löslichkeit, Bindestellen etc. Die verschiedenen Stamm / Wirts - Paarungen führen daher zu unterschiedlichen Spaltprodukten der Kristalle und somit zu unterschiedlichen Reaktionen im Darm der Tiere. Diese Reaktionen können dabei auch von der Formulierung der Bt - Produkts beeinflusst werden.

Daneben können verschiedene Neem - Extrakte mit unterschiedlichem Reinheitsgrad, variablen Zusammensetzungen der Inhaltsstoffe oder abweichenden Formulierungen unterschiedliche Wirkung auf die Zielorganismen und/oder die Spore von Bt haben. Die Wirkung auf die Spore kann bei der Mischung der Produkte im Tank oder im Nährmedium eine Rolle spielen. COVENTRY und ALLAN (1996) untersuchten den Effekt zweier Neem -Produkte auf *Bacillus thuringiensis* und fanden eine sehr empfindliche Reaktion der Spore auf NeemAzal-F, nicht aber auf NeemAzal-T/S. Bei Arten, bei denen die Spore für die Mortalität mitverantwortlich ist, könnte daher die Mischung mit einem Neem - Extrakt die Wirksamkeit von Bt vor oder nach Aufnahme durch die Versuchstiere vermindern.

Für die hier beschriebenen Versuche kann dies ausgeschlossen werden, da zum einem mit standardisiertem NeemAzal-T/S gearbeitet wurde. Zum anderen werden die Raupen von *A. orana*, wie bereits erwähnt, hauptsächlich durch das Bt - Toxin abgetötet, die Spore spielt für die Mortalität nur eine untergeordnete Rolle.

Ein weiterer wesentlicher Faktor für das Ergebnis einer Kombination ist - wie bereits weiter oben erwähnt - die Konzentration der verwendeten Produkte. GLARE und O'CALLAGHAN (2000) stellten in ihrem Literaturüberblick fest, dass Ergebnisse von Kombinationen von Bt mit Insektiziden meist dosis-abhängig sind und sich für bestimmte Konzentrationen synergistische und additive, bei anderen antagonistische Effekte ergeben können. Geht man davon aus, dass ein Teil der Kombinationseffekte von NeemAzal-T/S und Bt auf die Antifeedant - Wirkung der Mittel zurückzuführen ist, ist die Konzentrationsabhängigkeit erklärbar. Von beiden Produkten ist bekannt, dass sowohl der Zeitpunkt als auch die Intensität der Fraßhemmung konzentrationsabhängig sind (MORDUE und BLACKWELL 1993; GLARE und O'CALLAGHAN 2000).

Grundsätzlich kann daher die Kombination von Neem mit einem Bt – Produkt sehr unterschiedliche Ergebnisse haben. Für eine gezielte Regulierung ist daher die Ausarbeitung einer auf die Art und Witterungsbedingten Kombinationsstrategie nötig. Die hier geprüfte zeitversetzte Kombination von NeemAzal-T/S und Bt erwies sich als erfolgsversprechende Möglichkeit, *A. orana* zu regulieren. Dabei wurde bei einer ersten Behandlung, wenn die Larven im dritten Larvenstadium waren, 2 l/ha oder 3 l/ha NeemAzal-T/S mit oder ohne Zusatz von 0,4 kg/ha Bt eingesetzt. Vier bis zwölf Tage später, je nach Witterung, wenn sich die überlebenden Larven der ersten Spritzung von der verursachten Fraßhemmung erholt hatten, wurde eine höhere Dosis von Bt von 0,6 bis 1,0 kg/ha eingesetzt. Zur Absicherung dieser Ergebnisse wären großangelegte Praxisversuche nötig, die im Rahmen dieser Arbeit aufgrund des geringen natürlichen Befalls in den Jahren 1999 bis 2001 nicht möglich waren.

4.3 Kombination von NeemAzal-T/S und Capex

Der zweite Teil der Arbeit beschäftigte sich mit der Kombination von NeemAzal-T/S und Capex, welches das spezifische Granulovirus von *A. orana* enthält. Dabei sollte neben einer Regulierung der behandelten Generation, welche auch bei der Kombination von NeemAzal-T/S

und Bt erreicht wird, auch eine langfristige Beeinflussung der Populationsentwicklung erreicht werden.

4.3.1 Wirkung unter Labor- und Halbfreilandbedingungen

In den Labor- und Halbfreilandversuchen mit Larven aus Laborzuchten konnten keine synergistischen Effekte einer Kombination von NeemAzal-T/S und Capex auf *A. orana* nachgewiesen werden. Abhängig von den verwendeten Konzentrationen traten aber teilweise additive, daher voneinander unabhängige Kombinationseffekte auf.

Tab. 38: Überblick über die Versuchsergebnisse der Labor- und Halbfreilandversuche zur Kombination einer Capex - Konzentration mit niedrigem Einzel - WG_B und eine NeemAzal-T/S - Konzentration mit hohem Einzel - WG_B

Versuch	WG_B der Capex - Variante	WG_B der NA - Variante	WG_B der Kombination
V 4	39%	91%	92%
V 10	30%	91%	87%
V 11	24%	53%	57%
V 12	14%	54%	57%

Die Kombination einer geringen Capex - Konzentration mit Wirkungsgraden von 14 - 39% und einer mittleren bis hohen NeemAzal-T/S - Konzentration mit Wirkungsgraden von 53 - 91% ergab keine signifikante Veränderung des WG verglichen mit den NeemAzal-T/S - Einzelvarianten. Die Zugabe einer geringen Capex - Konzentration hatte daher keinen Einfluss auf den Gesamt - WG.

In V 10 wurde zusätzlich mit hohen Capex - Konzentrationen und niedrigen NeemAzal-T/S - Konzentrationen gearbeitet. Dabei war die beobachtete gesamte präimaginale Mortalität immer geringer oder vergleichbar hoch mit dem nach BENZ (1971) errechneten Erwartungswert für unabhängigen Synergismus, was dem heutigen Verständnis nach einer additiven Wirkung entspricht. Die beiden Produkte scheinen im Körper der *A. orana* - Larven relativ unabhängig voneinander zu wirken. Das gleiche gilt für Versuch V 11, in dem auch mit zeitversetzter Kombination von NeemAzal-T/S und Capex gearbeitet wurde.

Auch SHAPIRO et al. (1994) fanden keinen negativen Effekte der Neem - Zugabe auf den Verlauf der letalen Virusinfektion, als sie im Labor den Kernpolyedervirus von *Lymantria dispar* mit einem Neem - Extrakt kombinierten. Sie sahen in der zusätzlichen Verwendung von Neemextrakten zum Virus einen vielversprechenden Ansatz, das Fraßverhalten und damit den Fraßschaden zu reduzieren, ohne die Wirkung des Virus negativ zu beeinflussen.

Bei einigen der eigenen Versuche wurde bei bestimmten Konzentrationen der Erwartungswert für einen unabhängigen Synergismus nach BENZ (1971) um bis zu max. 12 Prozentpunkte unterschritten. Dies könnte an der oben bereits diskutierten Fraßhemmung liegen, die von NeemAzal-T/S ausgelöst wird, so dass die Larven eine geringere Virusmenge aufnehmen.

Physiologisch wirkt das Granulovirus von Capex ausschließlich im Fettgewebe, wo es sich im Kern und im Cytoplasma der Zellen vermehrt. Erst in einem späteren Stadium ist das Virus auch in der Hämolymphe nachweisbar - wahrscheinlich auf Grund einer Sekundärinfektion. Im Magen der Tiere kann es nicht nachgewiesen werden (SCHMID et al. 1983; LI und BENZ 1994). Das Virus hat daher andere Wirkungsorte innerhalb des Larvenkörpers als Neem, das, wie bereits weiter oben ausführlich beschrieben, hauptsächlich Veränderungen des Hormonhaushaltes bewirkt. Eine mögliche gegenseitige Beeinflussung der Wirkung könnte allerdings bei der Wirkung auf die Energiereserve der Larve auftreten. Da die Larven nach einer Neem - Aufnahme weniger Nahrung aufnehmen, spielt die Verfügbarkeit dieser Energiereserven eine wichtige Rolle für das Überleben der Larve. Da sich aber das Virus im Fettgewebe der Larve vermehrt, steht dieser möglicherweise weniger Energiereserve zur Verfügung.

4.3.2 Wirkung unter Freilandbedingungen

In den Versuchen V 13 und V 16 bewirkte die Capex - Behandlung eine geringe Mortalität von *A. orana* von 50 - 60%, wahrscheinlich aufgrund einer verspäteten Behandlung (V 13) bzw. einer geringen Capex - Konzentration (V 16). Diese Mortalität konnte durch die Zugabe von 3 l/ha NeemAzal-T/S erhöht werden, dabei lag der WG dieser zusätzlichen NeemAzal-T/S - Behandlung bei 30 bis 43% (Tab. 39). Im Versuch V 14 dagegen, in dem die gesamte präimaginale Mortalität, welche durch Capex verursacht wurde, bereits bei 90% und mehr lag, konnte durch die Zugabe von NeemAzal-T/S kaum eine Verbesserung der Wirksamkeit erreicht werden.

Da in den Versuchen V 13 und V 16 aus Praxisgründen keine NeemAzal-T/S - Einzelvariante und keine Kontrolle angelegt werden konnten, kann für diese Versuche nichts über einen synergistischen oder additiven Effekt ausgesagt werden. Im Versuch 14 lagen die beobachteten Werte einmal leicht über, einmal leicht unter dem Erwartungswert nach BENZ für einen unabhängigen Synergismus, es traten daher additive Effekte auf.

In Versuch 15 wurde umgekehrt eine mögliche Verbesserung der NeemAzal-T/S - Wirkung durch die Zugabe von Capex geprüft. Dabei ließ sich die Wirkung des Neem - Präparates durch Capex verbessern. Aufgrund des insgesamt geringen Befalls und Fruchtschadens kann die Versuchsfrage aber nur tendenziell positiv beantwortet werden.

Tab. 39: Überblick über die direkte Mortalität behandelter Larven (in Netzkäfigen oder aus Larvensammlungen) der Versuche, in denen eine Variante nur mit Capex, eine mit einer Kombination aus Capex und NeemAzal-T/S (3 l/ha) behandelt wurde

Versuch	WG (SO ¹) der zusätzlichen NA - Behandlung	Mort _{GES} (Capex)	Mort _{GES} → (Capex+NA)
V 13	30%	57%	→ 81%
V 16	43%	54%	→ 94%
V 14-1	6%	93% ²	→ 99% ²
V 14-2	0%	91% ²	→ 91% ²

¹ Schneider-Orelli (UNTERSTENHÖFER 1963), der Capexblock wurde als „Kontrolle“, der Kombinationsblock als „Behandlung“ verrechnet

² auf Grund einer äußerst ungleichmäßigen Verteilung der Parasitoiden im Versuch V 14 über die relativ große Versuchsfläche wurden für diese Zahlen die Netze mit toten oder lebenden Parasitoiden aus der Grundgesamtheit herausgenommen

Es bestätigen sich daher die Ergebnisse der Labor- und Halbfreilandversuche, dass NeemAzal-T/S und Capex unabhängig voneinander auf die Larven von *A. orana* wirken. Für die Praxis heißt dies, dass - bezogen auf die direkte Mortalität der behandelten Generation - die geringe Wirksamkeit eines der beiden Mittel durch eine hohe des anderen abgesichert werden kann. Die Kombination von NeemAzal-T/S und Capex reduziert daher das Risiko einer geringen Wirksamkeit z.B. wegen falscher Spritztermine oder Wetteränderungen. Da beide Mittel Fraßgifte sind, ist ihre Wirkung bei kalten Temperaturen aufgrund der geringeren Fraßaktivität der Larven herabgesetzt. Zudem sind die Viren UV - empfindlich und werden bei hoher Sonneneinstrahlung stark abgebaut.

Dass bei der Kombination die Konzentration von Capex verringert werden kann, ohne zu einem schlechteren Ergebnis zu kommen, lassen die Versuche V 13 und V 16 vermuten. Dies muss aber noch mit weiteren Versuchen abgesichert werden.

Im Versuch 13 war die anhand der Triebbonituren ermittelte Erhöhung der Wirksamkeit durch die Zugabe von NeemAzal-T/S zu Capex mit 52 - 84% höher als die Steigerung der direkten Mortalität in den Netzen von 30%. Auch im Versuch 15, in dem durch die Zugabe von Capex zu NeemAzal-T/S keine Verbesserung der Wirkung auf die behandelte Generation festzustellen war, konnte in den folgenden Generationen anhand des Triebbefalls bzw. Fruchtschadens eine Erhöhung der Wirksamkeit von 29 bis 66% erzielt werden.

Beide Produkte haben neben der direkten Wirkung auf die behandelten Larven auch einen Langzeiteffekt auf die Population von *A. orana*. Adulte Tiere, die als Larve eine subletale Menge von NeemAzal-T/S aufgenommen haben, zeigen eine verringerte Fitness und Fruchtbarkeit als unbehandelte Tiere (JAKOB 1996). Die Verringerung der Larven in der Folgegeneration ist daher nicht nur auf eine geringere Anzahl adulter Tiere aufgrund der direkten Mortalität, sondern auch auf eine geringere Anzahl abgelegter Eier pro Weibchen zurückzuführen.

Nach einer Capex - Behandlung im Frühjahr treten auch in den folgenden Generationen virusinfizierte Larven auf (SHIGA et al. 1973; SATO et al. 1986; ANDERMATT 1989). Ohne erneute Virusausbringung nimmt der Prozentsatz infizierter Larven in den darauffolgenden Generationen nach und nach ab, bis sich ein Gleichgewicht zwischen Virusproduktion in den infizierten Larven und Virusabbau einpendelt. Dieses Gleichgewicht kann bei günstigen Bedingungen wie z.B. in Japan mit hohen Populationsdichten und drei Generationen/Jahr bei ca. 20% infizierter Larven pro Generation liegen (SHIGA et al. 1973). Unter mitteleuropäischen Bedingungen mit niedrigeren Populationsdichten und zwei Generationen im Jahr liegt es bei wenigen Prozent (ANDERMATT 1989). In den Versuchen 13 und 15 traten nach der Behandlung mit der empfohlenen Aufwandmenge von zweimal 100 ml/ha Capex im Frühjahr 0, 8, 10 und 28% virusinfizierter Larven in der Sommergeneration auf. Die Schwankungen sind vermutlich neben den unterschiedlichen Populationsdichten auf die Wahl des Sammelzeitpunktes zurückzuführen. Beim Einsammeln oder Einnetzen der Larven wird immer nur der zu diesem Zeitpunkt auffindbare Teil der Population erfasst („apparente Abundanz“) und somit auch immer nur dessen Infektionsrate.

Eine Trieb- und Fruchtbonitur erfasst sowohl die direkte Wirkung als auch den Langzeiteffekt der Mittel auf die Population. Der Langzeiteffekt von Capex wurde demnach durch den des NeemAzal-T/S verstärkt. In den Versuchen 13 und 15 war die Menge der beschädigten Früchte in der Kombination geringer als in der Einzelvariante, insgesamt war der Fruchtbefall aber zu gering für eine gesicherte Interpretation. Hier sind weitere Versuche in Anlagen mit höheren Befallsraten nötig.

Im Versuch 15 wurde zusätzlich zur Frühjahrsbehandlung mit Capex im Sommer in einem Teil der Anlage 10 ml/ha Capex gespritzt. Mit dieser geringen Menge an Virus konnte die Infektionsrate der Sommergeneration von 8 auf 22% erhöht und der Fruchtbefall zur Ernte von 0,6 auf 0,2% beschädigter Früchte gesenkt werden. Auch wenn diese geringen Zahlen keine gesicherten Aussagen zulassen, so zeigen diese Ergebnisse doch einen vielversprechenden Ansatz zum Einsatz des Viruspräparates. Offensichtlich lässt sich durch eine veränderte Einsatzstrategie mit nur geringem ökonomischem Mehraufwand eine Steigerung der Wirkung gegen *A. orana* erzielen. Dabei ist es entscheidend, in die Überlegungen für eine geeignete Regulierungsstrategie nicht nur die direkte Mortalität der behandelten Generation, sondern auch die Populationsentwicklung über mehrere Generationen oder sogar Jahre einzubeziehen. Eventuell ist es möglich, durch häufigeren Einsatz kleinerer Capex - Mengen das natürliche „Virusdepot“ in der Anlage, das, wie bereits erwähnt, in unseren mitteleuropäischen Bedingungen nur bei wenigen Prozent infizierter Tiere pro Generation liegt, zu erhöhen. Somit könnte das Risiko von sich plötzlich aufbauenden Populationen - für die der Schalenwickler bekannt ist - reduziert werden.

Dabei ist die Frage, ob neben einer horizontalen Virustransmission das Virus auch vertikal weitergegeben werden kann, noch nicht geklärt.

Nach ANDERMATT (1989) kann das Virus nach Behandlung im Frühjahr die Vegetationsperiode vor allem auf den Schattenblättern überdauern und somit spätere Generationen infizieren. Im Herbst fallen tote, virusinfizierte Tiere zu Boden oder werden gefressen. Die im Verlauf des Winters an der Virose sterbenden Larven können kurzfristig in ihren Gespinsten am Baum bleiben, langfristig werden auch sie von verschiedenen Organismen abgebaut und gelangen als freie Viren in den Boden. Auch der Kot von virösen L5

ist virulent (KELLER 1989) und kann so zu einer Virusanreicherung beitragen. ANDERMATT (1989) vermutete, dass diese freien Viren mit aufgewirbeltem Bodestaub im folgenden Jahr vor allem im Frühjahr - wenn die Grasnarbe noch nicht sehr fest ist - wieder auf die Blätter gelangt und somit von Larven aufgenommen werden.

Von anderen Lepidopterenarten und anderen Virustypen sind vertikale Übertragungswege sowie latente Virusinfektionen bekannt. So konnte z.B. DOANE bereits 1969 zeigen, dass bei *Lymantria dispar* ein Kernpolyedervirus (NPV) von einer Generation zur anderen via Eier übertragen wird. SCHMID (1975) wies beim Grauen Lärchenwickler *Zeiraphera diniana* Gn. eine latente Infektion mit dessen spezifischen Granulovirus nach und verwandelte diese durch eine Bt - Behandlung in eine akute Granulovirose. Mit *A. orana* führte JURKOVICOVA (1978) Versuche mit dessen NPV durch. Ihre Versuche legen nahe, dass eine latente Infektion von *A. orana* mit NPV mit einem fremden Virus (CPV von *Mamestra brassicae* Linnaeus) oder mit einem Extrakt aus gesunden Tieren aktiviert werden kann.

Zu einer möglichen vertikalen Übertragung des Granulovirus am Schalenwickler führte FLÜCKINGER (1982) einen Laborversuch durch. Dabei konnte er in der F1 - Generation von Tieren, die in der Muttergeneration mit einer subletalen Menge an Virus infiziert worden waren, keine erhöhte Mortalität zur Kontrolle feststellen. Allerdings setzte er die Larven keiner Stressbedingung aus und führte in der folgenden Generation keinen Virusnachweis durch.

Dies scheint zunächst in einem gewissen Gegensatz zu den Schlussfolgerungen aus den Feldversuchen von SHIGA et al. (1973) zu stehen, die einen semipersistenten Effekt des GV (Japan) von einer Generation auf die nächste beobachteten. Allerdings treten in Japan drei Generationen im Jahr von *A. orana* auf. Es ist daher anzunehmen, dass sich die verschiedenen Larvengenerationen überlappen können und damit auch eine horizontale Weitergabe möglich ist.

Ein interessantes Ergebnis erzielte KODOMARI (1987) an der immergrünen Teepflanze, die von *Adoxophyes sp.* befallen wird. Wurde ein von *A. orana* aus dem Obstbau isoliertes GV eingesetzt, konnte in der Folgegeneration eine Infektionsrate abhängig von der Populationsdichte der ersten Generation gefunden werden. Im Gegensatz dazu wurde bei einem Granulovirus gegen *Homona magnanima* Diakonoff (Lepidoptera, Tortricidae) eine dichteunabhängige Infektionsrate in der Folgegeneration gefunden. Der Autor erklärte dies mit der Tatsache, dass die Larven von *A. orana* auf junge Tee-Blätter gehen - also seltener mit virusbehafteten Blättern in Kontakt kommen - während *H. magnanima* sich mehr im inneren, beschatteten Teil des Teebusches aufhalten, und so eine horizontale Übertragung wahrscheinlicher ist.

Für eine mögliche vertikale Transmission des Granulovirus des Schalenwicklers sprechen auch Ergebnisse dieser Arbeit. Im Versuch 13 wurden nach einer Virusbehandlung im Frühjahr zu zwei verschiedenen Zeitpunkten Larven im Sommer am Baum eingenetzt und auf Mortalität durch Virusinfektion überprüft. Dabei wurde zu einem früheren Zeitpunkt (9.Juli) keine virusbedingte Mortalität gefunden, dagegen ca. zwei Wochen später eine Infektionsrate von 10 bis 28% (21.Juli). Diese verschiedenen Infektionsraten von Tieren zu verschiedenen Sammeldaten lässt die Möglichkeit einer vertikalen Transmission des Virus wahrscheinlich erscheinen. Allerdings waren zum früheren Termin nur wenige Tiere zu finden, so dass nur 26 Tiere eingesammelt wurden, während zum späteren Zeitpunkt über 100 Tiere eingenetzt werden konnten.

Zum anderen konnte bei einem von 50 untersuchten adulten *A. orana* aus einer mit Virus behandelten Anlage das Virus elektronenmikroskopisch im Fettgewebe nachgewiesen werden (Untersuchung von Dr. Kleespies, BBA Darmstadt). Genauere Untersuchungen der Genitalapparate waren leider nicht möglich. In den Laborversuchen konnte in den Virusvarianten vereinzelt das Schlüpfen von adulten Tieren mit aufgeblähten gelben Bäuchen beobachtet werden. Diese Tiere hatten zudem oft verkrüppelte Flügel. Es wäre denkbar, dass diese Tiere für die Weitergabe des Virus an die folgende Larvengeneration verantwortlich sind. Aufgrund ihrer längeren Entwicklungszeit ist das zeitliche Aufeinandertreffen dieser Tiere mit den ersten Larven der folgenden Generation möglich. Auch wenn sie nur begrenzt fliegen können, könnten sie sich doch innerhalb der Bäume bewegen und z.B. über ihre Kottröpfchen Virus auf Blätter verteilen.

Gegen eine klassische vertikale Weitergabe des Schalenwickler - GV spricht dessen bisher bekannte Physiologie. Wie bereits erwähnt vermehrt sich das Granulovirus von Capex ausschließlich im Fettgewebe, erst in einem späteren Stadium ist das Virus auch in der Hämolymphe nachweisbar - wahrscheinlich auf Grund einer Sekundärinfektion (SCHMID et al. 1983; LI und BENZ 1994). Von Infektionen der Genitalapparate ist bisher nichts bekannt.

Zur genaueren Klärung der Transmission zur nächsten Generation sind weitere Untersuchungen nötig. Dabei müssen auch weitere mögliche Übertragungswege wie z.B. adulte Parasitoide und der Kot von Räubern in Betracht gezogen werden. Möglich wäre hier z.B. eine Schmierinfektion am Legeapparat von Parasitoiden, ähnlich der Weitergabe von nichtpersistenten, phytopathogenen Viren über pflanzensaugende Insekten.

Die Freilandversuche zeigen, dass sich die Langzeiteffekte von NeemAzal-T/S und Capex gegenseitig unterstützen und somit eine langfristige Populationsentwicklung beeinflussen können. Um diese Effekte genauer zu quantifizieren und abzusichern, sind Praxisversuche in größerer Anzahl nötig. Diese konnten für diese Arbeit aufgrund der geringen natürlichen Befallssituation in den Jahren 1999 bis 2001 nicht durchgeführt werden.

5 Kurzfassung

Der Schalenwickler *Adoxophyes orana* F.v.R. (Lepidoptera: Tortricidae) tritt in Mitteleuropa immer wieder schädigend in Apfelanlagen auf. Für den konventionellen und den biologischen Anbau stehen nach Einführung des neuen Pflanzenschutzgesetzes nur wenige Präparate zur Verfügung. Es wird zudem befürchtet, dass zunehmend Resistenzbildung zu erwarten ist. Das auf der Basis von Neem - Samen - Extrakten hergestellte Insektizid NeemAzal-T/S (Fa. Trifolio) wird im Frühling mit 3 l/ha gegen die Mehligke Apfelblattlaus eingesetzt und bewirkt bei den Larven des Schalenwicklers eine direkte Mortalität von ca. 60 bis 70%. In der Praxis hat sich aber gezeigt, dass dieser Nebeneffekt vor allem bei stärkerem Befall zur Regulierung des Schalenwicklers nicht ausreicht. Für den biologischen Anbau sind gegen *A. orana* zwei auf entomopathogenen Organismen basierende Produkte zugelassen: das Granuloviruspräparat Capex 2 (Fa. Andermatt) und diverse *Bacillus thuringiensis* (Bt) - Präparate. Der alleinige Einsatz von Bt gegen *A. orana* war in der Praxis jedoch nur in Einzelfällen befriedigend, und auch Capex kann nicht immer mit der erforderlichen Sicherheit hohe Wirkungsgrade erzielen. Allerdings weisen sowohl Capex als auch NeemAzal-T/S interessante Langzeiteffekte auf die Population des Schalenwicklers auf, die bisher bei der Regulierung nicht berücksichtigt wurden.

Ziel dieser Arbeit war es daher, mit diesen wirksamen, verfügbaren und umweltschonenden Präparaten neue Strategien zur besseren und ökonomisch interessanten Regulierung des Apfelschalenwicklers zu entwickeln. Dafür wurden verschiedene Kombinationsstrategien von NeemAzal-T/S mit Bt oder Capex entwickelt und die Langzeiteffekte der Produkte mit in diese Strategien einbezogen. Daneben hatten Laborversuche das Ziel, ein geeignete Bt – Produkt auszuwählen und weitere Zusätze zur Regulierung von *A. orana* zu untersuchen.

A. Auswahl des Bt - Präparates

Da für einen erfolgreichen Einsatz von Bt - Produkten die Wahl der Bt - Unterart bzw. -Varietät und dessen Formulierung wichtig ist, wurden in einem Laborversuch die verschiedenen Bt Produkte Dipel ES™, Delfin™ und XenTari™ gegen *A. orana* getestet. Bei der Behandlung mit dem Produkt Delfin starben die Larven früher als bei Dipel und XenTari. Bezogen auf die gesamte präimaginale Mortalität unterschied sich die Wirkung der drei Produkte nicht signifikant; Delfin bewirkte lediglich eine tendenziell höhere Mortalität.

Die Wirksamkeit von Bt ist unter anderem stark von der Höhe des pH-Wertes im Mitteldarm der Larve abhängig. Daher wurde in einem weiteren Laborversuch Kalk zu Bt gegeben, um eine mögliche Wirkungssteigerung auf *A. orana* durch eine Erhöhung des pH im Mitteldarm zu erzielen. Dabei konnte die Wirkung von XenTari weder durch Zugabe von 0,5% reinem Kalk noch durch 0,5% des Algenkalkes Alkamarin™ verbessert werden.

B. Kombination von NeemAzal-T/S und Bt-Präparaten

Eine mögliche Steigerung des Nebeneffekts einer Frühjahrsbehandlung mit NeemAzal-T/S auf den Schalenwickler durch eine Zugabe von Bt könnte eine interessante Regulierungsstrategie darstellen. In Labor- und Halbfreilandversuchen wurden verschiedene Konzentrationen von NeemAzal-T/S und Bt zeitgleich kombiniert, um mögliche Effekte dieser Strategie auf die

Larven von *A. orana* zu erfassen. Dabei konnte in keinem Versuch, unabhängig von der verwendeten Konzentration, ein additiver oder synergistischer Effekt beobachtet werden. In einem Versuch hatte die Zugabe einer nahezu subletalen Dosis von NeemAzal-T/S zu Bt eine antagonistische Wirkung. Wurde allerdings mit hohen NeemAzal-T/S - Konzentrationen gearbeitet, starben die mit der Kombination behandelten Larven von *A. orana* früher als die der Einzelvarianten. Offensichtlich trat hier nach der Behandlung ein additiver Kombinationseffekt der beiden Mittel auf, der sich aber nicht in einer Steigerung des Wirkungsgrades ausdrückte.

Wie auch schon in den Laborversuchen traten in den Freilandversuchen keine eindeutigen additiven Effekte bei der gleichzeitigen Kombination von NeemAzal-T/S und Bt auf, die Kombination ergab niedrigere oder nur tendenziell höhere Wirkungsgrade als die Einzelvarianten. Eine Behandlungsabfolge, bei der einer ersten Behandlung mit NeemAzal-T/S oder einer Kombination von NeemAzal-T/S mit 0,4 kg/ha Bt eine zweite Applikation mit 0,6 bis 1,0 kg/ha Bt sechs bis zwölf Tage nach der ersten folgte, brachte dagegen höhere Wirkungsgrade. Dabei stellte sich heraus, dass die Komponente 2 l/ha oder 3 l/ha NeemAzal-T/S bei der ersten Behandlung ein entscheidender Faktor für einen hohen Wirkungsgrad dieser Strategie darstellt, die Zugabe von 0,4 kg/ha Bt zur ersten Behandlung dagegen nicht. Die Zugabe von 0,4 kg/ha Bt zur ersten Behandlung führte nicht zu einer Verminderung des Wirkungsgrades, so dass sie z.B. für eine zusätzliche Regulierung des Frostspanners ohne Wirkungsverlust einsetzbar ist. Der Frostspanner *O. brumata* kann im Frühjahr zu erheblichen Fruchtschäden führen, im Gegensatz zum Schalenwickler lässt er sich aber mit einer zeitgleichen Kombination von 2 l/ha NeemAzal-T/S und 0,4 kg Bt regulieren. Offensichtlich kann mit dieser zeitversetzten Strategie gegen *A. orana* der negative Einfluss der fraßhemmenden Wirkung beider Produkte, die bei der zeitgleichen Kombination zumindest teilweise für die negativen Ergebnisse verantwortlich sind, vermindert werden.

C. Kombination von NeemAzal-T/S und Capex

Capex wird in Biobetrieben mit höheren Schalenwicklerpopulationen im Frühjahr mit einer zweimaligen Behandlung von 100 ml/ha angewendet. Ziel der folgenden Versuche war, die Wirkungssicherheit dieser Behandlung durch den Nebeneffekt einer NeemAzal-T/S - Spritzung zu vergrößern sowie zu überprüfen, ob bei einer solchen Kombination mit geringeren Menge von Capex gearbeitet werden kann.

In Labor- und Halbfreilandversuchen zur Kombination verschiedener Konzentrationen von NeemAzal-T/S und Capex konnten keine synergistischen Effekte auf *A. orana* nachgewiesen werden. Die gesamte präimaginale Mortalität überschritt den von BENZ (1971) errechneten Wert für additive Wirkung in keinem Fall.

Im Freiland konnte auf Standorten, an denen die Wirkung von Capex nach alleiniger Anwendung auf Grund von falscher Terminierung oder geringer Konzentration nur Wirkungsgrade zwischen 50 bis 60% erreichte, durch NeemAzal-T/S eine Wirkungssteigerung auf 81 bis 94% erzielt werden. Höhere Wirkungsgrade durch Capex (ca. 90 %) ließen sich nicht mehr durch Zugabe von NeemAzal-T/S steigern.

Zusätzlich wurden die Langzeiteffekte dieser Behandlungen auf die nächsten Generationen des Schalenwicklers untersucht. Dabei stellte sich heraus, dass nach Anwendung der Kombination von Capex und NeemAzal-T/S ohne weitere Behandlung der Schaden nach Trieb- und Fruchtbonitur in den behandelten Flächen signifikant niedriger lag als in den Flächen nach

alleiniger Behandlung mit Capex. Dies lässt darauf schließen, dass eine verzögerte Mortalität in der Kombinationsvariante die Populationsdichte des Schalenwicklers weiter reduzierte. Dafür kann sowohl die Wirkung von NeemAzal-T/S auf die nächste Generation allein als auch die sich ergänzenden Langzeitwirkungen beider Präparate verantwortlich sein.

D. Langzeitwirkung von Capex

Hier stand die Frage im Vordergrund, ob durch eine Capex - Spritzung mit geringer Konzentration im Sommer zusätzlich zur üblichen Frühjahrsspritzung in einer Anlage ein höheres Infektionspotential des Virus aufgebaut und somit eine bessere Regulierung des Schalenwicklers erreicht werden kann. Bei der Sammlung der Larven der Sommergeneration konnte eine Steigerung durch das Virus abgestorbener Larven von 8% (nur Frühjahrsbehandlung) auf 22% (mit zusätzlicher Sommerspritzung) festgestellt werden. Zu berücksichtigen bleibt, dass durch die Larvenaufsammlung nur ein Teil der Population erfasst wurde. Der Fruchtbefall konnte bei gleichem Ausgangsbefall von 0,6% auf 0,24% gesenkt werden und war daher für eine gesicherte Aussage zu gering, der Trend ist aber deutlich erkennbar. Die zusätzliche Sommerbehandlung hatte sich daher nach einer begleitenden Wirtschaftlichkeitsstudie rentiert (Einsatz: 9 DM/ha). Dieser mehrfache Einsatz des Viruspräparats in verschiedenen Konzentrationen und auf die verschiedenen Generationen von *A. orana* im Laufe einer Vegetationsperiode ist daher ein vielversprechender Strategieansatz. Die Häufigkeit, die Zeitpunkte und die Aufwandmengen der Virusbehandlung für eine optimale Regulierung des Schalenwicklers sind dafür in weiteren Versuchen und Langzeitstudien zu klären.

6 Summary

Strategies for summer fruit tortrix moth *Adoxophyes orana* F.V.R. (Lepidoptera: Tortricidae) control by combining NeemAzal-T/S, a product based on Neem extracts, with entomopathogens

The summer fruit tortrix moth *Adoxophyes orana* F.v.R. is known as a serious pest in pome fruits in Central Europe. In accordance with the new laws on plant protection in Germany, only few registered products are left which can be used in organic and conventional farming at present. Furthermore, farmers are afraid being coped with upcoming increased insecticide-resistance in the target organisms. The registered products used in organic farming to control this pest base on the specific *Adoxophyes orana* granulovirus (AoGV; tradename: Capex 2) and *Bacillus thuringiensis* (Bt). The application of Capex 2 in order to reduce high population densities led to various results, some of which proved to be insufficient. The results of Bt application were not satisfying, either. The application of 3 l/ha NeemAzal-T/S, a product based on Neem (*Azadirachta indica* A. Juss.) -extracts and plant oil, for aphid control in apple orchards shows promising side effects on *Adoxophyes orana* with a mortality rate of about 60 - 70%. However, the efficacy of the recommended dose of 3 l/ha at red bud stage is not high enough to obtain a satisfying control of *A. orana* in orchards with medium and high population densities. A possible positive aspect may be the long-term effect upon the population of *A. orana* following the application of both, Capex 2 or NeemAzal-T/S. Until now, however, long-term effects have not been considered in control strategies.

Thus, this study aimed towards to take advantage of these side effects of the application of NeemAzal-T/S in combination strategies with *Bacillus thuringiensis* or Capex for efficient and economically interesting control of this pest. Field and laboratory tests were carried out to test different strategies of combinations including short-term and long-term effects of the products. In addition, the aim of some laboratory trials was to test appropriate Bt-products and further additives for *A. orana* regulation.

A. Choice of Bt product

Selection of the proper subspecies and/or variety and the kind of formulation of Bt are crucial for successful control. In a laboratory trial, different Bt-products were screened to check their efficacy against larvae of *A. orana*. Delfin[®] (*Bt kurstaki*) revealed the best results with larvae dying earlier than in plots in which Dipel[®] (*Bt kurstaki*) and XenTari[®] (*Bt aizawai*) were used. However, there was no difference concerning the total mortality rate between the three products.

A second laboratory test was carried out to improve the efficacy of Bt against *A. orana* by adding 0.5% Calcium or "Alkamarin" to raise the pH in the midgut of the larvae. The efficacy of

Bt highly depends on the pH in the larval midgut showing better results with increasing pH. However, in this test, no increased efficacy could be observed.

B. Combination of NeemAzal-T/S and a Bt-product

The idea of the combinatory strategy was to intensify the side effect of NeemAzal-T/S in spring on *A. orana* by adding Bt as a tank-mix. In laboratory trials and semi-field tests, different concentrations of NeemAzal-T/S and Bt were combined and sprayed at the same time to assess the effects of this strategy on the larvae of *A. orana*. This combination showed neither additive nor synergistic effects, no matter the concentration used. In one test, adding of a nearly sublethal concentration of NeemAzal-T/S to Bt showed an antagonistic effect. In those combinations with a high concentration of NeemAzal-T/S, the larvae died earlier than in the plots treated with either Bt or NeemAzal-T/S only. Apparently there was an additive effect of the combination within the following days directly after the application. However, the total mortality at the end of the tests differed not significantly. In field trials with a joint application of NeemAzal-T/S and Bt, no additive effect of the combination could be observed, either.

A successive strategy with a first application of NeemAzal-T/S either with or without adding 0,4 kg/ha Bt and with a second application of 0.6 – 1.0 kg/ha Bt lead to high efficacy. Application of NeemAzal-T/S – in doses of 2 l/ha or 3 l/ha in the first treatment – turned out to be an important factor to achieve a good result. The addition of 0.4 kg/ha Bt to the first application did neither show a better nor a worse result, so it is well possible to add it in order to regulate *Operophtera brumata*, which can cause serious fruit damage in spring. Unlike *A. orana*, *O. brumata* can be successfully controlled with a joint application of 2 l/ha NeemAzal-T/S with 0.4 kg/ha Bt. Obviously, this successive combination strategy against *A. orana* leads to lower negative influence of the feeding inhibition, which seems to be partly responsible for the negative effects on the summer fruit tortrix moth when both products are applied at the same time.

C. Combination of NeemAzal-T/S and Capex

In organic farming, Capex 2 at 100 ml/ha is applied two times in spring to control *A. orana* in orchards with medium and high population densities. First aim of the following tests was to minimise the risk of failure of a treatment with Capex 2 by taking advantage of the positive side effects of the application of NeemAzal-T/S. Another intention, for economical reasons, was to find out whether a reduction of the amount of Capex 2 may be possible in this combination.

In laboratory trials, no synergistic effects of a combined application of NeemAzal-T/S and Capex 2 could be observed. There was no test in which any combination of the products showed a higher mortality rate than the additive effect calculated following BENZ (1971). Use of low concentrations of Capex 2 or application mistakes like late applications leading to 50 – 60 % efficiency could be raised to 81 – 94% by adding of NeemAzal-T/S. When Capex 2 applications led to a larval mortality rate of 90% or more, the addition of NeemAzal-T/S showed no effects.

Furthermore, the long-term effects of the combination of NeemAzal-T/S and Capex 2 were taken into account. One trial showed that the increased efficiency of the combination was

higher when considering also the number of larvae of the subsequent two generations, than assessing the larval mortality rate in the treated generation only. This leads to the conclusion that either the long-term effect of NeemAzal-T/S alone or of both products together reduces the population density of *A. orana* in the generations following the treatment.

D. Long-term effects of Capex 2

Aim of this part of the studies was to estimate whether an application of a small amount of Capex 2 in summer in addition to the usual spraying in spring leads to a higher infection potential in the orchard and thus to a better control of *A. orana*. With the additional treatment, the rate of infected larvae in summer could be increased from 8% to 22%. It is important to know that by collecting larvae at a given time, only a small sample of the abundant part of the population can be monitored. In the plot with an application of Capex 2 in summer, the amount of damaged fruits (0.2 %) was lower than in the plot only treated with Capex 2 in spring (0.6 %). But both infestation rates were very low and, thus, too weak to support any interpretation.

Thus, the additional treatment in the summer turned out to be of economical advantage. In a study accompanying these tests, the costs were calculated with 4.60 €/ha. The repeated use of this virus product in various concentrations and against various generations of *A. orana* during a vegetation period seems to be a very promising strategy. It remains to further research and long-term studies to elucidate the most efficient sequence, amount and dates of application of the virus to obtain maximum control of summer fruit tortrix moth.

7 Literaturverzeichnis

- ANDERMATT, M. (1989) Die mikrobiologische Bekämpfung des Schalenwicklers, *Adoxophyes orana* F.v.R. (Lepidoptera: Tortricidae), mittels Granuloseviren. Dissertation ETH Zürich Nr. 8992, 134 pp.
- ANNADURAI, R.S.; REMBOLD, H. (1993) Azadirachtin A modulates the tissue specific 2D polypeptide patterns of desert locust, *Schistocerca gregaria*. *Naturwissenschaften* **80**, 127-130.
- BARNBY, M.A.; KLOCKE, J. A. (1990) Effects of Azadirachtin on levels of ecdysteroids and prothoracicotropic hormone-like activity in *Heliothis virescens* (Fabr.) larvae. *Journal of Insect Physiology* **36**, 125-131.
- BENZ, G. (1971) Synergism of microorganisms and chemical insecticides. In: H.D. Burges und N.W. Hussey (Hrsg.): *Microbial control of insects and mites*. Academic Press, London, New York. 327-355.
- BOOS, M. KIENZLE, J. (1999) Der Handlungsbedarf ist groß. *Bioland-Fachzeitschrift* 1/99, 6-7.
- BYLEMANS, D. (1997) An integrated control of the tortrix moth (Tortricidae) complex in Belgian pome fruit orchards. 49th International Symposium on crop protection, University of Gent, 6. May 1997, Mededelingen Faculteit Landbouwkundige en Toegepaste Biologische Wetenschappen Universiteit Gent **62**, 609-616.
- CHARMILLOT, P.-J.; BRUNNER, J.F. (1989) Summer fruit tortrix, *Adoxophyes orana*: life cycle, warning system and control. *Entomologia Hellenica* **7**, 17-26.
- COVENTRY, E.; ALLAN, E.J. (1996) The effect of Neem-based products on bacterial and fungal growth. In: Kleeberg, H.; Zebitz, C.P.W. (Hrsg.) *Practice Oriented Results on Use and Production of Neem-Ingredients and Pheromones*. Proceedings 5th Workshop, Wetzlar, Germany, 22-25 Jan. 1996, 237-242.
- DICKLER, E. (1986) Stand der Entwicklung und Einführung mikrobiologischer Insektizide zur Wicklerbekämpfung im Apfelanbau. *Bulletin OILB/SROP* **9**, 98-111.
- DICKLER, E. (1981) Zur Bedeutung der Schalenwickler am Apfel. *Gesunde Pflanze* **33**, 156-162.
- DOANE, C.C. (1969) Trans-ovum transmission of a nuclear-polyhedrosis virus in the gypsy moth and the inducement of virus susceptibility. *Journal of Invertebrate Pathology* **14**, 199-210.
- FRITSCHKE, U.; CLEFFMANN, G. (1987) The insecticide azadirachtin reduces predominantly cellular RNA in *Tetrahymena*. *Naturwissenschaften* **74**, 191.
- FLÜCKINGER, C. (1982) Untersuchungen über drei Baculovirus-Isolate des Schalenwicklers, *Adoxophyes orana* F.v.R. (Lep., Tortricidae), dessen Phänologie und erste Feldversuche, als Grundlagen zur mikrobiologischen Bekämpfung dieses Obstschädling. Dissertation ETH Zürich Nr. 7125, 60 pp.

- GARCIA, E.S.; LUZ, N.; AZAMBUJA, P.; REMBOLD, H. (1990) Azadirachtin depresses release of prothoracicotropic hormone in *Rhodnius prolixus* larvae: evidence from head transplantations. *Journal of Insect Physiology* **36**, 679-682.
- GLARE, T.R.; O'CALLAGHAN, M. (2000) *Bacillus thuringiensis*: biology, ecology and safety. Wiley, Chichester, 350 pp.
- GONZALEZ, M.S.; GARCIA, E.S. (1992) Effect of Azadirachtin on the development of *Trypanosoma cruzi* in different species of triatomine insect vectors: long term and comparative studies. *Journal of Invertebrate Pathology* **60**, 201-205.
- GRINGORTEN, J.L.; MILNE, R.E.; FAST, P.G.; SOHI, S.S.; van FRANKENHUYZEN, K. (1992) Suppression of *Bacillus thuringiensis* delta-endotoxin activity by low alkaline pH. *Journal of Invertebrate Pathology* **60**, 47-52.
- GRUYS, P.; VAAL, F. (1984) *Colpoclyperus florus*, an eulophid parasite of tortricids in orchards: Rearing, biology and use in biological control. *Entomologia Experimentalis et Applicata* **36**, 31-35.
- HAFEZ M.; SALAMA H.S.; MOURSY E.T.; RAHMAN A.A. (1998) A biochemical approach to potentiate the activity of *Bacillus thuringiensis* against corn borers. *Anzeiger für Schädlingskunde, Pflanzenschutz und Umweltschutz* **71**, 100-103.
- HELLMANN, M; BUSCH, R. (1999) Zum Einsatz von *Bacillus thuringiensis* - Präparaten gegen den kleinen Frostspanner. In: Fachgruppe Obstbau (Hrsg) Zeitung für den Obstbau, **1**, 16-18.
- HELLPAP, C.; ZEBITZ, C.P.W. (1986) Kombinierte Anwendung von Niem-Samen-Extrakt mit *Bacillus thuringiensis*-Produkten bei der Bekämpfung von *Spodoptera frugiperda* und *Aedes togoi*. *Journal of Applied Entomology* **101**, 515-524.
- HERMANN, P.; ZEBITZ, C.P.W.; KIENZLE, J. (1998) Nebenwirkungen von NeemAzal-T/S auf Nützlinge. In: KIENZLE, J.; ZEBITZ, C.P.W. (Hrsg.) Biologische Pflanzenschutzverfahren im Erwerbsobstbau: Praxis, Beratung und Forschung im Gespräch. Dokumentation der Fachtagung vom 9. und 10. März 1998 an der Universität Hohenheim, 96-104.
- HAUG, P. (1999) Auswirkungen von Kombinationen von NeemAzal-T/S und *Bacillus thuringiensis* auf den kleinen Frostspanner *Operophtera brumata* L. Diplomarbeit, Universität Hohenheim, 57 pp.
- HÖHN, H.; HÖPLI, H.; GRAF, B. (1998) Einsatz von Granuloseviren in der Schweiz. In: KIENZLE, J. & ZEBITZ, C.P.W. (Hrsg.) Biologische Pflanzenschutzverfahren im Erwerbsobstbau: Praxis, Beratung und Forschung im Gespräch. Dokumentation der Fachtagung vom 9. und 10. März 1998 an der Universität Hohenheim, 171-174.
- HUBER, J.; HASSAN, S.A. (1991) Biological Control of tortricid pests in pome and stone fruits. In: van der GEEST, L.P.S.; EVENHUIS, H.H. (Hrsg.) Tortricid pests. Their biology, natural enemies and control. Elsevier. Amsterdam, Oxford, New York, Tokyo., 497-503.
- IORATTI, C.; PASQUALINI, E.; DELAITI, M. (1995) Effectiveness of B.t. on three species of apple leafrollers. Studio dell'attività di *Bacillus thuringiensis* Berliner su tre specie di Tortricidi ricamatori del Melo. *Bolletino dell'Istituto di Entomologia "Guido Grandi" della Università degli Studi di Bologna* **50**, 73-93.

- JABBAR, A.; STRANG, R.H.C. (1998) A comparison of the effect of Azadirachtin A on cultured insect and mammalian cells. in: Kleeberg, H. (Hrsg.) Practice Oriented Results on Use and Production of Neem-ingredients and Pheromones. Proceedings 7th Workshop, Wetzlar, Germany, 20-21 June 1997, 5-7.
- JAKOB, G. (1996) Zur Bekämpfung des Apfelschalenwicklers *Adoxophyes orana* F.v.R. (Lepidoptera, Tortricidae) und anderer Apfelschädlinge mit Inhaltsstoffen des Niembaumes *Azadirachta indica* A.Juss. (Meliaceae) unter Berücksichtigung von Nebenwirkungen auf natürliche Feinde. Dissertation Justus-Liebig-Universität Gießen, 161 pp.
- JURKOVICOVA, M. (1978) Activation of latent virus infections in larvae of *Adoxophyes orana* (Lepidoptera: Tortricidae) and *Barathra brassicae* (Lepidoptera: Noctuidae) by foreign polyhedra. Journal of invertebrate Pathology **34**, 213-223.
- KARIYA, A. (1977) Laboratory and field evaluations of the BT (*Bacillus thuringiensis*) products for control of the smaller tea tortrix, *Adoxophyes sp.* Study of Tea (Japan) **53**, 51-55.
- KARIYA, A. (1978) The anti-feedent effect of the BT (*Bacillus thuringiensis*) products for smaller tea tortrix, *Adoxophyes sp.* Study of Tea (Japan) **54**, 21-27.
- KELLER, M. (1989) Sekundärinfektionen von *Adoxophyes orana* F.v.R. mit Granulosisviren. Unveröffentlichte Semesterarbeit am Entomologischen Institut der ETH Zürich.
- KIENZLE, J.; STRAUB, M.; KAST, W.K.; HOFMANN, U. (1990) 3. Internationaler Erfahrungsaustausch über Forschungsergebnisse zum ökologischen Obst- und Weinbau. Weinsberg, Staatliche Lehr- und Versuchsanstalt für Wein- und Obstbau, 126 pp.
- KIENZLE, J., SCHULZ, C., ZEBITZ, C.P.W. (1997) Two years of experience with the use of NeemAzal in organic fruit orchards. In: KLEEBERG, H. and ZEBITZ, C.P.W. (Hrsg.) Practice oriented results on use and production of neem ingredients and pheromones: Proceedings of the 5th workshop. Wetzlar, Germany, 22-25 Jan. 1996, 27-32.
- KIENZLE, J. & ZEBITZ, C.P.W. (Hrsg.) (1998) Biologische Pflanzenschutzverfahren im Erwerbsobstbau: Praxis, Beratung und Forschung im Gespräch. Dokumentation der Fachtagung vom 9. und 10. März 1998 an der Universität Hohenheim, 96-104.
- KNOWLES, B.H. (1994) Mechanism of action of *Bacillus thuringiensis* insecticidal delta-endotoxins. Advances in insect physiology **24**, 275-307.
- KODOMARI, S. (1987) Use of Granulosis virus for the control of two tea tortricid moth. Extension Bulletin ASPAC Food and Fertilizer Technology, Center for the Asian and Pazific region; Summeries of papers presented at the int. Seminar of biol. Pest Control in Japan **257**, 22-23.
- KOUL, O.; AMANAI, K.; OHTAKI, T. (1987) Effects of azadirachtin on the endocrine events of *Bombyx mori*. Journal of Insect Physiology **33**, 103-108.
- KRIEG, A. (1986) *Bacillus thuringiensis*, ein mikrobielles Insektizid. Paul Parey Scientific Publishers, Berlin und Hamburg, 191 pp.
- KRIEG, A. (1989) Lehrbuch der biologischen Schädlingbekämpfung. Paul Parey Scientific Publishers Berlin und Hamburg, 133-142.

- LI, X.; BENZ, G. (1994) Synthesis of viral proteins in Granulosis virus - infected larval tissues. OILB-SROP working group: "Insects pathogens and insect parasitic nematodes" 4. european meeting: "Microbial control of pests" Zürich Sept. 1993, 284.
- LOWERY, D.T.; SMIRLE, M.J. (2000) Toxicity of insecticides to obliquebanded leafroller, *Choristoneura rosaceana*, larva and adults exposed previously to neem seed oil. *Entomologia Experimentalis et Applicata* **95**, 201-207.
- MANI, E. (1978) Orientierung über die Schalenwicklersituation. *Schweizer Zeitschrift für Obst- und Weinbau* **115**, 196-200.
- MELI, T. (1991): Erträge und Kosten im Tafelapfelanbau. *Schweizer Zeitschrift für Obst- und Weinbau* **127**, 820-825.
- MOAR, W.J.; TRUMBLE, J.T. (1987) Toxicity, joint action and mean time of mortality of Dipel 2X, Avermectin B1, Neem and Thuringiensin against beet armyworms (Lepidoptera, Noctuidae). *Journal of Economic Entomology* **80**, 588-592.
- MORDUE, A.J.; BLACKWELL, A. (1993) Azadirachtin: an update. *Journal of Insect Physiology* **39**, 903-924.
- MUELLER-KOEGLER, E. (1965) Pilzkrankheiten bei Insekten. Paul Parey Scientific Publishers Berlin, Hamburg, 444 pp.
- PEACOCK, J.W.; SCHWEITZER, D.F.; CARTER, J.L.; DUBOIS, N.R. (1998) Laboratory assessment of the effect of *Bacillus thuringiensis* on native lepidoptera. *Environmental Entomology* **27**, 450-457.
- DE REEDE, R.H. (Hrsg) (1985) Integrated pest management in apple orchards in the Netherlands: a solution for selective control of tortricids. Pudoc, Wageningen, Netherlands.
- REMBOLD, H.; ANNADURAI, R.S. (1993) Azadirachtin inhibits proliferation of Sf 9 cells in monolayer culture. *Zeitung für Naturforschung* **48**, 495-499.
- REMBOLD, H. (1995) Biological effects of neem and their modes of action. In: SCHMUTTERER, H. (Hrsg.) The neem tree: Source of unique natural products for integrated pest management, medicine, industry and other purposes. VCH Verlagsgesellschaft mbH, Weinheim, 177-194.
- ROST, W.M.; HASSAN, S.A. (1988) Bekämpfung von Apfelwicklern und Apfelschalenwicklern mit Eiparasiten - ein praxisreifes umweltfreundliches Verfahren. *Erwerbsobstbau* **30**, 189 – 191.
- SAS INSTITUT INC. (1988a) The GLM Procedure. SAS/STAT User's Guide, Release 6.03 Edition, SAS Institute Inc., Cary, NC, 549-640.
- SAS INSTITUT INC. (1988b) The TTest Procedure. SAS/STAT User's Guide, Release 6.03 Edition, SAS Institute Inc., Cary, NC, 941-947.
- SAS INSTITUT INC. (1988c) The UNIVARIATE Procedure. SAS/STAT User's Guide, Release 6.03 Edition, SAS Institute Inc., Cary, NC, 405-420.

- SATO, T.; OHO, N.; KODOMARI, S. (1986) Utilization of Granulosis viruses for controlling leafrollers in tea fields. JARQ Japan Agricultural Research Quarterly **19**, 271-275.
- SCHLÜTER, U. (1985) Occurrence of weight gain reduction and inhibition of metamorphosis and storage protein formation in last instar of the mexican bean beetle, *Epilachna varivestis*, after injection of azadirachtin. Entomologia Experimentalis et Applicata **39**, 191-195.
- SCHLÜTER, U. (1987) Effects of azadirachtin on developing tissues of various insect larvae. In: SCHMUTTERER, H.; ASCHER, K.R.S. (Hrsg.) Proceedings of the 3rd International Neem Conference, GTZ Eschborn, Deutschland, 331-348.
- SCHLÜTER, U. (1995) Biological effects of neem and their mode of action. In: SCHMUTTERER, H. (Hrsg.) The neem tree: Source of unique natural products for integrated pest management, medicine, industry and other purposes. VCH Verlagsgesellschaft mbH Weinheim, 210-222.
- SCHMID, A. (1975) Interferenz zwischen dem spezifischen Granulosisvirus und zwei Bakterienpräparaten bei Raupen des Grauen Lärchenwicklers, *Zeiraphera diniana* (Gn.). Mitteilungen der schweizerischen Entomologischen Gesellschaft **48**, 173-179.
- SCHMID, A.; CAZELLES, O.; BENZ, G. (1983) A granulosis virus of the fruit tortrix, *Adoxophyes orana* F.v.R. (Lep., Tortricidae). Mitteilungen der schweizerischen entomologischen Gesellschaft **56**, 225-235.
- SCHMUTTERER, H. (1990) Properties and potential of natural pesticides from the neem tree, *Azadirachta indica*. Annual Review of Entomology **35**, 271-297.
- SCHMUTTERER, H. (Hrsg.) (1995) The neem tree: Source of unique natural products for integrated pest management, medicine, industry and other purposes. VCH Verlagsgesellschaft mbH, Weinheim, 696 pp.
- SCHMUTTERER, H. (1997) Side-effects of neem (*Azadirachta indica*) products on insect pathogens and natural enemies of spider mites and insects. Journal of Applied Entomology **121**, 121-128.
- SCHROD, J.; BASEDOW, T.H.; LANGENBRUCH, G.A. (1996) Untersuchungen zur Populationsentwicklung und biologischen Bekämpfung des Kartoffelkäfers (*Leptinotarsa decemlineata* Say) an zwei Standorten in Südhessen (BRD). Journal of Applied Entomology **20**, 619-626.
- SCHULZ, C., KIENZLE, J., HERMANN, P., ZEBITZ, C.P.W. (1997) NeemAzal-T/S - Ein neues botanisches Insektizid für den Obstbau. Gesunde Pflanzen **49**, 95-99.
- SCHULZ, C.; KIENZLE, J.; ZEBITZ, C.P.W. (1998) Wirkung von NeemAzal-T/S auf die Mehligte Apfellaus. In: KIENZLE, J. & ZEBITZ, C.P.W. (Hrsg.): Biologische Pflanzenschutzverfahren im Erwerbsobstbau: Praxis, Beratung und Forschung im Gespräch. Dokumentation der Fachtagung vom 9. / 10. März 1998 an der Universität Hohenheim, 87 – 95.
- SCHULZ, C.; KIENZLE, J.; HAUG, P.; KUMPMANN, S.; ZEBITZ, C.P.W. (2000) Kombination von *Bacillus thuringiensis*-Präparaten und NeemAzal-T/S zur Regulierung des Frostspanners *Operophtera brumata* L. In: FÖKO (Hrsg.): 9. Internationaler Erfahrungsaustausch über

Forschungsergebnisse zum Ökologischen Obstbau: Beiträge zur Tagung vom 1. / 2.2.2000.
Weinsberg, 38-44.

- SCHULTZ, J.C.; LECHNOWICZ, M.J. (1986) Host plant, larval age, and feeding behavior influence midgut pH in the gypsy moth (*Lymantria dispar*). *Oecologia* **71**, 133-137.
- SHAPIRO, M.; ROBERTSON, J.L.; WEBB, R.E. (1994) Effect of neem seed extract upon the gypsy moth (Lepidoptera: Lymantriidae) and its nuclear polyeder virus. *Journal of Economic Entomology* **87**, 356-360.
- SHIGA, M.; YAMADA, H.; OHO, N. (1973) A granulosis virus, possible biological agent for control of *Adoxophyes orana* (Lepidoptera: Tortricidae) in apple orchards. *Journal of Invertebrate Pathology* **21**, 149-157.
- SMIRLE, M.J.; LOWERY, D.T.; ZUROWSKI, C.L. (1996) Influence of neem oil on detoxication enzyme activity in the obliquebanded leafroller, *Choristoneura rosaceana*. *Pesticide Biochemistry and Physiology* **61**, 183-189.
- SPIES, A.G.; SPENCE, K.D. (1985) Effect of sublethal *Bacillus thuringiensis* crystal endotoxin treatment on the larval midgut of a moth, manduca: SEM study. *Tissue & Cell* **17**, 379-394.
- TILLMANN, M. (1992) Kombinierte Anwendung der Präparate *Bacillus thuringiensis* var. *tenebrionis* und NeemAzal-S gegen Larven von *Leptinotarsa decemlineata* Say (Coleoptera, Chrysomelidae) und *Epilachna varivestis* Muls. (Coleoptera, Coccinellidae). Diplomarbeit Universität Giessen.
- TIMMINS, W.A.; REYNOLDS, S.E. (1992) Azadirachtin inhibits secretion of trypsin in midgut of *Manduca sexta* caterpillars: reduced growth due to impaired protein digestion. *Entomologia Experimentalis et Applicata* **63**, 47-54.
- TRAUTMANN, M.; LANGE, E.; RÖSCH, W.; BEUMERS, H. (1998) Zweijährige Erfahrungen mit der Pheromonverwirrung am Bodensee. In: KIENZLE, J. & ZEBITZ, C.P.W. (Hrsg.) Biologische Pflanzenschutzverfahren im Erwerbsobstbau: Praxis, Beratung und Forschung im Gespräch. Dokumentation der Fachtagung vom 9. und 10. März 1998 an der Universität Hohenheim, 96-104.
- TRISYONO, A.; WHALON, M.E. (1999) Toxicity of neem applied alone and in combinations with *Bacillus thuringiensis* to colorado potato beetle (Coleoptera: Chrysomelidae). *Journal of Economic Entomology* **92**, 1281-1288.
- UNDORF, K.; HUBER, J. (1986) Empfindlichkeit verschiedener Tortriciden-Arten gegen *Bacillus thuringiensis*. Bulletin SROP, 7th Symposium Integrated plant protection in Wageningen, 125-132.
- UNTERSTENHÖFER, G. (1963) Die Grundlagen des Pflanzenschutz-Freilandversuches. *Pflanzenschutz-Nachrichten "Bayer"* **16**, 154-155.
- VAN DER GEEST, L.P.S. (1971) Use of *Bacillus thuringiensis* for the control of orchard pests. *Zeitschrift für angewandte Entomologie* **69**, 263-266.

- VAN DER GEEST, L.P.S. (1981) Mode of action of *Bacillus thuringiensis* on the summer fruit tree leafroller *Adoxophyes orana* (F.v.R.). Zeitschrift für angewandte Entomologie **91**, 84-86.
- WEGLER, R. (1981): Chemie der Pflanzenschutz- und Schädlingsbekämpfungsmittel; **6** 290-294.
- ZELGER, R. (1998) Zum Einsatz der Verwirrungsmethode in Südtirol. In: KIENZLE, J.; ZEBITZ, C.P.W. (Hrsg.) Biologische Pflanzenschutzverfahren im Erwerbsobstbau: Praxis, Beratung und Forschung im Gespräch. Dokumentation der Fachtagung vom 9. und 10. März 1998 an der Universität Hohenheim, 96-104.

8 Anhang

8.1 Rezeptur des künstlichen Nährmediums

1600 ml	Wasser
40 g	Agar
100 g	Maisgries
100 g	Bierhefe
100 g	Weizenkeime
3,6 g	Nipagin (Hydroxybenzoesäuremethylester)
3,6 g	Sorbinsäure, in 40 ml Ethanol gelöst
9,0 g	Ascorbinsäure, in 40 ml Wasser gelöst

Das Agar in 80°C heißem Wasser lösen und 20 min bei dieser Temperatur rühren, dann abkühlen lassen. Bei 70°C den Maisgries, bei 60°C die Weizenkeime, bei 50°C die Bierhefe und bei 40°C das Nipagin und die Sorbinsäure dazugeben. Das Vit C erst unter 40°C einmischen (!) und dann in Schalen gießen. Kann eingefroren werden.

8.2 Abbildung der Langzeiteffekte von NeemAzal-T/S und Capex

nächste Seite

Frühling

Sommer

Herbst

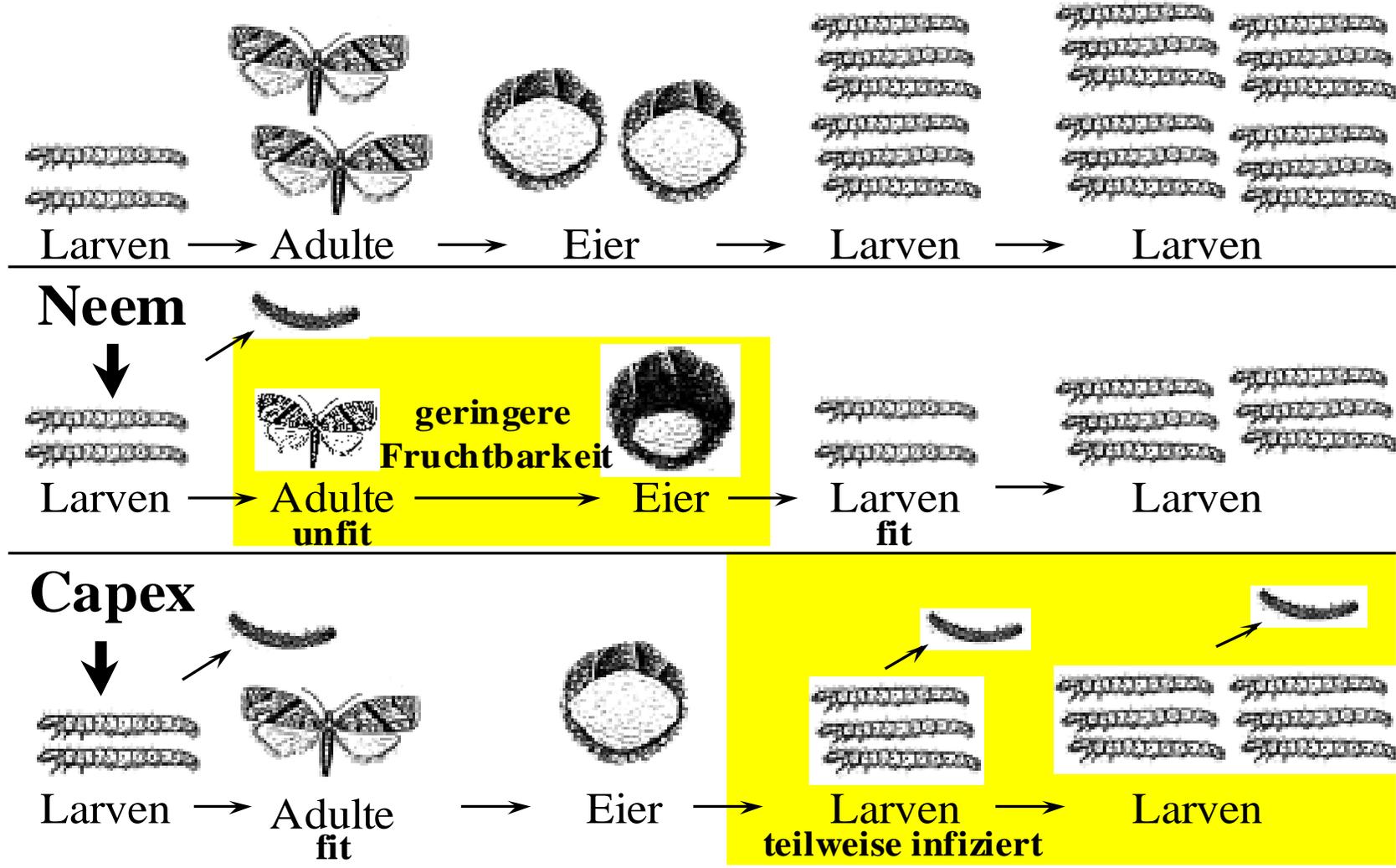


Abb. 2: Langzeiteffekte von NeemAzal-T/S und Capex auf die Population von *Adoxophyes orana*

8.3 Ergebnistabellen

Tab. A-1: V 3: Wirkung dreier Bt – Konzentrationen (Dipel ES) kombiniert mit einer subletalen Konzentration von NeeemAzal-T/S (NA; 0,1 ml/l) auf *Adoxophyes orana* - Larven (= N) im Laborversuch auf getopferten Apfelbäumchen (1 Baum = 1 Wdh.)

N = Anzahl eingesetzter Tiere; Mort_L = Larvalmortalität; Mort_P = Puppenmortalität; Mort_{GES.} = gesamte präimaginale Mortalität; A = geschlüpfte Imagines; WG = WG (Abbott); WG_B = Wirkungsgrad der Behandlung; alle Angaben (außer Wdh. und N) in %

	Wdh.	N	Mort _L (%)	Mort _P (%)	Mort _{GES} (%)	A (%)	WG _B (%)
Kontrolle	10	40	10	0	10	90 a	
NA	10	40	10	20	30	70 b	22
Bt 0,025 ml/l (1/40) ²	10	40	28	8	35	65 b	28
Bt 0,033 ml/l (1/30) ²	10	40	63	3	65	35 de	61
Bt 0,05 ml/l (1/20) ²	10	40	78	5	83	18 e	81
NA + 0,025 ml/l Bt	10	40	30	0	30	70 b	22
NA + 0,033 ml/l Bt	10	40	33	5	38	63 bc	31
NA + 0,05 ml/l Bt	10	40	58	0	58	43 cd	53

¹ Werte mit gleichem Index unterscheiden sich nicht auf dem alpha < 0,05 Niveau, χ^2 -Test

² Werte in Klammern: im Verhältnis zur empfohlenen Aufwandmenge von 1 l/ha Dipel im Freiland

Tab. A-2: V 5: Kombination verschiedener Konzentrationen von XenTari (Bt) und NeemAzal-T/S (NA) unter Freilandbedingungen (Hohenheim, Sommer 1999). Wirkung auf *Adoxophyes orana* - Larven aus der Laborzucht

N = Anzahl eingetzter Tiere; Mort_L = Larvmortalität; Mort_P = Puppenmortalität; Mort_{GES} = gesamte präimaginale Mortalität; Parasit. = Anteil Parasitierung; Pa = geschlüpfte Parasitoide; Mort_{Pa} = gestorbene Parasitoide; A = geschlüpfte Imagines; WG = WG (Abbott); WG_S = Wirkungsgrad auf das System; WG_B = Wirkungsgrad der Behandlung; alle Angaben (außer N) in %

	N	Mort _L (%)	Mort _P (%)	Mort _{GES} (%)	WG _B (%)	Parasit. (%)	Mort _{Pa} (%)	Pa (%)	A (%)	WG _S (%)	A/Pa
Kontrolle	138	10	8	19 a		8	0	8	73 a		8,8
NA 1,25l	129	68	26	94 c	93	0	0	0	6 c	92	
NA 2l	129	86	10	96 c	95	0	0	0	4 c	95	
Bt 0,2g/l	134	59	5	64 b	55	2	0	2	34 b	53	18,1
Bt 0,4g/l	148	74	4	79 bc	74	1	0	1	20 bc	72	15,2
NA 1,25l +Bt 0,2g/l	157	85	11	95 c	94	0	0	0	5 c	94	
NA 1,25l +Bt 0,4g/l	162	89	7	95 c	94	0	0	0	5 c	94	
NA 2,0l +Bt 0,2g/l	141	88	7	95 c	94	0	0	0	5 c	93	
NA 2,0l +Bt 0,4g/l	113	90	5	94 c	93	0	0	0	6 c	92	

¹ Werte mit gleichem Index unterscheiden sich nicht auf dem alpha < 0,05 Niveau, Scheffé-Test

Tab. A-3: V 10: Kombination von Capex mit NeemAzal-T/S an einjährigen Sämlingen unter Laborbedingungen. Wirkung auf *Adoxophyes orana* - Larven

Mort_L = Larvalmortalität; Mort_P = Puppenmortalität; Mort_{ges.} = gesamte präimaginale Mortalität; A = geschlüpfte Imagines; WG = WG (Abbott); WGB = Wirkungsgrad der Behandlung; alle Angaben in %; (Wdh.: 9 pro Variante mit jew. 3 Larven)

	Variante	Mort _L (%)	Mort _P (%)	Mort _{GES} (%)	A (%)	WGB _B (%)
1	Kontrolle	15	0	15	85	
2	NA 0,012 ml/l (1/250) ²	4	4	7	93	- 9
3	NA 0,03 ml/l (1/100) ²	15	11	26	74	13
4	NA 0,3 ml/l (1/10) ²	74	19	93	7	91
5	Capex 1*10 ⁻⁴ ml/l (1/1000) ²	30	11	41	59	30
6	Capex 1*10 ⁻³ ml/l (1/100) ²	67	15	81	19	78
7	Capex 1,7*10 ⁻² ml/l (1/6) ²	96	0	96	4	96
8	NA 0,012 ml/l + Capex 1*10 ⁻⁴ ml/l	22	11	33	67	22
9	NA 0,03 ml/l + Capex 1*10 ⁻⁴ ml/l	33	19	52	48	43
10	NA 0,3 ml/l + Capex 1*10 ⁻⁴ ml/l	89	0	89	11	87
11	NA 0,012 ml/l + Capex 1*10 ⁻³ ml/l	63	19	81	19	78
12	NA 0,03 ml/l + Capex 1*10 ⁻³ ml/l	59	19	78	22	74
13	NA 0,3 ml/l + Capex 1*10 ⁻³ ml/l	85	15	100	0	100
14	NA 0,012 ml/l + Capex 1,7*10 ⁻² ml/l	100	0	100	0	100
15	NA 0,03 ml/l + Capex 1,7*10 ⁻² ml/l	96	0	96	4	96
16	NA 0,3 ml/l + Capex 1,7*10 ⁻² ml/l	93	0	93	4	91

² Wert in Klammern: im Verhältnis zur empfohlenen Aufwandmenge von 100 ml/ha Capex bzw. 3 l/ha NeemAzal-T/S im Freiland

Tab. A-4: V 11: Kombination von Capex in zwei Konzentrationen mit NeemAzal-T/S (NA) zum gleichen Zeitpunkt oder zeitversetzt 5 Tage später (später) unter Freilandbedingungen (Hohenheim, 1999). Wirkung auf *Adoxophyes orana* - Larven

N = Anzahl eingetzter Tiere; Mort_L = Larvalmortalität; Mort_P = Puppenmortalität; Mort_{GES} = gesamte präimaginale Mortalität; Parasit. = Anteil Parasitierung; Pa = geschlüpfte Parasitoide; Mort_{Pa} = gestorbene Parasitoide; A = geschlüpfte Imagines; WG = WG (Abbott); WG_S = Wirkungsgrad auf das System; WG_B = Wirkungsgrad der Behandlung; alle Angaben (außer N) in %

	N	Mort _L (%)	Mort _P (%)	Mort _{GES} (%)	WG _B (%)	Parasit (%)	Mort _{Pa} (%)	Pa (%)	A (%)	WG _S (%)
Kontrolle	185	14	4	18 a		9	3	6	73 a	
Capex 1/50	173	17	7	24 a	7	6	1	4	70 a	3
Capex 1/10	150	31	7	38 ab	24	9	0	9	53 ab	27
NA	167	33	28	61 bc	53	6	2	4	33 bc	55
NA später	170	51	32	82 c	79	4	2	2	13 c	82
Capex 1/10 + NA	165	38	27	65 bc	57	2	1	1	33 bc	54
Capex 1/50 + NA später	168	38	34	72 c	66	3	1	3	25 c	66
Capex 1/10 + NA später	151	52	28	81 c	77	3	0	3	16 c	79

¹ Werte mit gleichem Index unterscheiden sich nicht auf dem alpha < 0,05 Niveau, Tukey-Test

Tab. A-5: V 14: Wirkung zweier Konzentrationen von Capex in Kombination mit NeemAzal-T/S (NA) auf *Adoxophyes orana* - Larven unter Freilandbedingungen (Pillnitz, 2000)

N = Anzahl eingensetzter Tiere; Mort_L = Larvalmortalität; Mort_P = Puppenmortalität; Mort_{GES} = gesamte präimaginale Mortalität; Parasit. = Anteil Parasitierung; Pa = geschlüpfte Parasitoide; Mort_{Pa} = gestorbene Parasitoide; A = geschlüpfte Imagines; WG = WG (Abbott); WG_S = Wirkungsgrad auf das System; WG_B = Wirkungsgrad der Behandlung; alle Angaben (außer N) in %

	N	Mort _L (%)	Mort _P (%)	Mort _{GES} (%)	WG _B (%)	Parasit (%)	Mort _{Pa} (%)	Pa (%)	A (%)	WG _S (%)	A/Pa
Kontrolle	72	21	1	22 a		11	1	10	67 a		6,9
NA 3 l/ha	70	46	20	66 b	56	27	7	20	7 bcd	89	0,4
Capex _{red.}	63	76	6	83 cd	78	10	2	8	8 bc	88	1,0
Capex _{voll}	65	69	9	78 bc	72	14	2	12	8 bcd	88	0,6
Capex _{red.} + NA	67	81	10	91 de	88	0	0	0	9 b	87	--
Capex _{voll} + NA	73	89	8	97 e	96	1	0	1	1 cd	98	1,0
Mimic™	47	91	0	91 cde	89	9	2	6	0 d	100	0

¹ Werte mit gleichem Index unterscheiden sich nicht auf dem alpha < 0,05 Niveau, χ^2 -Test

Vielen Dank !

Natürlich meinem „Doktorvater“ Prof. C.P.W. Zebitz, seiner „Sympathie für die arbeitende Klasse“ (Zitat) sowie seiner Fähigkeit, mir bei der Durchführung der Versuche einen großen Freiraum zu lassen und doch immer ein offenes Ohr für Fragen und Überlegungen zu haben.

Meiner Arbeitsgruppe Jutta Kienzle und Christof Schulz, die mich so vielfältig fachlich und menschlich unterstützt haben. Bei Euch habe ich gelernt, die Vorteile einer Teamarbeit zu genießen, wissenschaftlich und gleichzeitig praxisbezogen zu denken, beim Bonitieren im Regen zu singen und über den Tellerrand zu schauen. Danke !!

Der Arbeitsgruppe der Entomologie an der Universität Hohenheim vielen Dank für die selbstverständliche und freundliche Aufnahme in die Gruppe, der Zusammenarbeit und Unterstützung. Mein besonderer Dank gilt dabei Sabine Braitmaier und Petra Hermann. Martin Hoffmeister – Danke für alles!! Vielen Dank Frau Brandl für die arbeitsintensive Unterstützung beim Elektronenmikroskop und Frau Moll fürs Fotografieren. Danke an Frau Nitter und Frau Mairhöfer, die mit viel Geduld und Freundlichkeit viele bürokratische Hürden für mich genommen haben.

Frau Dr. Kleespies von der BBA Darmstadt bestimmte für mich Virusinfektionen an den toten Versuchstieren. Vielen Dank für die Mühe!

Verschiedene Firmen haben mir meist kostenlos ihre Insektizide für meine Versuche bereitgestellt. Vielen Dank dafür an die Firma Bayer für das XenTari, an Agrinova für das Delfin, an Stähler Agrochemie für das Dipel, an Trifolio für NeemAzal-T/S, an Andermatt für das Capex und die vielen Informationen zur Schalenwicklerzucht und an Biofa für das Alkamarin.

Der Deutschen Bundesstiftung Umwelt danke ich herzlich für die finanzielle Unterstützung, die diese Arbeit erst möglich machte.

Ich habe im Laufe dieser Arbeit eine große Anzahl Insekten, hauptsächlich Larven des Schalenwicklers, getötet. Auch wenn ich mit Kopf und Bauch hinter den Zielen des biologischen Pflanzenschutzes stehe, macht mir das immer wieder zu denken. Danke für eure unfreiwilligen Opfer.